



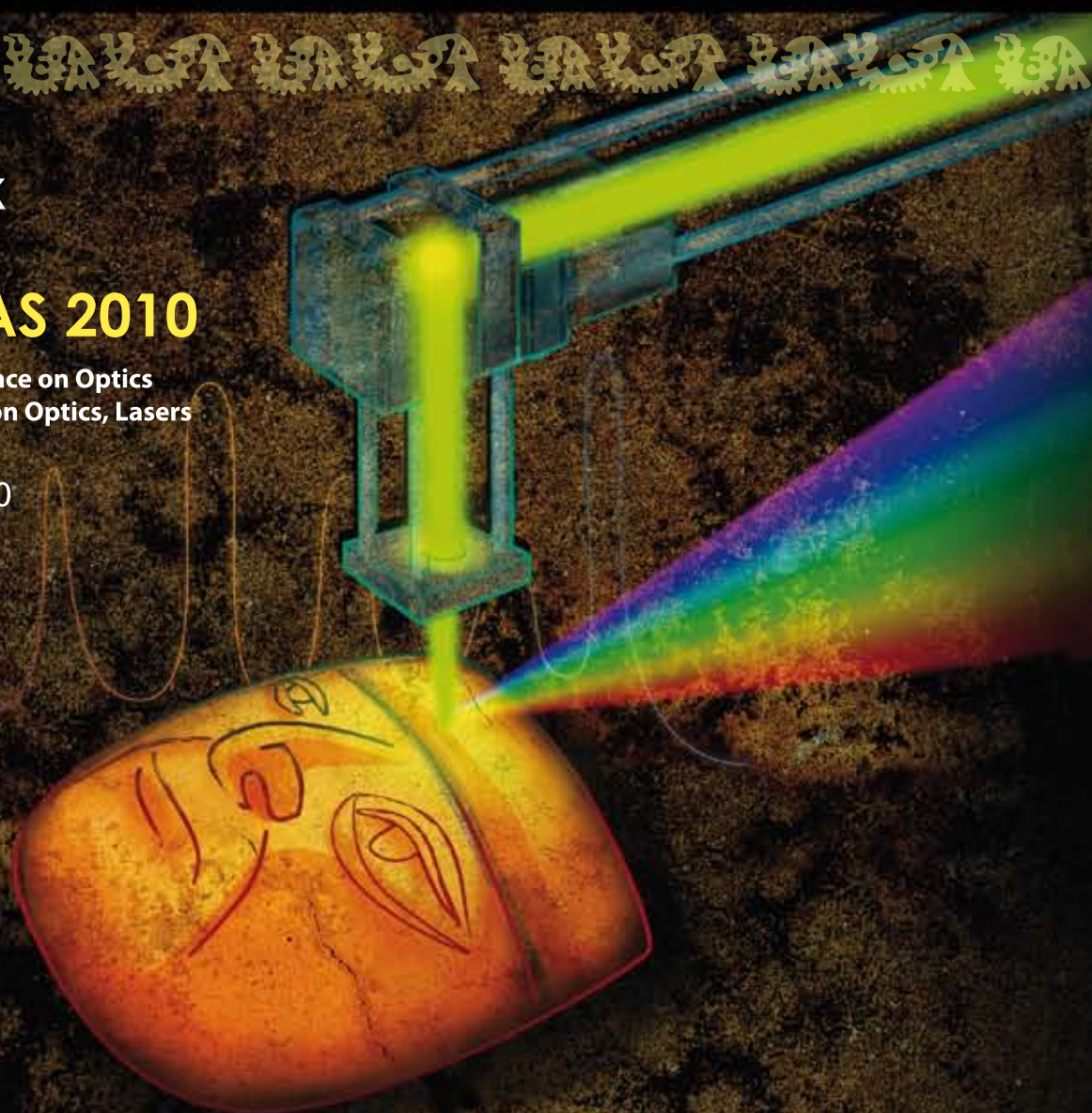
ABSTRACT BOOK of the **RIAO-OPTILAS 2010**

VII Ibero-American Conference on Optics
X Latin-American Meeting on Optics, Lasers
and Applications

September 20-24, 2010

TOPICS

LASERS
OPTICS
FOTONICS





ABSTRACT BOOK **of the** **RIAO-OPTILAS 2010**

VII Ibero-American Conference on Optics
X Latin-American Meeting on Optics, Lasers
and Applications

September 20-24, 2010

TOPICS

LASERS

OPTICS

FOTONICS



ABSTRACT BOOK of the RIAO-OPTILAS 2010

Guillermo Baldwin Olguín
José Benito Vázquez Dorrió
Francisco De Zela Martínez (Eds.)

© Pontificia Universidad Católica del Perú
Departamento de Ciencias, Sección Física
Av. Universitaria 1801, Lima 32, Perú
Teléfono: (51 1) 626-2600
Fax: (511) 626-2085
E-mail: gbaldwin@pucp.edu.pe
<http://www.pucp.edu.pe/departamento/ciencias/>

© Guillermo Baldwin Olguín, José Benito Vázquez Dorrió and Francisco De Zela Martínez, 2010
gbaldwin@pucp.edu.pe, bvazquez@uvigo.es, fdezela@pucp.edu.pe

Impresor
INTERACTIVA STUDIO S.A.C.
RUC: 20508683465
Hernán Velarde 371 Of. 3, Lima 1–Perú

Copy editor: José Benito Vázquez Dorrió
Interior design and cover: José Benito Vázquez Dorrió
bvazquez@uvigo.es

First printing: September 2010
Number of copies: 500
Distributed worldwide by *Guillermo Baldwin* gbaldwin@pucp.edu.pe
Full text available online at <http://www.pucp.edu.pe/conferencia/riao-optilas/index.html>

All rights reserved.

Permission to use is granted if appropriate reference to this source is made, the use is for educational purposes and no fees or other income is charged.

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° **2010-11868**
ISBN: 978-612-4057-21-2

RIAO-OPTILAS 2010
Abstract Book of the
7th Ibero-American Conference on Optics
10th Latin-American Meeting on Optics, Lasers and Applications
20-24 September, 2010
Pontificia Universidad Católica del Perú – Lima - Peru
ISBN: 978-612-4057-21-2

Edited by

Guillermo Baldwin Olguin
José Benito Vázquez Dorrió
Francisco De Zela Martínez

The Organizers of the 1st Andean School on Optics and Photonics (OPTOANDINA 2010), the 7th Ibero-American Conference on Optics and the 10th Latin-American Meeting on Optics, Lasers and Applications (RIAO-OPTILAS 2010) acknowledge the sponsorship cooperation and support of:



SPIE



INTERNATIONAL COMMISSION FOR OPTICS
COMMISSION INTERNATIONALE d'OPTIQUE



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ**

JOURNAL OF PHYSICS: CONFERENCE SERIES

The open-access journal for conferences

jpcs.iop.org



Organización
de Estados
Iberoamericanos

Para la Educación,
la Ciencia
y la Cultura



COOPERACIÓN REGIONAL
PARA LOS PAÍSES ANDINOS



Universida_{de}Vigo

RIAO-OPTILAS 2010
Abstract Book of the
7th Ibero-American Conference on Optics
10th Latin-American Meeting on Optics, Lasers and Applications
20-24 September, 2010

Pontificia Universidad Católica del Perú – Lima - Peru

ISBN: 978-612-4057-21-2

Online available on <http://www.pucp.edu.pe/conferencia/riao-optilas/index.html>

CHAIR

Guillermo Baldwin

SCIENTIFIC COMMITTEE

Silvia Ledesma (UBA, Argentina)
Hector Rabal (CIOP, Argentina)
Vanderlei Salvador Bagnato (USP, Brazil)
Lucila Cescato (UEC, Brazil)
Miguel Orzag (PUC, Chile)
Román Castañeda (UNALMED, Colombia)
Juan G. Darias Gonzalez (CEADEN, Cuba)
Victor Fajer Avila (CEADEN, Cuba)
Eddy Ayala (EPN, Ecuador)
Ángela Guzmán (FAU, United States)
Pierre Chavel (IOTA, France)
Jean-Pierre Galaup (UPXI, France)

ACADEMIC COMMITTEE

Oscar Martinez (UBA, Argentina)
Roberto Torroba (CIOP, Argentina)
Mikiya Muramatsu (USP, Brazil)
Lino Misoguti (USP, Brazil)
Carlos Saavedra (UDEC, Chile)
Efraín Solarte (UNIVALLE, Colombia)
Luciano Ángel (U-EAFIT, Colombia)
Luis Ponce (UH, Cuba)
Nikolai Espinosa (ESPE, Ecuador)
Josué Alvarez (CICESE, Mexico)

ORGANIZING COMMITTEE

International Committee

Gabriel Bilmes (CIOP, Argentina)
Jaime Frejlich (UNICAMP, Brazil)
Fatima Yasuoka (OPTO, Brazil)
Asticio Vargas (UFRO, Chile)
Yobani Mejía (UNAL, Colombia)

Local Committee

Miguel Asmad (PUCP, Peru)
Francisco De Zela (PUCP, Peru)
Benjamín Castañeda (PUCP, Peru)
Jorge Chau (IGP-ROJ, Peru)

Alfonso Lastras (UASLP, Mexico)
Daniel Malacara (CIO, Mexico)
Fernando Mendoza (CIO, Mexico)
Miguel Levy (MTU, United States)
Jose Salcedo (Multiwavephotonics, Portugal)
María Yzuel (UAB, Spain)
Carlos Gomez-Reino (USC, Spain)
Pablo Artal (UM, Spain)
Pedro Andrés (UV, Spain)
José Sasián (UA, United States)
Arturo Lezama (UR, Uruguay)
Alberto Fernandez (CVO, Venezuela)

Criseida González (AUGEN, Mexico)
Carlos Treviño (INAOE, Mexico)
Carlos Ferreyra (SEDO, Spain)
Adán Cabello (US, Spain)
Manuel Costa (UMINHO, Portugal)
Enrique Gálvez (CU, United States)
Carlos Martinis (BU, United States)
Erna Frins (UR, Uruguay)
José Luis Paz (USB, Venezuela)

Jorge Rueda (UniPamplona, Colombia)
Angel Augier Calderin (INTEC, Cuba)
Cesar Costa (EPN, Ecuador)
Eric Rosas (CENAM, Mexico)
Benito Vazquez (UV, Spain)

Víctor Barrena (UNALM, Peru)
Walter Estrada (UNI, Peru)
Benjamin Marticorena (UARM, Peru)
Mauro Lomer (UNICAN, Spain)

The papers published in this book compose the Abstracts of the **7th Ibero-American Conference on Optics and 10th Latin-American Meeting on Optics, Lasers and Applications**. Papers were selected by the Conference Committees to be presented in oral or poster format, and were subject to review by the editors and program committee. They are exclusive responsibility of the authors and are published herein as submitted, in interest of timely dissemination.

Please use the following format to cite material from this book:

Author (s). Title of Paper. Abstract Book of the RIAO-OPTILAS 2010, Baldwin G., Dorrio B.V., De Zela, F. (Eds.); 20-24 September; PUCP-Lima-Peru. 2010. Page numbers.

The authors of this book, the organizers and the sponsors of the RIAO-OPTILAS 2010 Conference, none of them, accept any responsibility for any use of the information contained in this book.

All rights reserved.

Permission to use is granted if appropriate reference to this source is made, the use is for educational purposes and no fees or other income is charged.

RIAO-OPTILAS 2010

7th Ibero-American Conference on Optics 10th Latin-American Meeting on Optics, Lasers and Applications 20-24 September, 2010 Pontificia Universidad Católica del Perú – Lima – Perú

INVITED SPEAKERS

Javier Alda

Universidad Complutense de Madrid, Spain

Ulrik Lund Anders

Technical University of Denmark, Denmark

Mario Bertolotti

Università di Roma I, Italy

Luis Jaime Castillo

Pontificia Universidad Católica del Perú, Peru

Jimmy Castillo

Universidad Central de Venezuela, Venezuela

Aristide Dogariu

CREOL, University of Central Florida, USA

Wolfgang Dultz

Johann Wolfgang Goethe Universität, Germany

Maria Teresa Flores-Arias

Universidad de Santiago de Compostela, Spain

Alex Grishin

Royal Institute of Technology, Sweden

Mitsuteru Inoue

Toyohashi University of Technology, Japan

Zbigniew Jaroszewicz

Institute of Applied Optics, Poland

Daniel Malacara

Centro de Investigaciones en Óptica, Mexico

John Meriwether

Clemson University, USA

Pierre Meystre

University of Arizona Tucson, USA

Juan Carlos Miñano

Universidad Politécnica de Madrid, Spain

Carlos Monken

Universidade Federal de Minas Gerais, Brazil

Duncan Moore

The Institute of Optics, Univ. of Rochester, USA

Luis Orozco

Universidad de Maryland, USA

José Luis Paz

Universidad Simón Bolívar, Venezuela

Juan Pérez Torres

The Institute of Photonics Sciences, Spain

Halina Rubinsztein-Dunlop

The University of Queensland, Australia

Patrick Sandoz

Université de Franche-Comté, France

Joanna Schmit

Veeco Instruments Inc., USA

Katarina Svanberg

Lund University Sweden

Sune Svanberg

Lund University, Sweden

Maxim Tomilin

St. Petersburg State University, Russia

James C. Wyant

University of Arizona, USA

OPTOANDINA 2010

Andean School on Optics and Photonics
13-17 September, 2010
Pontificia Universidad Católica del Perú – Lima - Peru

DIRECTORSHIP

Guillermo Baldwin

Pontificia Universidad Católica del Perú, Peru

COORDINATION

Miguel Asmad

Pontificia Universidad Católica del Perú, Peru

COORDINATION/COUNTERPART

SPECTROSCOPY AND LASERS

Elsi Mejía

Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico

Rubén Sánchez

Pontificia Universidad Católica del Perú, Peru

PHOTONICS AND OPTOELECTRONICS

Miguel Andrés

Universidad de Valencia, Spain

Rafael Coello

Pontificia Universidad Católica del Perú, Peru

OPTICAL ENGINEERING

Guillermo Baldwin

Pontificia Universidad Católica del Perú, Peru

Franco Gonzales

Pontificia Universidad Católica del Perú, Peru

OPTICAL METROLOGY

Benito Vázquez

Universidad de Vigo, Spain

Miguel Asmad

Pontificia Universidad Católica del Perú, Peru

OPTOANDINA 2010

Andean School on Optics and Photonics
13-17 September, 2010
Pontificia Universidad Católica del Perú – Lima - Perú

INVITED SPEAKERS

Javier Alda
Universidad Complutense de Madrid, Spain

Josué Álvarez
CICESE, Ensenada, BC, Mexico

Ricardo Amézquita
Universidad Nacional de Colombia, Colombia

Miguel Andrés
Universidad de Valencia, Spain

Pedro Andrés
Universidad de Valencia, Spain

Luis Manuel Arredondo
Centro de Investigaciones en Óptica, Mexico

Gabriel Bilmes
Centro de Inv. Ópticas de la Plata, Argentine

Jesús Blanco
Universidade de Vigo, Spain

Mikkel Brydegaard
University of Lund, Sweden

Enrique Camarillo
Univ. Nacional Autónoma de México, Mexico

Jaime Cascante
Universidad de Costa Rica, Costa Rica

Pere Colet
IFISC, CSIC-UIB, Spain

Cesar Costa
Escuela Politécnica Nacional, Ecuador

Ricardo Depine
Universidad de Buenos Aires, Argentine

Rufino Díaz
Univ. Nacional Autónoma de México, Mexico

Régulo Franco
Fundación Wiese, Cao Museum

Daniel Malacara
Centro de Investigaciones en Óptica, Mexico

Elsi Mejía
Univ. Nacional Autónoma de México, Mexico

Yobani Mejía
Universidad Nacional de Colombia, Colombia

Alexis Méndez
MCH Engineering, LLC, USA

Margarita Navarrete
Univ. Nacional Autónoma de México, Mexico

Ricardo Nobara
Ocean Optics, USA

Arturo Olivares
INAOE, Mexico

Omar Ormachea
Universidad Privada Boliviana, Bolivia

Patrick Sandoz
Université de Franche-Comté, France

Roberto Sato
Univ. Nacional Autónoma de México, Mexico

Joanna Schmit
Veeco Instruments Inc., USA

Sergio Vásquez
INAOE, Mexico

Benito Vázquez
Universidade de Vigo, Spain

Mayo Villagrán
Univ. Nacional Autónoma de México, Mexico

FACILITATORS

Miguel Asmad

Guillermo Baldwin

Rafael Coello

Gonzalo Gálvez

Pontificia Universidad Católica del Perú, Peru

Franco Gonzales

Sandra Romero

Rubén Sánchez

FOREWORD

I am very happy that, for the first time, Peru hosts RIAO-OPTILAS, something we wanted to achieve since long. And I am particularly glad that the venue of this edition has been the Pontificia Universidad Católica del Peru (PUCP).

For the first time, RIAO-OPTILAS has been preceded by a School closely related to it, OPTOANDINA. I should stress that for the first time, as well, colleagues from Ecuador and Bolivia attended RIAO-OPTILAS, thereby signaling a welcome boost for the development of optics and photonics in the Andean region, to which OPTOANDINA was intended to contribute. I hope very much that similar Schools will be replicated in the future, helping to promote research and development in optics and photonics in our region.

I welcome all attendants to RIAO-OPTILAS and hope that they take this opportunity not only to interact with their colleagues but to enjoy their stay in Peru as well.

Guillermo Baldwin
Chairman
RIAO-OPTILAS

FOREWORD

Guillermo Baldwin

TOPICS

Topic 1

**OPTICAL METROLOGY. HOLOGRAPHY. INTERFEROMETRY.
DIFFRACTIVE OPTICS. PHYSICAL OPTICS**

1

PRECISION INTERFEROMETRIC MEASUREMENTS IN NON-IDEAL
ENVIRONMENTS

J. C. Wyant

3

EXPANDING THE APPLICATIONS OF INTERFEROMETRIC OPTICAL
PROFILER

J. Schmit

3

BIOLOGICAL AND METROLOGY APPLICATIONS OF SUBPIXEL IN-PLANE
POSITION MEASUREMENTS BASED ON FOURIER PROCESSING AND PHASE
COMPUTATIONS OF IMAGES

P. Sandoz, J.A. Galeano

5

DIGITAL SPECKLE SHEAROGRAPHY SYSTEM FOR DYNAMIC INSPECTION
OF MATERIALS UNDER HEAT STRESS

N.A. Correa, J.D. Causado-Buelvas, G. Cañas, R. Castañeda

6

SYSTEM OF LOW-COHERENCE INTERFEROMETRY FOR INDUSTRIAL
APPLICATIONS

E.N. Morel, J.R. Torga, F.A. Liporace, G.A. Martinez

7

LIGHT SCATTERING OF PARTICLES WITH INCLUSIONS. INVERSE PROBLEM
SOLUTION IN THE RAYLEIGH-GANS APPROXIMATION

G.E. Elicabe, F.A. Otero, G.L. Frontini

8

DESIGN OF A PHASE SHIFTING INTERFEROMETER IN THE EUV FOR HIGH
PRECISION METROLOGY

M.G. Capeluto, C.C. Iemmi, M.C. Marconi

9

PHOTOREFRACTIVE DIGITAL HOLOGRAPHIC MICROSCOPY

J. Ricardo, M. Muramatsu, F. Palácios, M.R.R. Gesualdi, J.L. Valin

10

STUDY OF THE PHASE CONJUGATION REFLECTIVITY AND SENSITIVITY OF
FIBER SPECKLEGRAM SENSORS BASED ON VOLUME RECORDING MEDIA

Á. Salazar, J.A. Gómez, H. Lorduy G.

12

ESTIMATION AND COMPENSATION OF THE ABERRATIONS IN THE SPATIAL
LIGHT MODULATOR

A. Arias, R. Castañeda

13

NON-REDUNDANT ARRAY OF APERTURES FOR MEASURING THE COMPLEX
DEGREE OF SPATIAL COHERENCE

A.I. González, Y. Mejía

14

COMPENSATION OF PHASE ALTERATION IN REFLECTION DIGITAL
HOLOGRAPHIC MICROSCOPY

O. Rincón, F. Monroy, R. Amézquita, J. García-Sucerquia

15

DETERMINATION OF THE COHERENCE VOLUME BY USING A YOUNG-MICHELSON INTERFEROMETER G. Cañas-Cardona, A. Arias, J. García-Sucerquia, R. Castañeda	16
CALCULATION MODEL FOR THE TWO-WAVE MIXING GAIN IN A BSO CRYSTAL AS A FUNCTION ON THE INPUT BEAM POLARIZATION ANGLE H. Lorduy G., J.A. Gómez, Á. Salazar	17
SEMI-AUTOMATIC PARTICLE LOCATION FOR DIGITAL IN-LINE HOLOGRAPHIC MICROSCOPY WITH SPHERICAL WAVES J. Restrepo, J. García-Sucerquia	18
A HAND-HELD 3D LASER SCANNING WITH SUBVOXEL PRECISION N.A. Arias H., M.A. Suárez, J. Meneses, T. Gharbi	19
POINT SOURCES OF CLASSICAL OPTICAL FIELDS IN ANY STATE OF SPATIAL COHERENCE R. Castañeda, G. Cañas-Cardona, J. García-Sucerquia	20
PHASE MEASUREMENT IN LENS-LESS DIGITAL IN-LINE HOLOGRAPHIC MICROSCOPY S. Serna, J.F. Restrepo, J. García-Sucerquia	21
DESIGNING FRESNEL MICROLENSSES BY USING THE FRACTIONAL FOURIER TRANSFORM AND FOCUSING ASTIGMATIC GAUSSIAN BEAMS A. Patiño, P.E. Durand, E. Forget, P. Pellat-Finet	22
LIPPMANN PHOTOGRAPHY APPROACH IN A PAGE-ORIENTED “HOLOGRAPHIC” DATA STORAGE SYSTEM K. Contreras, G. Pauliat	23
ONLY ONE RONCHIGRAM TO STIMATE CURVATURE RADIUS OF A SPHERICAL CONCAVE SURFACE A. Cordero-Dávila, J. González-García, R. Izazaga-Pérez, B. Villalobos-Mendoza	24
TOPOMETRY BY USING IN-PLANE ELECTRONIC SPECKLE PATTERN INTERFEROMETRY WITH DIVERGENT ILLUMINATION A. Martínez, J. Parra-Michel, M. Anguiano, J.A. Rayas	25
RELEVANCE OF SURFACE EFFECTS ON THE d/α^0 REFLECTANCE FACTOR A. García-Valenzuela, F.L.S. Cuppo, J.A. Olivares	26
PERIODIC GREEN FUNCTIONS AND THE INTEGRAL METHOD FOR GRAZING INCIDENCE IN TWO-DIMENSIONAL PHOTONIC CRYSTALS A. Mendoza-Suárez, F. Villa-Villa, J.A. Gaspar-Armenta	27
EVALUATION OF HARMONIC ERROR IN OPTICS SURFACES BY USING RONCHI TEST, GENETIC ALGORITHMS AND CUBIC SPLINES J. González-García, A. Cordero-Dávila	28
3D VISUALIZATION AND TOPOMETRY IN REAL TIME J A. Rayas, A. Martínez, F. Villa-Villa	29
REAL TIME GRATINGS IN E Cure 901 [®] POLYMER G. Mellado, M. Ortiz, M. Pérez, G. Gómez, A. Pérez, J. C. Ibarra	30
TWO-DIMENSIONAL SUPERRESOLUTION AND FIELD OF VIEW IMPROVEMENT USING AXIAL TEMPORAL COHERENCE CODING C. Ferreira, V. Mico, J. García, D. Sylman, Z. Zalevsky	30

FORMATION AND LOCALIZATION OF DIGITAL SPECKLE FRINGE PATTERNS FOR WAVEFRONT RECONSTRUCTION E. Acedo Barbosa, M.R.R. Gesualdi, M. Muramatsu	32
CLUSTERED SPECKLE IN OPTICAL TWEEZERS J.P. Staforelli, J.M. Brito, E. Vera, P. Solano, A. Lencina	33
THREE-DIMENSIONAL EXPLORATION OF THE CROSS-SECTION OF EXTRUDED PROFILES BY MEANS LASER TRIANGULATION A.F. Muñoz P., J.C. Ramírez R., J.G. Barrero, J.E. Meneses F.	34
HOLOGRAPHIC GRATINGS IN PHOTOPOLYMERIZABLE GLASSES: APPLICATION TO FEMTOSECOND LASER PULSES MANIPULATION M.P. Hernández-Garay, O. Martínez-Matos, J.G. Izquierdo, M.L. Calvo, P. Vaveliuk, P. Cheben, L. Bañares	35
THE MONTE CARLO METHOD AS A TOOL FOR STATISTICAL CHARACTERISATION OF DIFFERENTIAL AND ADITIVE PHASE SHIFTING ALGORITHMS M. Miranda, B.V. Dorrió, J. Blanco, J. Bugarín, F. Ribas	36
GENERATION OF FEMTOSECOND PARAXIAL BEAMS WITH ARBITRARY SPATIAL DISTRIBUTION USING TWO VOLUME HOLOGRAPHIC GRATINGS O. Martínez-Matos, J.A. Rodrigo, M.P. Hernández-Garay, J.G. Izquierdo, R. Weigand, M.L. Calvo, P. Cheben, P. Vaveliuk, L. Bañares	38
3D FIELD CORRELATION OF SPECKLES GENERATED BY PUPILS WITH MULTIPLE APERTURES A. Lencina, R. Guzmán, M. Tebaldi, N. Bolognini	39
DIGITAL HOLOGRAPHIC MICROSCOPY FOR DETECTION OF TRYPANOSOMA CRUZI PARASITE IN BLOOD A. Monaldi, G. Romero, E. Alanís	40
DIFFRACTION PROPERTIES OF FIBONACCI METALLIC GRATINGS D.C. Skigin, R.A. Depine, J.A. Monsoriu, W.D. Furlan	41
REFLECTION AND REFRACTION IN ACTIVE DIELECTRIC MATERIALS M.C. Duplaá, L.I. Pérez, C.L. Matteo, M.T. Garea	42
MEASUREMENTS OF NANOVARIAION IN PIEZOELECTRIC SENSOR SURFACE USING SPECKLE CORRELATION M.F. Ruiz Gale, E. Hogert	43
GHOST IMAGE AND GHOST DIFFRACTION WITH THERMAL LIGHT GENERATED BY MEANS OF A PROGRAMMABLE SLM M.G. Capeluto, E. Duisterwinkel, C. Schmiegelow, D. Francisco, S.A. Ledesma, C.C. Iemmi	44
OPTICAL PROFILOMETRY BY LASER TRIANGULATION E. Hogert, M. Landau	45
IMPLEMENTATION AND COMPARISON OF DYNAMIC AND STATIC LIGHT SCATTERING TECHNIQUES FOR POLIDISPERSE PARTICLE SIZING USING A CCD CAMERA N. Álvarez, F. Pérez Quintián	46
STRUCTURAL MODEL FOR THE TELLURITE GLASS SYSTEM $\text{TeO}_2\text{-Li}_2\text{O-WO}_3$ A.A. Monteiro, V. Gordo, K. Yukimitu, J.B.B. De Oliveira	47

PLASMONIC STRUCTURES FABRICATION: FOCUSED ION BEAM X HOLOGRAPHIC LITHOGRAPHY J.W. Menezes, L.F. Avila, L. Cescato	49
EFFECT OF THE DIAMETER OF NANOHOLES IN PLASMONIC STRUCTURES GENERATED BY HOLOGRAPHY FOR SENSOR APPLICATIONS J.W. Menezes, L.F. Avila, L. Cescato	50
360 DEGREES DOUBLE DIFFRACTED IMAGING IN WHITE LIGHT J.J. Lunazzi, N.I.R. Rivera	51
STUDY OF A MULTILAYER PLASMONIC STRUCTURE HOLOGRAPHICALLY RECORDED FOR SENSOR APPLICATIONS L.F. Avila, J.W. Menezes, B.V. Borges, L. Cescato	52
DIGITAL HOLOGRAPHY MICROSCOPY IN 3D BIOLOGIC SAMPLES ANALYSIS J.R. Pérez, M. Muramatsu, F. Palácios, M.R.R. Gesualdi, J.L. Valin, O. Font	53
POTENTIALITIES OF THE DIGITAL HOLOGRAPHY IN THE STUDY OF THE FRAUNHOFER DIFFRACTION PATTERN OF MICROSCOPIC OBJECTS J.R. Pérez, M. Muramatsu, F. Palácios, M.R.R. Gesualdi, J.Valin, O. Font, G. Palacios, D. Palacios, S. Herold, M. Escobedo	54
FORMATION AND LOCALIZATION OF DIGITAL SPECKLE FRINGE PATTERNS FOR WAVEFRONT RECONSTRUCTION E. Acedo Barbosa, M.R.R. Gesualdi, M. Muramatsu	56
CLUSTERED SPECKLE IN OPTICAL TWEEZERS J.P. Staforelli, J.M. Brito, E. Vera, P. Solano, A. Lencina	57
THREE-DIMENSIONAL EXPLORATION OF THE CROSS-SECTION OF EXTRUDED PROFILES BY MEANS LASER TRIANGULATION A.F. Muñoz P., J.C. Ramírez R., J.G. Barrero, J.E. Meneses F.	58
MICROSCOPIC INSPECTION OF METAL SURFACES BY MATCHING PHOTOMETRIC STEREO IMAGES C. Chacón, C. Osorio, L. Gabriel Valdivieso, A. Plata Gómez	59
PINHOLE CAMERA UNDER STUDY OF APPROACH METAXIAL AND THE FRACTIONAL FOURIER OPTICS Z. Lizarazo, R. Torres, C. Chacón	60
REAL TIME NUMERICAL RECONSTRUCTION OF DIGITALLY RECORDED HOLOGRAMS C. Trujillo, J. García-Sucerquia	60
IMPLEMENTATION AND CALIBRATION OF A LASER DOPPLER VELOCIMETER IN ORDER TO MEASURE LIQUIDS VELOCITY C.F. Ordóñez Urbano, J. León Tellez	61
DIFRACTIVE ELEMENTS PERFORMANCE IN CHROMATIC CONFOCAL MICROSCOPY D. Duque, J. Garzón, Á. Alean Vanegas, M.F. Toledo, J. Meneses, T. Gharbi	62
TALBOT EFFECT WITH IMPERFECT PERIODIC OBJECTS E. Rueda, F. Medina, J.F. Barrera	63
TEMPERATURE CONTROLLED TOPOGRAPHY AND INDEX OF REFRACTION DECOUPLING IN MICROSCOPY INTERFEROMETRY F.A. Monroy Ramírez, J. García-Sucerquia	64

DIGITAL APPROXIMATION TO EXTENDED DEPTH OF FIELD FOR NON-TELECENTRIC IMAGING SYSTEMS	
J. Meneses, R. Contreras	65
INFLUENCE OF THE SPECKLE SIZE ON SPECKLEGRAM SENSORS BASED ON VERY LOW SNR FIBERS AND BSO CRYSTALS	
J.A. Gómez, H. Lorduy G., Á. Salazar	66
NANOCHARACTERIZACION OF THICKNESS OF TiN FILMS OBTAINED BY IONIC DEPOSITION	
L. Lara O., M.I. Jerez A., L. Dary Morantes M., A. Plata Gómez, Y. Torres, M.C. Lasprilla, V. Zhabon	67
AUTOMATIC VERIFICATION OF MATRIX WEAR STATE FOR METAL FORGING USING A 3D SCANNING SYSTEM	
L.D. Morantes M., C.A. Chacón, M.I. Jerez A., L. Lara O., J. Meneses, A. Plata Gómez	68
CHARACTERIZATION OF THE STRUCTURE OF THE COATING OF MULTILAYERS USING AFM AND INTERFEROMETRIC MICROSCOPY	
M.I. Jerez A., L. Lara O., L.D. Morantes M., A. Plata Gómez, Y. Torres, P. Tsygankov	69
CCD CAMERA CALIBRATION FOR 3D-METROLOGY ON CYLINDRICAL SURFACES	
N. Múnera, J. García-Sucerquia	70
3D OBJECT TRACKING USING A PHASE SENSITIVE METHOD	
N.A. Arias H., M.A. Suárez, J. Meneses, P. Sandoz, T. Gharbi	71
RECONSTRUCTION OF OBJETS FOR PROFILOMETRY INTERFEROMETRY WITH GRAN RANGE AXIAL	
N.A. Arias H., M.A. Suárez, J. Meneses, T. Gharbi	72
INTERACTING BOSON SYSTEM IN DISSIPATIVE ENVIRONMENTS	
R.D. Guerrero, H. Vinck-Posada, K.M. Fonseca	73
FRESNEL DIFFRACTION AND FRACTIONAL FOURIER OPTICS	
R. Torres, Z. Lizarazo	74
ABERRATION COMPENSATION USING A LIGHT SPATIAL MODULATOR LCD	
R. Amézquita, O. Rincón, M. Torres	74
DIAMETER AND AXIAL POSITION MEASUREMENT OF MICROMETRIC PARTICLES BY IN-LINE DIGITAL HOLOGRAPHY USING WAVELET TRANSFORM	
Y.M. Torres, F. Monroy, R. Amézquita, J. García-Sucerquia	75
MAKING HOLOGRAVURES AS COMPUTER GENERATED AND LASER ENGRAVED SCRATCH HOLOGRAMS	
A.G. Augier, R.B. Sánchez	76
ELECTRO-OPTICAL METHOD POLARIMETRIC MESUREMENT	
L.J. Miranda Díaz	78
COLOR MULTIPLEXING USING DIRECTIONAL HOLOGRAPHIC GRATINGS AND LINEAR POLARIZATION	
L.I. Lugo Pérez, A. Rodríguez Cobos, G. Ramírez Flores, S. Guel Sandoval	79
SIZE AND REFRACTIVE INDEX MEASUREMENT OF COLLOIDAL PARTICLES	
C. Sánchez-Pérez, A. García-Valenzuela	80

WAVEFRONT CALCULATION FROM THE BACKSCATTERING PHASE IN THE PROOF OF OPTICAL ELEMENTS	
G. Díaz-González, J. Munoz-López, J. Castro-Ramos, A. Santiago-Alvarado	81
EXPERIMENTAL EVIDENCE OF AN EFFECTIVE MEDIUM FOR DIFFUSE LIGHT IN TURBID COLLOIDS	
H. Contreras-Tello, A. García-Valenzuela	82
DOUBLE MACH-ZEHNDER INTERFEROMETER FOR TOMOGRAPHIC OBTENTION OF THE TEMPERATURE DISTRIBUTION OF A FLAME	
L.R. Berriel Valdós, E. De la Rosa Miranda, J.F. Aguilar Valdez, J.C. Aguilar-López	83
β -CAROTENE, ELECTRICAL PROPERTIES	
M. J. Ordóñez-Padilla, A. Olivares-Pérez, V. Santacruz-Vázquez, C. Santacruz-Vázquez, S. Toxqui-López, V. Dorantes-García, I. Fuentes-Tapia	84
NEW HARTMANN'S SCREENS TO TEST A PLANE-CONVEX SPHERICAL BIREFRINGENT LENS	
M. Avendaño-Alejo, D.M. González-Utrera	85
EQUATION FOR THE CAUSTIC SURFACE PRODUCED BY REFRACTION THROUGH AN ASPHERICAL PLANE-CONVEX LENS, TO DESIGN NEW HARTMANN'S NULL SCREENS	
M. Avendaño-Alejo, D. M. González-Utrera	86
THE RONCHI TEST USING AN LCD AS A PHASE GRATING	
M. Mora-González, F.J. Casillas, J. Muñoz-Maciel, R. Chiu-Zarate, G. Gómez-Rosas, J. Salinas-Luna, F.G. Peña-Lecona	86
HOLOGRAMS RECORDED IN DICHROMATED SIMPLE SUGARS	
N. Mejias-Brizuela, A. Olivares-Pérez, A. Grande-Grande	87
HOLOGRAMS PREPARATION USING COMMERCIAL FLUORESCENT BENZYL	
V. Dorantes-García, A. Olivares- Pérez, M.J. Ordoñez-Padilla, I. Fuentes-Tapia	88
ANALYSIS, OPTIMIZATION AND IMPLEMENTATION OF A DYNAMIC STOKES POLARIMETER BASED ON LCDs	
A. Peinado, Á. Lizana, J. Vidal, C. Iemmi, J. Campos	89
AMPLITUDE AND PHASE CHARACTERIZATION OF SPATIAL WAVEFRONTS BY DIFFRACTED BEAM INTERFEROMETRY: BLIND DBI	
E. López-Lago, H. González-Núñez, R. De la Fuente	90
AMPLITUDE AND PHASE CHARACTERIZATION BY RADIAL SHEARING INTERFEROMETRY	
E. López-Lago, H. González-Núñez, R. Fuente	92
DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM TO ESTIMATING PITCH AND ROLL FOR AN ABSOLUTE FLAT X-RAY MIRROR TESTING USING LATERAL SHEARING TECHNIQUE	
J. Vidal, J. Nicolas, J. Campos	93
THE FIBONACCI LENS	
J.A. Monsoriu, A. Calatayud, L. Remón, W.D. Furlan, G. Saavedra, P. Andrés, E. Tajahuerce	95
ANALYSIS OF THE DOES EFFICIENCY GENERATED BY LCOS DISPLAYS	
A. Lizana, L. Lobato, C. Iemmi, A. Márquez, I. Moreno, J. Campos, M.J. Yzuel	96

OPTICAL IMPLEMENTATION OF MULTIFOCAL PROGRAMMABLE LENS WITH SINGLE AND MULTIPLE AXIS L.A. Romero, M.S. Millán, E. Pérez Cabré	97
BIDIMENSIONAL CHARACTERISTIC POLYNOMIALS IN THE DIRECT CALCULATION OF OPTICAL PHASE SUM AND DIFFERENCE M. Miranda, B.V. Dorrio, J. Blanco, J. Bugarín, F. Ribas	98
TELEPORTATION OF DISPLACED FOCK STATES: FIDELITY AND THE THEIR TELEPORTED PHOTON NUMBER DISTRIBUTIONS W. Quintero, C.L. Ladera	100
QUANTITATIVE PHASE MICROSCOPY FOR THE STUDY OF BONE CELLS ON MULTIPLE ROUGHNESS SURFACES J. González-Laprea, A. Márquez, K. Noris-Suárez, R. Escalona	101
ADAPTIVE CONTROL TO IMPROVE INTERFEROGRAMS IN PRESENCE OF MECHANICAL VIBRATIONS N. Veloz Savino, R. Escalona, J. González-Laprea	101
RAPID PROTOTYPING AND INSTRUMENTATION OF AN INTERFEROMETER FOR OPTICAL TESTING M. Asmad, D. Córdova, S. Romero, G. Baldwin	102
SPECKLE FIELDS SYNTHESIS BY USING THE DISCRETE FRESNEL TRANSFORM ALGORITHM L. Ángel, D. Sierra	104
CLASSICAL DIFFRACTION EXPERIMENTS FOR DIGITAL HOLOGRAPHY ALGORITHM CALIBRATION L. Ángel, D. Sierra	105
ALTERNATIVE COHERENT-MODE REPRESENTATION OF A RANDOM ELECTROMAGNETIC SOURCE A. Ostrovsky, A. Zemliak, M. Olvera	106
CHALMERS TEST, WITH A LIQUID CRYSTAL DISPLAY B. Canales, A. Cornejo, F. Granados	107
HILBERT TRANSFORM AND OPTICAL TOMOGRAPHY FOR ANISOTROPIC EDGE ENHANCEMENT OF PHASE OBJECTS A. Montes, C. Meneses, G. Rodríguez	108
PFAFF EQUATION AND FOURIER ANALYSIS TO PHASE EXTRACTION FROM AN INTERFEROGRAM WITH CARRIER FREQUENCY F. Lara, C. Meneses, G. Rodríguez	109
CALIBRATION OF PHASE MEASURES FOR POINT DIFFRACTION INTERFEROMETER E. Rueda, F.S. Granados, A. Cornejo	110
ONE-SHOT TECHNIQUES WITH MODULATION OF POLARIZATION FOR PHASE-SHIFTING INTERFEROMETRY USING FOUR OR MORE INTERFEROGRAMS G. Rodríguez, N.I. Toto, C. Meneses, J. Vázquez	111
DOUBLE SCATTER OF VECTOR ELECTROMAGNETIC WAVES FROM ROUGH METAL AND DIELECTRIC SURFACES USING THE KIRCHHOFF APPROXIMATION N. C. Bruce	112

METROLOGY OF V-SHAPED GROOVES WITH A SCANNING DIFFERENTIAL HETERODYNE MICROSCOPE	
I.M. Akhmedzhanov, D.V. Baranov, S.I. Bozhevolnyi, E.M. Zolotov	113
SINGLE-SHOT COLOR DIGITAL HOLOGRAPHY BY USING THE FRACTIONAL TALBOT EFFECT	
L. Martínez, M. Araiza, B. Javidi, P. Andrés, J. Lancis, V. Climent, R. Martínez, E. Tajahuerce	115
THOROUGH CHARACTERIZATION OF SPATIAL LIGHT MODULATORS LCR2500, TUNED IN ONLY PHASE MODULATION	
J.E. Rueda, L.A. Guerra, A.L. Romero	117
HOLOGRAPHIC RECORDING AND ERASURE IN BTO CRYSTAL IN THE INFRARED UNDER APPLIED ELECTRIC FIELD ACTION	
A.L. Moura, A.F. Pereira, J.F. Carvalho, P.V. Dos Santos	117
DYNAMIC MOIRÉ PATTERNS FOR OPTICAL PROFILOMETRY APPLICATIONS	
G.N. De Oliveira, M.E. De Oliveira, P.A.M. Dos Santos	119
DYNAMIC OF FAST AND SLOW GRATINGS IN DOPED TITANOSILLENITE PHOTOREFRACTIVE CRYSTALS	
I. De Oliveira, R. Montenegro, J. Frejlich	120
PHASE-SHIFTING REAL-TIME HOLOGRAPHIC MICROSCOPY APPLIED IN MICRO-STRUCTURES SURFACE ANALYSIS	
I.V. Brito, M.R.R. Gesualdi, M. Muramatsu, J. Ricardo	122
DIGITAL HOLOGRAPHY MICROSCOPY USING A SINGLE MODE FIBER AND AN ERROR CORRECTION METHOD	
K. Matsuda, M. Muramatsu, S. Rehman, M.R.R. Gesualdi	123
SIMPLE OPTICAL SETUP IMPLEMENTATION FOR DIGITAL FOURIER TRANSFORM HOLOGRAPHY	
G.N. De Oliveira, D.M.C. Rodrigues, P.A.M. Dos Santos	125
CHARACTERIZATION PROCESS OF A TWISTER NEMATIC LCD IN SINGLE-PHOTON LIMIT DETECTION	
A. Vargas, R. Guzmán, G. Lima, C. Saavedra, I. Moreno	126
EFFICIENT ALGORITHM FOR CALCULATING INTERFERENCE AND DIFFRACTION PATTERNS WITH OPTICAL FIELDS IN ANY STATE OF SPATIAL COHERENCE	
H. Muñoz, R. Castañeda, J. García	127
SIMPLE TECHNIQUE FOR GENERATING THE PARTIALLY COHERENT AND PARTIALLY POLARIZED ELECTROMAGNETIC SOURCE	
A. Ostrovsky, G. Rodríguez, C. Meneses, M. Olvera	128
CHARACTERIZATION OF PARAMETERS IN 3D PARTICLE IMAGE VELOCIMETRY	
C. Mares, B. Barrientos	130
LINEAL PHASE IN THE COMMON PATH INTERFEROMETRY BY LONGITUDINAL TRANSLATION OF THE RULING	
E. Barojas, C. Meneses, G. Rodríguez	130
RAY TRACING TO STUDY OF WAX AROUND OF CLOUD POINT BY OPTICAL ABSORPTION TOMOGRAPHY	
L. Moreno, C. Meneses, N. Herrera, G. Rodríguez	131

MODULATION OF POLARIZATION FOR PHASE-SHIFTING HOLOGRAPHIC INTERFEROMETRY WITH TWO REFERENCES	
G. Rodríguez, J. Vázquez, N.I. Toto, C. Meneses, L. E. Jiménez	133
THE USE OF A CONICAL LENS TO FIND THE REFRACTIVE INDEX OF LIQUIDS	
M. Anguiano, D. Salas, G. Trujillo	134
DESIGN OF A SCANNING POLARIMETRIC SCATTEROMETER FOR 2D ROUGH SURFACE SCATTERING MEASUREMENTS	
N.C. Bruce, A. Domínguez, T. Santana, X. Téllez, A. Nogueira, R. Nava	135
NEW NULL SCREEN DESIGNS FOR TESTING CYLINDRICAL PARABOLIC CONCENTRATORS	
R. Díaz, J. Beltrán, V.I. Moreno	136
IMPLEMENTATION OF THE COUPLED-WAVE METHOD FOR V-SHAPED GROOVE CHARACTERIZATION WITH A SCANNING DIFFERENTIAL HETERODYNE MICROSCOPE	
I.M. Akhmedzhanov, D.V. Baranov, E.M. Zolotov	137
MEASUREMENT OF CONIC ROTATION-INVARIANT OPTICAL SURFACES	
J. Mazzaferri, R. Navarro	139
INTERFEROMETER WITH EXTENDED VISIBILITY FOR FEMTOSECOND RADIATION. APPLICATIONS TO LOW COHERENCE DIGITAL HOLOGRAPHY	
R. Martínez, L. Martínez, J. Lancis, G. Mínguez, O. Mendoza, E. Tajahuerce, P. Clemente, P. Andrés	141
LASER OPTICAL MOUSE APPLIED TO DYNAMIC SPECKLE SENSING	
M. Melo da Silva, J.R. De Almeida, M.J. Chaves, R.A. Braga, H. Rabal	143
LONG-PERIOD GRATING BASED ALL-FIBER COAXIAL REFRACTOMETRIC SENSOR	
L. Mosquera, J.H. Osorio, C.M.B. Cordeiro	144
GENERATION OF OPTICAL LATTICES USING LIGHT BEAMS WITH ORBITAL ANGULAR MOMENTUM	
W.C. Soares, D.P. Caetano, J.M. Hickmann, S. Chávez-Cerda	144
SPATIAL COHERENCE OF HIGHER - ORDER AND CORRELATION BETWEEN SPATIAL COHERENCE WAVELETS	
R. Castañeda, G. Cañas-Cardona, J. González, H. Vinck-Posada	145
GENERATION OF NEW PROPAGATION INVARIANT BEAMS	
J. Mendoza Hernández, M.L. Arroyo Carrasco, M.M. Méndez Otero, S. Chávez Cerda, M.D. Iturbe Castillo	145
SISTEMA PARA LA DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LA LONGITUD DE LA CAVIDAD DE UN LÁSER	
L. Rojas-Cortéz, J. Castillo-Mixcóatl, G. Beltrán-Pérez, S. Muñoz-Aguirre	146
IMPLEMENTACIÓN DE UN ALGORITMO DE SEGUIMIENTO DE CAMINO PARA EL DESENVOLVIMIENTO DE FASE EN 2D MEDIANTE MAPAS DE CALIDAD	
G. Domínguez-Guzmán, J. Castillo-Mixcóatl, S. Muñoz-Aguirre, G. Beltrán-Pérez	146
ENVIRONMENTAL CONDITIONS INFLUENCE FOR REAL-TIME HOLOGRAM FORMATION ON DICHROMAED POLYVINYL ALCOHOL $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ DOPED FILMS	
R.C. Fontanilla-Urdaneta, A. Olivares-Pérez, I. Fuentes-Tapia, M.A. Ríos-Velasco	147

ON THE IMPLEMENTATION OF PLAUSIBLE REASONING BY FOURIER-HOLOGRAPHY TECHNIQUE A.V.Pavlov	147

Topic 2 COLOR, VISION AND RADIOMETRY. ELECTRO-OPTICS	149

GRADIENT-INDEX HUMAN EYE M.T. Flores-Arias, A.Díaz, C. Gómez	151
CALCULATION AND COMPARISON OF VISUAL OTF OF AXICONS AND LSOE LIKE INTRAOCULAR LENS A. Arias, S. Bará, Z. Jaroszewicz, A. Kolodziejczyk	151
CORNEAL ABERRATIONS IN KERATOCONIC EYES: INFLUENCE OF PUPIL SIZE AND CENTERING S.A. Comastri, L.I. Pérez, G.D. Pérez, G. Martín, A. Bianchetti	152
OPTIMIZATION OF THE EFFICIENCY OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS THROUGH SOLAR COLLECTION BASED ON FRESNEL LENS AND AUTOMATED POSITIONING SYSTEM O. Ormachea, D. Serna	154
COLORIMETRIC EQUIVALENTS SEARCH BETWEEN COLOR PENCILS AND THE FARNSWORTH D – 15 COLOR VISION TEST E. Gómez, C.P. Valdés, E. Solarte	155
PSYCHOPHYSICS IN THE HUE TEST J. Carranza Gallardo, P.R. Cervantes Petersen	156
QUANTIFICATION OF THE DIFFERENCES IN CHROMATIC COORDINATES $L^*a^*b^*$ DUE TO THE APERTURE SIZE IN AN SPECTROCOLORIMETER WITH AN INTEGRATION SPHERE J. Medina, S. Vázquez	157
ON THE PARADOXICAL USE OF SYMMETRY IN THE OPTICAL SYSTEM OF THE HUMAN EYE. EVOLUTIVE HYPOTHESIS R. Navarro Belsué	158
A NUMERICAL MODEL OF SCATTERING OF LIGHT IN THE HUMAN EYE I. Kelly Pérez, N.C. Bruce, L.R. Berriel	160

Topic 3 OPTICAL AND DIGITAL IMAGE PROCESSING	163

POLARIZING MICROSCOPY BASED ON LIQUID CRYSTALS WITH NEW IMAGING FUNCTIONS M. Tomilin	165
USING A DIGITAL SIGNAL PROCESSOR TO PERFORM CORRELATION OF FRACTIONAL ORDER W. Castaño Galviz, Y. Torres Moreno	166
IMAGE SHARPNESS METRIC: A COMPARATIVE STUDY R. Anaice, J. Facon	166

EXTRACTION OF 3D INFORMATION AT 360 DEGREES OF OBSERVATION BY LASER TRIANGULATION: COORDINATE SYSTEM UNIFICATION A.F. Muñoz P., J.C. Ramírez R., J.G. Barrero, J.E. Meneses F.	168
HARTLEY FRACTIONAL TRANSFORM APPLIED TO IMAGE ENCRYPTION C. Jiménez, C.O. Torres, L. Mattos	170
EVALUATION OF HYBRIDS ALGORITHMS FOR MASS DETECTION IN DIGITALIZED MAMMOGRAMS J. Cordero, J. Garzón	171
STUDY OF INTERHEMISPHERIC ASYMMETRIES IN ELECTROENCEPHALOGRAPHIC SIGNALS BY FREQUENCY ANALYSIS J. Zapata, J. Garzón	172
DOUBLE APERTURE SCHEME IN SLOPE DETECTION: SYSTEM PERFORMANCE M. Molina Prado, M.C. Lasprilla, M. Tebaldi, N. Bolognini	174
FINGERPRINTS RECOGNITION BASED ON HYBRID CORRELATION AND HAUSDORF DISTANCES O. Tijaro, Y. Torres, H. Argüello	175
MEASURING REFRACTIVE POWER OF PROGRESSIVE ADDITION LENSES BY USING THE HARTMANN TEST Y. Mejía, A.F. Jiménez	176
MULTIPLEXING TECHNIQUE BASED ON THE LACUNARITY OF FRACTAL ENCRYPTING MASKS M. Tebaldi, D. Amaya, W.D. Furlan, J.A. Monsoriu, R. Torroba, N. Bolognini	176
TALBOT EFFECT BY PHOTOREFRACTIVE 3D PHASE GRATINGS G. Forte, A. Lencina, M. Tebaldi, N. Bolognini	177
ADAPTIVE MASKS FOR THE PATTERN RECOGNITION BY UNIDIMENSIONAL SIGNATURES IN DIGITAL IMAGES S. Solorza, J. Álvarez-Borrego	178
REMOTE SENSING SYSTEM USING LOW COST AIRCRAFT FOR AGRICULTURAL APPLICATIONS A. Flores, G. Cucho, E. Gordillo, J. Quispe, D. Reátegui, M. Aucallanchi, J. Barba, A. Posadas, R. Quiroz, C. Barreda, H. Loayza	179
OPTICAL ACCESSING BY USING SPECKLE PATTERNS GENERATED BY THE CHIRP-Z TRANSFORM F. Mosso, M. Tebaldi, R. Torroba, N. Bolognini	181
OPTICAL ENCRYPTION OF SOUND SIGNALS F. Mosso, M. Tebaldi, R. Torroba, N. Bolognini	182
CHARACTERIZATION OF UNIAXIAL CRYSTALS THROUGH THE STUDY OF FRINGE PATTERNS F.E. Veiras, G.D. Pérez, M.T. Garea, L.I. Pérez	183
USING THE EFFECT OF POLARIZATION FOR GENERATE IMAGE IN FOCUS IN MICROSCOPY C-DIC C. Chacón, A. Plata, C. Osorio	184

OPTO-DIGITAL MULTIPLEXING EXPERIMENTAL PROCEDURE BY DIFFUSER ROTATIONS IN A JOINT TRANSFORM CORRELATOR ARCHITECTURE C. Ríos, E. Rueda, R. Henao, J.F. Barrera, R. Torroba	185
DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A BIOMETRIC METHOD BASED ON FACIAL DETECTION IN VIDEO SEQUENCES C.F. Ordóñez Urbano, S.G. Ortiz Uriburu	186
WAVELET TRANSFORM APPLIED TO PATTERN RECOGNITION OPTIMIZATION OF JTC DIGITAL CORRELATOR G. Mestre, C.O. Torres	187
IMAGE ENCRYPTION USING THE FRACTIONAL WAVELET TRANSFORM J. Useche, J.M. Vilardy, C.O. Torres, L. Mattos	187
IMPROVEMENT CAPACITIES OF AN OPTO-DIGITAL ENCRYPTION SYSTEM VIA MULTIPLEXING J.F. Barrera, E. Rueda, C. Ríos, M. Tebaldi, N. Bolognini, R. Torroba	188
DESIGN AND IMPLEMENTATION IN VHDL CODE OF THE TWO- DIMENSIONAL FAST FOURIER TRANSFORM FOR FREQUENCY FILTERING, CONVOLUTION AND CORRELATION OPERATIONS J. Vilardy, F. Giacometto, C. Torres, L. Mattos	189
HARDWARE ARCHITECTURE FOR FPGA IMPLEMENTATION OF THE IEEE 754 FORMAT FOR BINARY REPRESENTATION OF FLOATING POINT DATA M. León A., L. Barba J., I. Vargas Q., C. Torres M.	190
IMPLEMENTATION OF THE 2-D WAVELET TRANSFORM INTO FPGA FOR IMAGE M. León A., L. Barba J., I. Vargas Q., C. Torres M.	191
SLOPE DETECTION BY VOLUME MODULATED SPECKLES M. Molina Prado, M.C. Lasprilla, M. Tebaldi, N. Bolognini	192
RADIAL HILBERT TRANSFORM AND ITS APPLICATION IN THE EDGE DETECTION. STUDY CASE: FINGERPRINT Y. Morales, C. Torres, L. Mattos	193
IMAGE ENCRYPTION AND DECRYPTION USING FRACTIONAL FOURIER TRANSFORM AND RADIAL HILBERT TRANSFORM Y. Morales, C. Torres, L. Mattos	194
MODIFICATION OF WAVEFRONT FROM CAUSTIC SURFACES TO LENGTHEN THE FOCAL LINE S.I. Carrillo, Y. Mejía	194
UNSUPERVISED DEFECT SEGMENTATION OF PATTERNED MATERIALS UNDER NIR ILLUMINATION M.S. Millán, J. Escofet, M. Ralló	195
IMAGE PROCESSING IN THE CHARACTERIZATION OF NANOSTRUCTURES M.F.M. Costa	196
VULNERABILITY OF THE JTC BASED DOUBLE RANDOM PHASE ENCODING ENCRYPTING ARCHITECTURE C. Vargas, J.F. Barrera, M. Tebaldi, R. Torroba, N. Bolognini	197
EVALUATION OF SPECKLE-INTERFEROMETRY DESCRIPTORS TO MEASURING DRYING OF COATINGS E. Blotta, V. Ballarín, H. Rabal	198

FPGA IMPLEMENTATION OF EDGE DETECTION ALGORITHM IN IMAGE	
L. Vargas, L. Barba, C. Torres, L. Mattos	200
SIGN LANGUAGE RECOGNITION SYSTEM USING NEURAL NETWORK FOR DIGITAL HARDWARE IMPLEMENTATION	
L. Vargas, L. Barba, C. Torres, L. Mattos	200
DIGITAL CORRELATION BASED ON WAVELET TRANSFORM FOR IMAGE DETECTION	
L. Barba, L. Vargas, C. Torres, L. Mattos	200
EXPERIMENTAL COLOR ENCRYPTION IN A JOINT TRANSFORM CORRELATOR ARCHITECTURE	
M. Tebaldi, S. Horrillo, E. Pérez-Cabré, M.S. Millán, D. Amaya, R. Torroba, N. Bolognini	201
CORRELACIÓN NO LINEAL MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE FIRMAS VECTORIALES INVARIANTES	
C. Fimbres-Castro, J. Álvarez-Borrego, S. Solorza	201
MOVEMENTS ON ANGULAR POINCARÉ SPHERE DURING BEAM PROPAGATION	
T. Alieva, M.J. Bastiaans	202
PHOTONIC APPLICATIONS OF BACTERIORHODOPSIN	
D.V.G.L.N. Rao	202

Topic 4 **DIDACTICS OF OPTICS AND PHOTONICS**

205

ELECTRIC/MAGNETIC PLASMON POLARITONS AND ABSORPTION EFFECTS IN 1D PHOTONIC SUPERLATTICES CONTAINING A METAMATERIAL	
D. Mogilevtsev, E. Reyes-Gómez, S.B. Cavalcanti, C.A.A. De Carvalho, L. E. Oliveira	207
DISCOVERING THE PUZZLING BEHAVIOUR OF ELECTRONS WITH THE GRIMALDI-YOUNG EXPERIMENT	
S. Serna, G. Matteucci, R. Castañeda, F. Medina, J. García-Sucerquia	208
DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A LOW COST RAMAN SPECTROMETER	
E. Zegarra, A. Gutarra	209
BREWSTER MODES AND SUPPRESSION OF ANDERSON LOCALIZATION IN DISORDERED DISPERSIVE MEDIA	
D. Mogilevtsev, F.A. Pinheiro, R.R. Dos Santos, S.B. Cavalcanti, L. E. Oliveira	211
GEOMETRIC IMAGE FORMATION OF AXIAL OBJECTS	
H. Rabal, N. Cap, R. Arizaga, M. Trivi	212
SCIENCE POPULARIZATION AS AN EDUCATIONAL TOOL; CONSTRUCTION TOYS IN SCIENTIFIC AND RELATED OPTICS	
L.R. Batista, M. Muramatsu	213
OPTICAL ABERRATIONS MEASUREMENT IN PHOTOGRAPHIC LENSES. DISPLAY OF ITS EFFECTS ON DIGITAL IMAGES	
C. Mitjà, J. Escofet, F. Vega	214
MIRAGES ABOVE THE SEA WATERS	
J. Blanco, F.A. Ribas	215

FRACTIONAL FOURIER TRANSFORM ANALYSIS OF TWO MIRROR RESONATORS C. Ferreira, I. Moreno, P. García-Martínez	216
UNDERGRADUATE LABORATORY EXPERIMENTS WITH FRACTAL DIFFRACTION GRATINGS A. Pons, J.C. Barreiro, W.D. Furlan, M.H. Giménez, J.A. Monsoriu	217
DISCRETE WIGNER DISTRIBUTION FUNCTION WITH COHERENT ILLUMINATION OF DETECTED IMAGES OF QUASI-POINT SOURCE OBJECTS L.R. Berriel Valdós, I.J. Orlando Guerrero, S. Mejía Romero, J.F. Aguilar, J.E.A. Landgrave	218
SIMULATION SOFTWARE FOR TEACHING THE PROJECTION MOIRE TECHNIQUE G. Trujillo-Schiaffino, D.P. Salas-Peimbert, M. Anguiano-Morales	220
SIMULATION SOFTWARE FOR TEACHING HARTMANN PATTERNS WITH PRIMARY SEIDEL ABERRATIONS D.P. Salas-Peimbert, G. Trujillo-Schiaffino, M. Anguiano-Morales	221
DESIGN AND BUILT OF OPTICAL FIBER NETWORK TO ANALYSIS OF TRANSMISSION ON PASSIVE NETWORK OF DIFFERENT TOPOLOGY C.M. Serpa Imbett, N.D. Gómez Cardona, N. Guerrero González	222
EXPERIMENTS AND DEMONSTRATIONS TO INTRODUCE CONCEPTS OF MODERN OPTICS IN HIGH SCHOOL S. Sausmikat Fortes, F. Matioli da Silva, G. Oliveira Steinicke, M.N. Rocha, T. Gishitomi Fujimoto, M. Muramatsu	223
MAKING HOLOGRAMS AT SCHOOL AND AT HOME R. Serra Toledo, A. Moreno Yeras, D.S.F. Magalhães, M. Muramatsu, J.B. Lemus	224
UNDERSTANDING THE PHYSICAL OPTICS PHENOMENA BY USING A DIGITAL APPLICATION FOR LIGHT PROPAGATION D. E. Sierra, L. Ángel	225
MATRIX METHODS IN GEOMETRIC, WAVE, AND STATISTICAL OPTICS T. Alieva, J.A. Rodrigo, O. Martínez, M.J. Bastiaans, A. Cámara, A. Asenjo, M.L. Calvo	226
OPTICS AND CHILDREN M.F.M. Costa, J. Ayres de Campos, M. Lira, S. Franco, B.V.Dorrió	228
MANUAL DE PRÁCTICAS: LABORATORIO DE ÓPTICA A NIVEL MEDIO Y SUPERIOR G. Rodríguez-Zurita	228
CURSO INTRODUCTORIO DE ÓPTICA DE FOURIER EN LICENCIATURA O POSGRADO: SECUENCIA Y ELEMENTOS PROPUESTOS G. Rodríguez-Zurita	229
CORRELATED-PHOTON EXPERIMENTS FOR TEACHING QUANTUM MECHANICS, QUANTUM OPTICS AND QUANTUM INFORMATION E.J. Gálvez	230

Topic 5

OPTICAL APPLICATIONS IN INDUSTRY, ENGINEERING AND MEDICINE

OPTICAL ENTREPRENEURSHIP. OPTICAL INDUSTRY

231

COMPENSATION OF PRESBYOPIA WITH DIFFRACTIVE OPTICAL ELEMENTS Z. Jaroszewicz	233
PREPARATION OF METALLIC NANOPARTICLES (Au y Fe- α) AND HIS APPLICATION IN REAL SYSTEMS J. Castillo, P. Rodriguez, H. Rojas, Y. Francisco, F. Dager, A. Fernández, Y. Vitta, J. Chirinos, M. Caetano	234
MICRODEFORMATION MEASUREMENT OF CONCRETE ROADWAY SURFACE SLABS USING FIBER BRAGG GRATINGS AND ANALYSIS BY COMPUTATIONAL SIMULATION F.J. Velez Hoyos, C.M. Serpa Imbett, N.D. Gómez Cardona	235
TRANSMITTANCE, REFLECTANCE AND FLUORESCENCE OF SOME VEGETABLE OILS E. Solarte, C.P. Valdés, V. Endo, E. Peña	235
ESTIMATION OF TRANSFER FUNCTION OF PIEZOELECTRIC CRYSTALS USED IN THE STUDY OF ACOUSTIC WAVES PROPAGATION IN ROCKS H. Altamar, J.E. Guerrero, Y. Torres, C.C. Piedrahita	236
THREE LEVEL MULTIPOINT SENSOR BASED ON BRAGG GRATING O. Méndez-Zepeda, S. Muñoz-Aguirre, G. Beltrán-Pérez, J. Castillo-Mixcóatl	237
LASER SHOCK PROCESSING OF ALUMINUM ALLOY G. Gómez-Rosas, C. Rubio-González, J.L. Ocaña, C. Molpeceres, J.A. Porro, M. Morales, J.C. Ibarra-Torres, M.A. Santana-Aranda, A. Pérez-Centeno	238
SEARCHING FOR A LOW-COST PRACTICAL TEST FOR THE DETECTION OF DEFICIENCIES IN THE HUMAN COLOR VISION E. Gómez, J.M. Ontibón G., A.F. García I., C.P. Valdés, E. Solarte	239
SHEAR VELOCITY ESTIMATION IN TISSUE FROM INTERFERENCE PATTERNS IN SONOELASTOGRAPHIC IMAGES B. Castaneda, D.J. Rubens, K. Parker	240
DIRT REFERENCE STANDARDS CHARACTERIZATION BY USING LASER ABLATION INDUCED PHOTOACOUSTICS AND LOW COHERENCE INTERFEROMETRY D.J.O. Orzi, E.N. Morel, J.R. Torga, A.N. Roviglione, G.M. Bilmes	242
STUDY OF THE DIRECT PROBLEM IN TURBID MEDIA WITH INCLUSIONS USING MONTE CARLO SIMULATIONS AND TRANSMITTED LIGHT EXPERIMENTS N.A. Carbone, H.O. Di Rocco, D.I. Iriarte, J.A. Pomarico, H.F. Ranea-Sandoval	243
STUDY OF ABSORBING INCLUSIONS IN TURBID MEDIA SLABS USING TIME RESOLVED AND CW LIGHT TRASMISSION H.O. Di Rocco, D.I. Iriarte, J.A. Pomarico, H.F. Ranea-Sandoval	244
RESONANT PHOTOACOUSTIC WATER VAPOR MEASUREMENT IN GASEOUS SAMPLES EXCITED BY NEAR INFRARED LEDS R. Bernhardt, M. González, G. Santiago, V. Slezak, A. Peuriot	246

PHOTOACOUSTIC DETECTION OF INHOMOGENEITIES IN TURBID MEDIA P. Grondona, G.M. Bilmes, H.O. Di Rocco, D.I. Iriarte, J.A. Pomarico, H.F. Ranea-Sandoval	247
APPLICATION OF THE PHOTOACOUSTIC TECHNIQUE TO THE DETECTION OF VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS INSIDE CARS N. Zajarevich, V. Slezak, A. Peuriot, G. Santiago	249
VISUALIZATION OF SUBSURFACE TOPOGRAPHIES BY DYNAMIC SPECKLE R. Arizaga, M. Mattenet, M. Trivi, H. Rabal	250
DYNAMIC SPECKLE CHARACTERIZING MICROALGAE MOBILITY M. Mattenet, R. Arizaga, I. Roquetta, M.C. Ríos de Molina, H. Rabal, M. Trivi	251
DISCRIMINATION BETWEEN FUNGI AND BACTERIA COLONIES USING BIOSPECKLE S. Murialdo, H. Sendra, M. Guzmán, I. Passoni, J.F. González, R. Arizaga, H. Rabal, M. Trivi	252
LOW SPECKLE ACTIVITY MEASUREMENTS IN CORN SEEDS M. Mattenet, M. Guzmán, R. Arizaga, M. Trivi, H. Rabal	254
M-I BIOSPECKLE DEPENDENCE ON TEMPERATURE AND HUMIDITY IN LUPINUS SEEDS R. Guzmán, A. Vargas, F. Torres, J. Cariñe	255
FLUORESCENCE EMISSION BY MALIGNANT CELL CULTURES IRRADIATED USING UV - SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DIODES E. Solarte, C.P. Valdes, W. Criollo, O. Gutiérrez	256
DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN ALGORITHM FOR CREATING TEMPLATES FOR THE PURPOSE OF IRIS BIOMETRIC AUTHENTICATION THROUGH THE ANALYSIS OF TEXTURES IMPLEMENTED ON AN FPGA F. Giacometto, J. Vildary, C. Torres, L. Mattos	257
TEMPLATE CHARACTERIZATION AND CORRELATION ALGORITHM CREATED FROM SEGMENTATION FOR THE IRIS BIOMETRIC AUTHENTICATION BASED ON ANALYSIS OF TEXTURES IMPLEMENTED ON AN FPGA F. Giacometto, J. Vildary, C. Torres, L. Mattos	258
THE APPLICATION OF THE THERAPY LOW LEVER LASER USING EQUIPMENTS PRODUCED IN CEADEN A.A. Orellana Molina, A.M. Combarro Romero, O. Morales Valdés, A. Hernández Díaz, C.A. Corcho Corcho, S. Fernández Yanes, J. Arteché Díaz, A. Porrúa García, P.J. Larrea Cox	259
EXPERIENCE IN DEVELOPMENT AND INTRODUCTION OF EQUIPMENT FOR LOW POWER LASER THERAPY A.M. Combarro-Romero, O. Morales-Valdés, A. Porrúa-García, C.A. Corcho-Corcho, A.A. Orellana-Molina, A. Hernández-Díaz, S. Fernández-Yanes, P.J. Larrea-Cox, M. Cunill-Rodríguez, J. Arteché-Díaz	260
CONSTRUCTION OF AN ELLIPTICAL-CYLINDRICAL MOLD USING CIRCULAR ROTATING TEFLON [®] TOOL B. Villalobos Mendoza, A. Cordero-Dávila, J. González García	261

MATHEMATICAL MODEL AND DEVELOPMENT OF A SOLAR STILL C. García Lara, J. García Pérez, R. Vázquez Sánchez, J. Camas Anzueto, S. Mendoza Vázquez	261
MEASUREMENT OF DRAGGING FORCE ON OPTICAL SURFACE POLISHING BY USING TEFLON® TOOLS R. Izazaga-Pérez, A. Cordero-Dávila, J. González-García, J. Cuautle-Cortés	262
SIMPLE MODEL OF THE BIDIRECTIONAL TRANSMITTANCE DISTRIBUTION FUNCTION FOR LAMINAR DIFFUSIVE MATERIALS D. Corregidor, M. Jaén, J. Arasa, E. Colombo	264
OPTICAL CHARACTERIZATION OF INTRAOCULAR LENSES L. Remón, A. Calatayud, J.A. Monsoriu, C. Casanova, A. Pons, W.D. Furlan	266
PHANTOMS WITH BALLISTIC GEL MODELING THE OPTICAL PARAMETERS OF HUMAN SKIN K. Bravo, A. Muñoz, E. Orozco, M. Araujo	267
MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF ASPHALTENE FILMS ON GOLD SUBSTRATES BY SCANNING ELECTRON MICROSCOPY D. Fonseca, E. Alvarado, A. Muñoz, J.C. Pereira	267
CHARACTERIZATION OF ASPHALTENE DISSOLUTIONS FROM THE CRUDE OIL AYACUCHO TO START PROCESSING OF COLOR DIGITAL E. Alvarado, D. Fonseca, A. Muñoz, J. Pereira	268
OPTICAL SYSTEM DESIGN FOR CLASSIFYING HUMAN SKIN PIGMENTATION AS YOUR LEVEL L. Marín-Mireles, E. Orozco-Guillen, A. Muñoz-Morales, M. Araujo-Marcano	269
DEFINITION OF THE AXES OF AN ASTRONOMICAL TELESCOPE USING LOW DIVERGENCE LASER BEAMS D.M. Gale	270
CHARACTERIZATION OF A FEL LAMP TYPE SOURCE TOWARDS A BLUE LIGHT IRRADIANCE INTERCOMPARISON IN MEDICAL FIELD A.F. Gentil F.	272
DETERMINATION OF PDMS POLYMER SHEAR MODULUS BY DIGITAL IMAGE CORRELATION FOR DIFFERENT TEMPERATURES G.N. Oliveira, L.C.S. Nunes, P.A.M. Dos Santos	273
BUILDING OF A SOLAR PARABOLIC CONCENTRATOR PROTOTYPE J.F. Escobar Romero, S. Vázquez y Montiel, F. Granados Agustín, E. Percino Zacarías, J. Pedraza Chávez, J.Á. Cuachitl Huitzil, V.M. Cruz Martínez, J. Arriaga Petrona, E. Rodríguez Rivera, L. Martínez Yáñez	274
STRESS AND DEFORMATION IN TUBULAR METALLIC PARTS OF AUTO SEATS M.F.M. Costa, B.V. Dorrió, F.J. Queirós de Melo, J.A.O. Carneiro	275
STUDY OF RAT PAPILLARY MUSCLE DEFORMATION BY LASER DIFFRACTION A. Apolinar Iribe, A. Virgen-Ortiz, M.E. Ríos-Martínez	276
SCANNING PHOTODEFLECTION DETECTION APPLIED TO 2D IMAGING OF THERMAL DIFFUSIVITY IN METALS U. Crossa Archioli, N. Mingolo, O.E. Martínez	277

MANIPULATION OF HELICAL, MAGNETOTACTIC BACTERIA IN AN OPTICAL TRAP H. Schmitzer, M. Henstridge, H.P. Wagner, W. Dultz, D. Tierney	278
STUDY OF THERMAL LENS SPECTROSCOPY FOR CHARACTERIZATION OF EXOTIC BIODIESEL W. Da Costa, M.P. De Castro, M. Sthel, A. Martins, L.F. Milleri, V. Haber, H. Vargas	278
ADVANCES IN THE DEVELOPMENT OF A LUMINESCENCE DATING LABORATORY AT CEADEN, CUBA L. Baly, R. Arteche, J. Arteche, I. Quesada, T. Cepero, M. García, H. Lubian	279
PC-BASED SYSTEM FOR EXPERIMENTS IN OPTICAL CHARACTERIZATION OF MATERIALS J.A. Andrade-Lucio, M. Trejo-Duran, E. Alvarado-Méndez, R. Rojas-Laguna, E. Vargas-Rodríguez, J.M. López-Hernández, J.M. Estudillo-Ayala, A. García-Pérez, O.G. Ibarra-Manzano	279
INNOVATION AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT IN PRE-COLUMBIAN SOCIETIES, THE CASE OF THE MOCHICAS OF ANCIENT PERU L.J. Castillo Butters	280
SIMULACIÓN DEL INTERFERÓMETRO DE DIVISIÓN DE FASE DE MÚLTIPLES REJILLAS PARA EL ESTUDIO DEL ESPARCIMIENTO DEL LÁSER EN TEJIDO ADIPOSEO BLANDO F. Narea, A. Muñoz	280
Topic 6 OPTICAL SYSTEMS, INSTRUMENTS AND OPTICAL DESIGN. OPTO-MECHATRONICS AND OPTOMECHANICAL DESIGN. ASTRONOMICAL INSTRUMENTATION. OPTICAL TESTING. OPTICAL FABRICATION AND TESTING	281
THE DESIGN OF OPTICAL SYSTEMS WITH OFF-AXIS SPHERICAL MIRRORS D. Malacara	283
NOVEL IDEAL NONIMAGING DESIGNS BY MULTICHANNELING THE PHASE-SPACE FLOW J.C. Miñano, P. Benítez, L. Jiayao, J. Infante, J. Chaves	283
MICROREFLECTANCE DIFFERENCE SPECTROMETER BASED ON A CHARGE COUPLED DEVICE CAMERA L.F. Lastras-Martínez, R. Castro-García, R.E. Balderas-Navarro, N.A. Ulloa-Castillo, R. Herrera-Jasso, A. Lastras-Martínez	284
FAST 32-CHANNEL SPECTROMETER FOR THE MEASUREMENT OF SURFACE OPTICAL ANISOTROPIES O.F. Núñez-Olvera, R.E. Balderas-Navarro, J. Ortega-Gallegos, L.F. Lastras Martínez, A. Lastras-Martínez	285
HOLODIAGRAMS USING MAHALANOBIS DISTANCE H. Rabal, N. Cap, C. Criado, N. Alamo	286
DESIGN AND CONSTRUCTION OF A PULSED AND PORTABLE LASER TYPE YAG:Nd ⁺⁺⁺ FOR LIBS APPLICATIONS O. Ormachea, D. Monica	286

TROPOSPHERIC LIDAR SYSTEM PROJECT IN COCHABAMBA, BOLIVIA O. Ormachea, O. Urquidi, D. Alejandro, C. Andrea, C. Gonzalo, Y. Joseth	287
DEVELOPEMENT OF A HIGH VOLTAGE SOURCE FOR TRANSVERSAL AND LONGITUDINAL EXCITATION FOR GAS LASERS O. Ormachea, W. Morrison	288
BEHAVIOUR OF THE KERR SIGNAL FOR DIFFERENT ANGLES OF THE ANALYZER: FUNCTIONAL ANALYSIS OF THE KERR MAGNETOMETER J. Torres, A. Rincón, B. Cruz	289
DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A DATA ACQUISITION SYSTEM FOR THE STUDY OF DYNAMICS SIGNALS IN TIME RESOLVED A. Daza, A. Hinojosa, X. Díaz, O. Neira	291
EVALUATION OF CARBON NANOPARTICLES COATING FOR LASER RADIATION DETECTORS J.G. Darías, M.A. García, M. Ramos, L.F. Desdín	292
EVALUATION OF AN AUTOMATIC DIODE LASER DENSITOMETER P.J. Larrea-Cox, L. Hernández-Tabares, C.E. Suárez-San Pedro, A. Vázquez-Cano, M. De los Reyes-Rodríguez	292
COMPARISON OF TUNABLE LENSES: LIQUID AND SOLID LENS A. Santiago-Alvarado, S. Vazquez-Montiel, J. Munoz-López, V.M. Cruz-Martínez, G. Díaz-González	293
STUDY OF MICROSPECTROMETERS WITH PLANAR AND DIFFRACTIVE MICROMIRRORS A.G. Rojas-Hernández, A. Vera-Marquina, A. García-Juárez	294
USING THE FRESNEL INVARIANT FOR RAY TRACING IN OPTICAL DESIGN A. Morales, M. Cywiak	295
EVALUATION OF THE INCREASING OF THE TRANSVERSE ABERRATION ACCURACY USING SUB-STRUCTURED GRATINGS D. Aguirre-Aguirre, F. Granados-Agustín, M. Campos-García	295
COMPARISON BETWEEN NORMAL AND LATERAL FORCES USING A QUARTZ TUNING FORK SENSOR FOR A PHOTON TUNNELING SCANNING NEAR-FIELD OPTICAL MICROSCOPE J.M. Merlo R., J.F. Aguilar, R. Cortés, V. Coello	296
A SPECTROMETER SYSTEM FOR RAPID PHOTOREFLECTANCE SPECTROSCOPY M. García-Martínez, M.A. Lastras-Montaña, A. Sustaita-Narváez, R.E. Balderas-Navarro, L.F. Lastras-Martínez, G. Ramírez-Flores, A. Lastras-Martínez	297
CALIBRATION OF A SPECTROGRAPH BY LASER-INDUCED PLASMA LIGHT R. Sánchez, G. Baldwin	298
PROBLEMS OF OVERLAPPING UNWANTED LIGHT IN A CZERNY-TURNER MONOCHROMATOR R. Sánchez, G. Baldwin	299
OPTICAL SIMULATION FOR A CZERNY-TURNE SPECTROGRAPH R. Sánchez, G. Baldwin	300

DESIGN, ASSEMBLY AND CALIBRATION OF AN OFFNER IMAGING SPECTROMETER H. González-Núñez, E. López Lago, C. Montero-Orille, M.D. Mouriz Cereijo, X. Prieto-Blanco, R. De la Fuente Carballo	301
LEDs USED AS SPECTRAL SELECTIVE LIGHT DETECTORS IN REMOTE SENSING TECHNIQUES C. Weber, J.O. Tocho, E.J. Rodríguez	302
OPTICAL TESTING WITH A KNIFE EDGE INTERFEROMETER P. Cebrian, N. Korneev, F.S. Granados, A. Cornejo, R. Díaz	303
DESIGN AND MANUFACTURE OF A MICROSCOPE CONFOCAL BASED ON OPTICAL FIBERS M. Lomer, G. Gutiérrez, R. Coello, J.M. López	304
PHOTONIC FILTERING FOR OPTICAL SOURCES OF WIDE-BAND SPECTRA USING BIREFRINGENT OPTICAL FIBER J. Santos-Aguilar, M. Santiago-Bernal, C. Gutiérrez-Martínez	306
TEMPORAL CHARACTERIZATION OF A XENON LAMP DEPENDING ON THE EXCITATION CIRCUIT CL O. Ormachea, D. Iriarte, R. Portugal	308
LIQUID CHROMATOGRAPHY SYSTEM WITH OPTICAL ACTIVITY LASER DETECTOR AND ITS APPLICATIONS IN VEGETABLE EXTRACTS AND FERMENTATION PROCESSES V. Fajer, C.W. Rodríguez, S. Naranjo, W. Mora, H. Fernández, T. Cepero, E. Arista, G. Mesa, C. Fonfría, J. Arteche	309
STUDY OF THE DIFFRACTION IN THE MICROSCOPE: ANNULAR CONDENSER L. Ciocci Brazzano, J. Miguel Simon, R. Echarri	310
DISEÑO DE UN RETARDADOR DE CUARTO DE ONDA EN UNA SOLA REFLEXIÓN G. Raffa, A. Bianchetti, L.I. Pérez, M.T. Garea, S.A. Comastri	310
THIRD ORDER DISPERSION EFFECTS ON SUB 20 FEMTOSECOND OPTICAL PULSES GENERATED BY REFRACTIVE LENSES F.C. Estrada-Silva, M. Rosete-Aguilar, J. Garduño-Mejía, M.A. González-Galicia, N.C. Bruce, R. Ortega-Martínez	311

Topic 7 ENVIRONMENTAL OPTICS. LIDAR. OPTICAL AERONOMY	313

EQUATORIAL THERMOSPHERIC DYNAMICS J.W. Meriwether	315
NEW PROPOSAL TO MEASURE NO ₂ - FORMATION RATE FROM NO EMISSIONS IN THE ATMOSPHERE E. Frins, M. Osorio, N. Casaballe, T. Wagner, U. Platt	316
APPLICATIONS OF LIF LIDAR IN ZOO-ECOLOGICAL EXPERIMENTS AND RESEARCH M. Brydegaard, Z. Guang, P. Lundin, M. Wellenreuther, A. Runemark, S. Åkersson, S. Svanberg	317

ALL-SKY IMAGING OF LOW LATITUDE THERMOSPHERE/IONOSPHERE PROCESSES	
C. Martinis, J. Baumgardner, M. Mendillo	318
FABRY-PEROT INTERFEROMETER NETWORK IN PERU FOR AERONOMY STUDIES	
L. Navarro, J. Meriwether, O. Veliz, J. Chau	319
GROUND BASED MEASUREMENTS OF SO ₂ AND NO ₂ EMISSIONS FROM THE OIL REFINERY "LA TEJA" IN MONTEVIDEO CITY	
E. Frins, O. Ibrahim, N. Casaballe, M. Osorio, F. Arismendi, T. Wagner, U. Platt	321
MULTIWAVELENGTH LIDAR NODE DEVELOPMENT AND SIMULATION FOR A REGIONAL TROPOSPHERIC AEROSOL MONITORING NETWORK	
E. Pawelko, P. Ristori, L. Otero, J. Pallotta, E. Quel	322
BIOMASS BURNING AEROSOL DETECTION OVER BUENOS AIRES CITY, AUGUST 2009	
L. Otero, P. Ristori, E. Pawelko, J. Pallotta, R. D'Elia, E. Quel	323
CALCULATION OF ERYTHEMAL IRRADIANCE AND SYNTHESIS OF VITAMIN D WITH A MULTIBAND FILTER RADIOMETER AND ANNUAL VARIATION ANALYSIS	
F. Orte, E. Wolfram, J. Salvador J., R. D'Elia, N. Paes Leme, E. Quel	325
CONSTRUCTION AND IMPLEMENTATION OF THE ELASTIC-BACKSCATTER LIDAR "LIPAZ"	
F. Calderón, R. Forno	326
CONSTRUCTION OF MONOSTATIC-COAXIAL ELASTIC BACKSCATTERING LIDAR SYSTEM	
E. Reynoso, A. Dávila, F. Montoya, P. Nanco, Y. Bravo, D. Iturbe, C. Treviño	328
NONIMAGIN SOLAR CONCENTRATOR APPLICATION IN PHOTOCHEMICAL TEXTIL DYE DEGRADATION	
I. Rendón, J. Castillo, F. Hernández	329
DEVELOPMENT OF A DOAS SYSTEM FOR TOTAL-DOAS APPLICATIONS WITH TEMPERATURE CONTROL	
J. Ramos, E. Frins	330
DESIGNS AND MANUFACTURES OF A LIDAR SYSTEM FOR ENVIRONMENTAL, METEOROLOGICAL AND AIR POLLUTION APPLICATIONS	
D. Nisperuza, D. Gómez, A. Bastidas	331
Topic 8	
FIBER OPTICS AND COMMUNICATIONS	333
STUDY OF AN ERBIUM DOPED FIBER LASER ASYNCHRONOUSLY MODE-LOCKED	
C. Dias, E. De Souza	335
40 GB/S RZ DQPSK DWDM UNREPEATERED TRANSMISSION OVER 160 KM OF SSMF	
F. Ceragioli, S. Susskind, E. De Souza	336

METAL COATED D-SHAPED OPTICAL FIBER FOR GAS SENSING: MODEL AND SIMULATION N. Gómez, P. Torres	339
NOVEL BISMUTH DOPED OPTICAL FIBERS: SPECTROSCOPY, LASER ACTION, AND NONLINEAR PHENOMENA V. Dvoyrin, V. Mashinsky, E. Dianov, A. Kir'yanov	339
NONLINEAR EFFECTS COMPENSATION IN DISPERSION SHIFTED FIBER LINKS C. Lambert, P. Costanzo, R. Duchowicz	341
PRACTICAL METHOD FOR ENGINEERING ERBIUM-DOPED FIBER LASERS FOR TELECOM APPLICATIONS FROM STEP-LIKE PULSE EXCITATIONS J. Causado, N. Gómez, P. Torres	342
COHERENT DEMODULATION OF MICROWAVE SIGNALS BY USING OPTICAL HETERODYNE TECHNIQUE WITH APPLICATIONS TO POINT TO POINT INDOOR WIRELESS COMMUNICATIONS SYSTEMS A. García, I. Zaldívar, G. Aguayo, J. Rodríguez, R. Gómez, M. Acosta, A. Rojas	343
PHOTONIC FILTERING OF MICROWAVE SIGNALS IN THE FREQUENCY RANGE OF 0.01-20 GHz USING A FABRY PEROT FILTER G. Aguayo, I. Zaldívar, A. García, J. Rodríguez, L. Larger, N. Courjal	346
SHRINKAGE MEASUREMENT OF BIS-GMA RESINS BY EMBEDDED FBG N. Russo, G. Arenas, S. Noriega, R. Duchowicz	349
OPTOELECTRONIC SYSTEM MODEL FOR ENCODING INFORMATION THROUGH THE ORBITAL ANGULAR MOMENTUM C. Díaz, Y. Torres, J. Barrero	350
DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A SENSOR FOR ENVIRONMENTAL CONTROL BASED ON FIBER OPTICS Y. Navarro, C. Torres, F. Giacometto	350
MODELING THE VIDEO DISTRIBUTION LINK IN THE NEXT GENERATION OPTICAL ACCESS NETWORKS F. Amaya, A. Cárdenas, I. Tafur	351
ANALYSIS OF DISPERSION AND LOSSES IN OPTICAL FIBERS BY FRACTIONAL ORDER FOURIER TRANSFORM Z. Lizarazo, P. Pellat-Finet, Y. Torres, R. Torres	352
REFRACTIVE INDEX SENSOR USING A TWIN-HOLE FIBER D. López, W. Margulis, J. Sánchez, D. May	353
FIBER OPTIC TEMPERATURE SENSOR BASED ON MULTIMODE INTERFERENCE EFFECTS J. Aguilar, J. Antonio, J. Sánchez, D. May	354
EXPERIMENTAL ARRANGEMENT TO MEASURE DISPERSION ON OPTICAL FIBER DEVICES I. Armas, G. Beltrán, J. Castillo, S. Muñoz, P. Zaca	356
SECURE OPTOELECTRONIC COMMUNICATION USING LASER DIODE DRIVING BY CHAOTIC RÖSSLER OSCILLATORS R. Jaimes, A. Pisarchik, R. Sevilla, G. Huerta, J. García, D. López	357

STUDY OF LINEAR AND NON-LINEAR TRANSMISSION OF A FIBER OPTIC SAGNAC INTERFEROMETER AS A BIDIRECTIONAL DEVICE J. Ramos, G. Beltran, J. Castillo, S. Muñoz, P. Zaca, C. Felipe	358
FIBER OPTIC PRESSURE SENSOR USING MULTIMODE INTERFERENCE V. Ruiz, M. Basurto, P. LiKamWa, J. Sanchez, D. May	359
GAIN BANDWIDTH OPTIMIZATION OF A RAMAN AMPLIFIER BASED ON GENETIC ALGORITHMS D. Steinberg, L. Saito, E. De Souza	360
COMBINING BRAGG AND LONG PERIOD GRATINGS D. Sáez, J. Cruz, A. Díez, M. Andrés	362
OPTICALLY COUPLED CAVITIES FOR WAVELENGTH SWITCHING P. Costazo-Caso, S. Granieri, A. Siahmakoun	363
PULSE PROCESSING IN OPTICAL FIBERS USING THE TEMPORAL RADON-WIGNER TRANSFORM L. Bulus, P. Costanzo Caso, R. Duchowicz, E. Sicre	364
HYBRID OPTOELECTRONIC DEVICE WITH MULTIPLE BISTABLE OUTPUTS P. Costazo, Y. Jin, M. Gelh, S. Granieri, A. Siahmakoun	365
DUAL SPECTRA MODULATION INSTABILITY INDUCED BY CROSS-PHASE-MODULATION IN LOSSLESS FIBER WITH DELAYED NONLINEAR RESPONSE A. Canabarro, B. Santos, I. Gleria, M. Lyra, A. Sombra	365
ESTUDIO DE LA DEPENDENCIA DE LA SEÑAL DE PHOTO-EMF RESPECTO DEL ESTADO DE POLARIZACIÓN DE LA LUZ EN FIBRA ÓPTICA PARA SER EMPLEADA EN UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN ÓPTICO COHERENTE A. Palma, J. Castillo, G. Beltrán, S. Muñoz	366

Topic 9 OPTICAL SPECTROSCOPY. LIBS	367

DIAGNOSTICS AND TREATMENT OF TUMOURS USING LASER TECHNIQUES K. Svanberg	369
LASER SPECTROSCOPY APPLIED TO ENVIRONMENTAL AND MEDICAL RESEARCH S. Svanberg	369
TIME RESOLVED IMAGING SPECTROSCOPY APPLIED TO THE ANALYSIS OF PLASMAS GENERATED BY MICRO, NANO AND FEMTOSECOND LASERS F.C. Alvira, L. Ponce, M. Arronte, G.M. Bilmes	370
LIBS AND LASER CLEANING APPLIED TO THE CONSERVATION OF RESCUED OBJECTS OF THE CORVETTE H.M.S. SWIFT G.M. Bilmes, N. Pérez Zoloza, A.A. Orsetti	371
²⁸ Si ENRICHMENT BY INFRARED MULTIPHOTON DISSOCIATION OF SiF ₄ A.N. Alcaraz, J. Codnia, M.L. Azcárate	372
INFLUENCE OF NANOSTRUCTURES SIZE OF MANGANESE IONS IN NaCl MATRIX ON THE PHOTOLUMINESCENCE E.V. Mejía-Uriarte, O. Kolokoltsev, M. Navarrete, V. Velásquez, E. Camarillo, J. Hernández A., H. Murrieta S.	374

DEVELOPMENT OF PULSED UV LASERS AND THEIR APPLICATION IN LASER SPECTROSCOPY	
M.I. De la Rosa, M.C. Pérez, K. Grützmacher, D. García, A. Bustillo	375
DEVELOPMENT OF- AND SELECTED EXAMPLES FROM A VERSATILE MULTI-SPECTRAL IMAGER WITH ANGULAR DISCRIMINATION	
M. Brydegaard, A. Merdasa, J. Ålebring, J. Zoueu, S. Svanberg	377
LASER GENERATED PLASMAS IN LIQUIDS. INTERFERENCE ON THE VOLTAGE – CURRENT CHARACTERISTIC OF THE CONDUCTION CELL	
V. Espejo, D. Bertuccelli, H.F. Ranea-Sandoval	378
LASER GENERATED PLASMAS IN LIQUIDS. INTERFERENCE ON SOLUTION'S Ph	
D. Bertuccelli, H.F. Ranea-Sandoval	379
LASER GENERATED PLASMAS IN LIQUIDS. POSSIBLE INTERFERENCE ON THE CONDUCTION CELL ELECTRODES DIPOLAR LAYER	
V. Espejo, D. Bertuccelli, H.F. Ranea-Sandoval	380
APPLICATION OF LASER INDUCED BREAKDOWN SPECTROSCOPY AND NEURAL NETWORK TO OLIVE OILS ANALYSIS	
D. Marcos-Martínez, M. Del Valle, F.C. Alvira, G.M. Bilmes, F.J. Manuel de Villena, J.O. Cáceres	381
MICROMAPPING OF STRONTIUM TRACES IN HUMAN TEETH BY FEMTO LIBS	
F.C. Alvira, F. Ramirez Rozzi, G.A. Torchia, G.M. Bilmes	382
STUDY OF THE KINETICS OF THE CCl ₂ RADICAL REACTION	
N.D. Gómez, V.M. Freytes, J. Codnia, F. Manzano, M.L. Azcárate	383
INFLUENCE OF THE ENERGY EXCHANGE BETWEEN OXYGEN AND METHANE IN AN OPO-BASED PHOTOACOUSTIC SYSTEM	
N.L. Barreiro, A.S. Vallespi, V.B. Slezak, A.L. Peuriot, G.D. Santiago	384
AN ASSESSMENT THROUGH RADIATION TRAPPING OF THE DYNAMIC POPULATIONS IN NEON	
V. D'Accurso, F.A. Manzano	385
ANALYSIS Si/Al RATIO IN ZEOLITES TYPE FAU BY LASER INDUCED BREAKDOWN SPECTROSCOPY (LIBS)	
L. Muñoz, W.A. Contreras, S. Villamizar, R. Cabanzo, E. Mejía-Ospino	386
QUALITATIVE STUDY OF METAL CONTENT IN HONEY SAMPLES BY LASER INDUCED BREAKDOWN SPECTROSCOPY (LIBS)	
C. Chacín, J. Guerrero, E. Mejía-Ospino, R. Cabanzo	387
LASER INDUCED BREAKDOWN SPECTROSCOPY WITH MULTIPULSE EXCITATION. PROTOTYPE AND APPLICATIONS	
L. Moreira, L.V. Ponce, M.A. Arronte, Y. Pérez, T. Flores, B. Lambert, O. Cruzata, J.L. Cabrera, A. Borges, A. Ponce, I. Ravelo	388
APPLICATION OF LIBS AND THE TAGUCHI METHOD IN RECYCLING OF ALUMINUM JUNK BY MELTING	
G. Tufiño Zúñiga, C. Costa Vera	389
A BASIS OF PENCIL AS A SUBSTRATE FOR ANALYSIS OF DISSOLVED SALTS IN LIQUIDS BY LIBS	
J.D. Jijón Valdivieso, C. Costa Vera	391

OPTICAL SPECTROSCOPY OF SYNTHETIC AND NATURAL EMERALDS M.A. Sánchez-Alejo, H. Murrieta, J.M. Hernández, E. Camarillo García, T. Calderón	392
COOPERATIVE EMISSION IN ION IMPLANTED Yb:YAG WAVEGUIDES V. Vázquez, H. Desirena, E. De la Rosa, E. Flores-Romero, H. Márquez, J. Rickards, R. Trejo-Luna	393
STUDY OF SiO ₂ SPHERES BY LASER NEPHELOMETRY R.Y. Sato Berrú, J.O. Flores Flores, A.R. Vázquez Olmos, J.M. Saniger	394
OPTICAL INSTRUMENTATION FOR THE LASER SPECTROSCOPY SYSTEM LIBS R. Sánchez, M. Asmad, G. Baldwin	395
DETERMINATION OF METALIC ALLOY COMPOSITION IN MOCHE FUNERAL MASKS FROM ELEMENTAL ANALYSIS TECHNIQUE WITH LASER SPECTROSCOPY LIBS R. Sánchez, M. Asmad, G. Baldwin, A.C. Mauricio Llonto, L.J. Castillo	396
STUDY AND IDENTIFICATION OF SECRETED PROTEASES FROM <i>TAENIA SOLIMUM</i> ONCOSPHERES <i>IN VITRO</i> USING FLUORESCENCE MICROSCOPY D. Rueda, J. Rivero, M. Verastegui, R. Gilman, M. Zimic	397
MEASUREMENTS OF TWO-PHOTON ABSORPTION CROSS-SECTION OF Xe FOR LASER SPECTROSCOPIC TECHNIQUES CALIBRATION M.C. Pérez, M.I. De la Rosa, K. Grützmacher, L.M. Fuentes	398
STRATEGIES FOR THE QUANTITATIVE ELEMENTAL ANALYSIS BY LASER INDUCED BREAKDOWN SPECTROSCOPY R.J. Lasheras, C. Bello-Gálvez, J. Anzano	400
DESIGN AND CHARACTERIZATION OF A LASER INDUCED BREAKDOWN SPECTROSCOPY MICROSCOPE IN COLLINEAR DOUBLE PULSE CONFIGURATION V. Piscitelli, A. Fernández, J. González, R. Russo	401
CHARACTERIZATION OF LASER – INDUCED PLASMAS BY ATOMIC EMISSION SPECTROSCOPY D.M. Díaz Pace, G. Bertuccelli, C.A. D'Angelo	402
LUMINESCENCE FROM CONICAL BUBBLE COLLAPSE M. Navarrete, C. Sanchez, E.V. Mejia-Uriarte, M. Villagran	403
PHOTOTHERMAL LENS IMMUNOASSAY FOR SENSITIVE DETECTION OF PROTEINS N. Melikechi, Y. Markushin, A. Marcano, F. Delima	403
REMOTE SENSING OF STRATOSPHERIC O ₃ AND NO ₂ USING A PORTABLE AND COMPACT DOAS SPECTROMETER M. Raponi, R. Jiménez, E. Wolfram, J.O. Tocho, E. Quel	404
LASER-INDUCED BREAKDOWN SPECTROSCOPY ANALYSIS WITH MULTI-PULSE EXCITATION FOR ABLATION PROCESS OF TUNA AREOLAS T. Flores, L. Ponce, E. Rodríguez, E. De Posada, M. Arronte	405

Topic 10 LASERS. QUANTUM OPTICS. NON-LINEAR OPTICS. LIGHT-MATTER INTERACTION. OPTICAL TRAPS	407

A KEY EXPERIMENT OF QUANTUM OPTICS: THE TRANSFER OF SPIN ANGULAR MOMENTUM FROM PHOTONS TO A BIREFRINGENT PARTICLE W. Dultz	409
MANIPULATING THE CONTINUOUS QUANTUM VARIABLES OF LIGHT U. Lund Andersen	409
CAVITY OPTOMECHANICS P. Meystre	410
THE HIDDEN SIDE OF THE LASER STORY M. Bertolotti	410
OPTICAL TWEEZERS AND ANGULAR MOMENTUM OF LIGHT T. Asavei, A. Stligoe, A. Maucort, T. Nieminen, N. Heckenberg, H. Rubinsztien	410
VARIABLE COHERENCE SENSING A. Dogariu	411
GRADIENT-INDEX MATERIALS MANUFACTURING IN NATURE AND MANMADE D.T. Moore	411
SPONTANEOUS PARAMETRIC DOWNCONVERSION: A VERSATILE TOOL FOR ENGINEERING QUANTUM LIGHT J.P. Torres, M. Hendrych, A. Valencia	412
NONLINEAR OPTICAL PROPERTIES OF MOLECULAR SYSTEMS COUPLED TO THE SOLVENT: STUDY BASED IN FOUR-WAVE MIXING J.L. Paz, A. Romero, A. Mendoza	412
MEASUREMENT OF THE GOUY PHASE SHIFT OF A TWO-PHOTON CORRELATION BEAM M.V. Da Cunha, L. Pérez, C.H. Monken	413
CONTROL IN CAVITY QED D.G. Morris, A.D. Cimmarusti, H.J. Carmichael, P. Barberis, L.A. Orozco	414
A NUMERICAL SOLUTION OF MULTICHANNEL PHOTOREFRACTIVE OPTICAL AMPLIFIERS J.E. Rueda, L.J. Mendoza, L.M. Castro	415
ENHANCEMENT OF THE OPTICAL KERR EFFECT EXHIBITED BY AN INTEGRATED CONFIGURATION OF SILICON QUANTUM DOTS AND SILVER NANOPARTICLES A. López, R. Rangel, C. Torres, A. Benami, L. Tamayo, J. A. Reyes, J. C. Cheang, L. Rodríguez, A. Crespo, A. Oliver	416
NONLINEAR SPECTROSCOPY OF ISOTROPIC AND ANISOTROPIC METALLIC NANOCOMPOSITES R.C. Fernández, J.A. Reyes, R. Gleason, C. Torres, R. Rangel, J.C. Cheang, A. Crespo, L. Rodriguez, A. López, A. Oliver	417

ALL-FIBER LASERS ACTIVELY Q-SWITCHED AND MODELOCKED C. Cuadrado, A. Díez, J.L. Cruz, M.V. Andrés	418
TAILORING THE PLASMON RESONANCE OF METAL NANOPARTICLES SUPPORTED WITHIN MESOPOROUS THIN FILMS E. Martínez, M. Martínez, M. Bellino, G. Soler	420
RECONSTRUCTION OF PHOTONIC QUDIT STATES USING MUBs G. Lima, L. Neves, R. Guzmán, E.S. Gómez, W. Nogueira, A. Delgado, A. Vargas, C. Saavedra	421
NON-CLASSICAL BEHAVIOUR OF SCALAR WAVE FIELDS IN ANY STATE OF SPATIAL COHERENCE AND POINT SOURCES IN THE PHASE-SPACE REPRESENTATION G. Cañas, R. Castañeda, H. Vinck	422
ONE-POT SYNTHESIS AND NONLINEAR OPTICAL PROPERTIES OF NOVEL ORGANIC CRYSTALS M. Rodríguez, G. Ramos, J. Maldonado, M. Meneses, O. Barbosa, R. Santillan, N. Farfán	423
THEORETICAL AND EXPERIMENTAL ANALYSIS OF A SUPERFACE PLASMON POLARITON C. Hernando, J. Meneses	424
TIME DEPENDENT DENSITY FUNCTIONAL STUDY OF THE ABSORPTION SPECTRA OF 1,3-BENZOXAZOLE AND THREE SUBSTITUTED BENZOXAZOLE IN GAS PHASE AND LIQUID PHASE R. Carrasquilla, O. Neira	425
A SIMPLE RANDOM WALK MODEL FOR THE SCATTERING OF PHOTONS IN POROUS MEDIA WITH AN EXPERIMENTAL CALIBRATION C. Costa, Y. Angulo, C. Santacruz, E. Ayala	426
LASER CLEANING OF GLASSWARE AND APPLICATIONS TO PRESERVATION OF PATRIMONIAL VALUE OBJECTS J. Vallejo, C. Costa, G. Bilmes	427
TRAPPING, MANIPULATION AND RAPID ROTATION OF NBD-C8 FLUORESCENT SINGLE CRYSTALS IN OPTICAL TWEEZERS J. Galaup, M. Rodriguez, A. Augier, J. Lamère, S. Fery	429
FABRICATION OF PDMS/SWCNT THIN FILMS AS SATURABLE ABSORBERS I. Hernandez, D. May, J. Sánchez	430
DEPOSITION OF TITANIA NANOTUBES ON OPTICAL FIBER VIA OPTICAL MANIPULATION P. Zaca, F. Chávez, T. Prutskij, N. Morales, J. G. Ortega, C. Felipe, O. Goiz	432
MEASUREMENT OF GEOMETRIC PHASES BY ROBUST INTERFEROMETRIC AND POLARIMETRIC METHODS J. Loredó, O. Ortiz, A. Ballón, S. Chávez, F. De Zela	433
DELAY-COUPLED SEMICONDUCTOR LASERS: DYNAMICS AND APPLICATIONS M. Cornelles, N. Oliver, X. Porte, R. Vicente, I. Fischer, C. R. Mirasso	434
MULTI FUNCTIONS ERBIUM-DOPED FIBER LASER C. Barros, H.G. Rosa, E.A. De Souza	435

TRANSVERSE MODE SELECTION AND BIESTABILITY IN VERTICAL-CAVITY SURFACE-EMITTING LASERS INDUCED BY PARALLEL POLARIZED OPTICAL INJECTION	
M. Salvade, M.S. Torre, A. Valle, L. Pesquera	437
MODELING MUTUALLY COUPLED VCSEL's VIA POLARIZATION-ROTATED OPTICAL COUPLING	
M.S. Torre, C. Masoller	438
A NUMERICAL STUDY OF AN EDFL MODE-LOCKED BY SWCNT AS SATURABLE ABSORBERS	
P.G. Komninos, H.G. Rosa, E.A. De Sousa	439
PHOTOREFRACTIVE AXICON: STUDY OF LIGHT-INDUCED EFFECTS BY BESSEL BEAM IN PHOTOREFRACTIVE CRYSTALS	
T.A. Vieira, M.R.R. Gesualdi, M.Z. Rached, M. Muramatsu	440
DESIGN AND PERFORMANCE OF A SEALED CO ₂ LASER FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS	
D. Gómez, D. Nisperuza, A. Bastidas	441
THIRD ORDER OPTICAL NON-LINEARITY IN METALLIC NANO-STRUCTURES	
R. Domínguez, D. May, O. Baldovino, R. Selvas, O.V. Kharissova, M. Osorio	442
IMPACT OF DYES ON THE NONLINEAR OPTICAL RESPONSE OF LIQUID CRYSTALS IMPLEMENTING THE Z- SCAN TECHNIQUE	
A.A. Rodríguez, R. Ortega, O.G. Morales	444
PROPERTIES OF THE WAVEGUIDES GENERATED WITH SPATIAL SOLITONS IN KERR MEDIA	
D. Ramírez, M. Méndez, M.L. Arroyo, M.D. Iturbe	445
EXPERIMENTAL OBSERVATION OF SELF-DIFFRACTION RINGS IN CUMARINE DERIVATES	
E. Alvarado, J.A. Andrade, M. Trejo, E. Vargas, M.L. Sánchez, M.A. Vázquez, Y. Alcaraz	446
STUDY OF LASER PRODUCED PLASMA EXPANSION	
E. De Posada, M. Arronte, E. Rodríguez, L. Ponce, T. Flores, J. G. Lunney	446
RARE-EARTH ENHANCEMENT OF RAMAN FIBER LASERS	
E. Mejia, L. De la Cruz	447
STUDY OF SELF-PHASE MODULATION IN NONLOCAL NONLINEAR MEDIUM	
E.V. García, M.M. Méndez, M.L. Arroyo, S. Chávez, M.D. Iturbe	448
SHOCK WAVE VELOCITY MEASUREMENTS IN LASER INDUCED PLASMAS	
M. Villagrán, C. Sánchez, M. Bolaños	449
m-MoO ₂ GROWN IN MOLYBDENUM THIN FILMS THROUGH FEMTOSECOND LASER IRRADIATION	
M. Cano, S. Camacho, M.A. Camacho	450
EMITTED FLUX IN THE PROCESS OF PHOTON-PAIR GENERATION BY SPONTANEOUS FOUR WAVE MIXING	
K. Garay, R. Rangel, A.B. U'Ren	451
SOLITON FILTERING FROM A SUPERCONTINUUM: A TUNABLE FEMTOSECOND PULSE SOURCE	
J. Licea, K. Garay, R. Rangel	453

SUPERCONTINUUM GENERATION IN GE-DOPED Y-SHAPED MICROSTRUCTURED TAPERED FIBER J. Cascante, A. Diez, J.L. Cruz, M.V. Andrés	455
OPEN LOOP CONTROL OF A Nd:YVO ₄ Q-SWITCHED SLAB LASER E. Sevilla, J. H. García, R. Jaimes	457
MODELING METAL NANOPARTICLES IN MESOPOROUS THIN FILMS M. Martínez, E. Martínez, M. Bellino, G. Soler	457
EXPERIMENTAL TESTS OF NON ERGODIC HIDDEN VARIABLE THEORIES BY TIME STAMPING M. Agüero, A. Hnilo, M. Kovalsky, M. Larotonda	458
HOW “COLD” A MARKOVIAN DISSIPATIVE CAVITY QUANTUM ELECTRODYNAMICS SYSTEM CAN BE A. Dodonov	460
PHOTOACOUSTIC SPECTROSCOPY WITH CO ₂ LASER FOR DETECTION OF GASEOUS MOLECULES G. Lima, M. Sthel, M. Gomes, D. Schramm, M. De Castro, H. Vargas	461
A PHOTOTHERMAL STUDY ON PRASEODYMIUM DOPED LOW SILICA CALCIUM ALUMINATE GLASS M. Filadelpho, J. Aparecido, A. Aparecido	463
REPORT ON A VERY STABLE TRANSPORTABLE DIODE LASER SYSTEM FOR LONG TERM EXPERIMENTS WITH COOLED AND TRAPPED CESIUM ATOMS J. Chreim, E. Magnavita, A. Naves, L. Soares, R. Cavasso	464
ADVANCES ON SYNCHROTRON SPECTROSCOPY OF LASER COOLED AND TRAPPED ATOMS E. Magnavita, J. Chreim, A. Naves, R. Cavasso	465
THERMO-OPTICAL CHARACTERIZATION OF SPECIAL OPTICAL GLASSES USING THE THERMAL LENS SPECTROSCOPY S. Barreto, D. Ribeiro, J. Aparecido	467
FAST ENTANGLEMENT DETECTION OF TWO SPATIAL QUTRITS G. Lima, E. Gómez, A. Vargas, R. Vianna, C. Saavedra	468
PROPAGATION CHARACTERISTICS OF BEAM LASER WITH AMPLITUDE MODULATIONS AND PHASE FLUCTUATIONS ON SYSTEM APERTURED FRACTIONAL FOURIER TRANSFORMING SYSTEM D. Jiménez, C. Torres, L. Mattos	469
STUDY OF ELECTRONIC STRUCTURE OF 1,3- BENZIMIDAZOLE AND SOME MOLECULES DERIVED IN THE CONTEXT OF THE FUNCTIONAL THEORY OF THE DENSITY H. Posada, O. Neira, R. Carrasquilla	470
ESTIMATE OF THE OPTICAL-GAP THROUGH OF TRANSMISSION MEASURES USING OPTOELECTRONIC DEVICE OF LOW COST K. Beleño, I. Torres	471
ENHANCEMENT OF THE STIMULATED RAMAN SCATTERING OF BENZENE, ACETONITRILE AND PYRIDINE L. Muñoz, W. Contreras, R. Cabanzo, E. Mejía	472

TIME DEPENDENT DENSITY FUNCTIONAL STUDY OF THE ABSORPTION AND EMISSION SPECTRA OF 1, 2-BENZOPYRONE AND SEVERAL SUBSTITUTED COUMARINS	
T. Mercado, O. Neira, R. Carrasquilla, O. Ventura, M. Kieninger	473
STIMULATED EMISSION ON SPECIFIC VIBRONIC TRANSITIONS OF TETRA-PYRROLIC PIGMENTS IN THIN FILMS OF RARE GAS OR NITROGEN MATRICES AT 8K	
C. Crépin, N. Shafizadeh, W. Chin, J. Galaup, S. Arabei, J. McCaffrey	474
OPTICAL PROPERTIES AND LASER PROCESSING OF THE YSZ CERAMIC	
G. Castillo, S. Camacho, E. Penilla, J. Alaniz, F. Pérez, G. Aguilar, J. Garay	476
NONLINEAR COHERENT STATES FOR GENERAL POTENTIALS	
O. De los Santos, J. Récamier	477
KONDO EFFECT IN NANOPARTICLES ARRAYS	
J. Juárez, J. Munoz, G. Martínez	478
ANALYSIS OF THE ABSORPTION COEFFICIENT BY ANNEALING IN CARBON IMPLANTED Nd:YVO ₄	
E. Sánchez, G. Vázquez, G. Lifante, E. Cantelar, J. Rickards, R. Trejo	478
ANALYSIS OF THE EFFECT OF THE MAGNETIC FIELD IN TWO COLLIDING LASER – PRODUCED PLASMAS BY EMISSION SPECTROSCOPY AND FAST PHOTOGRAPHY	
M. Valverde, T. García, C. Sánchez, M. Villagrán	479
DETERMINATION OF NONLINEAR OPTICAL PROPERTIES IN IONIC LIQUIDS	
M. Trejo, E. Alvarado, J. Andrade, C. Valencia, K. Barrera	480
PIEZOELECTRIC PHOTOACOUSTIC DETECTION DURING LASER CLEANING	
W. Aldama, E. Mejía, Z. Ramírez, M. Villagrán	481
RAMAN SPECTROSCOPY AMPLIFIED BY PLASMONS ON ORDERED SILVER NANOSTRUCTURES	
E. Zegarra, N. Tognalli	482
INVESTIGATION AND DEVELOPMENT OF AN ERBIUM-DOPED FIBER LASER	
J. Villarreal, M. Yarlequé, R. Coello	484
MEASUREMENT OF PANCHARATNAM'S PHASE BY ROBUST INTERFEROMETRIC AND POLARIMETRIC METHODS	
J. Loredó, O. Ortiz, R. Ballón, S. Chávez, F. De Zela	485
SEMICLASSICAL TIME-INDEPENDENT DESCRIPTION OF RAPIDLY OSCILLATING FIELDS ON A LATTICE IN THE KAPITZA APPROXIMATION	
L. Martínez, J. Gallinar	486
ELECTROMAGNETICALLY-INDUCED CONICAL EMISSION	
E. Becerra, L.E.E. De Araujo	487
MODIFICATION TO THE Z-SCAN TECHNIQUE THROUGH OF THE MENSURATION OF WIDTH	
J. Dávila, E. Reynoso, A. Balbuena	489
LASER-ASSISTED EXPERIMENTS ON THE DYNAMICAL CASIMIR EFFECT	
V. Dodonov	490

TWO PHOTON ACTIVITY IN NANOPARTICLE COLLOIDS SYNTHESIZED FROM ORGANIC MOLECULES G. Ramos, M. Rodríguez, J. Maldonado, C. Jim, M. Häußner, M. Meneses, O. Barbosa, B. Tang	491
IMAGING THE SPATIAL MODE OF SINGLE PHOTONS E. Gálvez, L. Coyle	491
MODELING MUTUALLY COUPLED VCSEL's VIA POLARIZATION-ROTATED OPTICAL COUPLING M. Torre, C. Masoller	492
IMPACT OF DYES ON THE NONLINEAR OPTICAL RESPONSE OF LIQUID CRYSTALS IMPLEMENTING THE Z- SCAN TECHNIQUE A. Rodríguez, R. Ortega, O. Morales	493
HYBRID TITANIUM-SAPPHIRE:DYE LASER C. Treviño, O. Zapata, M. Iturbe	493
Topic 11 OPTOELECTRONICS MATERIALS. OPTICAL THIN FILMS. OPTOELECTRONICS DEVICES. PHOTONIC CRYSTALS	495
TOWARDS MAGNETO-OPTICAL LASING MEDIA A.M. Grishin, S.I. Khartsev	497
MAGNETO- AND MULTIFERROIC PHOTONICS AND THEIR APPLICATION TO SPATIAL LIGHT MODULATORS M. Inoue	498
ABERRATIONS IN RESONANT OPTICAL ELEMENTS G. Boreman, J. Ginn, J. A. Gómez, J. Alda	499
SENSOR OF DISPLACEMENT WITH AXIAL AND/OR TRANSVERSE DISPLACEMENT OF OPTICAL FIBERS M. Lomer, G. Gutiérrez, V. Muñoz, R. Coello, J.M. López	500
STUDY ON THE INFLUENCE IN THE FLUORESCENCE IN ER ³⁺ -DOPED TELLURITE TRANSPARENT GLASS CO-DOPED AG NANO-PARTICLES V. Rivera, Y. Messaddeq, L. Nunes, E. Marega	502
REFRACTION INDEX MEASUREMENT OF A LENS WITH HELP OF AN UNFOCUSED RONCHI GRATING R. Tapia R., C. Torres, L. Mattos	503
CHARACTERIZATION AND OPTIMIZATION OF A SPATIAL LIGHT MODULATOR M. Álvarez, A. Arias, N. Correa, R. Castañeda	504
DESIGN AND FABRICATION OF A BIDIMENSIONAL MICROBOLOMETER ARRAY FOR TERAHERTZ DETECTION CHARACTERIZED AT DIFFERENT TEMPERATURES A. Orduña, E. Castillo, A. Torres, F. De la Hidalga-Wade, C. Treviño	505
REFRACTIVE INDEX PLANAR OPTICAL SENSOR BASED ON THE MIRAGE EFFECT C. Sánchez	506

QD OBTAINED BY LPE FROM SUBSATURATED IN-AS LIQUID PHASES ON GAAS SUBSTRATE	
F. Ortiz, V. Michournyi, A. Gorbachev, F. De Anda, T. Prutskij	507
DETERMINATION OF THE OPTICAL BANDGAP AND DISORDER ENERGIES OF THIN AMORPHOUS SIC AND ALN FILMS PRODUCED BY RADIO FREQUENCY MAGNETRON SPUTTERING	
J. Guerra, O. Erlenbach, G. Gálvez, F. De Zela, A. Winnacker, R. Weingärtner R.	509
AMORPHOUS CARBON NITRIDE THIN FILM AS BUFFER LAYER IN OLED WITH GADOLINIUM COMPLEX	
R. Reyes, M. Cremona, C. Achete, H. Brito	511
PROPAGATION OF GAUSSIAN BEAMS THROUGH ACTIVE GRIN MATERIALS	
C. Gómez, A. Gómez, C. Bao, M. Pérez, X. De la Fuente. M. Flores	512
FUNCTIONAL GYROTROPIC PHOTONIC CRYSTALS	
M. Levy, N. Dissanayake, Z. Wu, A. Jalali, V. Fratello	512
LATTICE PARAMETER OF ALGASB THIN FILMS AS A FUNCTION OF GROWTH TIME IN PREPARED LAYERS BY LIQUID PHASE EPITAXY AT LOW TEMPERATURES	
P. Prieto, M. Rojas, R. Delgado, A. Orduña, V.L. Gayou, A.G. Rodríguez	515
EFFECT OF AU NANOPARTICLES AND RHODAMINE 6G CONCENTRATIONS ON THE THERMO-OPTICAL PROPERTIES OF RHODAMINE 6G IN DISTILLED WATER	
U. Silva, L. Armas, C. Jacinto, J. Jimenez, J. Sanchez, A. Cruz	516
SIMPLE TECHNIQUE FOR OPTICAL CHARACTERIZATION OF TWISTED NEMATIC LIQUID CRYSTAL DISPLAYS	
C. Rickenstorff, A. Ostrovsky	518
FROM MULTICOLOR TO WHITE LIGHT BY UPCONVERSION IN Tm^{3+} - Ho^{3+} - Yb^{3+} CO-DOPED TELLURITE GLASSES	
H. Desirena, E. De la Rosa, O. Meza, L. Díaz	519
HOMOGENEITY DETERMINATION OF SPIROPYRAN SELF-ASSEMBLED FILMS AS OPTICAL TRANSDUCTERS	
A. Ortiz, R. Delgado, M. Rojas, V. López, A. Orduña, V. Camacho	520
LOW COST, SINGLE-USE PLASTIC OPTICAL FIBER SENSOR BASED ON SURFACE PLASMON RESONANCE IN METAL-DIELECTRIC INTERFACES: THEORY AND EXPERIMENTS	
V. Muñoz, A. López, A. García, J. Costa, B. Alèn, M. Lomer, J. López	522
CHARACTERIZATION AND CONTROL OF A MICRODISPLAY AS A SPATIAL LIGHT MODULATOR	
A. Burman, M. Garea, A. Lutenberg, F. Pérez	523
SURFACE PLASMON RESONANCE TECHNIQUE APPLIED TO MEASUREMENT OF Ag_2O THIN FILMS	
J. Santillán, L. Scaffardi, D. Schinca, F. Videla	525
USING PHOTSENSITIVE DYE TO IMPROVE MULTI WALLED CARBON NANOTUBES DISPERSION	
G. Costanzo, S. Goyanes, S. Ledesma	526
ANALYSIS OF THE WAVELENGTH DEPENDENCE OF A SPATIAL LIGHT MODULATOR FOR OPTIMIZE THE PHASE-ONLY MODULATION DEPTH	
A. Arias, M. Álvarez, R. Castañeda	527

LOCALIZATION OF PHOTONIC STATES IN ONE-DIMENSIONAL PHOTONIC CRYSTALS DUE TO APPLIED MAGNETIC FIELDS	
J. Mejía, N. Porras	528
CONTROL MECHANISM OF THE COUPLING BETWEEN CRYSTAL-PHOTONIC CAVITIES	
A. Gonçalves, J. Vasco, P. Guimaraes, H. Vinck	528
ANALYSIS OF BEHAVIOR PALLADIUM THIN FILMS ON PRESENCE HYDROGEN	
K. Salcedo, H. Riascos, C. Rodríguez, F. Pérez	529
MODELING AND CALCULATION OF LIGHT ABSORPTION IN SILICON/METAL NANOCOMPOSITES	
L. Santacruz, E. Solarte, H. García	530
PHOTONIC BAND STRUCTURE OF A 2D HONEYCOMB LATTICE UNDER THE ACTION OF TEMPERATURE AND APPLIED HYDROSTATIC PRESSURE	
N. Porras, C. Duque	531
OPTOELECTRONICS CHARACTERISTICS OF InP PHOTODETECTORS IN THE NEAR INFRARED	
A. Muñoz, J. Campos, A. Pons, A. Shcherbakov	532
CHARACTERIZATION OF AMORPHOUS SIGE THIN FILMS FOR APPLICATIONS IN MICROSTRUCTURE MEMS	
M. Galindo, R. Palomino, C. Zuñiga	533
DESIGN, FABRICATION AND CHARACTERIZATION OF OPTICAL WAVEGUIDES USING COMBINATION OF HYDROGENATED AMORPHOUS SILICON GERMANIUM AND HYDROGENATED AMORPHOUS SILICON NITRIDE FILMS	
W. Hernández, I. Zaldívar, C. Zuñiga, A. Torres, A. Itzmoyotl	534
PREPARATION OF GaP NANOWIRES USING CSVT TECHNIQUE	
C. Felipe, P. Zaca, F. Chávez, O. Goiz, R. López, K. Sapag, M. Nazzarro	536
SYNTHESIS OF POLYMER DISPERSED MATERIAL BY USING SU-8 PHOTORESIST AND 5CB LIQUID CRYSTAL	
M. Torres, P. LiKamWa, D. May, O. Ibarra	537
PRINCIPAL COMPONENTS ANALYSIS APPLICATION TO A PH SENSOR BASED ON LONG PERIOD GRATINGS IN OPTICAL FIBER	
S. Rosete, G. Beltrán, J. Castillo, S. Muñoz	539
OBTAINING OF SEMICONDUCTOR LAYERS FOR ITS APPLICATION IN POLLUTION ATMOSPHERIC DETECTION	
Y. Bravo, P. Rodríguez, J. Mendoza, J. Herrera, E. Reynoso, J. Dávila, E. Molina	540
DETERMINATION OF THE EMISSION PATTERN OF AN ALUMINUM NITRIDE TARGET FOR RADIO FREQUENCY DUAL MAGNETRON SPUTTERING	
G. Gálvez, S. Zitzlsberger, R. Weingärtner, J.A. Guerra, O. Erlenbach, F. De Zela, A. Winnacker	541
A CLASSICAL INTERPRETATION OF THE THEORY OF LINES ON THE NONLINEAR REFRACTIVE INDEX	
K. Yukimitu, W. Alves	543
OPTICAL RECORDING MECHANISMS IN PHOTOREFRACTIVE SILLENITE CRYSTALS	
J. Frejlich, V. Jerez, R. Montenegro, I. De Oliveira	543

OPTICAL AND MAGNETO-OPTICAL RESPONSES OF PLASMONIC COMPOSITE STRUCTURES WITH GOLD PARTICLES AND GARNET THIN FILM H. Uchida, Y. Mizutani, M. Inoue	543
EFFECTIVE OPTICAL RESPONSE OF NANOSTRUCTURED METAMATERIALS B.S. Mendoza, G. Ortiz, B.E. Martínez-Zérega, W.L. Mochán	544
HOLOGRAPHIC CHARACTERIZATION AND APPLICATIONS OF PHOTOREFRACTIVE ORGANIC POLYMERS BASED ON CYANO AND NITRO NON-LINEAR CHROMOPHORES V. Herrera, J. Maldonado, M. Rodríguez, G. Ramos, D. Rodríguez, M. Meneses, O. Barbosa, R. Santillán, N. Farfán	545
PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF LOW-CARBON IRON ULTRA- THIN FILMS PRODUCED BY PULSED LASER DEPOSITION B. Cruz, H. Riascos, J. Torres, A. García, J. Muñoz, L. Tirado	546
OPTICAL PROPERTIES DEPENDENCE AS FUNCTION OF THE TEMPERATURE IN AlN FILMS DEPOSITED BY PLD J. Pérez, H. Riascos, J. Caicedo, L. Yate	546
WOODS METAL AS A CATHODE AND Xe LIGHT SOURCE FOR TESTING ORGANIC SOLAR (OPVs) CELLS SENSITIZED WITH FULLERENE PC ₆₁ BM J. Salinas, J. Maldonado, M. Rodríguez, G. Ramos, M. Meneses, O. Barbosa, R. Santillan, N. Farfán	547
AUTHOR INDEX	549

**OPTICAL METROLOGY.
HOLOGRAPHY.
INTERFEROMETRY.
DIFFRACTIVE OPTICS.
PHYSICAL OPTICS.**

**Metrología Óptica.
Holografía.
Interferometría.
Óptica Difractiva.
Óptica Física.**

***Metrología Óptica.
Holografía.
Interferometría.
Óptica Difractiva.
Óptica Física.***



**PRECISION INTERFEROMETRIC
MEASUREMENTS IN NON-IDEAL
ENVIRONMENTS**

J. C. Wyant

University of Arizona. USA.

jcwyant@optics.arizona.edu

Modern electronics, computers, and software have made it possible to greatly improve the testing of optical components and optical systems and the resulting improvements in the new optical instruments and devices we use are evident. Until recently a major limitation of interferometry for precision metrology was the sensitivity to the environment. In recent years many techniques for performing high quality interferometric measurements in non-ideal environments have been developed and new techniques are being introduced all the time. This talk discusses some of the different techniques for reducing the effects of vibration and atmospheric turbulence on interferometric measurements. The application of these techniques for the measurement of surface vibration, the testing of optical components including large astronomical optics, the phasing of segmented optical components, and the measurement of deformations of diffuse structures will be described.

Keywords: interferometry, optical metrology.



**EXPANDING THE APPLICATIONS OF
INTERFEROMETRIC OPTICAL
PROFILER**

J. Schmit

Veeco Instruments, Inc. USA.

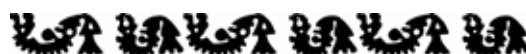
jschmit@veeco.com

Optical profilers deliver fast, full field and non-contact measurement of surface roughness and form. Objects with

**MEDIDAS INTERFEROMÉTRICAS DE
PRECISIÓN EN AMBIENTES NO
IDEALES**

La electrónica moderna, las computadoras y el software han hecho posible mejorar en gran medida la verificación de los componentes y sistemas ópticos así como han propiciado evidentes mejoras en los nuevos instrumentos y dispositivos ópticos que empleamos. Hasta hace poco tiempo una gran limitación del uso de la interferometría en la metrología de precisión era la alta sensibilidad a variaciones ambientales. En los últimos años se han introducido muchas técnicas para realizar mediciones de alta calidad interferométrica en entornos no ideales. En esta exposición se analizan algunas de las diferentes técnicas que pueden ser empleadas para reducir los efectos de vibraciones y turbulencias atmosféricas en las mediciones interferométricas. Se describirán la aplicación de estas técnicas para la medición de vibraciones de superficies, la verificación de componentes ópticos, incluyendo óptica astronómica de grandes dimensiones, componentes ópticos segmentados y la medición de deformaciones de estructuras difusas.

Palabras clave: interferometría, metrología óptica.



**AMPLIANDO LAS APLICACIONES
DEL PERFILÓMETRO ÓPTICO
INTERFEROMÉTRICO**

Los perfilómetros ópticos permiten un análisis completo de la forma y aspereza de una superficie de manera rápida, completa, y

nanometer-high steps can be measured in a fraction of a second while objects a few millimeters tall can be measured almost as quickly. Thousands of points measured in a short time with no chance of sample scratching makes these profilers very attractive in research and production settings for a very wide range of applications.

For precision machining, the measurement of surface roughness becomes increasingly critical for the assessment of an object's performance. For example, 3D surface analysis is crucial for testing corrosion inhibitors on wells and pipelines in the oil and gas industry. Similarly, testing the wear of seals and medical implants allows for better surface quality and performance assessments.

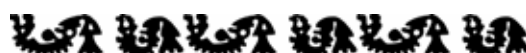
Precise surface measurement also plays an important role in various green energy markets, from solar energy and wind turbines to LED illumination and energy scavenging using MEMS devices.

In order to further expand the applications of the optical profiler, special objectives and illumination were designed to allow for imaging and testing of objects enclosed in environmental or protective chambers or immersed in liquids—including biological samples. Optical profilers improve productivity and profitability in industry and they excel in research.

Keywords: white light interferometry, phase shifting interferometry, profilometry, optical metrology.

sin necesidad de contacto. Objetos con pasos o elevaciones en la escala nanométrica se pueden medir en una fracción de segundo, mientras que objetos escala milimétrica se pueden medir casi igual de rápido. Los perfilómetros ópticos usan luz blanca para tomar mediciones en millares de puntos. La habilidad de proveer este nivel de data, sin necesidad de rayar o contactar la muestra indica su aplicación en numerosos procesos de investigación y manufacturación. En trabajos de maquinación requiriendo precisión, la medición de la aspereza superficial es cada vez más crítica para el funcionamiento de un objeto. Por ejemplo, el análisis superficial 3D es crucial para los inhibidores de prueba de la corrosión en pozos y tuberías en las industrias del petróleo y gas. De manera igual, las pruebas del desgaste de sellos y implantes quirúrgicos permiten desarrollo de procesos de gravado y preparación que incrementan la calidad de las superficies y mejoran el funcionamiento del componente. La medición exacta de superficies también desempeña un papel importante en varios mercados de la energía verde, ejemplos incluyen: superficies de paneles solares; turbinas utilizadas para capturar energía del viento; producción de LED's para iluminación; la captura de energía usando dispositivos de MEMS, otros. Para ampliar los tipos de aplicaciones en que se pueden utilizar perfilómetros ópticos, se han desarrollado objetivos de larga distancia y protectores especiales que permiten análisis de muestras en fluido como muestras de células y tejidos biológicos. En breve, los perfilómetros ópticos amplían las aplicaciones en la investigación científica, mejoran la calidad de componentes manufacturados y permiten un incremento en la rentabilidad de la producción industrial de productos.

Palabras clave: interferometría con luz blanca, interferometría con corrimiento de fase, perfilometría, metrología óptica.



**BIOLOGICAL AND METROLOGY
APPLICATIONS OF SUBPIXEL IN-
PLANE POSITION MEASUREMENTS
BASED ON FOURIER PROCESSING
AND PHASE COMPUTATIONS OF
IMAGES**

P. Sandoz, J.A. Galeano

Université de Franche-Comté. France.

patrick.sandoz@univ-fcomte.fr

By Fourier transform, a spatial displacement of an object becomes a pure phase change. Phase processing is thus a convenient way for displacement evaluation. Furthermore, the selection of a narrow spectral bandwidth filters out a large part of detection noise and allows signal to noise ratio enhancement for high accurate measurements.

We were especially interested in applications in which a reference pattern can be stuck on the target for a priori knowledge of the image features and further software optimization. The choice of pseudo-periodic patterns leads to high resolution in absolute phase measurements.

The method was applied to the characterization of the in-plane vibration amplitude of a tapered shear-force microscope probe dithered by a quartz tuning fork. Nanometer vibration amplitude resolution is achieved during sample scanning from the processing of reflection optical microscopy images recorded with an usual 20x magnification lens.

The method was also adapted to position encoding of live cell culture boxes in order to document each biological image recorded with its absolute position with respect to the culture box itself. Thus, it becomes straightforward to find back a region of interest, already observed previously, when a culture box is brought back on the microscope stage from the cell incubator where it was transferred for a while for cell culture.

Keywords: vision, Fourier transform, phase processing, in-plane position measurement, vibration amplitude, shear force microscopy, position referenced microscopy, pseudo-periodic patterns, cell culture.

**APLICACIONES BIOLÓGICAS Y
METROLÓGICAS DE MEDICIONES
DE POSICIÓN SUBPIXEL EN PLANO
BASADAS EN TRATAMIENTO DE
FOURIER Y PROCESAMIENTO DE
FASE EN IMÁGENES**

Por medio de la transformada de Fourier, un desplazamiento espacial de un objeto se convierte en un cambio de fase puro. El procesamiento de fase es por lo tanto un medio conveniente para la evaluación de desplazamiento. Además, la selección de un ancho de banda espectral estrecho filtra gran parte ruido de detección y permite un incremento en la razón señal a ruido lo cual permite obtener medidas de alta resolución.

Hemos estado especialmente interesados en aplicaciones en las cuales un patrón de referencia es colocado en el objeto a estudiar, ya que de esta manera se tiene un conocimiento previo de las características de la imagen permitiendo así una mayor optimización del software implementado. La selección de un patrón pseudo-periódico conlleva a medidas de fase absoluta de alta resolución.

El método fue aplicado a la caracterización de la amplitud de vibración en plano de una punta de microscopio de campo cercano, excitada por medio de un diapason. Así, durante el escaneo de una muestra se alcanzó una resolución nanométrica en la medida de la amplitud de vibración, gracias al procesamiento de las imágenes tomadas en microscopia de reflexión óptica. Estas imágenes fueron almacenadas por medio de un objetivo de microscopio de magnificación 20x.

El método también fue adaptado para la codificación de posición de cajas de Petri con un cultivo celular, con el fin de documentar cada imagen biológica registrada con una posición absoluta con respecto a la caja misma. De esta manera, es posible encontrar de nuevo una región de interés, ya observada previamente, cuando la caja de Petri es regresada a la platina de microscopio de la incubadora celular donde fue llevada por un lapso de tiempo para cultivar la célula.

Palabras clave: visión, transformada de Fourier, procesamiento de fase, medida de posición en plano, amplitud de vibración, microscopia de campo cercano, referencia de posición en microscopia, patrones pseudo-periódicos, cultivo celular.



DIGITAL SPECKLE SHEAROGRAPHY SYSTEM FOR DYNAMIC INSPECTION OF MATERIALS UNDER HEAT STRESS

**N.A. Correa, J.D. Causado-Buelvas,
G. Cañas, R. Castañeda**
*Universidad Nacional de Colombia.
Colombia.*
nacorra@unal.edu.co

Digital Speckle Shearography (DSS) is a recognized tool for monitoring and inspecting of structural flaws and imperfections in different types of industrial, automotive and aeronautics applications. It is based on digital correlation of two speckle patterns in two states of interest, with and without load. The technique has the special quality of being very robust against environmental disturbances. We present a DSS system to analyze the dynamic behaviour of the strain that suffers a material in response to changes in temperature throughout the thermal load process.

Keywords: digital speckle shearography, optical metrology.



SISTEMA DSS (DIGITAL SPECKLE SHEAROGRAPHY) PARA INSPECCIÓN DINÁMICA DE MATERIALES BAJO ESTRÉS TÉRMICO

Los sistemas DSS son herramientas reconocidas para el control e inspección de fallas e imperfecciones estructurales en diferentes tipos de aplicaciones industriales, automotrices y aeronáuticas. Se basan en la correlación digital de dos frentes de onda de patrones de speckle en dos estados de interés, con y sin carga. La técnica tiene la cualidad especial de ser autoreferenciada en sus frentes de onda y por tanto es muy robusta frente a perturbaciones ambientales. Se presenta un sistema DSS en el cual se puede analizar el comportamiento dinámico de los esfuerzos que sufre un material en función de cambios en temperatura a lo largo de todo el proceso de carga térmica.

Palabras clave: digital speckle shearography, metrología óptica.



**SYSTEM OF LOW-COHERENCE
INTERFEROMETRY FOR
INDUSTRIAL APPLICATIONS**

**E.N. Morel, J.R. Torga, F.A. Liporace,
G.A. Martínez**

*Universidad Tecnológica Nacional.
Argentina.*

nmorel@frd.utn.edu.ar

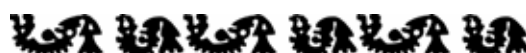
Interferometric techniques are increasingly required by industrial applications as part of the quality control process. In spite of the existence of a great variety of methods with this target, low coherence interferometry has showed to be a powerful technique within this field. However this technique is usually restricted to situations where the sample has to be isolated or placed in a controlled and/or anti vibration systems. In this work an experimental set-up based in low coherence interferometry in the Fourier domain is proposed, being its main target applications that require in situ and on-line measurements, employing robust and compact equipment. Two industrial applications that have been developed recently with this technique are presented. The first one is the determination of in machined parts and the second is thickness measurement in polymer films. The experimental set-up is described and some results based in the mentioned applications are showed. Additionally we present a discussion of how the parameters of the entire set-up (light source, detection system, optics system) affect the critical values in the measurements like dynamic range and resolution. Results related to robustness, repeatability and signal to noise ratio will be shown.

Keywords: profilometry, optical metrology.

**SISTEMA DE INTERFEROMETRÍA
DE BAJA COHERENCIA PARA
APLICACIONES INDUSTRIALES**

En el sector industrial existe una creciente demanda por las técnicas de interferometría aplicada a mediciones en procesos de control de calidad. Entre la gran variedad de aplicaciones, la interferometría de baja coherencia ha mostrado ser una poderosa técnica en este campo, aunque actualmente se encuentra limitado a sistemas de medición donde se requiere aislar la muestra, ubicarla en ambientes controlados y/o sistemas antivibratorios. En este trabajo se propone un esquema experimental basado en la interferometría de baja coherencia en el dominio de la frecuencia, que apunta a la aplicación en mediciones que requieran resultados en línea de fabricación y en tiempo real utilizando un equipo compacto y robusto. Se discuten dos aplicaciones industriales que han sido desarrolladas recientemente con esta idea. La primera de ellas es la determinación de cotas en piezas maquinadas y la segunda es la medición de espesores en films de polímeros. Se presentará el esquema experimental desarrollado y se mostrarán resultados obtenidos teniendo como objetivo las aplicaciones mencionadas. Por otro lado se presentará una discusión de cómo los parámetros del sistema (fuente de luz, sistema de detección, sistema de enfoque) afectan los valores críticos de la medición como resolución y rango dinámico. Se mostrarán resultados obtenidos sobre confiabilidad, repetitividad y relación señal ruido en medidas típicas.

Palabras clave: perfilometría, metrología óptica.



**LIGHT SCATTERING OF PARTICLES
WITH INCLUSIONS. INVERSE
PROBLEM SOLUTION IN THE
RAYLEIGH-GANS APPROXIMATION**

G.E. Elicabe, F.A. Otero, G.L. Frontini
University of Mar del Plata and CONICET.
Argentina.
elicabe@fi.mdp.edu.ar

Particles with inclusions may be found in a variety of scientific and technological applications. These inhomogeneous particles are encountered in the atmosphere and ocean [1], interstellar clouds, and biological and chemical media [2]. Their Light Scattering (LS) properties are important to characterize them in terms of their morphological parameters. Fortunately, the progress made in the last several years in the theoretical study of the light scattered by small particles makes it possible today the calculation of LS properties of complex inhomogeneous particles including arbitrary-shaped particles with anisotropic optical properties and inclusions. However, the numerical techniques developed are still computationally intensive, in particular for particles with inclusions. For this reason, simplified models are very attractive when the LS data must be inverted to obtain the model parameters related to the morphology of the particles. In this work the inverse problem of obtaining the morphological parameters of the particles from its LS spectrum is solved for the case in which the particles are modelled using the Rayleigh-Gans (RG) approximation [3] to the LS problem, which is valid in principle for small particles in low optical contrast systems. To solve the inverse problem, the RG model is discretized and solved in terms of finding the distribution of distances between the spherical inclusions, the size and number of the inclusions and the size of the host particle. The inverse problem, which must be regularized in order to obtain acceptable solutions, is solved using an estimation scheme of two steps. In the first, for a given size of inclusion and host particles, the distance distribution function of the inclusions is obtained using Tikhonov regularization. In the second, the sizes of inclusions and host particle are estimated by

**DISPERSIÓN DE LUZ POR
PARTÍCULAS CON INCLUSIONES.
SOLUCIÓN DEL PROBLEMA
INVERSO PARA LA APROXIMACIÓN
DE RAYLEIGH-GANS**

Las partículas con inclusiones aparecen en una variedad de aplicaciones científicas y tecnológicas. Estas partículas no homogéneas se encuentran en la atmósfera y el océano [1], las nubes interestelares, y en medios químicos y biológicos [2]. Sus propiedades de Dispersión de Luz (DL) son importantes para caracterizarlas en términos de sus parámetros morfológicos. Afortunadamente los progresos realizados en los últimos años en el estudio teórico de la luz dispersada por partículas pequeñas hacen posible hoy el cálculo de las propiedades de DL de partículas inhomogéneas complejas, incluyendo partículas de forma arbitraria con propiedades ópticas anisotrópicas y con inclusiones. Sin embargo, las técnicas numéricas desarrolladas siguen siendo computacionalmente intensivas, en particular para partículas con inclusiones. Por esta razón, los modelos simplificados son muy atractivos cuando los datos de DL deben ser invertidos para obtener los parámetros del modelo relacionados con la morfología de las partículas. En este trabajo el problema inverso de obtener los parámetros morfológicos de las partículas de su espectro de DL se ha resuelto para el caso en que las partículas se modelan mediante la aproximación de Rayleigh-Gans (RG) [3] para el problema de DL, que es válida en principio para partículas pequeñas en sistemas de bajo contraste óptico. Para resolver el problema inverso, el modelo de RG se discretizó y resolvió en términos de encontrar la distribución de las distancias entre las inclusiones esféricas, el número y tamaño de las mismas y el tamaño de la partícula de acogida. El problema inverso, que debe ser regularizado a fin de obtener soluciones aceptables, se resuelve mediante un mecanismo de estimación de dos pasos. En el primero, para un determinado tamaño de la inclusión y partícula de acogida,

non-linear parameter estimation for the distribution of distances obtained before. Several simulated examples are analyzed to check the validity of the proposed estimation scheme.

- [1] L.Winda, L.Hofera, A.Nagyb, P.Winklera, A.Vrtalaa, W. Szymanskia; Aerosol Science 35 (2004) 1173–1188.
- [2] Patel, M.J., Gundabala, V.R. and Routh, A.F. (2010) Modelling of Film Formation from polymer-silica composite particles. Langmuir 26(6), 3962-3971.
- [3] Bohren, C.; Huffman, D. “Absorption and Scattering of Light by Small Particles”; Wiley: New York, 1983.

Keywords: light scattering, inverse scattering, particle characterization.



DESIGN OF A PHASE SHIFTING INTERFEROMETER IN THE EUV FOR HIGH PRECISION METROLOGY

**M.G. Capeluto¹, C.C. Iemmi¹,
M.C. Marconi²**

¹Universidad de Buenos Aires. Argentine.

²Colorado State University. USA.

maga@df.uba.ar

We design a phase shift interferometer for the extreme ultraviolet (EUV) with the illumination provided by a table top Ne-like Ar laser emitting at 46.9 nm. With this interferometer it is expected to achieve higher precision than that obtained with instruments that utilize visible range lasers. We developed a model that computes the propagation of the beam through the interferometer. The model takes into account several aspects inherent to the table top EUV laser, like fluctuations of the angle of incidence of the illumination. The influence of the fluctuations of the pulsed EUV laser is analyzed by calculating the errors introduced in the interferograms and in the retrieved wavefront.

la función de distribución de distancias de las inclusiones se obtiene mediante la regularización de Tikhonov. En el segundo, el tamaño de la inclusión y la partícula de acogida son estimados por estimación de parámetros no-lineal para la distribución de las distancias obtenida anteriormente. Varios ejemplos simulados son analizados para verificar la validez del esquema de estimación propuesto.

Palabras clave: dispersión de luz, dispersión inversa, caracterización de partículas.



DISEÑO DE UN INTERFEROMETRO DE CORRIMIENTO DE FASE EN EL ULTRAVIOLETA EXTREMO PARA METROLOGÍA DE ALTA PRECISION

Se diseñó un interferómetro de corrimiento de fase para el ultravioleta extremo (EUV) en el que se utiliza iluminación proveniente de un láser compacto cuya longitud de onda es 46.9nm. Utilizando este interferómetro se espera obtener mayor precisión que la que usualmente se obtiene con instrumentos que emplean láseres en el visible. Se desarrolló un modelo que permite calcular la propagación del haz a través del interferómetro. En este modelo se tiene en cuenta varios aspectos inherentes al láser de 46.9nm, como las fluctuaciones en el ángulo de incidencia de la iluminación. La influencia de las fluctuaciones del láser pulsado es analizada calculando los errores

Keywords: extreme ultraviolet (EUV), phase shifting interferometry, optical metrology.

introducidos en los interferogramas y en el frente de ondas recuperado.

Palabras clave: ultravioleta extremo, interferometría por corrimiento de fase, metrología óptica.



PHOTOREFRACTIVE DIGITAL HOLOGRAPHIC MICROSCOPY

J. Ricardo¹, M. Muramatsu², F. Palácios¹,
M.R.R. Gesualdi³, J.L. Valin⁴

¹Orients University. Cuba.

²USP, SP. Brazil.

³UFABC, SP. Brazil.

⁴ISPJAE. Cuba.

The Digital Holographic Microscopy (DHM) has been appearing as promissory techniques to obtain 3D micro structure images where the hologram registration is directly on the CCD sensor and the holographic reconstruction is done by digital algorithms [1]. At the same time, photo-refractive crystals (PRCs) are widely used for hologram registration with high resolution power and without presenting fatigue, where phase displacements techniques let to do surface from the studied objects [2]. In this work we show by first time, the possibility of using sillenite photo-refractive crystals type $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ for holographic registration in DHM with digital image reconstruction of the 3D phase image, capturing the hologram from the crystal reconstructed image and a second reference beam in a Mach-Zehnder interferometer. The experimental set up present an interferometer with photo-refractive crystal for hologram registration and a Mach-Zehnder interferometer coupled for reading the final image hologram. Figure 1 show the fundamental results, the hologram, the intensity image, the phase image and the pseudo 3D image from a reticule, making evident the DHM can be used for digital reconstructing directly the phase image graved in a PRC using the optically reconstructed holographic image.

MICROSCOPIA HOLOGRÁFICA DIGITAL FOTORREFRATIVA

A Microscopia Holográfica Digital (MHD) vem se apresentando como uma técnica promissora na obtenção de imagens 3D de micro-estruturas onde o registro holográfico se dá diretamente no sensor CCD e a reconstrução holográfica é feita com algoritmos reconstrução digital [1]. Por outro lado, os cristais fotorrefrativos (PRCs) são amplamente utilizados como meio de registro holográfico com alto poder de resolução e sem apresentar fadiga, onde técnicas de deslocamento de fase permitem a análise de superfícies dos objetos estudados [2]. Neste trabalho mostramos, pela primeira vez, a possibilidade de usar cristais $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ como meio de registro holográfico para MHD com reconstrução digital da imagem de fase 3D, registrando um holograma a partir da imagem reconstruída do cristal, ou seja, o feixe difratado pelo holograma registrado no cristal e de um segundo feixe de referência num interferômetro de Mach-Zehnder. A instalação consta de um interferômetro com cristal como meio de registro holográfico e um interferômetro de Mach-Zehnder acoplado para a leitura do holograma final de imagem. A figura 1 mostra o resultado fundamental com o holograma, a imagem de intensidade, a imagem de fase e imagem quase 3D de um retículo. Mostramos que se pode usar MHD para reconstruir

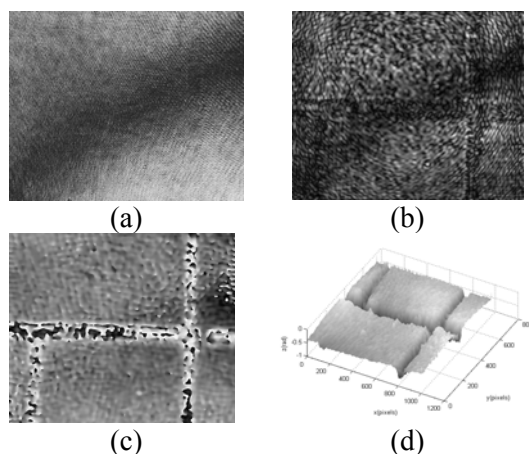


Figure 1. (a) Hologram with photorefractive crystal and CCD, (b) intensity image, (c) phase image, (d) Quase 3D phase image from the reticule.

- [1] F. Palacios et al. *3D image reconstruction of transparent microscopic objects using digital holography*, Optics Communications 248 (2005) 41–50.
- [2] M.R.R.Gesualdi, D.Soga, M.Muramatsu. *Real-time holographic interferometry using photorefractive sillenite crystals with phase-stepping techniques*. Opt Las Eng 44 (2006) 56-67.

Acknowledgements. This work was supported by FAPESP; Process FAPESP No. 2009/50438-7, PV- Prof. Jorge O. Ricardo Pérez in July 2009-january 2010.

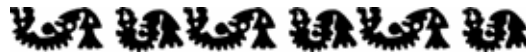
Keywords: holography, photorefractive crystal, 3d images, surface analysis.

digitalmente e diretamente a imagem de fase gravada num PRC a partir de sua imagem holográfica reconstruída opticamente.

Figura 1. (a) holograma com cristal e CCD, (b) imagem de intensidade, (c) imagem de fase, (d) imagem de fase quase 3D de um retículo.

Agradecimentos. Este trabalho foi realizado com financiamento de FAPESP através de bolsa de Pesquisador visitante para o Prof. Jorge O. Ricardo Pérez no período julho 2009-janeiro 2010.

Palabras clave: holografia, cristal fotorefractivo, imagens 3d, análise de superficies.



**STUDY OF THE PHASE
CONJUGATION REFLECTIVITY AND
SENSITIVITY OF FIBER
SPECKLEGRAM SENSORS BASED ON
VOLUME RECORDING MEDIA**

Á. Salazar¹, J.A. Gómez^{1,2}, H. Lorduy G.¹

¹*Universidad Pontificia Bolivariana,
Colombia.*

²*Politécnico Colombiano Jaime Isaza
Cadavid. Colombia.*

angel.salazar@upb.edu.co

When coherent light is launched in a multimode optical fiber, a speckle pattern is produced at the output of the fiber, which is known as modal noise. This speckle pattern contains information about the physical status of the fiber and therefore can be used in sensing systems. An optical fiber sensor that uses a speckle hologram is called a fiber specklegram sensor. The speckles have a three-dimensional structure. Recently, it has been shown that the phase conjugation reflectivity of speckle patterns recorded in a photorefractive crystal by a four-wave mixing arrangement depends on the statistical average of the speckle size. Evidently, it should influence the behavior of sensors systems based in specklegrams recorded on photorefractive crystals. We have taken advantage of the three-dimensional nature of a photorefractive medium BSO to store three-dimensional speckle distributions arising from the modal noise of a multimode optical fiber by four-wave mixing. The dependence on the speckle size of a micro displacement sensor based on high spatial frequency modulated fiber specklegrams is experimentally demonstrated. The phase conjugation theory, within the transmission grating approximation, is applied for the implementation and study of the sensor. In our experimental setup, a multimode optical fiber of very low signal-modal noise ratio is used to generate subjective speckle, and the speckle size is controlled modifying the diameter of the aperture pupil of the imaging system. The dependence on the statistical average speckle size of the phase conjugation reflectivity and sensitivity of the micro displacement fiber specklegram sensor is analyzed. This knowledge of the

**ESTUDIO DE LA REFLECTIVIDAD DE
CONJUGACIÓN DE FASE Y
SENSIBILIDAD DE SENSORES DE
SPECKLEGRAMAS DE FIBRA
BASADOS EN MEDIOS DE REGISTRO
VOLUMÉTRICOS**

Cuando se inyecta luz coherente en una fibra óptica multimodo, se genera un patrón de speckle a la salida de la fibra conocido como ruido modal. Este patrón de speckle contiene información del estatus físico de la fibra y por lo tanto puede usarse en sistemas de sensado. Un sensor de fibra óptica que usa hologramas de speckles se denomina un sensor de specklegrams de fibra. Los speckles tienen una estructura tridimensional. Recientemente se mostró que la reflectividad de conjugación de fase de patrones de speckle registrados en un cristal fotorrefractivo mediante un arreglo de mezcla de cuatro ondas depende del promedio estadístico del tamaño del speckle. Evidentemente, esto debería influenciar el comportamiento de sensores basados en specklegrams registrados en medios fotorrefractivos. Nosotros hemos tomado ventaja de la naturaleza tridimensional de un medio fotorrefractivo BSO para almacenar, mediante mezcla de cuatro ondas, distribuciones de speckles tridimensionales surgiendo del ruido modal de una fibra óptica multimodo. La dependencia con respecto al tamaño del speckle de un sensor de microdesplazamientos basado en specklegrams de fibra modulados con alta frecuencia espacial se demuestra experimentalmente. Hemos considerado la teoría de conjugación de fase, dentro de la aproximación de redes de transmisión, para la implementación y estudio del sensor. En nuestro arreglo experimental se usa una fibra óptica multimodo de muy baja razón señal a ruido para generar speckle subjetivo. El tamaño del speckle se controla modificando el diámetro de la abertura de la pupila del sistema formador de imagen. La dependencia de la reflectividad de

reflectivity and sensitivity behavior when speckle patterns of modal noise are considered, allows to optimize interferometric systems based on real-time speckle pattern correlation and to improve speckle applications in optical signal processing and optical metrology.

Keywords: fiber specklegram sensors, photorefractive BSO crystal, phase conjugation reflectivity.

conjugación de fase y la sensibilidad del sensor de specklegrama de fibra de microdesplazamientos se estudia en términos del tamaño promedio del speckle. El conocimiento del comportamiento de la reflectividad y sensibilidad cuando se consideran patrones de speckle de ruido modal, permite optimizar sistemas interferométricos basados en correlación de patrones de speckle en tiempo real y además mejorar las aplicaciones del speckle en procesamiento de señales ópticas y metrología óptica.

Palabras clave: sensores de specklegramas de fibra, cristal fotorrefractivos BSO, reflectividad de conjugación de fase.



ESTIMATION AND COMPENSATION OF THE ABERRATIONS IN THE SPATIAL LIGHT MODULATOR

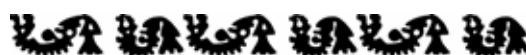
A. Arias, R. Castañeda

Univ. Nacional de Colombia. Colombia.

aarias0@unal.edu.co

The spatial light modulator (SLM) Holoeye LC-R720 is based on LCoS (Liquid Crystal on Silicon) technology. Due to the induced curvatures to the silicon plate in the production process, there are static aberrations in the modified wavefronts by the SLM. For calculate the aberrated wavefront we used the phase-shifting interferometry technique, an optimization algorithm applied to far field, and the geometric characterization of the focal spot along the caustic. Zernike polynomials were used for to expand and compare the wavefronts. The aberration's compensation was carried out displaying the conjugated transmittance on the SLM. The outcomes are discussed for compare in each estimation method, the complexity experimental setup and the digitals process requirements.

Keywords: spatial light modulator, wavefront estimation, aberration compensation.

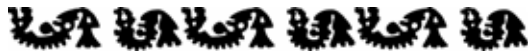


ESTIMACIÓN Y COMPENSACIÓN DE ABERRACIONES EN EL MODULADOR ESPACIAL DE LUZ

El modulador espacial de luz (SLM, Spatial Light Modulator) Holoeye LC-R720 consta principalmente de una pantalla de cristal líquido sobre una placa de silicio (LCoS). Debido a limitaciones de fabricación y montaje mecánico, estos SLMs presentan aberraciones residuales de tipo estático las cuales reducen su desempeño. Para la estimación del frente de onda aberrado utilizamos la técnica interferométrica de desplazamiento de fase, un algoritmo de optimización aplicado al patrón de difracción en campo lejano y la parametrización (por medio de los momentos reducidos centrados) del spot focal a lo largo de la caústica. La expansión en polinomios de Zernike fue empleada para identificar las clases y pesos de las aberraciones del frente de onda que emerge del SLM. La compensación de esta aberración se lleva a cabo desplegando la transmitancia conjugada sobre el mismo

SLM. Los resultados son discutidos, comparando la efectividad de las diferentes estrategias en cuanto a sus requerimientos sobre el montaje experimental y los cálculos computacionales posteriores.

Palabras clave: modulador espacial de luz, estimación del frente de onda, compensación de aberraciones.



NON-REDUNDANT ARRAY OF APERTURES FOR MEASURING THE COMPLEX DEGREE OF SPATIAL COHERENCE

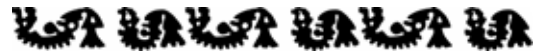
A.I. González, Y. Mejía

Univ. Nacional de Colombia. Colombia.

aigonzaleza@unal.edu.co

In this paper we show a screen with a non-redundant array of apertures for measuring the complex degree of spatial coherence for laser beams. The apertures (circular holes) are located on the intersections of a rectangular grid. The complex degree of spatial coherence is obtained from the Fourier spectrum of the far field interferogram generated by the laser beam passing through the non-redundant apertures. It is shown some experimental results that allow us to see the advantages of this type of screens to measure the coherence.

Keywords: spatial coherence, non-redundant arrays, Fourier spectrum.



ARREGLO NO-REDUNDANTE DE APERTURAS PARA LA MEDIDA DEL GRADO COMPLEJO DE COHERENCIA

En este trabajo se presenta una pantalla que contiene un arreglo bidimensional de aperturas no redundante para medir el grado complejo de coherencia espacial de haces láser. Las aperturas (agujeros circulares) se localizan en las intersecciones de una rejilla rectangular. El grado complejo de coherencia espacial se mide a partir del espectro de Fourier del interferograma en campo lejano generado por el haz láser cuando pasa a través del arreglo no redundante. Se muestran algunos resultados experimentales en los que se pueden ver las ventajas de este tipo de pantallas para la medida de la coherencia.

Palabras clave: coherencia espacial, arreglos no redundantes, espectro de Fourier.



COMPENSATION OF PHASE
ALTERATION IN REFLECTION
DIGITAL HOLOGRAPHIC
MICROSCOPY

O. Rincón¹, F. Monroy¹, R. Amézquita¹,
J. García-Sucerquia²

¹Univ. Nacional de Colombia. Colombia.

²Univ. Nacional de Colombia. Colombia.

famonroyr@bt.unal.edu.co

Digital holography microscopy can be used for obtaining phase maps that bring some characteristic about the 3D information of the object under study. These phase maps suffer alterations with origin in the off-axis geometry and the aberrations of the used magnifying optics. A complete compensation of these alterations leads to a correctly interpretation of phase information. In this article, we design a numerical strategy for compensating the phase alterations by using two phase masks correspondingly located at the hologram and at the image plane. The phase masks are built-up by using least square adjust over the connected regions on reconstructions without the object information in the phase map. We successfully apply this strategy for the measurement of phase steps using a digital holographic microscope set-up.

Keywords: digital holography microscopy, aberration compensation, phase mask, reflective objects.

COMPENSACIÓN DE
ALTERACIONES DE FASE EN
MICROSCOPÍA HOLOGÁFICA
DIGITAL DE REFLEXIÓN

Por medio de la microscopía holográfica digital se pueden obtener mapas de fase de los cuales se puede extraer información 3D sobre algunas características de los objetos en estudio. Estos mapas de fase sufren alteraciones debidas a la geometría fuera de eje del montaje óptico y/o a la presencia de los sistemas de magnificación utilizados. Su completa compensación permite interpretar en forma correcta la información de fase obtenida. En este artículo se diseña una estrategia numérica, para compensar dichas alteraciones, por medio de la implementación de dos máscaras de fase ubicadas en el plano del objeto y en el plano imagen. Para la construcción de estas máscaras se aplica un ajuste de mínimos cuadrados a las regiones conexas del mapa de fase, que no contengan información del objeto. Esta estrategia numérica se aplica para la medición de la altura de escalones de fase por medio de la implementación de un montaje de microscopía holográfica digital.

Palabras clave: microscopía holográfica digital, compensación de aberraciones, máscara de fase, objetos reflectivos.



**DETERMINATION OF THE
COHERENCE VOLUME BY USING A
YOUNG - MICHELSON
INTERFEROMETER**

**G. Cañas-Cardona, A. Arias,
J. García-Sucerquia, R. Castañeda**
Univ. Nacional de Colombia. Colombia.
gcanas@unal.edu.co

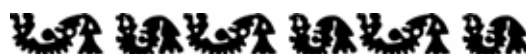
A two steps interferometer is used to establish the coherence volume of the optical field. Young masks (controlled by a Spatial Light Modulator) are placed at the entrance of a Michelson interferometer. The Young's interferometer patterns, reflected in mirrors, interfere at the exit Michelson interferometer. The total interference pattern is recorded by a CCD camera and processed in the Fourier domain. A set of Young masks with identical openings but with different separations are used to sample spatial coherence of the field and for each mask, the mirrors of the Michelson interferometer are shifted to sample the temporal coherence. The information obtained is analyzed to determine both the degree of the spatial and temporal coherence of the optical field. This strategy is illustrated by the measurement of the coherence volume of two different kinds of lasers.

Keywords: Young-Michelson interferometer, spatial light modulator, spatial coherence, temporal coherence.

**DETERMINACION DEL VOLUMEN
DE COHERENCIA USANDO UN
INTERFEROMETRO YOUNG -
MICHELSON**

Un interferómetro de dos etapas es usado para establecer el volumen de coherencia del campo óptico. Las mascararas de Young (controladas por un Modulador Espacial de Luz) son ubicadas a la entrada del interferómetro Michelson. Los patrones del interferómetro de Young, reflejados en los espejos, interfieren a la salida del interferómetro Michelson. El patrón de interferencia total es registrado por una cámara CCD y procesado en el dominio de Fourier. Un conjunto de mascararas de Young con idénticas aberturas pero con diferente separación son usadas para muestrear la coherencia espacial del campo y para cada mascarara, los espejos del interferómetro Michelson son desplazados para muestrear la coherencia temporal. La información obtenida es analizada para determinar tanto el grado de coherencia espacial y temporal del campo óptico. Esta estrategia se ilustra con las medidas del volumen de coherencia de dos tipos diferentes de laser.

Palabras clave: interferómetro Young-Michelson, modulador espacial de luz, coherencia espacial, coherencia temporal.



**CALCULATION MODEL FOR THE
TWO-WAVE MIXING GAIN IN A BSO
CRYSTAL AS A FUNCTION ON THE
INPUT BEAM POLARIZATION
ANGLE**

H. Lorduy G.¹, J.A. Gómez², Á. Salazar¹

¹*Universidad Pontificia Bolivariana.
Colombia.*

²*Politécnico Colombiano Jaime Isaza
Cadavid. Colombia.*

hector.lorduy@upb.edu.co

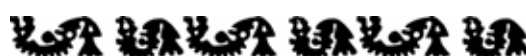
In general the photorefractive crystals are nonlinear media where the amplitude coupling of the optical fields generates an energy exchange process. In these dynamic media the index grating and light diffraction are simultaneously occurring, a phenomenon known as self-diffraction. The energy exchange processes are typically quantified by the gain of the system, this gain reflects the increased level of intensity of the beam with respect to its original state. In this work a model to calculate the gain in a two-wave mixing process including the diffraction efficiency for the case of grating dynamic in a photorefractive BSO crystal under diffusion regime is presented. In this model we take in consideration the effects of self-diffraction, optical activity, and beams polarization. The $\langle 001 \rangle$ crystallographic configuration is used. The model allows predicting the behavior of the gain as a function of the beam polarization angle. Theoretical considerations of the calculation model and numerical results using a crystal with thickness 10mm are presented finding a good agreement between the proposed model and the experimental measurements.

Keywords: gain, photorefractive, self-diffraction.

**MODELO DE CÁLCULO PARA LA
GANANCIA EN LA MEZCLA DE DOS
ONDAS EN UN CRISTAL BSO EN
FUNCIÓN DEL ÁNGULO DE
POLARIZACIÓN DE LOS HACES**

En general los cristales fotorrefractivos son medios no lineales en donde el acoplamiento de amplitud entre los campos ópticos genera un proceso de intercambio de energía. En estos medios de registro dinámico la red de índice y, la difracción de la luz, están ocurriendo simultáneamente, fenómeno conocido como auto-difracción. Los procesos de intercambio de energía son típicamente cuantificado por la ganancia del sistema, esta ganancia refleja el incremento del nivel de intensidad de los haces con respecto a su estado original. En este trabajo se presenta un modelo para el cálculo de la ganancia en un proceso de mezcla de dos ondas en donde se incluye la eficiencia de difracción para el caso de redes dinámicas en un cristal fotorrefractivo BSO bajo el régimen de difusión. En este modelo se toma en consideración los efectos de la auto-difracción, actividad óptica, y la polarización de los haces. Se usa la configuración cristalográfica $\langle 001 \rangle$. El modelo permite predecir el comportamiento de la ganancia como una función del ángulo de polarización. Las consideraciones teóricas del modelo y los resultados numéricos usando un cristal de espesor 10mm son presentados encontrando un buen acercamiento entre el modelo propuesto y las medidas experimentales.

Palabras clave: ganancia, fotorrefractivo, auto-difracción.



**SEMI-AUTOMATIC PARTICLE
LOCATION FOR DIGITAL IN-LINE
HOLOGRAPHIC MICROSCOPY WITH
SPHERICAL WAVES**

J. Restrepo, J. García-Sucerquia

Universidad Nacional de Colombia.

Colombia.

jigarcia@unal.edu.co

Digital in line holographic microscopy (DIHM) is a lens-less imaging system that has been actively developed in the past few years; some striking applications where DIHM achieves lateral resolutions in the range of 0.4 to 20 μ m are the studies of colloidal and biological systems. Notwithstanding its versatility and simplicity, in those applications the correct extraction of the object location is not straightforward and requires high level data processing.

Many publications have been dedicated to the study of the location problem with most of their algorithms succeeding under tight conditions and usually requiring either user intervention or a massive number of calculations or both. In this work, an evaluation of some of those alternatives has been done for extracting key characteristics that were grouped into a new semi-automatic algorithm that locates particles by minimizing the quantity of numerical operations and keeping good accuracy.

The main idea behind the algorithm is to initially produce an axial projection by adding up all the reconstructed images within an interval; the resulting image contains all the particles present in the sample projected on a single plane; using image processing to enhance the contrast and later a thresholding operation, the particles can be transversally located.

Afterwards, a circular region of interest is defined centered on each transversally located particle and with a radius previously chosen by the user; this region of interest is axially projected over the reconstruction interval forming a volume of interest (VOI). The maximum intensity is then measured along the VOI and the particle can be axially located as the distance in which the upmost maximum intensity is obtained.

To minimize the amount of possible false particles detections, the statistic of the

**UBICACIÓN SEMIAUTOMÁTICA DE
PARTÍCULAS EN MICROSCOPÍA
HOLOGRÁFICA DIGITAL EN LÍNEA
CON FUENTES ESFÉRICAS**

La microscopía holográfica digital en línea (MHDL) es un sistema de formación de imágenes sin lentes que ha sido desarrollado activamente en los últimos años; algunas aplicaciones relevantes de la MHDL que logran resoluciones laterales en el rango de 0.4 a 20 μ m son los estudios de sistemas coloidales y biológicos. A pesar de su versatilidad y simpleza, en las aplicaciones mencionadas anteriormente la correcta extracción de la ubicación del objeto no es un problema simple y requiere procesamiento de alta complejidad. Muchas publicaciones han sido dedicadas al estudio del problema de ubicación de objetos con la mayoría de ellas funcionando bajo condiciones limitadas y usualmente requiriendo ya sea la intervención del usuario o una cantidad excesiva de operaciones o ambas. En este trabajo se ha hecho una evaluación de algunas de estas alternativas para extraer características claves que fueron agrupadas en un nuevo algoritmo semiautomático que ubica partículas minimizando la cantidad de operaciones y manteniendo una buena exactitud.

La idea principal detrás del algoritmo es inicialmente producir una proyección axial mediante la suma de las imágenes reconstruidas en un determinado intervalo; la imagen resultante contiene todas las partículas presentes en la muestra proyectadas en un único plano. Usando procesamiento de imágenes para mejorar el contraste y posteriormente una operación de umbralización, las partículas pueden ser ubicadas transversalmente.

Seguidamente, se define una región de interés centrada en cada partícula ubicada transversalmente y con un radio previamente elegido por el usuario. Esta región de interés es proyectada sobre el intervalo de reconstrucción formando un volumen de interés (VDI). La intensidad máxima es

maximum intensity along the VOI is used to distinguish true from false particles; the numerical values to make this decision are introduced by the user. The performance of the algorithm has been tested for numerical and analytical holograms under 0.4 numerical apertures.

Keywords: digital holography, image processing.

medida a través del VDI y la partícula puede ser ubicada axialmente como la distancia en la cual el valor de intensidad máxima es el mayor.

Para minimizar la cantidad de posibles falsas partículas, la estadística de la intensidad máxima a través del VDI es usada para distinguir entre partículas falsas y verdaderas; los valores numéricos para tomar esta decisión son definidos por el usuario. La capacidad del algoritmo ha sido evaluada para hologramas analíticos y numéricos con aperturas de 0.4.

Palabras clave: holografía digital, procesamiento de imágenes.



A HAND-HELD 3D LASER SCANNING WITH SUBVOXEL PRECISION

N.A. Arias H.^{1,2}, M.A. Suárez³,
J. Meneses², T. Gharbi³

¹Universidad de Pamplona. Colombia.

²Univ. Industrial de Santander. Colombia.

³FEMTO-ST. France.

nesariher@unipamplona.edu.co

Due to its portability and great manoeuvrability, a hand-held 3D sensor is an interesting solution to efficiently digitize the 3-D shape for a wide variety of objects. Although there are various commercial hand-held laser scanners for digitizing 3D surfaces, the reliability and efficiency of computing the sensor's position and orientation determine the performance of scanner. In this paper we propose a hand-held 3D laser scanner composed of an optical head device to extract 3D local surface information and a stereo vision system with subvoxel precision to measure the position and orientation of the 3D optical head. The optical head is based on laser triangulation schema, and is manually scanned over the surface object by the operator. The orientation and position of the 3D optical head is determined by a phase-sensitive method using a 2D regular



UN ESCANER LÁSER A MANOS LIBRES CON PRECISIÓN SUBVOXEL

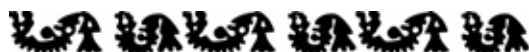
Debido su portabilidad y gran posibilidad de maniobrabilidad, un dispositivo de reconstrucción tridimensional a manos libres es una solución con gran flexibilidad para digitalizar tridimensionalmente una extensa variedad de objetos. Aunque existen varias configuraciones de dispositivos a manos libres para digitalizar superficies 3D, la precisión y eficiencia para calcular la posición y orientación del sensor define el desempeño metrológico del dispositivo. En este trabajo se propone un escáner laser 3D a manos libres compuesto por una cabeza óptica para extraer información 3D local de la superficie del cuerpo y un sistema de visión estéreo con precisión subvoxel, para medir la posición y orientación de la cabeza óptica. La cabeza óptica es basada en el esquema de triangulación láser, y es manualmente desplazada por el operador cerca de la superficie del objeto. La

intensity pattern. This phase reference pattern is rigidly fixed to the optical head and allows their 3D location with subvoxel precision in the observation field of the stereo vision system. The 3D resolution achieved by the stereo vision system is about 33 microns at 1.8 m with an observation field of 60cm x 60cm. The implementation of proposed device is described and results presented.

Keywords: phase detection, image processing, stereo vision, optical metrology.

orientación y posición 3D de la cabeza óptica es determinada por un método sensible a información de fase usando un patrón regular 2D en intensidad. Esta fase patrón de referencia es firmemente unida a la cabeza óptica y permite determinar su posición 3D con precisión subvoxel, en el campo de observación del sistema de visión estereo. La resolución 3D obtenida por la configuración estereo es de cerca 33 micras a 1.8 m de distancia con un campo de observación de 60 cm x 60 cm. Se describe y presentan resultados del dispositivo implementado.

Palabras clave: detección de fase, procesamiento de imagen, visión estereoscópica, metrología óptica.

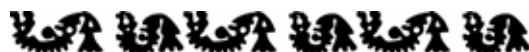


POINT SOURCES OF CLASSICAL OPTICAL FIELDS IN ANY STATE OF SPATIAL COHERENCE

**R. Castañeda, G. Cañas-Cardona,
J. García-Sucerquia**

*Univ. Nacional de Colombia. Colombia.
rcastane@unal.edu.co*

In the framework of the phase-space representation, classical optical fields in arbitrary states of spatial coherence can be modelled as produced by radiant and virtual point sources. The first ones emit the radiant power of the field, which is recordable by squared modulus detectors and is independent from the spatial coherence state of the field. The second ones emit the modulating (positive and negative) energy, which is directly non-recordable by detectors, but is strongly dependent from the state spatial of coherence of the field. The addition of both kinds of energies on a given plane effectively explains the production of diffraction and interference patterns at that plane. Furthermore, radiant and virtual point sources can be arranged over two distinct layers of the space, which can be brought together to provide a unified structure of



FUENTES PUNTUALES DE CAMPOS ÓPTICOS CLÁSICOS EN ESTADOS ARBITRARIOS DE COHERENCIA ESPACIAL

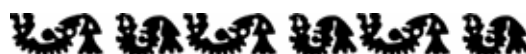
En el marco de la representación de espacio-fase, los campos ópticos en estados arbitrarios de coherencia espacial pueden modelarse como si fueran producidos por fuentes puntuales radiantes y virtuales. Las primeras emiten la energía radiante del campo, una cantidad medible mediante detectores de módulo cuadrado, pero que es independiente del estado de coherencia espacial del campo. Las segundas emiten la energía (positiva y negativa) moduladora, la cual no es directamente medible mediante detectores, pero depende marcadamente del estado de coherencia espacial del campo. La adición de estos tipos de energía sobre un plano dado explica de manera efectiva la producción de patrones de difracción e interferencia en dicho plano. Además, las fuentes radiantes y virtuales pueden

point sources for the field. Descriptions of diffraction arrangements and Young's experiment with diffraction effects based on this model are discussed and some implications are proposed.

Keywords: radiant and virtual point sources, two distinct layers of the space.

distribuirse en dos capas diferentes del espacio, las cuales pueden adjuntarse en un plano para lograr una estructura unificada de fuentes puntuales para el campo óptico. Con base en este modelo, se describen diferentes arreglos difractivos y el experimento de Young con efectos de difracción, y se discuten algunas implicaciones.

Palabras clave: fuentes puntuales radiantes y virtuales, dos capas diferentes del espacio.



PHASE MEASUREMENT IN LENS- LESS DIGITAL IN-LINE HOLOGRAPHIC MICROSCOPY

**S. Serna, J.F. Restrepo,
J. García-Sucerquia**

*Univ. Nacional de Colombia. Colombia.
sfserna@unal.edu.co*

Digital in-line holographic microscopy (DIHM) is a lens-less imaging technique that allows for reconstructing the complex amplitude of an object, therefore provides access to the contrast information through the amplitude and to the three-dimensional information via the phase. Particularly, the phase retrieving problem continues to be an open field of research; notwithstanding there are several publications addressing the phase retrieving in DIHM, they are not conclusive on the accuracy and correctness of the measurement.

Responding to the necessity of studying the phase retrieving problem, in this work is evaluated an strategy that obtains the phase from DIHM in two steps: i) initially holograms with and without the sample presented are modeled and reconstructed; ii) afterwards the phase matrices are retrieved and subtracted to ensure the isolation of the phase information coming from the object. Simulations for pure phase objects are done, varying the numerical aperture conditions in order to establish its effect on the retrieved phase information.

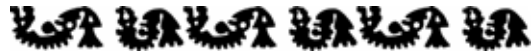
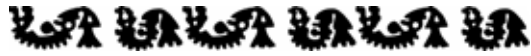
MEDICIÓN DE FASE EN MICROSCOPIA HOLOGRÁFICA DIGITAL EN LÍNEA SIN LENTES

La microscopía holográfica digital en línea (MHDL) es una técnica de formación de imágenes sin lentes que permite recuperar la amplitud compleja del objeto, por lo tanto proporciona el acceso a la información de contraste a través de la amplitud y a la información tridimensional por medio de la fase. Particularmente, el problema de la recuperación de fase continúa siendo un objeto de investigación de carácter abierto, aunque existen varias publicaciones tratando este problema en MHDL, estas no son concluyentes en la precisión y lo correcto de la medida.

Respondiendo a la necesidad de un estudio en el problema de la recuperación de fase, en este trabajo es evaluada una estrategia para obtener la fase empleando MHDL en dos etapas: i) inicialmente son modelados y reconstruidos hologramas con y sin la muestra, ii) seguidamente las matrices de fase recuperadas son restadas para asegurar que la información de fase resultante provenga únicamente del objeto. Se realizan simulaciones para objetos puros de fase, variando las condiciones de apertura numérica para establecer su efecto en la información de fase recuperada.

Keywords: digital holography, phase retrieving.

Palabras clave: holografía digital, recuperación de fase.



**DESIGNING FRESNEL
MICROLENS BY USING THE
FRACTIONAL FOURIER
TRANSFORM AND FOCUSING
ASTIGMATIC GAUSSIAN BEAMS**

**DISEÑO DE MICROLENTES DE
FRESNEL USANDO TRANSFORMADA
DE FOURIER FRACCIONAL Y
FOCALIZACIÓN DE HACES
GAUSSIANOS ASTIGMÁTICOS**

**A. Patiño^{1,2}, P.E. Durand¹, E. Forget¹,
P. Pellat-Finet¹**

¹Université de Bretagne Sud. France.

²Universidad Tecnológica de Bolívar.
Colombia.

alberto.patino-vanegas@univ.ubs.fr

Light propagation can be expressed by a two-dimensional fractional order Fourier transform. Since the fractional Fourier transform of a chirp function is a Dirac distribution, focusing a light beam is optically achieved by using a diffractive screen whose transmission function is a two-dimensional chirp function. This property is applied to designing Fresnel microlenses, and the order of the involved fractional transform depends on the diffraction distance as well as on the emitter and receiver radii of curvature. If the emitter is astigmatic (with two principal radii of curvature), the diffraction phenomenon involves two one-dimensional fractional Fourier transforms whose order are different. This degree of freedom allows us to design a microlens that can focus an astigmatic Gaussian beam, as produced by a diode bar.

Keywords: fractional Fourier optics, chirp function, light beam focusing, gaussian beams.

La propagación de la luz puede ser expresada por una transformada de Fourier bidimensional de orden fraccionario. Dado que la transformada de Fourier fraccionaria de una función chirp es una distribución de Dirac, la focalización de un haz de luz es obtenida ópticamente utilizando una pantalla de difracción cuya función de transmisión es una función chirp bidimensional. Esta propiedad se aplica al diseño de microlentes de Fresnel donde el orden de la transformada involucrado depende de la distancia de difracción, así como del radio de curvatura del emisor y del receptor. Si el emisor es astigmático (con dos radios de curvatura principales), el fenómeno de difracción involucra dos transformadas de Fourier fraccional unidimensionales cuyos ordenes son diferentes. Este grado de libertad nos permite diseñar una microlente que puede focalizar un haz gaussiano astigmático, como el producido un diodo con forma de barra.

Palabras clave: óptica de Fourier fraccionaria, función chirp, focalización láser, haces gaussianos.



**LIPPMANN PHOTOGRAPHY
APPROACH IN A PAGE-ORIENTED
“HOLOGRAPHIC” DATA STORAGE
SYSTEM**

K. Contreras, G. Pauliat

Univ Paris-Sud, France.

kevin.contreras@institutoptique.fr

Nowadays, holographic data storage is considered as one of the most serious candidates for the next generation of high capacity optical disks. In this paper, we present the study of a novel optical data storage system based on Lippmann photography. Interferential photography invented by Lippmann in 1891 was the first practical way of making colour photographs. Based on this technique, we propose to record wavelength-multiplexed data in a page-oriented architecture. Initially, we present numerical simulations with the aim to use thick media for the recording and exploring the theoretical capacity of storage, and we have demonstrated that with this architecture we can reach data capacities as large as for holography, of order of TeraBytes for an optical disk of 120 mm of diameter. Therefore, we describe the implementation of an experimental set-up for the recording and retrieval of many images using a resolution target, mask or SLM as data pages, a holographic material as recording medium and a CCD for the detection. With this novel architecture, we obtain experimental results that validate our previous theoretical approach. So, theory and experiment confirm the enormous potential of Lippmann technique for reaching very high capacities.

Keywords: Lippmann photography, data storage, wavelength selectivity and holography.

**APROXIMACION DE LA
FOTOGRAFIA LIPPMANN EN UN
SISTEMA DE ALMACENAMIENTO
“HOLOGRAFICO” DE PÁGINAS DE
DATOS**

Actualmente, el almacenamiento holográfico de datos es considerado como uno de los más serios candidatos para la próxima generación de discos ópticos de alta capacidad. En este trabajo, presentamos el estudio de un nuevo sistema de almacenamiento óptico de información basado en la técnica de la fotografía Lippmann. La fotografía interferencial inventada por Lippmann en 1891 fue la primera forma práctica de obtener fotografías a color. Basado en esta técnica, proponemos grabar información multiplexada en longitud de onda en una configuración de páginas de datos. Inicialmente, presentamos simulaciones analíticas con la intención de usar materiales de gran espesor para el registro y explorar la capacidad teórica de almacenamiento, y hemos demostrado que con esta arquitectura podemos alcanzar capacidad de datos tan grandes como las obtenidas por las técnicas holográficas convencionales, del orden de Terabytes para un disco óptico de 120 mm de diámetro. Además, describimos la implementación de un arreglo experimental para el registro y lectura de varias imágenes, usando un patrón de resolución, máscara o modulador espacial de luz SLM como páginas de datos, un material holográfico como medio de registro y una cámara CCD para la detección. Con esta nueva arquitectura, obtenemos resultados que validan nuestra previa aproximación teórica. Así, teoría y experimento confirman el enorme potencial de la técnica Lippmann para alcanzar muy altas capacidades.

Palabras clave: fotografía Lippmann, almacenamiento de información, selectividad en longitud de onda, holografía.



**ONLY ONE RONCHIGRAM TO
STIMATE CURVATURE
RADIUS OF A SPHERICAL CONCAVE
SURFACE**

**A. Cordero-Dávila¹, J. González-García^{1,2},
R. Izazaga-Pérez¹, B. Villalobos-Mendoza¹**

¹BUAP, Mexico.

²Univ. Tecnológica de la Mixteca, Mexico.

acordero@fcfm.buap.mx

Measuring curvature radius of a concave optical surface with the Ronchi test it can be a large uncertainty. This is because there is a large interval of the ruling positions for which no fringes are seen in the ronchigram. This result depends on the frequency of the ruling and the F/# of the surface.

In the simulation of a ronchigram, with the Malacara formula [1], among other parameters the curvature radius of the surface, r , is used. Our algorithm is based on the ronchigrams simulation. We used Genetic Algorithms to evaluate r until the X-coordinates of the fringe intersection points are reproduced according to the least squares method. In experiment the zero order fringe is a little displaced, then it has to be evaluated simultaneously this displacement. Our results were compared with the radius of curvature measured by using a nodal bench.

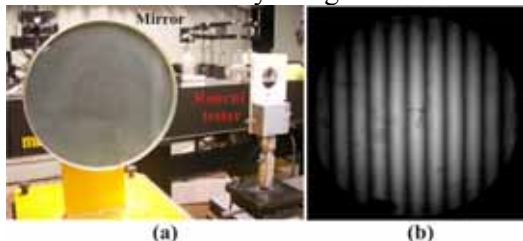


Fig 1. (a) Mirror (f/1.13) used for measurement of its curvature radius (45.23 cm) using the Ronchi test, and (b) ronchigram.

[1] D. Malacara-Hernández, "Testing of optical surfaces" Doctoral Thesis, Institute of Optics (The University of Rochester, Rochester New York (1965).

Keywords: Ronchi test, Malacara formula, optimization.

**USO DE UN SOLO RONCHIGRAMA
PARA LA ESTIMACIÓN DEL RADIO
DE CURVATURA DE UNA
SUPERFICIE CÓNCAVA**

La medición del radio de curvatura de una superficie óptica cóncava con la prueba de Ronchi puede tener un factor de incertidumbre grande. Esto se debe al hecho de que al posicionar la rejilla existe un intervalo grande de posiciones de la rejilla para la cual no se aprecian franjas en el ronchigrama. Este resultado depende de la frecuencia de la rejilla y del F/# de la superficie.

En la simulación de un ronchigrama, con la formula de Malacara [1], entre otros parámetros se usa el radio de curvatura de la superficie, r . Nuestro algoritmo se basa en la simulación de ronchigramas. Usamos Algoritmos Genéticos para estimar r hasta que las coordenadas X de los puntos de intersección de las franjas son reproducidas de acuerdo al criterio de mínimos cuadrados. En el experimento el orden cero de la franja está desplazado, por lo que éste desplazamiento es calculado simultáneamente. Los resultados fueron comparados con el radio de curvatura medido en un banco nodal.

Fig 1. (a) Espejo (f/1.13) empleado para la medida de su radio de curvatura (45.23 cm) usando la prueba de Ronchi y (b) ronchigrama.

Palabras clave: prueba de Ronchi, fórmula de Malacara, optimización.



**TOPOMETRY BY USING IN-PLANE
ELECTRONIC SPECKLE PATTERN
INTERFEROMETRY WITH
DIVERGENT ILLUMINATION**

**A. Martínez¹, J. Parra-Michel¹,
M. Anguiano², J.A. Rayas¹**

¹*CIO. Mexico.*

²*Inst. Tecnológico de Chihuahua. Mexico.*

amalia@cio.mx

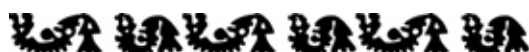
Electronic speckle pattern interferometry (ESPI) is a useful technique in the measurement of displacement fields and topography. Traditionally, collimation arrangement with dual illumination to topography measurement is used. In this case, the surface area analysis is limited to the size of optical collimating lens. In some industrial applications, large surfaces require to be analyzed in restricted space conditions. Considering this situation, an optical system with divergent illumination to large-field measurements can be used. It is known that displacement fields and the optical phase are related by the sensitivity vector. At once, to compute the sensitivity vector, illumination sources position and superficial shape need to be considered. The last condition becomes an impediment to surface contouring. In this work, a simple iterative algorithm based on the Gauss-Seidel technique is presented to compute contouring measurement. Contouring measurements from both ESPI and a coordinate-measuring machine (CMM) are compared. In addition, a measurement comparison considering a supposed collimated and divergent illumination is presented.

Keywords: topography, ESPI, divergent illumination, dual illumination.

**MEDICIÓN DE TOPOGRAFÍA
USANDO UN SISTEMA DE
INTERFEROMETRÍA DE MOTEADO
E ILUMINACIÓN DIVERGENTE**

La técnica de interferometría electrónica de moteado (ESPI por sus siglas en inglés) es útil en la medición de los campos de desplazamiento y topografía. Tradicionalmente para su evaluación se utilizan arreglos ópticos colimadores con iluminación dual, donde la colimación es una restricción en la medición de objetos de grandes dimensiones. En la mayoría de las aplicaciones industriales, se requiere medir superficies de grandes dimensiones y los espacios físicos donde se realizan tales mediciones son restringidos. Una solución al problema anterior es el uso de iluminación divergente. Se sabe que los campos de desplazamiento y la fase óptica están relacionados a través del vector de sensibilidad. La evaluación de este último a su vez depende de las posiciones de las fuentes de iluminación y de la topografía del objeto. Esto complica la evaluación de la topografía mediante el uso de iluminación divergente. En este trabajo, se propone utilizar un algoritmo iterativo basado en la técnica de Gauss-Seidel para el cálculo de la topografía. Se obtiene mediciones de la topografía mediante ESPI y una máquina de coordenadas (CMM). Las mediciones son obtenidas considerando la ecuación obtenida a partir de luz colimada y la ecuación obtenida para luz divergente.

Palabras clave: topografía, interferometría de moteado, iluminación divergente, doble iluminación.



**RELEVANCE OF SURFACE EFFECTS
ON THE d/α° REFLECTANCE FACTOR**

**A. García-Valenzuela¹, F.L.S. Cuppo²,
J.A. Olivares²**

¹*Univ. Nac. Autónoma de México. Mexico.*

²*Centro de Inves. en Polímeros. Mexico.*

augusto.garcia@yccadet.unam.mx

Paint is designed to scatter and absorb visible light in specific ways in order to give the desired appearance when dry. The optical properties of paint films are summarized by their reflectance spectrum. For instance, the nominal color of a paint sample is defined from the diffuse reflectance spectrum of a film of paint, thick enough to “hide” the substrate. The color of a paint film depends on the bulk optical properties and of the surface. Additionally to its color, the appearance of a paint film is also affected by its surface which can add a gloss effect. Highly scattering pigments are added to paint to give the desired opacity. With highly scattering materials one has to specify clearly what is meant by reflectance and how it is measured. In the case of paint films, the so called d/α° reflectance factor has been adopted by the industry to standardize many relevant measurements. This reflectance factor corresponds to illuminating diffusely the sample and measuring the reflected light at the angle α° . Most often, the reflectance of a paint film is modeled with Kubelka-Munk theory with surface correction terms (usually referred as Saunderson’s correction). However, the fundamental physical assumptions and approximations behind the surface correction terms used are hardly ever discussed. On the other hand, the measurement geometry used to determine experimentally the diffuse reflectance of paint films affects the required surface correction terms. We are not aware of a comprehensive and critical revision of the d/α° reflectance factor and the relevance of the surface effects which are of interest here.

In this work, we revise the measurement of the d/α° reflectance factor of paint coatings with an integrating sphere. We pay particular attention to the effects of the surface of the sample on the measurement and discuss their

**RELEVANCIA DE LOS EFECTOS DE
SUPERFICIE EN EL FACTOR DE
REFLECTANCIA d/α°**

La pintura se diseña para esparcir y absorber luz visible para dar una apariencia deseada una vez que seca en forma de película. Las propiedades ópticas de una pintura se ven resumidas en su reflectancia difusa. Por ejemplo, el color de una pintura se define a partir del espectro de reflectancia difusa de una capa de pintura suficientemente gruesa para “cubrir” el sustrato. El espectro de reflectancia difusa de una pintura depende de las propiedades ópticas de bulto de la pintura seca y de la superficie de ésta. Adicionalmente a su color, la apariencia de una pintura se ve afectada por el estado de la superficie la cual puede agregar un efecto de brillo. Pigmentos altamente esparcidores de luz se agregan a la pintura para darle la opacidad deseada. En el caso de materiales con alto esparcimiento de luz uno debe definir claramente a que se refiere por reflectancia y como se mide. En la industria se ha adoptado el llamado factor de reflectancia d/α° para estandarizar diversas mediciones relevantes a una pintura. Este factor de reflectancia corresponde a incidir luz difusa en la muestra y medir la intensidad reflejada al ángulo α° . Comúnmente la reflectancia de una pintura se modela utilizando la teoría de Kubelka-Munk con correcciones de superficie (llamadas correcciones de Saunderson). Sin embargo, las suposiciones físicas fundamentales y las aproximaciones detrás de estas correcciones de superficie rara vez se discuten en la literatura. Por otro lado, la geometría utilizada para medir la reflectancia difusa repercute en las correcciones de superficie adecuadas. No estamos concientes de ningún estudio detallado a nivel básico sobre la importancia de la superficie en el factor de reflectancia d/α° que son de interés en este trabajo.

En este trabajo hacemos una revisión de la medición del factor de reflectancia d/α° con

implications on assessing the bulk optical properties. The hypotheses behind the interpretation of the surface effects are critically discussed. We present and discuss measurements on white paint films with different surface conditions. In particular, we present results and analyze them with paint films covered with a transparent plastic tape and glass slides. The possibility of measuring optical absorption in opaque or transparent films from the d/α^0 reflectance factor is also discussed.

Keywords: diffuse reflectance factor, integrating sphere, surface corrections.

una esfera integradora. Ponemos particular atención en los efectos de superficie y discutimos su repercusión en estimar las propiedades ópticas de bulto. Las hipótesis detrás de los efectos de superficie se discuten críticamente. Presentamos y analizamos mediciones en pinturas blancas cubiertas por una cinta transparente y un cubreobjetos de vidrio. También discutimos la medición de la absorción óptica de una película opaca o transparente a partir del factor de reflectancia d/α^0 .

Palabras clave: factor difuso de reflectancia, esfera integradora, correcciones de superficie.



PERIODIC GREEN FUNCTIONS AND THE INTEGRAL METHOD FOR GRAZING INCIDENCE IN TWO-DIMENSIONAL PHOTONIC CRYSTALS

A. Mendoza-Suárez¹, F. Villa-Villa²,
J.A. Gaspar-Armenta³

¹Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Mexico.

²CIO. Mexico.

³Universidad de Sonora. Mexico.

fvilla@cio.mx

By using an integral method and periodic Green functions, we solve the Helmholtz equation by applying the Bloch periodicity conditions to model the near and far electromagnetic field distribution, when a plane wave impinges under grazing incidence on the surface of a finite two-dimensional photonic crystal. With such configuration, we seek for the possibility of exciting electromagnetic surface waves at the photonic crystal-dielectric bulk interface.

Keywords: photonic crystals, surface modes, Green functions.



FUNCIONES DE GREEN PERIÓDICAS Y UN MÉTODO INTEGRAL PARA INCIDENCIA RASANTE EN CRISTALES FOTÓNICOS BIDIMENSIONALES

Utilizando un método integral y funciones de Green periódicas, resolvemos la ecuación de Helmholtz aplicando las condiciones de periodicidad de Bloch para modelar las regiones cercana y lejana del campo electromagnético, cuando una onda plana incide a un ángulo rasante en la superficie de un cristal bidimensional finito. Con esta configuración buscamos la posibilidad de excitar ondas de electromagnéticas de superficie en la interfaz cristal fotónico-dieléctrico.

Palabras clave: cristales fotónicos, modos superficiales, funciones de Green.



EVALUATION OF HARMONIC
ERROR IN OPTICS SURFACES BY
USING RONCHI TEST, GENETIC
ALGORITHMS AND CUBIC SPLINES

J. González-García^{1,2}, A. Cordero-Dávila¹

¹BUAP.Mexico.

²Universidad Tecnológica de la Mixteca.
Mexico.

jgonzal@mixteco.utm.mx

An “ideal” spherical concave surface is described by its saggita $Z_{id}(S)$. We added to this, numerically, harmonic error functions, $E(S)$, of different spatial frequencies. The result is an “experimental” surface with saggita $Z_{exp}(S)=Z_{id}(S)+E(S)$, axially symmetric. We used the algorithm of Malacara [1] to simulate, with $Z_{exp}(S)$, its ronchigram. The Ronchi ruling lines are parallel to the Y-axis and the coordinates $X_{ron}(m)$ (fringe intersection points with the X-axis), were “measured”, where m is the fringe interference order.

Starting of $X_{ron}(m)$ and $Z_{id}(S)$ we evaluated the error function, $E(S)$. To do this we used, besides the Malacara formula [1], cubic spline functions (to maintain the continuity of the function and their first derived) and genetic algorithms (to estimate a discrete set of values, of the error function, which was achieved a sufficient closeness between “experimental” and “reproduced” ronchigrams). We have found that the appropriate recovery, of $E(S)$, depends on the appropriate election of the frequency of the fringes regarding the frequency of the harmonic error functions.

[1] D. Malacara-Hernández,: “Testing of optical surfaces” Doctoral Thesis, Institute of Optics (The University of Rochester, Rochester New York (1965).

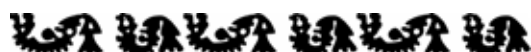
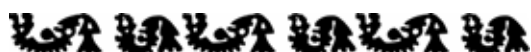
Keywords: Ronchi test, Malacara's formula, optimization, cubic splines.

EVALUACIÓN DEL ERROR
ARMÓNICO EN SUPERFICIES
ÓPTICAS USANDO EL TEST DE
RONCHI, ALGORÍTMOS GENÉTICOS
Y SPLINES CÚBICOS

Una superficie esférica cóncava “ideal”, es descrita por su sagita $Z_{id}(S)$. A esta le agregamos numéricamente funciones de error armónicas, $E(S)$, de diferentes frecuencias espaciales. El resultado es una superficie “experimental” con sagita $Z_{exp}(S)=Z_{id}(S)+E(S)$, axialmente simétrica. Usamos el algoritmo de Malacara [1] para simular, con $Z_{exp}(S)$, su ronchigrama. Las líneas de la rejilla de Ronchi son paralelas al eje Y, y fueron “medidos” los valores de las coordenadas $X_{ron}(m)$ de los puntos de intersección del ronchigrama con el eje X, donde m es el orden de interferencia de la franja.

Partiendo de $X_{ron}(m)$ y $Z_{id}(S)$ evaluamos la función de error, $E(S)$. Para hacerlo usamos, además de la ecuación de Malacara [1], funciones splines cúbicos (para mantener la continuidad de la función y su primera derivada) y algoritmos genéticos (para estimar un conjunto discreto de valores de la perturbación con los que se lograra la suficiente cercanía de los ronchigramas “experimental” y “reproducido”). Hemos encontrado que la adecuada recuperación de $E(S)$, depende de la adecuada elección de la frecuencia de las franjas respecto a la frecuencia de las perturbaciones.

Palabras clave: prueba de Ronchi, fórmula de Malacara, optimización, splines cúbicos.



3D VISUALIZATION AND TOPOMETRY IN REAL TIME

J.A. Rayas, A. Martínez, F. Villa-Villa

*Centro de Investigaciones en Óptica.
México.*

jrayas@cio.mx

The structured light technique is useful to evaluate the topography of an object. By using the Fourier transform the phase of a fringe pattern is obtained from a single image. With the phase information and the sensibility vector of the optical system the value $z(x,y)$ at each object point is determined. On the other hand, 3D visualization is possible by using a stereoscopic system that provides two different images of the same object (one for each eye). One possible technique is that known as the anaglyph method. This is based on the binocular disparity of two images obtained with different color filters. Each one of the images is taken with complementary colors (red-blue or red-green). The profile is observed by the use of special glasses. In this form, every eye sees an image from its own angle. The object topography is obtained with the fringe projection technique and then one image is selected and pseudo colored. The second image is obtained from the first one by slightly changing the perspective and pseudo coloring it with a complimentary color. A computational algorithm is developed to evaluate and visualize the object in real time. Experimental results are shown.

Keywords: topography, fringe projection, anaglyph method, stereoscopy.

VISUALIZACIÓN 3D Y TOPOMETRÍA EN TIEMPO REAL

La técnica de luz estructurada nos da la posibilidad de evaluar la topografía de objetos. Por otra parte la técnica de transformada de Fourier hace posible que con una sola imagen se obtenga la información de la fase de las franjas proyectadas. Utilizando la información de la fase y el vector de sensibilidad del sistema óptico se obtiene la altura $z(x,y)$ en cada punto del objeto. La información correspondiente a la altura es desplegada en sistemas de visualización bidimensionales. Por otra parte la sensación del espacio tridimensional se logra al percibir dos imágenes un poco distintas del mismo objeto (una por cada ojo) por métodos estereoscópicos. Uno de ellos es el método anaglifo, el cual está basado en la disparidad binocular de dos imágenes superpuestas realizadas con filtros de color diferente. Cada imagen esta realizada con un filtro de colores complementarios (rojo-azul o rojo-verde). Para poder observar el relieve se necesita la utilización de gafas especiales. Normalmente se sitúa el filtro rojo en el ojo izquierdo y el azul en el derecho. El resultado es que cada ojo ve la imagen desde su ángulo, percibiéndose una sola imagen en relieve. Una vez obtenida la topografía con la técnica de proyección de franjas se selecciona una imagen la cual es seudo coloreada, posteriormente se toma de los mismos datos la correspondiente a una segunda imagen, girada, pseudo coloreándola con el segundo color. Luego estas dos imágenes son superpuestas. Se implementa un algoritmo que hace posible evaluar y visualizar el objeto en tiempo real. Se muestran resultados experimentales.

Palabras clave: Topografía, proyección de franjas, método anaglifo, estereoscopia.



REAL TIME GRATINGS IN E Cure 901[®] POLYMER

G. Mellado¹, M. Ortiz¹, M. Pérez²,
G. Gómez³, A. Pérez³, J. C. Ibarra³

¹Universidad Michoacana de San Nicolás de
Hidalgo. Mexico.

²Universidad Autónoma de Yucatán. Mexico.

³Universidad de Guadalajara. Mexico.

carlos.ibarra@cucei.udg.mx

We make diffraction gratings in E-Cure 901[®] Polymer, this material is in liquid state and it has good cure response with ultraviolet radiation (UV). The optical characteristics of the diffraction gratings are: it is modulated by refractive index, this material is of phase, it has real time respond, it low resolution (45 l/mm), it is sensibility to wavelength of 632 nm, obtaining diffraction efficiency (η) of 9.5% in one order (+1). We can use as diffractive element.

Keywords: holographic materials, diffraction gratings, characterization of materials.



TWO-DIMENSIONAL SUPERRESOLUTION AND FIELD OF VIEW IMPROVEMENT USING AXIAL TEMPORAL COHERENCE CODING

C. Ferreira¹, V. Mico¹, J. García¹,
D. Sylman², Z. Zalevsky²

¹Universitat de València. Spain.

²Bar-Ilan University. Israel.

carlos.ferreira@uv.es

In this contribution we describe two useful applications based on axial temporal coherence coding of the object information for transmitting two-dimensional (2-D) information through an aperture limited imaging system. In both experiments, the coherence coding is accomplished by using temporally incoherent illumination incoming

REJILLAS DE DIFRACCIÓN EN TIEMPO REAL EN EL POLÍMERO E Cure 901[®]

Se logró grabar rejillas de difracción en el polímero E-Cure 901[®], este material se encuentra en estado líquido y se endurece con radiación ultravioleta (UV). Las características ópticas de las rejillas de difracción son: se modulan por índice de refracción, es un material de fase, tiene una respuesta en tiempo real, es de baja resolución (45 l/mm), es sensible a la longitud de onda de 632 nm, obteniendo eficiencias de difracción (η) de 9.5% en orden uno (+1). Puede aplicarse como elemento difractivo.

Palabras clave: materiales holográficos, rejillas de difracción, caracterización de materiales.



MEJORA DE LA RESOLUCIÓN BIDIMENSIONAL Y DEL CAMPO OBJETO DE VISIÓN MEDIANTE CODIFICACIÓN AXIAL DE COHERENCIA TEMPORAL

En esta contribución describimos dos aplicaciones útiles para la transmisión de información bidimensional (2-D) de un objeto a través de un sistema de formación de imágenes con apertura limitada y basadas en la codificación axial de la información del objeto en el grado de coherencia temporal. En ambos experimentos, la codificación de

from a thermal light source having a very short coherence length (a few microns).

In the first application, the coding is applied to different spatial regions of the object field of view by self-interfering every spatial region with its own axially shifted version. As a result, every spatial region has a different and known axial delay. After that, the aperture limited imaging system mixes and transmits all the encoded regions corresponding with the full object field of view. Finally, each axially shifted (temporally encoded) spatial region is recovered by axially (temporally) scanning along the longitudinal axis allowing 2-D object field of view improvement.

In the second application, a spatially random phase mask introduces a random phase delay for every pixel in the object field of view when the mask is attached in close contact to the input object. Such pixel delay is longer than the coherence length of the illuminating source enabling no temporal correlation between the various pixels of the input. After merging all the pixels into a small spatial area (ideally a single pixel point) at the imaging system focal plane corresponding with the limited aperture, the orthogonality between the spatial content of every pixel is preserved due to the fact that the axial delay provided by the random coding mask is larger than the coherence length of the light source. Then, the decoding process implies collimation of the transmitted information into a single plane wave containing all the spatial information of the original image mixed together in all of its pixels and interfering this plane wave with the same plane wave after passing through the random spatial mask used in the encoding process. As result, the spatial information of every input object coded-decoded pixel is restored and a superresolved image is recovered.

Experimental results validate the proposed approaches for superresolution and field of view improvement when considering transmission of spatial object information through an aperture limited imaging system.

Keywords: superresolution, field of view improvement, coherence coding, single-fiber image transmission.

coherencia se consigue usando iluminación temporalmente incoherente procedente de una fuente de luz térmica con una longitud de coherencia muy pequeña (de unas pocas micras).

En la primera aplicación, la codificación se aplica a diferentes regiones espaciales del campo objeto de visión mediante la auto-interferencia de cada región espacial con su propia versión desplazada axialmente. Como consecuencia, cada región espacial presenta un retraso axial diferente y conocido. Tras ello, el sistema formador de imágenes con apertura limitada mezcla y transmite todas las regiones codificadas correspondientes al campo total objeto considerado. Finalmente, cada región espacial desplazada axialmente, es decir, codificada temporalmente, se recupera mediante un escaneo axial (temporal) a lo largo del eje longitudinal permitiendo la mejora (extensión) 2-D del campo objeto de visión.

En la segunda aplicación, una máscara de fase aleatoria espacialmente introduce un retraso aleatorio de fase para cada pixel cuando se coloca la máscara en contacto con el objeto en el plano de entrada. Para cada pixel considerado, dicho retraso es mayor que la longitud de coherencia de la fuente de iluminación de manera que no hay correlación temporal entre los diversos píxeles codificados del objeto. Tras solapar todos los píxeles en una pequeña área (idealmente un único pixel) perteneciente al plano focal imagen del sistema formador de imágenes con apertura limitada, se preserva la ortogonalidad entre el contenido espacial de cada pixel debido al hecho de que el retraso axial proporcionado por la máscara de codificación es mayor que la longitud de coherencia de la fuente de luz. El proceso de decodificación implica, primero, colimación de la información transmitida en una onda plana que contiene toda la información espacial de la imagen original mezclada en todos sus píxeles y, segundo, interferencia de esta onda plana con la misma onda plana tras haber pasado a través de la máscara aleatoria usada en el proceso de codificación. Como consecuencia, se restaura la información espacial del objeto de entrada para cada pixel codificado-descodificado y se recupera una imagen superresuelta del objeto inicial.

Los resultados experimentales obtenidos ponen de manifiesto la validez de estas aproximaciones en lo que se refiere a superresolución y extensión del campo objeto de visión cuando se transmite la información espacial del objeto a través de un sistema formador de imágenes de apertura limitada.

Palabras clave: superresolución, mejora del campo objeto de visión, codificación de coherencia, transmisión de imágenes a través de una única fibra.



FORMATION AND LOCALIZATION OF DIGITAL SPECKLE FRINGE PATTERNS FOR WAVEFRONT RECONSTRUCTION

E. Acedo Barbosa¹, M.R.R. Gesualdi²,
M. Muramatsu³

¹UNESP. Brazil.

²Universidade Federal do ABC. Brazil.

³Universidade de São Paulo. Brazil.

ebarbosa@fatecsp.br

In two-wavelength whole-field interferometry for wavefront reconstruction the resulting contour speckle interferogram is generated by the intersection of the measured surface with parallel, equidistant planes of constant elevation. In this work the properties of the fringes generated through the illumination of a digital speckle pattern interferometer by two laser beams are studied. The beams originated from two tunable red diode lasers have different wavelengths and slightly different propagation directions. From the theoretical development, it has been shown that the distance between two consecutive planes and their angular position depend not only on the interacting wavelengths but also on the beam misalignment $\delta\alpha$ and the illumination angle α . The theoretical predictions were satisfactorily confirmed by the wavefront reconstruction experiments through fringe evaluation procedures. The theoretical model

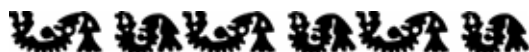


FORMAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DE PADRÕES DIGITAIS DE *SPECKLE* PARA A RECONSTRUÇÃO DE FRENTES DE ONDA

Em processos de interferometria heterodina para a reconstrução de frentes de onda o interferograma de *speckle* é gerado a partir da intersecção da superfície estudada com planos de elevação constante paralelos e equidistantes. Neste trabalho, as propriedades das franjas de interferência produzidas pela iluminação de um interferômetro *speckle* por dois lasers são estudadas. Os lasers de diodo sintonizáveis emitindo na região do vermelho têm comprimentos de onda próximos e podem ter direções de propagação ligeiramente diferentes. A análise teórica mostra que a distância entre dois planos vizinhos e sua posição angular dependem não só dos comprimentos de onda dos feixes, mas também do ângulo $\delta\alpha$ de desalinhamento e do ângulo de iluminação α . As previsões teóricas foram confirmadas satisfatoriamente pelos resultados experimentais obtidos através de métodos de análise de padrões de

developed for fringe localization showed that the loci of the interferograms depend mainly on the slope of the studied surface. The signal of the illuminating beam angle with respect to the surface (or to the coordinate system) determines whether the fringe pattern is formed in front of or behind the surface. All this information can be useful for fringe obtaining during the process of laser tuning and beam alignment. The positions of the contour fringe patterns generated by a flat plate were measured for different plate inclinations, showing a good agreement with the theoretical predictions.

Keywords: profilometry, speckle interferometry, fringe evaluation.



CLUSTERED SPECKLE IN OPTICAL TWEEZERS

J.P. Staforelli¹, J.M. Brito¹, E. Vera¹,
P. Solano¹, A. Lencina^{2,3}

¹Universidad de Concepción. Chile.

²CONICET La Plata. Argentine.

³Univ. Nacional de La Plata. Argentine.

psolano@udec.cl

Speckle appears when a rough surface or a diffuser is coherently illuminated. If a multiple aperture pupil is placed somewhere after the diffuser, clustered speckle can be observed, regardless the optical field is in free propagation regime or it passes through an imaging system. Clustered speckles reduce light volumes several times when compared with usual speckles. Moreover, they have odd statistical properties which differentiate them from usual speckles. When the clustered speckles are imaged by an objective lens of a standard optical trapping system, light volumes can be even smaller than the focus of a Gaussian beam. Then, multiple and random trapping volume distributions can be created with this technique enabling different studies concerning optical binding and matter wave

frangas. O modelo teórico mostrou que a localização dos interferogramas depende essencialmente da inclinação da superfície estudada. O sinal do ângulo de iluminação em relação à superfície (ou a um sistema de coordenadas) determina se o interferograma é formado à frente ou atrás da superfície. Estas informações podem ser úteis para a obtenção de franjas durante os processos de sintonia dos lasers e alinhamento dos feixes. As posições dos padrões de franjas gerados pela superfície plana de uma placa foram medidas para várias inclinações da placa, mostrando boa concordância com as previsões teóricas.

Palavras chave: perfilometria, interferometria *speckle*, análise de franjas.



CLUSTER DE SPECKLE EN PINZAS OPTICAS

El speckle aparece cuando una superficie rugosa o un difusor son iluminados coherentemente. Si se coloca en algún lugar luego del difusor una pupila con múltiples aberturas, se podrá observar clúster de speckle, independientemente de si el campo óptico está en un régimen de propagación libre, o éste pasa a través de un sistema formador de imagen. Los clústers de speckle reducen los volúmenes de luz varias veces en comparación con los speckles usuales. Además, tiene propiedades estadísticas particulares que los diferencian de los speckles usuales. Cuando se forma la imagen de un clúster de speckle mediante una lente objetivo de un sistema estándar de captura, los volúmenes de luz pueden ser inclusive menores que los del foco de un haz Gaussiano. Entonces, con esta técnica

transport with random potentials having different statistical properties. In this work an *in situ* study of the clustered speckle 3D structure in an optical trap is presented. A qualitative analysis of the clustered speckles in optical tweezers relative to number of apertures and size is carried on. Besides, in the Rayleigh regime, a general quantitative method to define the trapping capability of an optical field is proposed and used to characterize the clustered speckles.

Keywords: optical tweezers, clustered speckle.

pueden crearse distribuciones de volúmenes de captura múltiples y aleatorios, permitiendo diferentes estudios relacionados con uniones ópticas y transporte de ondas de materia en potenciales aleatorios que posean diferentes propiedades estadísticas. En este trabajo se presenta un estudio *in situ* de la estructura 3D de los clústers de speckle en una trampa óptica. Se lleva a cabo un análisis cualitativo de los clúster de speckle en pinzas ópticas en relación al número de aberturas y su tamaño. Además, para el régimen de Rayleigh, se propone un método general y cuantitativo para definir la capacidad de captura de un campo óptico y se lo aplica para caracterizar los clústers de speckle.

Palabras clave: pinzas opticas, cluster de speckle.



THREE-DIMENSIONAL EXPLORATION OF THE CROSS- SECTION OF EXTRUDED PROFILES BY MEANS LASER TRIANGULATION

**A.F. Muñoz P., J.C. Ramírez R.,
J.G. Barrero, J.E. Meneses F.**

*Univ. Industrial de Santander. Colombia.
amunozpotosi@hotmail.com*

For companies producing electrical conductors and telecommunications is a need for a device for measuring the contour in the isolation of drivers that they manufacture, with the aim of ensuring the quality of their products according to national standards, minimizing waste material. As an alternative solution developed a three-dimensional reconstruction imaging system using laser triangulation, which measures the contour of the cross section of extruded profiles. The system is composed of: lighting module, which generates and projects a flat on the surface of the extruded profile, image capture module consists of 4 CCD cameras,



EXPLORACIÓN TRIDIMENSIONAL DE LA SECCION TRANSVERSAL DE PERFILES EXTRUÍDOS UTILIZANDO TRIANGULACIÓN LÁSER

Para las compañías productoras de conductores eléctricos y telecomunicaciones se hace necesario disponer de un dispositivo para la medición del contorno en el aislamiento de los conductores que ellos fabrican, con el objetivo de garantizar la calidad de sus productos acorde con las normas nacionales, minimizando el desperdicio de material. Como alternativa de solución se desarrolló un sistema óptico de reconstrucción tridimensional utilizando triangulación láser, que permite medir el contorno de la sección transversal de perfiles extruidos. El sistema es formado por: Módulo de iluminación, que genera y proyecta un plano sobre la superficie del perfil extruido, Módulo de captura de imágenes formado por 4 cámaras CCD,

processing module and exploration of information. The scanning software allows the extraction of distance on three-dimensional image, taking into account the topography of the profile.

Keywords: laser triangulation, three-dimensional reconstruction, camera calibration, digital image treatment, unification of coordinated systems.

Módulo de procesamiento y exploración de la información. El software de exploración permite la extracción de distancias sobre la imagen tridimensional, teniendo en cuenta la topografía del perfil.

Palabras clave: triangulación láser, reconstrucción tridimensional, calibración de cámaras, tratamiento de imágenes, unificación de sistemas coordinados.



HOLOGRAPHIC GRATINGS IN PHOTOPOLYMERIZABLE GLASSES: APPLICATION TO FEMTOSECOND LASER PULSES MANIPULATION

**M.P. Hernández-Garay¹,
O. Martínez-Matos¹, J.G. Izquierdo¹,
M.L. Calvo¹, P. Vaveliuk^{1,2},
P. Cheben³, L. Bañares¹**

¹*Univer. Complutense de Madrid. Spain.*

²*Servicio Nacional de Aprendizagem
Industrial SENAI-Cimatec. Brazil.*

³*National Research Council Canada.
Canada.*

mpgaray@fis.ucm.es

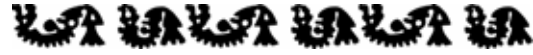
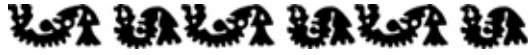
In this work, we explore the capability of the photopolymerizable glass to be applied in femtosecond laser pulses manipulation. For this purpose, we recorded transmission volume holographic phase gratings in the specific photomaterial with both, wide and narrow bandwidth operations. We carried out experiments to determine the main features of the diffracted beams originated by the interaction of volume holographic phase grating structures with femtosecond pulses arising from the fundamental emission of an amplified Ti: sapphire laser system and its second harmonic. We have performed experiments to determine its damage threshold indicating that this material is an excellent candidate for intense-fields and ultrashort laser pulse applications.

REDES HOLOGRAFICAS EN VIDRIOS FOTOPOLIMERIZABLES: APLICACION EN LA MANIPULACION DE PULSOS LASER DE FEMTOSEGUNDOS

En este trabajo se analiza la capacidad del vidrio fotopolimerizable para aplicarlo en la manipulación de pulsos láser ultracortos de femtosegundos. Para ello, se diseñaron redes holográficas de volumen en el fotomaterial con distintos parámetros para que operen con anchos de banda amplios y estrechos. Se determinaron experimentalmente las principales características de los haces difractados por las redes holográficas cuando éstas son iluminadas con pulsos de femtosegundos provenientes de un amplificador Ti: zafiro y su segundo armónico. Asimismo, se determinó el umbral de daño óptico del fotomaterial mostrando una elevada resistencia que, junto con su versatilidad, resulta ser un excelente candidato para aplicaciones en manipulación de pulsos ultraintensos y ultracortos.

Keywords: photopolymerizable glass, volume holography, femtosecond laser pulses.

Palabras clave: vidrio fotopolimerizable, holografía de volumen, láser de femtosegundo.



THE MONTE CARLO METHOD AS A TOOL FOR STATISTICAL CHARACTERISATION OF DIFFERENTIAL AND ADITIVE PHASE SHIFTING ALGORITHMS

M. Miranda, B.V. Dorrió, J. Blanco, J. Bugarín, F. Ribas
Universidad de Vigo. Spain.
marta_miranda@uvigo.es

Several metrological applications relate what is measured to the difference or the sum of the phase between two patterns, an original one $s_m(\mathbf{r}, \phi)$ and a modified one $t_p(\mathbf{r}, \phi + \Delta\phi)$. Differential or Additive Phase Shifting Algorithms (D[A]PSAs) directly recover $\Delta\phi$ and $2\phi + \Delta\phi$ without requiring prior calculation of the individual phases. These algorithms can be constructed, for example, from a suitable combination of Phase Shifting Algorithms (PSAs) by means of a least squares fit to a sinusoidal function.

$$(\phi + \Delta\phi) \pm \phi = \arctan \frac{D_1\{s_m\}N_2\{t_p\} \pm N_1\{s_m\}D_2\{t_p\}}{\mp N_1\{s_m\}N_2\{t_p\} + D_1\{s_m\}D_2\{t_p\}}$$

where $N_1\{s_m(\mathbf{r}, \phi, \alpha_m)\}$ and $D_1\{s_m(\mathbf{r}, \phi, \alpha_m)\}$ are combinations of irradiance values in the numerator and denominator respectively of the original PSA argument, and $N_2\{t_p(\mathbf{r}, \phi + \Delta\phi, \beta_p)\}$ and $D_2\{t_p(\mathbf{r}, \phi + \Delta\phi, \beta_p)\}$ of those corresponding to the modified PSA. Little has been written on the design, characterisation and error compensation of these new two-pattern D[A]PSAs. In previous works we have used digital simulation to study, in a linear approach or with a filter process in reciprocal space [1-2], the response of several D[A]PSAs families to the main error sources. Here, we present an error analysis by means of Monte Carlo simulation, which provides results that coincide with spatial and temporal

EL MÉTODO DE MONTE CARLO COMO HERRAMIENTA DE CARACTERIZACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS ALGORITMOS DIFERENCIALES Y ADITIVOS DE DESPLAZAMIENTO DE FASE

Diversas aplicaciones metrológicas relacionan el mensurando con la diferencia o la suma de fase entre dos patrones diferentes, original $s_m(\mathbf{r}, \phi)$ y modificado $t_p(\mathbf{r}, \phi + \Delta\phi)$. Los Algoritmos Diferenciales o Aditivos de Desplazamiento de Fase (A[DA]DFs) recuperan directamente $\Delta\phi$ y $2\phi + \Delta\phi$ sin requerir el cálculo previo de las fases individuales. Estos algoritmos se pueden construir por ejemplo con una apropiada combinación de Algoritmos de Desplazamiento de Fase (ADF) por medio de un ajuste de mínimos cuadrados a una función sinusoidal

$$(\phi + \Delta\phi) \pm \phi = \arctan \frac{D_1\{s_m\}N_2\{t_p\} \pm N_1\{s_m\}D_2\{t_p\}}{\mp N_1\{s_m\}N_2\{t_p\} + D_1\{s_m\}D_2\{t_p\}}$$

donde $N_1\{s_m(\mathbf{r}, \phi, \alpha_m)\}$ y $D_1\{s_m(\mathbf{r}, \phi, \alpha_m)\}$ son combinaciones de valores de irradiancia en el numerador y denominador respectivamente del argumento del ADF original y $N_2\{t_p(\mathbf{r}, \phi + \Delta\phi, \beta_p)\}$ y $D_2\{t_p(\mathbf{r}, \phi + \Delta\phi, \beta_p)\}$ del correspondiente al ADF modificado. En la literatura hay poca información sobre el diseño, caracterización y compensación de errores en estos nuevos A[DA]DFs de dos patrones. En trabajos previos hemos estudiado mediante simulación numérica, en aproximación lineal o con un proceso de filtrado en el espacio recíproco [1-2] la respuesta de varias familias de A[DA]DFs a las principales

techniques [3]. This method simulates real variables using a probability distribution within the corresponding variation interval of possible values. This probability distribution uses pseudo-random numbers that guarantee generation of a discrete representation of the output quantities. In our case the phase shifted irradiance values, $s_m(\mathbf{r}, \phi)$ and $t_p(\mathbf{r}, \phi + \Delta\phi)$ are used as model equations that are later combined a sufficient number of times in a two-pattern algorithm in such a way that the expected value the standard deviation of the phase can be calculated, which can be directly associated with the error. We use this statistical method on some representative algorithms from the main families in order to analyse the most significant random and systematic errors in calculating phase difference or sum.

- [1] Marta Miranda and Benito V. Dorrio. "Error behaviour in Differential Phase-Shifting Algorithms", en *Optical Fabrication, Testing and Metrology III*, Proc. SPIE 7102: 710221B-1 - 710221B-9 (2008).
- [2] Marta Miranda and Benito V. Dorrio. "Design and assessment of Differential Phase-Shifting Algorithms by means of their Fourier representation", en *Fringe 2009*, 153-159 (2009).
- [3] Marta Miranda, Victor Álvarez-Valado, Benito V. Dorrio and Higinio González-Jorge. "Error propagation in differential phase evaluation". *Opt. Exp.*, 18, 3199-3209 (2010).

Acknowledgments: The authors are grateful for funding received from Xunta de Galicia (07DPI002CT) and Ministerio de Ciencia e Innovación (DPI2008-06818-C2-01/DPI).

Keywords: phase shifting interferometry, Monte Carlo.

fuentes de error. En este caso, presentamos un análisis de errores mediante una simulación de MonteCarlo, que proporciona resultados coincidentes con las técnicas espaciales y temporales [3]. Este método simula las variables reales mediante una distribución de probabilidad dentro del correspondiente intervalo de variación de posibles valores. Esta distribución de probabilidad usa números pseudoaleatorios que garantizan la generación de una representación discreta de las cantidades de salida. En nuestro caso se emplean como ecuaciones modelo los valores de irradiancia desplazados en fase, $s_m(\mathbf{r}, \phi)$ y $t_p(\mathbf{r}, \phi + \Delta\phi)$, que posteriormente son combinados en un algoritmo de dos patrones un número suficientemente grande de veces de modo que se pueda calcular el valor esperado y la desviación standard de la fase, la cual se puede asociar directamente con el error. Emplearemos este método estadístico en unos algoritmos representativos de las principales familias para analizar los errores aleatorios y sistemáticos más significativos en el cálculo de la suma y la diferencia de fase.

Agradecimientos: Los autores agradecen las ayudas recibidas de la Xunta de Galicia (07DPI002CT) y del Ministerio de Ciencia e Innovación (DPI2008-06818-C2-01/DPI).

Palabras clave: interferometría, desplazamiento de fase, Monte Carlo.



**GENERATION OF FEMTOSECOND
PARAXIAL BEAMS WITH
ARBITRARY SPATIAL
DISTRIBUTION USING TWO
VOLUME HOLOGRAPHIC GRATINGS**

**O. Martínez-Matos¹, J.A. Rodrigo²,
M.P. Hernández-Garay¹, J.G. Izquierdo¹,
R. Weigand¹, M.L. Calvo¹, P. Cheben³,
P. Vaveliuk^{1,4}, L. Bañares¹**

¹*Univ. Complutense de Madrid. Spain.*

²*Instituto de Óptica (CSIC). Spain.*

³*NRC. Canada.*

⁴*Servicio Nacional de Aprendizagem
Industrial SENAI-Cimatec. Brazil.*

ommatos@fis.ucm.es

We present a method to generate paraxial laser beams with arbitrary spatial distribution in the femtosecond time regime. The proposed technique is based upon a pair of volume phase holographic gratings working in parallel arrangement without implementing any imaging optical system. It exploits the spatial coherence properties of the incoming laser beam in a compact and robust setup that eliminated angular and spatial chirp. We studied the temporal width of the outgoing pulsed beam for different gratings separation. A theoretical model that explains the main temporal features has been developed. The gratings were recorded in a photopolymerizable glass with a high optical damage threshold and a large optical throughput. Setup performance and temporal dependence are studied and experimentally demonstrated by generating Laguerre-Gaussian femtosecond pulses.

Keywords: volume holography, femto-second laser pulses, optical modes.

**GENERACION DE HACES
PARAXIALES DE FEMTOSEGUNDOS
CON DISTRIBUCION ESPACIAL
ARBITRARIA USANDO DOS REDES
HOLOGRAFICAS DE VOLUMEN**

En este trabajo se presenta un método para generar haces paraxiales con distribuciones espaciales arbitrarias en el marco de la óptica de femtosegundos. Para ello se utiliza un par de redes holográficas de volumen en disposición paralela sin necesidad de utilizar ningún sistema formador de imagen. El funcionamiento de la técnica está basado en la coherencia espacial del pulso de entrada dando como resultado un sistema robusto y compacto que elimina el chirp angular y espacial. Se ha realizado un estudio de la anchura temporal de los haces a la salida del dispositivo demostrando que depende fuertemente de la separación entre las redes holográficas. Mediante un modelo teórico propuesto interpretamos las principales características temporales de los pulsos. Las redes se registraron holográficamente en vidrios fotopolimerizables demostrando que poseen un alto umbral de daño. Se estudió el funcionamiento del dispositivo y su dependencia temporal generando haces Laguerre-Gauss de pulsos de femtosegundos de duración.

Palabras clave: holografía de volumen, láser de femtosegundo, modos ópticos.



**3D FIELD CORRELATION OF
SPECKLES GENERATED BY PUPILS
WITH MULTIPLE APERTURES**

**A. Lencina^{1,2}, R. Guzmán^{3,4}, M. Tebaldi^{1,2},
N. Bolognini^{1,2}**

¹*CONICET La Plata. Argentine.*

²*Univ. Nacional de La Plata. Argentine.*

³*Universidad de La Frontera. Chile.*

⁴*Universidad de Concepcion. Chile.*

agl@ciop.unlp.edu.ar

Speckle fields appear when a coherent light source and a roughness surface are involved in an experiment. These structures were utilized in metrology, dynamical holography, and encryption, among other areas. The properties of objective and subjective speckles generated by pupils with only one aperture have been widely studied. Recently, the regular clustered speckle was introduced by using pupils with several apertures arranged along different geometrical paths. Its transversal intensity correlations were depicted and determine the regular cluster formation. In this work, the fully 3D field correlations are theoretically worked out. To do this, non restrictive assumptions about the speckle and pupil properties are considered. Attention is focused in the longitudinal correlation with identical apertures uniformly distributed on a circumference. Experimental and theoretical results are analyzed.

Keywords: clustered speckle, 3D correlation.

**CORRELACION 3D DEL CAMPO DE
SPECKLES GENERADOS POR
PUPILAS CON MULTIPLES
ABERTURAS**

Cuando en un experimento se utilizan una fuente de luz coherente y una superficie rugosa se generan distribuciones de speckle. Estas estructuras fueron empleadas en metrología, holografía dinámica y encriptación entre otras áreas. Las propiedades de los speckles objetivos y subjetivos generados por pupilas con una única abertura han sido ampliamente estudiadas. Recientemente, los clústers de speckle regulares fueron introducidos empleando un arreglo de múltiples aberturas distribuidas a lo largo de diferentes curvas cerradas. Se obtuvieron las correlaciones transversales de intensidad las cuales determinan la formación del clúster regular. En este trabajo, se presenta un desarrollo teórico de la correlaciones 3D del campo de speckle. Para esto, se hacen algunas suposiciones no restrictivas sobre las propiedades de los speckles y la pupila. Se focaliza la atención en la correlación longitudinal con aberturas idénticas distribuidas uniformemente sobre una circunferencia. Se analizan resultados experimentales y teóricos.

Palabras clave: cluster de speckle, correlación 3D.



**DIGITAL HOLOGRAPHIC
MICROSCOPY FOR DETECTION OF
TRYPANOSOMA CRUZI PARASITE IN
BLOOD**

A. Monaldi, G. Romero, E. Alanís

Universidad Nacional de Salta. Argentine.
acmonaldi@gmail.com

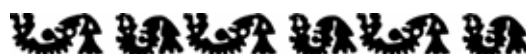
The potentialities of the Digital Holographic Microscopy for the detection of living microorganisms in blood samples are researched in this work. A thin layer of fresh blood infected by the protozoan *Trypanosoma cruzi* is subjected to analysis in order to detect the presence of the parasites in a microscopic vision field. The proposed technique is based on the measurement of phase distributions corresponding to temporal differentiation in sequences of digital holograms of the same vision field. The presence of parasites is detected from characteristic pattern of the moving parasites observed in the amplitude and phase differences. A comparison of different methods of numerical reconstruction, and a discussion about the optimal temporal lag between holograms are presented. The purpose of the work is to optimize an automated opto-mechanical system aimed at Chagas disease diagnostic.

Keywords: digital holography, microorganisms, microscopy, image processing.

**MICROSCOPÍA HOLOGRÁFICA
DIGITAL PARA LA DETECCIÓN DEL
PARÁSITO TRYPANOSOMA CRUZI
EN SANGRE**

En este trabajo se investigan las potencialidades de la Microscopía Holográfica Digital para la detección de microorganismos móviles en muestras de sangre. Para detectar la presencia del parásito en un campo de visión de un microscopio, se analiza una fina capa de sangre fresca infectada con el protozoo, *Trypanosoma Cruzi*. La técnica propuesta se basa en las mediciones de las distribuciones de fase correspondientes a la derivación temporal en secuencias de hologramas digitales de un mismo campo de visión. A partir de patrones característicos de los parásitos móviles, en las diferencias en la amplitud y fase es posible detectar la presencia de los mismos. Se presentan, una comparación entre diferentes métodos de reconstrucción numérica y una discusión sobre el tiempo de retardo óptimo entre hologramas. El propósito de este estudio es la optimización de un sistema opto-mecánico automático para el diagnóstico de la enfermedad de Chagas.

Palabras clave: holografía digital, microorganismos, microscopía, procesamiento de imágenes.



**DIFFRACTION PROPERTIES OF
FIBONACCI METALLIC GRATINGS**

**PROPIEDADES DIFRACTIVAS DE
RED FIBONACCI METÁLICAS**

**D.C. Skigin¹, R.A. Depine¹,
J.A. Monsoriu², W.D. Furlan³**

¹*Universidad de Buenos Aires. Argentine.*

²*Univ. Politécnica de Valencia. Spain.*

³*Universitat de València. Spain.*

dcsc@df.uba.ar

The electromagnetic diffraction from metallic surfaces having rectangular profiles has been studied by many authors. Most of the investigations have been devoted to ideal gratings, i.e., those strictly periodic. The Fourier spectrum of these infinite periodic structures shows a discrete distribution of equidistant well-defined diffractions peaks. However, disordered structures exhibit a continuous Fourier spectrum. At the intermediate regime between ordered and totally disordered structures, aperiodic diffraction gratings, i.e., gratings constructed using a deterministic sequence, have characteristic spectral patterns as we have shown recently for Fractal (Cantor) metallic gratings. In this work we analyze the reflection properties of metallic gratings constructed using the Fibonacci sequence. We use a rigorous electromagnetic modal method which permits to evaluate structures with arbitrary widths and depths.

Keywords: Fibonacci sequence, metallic gratings.

La difracción electromagnética por superficies metálicas con perfiles rectangulares ha sido estudiada por muchos autores. La mayoría de las investigaciones se han dedicado a las redes ideales, es decir, las estrictamente periódicas. El espectro de Fourier de estas estructuras infinitas periódicas muestra una distribución discreta de picos de difracción equidistantes y bien definidos. Sin embargo, las estructuras desordenadas presentan un espectro de Fourier continuo. En el régimen intermedio entre las estructuras totalmente ordenadas y desordenadas, las redes de difracción aperiódicas, es decir, redes construidas usando una secuencia determinista, presentan patrones espectrales característicos como hemos visto recientemente en redes metálicas fractales (Cantor). En este trabajo analizamos las propiedades de reflexión de redes metálicas construidas utilizando la secuencia de Fibonacci. Utilizamos un método electromagnético riguroso que permite evaluar las estructuras con surcos de ancho y profundidad arbitrarios.

Palabras clave: secuencia Fibonacci, redes metálicas.



REFLECTION AND REFRACTION IN ACTIVE DIELECTRIC MATERIALS

M.C. Duplaá¹, L.I. Pérez^{1,2}, C.L. Matteo^{1,3},
M.T. Garea¹

¹Universidad de Buenos Aires. Argentine.

²INTECIN-CONICET. Argentine.

³CONICET (Argentina)

lperez@fi.uba.ar

From the theoretical-conceptual point of view, the reflection and refraction of waves has always been interesting. Particularly, the study of reflection and refraction when one of both media is a gain (active) or lossy (absorbent) medium is twice as interesting. This is because of their multiple technological applications.

Usually, the electromagnetic properties of materials are exhibited by means of two generic macroscopic parameters (permittivity ϵ and permeability μ) which describe the coupling between the different fields associated to the electromagnetic waves. These parameters are very useful when the relationships between the fields are linear, since they can take into account not only the conductivity of the materials but also the absorption and the gain, or other first-order relaxation problems (such as relaxation processes in magnetic properties). The characteristic times of the different relaxation processes in a material medium determine its absorption spectrum and, therefore, its macroscopic parameters, which have an outstanding importance for technological applications at different frequencies. By way of example: low attenuation glass for optical fibers, dissipative materials for radio frequency attenuation, microwave ferrites and semiconductors used as active media in optoelectronics.

In this work, we study and analyze in detail the characteristics of modulus and phase of the reflection and transmission coefficients in interfaces between isotropic media when the incident electromagnetic wave is propagating towards the active media (magnetic media is also considered here). Due to these coefficients, the oscillatory or monotonic character of the difference between p and s modes is shown as a function of the angle of incidence for

REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN EN MATERIALES DIELECTRICOS ACTIVOS

La reflexión y refracción de ondas ha sido siempre de interés desde el punto de vista teórico-conceptual. En particular, el estudio de la reflexión y refracción cuando uno de los medios tiene ganancia (activo) o pérdidas (absorbente) resulta doblemente interesante por las múltiples aplicaciones tecnológicas.

Usualmente, las propiedades electromagnéticas de los materiales pueden manifestarse a través de dos parámetros genéricos macroscópicos (permitividad ϵ y permeabilidad μ) que describen el acoplamiento entre los diferentes campos asociados a las ondas electromagnéticas. Estos parámetros así definidos, son de suma utilidad cuando las relaciones entre los campos son lineales, ya que pueden tener en cuenta no solamente la conductividad de los materiales sino también la absorción y la ganancia, u otros procesos de relajación de primer orden involucrados, por ejemplo, en las propiedades magnéticas. Los tiempos característicos de los distintos procesos de relajación en un medio material determinan su espectro de absorción y, por lo tanto, sus parámetros macroscópicos, los que revisten singular importancia desde el punto de vista de las aplicaciones tecnológicas a distintas frecuencias. A modo de ejemplo, cabe mencionar los vidrios de muy baja atenuación utilizados en la fabricación de fibras ópticas, los materiales disipativos utilizados en atenuadores para radiofrecuencias, las ferritas para microondas y los semiconductores empleados como medios activos en optoelectrónica.

En este trabajo estudiamos y analizamos en detalle las características de los módulos y fases de los coeficientes de reflexión y transmisión de interfaces entre medios isotrópicos cuando la onda electromagnética se propaga hacia medio activo, incluyendo la posibilidad de que los medios sean

different active media. Moreover, the polarization of the reflected waves and the conversion from linear to circular is analyzed, taking into account the possibility of changing the media parameters. A qualitative and quantitative comparison between our own results and the results obtained by many authors on absorbing media is made.

Keywords: internal reflection, active media, polarization.

magnéticos. A partir de los coeficientes, se muestra el carácter oscilatorio o monótono de la diferencia de fase entre los modos p y s en función del ángulo de incidencia para diferentes medios activos. También se analiza la polarización de las ondas reflejadas y la conversión de lineal a circular teniendo en cuenta la posibilidad de variar los parámetros asociados a los medios. Se comparan cuali y cuantitativamente los resultados con los obtenidos por diversos autores para medios absorbentes.

Palabras clave: reflexión interna, medios activos, polarización.



MEASUREMENTS OF NANOVARIAION IN PIEZOELECTRIC SENSOR SURFACE USING SPECKLE CORRELATION

M.F. Ruiz Gale, E. Hogert

Comisión Nacional de Energía Atómica.

Argentina.

ruizmf@cnea.gov.ar

In previous works, we have proved that there is a theoretical relation between nanometric variations of surface roughness and the correlation coefficient of the corresponding speckle. In the current work, we use that relation to analyze shape changes of a piezoelectric sensor while an electrical potential is being applied.

The sensor is a piezoelectric disk with 8 mm diameter and 0.24 mm thickness. When an electrical potential of 360 V is applied, the piezoelectric is deformed. Its excited profile had been determined by other authors by an interferometric method, showing that the sensor takes a rounded shape. Their results are used here.

A finite area of the sensor is illuminated with a laser beam and the speckle pattern is observed in the Fraunhofer field. If the surface changes, the scattered speckle pattern undergoes both a translation and a change. The speckle correlation method can



MEDICIÓN DE NANOVARIAIONES DE LA SUPERFICIE DE UN SENSOR PIEZOELÉCTRICO USANDO CORRELACIÓN DE SPECKLE

En trabajos previos se ha mostrado que existe una relación teórica entre variaciones nanométricas de la rugosidad de una superficie y el coeficiente de correlación de figuras de speckle correspondiente. En este trabajo se utiliza esa relación para analizar los cambios de forma de un sensor piezoeléctrico sometido a una diferencia de potencial eléctrico.

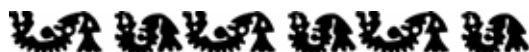
El sensor es un disco piezoeléctrico de 8mm de diámetro y 0.24mm de espesor. Cuando se le aplica un potencial de 360V, el piezoeléctrico se deforma. Su perfil excitado ha sido determinado por otros autores por un método interferométrico, mostrando que el sensor adquiere una forma redondeada. Aquí se utilizan los resultados de esa medición.

Se ilumina con un haz láser un área finita del sensor y se observa el patrón de speckle dispersado por la superficie en la región de Fraunhofer. Si la superficie cambia, el patrón de speckle dispersado cambia y se

assess both phenomena from statistical parameters of the illuminated area. On the one hand, using the profile curve obtained with the interferometric method, a relation between the speckle pattern displacements and the maximum height of the excited sample is derived. On the other hand, the surface roughness variation of the excited sample is obtained from the correlation coefficient. This variation is compared with the corresponding profile variation of the curve determined with the interferometric measurements.

The analysis of the results shows that the theoretical expression for the roughness variation can be a good choice to detect nanovariations. Though the sample deformation profile itself remains unknown, the correlation speckle method can detect and measure some useful parameters of the nanodeformation in a simple and inexpensive way.

Keywords: speckle correlation, roughness variation, nanovariation.



GHOST IMAGE AND GHOST DIFFRACTION WITH THERMAL LIGHT GENERATED BY MEANS OF A PROGRAMMABLE SLM

**M.G. Capeluto¹, E. Duisterwinkel²,
C. Schmiegelow¹, D. Francisco¹,
S.A. Ledesma¹, C.C. Iemmi¹**

¹*Universidad de Buenos Aires. Argentina.*

²*University of Groning. The Netherlands.*

maga@df.uba.ar

Ghost imaging and ghost diffraction are techniques in which information about the object or about its diffraction pattern is extracted by measuring the correlation between a beam that passed through the object and a reference beam. Although first experiments were carried on by using entangled photons, it was demonstrated that experiments can be performed by splitting

traslada. El método de correlación de speckle puede evaluar ambos fenómenos. Por un lado, usando la curva del perfil obtenido con el método interferométrico, se plantea una relación entre el desplazamiento del patrón de speckle y la altura máxima de la muestra excitada. Por otro lado, del coeficiente de correlación se obtiene la variación de la rugosidad de la superficie de la muestra. Esta variación es comparada con la correspondiente variación del perfil de la curva determinada con la medición interferométrica.

El análisis de los resultados muestra que la expresión teórica de la variación de rugosidad puede ser una buena elección para detectar nanovariaciones. Aunque el perfil de deformación de la muestra en sí misma permanece desconocido, el método de correlación de speckle puede detectar y medir parámetros útiles de la nanodeformación de manera sencilla y económica.

Palabras clave: correlación de speckle, variación de rugosidad, nanovariaciones.

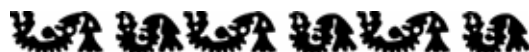


IMAGEN Y FIGURA DE DIFRACCIÓN FANTASMA UTILIZANDO LUZ TÉRMICA GENERADA POR UN MODULADOR ESPACIAL DE LUZ PROGRAMABLE

En las técnicas de generación de imágenes y figuras de difracción fantasmas se extrae la información del objeto o de su figura de difracción midiendo la correlación entre un haz que atraviesa dicho objeto y un haz de referencia. A pesar de que en los primeros experimentos se utilizaron fotones entrelazados, se ha demostrado que estos experimentos pueden ser realizados

incoherent thermal radiation such as that obtained with a laser passing through a moving diffuser. In this work we propose the use of a programmable phase spatial light modulator in order to replace the rotating ground glass. In this way the random phase distributions obtained from the moving diffuser can be emulated by displaying onto the SLM different realizations of a random function with uniform distribution. The difference between the two processes is that the last one is controllable and can be repeated. In this way the same deterministic phase modulation series can be employed once to generate the speckle distribution that passes through the object and then to generate the reference beam. As the correlations are performed from processes differed in time, it is impossible to consider the phenomena as arising from nonlocal two photon interference. We carry on the experiment for three different cases: Ghost imaging, Fresnel ghost diffraction and far field ghost diffraction.

Keywords: ghost imaging, ghost diffraction, spatial light modulation.

separando un haz de luz térmica incoherente tal como la generada por un láser que atraviesa un difusor rotante y enviando un haz por cada rama. En este trabajo se propone el uso de un modulador espacial de luz (SLM) trabajando en modo de fase para reemplazar al difusor. De esta forma las distribuciones de fase aleatoria que se obtendrían con el difusor rotante pueden ser emuladas programando sobre el SLM diferentes realizaciones de una función aleatoria con distribución uniforme. La diferencia entre los dos procesos es que el último es controlable y puede ser repetido. De esta forma la misma serie determinista de modulaciones de fase puede ser empleada primero para generar la distribución de speckle que pasa por el objeto y luego para generar el haz de referencia. Como las correlaciones son realizadas a partir de procesos diferidos en tiempo, es imposible considerar el fenómeno como originado por la interferencia de dos fotones deslocalizados espacialmente. Se plantean las experiencias para tres casos distintos: Imagen fantasma y difracción fantasma de campo cercano y lejano.

Palabras clave: imagen fantasma, difracción fantasma, moduladores espaciales de luz.



OPTICAL PROFILOMETRY BY LASER TRIANGULATION

E. Hogert, M. Landau

*Comisión Nacional de Energía Atómica
Argentina.*

landau@cnea.gov.ar

Optical triangulation is a non-invasive non-destructive method, very useful in the topographic inspection of surfaces. In this communication we describe the development of a Laser Triangulation Profilometer for obtaining surface's topographies, its application to surface analysis and defect characterization (cracks, corrosion, etc.).



PERFILOMETRÍA OPTICA POR TRIANGULACIÓN LASER

La triangulación óptica es un método no-destructivo ni invasivo, de gran utilidad en la inspección topográfica de superficies. En esta comunicación se describe el desarrollo de un Perfilómetro por Triangulación Laser para la obtención de topografías de superficies, su aplicación al análisis de estados de superficies y caracterización de defectos, como fisuras, corrosión, etc.

In the present method the surface is obliquely illuminated with a laser beam and the scattered light is captured with a CCD camera in the normal direction. The image is stored in a PC. When the sample is translated parallel to its mean plane, the bright spot suffers a displacement due to surface variations.

To survey any component topography, independent of material characteristics, a unidirectional surface scanning is executed. With an algorithm developed by our team, every stored image is evaluated, the spot displacement determined and then, the sample profile obtained.

Based on previous works, a more compact and economic model for the Laser Triangulation Profilometer prototype was assembled. Different samples are analyzed.

Keywords: profilometry, laser triangulation, optical metrology.

En el método presentado se ilumina con un haz láser de manera oblicua el objeto a estudiar. Una cámara CCD registra la mancha luminosa sobre la superficie del objeto, en la dirección normal, almacenando luego la imagen obtenida en una PC. Cuando se traslada la muestra en una dirección paralela a su plano medio, la mancha luminosa sufre un desplazamiento debido a las variaciones de altura de la superficie.

Para relevar la topografía de cualquier componente, independiente del material que lo compone, se realiza un barrido unidireccional de su superficie. Mediante un algoritmo desarrollado por el grupo se evalúa cada imagen almacenada, se determina el corrimiento de la mancha luminosa y posteriormente se obtiene el perfil de la muestra.

Basándose en los trabajos anteriores, se montó un modelo más compacto y económico para el prototipo de perfilómetro por triangulación láser. Se analizan diferentes muestras.

Palabras clave: perfilometría, triangulación láser, metrología óptica.



IMPLEMENTATION AND COMPARISON OF DYNAMIC AND STATIC LIGHT SCATTERING TECHNIQUES FOR POLIDISPERSE PARTICLE SIZING USING A CCD CAMERA

N. Álvarez¹, F. Pérez Quintián^{2,3}

¹Universidad de Buenos Aires. Argentine.

²Universidad del Comahue. Argentine.

³CONICET. Argentine.

nalvarez@fi.uba.ar

Laser techniques for particle sizing are used in industrial as well as in scientific applications due to the direct connection between the measured quantities in light dispersion processes and the particle characteristics. Two of these techniques are of wide use and have become part of the



IMPLEMENTACIÓN Y COMPARACIÓN DE TÉCNICAS DE DISPERSIÓN DINÁMICA Y ESTÁTICA PARA CARACTERIZACIÓN DE DISTRIBUCIONES POLIDISPERSAS DE MICROPARTÍCULAS USANDO UNA CÁMARA CCD

Las técnicas láser en la medición de tamaños de partículas se utilizan desde hace mucho tiempo tanto en aplicaciones industriales como científicas, debido a la conexión directa entre las cantidades medidas en los procesos de dispersión de luz y las características de las partículas. Dos de estas

international standards of particle sizing: One, the dynamic technique, studies the temporal correlation of the scattered light in a fixed direction (known as DLS for “Dynamic Light Scattering”). The other, the static technique, analyses the mean intensity distribution as a function of the scattering direction.

The progress in CCD detectors technology and in personal computers performance has allowed the characterization of particles through the study of dynamic and static light scattering. Due to the increase in the frame rate of standard cameras and to the computational power of modern PCs, which allows processing huge amounts of pixels, it is feasible to obtain statistical data of high quality.

In this work we describe and implement two light scattering techniques, dynamic and static, for particle characterization, by using a CCD detector and processing the speckle images belonging to each case by means of different algorithms. The results supplied by these two techniques from the study of polydisperse samples consisting of as many as three different diameters of calibrated particles are compared.

Keywords: particle sizing, speckle, optical metrology.

técnicas son de amplia utilización y han llegado a ser parte de los estándares internacionales de caracterización de tamaños de partículas: Una, dinámica, estudia la correlación temporal de la luz dispersada en una dirección dada (conocida como DLS – de las siglas en inglés de “Dynamic Light Scattering”). La otra, estática, analiza la distribución promedio de la luz dispersada en varias direcciones.

El progreso en la tecnología de sensores CCD y en la velocidad de procesamiento de las computadoras personales ha llevado a la caracterización de partículas mediante el estudio de la dispersión de luz, dinámica y estática, en situaciones donde antes no era aplicable, debido al aumento en el frame rate de las cámaras estándar y a la capacidad de cálculo de las PC para procesar enormes cantidades de pixels que producen datos estadísticos de alta calidad.

En este trabajo se describen e implementan dos técnicas de dispersión de luz para caracterizar partículas, una dinámica y otra estática, utilizando en ambas una cámara CCD como detector y procesando las imágenes de los speckles correspondientes a cada caso mediante distintos algoritmos. Se comparan los resultados que proveen estas dos técnicas usando como muestras mezclas de partículas calibradas de hasta tres diámetros distintos.

Palabras clave: tamaño de partículas, speckle, metrología óptica.



STRUCTURAL MODEL FOR THE TELLURITE GLASS SYSTEM TeO_2 - Li_2O - WO_3

**A.A. Monteiro, V. Gordo, K. Yukimitu,
J.B.B. De Oliveira**

*Universidade Estadual Paulista. Brazil.
alinealcamin@yahoo.com.br*

At this time [1,2], tellurite glasses are studied intensively because of their linear and nonlinear optical properties. Despite the large amount of accumulated information



MODELO ESTRUTURAL PARA OS VIDROS TELURITOS DO SISTEMA TeO_2 - Li_2O - WO_3

Atualmente^{1,2}, vidros teluritos são estudados intensamente devido suas propriedades ópticas lineares e não lineares. Apesar da grande quantidade de informações

about the tellurite glasses, this information is confusing because of the large amount of existing compositions of these glasses. In this work were studied the glass system $80\text{TeO}_2-(20-x)\text{Li}_2\text{O}-x\text{WO}_3$ for $x = 0, 5, 10, 15$ and 20 mol%, and measurements were performed in the infrared and Raman spectroscopy, absorption in the ultraviolet - visible and the linear refractive index

This paper presents a new structural model for this composition which explains their main optical and vibrational characteristics. The results obtained by infrared spectroscopy and Raman scattering show that the glass is formed by "islands" which directly influences its size in measurements of electronic polarizability and the refractive index.

Increasing the concentration of WO_3 in the glass matrix cause [3] the appearance of vibrational modes Te-O-W and W-O-W, which provide evidence that the molecules of $\text{O} = \text{WO}_5$ enter the structures of the "islands" and form bonds with atoms of tellurium increased its size, so the polarizability is $5.6 (\times 10^{-24}\text{cm}^3)$ for the glass $80\text{TeO}_2-20\text{Li}_2\text{O}$ for up to $6.6 (\times 10^{-24}\text{cm}^3)$, in $80\text{TeO}_2-20\text{WO}_3$ glasses. The increase in polarizability consistent with the increase in refractive index that goes from 2.08 to almost 2.30 at a wavelength of 632.8 nm for the same composition as mentioned above.

From the measurements of absorption in the ultraviolet - visible we can find the values of the gap's optical, which is 2.82 eV (for glasses $80\text{TeO}_2-20\text{Li}_2\text{O}$) to 2.29 eV (for $80\text{TeO}_2-20\text{WO}_3$). This information is related to the fact that the increase in the average distance between "islands". Therefore, the greater the distance between the "islands" (eg, for glass $80\text{TeO}_2-20\text{Li}_2\text{O}$ glasses) is the largest optical gap energy.

Therefore, this new model presents a framework for the glass system $\text{TeO}_2\text{-Li}_2\text{O-WO}_3$ which respond well to the optical measurements performed in this matrix.

[1] Babu, S. et al. Spectroscopic investigations of 1.06 μm emission in Nd^{3+} -doped alkali niobium zinc tellurite glasses. Journal of luminescence, North-Holland, v.130, n.6, p.1021-1025, 2010.

[2] Sokolov, V. et al. On the structure of

acumuladas a respeito dos vidros teluritos, essas informações são confusas devido a ampla quantidade de composições existentes desses vidros. Neste trabalho foram estudados os vidros do sistema $80\text{TeO}_2-(20-x)\text{Li}_2\text{O}-x\text{WO}_3$ para $x = 0, 5, 10, 15$ e 20 % mol, e foram realizadas medidas de espectroscopia no infravermelho e Raman, absorção no ultravioleta – visível e de índice de refração linear.

Este trabalho traz um novo modelo estrutural para essa composição a qual explica suas principais características ópticas e vibracionais. Os resultados obtidos pelos espectros de infravermelho e de espalhamento Raman mostram que a estrutura vítrea é formada por "ilhas" as quais seu tamanho influencia diretamente nas medidas de polarizabilidade eletrônica e no índice de refração linear.

O aumento da concentração de WO_3 na matriz vítrea provoca³ o aparecimento de modos vibracionais W-O-W e Te-O-W, os quais fornecem indícios de que as moléculas de $\text{O}=\text{WO}_5$ entram nas estruturas do tipo "ilhas" e fazem ligações com os átomos de telúrio aumentado seu tamanho, por isso, a polarizabilidade passa de $5,6 (\times 10^{-24}\text{cm}^3)$, para o $80\text{TeO}_2-20\text{Li}_2\text{O}$, para até $6,6 (\times 10^{-24}\text{cm}^3)$, no $80\text{TeO}_2-20\text{WO}_3$. O aumento da polarizabilidade condiz com o aumento do índice de refração que passa de 2,08 para quase 2,30 no comprimento de onda de 632,8 nm para a mesma composição citada anteriormente.

Através das medidas de absorção no ultravioleta – visível se pode encontrar os valores dos *gap's* ópticos, o qual passa de 2,82 eV (para $80\text{TeO}_2-20\text{Li}_2\text{O}$) para 2,29 eV (para o $80\text{TeO}_2-20\text{WO}_3$). Essa informação está relacionada com o fato do aumento da distância média entre as "ilhas". Por essa razão, quanto maior a distância entre as "ilhas" (por exemplo, para o vidro $80\text{TeO}_2-20\text{Li}_2\text{O}$) maior é a energia do *gap* óptico. Portanto, este novo modelo apresenta uma estrutura para os vidros do sistema $\text{TeO}_2\text{-Li}_2\text{O-WO}_3$ as quais respondem bem as medidas ópticas realizadas nesta matriz.

Palavras chave: vidros teluritos, espectroscopia Raman, estrutura.

molybdate–tellurite glasses. Journal of non crystalline solids, New York, v. 355, n.4-5, p. 239-251, 2009.

- [3] Sokolov, V. et al. On the structure of tungstate-tellurite glasses. Journal of non-crystalline solids, New York, v.352, n.52-54, p.5618-5632, 2006

Keywords: tellurite glasses, Raman spectroscopy, structure.



PLASMONIC STRUCTURES FABRICATION: FOCUSED ION BEAM X HOLOGRAPHIC LITHOGRAPHY

J.W. Menezes, L.F. Avila, L. Cescato
DFMC-UNICAMP. Brazil.
jacsonwm@ifi.unicamp.br

Periodic arrays of nanoholes in metallic thin films enable an increase in the transmission of light by several orders of magnitude when the Surface Plasmons Resonance (SPR) condition is achieved. Thus such structures are promising devices for using in sensor applications, photonic circuits and light manipulation at the sub-wavelength range. Most of arrays of nanoholes in metal films used in plasmonic applications have been fabricated through focused ion beam (FIB) milling. The FIB allows a precise control of hole size and position, as well as the fabrication of highly ordered arrays with well-defined geometry. The disadvantage of FIB milling is its serial nature of the process resulting in high costs in terms of infrastructure and instrument time required. These factors limit the commercial feasibility of nanohole arrays produced by FIB. An alternative is the use of the interference lithography for generation of high-resolution periodic structures in large areas. In this work, we perform a comparison of the plasmonic structures fabricated using these both techniques, as well as of their plasmonic properties. The structures were fabricates with the same dimensions, same geometry and same film



FABRICAÇÃO DE ESTRUTURAS PLASMÔNICAS: FEIXE DE IONS FOCALIZADOS POR LITOGRAFIA HOLOGRÁFICA

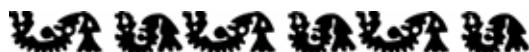
Array periódico de nano-furos em filmes finos metálicos permitem um aumento na transmissão da luz por várias ordens de grandeza quando a condição de ressonância de plásmons de superfície é encontrada. Assim, tais estruturas são promissoras para o uso como sensores, circuitos fotônicos e manipulação de luz na faixa de sub-comprimento de onda. Grande parte de filmes metálicos estruturados usados para aplicação em plasmônica são fabricados através de litografia por feixe de íons (FIB). O FIB permite um controle preciso do tamanho e posição do furo, assim como a fabricação de arrays altamente ordenados com geometria bem definida. A desvantagem desta técnica é a natureza serial do processo que resulta em altos custos em termos de infra-estruturas e tempo de escrita. Estes fatores limitam a produção comercial das estruturas gerada pelo FIB. Uma alternativa a esta técnica é o uso da litografia holográfica para geração de estruturas periódicas de alta resolução em grande escala. Neste trabalho, nós fazemos uma comparação das estruturas plasmônicas fabricadas utilizando as duas técnicas e medimos suas respectivas propriedades

thickness. The samples were analysed by scanning electron microscope (SEM) and the transmission spectra were measured using a UV-Vis spectrophotometer. The results demonstrate that the samples recorded by interference lithography present statistical deviations similar to that presented by the samples fabricated by FIB, but in a much larger area. The optical properties of the samples fabricated with these both types of techniques are quite similar.

Keywords: plasmonic, lithography, holographic lithography, focused ion beam.

plasmônicas. As estruturas foram fabricadas com as mesmas dimensões, mesma geometria e mesma espessura do filme. As amostras foram analisadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e o espectro de transmissão foi medido utilizando um espectrofotômetro UV-Vis-Nir. Os resultados demonstram que amostras gravadas por litografia holográfica apresentam desvios estatísticos similares às amostras fabricadas por FIB, porém em uma área bem maior. As propriedades óticas das amostras fabricadas utilizando ambas as técnicas mostram resultados semelhantes.

Palavras chave: plasmônica, litografia, litografia holográfica, feixe de íons focalizados.

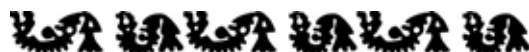


EFFECT OF THE DIAMETER OF NANOHOLES IN PLASMONIC STRUCTURES GENERATED BY HOLOGRAPHY FOR SENSOR APPLICATIONS

J.W. Menezes, L.F. Avila, L. Cescato
DFMC-UNICAMP. Brazil.
jacsonwm@ifi.unicamp.br

Surface plasmons (SP) are surface bound electromagnetic waves that can be excited in metallic nanostructures using visible radiation. The ability to pattern nanoscale metal structures presents an opportunity to tailor surface plasmon response to specific applications. When the incident electromagnetic wave matches the conservation of momentum, a surface plasmon mode is excited. This surface plasmon produces an enhancement in the transmitted light that depends strongly of the relative permittivity of the metal and the surrounding medium. In this way, periodic arrays of nanoholes in thin films of gold can be used as Surface Plasmons Resonance (SPR) sensors that operate in transmission mode.

In this work we study the effect of the



EFEITO DO DIÂMETRO DE FUROS EM ESTRUTURAS PLASMÔNICAS GERADAS POR LITOGRAFIA HOLOGRÁFICA PARA APLICAÇÕES EM SENSORES

Plásmons de superfície (SP) são ondas eletromagnéticas ligadas a superfície que podem ser excitadas em estruturas metálicas utilizando luz visível. A capacidade de gravar estruturas metálicas em nano escala permite ajustar a resposta de plásmons de superfície de acordo com a aplicação desejada. Plásmons de superfície produzem um aumento na luz transmitida que depende fortemente da permissividade relativa do metal e do meio ao seu redor. Sendo assim, arrays periódicos de nano furos em filmes finos de ouro podem ser usados como sensores de plásmons de superfície que operam no modo de transmissão. Neste trabalho, nós estudamos o efeito do diâmetro dos nano furos em estruturas plasmônicas fabricadas por holografia para aplicações em sensores. O efeito do diâmetro é analisado

diameter of nanoholes in plasmonic structures for sensor applications generated by holography. The effect of the diameter is analyzed through of transmission spectra using UV-Vis spectrophotometer.

Keywords: plasmons, holography.



360 DEGREES DOUBLE DIFFRACTED IMAGING IN WHITE LIGHT

J.J. Lunazzi¹, N.I.R. Rivera²

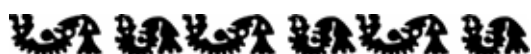
¹*Univ. Estadual de Campinas. Brazil.*

²*Universidad Nacional de Ingenieria. Peru.*

lunazzi@ifi.unicamp.br

A purely diffractive imaging possibility was unveiled by Zhang and Wei in 2001 allowing using the full white-light spectrum. It was explained by us in 2005 employing ray tracing, but deserved little consideration by the optics community. In its primary way it consists in the double diffraction through simple gratings whose periods and distance keeps a corresponding relation with the object plane distance. The same year we performed its extension to bi-dimensional ray action obtaining a complete although only virtual image. In this work we show how it can be performed in a system of two cylindrical gratings that gives 360 degrees viewing capability keeping the object hidden to the observer, giving the appearance of a cylindrical hologram.

Keywords: diffraction, imaging, diffractive imaging.



através do espectro de transmissão utilizando um espectrofotômetro UV-Vis-Nir.

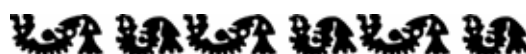
Palabras clave: plasmones, holografia.



IMAGEM POR DUPLA DIFRAÇÃO DE LUZ BRANCA A 360 GRAUS

Uma possibilidade de obter imagens em luz branca puramente por difração foi revelada por Zhang e Wei em 2001, válida no uso do espectro completo da luz branca. Foi explicada por nós mediante traçado de raios em 2005, mais mereceu pouca consideração por parte da comunidade de óptica. Na modalidade mais simples como foi concebida consiste na dupla difração através de redes de difração simples que guardam uma relação entre os períodos e a distancia ao plano objeto. No mesmo ano realizamos a extensão ao caso de ação bidimensional obtendo uma imagem completa porém somente virtual. Neste trabalho mostramos como ela pode ser obtida por meio de um sistema de duas redes de difração cilíndricas que oferece visão em 360 graus e coloca ao objeto oculto aos olhos do observador, dando a aparência de um holograma cilíndrico.

Palavras chave: difração, imagem, imagem difractiva.



**STUDY OF A MULTILAYER
PLASMONIC STRUCTURE
HOLOGRAPHICALLY RECORDED
FOR SENSOR APPLICATIONS**

**L.F. Avila¹, J.W. Menezes¹, B.V. Borges²,
L. Cescato¹**

¹IFGW/UNICAMP. Brazil.

²EESC/USP. Brazil.

lfavila@ifi.unicamp.br

Surface plasmons (SPs) are electromagnetic excitations resulting from interaction between light and free electrons of a metal in a dielectric-metal interface. Thin metallic periodic structures exhibit peaks of transmission enhanced at certain wavelengths whose values depend on the relative permittivity of the metal and the dielectric media. These peaks occur due to momentum conservation condition between the incident light and lattice periodicity exciting Surface Plasmon (SP) modes in the dielectric-metal interface. In a multilayer structure, the light exhibits either Fabry-Pérot resonance or propagating surface plasmons depending on the thickness of dielectric between metal layers. In this work we study a multilayer structure consisting of a 30 nm gold layer on a glass substrate, 500 nm of dielectric film on the gold film and 500 nm photoresist on the dielectric film. Next, a sinusoidal photoresist grating was recorded by interference lithography, followed by thermal deposition of Au. We have performed transmission spectra measurements with polarized light by using a Perkin Elmer λ -9 spectrophotometer at normal incidence. For comparative analyses, we simulate a similar structure by using a finite element based commercial software where we took into account the wavelength dependence of each material of the structure. The transmittance measurements show that the structure presents a wavelength selectivity with peaks in the infrared region, in close agreement with the one obtained numerically. The results indicate that this structure is a good candidate for sensor applications.

Keywords: plasmonics, diffraction gratings, resonance, holographic lithography.

**ESTUDO DE UMA ESTRUTURA
PLASMÔNICA MULTICAMADA
GRAVADA HOLOGRAFICAMENTE
PARA APLICAÇÕES COMO
SENSORES**

Plasmons de superfície (SPs) são excitações eletromagnéticas resultantes da interação entre a luz e elétrons livres de um metal numa interface metal-dielétrico. Estruturas periódicas metálicas apresentam picos de transmissão pronunciados em certos comprimentos de onda cujos valores dependem da permissividade relativa do metal e do meio dielétrico. Estes picos ocorrem devido à condição de conservação do momento entre a luz incidente e a periodicidade da rede excitando modos de plasmons de superfície (SP) na interface metal-dielétrico. Numa estrutura multicamada, a luz exibe ressonância Fabry-Pérot ou propagação de plasmons de superfície, dependendo da espessura do dielétrico entre as camadas de metal. Neste trabalho estudamos uma estrutura multicamada que consiste de uma camada de ouro 30 nm sobre substrato de vidro, 500 nm de um filme dielétrico sobre o filme de ouro e 500 nm de fotorresina sobre o filme dielétrico. Em seguida, uma grade senoidal de fotorresina foi gravada por litografia interferométrica, seguido por deposição térmica de Au. Foram feitas medidas de transmitância com luz polarizada, utilizando um espectrofotômetro Perkin Elmer λ -9 com incidência normal. Para análise comparativa, simulamos uma estrutura similar utilizando um software comercial baseado no método de elementos finitos, onde levamos em conta a dependência do comprimento de onda de cada material da estrutura. As medidas de transmitância mostram que a estrutura apresenta uma seletividade de comprimento de onda com picos na região do infravermelho, apresentando boa concordância com a simulação numérica. Os resultados indicam que esta estrutura é uma boa candidata para aplicações como sensores.

Palavras chave: plasmônica, grades de difração, ressonância, litografia.



DIGITAL HOLOGRAPHY MICROSCOPY IN 3D BIOLOGIC SAMPLES ANALYSIS

**J.R. Pérez¹, M. Muramatsu², F. Palácios¹,
M.R.R. Gesualdi³, J.L. Valin⁴, O. Font⁵**

¹*Oriente University. Cuba.*

²*USP, SP. Brazil.*

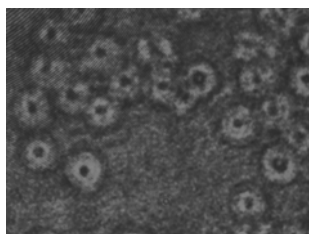
³*UFABC, SP. Brazil.*

⁴*ISPJAE. Cuba.*

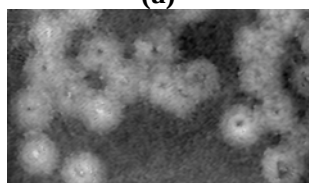
⁵*Oriente University. Cuba.*

jrperez@cnt.uo.edu.cu

Digital Holography Microscopy (DHM) make possible to obtain 3D images from microscopic samples using parallels light beams and CCD registration [1]. In DHM the optical field corresponding to an image is calculated by means of holographic reconstructions algorithms [2]. In this sense, DHM have very big potentials for applications to the study of cells and biological tissues. The objective of this research is to apply DHM in samples analysis of interest for Health and Biology. In Figure 1 is showed an example that corresponds to samples of rat blood cells. This results shows that DHM is able for 3D phase image visualization and therefore size measurement of biological samples.



(a)



(b)

MICROSCOPIA HOLOGRÁFICA DIGITAL NA ANÁLISE DE IMAGENS 3D DE AMOSTRAS BIOLÓGICAS

A Microscopia Holográfica Digital (MHD) possibilita gerar imagens 3D de amostras microscópicas utilizando feixes de luz quase paralelos e registro mediante CCD [1]. Assim, a MHD tem grande potencial para aplicações no estudo de células de tecidos biológicos. O objetivo deste trabalho é aplicar a Microscopia Holográfica Digital na análise de amostras de interesse para a Saúde e Biologia. Na MHD o campo óptico correspondente a imagem é calculado mediante o uso de algoritmos de reconstrução holográfica [2]. Quaisquer que seja o método de reconstrução utilizado, a reconstrução da imagem é realizada a partir do holograma $h(\xi, \eta)$ e o feixe de referência digital. Na figura 1(a) apresenta-se o resultado correspondente a amostras de células de sangue de rato com pouco tempo transcorrido entre a preparação e a medição. As células são observadas com clareza e definição. Na figura 1(b-c) apresentam o resultado das mesmas amostras, todavia com as medições realizadas 4 dias após a preparação das mesmas. Note-se que estas células perderam a forma original, tomando o formato côncavo, devido a perda de água. Os resultados mostram que a Microscopia Holográfica Digital é adequada para a visualização de imagens 3D, de intensidade e de fase de objetos microscópicos de interesse biológico, tais como, células

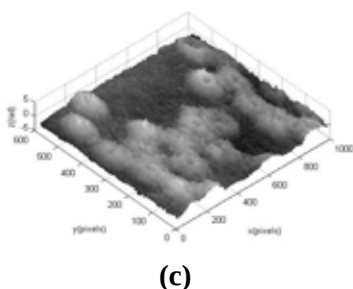


Figure 1. (a) Hologram, (b) 2-D phase image and (c) Pseudo 3-D image representation.

Acknowledgements

This work was supported by FAPESP; Process FAPESP No. 2009/50438-7, PV-Prof. Jorge O. Ricardo Pérez in July 2009-january 2010.

Keywords: holography, 3D images, biological systems.

biológicas, sendo um método de fácil aplicação.

Figura 1. Imagens de fase de células de rato: vista superior antes (a) e depois da perda de água (b); e, (c) vista quase 3D.

- [1] F. Palacios et al. *3D image reconstruction of transparent microscopic objects using digital holography*, Optics Communications 248 (2005) 41–50.
- [2] Ma L, Wang H, Li Y, Jin H: *Numerical reconstruction of digital holograms for three-dimensional shape measurement*. *J Opt A-Pure Appl Opt* 2004, **6**:396-400.

Palavras chave: holografia, Imagens 3D, amostras biológicas.



POTENTIALITIES OF THE DIGITAL HOLOGRAPHY IN THE STUDY OF THE FRAUNHOFER DIFFRACTION PATTERN OF MICROSCOPIC OBJECTS

J.R. Pérez¹, M. Muramatsu², F. Palacios¹, M.R.R. Gesualdi³, J.Valin⁴, O. Font¹, G. Palacios¹, D. Palacios⁵, S. Herold¹, M. Escobedo¹

¹Oriente University. Cuba.

²USP, SP. Brazil.

³UFABC, SP. Brazil

⁴ISPJAE, Habana- Cuba.

⁵Simón Bolívar University. Venezuela.

jrperez@cnt.uo.edu.cu

New method for microscopic object analysis is suggested in this research. We consider the diffraction theory combined with the image formation process, this combination constitutes the groundwork of many optic transformation processes that it has made possible to establish several modern applications of the optics, for example, the Fourier optics processing [1] and Digital Holographic Microscopy (DHM) [2]. Based

POTENCIALIDADES DA HOLOGRAFIA DIGITAL NO ESTUDO DA DIFRAÇÃO DE FRAUNHOFER DE OBJETOS MICROSCÓPICOS

Com o objetivo de sugerir novos métodos para a análise de objetos microscópicos consideramos a teoria da difração vinculada ao processo de formação das imagens, o qual constitui o fundamento de vários processos de transformação óptica que tem possibilitado estabelecer muitas aplicações modernas da óptica, entre as que podemos citar o Processamento com óptica de Fourier [1] e a Microscopia holografia digital

on this optical applications and the possibility that with the second can be instrumented the first one [3], we consider to study microscopic objects with regular forms starting from its Fraunhofer diffraction pattern obtained with DHM. The first result correspond to objects with regular forms and randomly distributed in the space, the second result correspond to objects with regular forms and periodically distributed in the space, the hologram and the Fraunhofer diffraction pattern are showed in figure 1 (A,C) and (B-D), respectively. The objects' parameters can be determined with the diffraction pattern manipulation in a simple and accurate way. The biological and materials sciences can be benefited with this research.

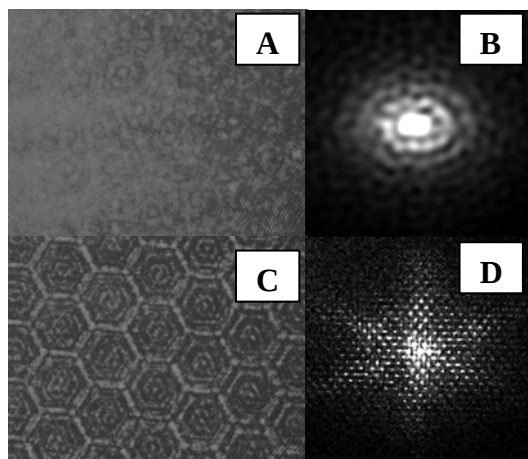


Figura 1. (A,C) Holograms and (B,D) Fraunhofer diffraction patterns of erythrocytes of rat blood and periodically structures grabbed on a plastic material with a beam of ions.

(MHD) [2]. Baseado no fundamento físico das aplicações ópticas antes mencionadas e a possibilidade de que com a segunda pode-se instrumentar a primeira [3] se propõe aplicar a MHD para estudar objetos microscópicos com formas regulares a partir de seu padrão de difração de Fraunhofer. Com a captura e reconstrução de um holograma digital se calcula os padrões de difração para dois tipos diferentes de arranjo espacial de uma distribuição de objetos microscópicos. Na figura 1(A-B), padrão de difração de Fraunhofer de objetos com formas regulares distribuídos aleatoriamente no espaço, temos os resultados correspondentes a células de sangue de rato. Na figura 1(C-D), padrão de difração de Fraunhofer de objetos com formas regulares distribuídos periodicamente no espaço apresenta-se os resultados correspondentes ao objeto formado por uma sequência periódica de estruturas gravadas com um feixe de íons sobre um material plástico. Com a medição das distancias entre os pontos brilhantes pode-se obter a dimensões precisas da estrutura básica. Em este trabalho se demonstra que mediante a Microscopia Holográfica Digital pode-se obter os padrões de difração de objetos com formas regulares distribuídas de maneira ordenada ou aleatória no espaço. Mediante o processamento dos padrões de difração é possível a determinação de parâmetros dos objetos de uma maneira muito precisa e com grande simplicidade, apresentando com isto novas potencialidades da MHD para estudar objetos importantes na medicina e a nanotecnologia.

Figura 1. Células: (A) holograma, (B) padrão de difração de Fraunhofer. Plástico: (C) holograma, (D) padrão de difração de Fraunhofer.

Palavras chave: holografia, análise de difração, Imagens 3D

- [1] Palacios D., Palacios F., Vilorio T., "Quantification and Differentiation of Nuclear Tracks in Nuclear Track Detectors by Simulation of their Diffraction Pattern Applying Fourier Optic". *Revista Mexicana de Física* [0035-001X], 52, 3, 214. 2006.
- [2] Palacios F. et al. *3D image reconstruction of transparent microscopic objects using digital holography*, *Optics Communications* 248 (2005) 41–50.
- [3] Palacios F., Palacios D., Palacios G., Gonçalves E., Valin J., Sajo-Bohus L., Ricardo J., *Methods of Fourier optics*

in digital holographic microscopy,
Journal of Optics Communications, 281,
4, 15, 550-558, 2008.

Keywords: holography, diffraction analysis,
3D images.



FORMATION AND LOCALIZATION OF DIGITAL SPECKLE FRINGE PATTERNS FOR WAVEFRONT RECONSTRUCTION

**E. Acedo Barbosa¹, M.R.R. Gesualdi²,
M. Muramatsu³**

¹UNESP. Brazil.

²Universidade Federal do ABC. Brazil.

³Universidade de São Paulo. Brazil.

ebarbosa@fatecsp.br

In two-wavelength whole-field interferometry for wavefront reconstruction the resulting contour speckle interferogram is generated by the intersection of the measured surface with parallel, equidistant planes of constant elevation. In this work the properties of the fringes generated through the illumination of a digital speckle pattern interferometer by two laser beams are studied. The beams originated from two tunable red diode lasers have different wavelengths and slightly different propagation directions. From the theoretical development, it has been shown that the distance between two consecutive planes and their angular position depend not only on the interacting wavelengths but also on the beam misalignment $\delta\alpha$ and the illumination angle α . The theoretical predictions were satisfactorily confirmed by the wavefront reconstruction experiments through fringe evaluation procedures. The theoretical model developed for fringe localization showed that the loci of the interferograms depend mainly on the slope of the studied surface. The signal of the illuminating beam angle with respect to the surface (or to the coordinate system) determines whether the fringe pattern is formed in front of or behind



FORMAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DE PADRÕES DIGITAIS DE SPECKLE PARA A RECONSTRUÇÃO DE FRENTES DE ONDA

Em processos de interferometria heterodina para a reconstrução de frentes de onda o interferograma de *speckle* é gerado a partir da intersecção da superfície estudada com planos de elevação constante paralelos e equidistantes. Neste trabalho, as propriedades das franjas de interferência produzidas pela iluminação de um interferômetro *speckle* por dois lasers são estudadas. Os lasers de diodo sintonizáveis emitindo na região do vermelho têm comprimentos de onda próximos e podem ter direções de propagação ligeiramente diferentes. A análise teórica mostra que a distância entre dois planos vizinhos e sua posição angular dependem não só dos comprimentos de onda dos feixes, mas também do ângulo $\delta\alpha$ de desalinhamento e do ângulo de iluminação α . As previsões teóricas foram confirmadas satisfatoriamente pelos resultados experimentais obtidos através de métodos de análise de padrões de franjas. O modelo teórico mostrou que a localização dos interferogramas depende essencialmente da inclinação da superfície estudada. O sinal do ângulo de iluminação em relação à superfície (ou a um sistema de coordenadas) determina se o interferograma é formado à frente ou atrás da superfície.

the surface. All this information can be useful for fringe obtaining during the process of laser tuning and beam alignment. The positions of the contour fringe patterns generated by a flat plate were measured for different plate inclinations, showing a good agreement with the theoretical predictions.

Keywords: profilometry, speckle interferometry, fringe evaluation.



CLUSTERED SPECKLE IN OPTICAL TWEEZERS

J.P. Staforelli¹, J.M. Brito¹, E. Vera¹,
P. Solano¹, A. Lencina^{2,3}

¹Universidad de Concepción. Chile.

²CONICET La Plata. Argentine.

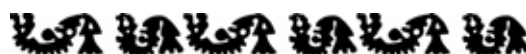
³Univ. Nacional de La Plata. Argentine.

psolano@udec.cl

Speckle appears when a rough surface or a diffuser is coherently illuminated. If a multiple aperture pupil is placed somewhere after the diffuser, clustered speckle can be observed, regardless the optical field is in free propagation regime or it passes through an imaging system. Clustered speckles reduce light volumes several times when compared with usual speckles. Moreover, they have odd statistical properties which differentiate them from usual speckles. When the clustered speckles are imaged by an objective lens of a standard optical trapping system, light volumes can be even smaller than the focus of a Gaussian beam. Then, multiple and random trapping volume distributions can be created with this technique enabling different studies concerning optical binding and matter wave transport with random potentials having different statistical properties. In this work an *in situ* study of the clustered speckle 3D structure in an optical trap is presented. A qualitative analysis of the clustered speckles in optical tweezers relative to number of apertures and size is carried on. Besides, in

Estas informaciones podem ser úteis para a obtenção de franjas durante os processos de sintonia dos lasers e alinhamento dos feixes. As posições dos padrões de franjas gerados pela superfície plana de uma placa foram medidas para várias inclinações da placa, mostrando boa concordância com as previsões teóricas.

Palavras chave: perfilometria, interferometria *speckle*, análise de franjas.



CLUSTER DE SPECKLE EN PINZAS OPTICAS

El speckle aparece cuando una superficie rugosa o un difusor son iluminados coherentemente. Si se coloca en algún lugar luego del difusor una pupila con múltiples aberturas, se podrá observar clúster de speckle, independientemente de si el campo óptico está en un régimen de propagación libre, o éste pasa a través de un sistema formador de imagen. Los clústers de speckle reducen los volúmenes de luz varias veces en comparación con los speckles usuales. Además, tiene propiedades estadísticas particulares que los diferencian de los speckles usuales. Cuando se forma la imagen de un clúster de speckle mediante una lente objetivo de un sistema estándar de captura, los volúmenes de luz pueden ser inclusive menores que los del foco de un haz Gaussiano. Entonces, con esta técnica pueden crearse distribuciones de volúmenes de captura múltiples y aleatorios, permitiendo diferentes estudios relacionados con uniones ópticas y transporte de ondas de materia en potenciales aleatorios que posean diferentes propiedades estadísticas. En este trabajo se presenta un estudio *in situ* de la

the Rayleigh regime, a general quantitative method to define the trapping capability of an optical field is proposed and used to characterize the clustered speckles.

Keywords: optical tweezers, clustered speckle.

estructura 3D de los clústers de speckle en una trampa óptica. Se lleva a cabo un análisis cualitativo de los clúster de speckle en pinzas ópticas en relación al número de aberturas y su tamaño. Además, para el régimen de Rayleigh, se propone un método general y cuantitativo para definir la capacidad de captura de un campo óptico y se lo aplica para caracterizar los clústers de speckle.

Palabras clave: pinzas opticas, cluster de speckle.



THREE-DIMENSIONAL EXPLORATION OF THE CROSS- SECTION OF EXTRUDED PROFILES BY MEANS LASER TRIANGULATION

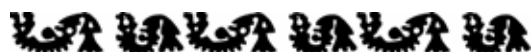
A.F. Muñoz P., J.C. Ramírez R.,

J.G. Barrero, J.E. Meneses F.

*Universidad Industrial de Santander.
Colombia.*

amunozpotosi@hotmail.com

For companies producing electrical conductors and telecommunications is a need for a device for measuring the contour in the isolation of drivers that they manufacture, with the aim of ensuring the quality of their products according to national standards, minimizing waste material. As an alternative solution developed a three-dimensional reconstruction imaging system using laser triangulation, which measures the contour of the cross section of extruded profiles. The system is composed of: lighting module, which generates and projects a flat on the surface of the extruded profile, image capture module consists of 4 CCD cameras, processing module and exploration of information. The scanning software allows the extraction of distance on three-dimensional image, taking into account the topography of the profile.



EXPLORACIÓN TRIDIMENSIONAL DE LA SECCION TRANSVERSAL DE PERFILES EXTRUÍDOS UTILIZANDO TRIANGULACIÓN LÁSER

Para las compañías productoras de conductores eléctricos y telecomunicaciones se hace necesario disponer de un dispositivo para la medición del contorno en el aislamiento de los conductores que ellos fabrican, con el objetivo de garantizar la calidad de sus productos acorde con las normas nacionales, minimizando el desperdicio de material. Como alternativa de solución se desarrolló un sistema óptico de reconstrucción tridimensional utilizando triangulación láser, que permite medir el contorno de la sección transversal de perfiles extruidos. El sistema es formado por: Módulo de iluminación, que genera y proyecta un plano sobre la superficie del perfil extruido, Módulo de captura de imágenes formado por 4 cámaras CCD, Módulo de procesamiento y exploración de la información. El software de exploración permite la extracción de distancias sobre la imagen tridimensional, teniendo en cuenta la topografía del perfil.

Keywords: laser triangulation, three-dimensional reconstruction, camera calibration, digital image treatment, unification of coordinated systems.

Palabras clave: triangulación láser, reconstrucción tridimensional, calibración de cámaras, tratamiento de imágenes, unificación de sistemas coordinados.



MICROSCOPIC INSPECTION OF METAL SURFACES BY MATCHING PHOTOMETRIC STEREO IMAGES

**C. Chacón, C. Osorio,
L. Gabriel Valdivieso, A. Plata Gómez**
*Universidad Industrial de Santander.
Colombia.*
carlosalbertoch@gmail.com.co

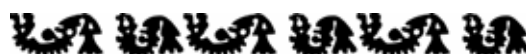
INSPECCION MICROSCOPICA DE SUPERFICIES METALICAS MEDIANTE CORRESPONDENCIA DE IMÁGENES ESTEREO FOTOMÉTRICAS

We propose a metrology tool for microscopic inspection of metal surface topography by matching photometric stereo images. The technique is based on estimation of photometric disparity map from stereo pairs obtained under different illuminations. The Disparity map can be related with the surface topography through appropriate depth function. A Monocular vision system allow to acquire the stereo pairs. On the other hand, given the difficulty to inspect surfaces non-Lambertian, the component specular is eliminated using crossed polarizers. Inspection by confocal microscopy allowed to evaluate the performance of the procedure proposed.

Keywords: optical metrology, topography, photometric-stereo, photometric disparities.

Se propone una herramienta de medición, para el examen microscópico de la topografía de superficies metálicas, haciendo corresponder imágenes estéreo fotométricas. La técnica se basa en la estimación del mapa de disparidad fotométrico a partir de pares estereoscópicos obtenidos bajo diferentes iluminaciones. El mapa de disparidad puede estar relacionada con la topografía de la superficie a través de la función de profundidad adecuada. Un sistema de visión monocular permite adquirir los pares estereoscópicos. Por otra parte, dada la dificultad de inspeccionar las superficies no Lambertianas, el componente especular es eliminado utilizando polarizadores cruzados. La inspección por microscopía confocal permite evaluar el desempeño del procedimiento propuesto.

Palabras clave: metrología óptica, topografía, estereo-fotometría, disparidad fotométrica.



**PINHOLE CAMERA UNDER STUDY
OF APPROACH METAXIAL AND THE
FRACTIONAL FOURIER OPTICS**

Z. Lizarazo, R. Torres, C. Chacón

Universidad Industrial de Santander.

Colombia.

carlosalbertoch@gmail.com

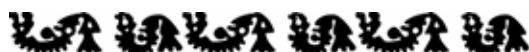
Bonnet's metaxial optics offers a tool that allows the analysis of imaging formation between spherical transmitters and receptors, which impose a second order approximation in the field propagation. This work consists in the analysis of Pinhole camera, which allows illustrate the ideas underlying of the metaxial optical and understand better the imaging formation phenomenon over a spherical surface. The results are experimentally verified and show, in this case, that the curvature of the image field is not centered in the hole.

Keywords: pinhole camera, metaxial approximation, fractional Fourier transform.

**ESTUDIO DEL ESTENOPE BAJO LA
APROXIMACIÓN METAXIAL Y LA
ÓPTICA DE FOURIER FRACCIONAL**

La óptica metaxial de Bonnet ofrece una herramienta que permite el análisis de la formación de imágenes entre emisores y receptores esféricos, los cuales imponen una aproximación de segundo orden en la propagación del campo. Este trabajo consiste en el análisis del Estenope, el cual permite ilustrar las ideas bajo las cuales se fundamenta la óptica metaxial y comprender mejor el fenómeno de formación de la imagen sobre una superficie esférica. Los resultados son verificados experimentalmente y muestran, en este caso, que la curvatura del campo imagen no se encuentra centrada en el hueco.

Palabras clave: estenope, aproximación metaxial, transformada de Fourier fraccional.



**REAL TIME NUMERICAL
RECONSTRUCTION OF DIGITALLY
RECORDED HOLOGRAMS**

C. Trujillo, J. García-Sucerquia

Univ. Nacional de Colombia. Colombia.

catrujila@unal.edu.co

The current optical technique by means of which digitally recorded holograms are numerically reconstructed is known as digital holography (DH). Such a reconstruction is carried out by the evaluation of the diffraction process that an optical wave undergoes when illuminates the hologram. The most efficient methods for numerically computing the diffraction



**RECONSTRUCCIÓN NUMÉRICA EN
TIEMPO REAL DE HOLOGRAMAS
DIGITALMENTE REGISTRADOS**

La técnica actual conocida como holografía digital (HD) consiste en la reconstrucción numérica de hologramas digitalmente registrados. Dicha reconstrucción se lleva a cabo por medio del cálculo del proceso de difracción que sufre una onda luminosa cuando ilumina el holograma. Los métodos más eficientes de cálculo numérico de la integral de difracción se soportan en el uso de transformadas rápida de Fourier (FFT), lo

integral rely on the use of fast Fourier transforms (FFT); this fact has made possible to reconstruct 1024x1024 pixels holograms in approximately one second by using a regular laptop. In this work, it is presented the study and implementation of alternative algorithms that allow for reconstructing holograms with the same number of pixels in shorter elapsed times; this development is focussed on the real time numerical reconstruction of digitally recorded holograms, i.e. of the order of 15fps (frames per second). To achieve such a reconstruction rate there have been used accelerated computing systems base on parallel programming, multithreading and all the processing cores provide by a GPU (Graphic Processing Units); in en particular it has been employed a NVIDIA® CUDA™ platform running on the GPU GeForce 9800 GT which provides 112 processing cores.

Keywords: digital holography, hologram reconstruction, diffraction integral, graphics processing unit.



IMPLEMENTATION AND CALIBRATION OF A LASER DOPPLER VELOCIMETER IN ORDER TO MEASURE LIQUIDS VELOCITY

C.F. Ordóñez Urbano, J. León Tellez
Universidad del Cauca. Colombia.
cfordonez@unicauca.edu.co

An optical system was implemented and calibrated to the laser Doppler velocimeter technique in the differential or dual beam configuration, with forward detection, in order to measure one component of the velocity vector in translucent liquids. This paper describes two stages, the first one is the calibration of the laser Doppler velocimeter through a rotary target, and an optocoupler that allow to verify that frequencies which are detected by the optical system, correspond to the rotation velocities of that device. The second stage is the

que ha hecho posible lograr reconstrucciones de hologramas de 1024x1024 pixels en aproximadamente un segundo utilizando un computador portátil. En este trabajo, se presenta el estudio y la implementación de algoritmos alternativos que permiten reconstruir hologramas con igual número de pixeles en tiempos más cortos de cómputo, orientados a la reconstrucción holográfica en tiempo real, es decir, del orden de 15fps (frames per second). Para lograr dicha rata de reconstrucción se hace uso de sistemas acelerados de cálculo basados en la programación paralela, de múltiples hilos y de todos los núcleos procesadores que proveen una GPU (Unidad de Procesamiento Gráfico); en particular se utiliza la plataforma NVIDIA® CUDA™ y el dispositivo utilizado (GPU) es la GeForce 9800 GT la cual ofrece 112 núcleos de procesamiento.

Palabras clave: holografía digital, reconstrucción de hologramas, integral de difracción, unidad de procesamiento gráfico.



IMPLEMENTACIÓN Y CALIBRACIÓN DE UN VELOCÍMETRO DOPPLER LÁSER PARA MEDIR VELOCIDAD DE LÍQUIDOS

Se implementó y calibró un sistema óptico para la técnica de velocimetría Doppler láser en la configuración diferencial o de haz dual, con detección hacia adelante, para medir una componente del vector velocidad en líquidos translúcidos. El trabajo presenta dos etapas las cuales son la calibración del velocímetro Doppler láser mediante el uso de un blanco rotatorio, y un optoacoplador que permite verificar que la detección de frecuencias por el sistema óptico, corresponden a las velocidades de rotación de dicho dispositivo. La segunda etapa es la medición de la velocidad del liquido en un sistema de flujo

measurement of the liquid velocity in a close flux system that allows to get laminar flow regime (low Reynolds number), and determined the velocity component orthogonal to fringes interference pattern. This velocity is estimated by detecting the shift frequency in intensity that suffers the fringes (Doppler frequency) where artificial or natural particles (seeding) immersed in the fluid through them. The scatter light radiation by the seeding contained the signal Doppler which is collected with a photodetector and displayed in a computer as a frequency spectrum.

Keywords: laser Doppler velocimetry, interferometry, Mie scattering, flux regime, flux velocity.



DIFRACTIVE ELEMENTS PERFORMANCE IN CHROMATIC CONFOCAL MICROSCOPY

**D. Duque¹, J. Garzón¹, Á. Alean Vanegas¹,
M.F. Toledo¹, J. Meneses², T. Gharbi³**

¹*Univ. Pontificia Bolivariana. Colombia.*

²*Univ. Industrial de Santander. Colombia.*

³*Université de Franche-Comté. France.*

jesusaduque@une.net.co

The Confocal Laser Scanning Microscopy (CLSM) has been widely used in the semiconductor industry and biomedicine because of its depth discrimination capability. Subsequent to this technique has been developed in recent years Chromatic Confocal Microscopy. This method retains the same principle of confocal and offers the added advantage of removing the axial movement of the moving system. This advantage is usually accomplished with an optical element that generates a longitudinal chromatic aberration and a coding system that relates the axial position of each point of the sample with the wavelength that is

cerrado que permite obtener un régimen de flujo laminar (numero de Reynolds bajo), con lo cual se determinó la componente de la velocidad ortogonal al patrón de franjas de interferencia. Esta velocidad es estimada a través de la detección del cambio de frecuencia en intensidad que sufren las franjas (frecuencia Doppler) cuando partículas artificiales o naturales (sembrado) inmersas en el fluido las atraviesan. La luz dispersada por el sembrado contiene la señal Doppler que es colectada con un fotodetector que través de una interfaz muestra el espectro de frecuencia en el ordenador.

Palabras clave: velocimetría Doppler láser, interferometría, dispersión Mie, régimen de flujo laminar, velocidad de flujo.



DESEMPEÑO DE ELEMENTOS DIFRACTIVOS EN MICROSCOPIA CONFOCAL CROMÁTICA

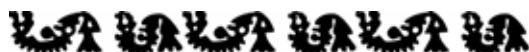
La microscopia confocal de barrido laser ha sido ampliamente utilizada en la industria de los semiconductores y en biomedicina gracias a su capacidad de discriminación en profundidad. Posterior a esta técnica, se ha venido desarrollando en los últimos años la microscopía confocal cromática. Este método conserva el mismo principio de confocalidad y además ofrece la ventaja de suprimir el movimiento axial del sistema de desplazamiento. Esto último, se logra generalmente con un elemento óptico que genere una aberración cromática longitudinal y un sistema de codificación

focused on each. The present paper shows the performance of compact chromatic confocal microscope when some different diffractive elements are used for generation of longitudinal chromatic aberration. Diffractive elements, according to the process and manufacturing parameters, may have different diffraction efficiency and focalize a specific wavelength at a given focal position. The performance assessment is carried out with various light sources which exhibit a incoherent behavior and a broad spectral width.

Keywords: confocal microscopy, Fresnel lens, chromatic aberration.

que relacione la posición axial de cada punto de la muestra con la longitud de onda que se focaliza en cada uno de ellos. En el presente trabajo se muestra el desempeño que tiene un microscopio confocal cromático compacto cuando se utiliza diferentes elementos difractivos como generadores de aberración cromática longitudinal. Los elementos difractivos, según el proceso y los parámetros de fabricación, pueden poseer diferente eficiencia de difracción y focalizar una determinada longitud de onda a una posición focal dada. La valoración de desempeño se realiza con diferentes fuentes de iluminación incoherente y de ancho espectral amplio.

Palabras clave: microscopía confocal perfilometría, metrología óptica.



TALBOT EFFECT WITH IMPERFECT PERIODIC OBJECTS

E. Rueda, F. Medina, J.F. Barrera
Universidad de Antioquia. Colombia.
earueda@barlai.udea.edu.co

In Talbot effect exact images of a periodic object are obtained by free-space propagation. These images are usually called self-images and they appear at certain distances from the periodic object. Distances between the object and the self-images are determined by the period of the periodic object and the wavelength of the illumination beam. In this work we studied self-images produced by imperfect periodic objects. The resulting amplitude can be understood as the difference between amplitude of a self-image of a periodic object without defects and the amplitude of an object equal in shape, size and position to the defect, at the plane of the self-image. A detailed theoretical explanation of the method is included. Experimental results and computer simulations are presented to demonstrate the validity of the theory.

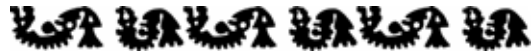
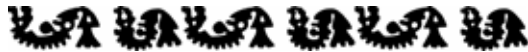


EL EFECTO TALBOT CON OBJETOS PERIÓDICOS CON IMPERFECCIONES

En el efecto Talbot imágenes exactas de un objeto periódico se obtienen por simple propagación libre. Estas imágenes son usualmente llamadas auto-imágenes y aparecen a ciertas distancias del objeto periódico. Las distancias entre el objeto y las auto-imágenes son determinadas por el periodo del objeto periódico y la longitud de onda del haz de iluminación. En este trabajo estudiamos las auto-imágenes producidas por objetos periódicos con imperfecciones. La amplitud resultante puede ser entendida como la diferencia entre la amplitud de la auto-imagen de un objeto periódico sin imperfecciones y la amplitud en el plano de la auto-imagen de un objeto con la misma forma, tamaño y posición del defecto. Una explicación teórica detallada es incluida. Se presentan resultados experimentales y simulaciones computacionales para demostrar la validez de la teoría.

Keywords: Talbot effect, self-imaging, defect, periodic object.

Palabras clave: efecto Talbot, auto-imagen, defecto, objeto periódico.



**TEMPERATURE CONTROLLED
TOPOGRAPHY AND INDEX OF
REFRACTION DECOUPLING IN
MICROSCOPY INTERFEROMETRY**

**DESACOPLE DE TOPOGRAFÍA E
ÍNDICE DE REFRACCIÓN
CONTROLADO POR TEMPERATURA
EN INTERFEROMETRÍA
MICROSCÓPICA**

F.A. Monroy Ramírez,
J. García-Sucerquia

*Universidad Nacional de Colombia.
Colombia.*

famonroyr@bt.unal.edu.co

An experimental decoupling procedure that separates both the thickness and the relative refraction index of transparent microscopic objects is discussed. Digital Holography Microscopy (DHM) provides the separate reconstruction of the thickness and the relative refraction index of the sample under study. Such maps are obtained from the phase difference maps reconstructed from the digital holograms of the sample, immersed in media to which the refraction index is changed via controlled changes of temperature. Experimental results for a glass capillary are presented.

Se discute un procedimiento experimental de desacople que separa ambos el espesor y el índice relativo de refracción de objetos microscópicos transparentes. La Microscopía Holográfica Digital (MHD) provee la reconstrucción separada del espesor y el índice relativo de refracción de la muestra bajo estudio. Tales mapas son obtenidos a partir de mapas de diferencia de fase reconstruidos desde hologramas digitales de la muestra sumergida en un medio cuyo índice de refracción es cambiado vía cambios controlados de temperatura. Se presentan resultados experimentales para un capilar de vidrio.

Keywords: topography, refraction index, digital holography, interferometry.

Palabras clave: topografía, índice de refracción, holografía digital, interferometría.



**DIGITAL APPROXIMATION TO
EXTENDED DEPTH OF FIELD FOR
NON-TELECENTRIC IMAGING
SYSTEMS**

J. Meneses, R. Contreras

*Universidad Industrial de Santander.
Colombia.*

jaimen@uis.edu.co

A method used to digitally extend the depth of field of an imaging system is to move the object of study along the optical axis of the system in order to visualize different regions in focus on different images acquired. These images are stored and processed digitally to obtain a fused image with all regions of the object in focus. The implementation of this method, although widely used, imposes certain experimental conditions that must be evaluated in order to obtain an appropriate fused image. An experimental condition is to maintain the geometric magnification factor when the object is axially displaced relative to the imaging system. This condition imposes that the imaging system must be telecentric, which leads to a reduction of field observation and expensive objective if the application includes microscopic observation. This work presents a digital method for extending depth of field of an imaging system under non-telecentric observation. A mathematical treatment is realized to each stored image in order to reduce the non-telecentric influence and obtain an appropriate fused image. Experimental results validate the proposed method comparing fused images with and without treatment. The mathematical treatment and experimental results are shown. This method is implemented in order to reduce systematic errors introduced by non-telecentric lens in optical metrology.

Keywords: extended depth of field, telecentric system, optical metrology.

**APROXIMACION DIGITAL DE
PROFUNDIDADES DE CAMPO
EXTENDIDA EN SISTEMAS
FORMADORES DE IMAGENES NO-
TELECENTRICOS**

Uno de los métodos usados para extender digitalmente la profundidad de campo de un sistema formador de imágenes consiste en desplazar el objeto de estudio a lo largo del eje óptico del sistema con el propósito de que aparezcan diferentes regiones enfocadas en diferentes imágenes adquiridas. Estas imágenes son almacenadas y procesadas digitalmente para obtener una imagen compuesta con todas las regiones del objeto focalizadas. La implementación de este método, aunque muy usado, impone ciertas condiciones experimentales que deben ser evaluadas para verificar el grado de validez de la imagen final obtenida. Una condición experimental es conservar el factor de ampliación geométrico cuando el objeto es axialmente desplazado con respecto al sistema de observación. Esta condición impone que el sistema debe ser tele-céntrico, la cual conduce a una reducción del campo de observación y el uso de sistemas ópticos altamente costosos, si la aplicación incluye observación microscópica. En este trabajo se presenta un método digital para extender la profundidad de campo de un sistema formador de imágenes bajo la condición de observación no tele-céntrica. Un tratamiento matemático es realizado a cada imagen almacena con el fin de reducir la influencia de la no-telecentricidad y obtener una imagen compuesta apropiada. Resultados experimentales validan el método propuesto, comparando la imagen compuesta obtenida con y sin tratamiento. Este método es implementado con el fin de reducir errores sistemáticos introducidos por las lentes no-telecéntricas en metrología óptica.

Palabras clave: profundidad de campo extendida, sistema tele-céntrico, metrología óptica.



**INFLUENCE OF THE SPECKLE SIZE
ON SPECKLEGRAM SENSORS BASED
ON VERY LOW SNR FIBERS AND BSO
CRYSTALS**

J.A. Gómez^{1,2}, H. Lorduy G.¹, Á. Salazar¹

¹Univ. Pontificia Bolivariana. Colombia.

²Politécnico Colombiano Jaime Isaza

Cadavid. Colombia.

jagomez@elpoli.edu.co

When coherent light of wavelength λ is launched in a multimode optical fiber, a speckle pattern is produced at the output of the fiber, which is known as modal noise in fiber optic communications. This speckle pattern, although unwanted in signal transmission, contains information of the physical status of the fiber and, because of this, can be used in sensing systems. The signal-modal noise ratio of propagation in optical fibers is inversely proportional to the number of modes that the fiber supports, which, influences the quality of signal transmission processes and the behavior of sensing systems based on this spatial information. On the other hand, when a hologram is formed with the speckle field of a multimode optical fiber, the hologram could be called “*fiber specklegram hologram*”. Fiber specklegram hologram sensors on photorefractive crystals have been studied because of their several applications in mechanical engineering measurements and for their low cost and simplicity of implementation. Previous reports have shown that there exists a great influence of the number and distribution of the optical fiber modes with the fiber specklegram hologram self-correlations measurements. Recently, it has been shown that the diffraction efficiency of specklegrams recorded in a BSO crystal by a two wave mixing arrangement depends on the statistical average of the speckle size, which, should influence the behavior of sensors systems based in specklegrams recorded on photorefractive crystals.

In this work, the dependence on the speckle size of a micro displacement sensor based on high frequency modulated fiber specklegrams stored in a photorefractive BSO crystal is experimentally demonstrated

**INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE
SPECKLE EN SENSORES DE
SPECKLEGRAMAS BASADOS EN
FIBRAS DE MUY BAJA SNR Y
CRISTALES BSO**

Cuando luz coherente de longitud de onda λ es insertada en una fibra óptica multimodo, un patrón de speckle es producido a la salida de la fibra, el cual, es conocido como ruido modal en comunicaciones ópticas. Este patrón de speckle aunque es indeseado en transmisión de señales, contiene información del estado de la fibra, y debido a esto puede ser usado en sistemas de sensado.

La relación señal-ruido modal de propagación en fibras ópticas, es inversamente proporcional al número de modos que la fibra soporta, lo cual, influencia la calidad de los procesos de transmisión de señales y el comportamiento de sistemas de sensado basados en ésta información espacial. De otro lado, cuando un holograma es formado con el campo de speckle producido por una fibra óptica multimodo, el holograma es llamado “holograma de specklegrama de fibra”. Sensores basados en hologramas de specklegramas de fibra, en cristales fotorrefractivos, han sido estudiados por sus diversas aplicaciones en ingeniería mecánica; resaltando su bajo costo y simplicidad de implementación. Reportes previos han mostrado que existe una gran influencia del número y la distribución de los modos de propagación en una fibra óptica, con medidas de auto correlación en hologramas de specklegramas de fibra. Recientemente ha sido mostrado que la eficiencia de difracción de registros de specklegramas en cristales BSO en un arreglo de mezcla de dos ondas depende del tamaño estadístico promedio del speckle, lo cual, debería influenciar el comportamiento de sistemas de sensores basados en registros de speckle en cristales fotorrefractivos.

En éste trabajo, la dependencia con el tamaño estadístico promedio del gránulo de

by the double exposure technique. In our experimental setup, a very low signal-modal noise ratio plastic fiber was used to generate a subjective speckle, and the speckle size was controlled varying the diameter of the aperture pupil of the imaging system. Speckle fringe patterns were obtained for several displacements of the output end of the fiber and diameters of the aperture pupil. A strong dependence on the statistical average speckle size of metrological parameters such as sensitivity, and contrast of fringes for an isothermal condition was found.

Keywords: fiber specklegram, optical sensor, photorefractive materials.

speckle, de un sensor de micro-desplazamientos basados en specklegramas de fibra óptica, modulados en alta frecuencia y almacenados en cristales fotorrefractivos BSO es experimentalmente demostrada mediante la técnica de doble exposición. En nuestro arreglo experimental, una fibra óptica plástica de muy baja relación señal-ruido modal fue usada para generar un speckle subjetivo, y el tamaño del speckle fue controlado variando el diámetro de la pupila del sistema formador de imagen. Patrones de franjas fueron obtenidos para múltiples desplazamientos y diámetros de pupila, encontrando una fuerte dependencia del tamaño estadístico promedio del speckle con parámetros metroológicos tales como: sensibilidad y contraste de las franjas para una condición isotérmica.

Palabras clave: specklegramas de fibra óptica, sensores ópticos, materials fotorrefractivos.



NANOCHARACTERIZACION OF THICKNESS OF TIN FILMS OBTAINED BY IONIC DEPOSITION

**L. Lara O.¹, M.I. Jerez A.¹,
L. Dary Morantes M.¹, A. Plata Gómez²,
Y. Torres², M.C. Lasprilla², V. Zhabon³**

¹Univ. Industrial de Santander. Colombia

²Grupo de Óptica y Tratamiento de Señales.
Colombia.

³Física y Tecnología del Plasma y
Corrosión. Colombia.

laura_lara_ortiz@hotmail.com

To evaluate and characterize the surface at nanoscale and taking into account the effect of the variation of temperature in the process of ionic plasma deposition for H13 steel samples coated by NiT, The Interferometric Microscopy and Force Microscope Atomic (AFM) is used to measure the thickness of the growth of different layers and analyze



NANOCARACTERIZACIÒN DEL ESPESOR DE PELICULAS DE TIN OBTENIDAS POR DEPOSICION IONICA

Con el fin de evaluar y caracterizar la superficie a nanoescala y teniendo en cuenta el efecto de la variación de la temperatura en el proceso de deposición iónica de plasma para las muestras de acero H13 recubiertas por NiT se utiliza la Microscopia Interferométrica y el Microscopio de Fuerza Atómica (AFM) para poder medir el espesor del crecimiento de las diferentes capas y

the variation of optical, structural and morphological properties of nanofilms that depend on the temperature.

Keywords: nanometrology, AFM, interferometric microscopy, thin films.

analizar la variación de las propiedades ópticas, estructurales y morfológicas de las nanopelículas en función de la temperatura.

Palabras clave: nanometrología, AFM, microscopia interferométrica, películas delgadas.



AUTOMATIC VERIFICATION OF MATRIX WEAR STATE FOR METAL FORGING USING A 3D SCANNING SYSTEM

**L.D. Morantes M.¹, C.A. Chacón¹,
M.I. Jerez A.¹, L. Lara O.¹, J. Meneses²,
A. Plata Gómez²**

¹*Univ. Industrial de Santander. Colombia.*

²*Grupo de Óptica y Tratamiento de Señales.
Colombia.*

ldarymorantes@hotmail.com

In the metal mechanic industry, serial production of mechanical parts is achieved by inducing plastic deformation applying a load or external force to the matrix on a metal support. After this impact the topographic relief is printed on the metal inducing permanent deformation. Thus, the matrix has a negative topographic information that is converted to positive on the metal surface. The quality of the product obtained in topographical terms is defined by the state of matrix degradation due to the wear of the matrix surface after many copies. Traditionally, a qualitative analysis of the matrix wear state is performed after forging a number of pieces. This procedure is visually realized by the operator comparing the matrix with a reference piece. In this way, it is not possible to detect slight variations in the surface topography of matrix. This work proposes and evaluates a 3D reconstruction device based on the laser triangulation to extract topographic information that can automatically check the matrix wear state. With an acquisition and processing time of less than three seconds,

VERIFICACION AUTOMATICA DEL ESTADO DE DESGASTE DE MATRIZ PARA FORJA APARTIR DE UN DISPOSITIVO DE EXPLORACION 3D

En la industria metal mecánica, la producción en serie de piezas mecánicas se logra induciendo deformaciones plásticas a partir de una carga o fuerza externa aplicada a la matriz sobre un soporte metálico. Resultado del impacto, el relieve topográfico es impreso sobre el metal induciendo deformaciones permanentes. De esta manera, la matriz posee un negativo topográfico que es convertido a positivo sobre la superficie del metal. La calidad de la pieza obtenida en términos topográficos la define el estado de desgaste de la matriz después de realizar múltiples copias. Tradicionalmente, un análisis cualitativo del estado de desgaste de la matriz se realiza luego de forjar cierto número de piezas. Este procedimiento se realiza de manera visual donde el operario compara por contacto la matriz con una pieza patrón, no pudiéndose detectar de este modo leves variaciones en la topografía de la matriz. En este trabajo se propone y evalúa un dispositivo de reconstrucción 3D por triangulación láser para extraer información topográfica que permite verificar de manera automática el estado de desgaste de la matriz. Con un

the system determines topographic contours at different heights that are compared with the corresponding contours of the reference piece. Alterations of contour shape are utilized by the operator to define the matrix wear state and the possibility to replace it. Experimentally, the device is calibrated and evaluated, experimental results are reported using matrix of FORCOL company (Bucaramanga, COLOMBIA).

Keywords: 3D reconstruction, laser triangulation

tiempo de adquisición y procesamiento inferior a tres segundos el sistema determina curvas de nivel a diferentes alturas que sirven de referencia para compararlas con las curvas correspondientes de la pieza patrón. Alteraciones en la forma son empleadas por el operario para definir el estado de uso de la matriz y la necesidad de reemplazarla. Experimentalmente se calibra y evalúa el dispositivo, reportándose resultados experimentales empleando matrices de la empresa FORCOL (Bucaramanga-COLOMBIA)

Palabras clave: reconstrucción 3D, triangulación láser.



CHARACTERIZATION OF THE STRUCTURE OF THE COATING OF MULTILAYERS USING AFM AND INTERFEROMETRIC MICROSCOPY

**M.I. Jerez A.¹, L. Lara O.¹,
L.D. Morantes M.¹, A. Plata Gómez²,
Y. Torres², P. Tsygankov²**

¹ Univ. Industrial de Santander. Colombia

² Grupo de Óptica y Tratamiento de Señales.
Colombia.

mayce20@hotmail.com

In this work is used ion deposition of TiN by plasma in samples of H13 steel, H13 steel is used for industrial tools that are exposed to different wastage, these materials have variations in hardness, thermal stability, chemical and corrosion resistance. The process is made by deposition of nanolayers, which requires a detailed monitoring in the growth of film, making use of the techniques of Atomic Force Microscopy (AFM) and microscopy interferometer to characterize their morphological properties such as distribution, size and thickness.

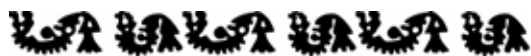
Keywords: AFM, interferometric microscopy, thin films, nanometrology.



CARACTERIZACION DE LAS ESTRUCTURAS DE LOS RECUBRIMIENTOS DE MULTICAPAS POR AFM Y MICROSCOPIA INTERFEROMETRICA

En este trabajo se utiliza la deposición iónica de TiN con plasma, en muestras de acero H13, usado para herramientas industriales que son sometidas a algún tipo de desgaste, estos materiales poseen variaciones en la dureza, estabilidad térmica, química y resistencia a la corrosión. El proceso se realiza por deposición de nanocapas, el cual requiere de un seguimiento detallado en el crecimiento de las películas, lográndose mediante las técnicas de Microscopia de Fuerza Atómica (AFM) y Microscopia Interferométrica. En este trabajo se caracterizan sus propiedades morfológicas tales como su distribución, tamaño y espesor.

Palabras clave: AFM, microscopia interferométrica, películas delgadas, nanometrología.

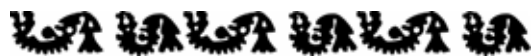


CCD CAMERA CALIBRATION FOR 3D-METROLOGY ON CYLINDRICAL SURFACES

N. Múnera, J. García-Sucerquia
Universidad Nacional de Colombia.
Colombia.
nmunera@unal.edu.co

In the 3D-reconstruction context, the calibration of the recording digital device allows for extracting the 3D-information from 2D intensity measurements. This calibration considers the geometry and optical characteristics of the camera (intrinsic parameters as pixel size, distortion coefficient, fill factor, and others) and the position and orientation of the camera relative to a reference geometry (extrinsic parameters). In this paper, the mathematical description for the extrinsic and intrinsic parameters calibration of a CCD camera using a cylindrical surface as reference surface is shown and an algorithm for determining them is implemented. The calibration accuracy and the speed are reported.

Keywords: calibration, optical metrology, cylindrical surface.



CALIBRACIÓN DE UNA CÁMARA CCD PARA APLICACIÓN EN METROLOGÍA 3D SOBRE SUPERFICIES CILÍNDRICAS

En el contexto de la reconstrucción tridimensional, la calibración del dispositivo digital de registros permite extraer información 3D a partir de mediciones bidimensionales de intensidad. Esta calibración considera las características geométricas y ópticas de la cámara (parámetros intrínsecos como tamaño de píxel, coeficiente de distorsión, factor de llenado, entre otros) y la posición y orientación de la cámara respecto a una geometría de referencia (parámetros extrínsecos). En este trabajo se presenta la descripción matemática para la calibración de los parámetros extrínsecos e intrínsecos de una cámara CCD utilizando como superficie de referencia una superficie cilíndrica y se implementa un algoritmo que permite la determinación de los mismos. Se reporta la precisión en la calibración y el tiempo requerido.

Palabras clave: calibración, metrología óptica, superficie cilíndrica.



3D OBJECT TRACKING USING A PHASE SENSITIVE METHOD

N.A. Arias H.^{1,2}, M.A. Suárez³,
J. Meneses², P. Sandoz³, T. Gharbi³

¹Universidad de Pamplona. Colombia.

²Univ. Industrial de Santander. Colombia.

³FEMTO-ST. France.

nesariher@unipamplona.edu.co

In this paper we present a method for 3D object tracking using a phase sensitive method. The 3D orientation and position of object is calculated from a stereo vision system with sub-voxel precision. A phase reference pattern must be fixed over the object surface and must be simultaneously imaged by two CCD cameras of stereo vision system. The reference pattern is a 2D regular intensity distribution that can be mathematical represented by two orthogonal fringe patterns. Thus, a maximum local value of intensity in the reference pattern represents a phase value of $2\pi N$. Using the Fourier transform method to extract the 2D phase distribution of each fringe pattern, the subpixel position of a maximum local value of intensity in the image of reference pattern can be calculated interpolating the corresponding phase value. In this way, the position in pixels of a point in the space object is calculated in each CCD image with subpixel resolution. These values are used by the calibrated stereo system to extract the 3D position of object point. Similarly, three points in the 2D reference pattern can be used to define two mutually orthogonal directions and calculate the special orientation of object. The resolutions achieved by the proposed method are approximately of 0.02° in angular measure and $10 - 25 \mu m$ in spatial position for observation fields of $15cm \times 15 cm$ at $20cm$ of observation distance.

Keywords: phase detection, image processing, Fourier transforms. stereo vision, optical metrology.

SEGUIMIENTO 3D USANDO UN MÉTODO SENSIBLE A LA FASE

En este trabajo se presenta un método para el seguimiento 3D de un objeto usando un método sensible a la fase. La orientación y posición tridimensional del objeto es calculada de un sistema de visión estereo con precisión subvoxel. Un patrón de referencia de fase debe ser ubicado sobre el objeto y debe ser simultáneamente observado por las dos cámaras CCD del sistema de visión estereo. El patrón de referencia es una distribución regular 2D en intensidad que puede ser representada matemáticamente por dos patrones ortogonales de franjas. Así, un valor máximo local de intensidad en el patrón de referencia corresponde a un valor de fase de $2\pi N$. Usando el método de transformada de Fourier para extraer las distribuciones de fase de cada patrón de franjas, la posición subpixel de un valor máximo local de intensidad puede ser calculado interpolando el valor de fase correspondiente. De esta manera, la posición en píxeles de un punto en el espacio objeto es calculado en cada imagen CCD con precisión subpixel. Estos valores son empleados por el sistema de visión stereo calibrado para extraer la posición 3D del punto. Similarmente, tres puntos en el patrón 2D de referencia pueden definir dos líneas ortogonales y se pueden emplear para calcular la orientación espacial del objeto. Las resoluciones obtenidas por el método propuesto son aproximadamente de 0.02° para medidas angulares y $10 - 25 \mu m$ para medidas de posición en el espacio, para un campo de observación de $15cm \times 15 cm$ a $20cm$ de distancia de observación

Palabras clave: detección de la fase, procesamiento de la imagen, transformada de Fourier transforms. Vision stereo, metrología óptica.



**RECONSTRUCTION OF OBJECTS FOR
PROFILOMETRY
INTERFEROMETRY WITH GRAN
RANGE AXIAL**

**N.A. Arias H.^{1,2}, M.A. Suárez³,
J. Meneses², T. Gharbi³**

¹*Universidad de Pamplona. Colombia.*

²*Univ. Industrial de Santander. Colombia.*

³*FEMTO-ST. France.*

nesariher@unipamplona.edu.co

White light interferometry (WLI) is a powerful technique for non-contact measurement of surface topography at high axial resolution. The basic technique involves splitting an optical beam from the same white light source into two separate beams: One of the beams is reflected from the object to be measured (sample arm) whilst the other beam follows a known and constant optical path (reference arm). Due to the large spectral bandwidth of the source, the coherence length of the source is short, and good contrast fringes will be obtained only when the two paths of the interferometer are closely matched in length. Thus, using a piezoelectric transducer, the path length of the sample arm of the interferometer is varied and the height variations across the sample can be determined by looking at the sample position for which the fringe contrast is a maximum. This operation mode is known as vertical scanning coherence peak sensing mode. In this situation, the maximum axial distance for surface topography of interference microscope is determined by the PZT working distance. Traditionally a 50X Mirau objective is employed with a 40 micron PZT in metrological applications of interference microscope. In this work we present a method to extract 3D information using WLI with extended axial working distance, without PZT transducer. The proposed technique uses a phase sensitive method to calculate the relative distance between Mirau objective and object surface. Working distance of some tenths of millimetres was obtained with approximately 28 nanometers of precision. Theoretical analysis and experimental results are shown.

**RECONSTRUCCIÓN DE OBJETOS
PERFILOMETRÍA
INTERFEROMÉTRICA CON ALTA
RESOLUCIÓN AXIAL**

Interferometría con luz blanca es una técnica ampliamente utilizada para medidas topográficas de alta resolución axial, sin contacto. La técnica básicamente divide un rayo de luz de una fuente de luz Blanca en dos haces separados: Un rayo es reflejado por la superficie del objeto a medirse (Brazo muestra) mientras que el otro sigue un trayecto conocido de distancia óptica constante (Brazo de referencia). Debido al ancho de banda spectral extendido de la fuente, la longitud de coherencia es corta, y franjas de buen contraste se obtendrán únicamente cuando los dos brazos del interferómetro estén cercanamente próximos en longitud. Usando un transductor Piezoeléctrico (PZT), la distancia óptica del brazo muestra del interferómetro es variada y las variaciones de altura a través de la muestra pueden ser determinadas buscando la posición que tiene el PZT cuando se obtiene el máximo contraste de franjas. Este modo de operación es conocido como “Modo de sensado del pico de coherencia por barrido vertical”. En esta situación, el rango máximo axial de distancias para el análisis topográfico es determinado por el máximo desplazamiento del PZT. Tradicionalmente un objetivo Mirau 50X es empleado con un PZT de 40 micras de desplazamiento en aplicaciones metrológicas de un microscopio interferométrico. En este trabajo se presenta un método para extraer información 3D usando un microscopio interferométrico con distancia axial extendida, sin PZT. La técnica propuesta usa un método sensible a la fase para calcular la distancia relativa entre el objetivo Mirau y el objeto. Distancias de trabajo de algunas décimas de milímetros fueron encontrados con una precisión de aproximadamente 28 nanómetros. Se presentan los análisis teóricos y los resultados experimentales.

Keywords: profilometry, optical metrology, surface topography, Mirau interferometer.

Palabras clave: perfilometría, metrología óptica, topografía superficial, interferómetro Mirau.



INTERACTING BOSON SYSTEM IN DISSIPATIVE ENVIRONMENTS

R.D. Guerrero, H. Vinck-Posada,

K.M. Fonseca

Univ. Nacional de Colombia. Colombia.

kmfonsecar@unal.edu.co

Due to recent experimental developments, in particular in superconducting cavities and microcavities with embedded active media, the study of interacting boson systems has gained great interest in the last decade. In this work, we consider two interacting bosons subjected to dissipative processes and pumping and characterize, in an analytic way, the different operation regimes, which exhibit qualitative differences in their quantum evolution, entanglement (as a function of unitary and dissipative parameters) and the emission statistics (which is computed using the correlation functions). Additionally, we obtain, employing the quantum regression theorem, expressions for the emission spectra as a function of the different pumping parameters.

Keywords: entanglement, microcavities, decoherence.

SISTEMAS BOSÓNICOS INTERACTUANTES EN AMBIENTES DISIPATIVOS.

El estudio de sistemas bosónicos interactuantes ha cobrado gran interés en la última década debido a los desarrollos experimentales, en particular, en los campos de cavidades superconductoras y microcavidades semiconductoras que contienen medios activos. En el presente trabajo se consideran dos bosones interactuantes sometidos a procesos de disipación y bombeo y se caracterizan, de manera analítica, los distintos regímenes de operación de este sistema que presentan comportamientos cualitativamente diferentes en su evolución dinámica, en el entrelazamiento cuántico (en función de los parámetros unitarios y disipativos) y en la estadística de la emisión (que se calcula a través de las funciones de correlación). Adicionalmente se obtienen, mediante el teorema de regresión cuántico, expresiones para los espectros de emisión en función de los distintos parámetros de bombeo del sistema.

Palabras clave: enredamiento, microcavidades, decoherencia.



FRESNEL DIFFRACTION AND FRACTIONAL FOURIER OPTICS

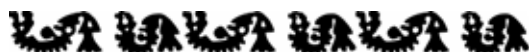
R. Torres, Z. Lizarazo

*Universidad Industrial de Santander.
Colombia.*

rantoram@uis.edu.co

The mathematical expression of the Fresnel diffraction behind of a centered systems (lens) is adapted to the fractional-order Fourier transform. In this approach, some practical optical systems are studied.

Keywords: fractional-order Fourier transform, Fresnel diffraction.



ABERRATION COMPENSATION USING A LIGHT SPATIAL MODULATOR LCD

R. Amézquita¹, O. Rincón², M. Torres¹

¹*Univ. Nacional de Colombia. Colombia.*

²*Combustión Ingenieros LTDA. Colombia.*

optica@cihologramas.com

The dynamic correction of aberrations present in optical systems has been a widely discussed topic in past 10 years. Adaptive optics is the most important developed field using Shack-Hartmann sensors and deformable mirrors for the measurement and correction of wavefronts. In this paper we propose an experimental set-up which uses a spatial light modulator like an active element for both digital measuring and optic compensation of aberrations. We show experimental results and discuss some advantages and disadvantages of the corrections with this element.

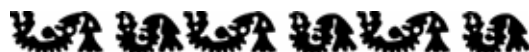
Keywords: aberration, compensation, light spatial modulator.



DIFRACCIÓN DE FRESNEL Y ÓPTICA DE FOURIER FRACCIONARIA

La expresión matemática para la difracción en el régimen de Fresnel, para un campo que se ha propagado a través de un sistema centrado (tal como una lente), es adaptada a la transformación de Fourier fraccionaria. En este enfoque, algunos sistemas ópticos prácticos son estudiados.

Palabras clave: transformación de Fourier fraccionaria, difracción de Fresnel.



COMPENSACIÓN DE ABERRACIONES UTILIZANDO UN MODULADOR ESPACIAL DE LUZ LCD

La corrección dinámica de las aberraciones presentes en los sistemas ópticos ha sido un tema bastante discutido en los últimos 10 años. Dentro de los desarrollos más destacados se encuentra la óptica adaptativa, que involucra arreglos de Shack-Hartmann y espejos deformables para la medición y la corrección de frentes de onda. En este trabajo se propone un arreglo experimental en el cual se utiliza un modulador espacial de luz como elemento activo, tanto para la medición digital como para la compensación óptica de la aberración. Se muestran resultados experimentales y se discuten algunas de las ventajas y desventajas de las correcciones con este elemento.

Palabras clave: aberración, compensación, modulador espacial de luz.

**DIAMETER AND AXIAL POSITION
MEASUREMENT OF MICROMETRIC
PARTICLES BY IN-LINE DIGITAL
HOLOGRAPHY USING WAVELET
TRANSFORM**

**Y.M. Torres, F. Monroy, R. Amézquita,
J. García-Sucerquia**
Univ. Nacional de Colombia. Colombia.
ymtorresg@unal.edu.co

In this paper, we obtain the size and axial position measurement of particles sizing from 30 μm to 200 μm located at one plane for a Fraunhofer in-line holography setup. The hologram reconstruction is carried out via the wavelet transform. By the use of digital image processing tools, we obtain the size distribution histogram for the particles in the sample. The contrast measurement in the amplitude reconstruction presents a maximum when the axial coordinate employed for the reconstruction and the register distance equal. This fact is used as criterion to determine the axial position of the sample.

Keywords: in line Fraunhofer holography, axial position, wavelet transform.

**DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO Y
COORDENADA AXIAL DE
PARTÍCULAS MICROMÉTRICAS EN
HOLOGRAFÍA DIGITAL EN LÍNEA
UTILIZANDO TRANSFORMADA
WAVELET**

En este trabajo se determina la posición axial de partículas con tamaños desde 30 μm hasta 200 μm ubicadas en un plano. Para lograrlo se obtiene la reconstrucción de amplitud de los hologramas en línea tipo Fraunhofer utilizando la transformada wavelet. Dichas reconstrucciones son procesadas digitalmente y se obtiene un histograma con la distribución de los diámetros de las partículas en la muestra. La posición axial de las partículas es obtenida evaluando el contraste de la amplitud de la reconstrucción, el cual presenta un máximo cuando el valor de la coordenada axial utilizada en la reconstrucción coincide con la distancia de registro del holograma. Este resultado es utilizado como criterio en la determinación de la posición axial de la muestra.

Palabras clave: holografía de Fraunhofer en línea, localización axial, transformada wavelet.



MAKING HOLOGRAVURES AS COMPUTER GENERATED AND LASER ENGRAVED SCRATCH HOLOGRAMS

A.G. Augier, R.B. Sánchez

InSTEC. Cuba.

augier@instec.cu

"Hologravure" is a way for making computer generated holograms from three-dimensional (3D) models. This generalization of scratch holography is able for generating a type of computer engraved holograms from 3D virtual objects by using an appropriate software and laser tracing with a conventional computer driven CO₂ engraver-laser system.

Usually Scratch Holograms can be directly drawn by hand upon a suitable material, by using an appropriate tool, as a compass with two points, although some ingenious instruments for drawing scratch holograms were also reported.

A computing program was created for generating the holograms. Hologravures are able to encode virtual 3D images represented as files in 3D format and used as input data.

For making this type of computer generated hologram, neither diffractive optics, nor mask pattern or photo-reduction of a transparency onto a high resolution film plate is needed. The reconstructed image can be observed using white light and an appropriate illumination.

Hologravures were made representing several 3D models, engraved on different materials. The quality of the lines traced by the CO₂ laser is considered. Sheets of acrylic, polycarbonate, glass and thermo-resistant pieces of acetate were tested.

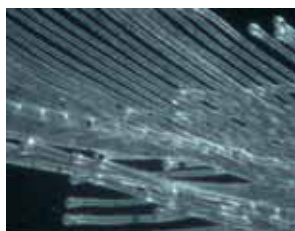


Figure 1. Hologravure-laser traces on acrylic transparent sheet.

HACIENDO HOLOGRAVURES COMO HOLOGRAMAS GENERADOS POR COMPUTADORA Y GRABADOS POR LÁSER

"Hologravure" es una manera de hacer hologramas generados por computadora de modelos tridimensionales (3D). Esta generalización de la scratch-holografía es capaz de generar por computadora un tipo de holograma grabado de objetos virtuales 3D, usando un software apropiado y un trazado con un sistema grabador láser de CO₂ convencional, guiado por una computadora.

Normalmente los scratch-hologramas pueden hacerse directamente a mano sobre un material conveniente usando una herramienta apropiada, como un compás con dos puntas. También han sido reportados algunos instrumentos ingeniosos para dibujar estos hologramas.

Un programa informático se creó para generar los hologramas. Los Hologravures pueden registrar en código imágenes virtuales representadas como archivos en formato 3D utilizados como datos de entrada.

Para hacer este tipo de holograma generado por computadora no se necesita ninguna óptica difractiva, ni modelo de máscara o foto-reducción de una transparencia hacia una placa fotográfica de alta resolución. La imagen reconstruida puede observarse utilizando luz blanca y una iluminación apropiada.

Se hicieron hologravures representando varios modelos 3D, grabados en materiales diferentes. Se considera la calidad de las líneas trazada por el láser de CO₂. Se probaron láminas de acrílico, polycarbonato, vidrio y piezas de acetato termo-resistentes.

Figura 1. Trazados láser de Hologravure sobre lámina de acrílico transparente.

Using the hologravure as a multiple image storage medium, a three-image storage computer generated hologram using the same CO₂ laser was engraved by varying the inclination angle of laser traces corresponding to each object.

Hologravure represents an alternative technology that allows a competitive use of the three-dimensional images obtained by this technique in Art, Graphic Design, Visual Media for Education, Science and others applications. Very interesting gigantic hologravures could be recorded in separated parts and then assembled as the pieces of a puzzle. In those holographic “puzzle”, it would be no difficulty in controlling the effect of depth in the obtained reconstructed images, which could be observed indoor, with appropriate illumination, or outside under sun illumination.

Reconstructed images of all these computer generated and laser engraved holograms and also of computer assisted and hand drawn scratch-holograms, synthesized by means of the same software are shown.

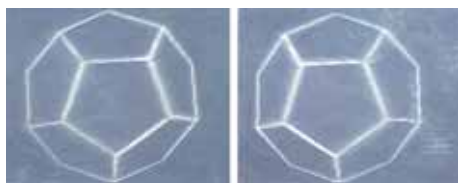


Figure 2. Hologravure-stereoscopic pair from the 3D reconstructed image of a polyhedron obtained at two different angles.

Keywords: scratch holograms, computer generated holograms, laser engraved systems.

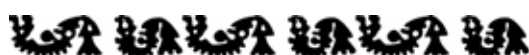
Usando el hologravure como un medio de almacenamiento de imagen múltiple, un holograma generado por computadora almacenando tres imágenes fue grabado usando el mismo láser de CO₂, variando el ángulo de inclinación de los trazos del láser que corresponden a cada objeto.

El Hologravure representa una tecnología alternativa que permite un uso competitivo de las imágenes tridimensionales obtenidas por esta técnica en Arte, Diseño Gráfico, Medios Visuales en Educación, en Ciencia y en otras aplicaciones. Podrían grabarse en partes separadas interesantes hologravures gigantes y entonces ensamblarse como las piezas de un rompecabezas. En esos rompecabezas hológraficos, no sería dificultad controlar el efecto de profundidad en las imágenes reconstruidas, pudiendo observarlas en interiores con la iluminación apropiada, o afuera bajo la iluminación del sol.

Se muestra las imágenes reconstruidas de varios hologramas generados por computadora y grabados con láser y también de scratch-hologramas asistidos por computadora y dibujados a mano, sintetizados por medio del mismo software.

Figure 2. Par estereoscópico de Hologravure, de la imagen 3D reconstruida de un poliedro, obtenido a dos ángulos diferentes.

Palabras clave: scratch-hologramas, hologramas generados por computadora, sistemas de grabado por láser.



**ELECTRO-OPTICAL METHOD
POLARIMETRIC MEASUREMENT**

L.J. Miranda Díaz

*Center for Technological Applications and
Nuclear Development. Cuba.*

miranda@ceaden.edu.cu

When passing a pulsing beam of polarized light of an LED or a semiconductor laser thru an optical system and two photodiodes spatially arranged at 90 degrees to each other and both with their detection faces parallel to the transmission shaft of light, and polarization axis oriented at 45 degrees of the vertices of the edges where the photodiodes join, in the outputs of two operational amplifiers, we have two signals with the same shape in time, i.e. a pulse train with the same phase, but when you turn the polarization plane, change the radiance of the light projected onto the photodiodes, being out of phase signals to the outputs of the amplifiers, where the difference between the fronts of the pulses is proportional to the angle of rotation of the plane of polarization of light. In a digital circuit phase discriminator, a pulse is obtained equal to the time difference between two sides of the rise in the output of two amplifiers. The width of this is directly proportional to the value of rotation the plane of polarization of light, that is, the greater the rotation, the greater the width of this pulse.

Keywords: polarimetric measurement.

**MÉTODO ELECTRO-ÓPTICO DE
MEDICIÓN POLARIMÉTRICA**

Al hacer pasar un haz de luz pulsante y polarizado, proveniente de un LED o de un LÁSER semiconductor, por un sistema óptico en el que se coloca la muestra bajo análisis y posteriormente hacer pasar dicho haz de luz entre dos fotodiodos dispuestos espacialmente a 90 grados uno del otro y ambos con sus caras de detección paralelas al eje de transmisión de la luz, y el eje de polarización orientado a 45 grados del vértice de las aristas en que se unen los fotodiodos, tendremos en las salidas de dos amplificadores operacionales acoplados a cada uno de los fotodiodos la misma señal, o sea, un tren de pulsos con la misma fase; pero al hacer rotar el plano de polarización las proyecciones de intensidad de luz sobre los fotodiodos variará y se desfazarán las señales a las salidas de los amplificadores, siendo el desfase entre los frentes de los pulsos proporcional al ángulo de rotación del plano de polarización de la luz. En un circuito digital discriminador de fase, se obtiene un pulso equivalente a la diferencia en tiempo entre los dos frentes de subida de los dos amplificadores. El ancho de este es directamente proporcional al valor de la rotación del plano de polarización de la luz, o sea, mientras mayor sea la rotación, mayor será el ancho de este pulso.

Palabras clave: medidas polarimétricas.



**COLOR MULTIPLEXING USING
DIRECTIONAL HOLOGRAPHIC
GRATINGS AND LINEAR
POLARIZATION**

**L.I. Lugo Pérez, A. Rodríguez Cobos,
G. Ramírez Flores, S. Guel Sandoval**
*Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
México.*
roca@cactus.iico.uaslp.mx

Utilizing light of different wavelength and holographic gratings made ex-profeso, whose spatial frequency is determined depending of what color is to be obtained in some also pre-determined direction, it is possible to multiplex information. Each wavelength can be modulated with a digital or analogical signal different; in such a way that multiple information can be sent simultaneously, using only one channel which can be an optical fiber. Demultiplexing is carried out using a similar grating, working backwards, allowing throughout an electronic system to recuperate the modulating information. It was been found that the system preserves the polarization of light, which give us a one more freedom degree, allowing us to process twice the original information amount.

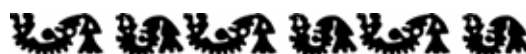
- [1] Héctor A. Trejo Mandujano. "Pseudocoloración Espacial por Multiplexado Holográfico" Tesis Profesional, Fac. de Ciencias, UASLP, Mex., 1998.
- [2] Norma A. Ibarra González, Principio de un Sistema de Procesado de Señales Ópticas para Aplicaciones al Multiplexado", Tesis Profesional, Fac. de Ciencias, UASLP, Mex., 2003.

Keywords: multiplexing, diffraction, holography, polarization, color.

**MULTIPLEXADO EN COLOR
USANDO REJILLAS HOLOGRAFICAS
DIRECCIONALES Y POLARIZACION
TRANSVERSAL**

Utilizando luz de diferente longitud de onda, y rejillas holográficas fabricadas ex-profeso, cuya frecuencia espacial se determina dependiendo del color que se desea obtener en alguna dirección también predeterminada, es posible multiplexar información. Cada longitud de onda puede ser modulada con una señal analógica o digital diferente; de tal manera que se puede enviar múltiple información simultáneamente utilizando un mismo canal, que puede ser una fibra óptica. El demultiplexado se lleva a cabo con otra rejilla similar a la anterior, que trabaja en forma inversa y permite recuperar mediante un sistema electrónico, la información moduladora. Se encontró que el sistema preserva la polarización, lo cual nos da un grado más de libertad, permitiéndonos procesar una doble cantidad de la información original.

Palabras clave: multiplexado, difracción, holografía, polarización, color.



**SIZE AND REFRACTIVE INDEX
MEASUREMENT OF COLLOIDAL
PARTICLES**

C. Sánchez-Pérez, A. García-Valenzuela
*Universidad Nacional Autónoma de México,
Mexico.*
celia.sanchez@cadet.unam.mx

Size particle determination has been a challenging area of research where different techniques have been already proposed and commercially developed. Among optical techniques for particle sizing we can mention two principal types: light scattering and spectroturbidimetry. In the first type features from the scattering pattern of isolated particles (highly dilute limit) are measured and from it the particle size inferred. In these techniques the refractive index of the particles must be known and commonly it is limited to sufficiently large particles so the scattering pattern has clearly measurable angular patterns. In spectroturbidimetry techniques, a spectrum of the extinction coefficient is measured and from it the particle size distribution is obtained and the refractive index of the particles must be known as well. If particles are sufficiently large the inversion of the particle size distribution is a well-conditioned inverse problem. However, as the particles size gets smaller the problem becomes very sensitive to errors in refractive index and some precautions must be taken into account for accurate results in this case [1].

The effective refractive index theory can be used to better infer the particle size without knowing *a priori* its refractive index even for very small particles [2,3]. In this work we propose a method to measure simultaneously the real and imaginary parts of the effective refractive index of a dilute suspension of particles, through measurements of the angle of refraction and transmittance of a laser beam that traverses a colloidal suspension. By measuring the complex effective refractive index and the volume fraction occupied by the particles and using the effective refractive index model, the size and the refractive index of the particles is calculated. We performed experiments using commercial polystyrene particles and silica particles suspended in

**MEDICIÓN DE TAMAÑO E INDICE
DE REFRACCIÓN DE PARTICULAS
EN COLOIDES**

La determinación del tamaño de partículas ha sido una interesante área de investigación; donde diferentes técnicas han sido propuestas y desarrolladas comercialmente. Entre las técnicas ópticas para determinar el tamaño de partículas; podemos mencionar dos principales tipos: esparcimiento de luz y espectroturbidimetría. En el primer tipo el patrón de radiación esparcida de partículas aisladas (en el límite alto de dilución) es medido y de ahí inferido el tamaño de las partículas. En estas técnicas el índice de refracción de las partículas debe ser conocido y comúnmente esta técnica es aplicada a partículas grandes de manera que el patrón de radiación esparcida tenga direcciones angulares bien definidas para ser medidas. En las técnicas de espectroturbidimetría, se mide el espectro del coeficiente de extinción a partir del cual se obtiene la distribución del tamaño de partícula para lo que también es necesario conocer el índice de refracción de las partículas. Si las partículas son suficientemente grandes la distribución de tamaño es un problema de inversión bien definido. Sin embargo, conforme las partículas son más pequeñas el problema se vuelve muy sensible a errores cometidos en el índice de refracción de éstas y algunos cuidados deben ser tomados en cuenta para tener precisión en este caso [1].

La teoría del índice de refracción efectivo puede ser usada para obtener de mejor manera el tamaño de partícula sin conocer *a priori* su índice de refracción; aún en el caso de partículas muy pequeñas [2,3]. En este trabajo proponemos un método para medir simultáneamente la parte real e imaginaria del índice de refracción efectivo, a través de la medición del ángulo de refracción y la transmitancia de un láser que atraviesa una suspensión coloidal. Midiendo el índice de refracción efectivo complejo y la fracción de volumen ocupada por las partículas y usando un modelo de índice de

deionised water. The radii of the particles were determined within an error in the order of 1%. The refractive index of the silica particles was in good agreement with that reported in literature; however for polystyrene particles it was measured to be less than that reported for the bulk of macroscopic bodies. We compare the obtained size data with electron transmission microscopy and dynamic light scattering measurements.

- [1] A. García-Valenzuela, C. Sánchez-Pérez, R. G. Barrera, E. Gutiérrez-Reyes, "On the retrieval of particle size from the effective optical properties of colloids", *Physica B*, (2010), in press.
- [2] A. Reyes Coronado, A. García-Valenzuela, C. Sánchez-Pérez, R. G. Barrera, "Measurement of the effective refractive index of a turbid colloidal suspension using light refraction", *New Journal of Physics*, vol. 7, 89 (2005).
- [3] A. García-Valenzuela, R. G. Barrera, E. Gutiérrez-Reyes, "Rigorous theoretical frameworks for particle sizing in turbid colloids using light refraction", *Opt. Express* 16, 24, 19741(2009).

Keywords: particle sizing, particle refractive index, colloids, refractometry.



WAVEFRONT CALCULATION FROM THE BACKSCATTERING PHASE IN THE PROOF OF OPTICAL ELEMENTS

G. Díaz-González¹, J. Muñoz-López¹, J. Castro-Ramos¹, A. Santiago-Alvarado²
¹INAOE, Mexico.

²Universidad Tecnológica de la Mixteca.
Mexico.

gdiaz@susu.inaoep.mx

In the manufacturing of optical components there are tests to determine the accuracy degree with which the surfaces were generated. In these tests, the contribution to

refracción efectivo el tamaño y el índice de refracción de las partículas es calculado. Llevamos a cabo experimentos usando partículas de poliestireno comerciales y partículas de sílice suspendidas en agua desionizada. Los radios de las partículas fueron determinados con un error del orden del 1%. El índice de refracción de las partículas de sílice fue obtenido con buena concordancia con el reportado en la literatura; sin embargo para las partículas de poliestireno, éste fue menor que el reportado para el material en bulto. Comparamos los valores para el tamaño con mediciones por microscopia de transmisión de electrones y por espacimientto dinámico de luz.

Palabras clave: tamaño de partícula, índice de refracción de partículas, coloides, refractometría.

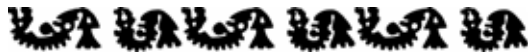


CALCULO DEL FRENTE DE ONDA A PARTIR DE LA FASE RETROESPARCIDA EN LA PRUEBA DE ELEMENTOS ÓPTICOS

En el área de fabricación de elementos ópticos, se cuenta con pruebas para determinar el grado de exactitud con el que las superficies fueron generadas. En estas

the performance owing to deviation from ideal wavefront due to surface roughness generally is not considered. In this paper we estimate numerically the effect of roughness on the ideal wavefront, comparing results with those obtained with traditional optical testing, in specific with Ronchi test.

Keywords: scattering, Ronchi test.



EXPERIMENTAL EVIDENCE OF AN EFFECTIVE MEDIUM FOR DIFFUSE LIGHT IN TURBID COLLOIDS

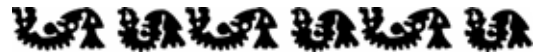
H. Contreras-Tello, A. García-Valenzuela
*Universidad Nacional Autónoma de México,
Mexico.*
humberto.contreras@ccadet.unam.mx

The propagation of light on turbid media is usually modeled with radioactive transfer theory. When diffuse light travelling in a turbid colloid is reflected and transmitted at a flat interface where there is a refractive index mismatch, it is not clear whether one should assume the incident diffuse-light is travelling in a medium with a refractive index equal to that of the background medium (usually referred as the matrix) or if one should assume an effective refractive index. Most authors simply avoid this issue and most often use the refractive index of the matrix.

In this work we present a simple experiment to investigate this issue. When diffuse light travelling in a transparent medium is transmitted to a transparent medium of higher refractive index, it is confined to a cone around the normal to the interface. The aperture angle of the diffuse-light cone is equal to the critical angle for that interface. If diffuse light comes from a turbid medium and is transmitted to a transparent glass prism, a diffuse-light cone may be observed.

pruebas no se considera la contribución en la desviación del frente de onda ideal debido a la rugosidad de la superficie. En este trabajo calculamos numéricamente el efecto de la rugosidad en el frente de onda ideal, comparando los resultados con los obtenidos con pruebas ópticas tradicionales, en particular la prueba de Ronchi.

Palabras clave: esparcimiento, prueba de Ronchi.



EVIDENCIA EXPERIMENTAL DE UN MEDIO EFECTIVO PARA LUZ DIFUSA EN COLOIDES TURBIOS

La propagación de la luz en un medio turbio usualmente se modela con la teoría de transferencia radiactiva. Cuando la luz difusa viajando en un coloide turbio se refleja y transmite en una interfaz plana donde existe un cambio de índice de refracción, no es claro si se debería de asumir que la luz difusa incidente esta viajando en un medio con el índice de refracción del medio de procedencia (usualmente referido como la matriz) o si se debería asumir un índice de refracción efectivo. Muchos autores simplemente evitan este tema y la mayoría usa el índice de refracción de la matriz.

En este trabajo se presenta un experimento simple para investigar esta interrogante. Cuando la luz difusa viajando en un medio transparente se transmite a un medio transparente con un índice de refracción mayor, ésta se confina en un cono alrededor de la normal de la interfaz. El ángulo de apertura del cono de luz difusa es igual al ángulo crítico para la interfaz de los dos medios. Si la luz difusa proveniente de un

refractive index “seen” by the diffuse light within the turbid colloid. We performed experiments with turbid colloids made of TiO₂ (rutile) particles and latex particles, both dispersed in water. Our experimental results provide clear evidence that diffuse light inside the turbid colloid travels in an effective medium and sees an effective refractive index. We also analyze and develop a model that describes our own experimental results.

Keywords: diffuse light, turbid colloids, effective refractive index, effective medium.

medio turbio es transmitida a un prisma de vidrio transparente, un cono de luz difusa puede ser observado. El perfil angular de intensidad que define los bordes del cono de luz dependerá del índice de refracción *visto* por la luz difusa dentro del coloide turbio. Se realizaron experimentos con coloides turbios hechos de partículas de TiO₂ (rutilo) y látex dispersos en agua. Nuestros resultados experimentales proveen clara evidencia que la luz difusa dentro de un coloide turbio viaja en un medio efectivo y ve un índice de refracción efectivo. También se analiza y desarrolla un modelo que describe los resultados experimentales obtenidos.

Palabras clave: luz difusa, coloides turbios, índice de refracción efectivo, medio efectivo.



DOUBLE MACH-ZEHNDER INTERFEROMETER FOR TOMOGRAPHIC OBTENTION OF THE TEMPERATURE DISTRIBUTION OF A FLAME

L.R. Berriel Valdós¹,
E. De la Rosa Miranda²,
J.F. Aguilar Valdez¹, J.C. Aguilar-López¹

¹INAOE. Mexico.

²Univ. Autónoma de Zacatecas. Mexico.

berval@inaoep.mx

Many of the tomographic reconstruction algorithms need a large number of projections. This is an impediment to use algebraic methods. However, phase-objects in the non-refractive limit (smooth and continuous with the environment) can be algebraically reconstructed from two orthogonal projections. An extra simplification can be made by assuming that the phase-object can be approximated with a linear combination of Gaussian basis functions. These two assumptions allow us to reconstruct a phase-object quickly and accurately.



DOBLE INTERFERÓMETRO MACH- ZEHNDER PARA LA OBTENCIÓN TOMOGRÁFICA DE LA DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN UNA FLAMA

Muchos de los algoritmos de reconstrucción tomográfica necesitan un gran número de proyecciones. Esto es un impedimento para usar métodos algebraicos. Sin embargo, los objetos de fase en el límite no refractivo (objetos suaves y continuos con el entorno), pueden ser reconstruidos algebraicamente a partir de dos proyecciones ortogonales. Se puede hacer una simplificación extra suponiendo que el objeto de fase puede ser aproximado por medio de una combinación lineal de funciones base Gaussianas. Estas dos suposiciones nos permiten reconstruir un objeto de fase en forma rápida y precisa.

For obtaining the projections, two Mach-Zehnder interferometers are implemented in such optical array to have two perpendicular interferograms, one of the arms of each interferometers illuminates the flame perpendicular to the other. The interferometers work independently each to other, with the same beam of coherent light coming out from a He-Ne laser (632.8 nm), they form simultaneously its own interference pattern. Then the phase is obtained from those patterns and the temperature distribution numerically calculated.

Keywords: optical tomography, phase-object, refractive index.



β -CAROTENE, ELECTRICAL PROPERTIES

M. J. Ordóñez-Padilla^{1,2},
A. Olivares-Pérez¹,
V. Santacruz-Vázquez²,
C. Santacruz-Vázquez², S. Toxqui-López¹,
V. Dorantes-García^{1,2}, I. Fuentes-Tapia¹
INAOE. Mexico.

Universidad Autónoma de Puebla. Mexico.
mjopgato@hotmail.com

The β -carotene, biopolymer photosensitive substance is a fat-soluble and water soluble, it has conductivity properties due. Therefore, it was optimized according to the conductive capacity. The β -carotene is molecularly excited with the induction voltage. There also were other ways to obtain materials that are purchased in other impedance values. So to produce conduction electrons using light that transmit electrical current. This is the principle governing the conductivity of the samples prepared in the laboratory.

Keywords: impedance, electron delocalization.



Para obtener las proyecciones, se disponen dos interferómetros tipo Mach-Zehnder en un arreglo óptico, de tal forma que se tengan dos interferogramas perpendiculares; uno de los brazos de cada interferómetro ilumina a la flama perpendicularmente. Los interferómetros trabajan independientemente con el mismo haz de luz coherente proveniente de un láser He-Ne (632.8 nm). Simultáneamente, cada Mach-Zehnder forma su propio patrón de interferencia y de estos se extrae la fase para posteriormente calcular la distribución de temperatura.

Palabras clave: tomografía óptica, objeto de fase, índice de refracción.



β -CAROTENO, PROPIEDADES ELÉCTRICAS

El β -caroteno, biopolímero fotosensible, es una sustancia liposoluble e hidrosoluble, tiene propiedades de conductividad. Por lo cual, fue optimizado de acuerdo a la capacidad conductiva. El β -caroteno es excitado molecularmente con la inducción de voltaje. Además, se encontraron otras formas de obtener materiales en la que se adquieren otros valores de impedancia. Por lo que para producir electrones de conducción se utilizan la luz y se provoca la liberación de estos que transmiten la corriente eléctrica. Éste es el principio que rige la conductividad de las muestras preparadas en el laboratorio.

Palabras clave: impedancia, deslocalización de electrones.

**NEW HARTMANN'S SCREENS TO
TEST A PLANE-CONVEX SPHERICAL
BIREFRINGENT LENS**

**M. Avendaño-Alejo,
D.M. González-Utrera**

*Universidad Nacional Autónoma de México,
Mexico.*

maximino.avendano@ccadet.unam.mx

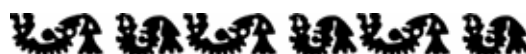
In this work by using the equation of the caustic produced by a plane-convex spherical lens considering a point source at infinity, we design a Hartmann screen in such a way that produce aligned straight fringes for the observed patterns at the detection plane; that we have called a Hartmann's null screen. For a birefringent lens, it has been shown that when the crystal axis is orthogonal to the optical axis, the lens has two foci: one for meridional ordinary rays and the other for extraordinary rays lying on a plane orthogonal to the meridional plane. For a birefringent lens made of calcite, the ordinary focus is shorter than the extraordinary focus, in this way, the Hartmann screen for the ordinary ray lie inside the caustic for the extraordinary ray, therefore, it present singularities at the detection plane. A qualitative test is presented in this work.

Keywords: caustics by refraction, Hartmann's null screen, birefringent lens.

**NUEVAS PANTALLAS NULAS TIPO
HARTMANN PARA EL ANÁLISIS DE
LENTEs BIRREFRINGENTES PLANO
CONVEXAS ESFÉRICAS**

Utilizando la ecuación de la cáustica producida por una lente esférica plano-convexa cuando la fuente puntual está en infinito, diseñamos pantallas nulas tipo Hartmann de manera que se observan en el plano de detección una distribución uniforme de líneas rectas, a lo que hemos denominado pantallas nulas. Para lentes birrefringentes, se ha mostrado que cuando el eje del cristal es perpendicular al eje óptico, la lente tiene dos focos; se puede considerar que los rayos ordinarios permanecen sobre un plano meridional, y los rayos extraordinarios permanecen sobre un plano perpendicular al plano meridional. Para una lente birrefringente elaborada de calcita, el foco ordinario es más corto que el foco extraordinario, de tal manera que la pantalla de Hartmann diseñada para el rayo ordinario permanece dentro de la cáustica del rayo extraordinario mostrando singularidades. Se presenta una prueba cualitativa para una lente birrefringente.

Palabras clave: cáusticas por refracción, pantallas nulas tipo Hartmann, lentes birrefringentes.



**EQUATION FOR THE CAUSTIC
SURFACE PRODUCED BY
REFRACTION THROUGH AN
ASPHERICAL PLANE-CONVEX LENS,
TO DESIGN NEW HARTMANN'S
NULL SCREENS**

M. Avendaño-Alejo,

D. M. González-Utrera

*Universidad Nacional Autónoma de México,
Mexico.*

maximino.avendano@ccadet.unam.mx

In this work an equation for the caustic surface produced by an aspherical plane-convex lens considering a point source at infinity is obtained. We design a Hartmann screen in such a way that we have a uniform distribution of bright spots of the same size spots at the detection plane; that we have called a Hartmann's null screen. The design of this screen is based on the knowledge of the caustic surface by refraction or diacaustic. This design is intended to make straightforward the detection of the spots for the measurement of the Longitudinal Spherical Aberration for a lens under test. A qualitative test for a plane-convex parabolic lens by using this kind of null screens is presented in this work.

Keywords: caustics by refraction, Hartmann's null screen, spherical aberration.



**THE RONCHI TEST USING AN LCD
AS A PHASE GRATING**

M. Mora-González, F.J. Casillas,

J. Muñoz-Maciel, R. Chiu-Zarate,

G. Gómez-Rosas, J. Salinas-Luna,

F.G. Peña-Lecona

Universidad de Guadalajara. Mexico.

mmora@culagos.udg.mx

The Ronchi test with a Liquid Crystal Display (LCD) phase grating is used for testing convergent optical systems. The rulings are computer-generated and phase

**ECUACIÓN DE LA CÁUSTICA POR
REFRACCIÓN DE UNA
LENTE ASFÉRICA PLANO CONVEXA
PARA EL DISEÑO DE NUEVAS
PANTALLAS NULAS DE HARTMANN**

En este trabajo obtuvimos la ecuación general de la superficie cáustica por refracción producida por una lente esférica plano-convexa considerando una fuente puntual en infinito. Diseñamos una pantalla tipo Hartmann, de tal manera que tengamos una distribución uniforme de manchas brillantes en el plano de detección, a lo que hemos llamado pantalla nula de Hartmann. Este tipo de pantallas se han diseñado con la finalidad de hacer más sencillo la detección de las manchas brillantes en el plano de detección, para la evaluación de la aberración esférica longitudinal esféricas bajo prueba. Presentamos una evaluación cualitativa para una lente plano-convexa parabólica.

Palabras clave: caustic por refracción, pantalla nula de Hartmann, aberración esférica.



**LA PRUEBA DE RONCHI
UTILIZANDO UNA LCD COMO
REJILLA DE FASE**

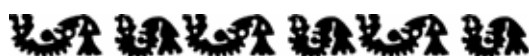
La prueba de Ronchi con una Pantalla de Cristal Líquido (LCD, de sus siglas en inglés) como rejilla de fase se utiliza para medir sistemas ópticos convergentes. Las

grating by using an LCD. By displaying various phase-shifted rulings and capturing the corresponding ronchigrams, the phase is obtained with the conventional phase-shifting algorithms. Theoretical and experimental results are shown.

Keywords: Ronchi test, phase gratings, liquid crystal display, LCD, optical test.

rejillas son generadas por computadora y desplegadas por la LCD. Probamos que es posible hacer una rejilla de fase electrónicamente variable utilizando una LCD. Para desplegar varios desplazamientos en la fase de la rejilla y capturar sus correspondientes ronchigramas, la fase se obtiene con el algoritmo convencional de “desplazamiento de fase”. Se muestran los resultados teóricos y experimentales.

Palabras clave: prueba de Ronchi, rejillas de fase, pantallas de cristal líquido, LCD, pruebas ópticas.



HOLOGRAMS RECORDED IN DICHROMATED SIMPLE SUGARS

N. Mejias-Brizuela¹, A. Olivares-Pérez¹,
A. Grande-Grande²

¹ INAOE. Mexico.

² Inst. Tecn. Superior de Atlixco. Mexico.

nilyame@inaoe.mx

The simple sugars used as emulsion to holographic record are glucose and fructose, the more simple glucides of chemistry formulates $C_6H_{12}O_6$. It contains five hydroxyls groups presents in its molecular structure. Glucose has one hydroxyl group primary ($--CH_2OH$) and the remaining four are secondary ($--CHOH$) while fructose has two hydroxyl groups primary and the remaining three are secondary. The primary hydroxyl groups react mainly, in our case with the added photosensitive salt, potassium dichromate, $K_2Cr_2O_7$.

Corn syrup used as emulsion for holographic record also, is a liquid sweetener, obtained by the starch hydrolysis. It contains glucose and fructose mainly. We used Karo® corn syrup.

These materials have the advantage to mix very well with $K_2Cr_2O_7$ and synthetic dyes as bright blue, a triphenylmethane derivative dye. It has the disadvantage of a high



HOLOGRAMAS GRABADOS EN AZUCARES SIMPLES DICROMATADOS

Los azúcares simples usados como matriz para grabado holográfico son glucosa y fructosa, los glúcidos más simples de fórmula molecular $C_6H_{12}O_6$. Estos contienen 5 grupos hidroxilos presentes en su estructura molecular. La glucosa tienen un solo grupo hidroxilo primario ($--CH_2OH$) y los cuatro restantes son secundarios ($--CHOH$), mientras que, la fructosa tiene dos grupos hidroxilos primarios y el resto son secundarios. Los grupos hidroxilos primarios son los que reaccionan principalmente, en nuestro caso con la sal fotosensible agregada, dicromato de potasio, $K_2Cr_2O_7$.

La miel de maíz también fue usada como matriz para grabado holográfico. Esta es un edulcorante líquido obtenido principalmente por hidrólisis del almidón. Usamos miel de maíz Karo®, cuyos componentes principales son glucosa y fructosa.

absorption of environmental humidity (hydrophilia). For this reason, is necessary to protect the sugars films after to make holographic record.

Holographic gratings recorded in sugars, were made by interference produced using a wavelength at 473 nm. The maximum diffraction efficiency for dichromated simple sugars was from the order of 7.0 % at first diffraction order. The maximum diffraction efficiency for dichromated corn syrup was from the order of 4.0 %.

Keywords: glucose, fructose, corn syrup, blue brilliant, potassium dichromate, diffraction efficiency, holograms, hydrophilia.

Estos materiales tienen la ventaja de mezclarse muy bien con $K_2Cr_2O_7$ y colorantes sintéticos como el azul brillante, un derivado del trifenilmetano, pero presentan la desventaja de una alta absorción de humedad (hidrofilia), razón por la que es necesario proteger las películas de azúcares después de realizado el grabado.

Las rejillas holográficas grabadas en azúcares se realizaron mediante interferencia producida usando una longitud de onda de 473 nm. El máximo de eficiencia de difracción para los azúcares simples dicromatados fue aproximadamente del orden de 7.0 % a primer orden y para la miel de maíz dicromatada fue del orden de 4.0 %.

Palabras claves: glucosa, fructosa, miel de maíz, azul brillante, dicromato de potasio, eficiencia de difracción, hidrofilia.



HOLOGRAMS PREPARATION USING COMMERCIAL FLUORESCENT BENZYL

**V. Dorantes -García, A. Olivares-Pérez,
M.J. Ordoñez-Padilla, I. Fuentes-Tapia**
INAOE. México.
valdoga@hotmail.com

Description from the process of making holograms, using some common substances such as benzyls, used to make commercial text markers and floor cleaners. We have improved properties with substances such as fluorescence to blue laser to be able to make transmissions holograms, using dichromate as sensibilizer and polyvinyl alcohol (PVA) as matrix.

We also focus our attention in finding a manner to make this process repetitive in spite of different temperature and humidity of environment conditions.

Keywords: holograms.

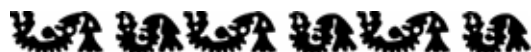


PREPARACION DE HOLOGRAMAS USANDO BENZILOS FLUORESCENTES COMERCIALES

Se describe el proceso de elaboración de hologramas usando sustancias comunes tales como marca textos y limpiadores de pisos, aprovechando de éstas la característica de presentar fluorescencia al laser azul y con ello la realización de hologramas de trasmisión, usando dicromato como sensibilizador, en una matriz de alcohol polivinílico (PVA).

También nos hemos enfocado a encontrar las condiciones óptimas para hacer este proceso de manera repetitiva a pesar de las diferentes condiciones de humedad y temperatura del medioambiente.

Palabra clave: hologramas.



**ANALYSIS, OPTIMIZATION AND
IMPLEMENTATION OF A DYNAMIC
STOKES POLARIMETER BASED ON
LCDs**

**A. Peinado¹, Á. Lizana¹, J. Vidal^{1,2},
C. Iemmi³, J. Campos¹**

¹*Univ. Autónoma de Barcelona. Spain.*

²*ALBA Synchrotron Light Source Facility
Spain.*

³*Universidad de Buenos Aires. Argentine.*

Juan.Campos@uab.es

Polarimeters are optical instruments used to measure the polarization state of a light beam (Stokes polarimeter) or to characterize the polarimetric properties of samples (Mueller polarimeter), by means of radiometric measurements. In a large number of optical applications, as for instance in medical physics, polarizing samples characterization, diffractive optics or radar applications, the knowledge of some specific polarimetric information is required and so, the use of polarimeters becomes essential. Moreover, Stokes polarimeters can be sub-divided as complete or incomplete polarimeters. Whereas the first group fully describes the state of polarization of light beams, incomplete polarimeters only provide partial polarimetric information.

As it is well-known, Liquid Cristal Displays (LCDs) are birefringent materials with a large phase modulation capability. Thus, LCDs may be applied for the implementation of Stokes polarimeters. In these LCDs based polarimeters, the LCDs operate as variable retarders whose retardance values are electronically controlled. As a result, polarimeters avoiding certain errors associated to polarimeters based on mechanic systems are achieved.

In this work, we present an analysis, optimization and implementation of different dynamic Stokes polarimeter configurations based on LCD technology. In the optimization process, we study how noise from intensity measurements is amplified to the polarization state measure. For this aim, different indicators are applied, as the Condition Number and the Equally Weighted Variance. In addition, their dependence on the number of polarization analyzers is also studied. As experimental

**ANÁLISIS, OPTIMIZACIÓN E
IMPLEMENTACIÓN DE UN
POLARÍMETRO DE STOKES
DINÁMICO BASADO EN LCD**

Un polarímetro es un instrumento óptico que permite medir el estado de polarización de un haz de luz (polarímetro de Stokes) o caracterizar las propiedades polarimétricas de un material (polarímetro de Mueller) a partir de medidas de intensidad. Esta información polarimétrica es de gran utilidad en numerosos campos como física médica, astronomía, caracterización de materiales, óptica difractiva o radar. Según el tipo de información proporcionada por un polarímetro de Stokes, éstos se pueden clasificar en polarímetros completos e incompletos. Mientras que los primeros permiten caracterizar completamente el estado de polarización de un haz de luz, los incompletos proporcionan una información parcial.

Recientemente, los dispositivos de cristal líquido (LCDs, del inglés Liquid Crystal Displays) han empezado a ser utilizados en la implementación de polarímetros debido a la gran capacidad de modulación en fase que presentan los materiales birrefringentes que los constituyen. En este tipo de polarímetros, los LCDs actúan como láminas de desfase variable controladas electrónicamente, constituyendo polarímetros dinámicos que permiten eliminar ciertos errores asociados a polarímetros basados en sistemas mecánicos. En este trabajo se desarrolla el análisis, optimización e implementación de diferentes polarímetros de Stokes dinámicos basados en tecnología de LCD. En el proceso de optimización se ha estudiado como se propaga el ruido en las medidas de intensidad al estado de polarización. Para ello, se usan varios indicadores como el Condition Number i el Equally Weighted Variance, y se analiza su dependencia con el número de analizadores de polarización

set-ups always present associated experimental errors, the implemented polarimeters slightly differ from the theoretical values. Therefore, we analyze how small variations of the optimal configurations still give a well-conditioned system. Afterwards, an experimental calibration is conducted with the purpose of implementing some of the optimized polarimeters. Finally, the implemented polarimeters are tested by measuring different polarization states and the results obtained are compared to the ones given by a commercial polarimeter.

Keywords: Stokes polarimeter, LCD, Mueller-Stokes formalism, polarimeter optimization, amplification error.

utilizado. Debido a diferentes errores de origen experimental, el polarímetro implementado experimentalmente siempre difiere ligeramente de los valores óptimos obtenidos teóricamente. En consecuencia, se ha estudiado como pequeñas variaciones de las configuraciones óptimas modifican el condicionamiento del sistema. A continuación, se describe la calibración experimental desarrollada para llevar a término la implementación de algunos de los polarímetros optimizados. Finalmente, la validez de los polarímetros implementados es examinada mediante la medición de diferentes estados de polarización. Los resultados obtenidos son comparados con los correspondientes a un polarímetro comercial.

Palabras clave: polarímetro de Stokes, LCD, formalismo de Mueller-Stokes, optimización polarímetro.



AMPLITUDE AND PHASE CHARACTERIZATION OF SPATIAL WAVEFRONTS BY DIFFRACTED BEAM INTERFEROMETRY: BLIND DBI

**E. López-Lago, H. González-Núñez,
R. De la Fuente**

*Univ. de Santiago de Compostela. Spain.
elena.lopez.lago@usc.es*

Diffracted beam interferometry (DBI) is a self-referencing characterization technique whose operation principle is based on the reconstruction of the phase of a beam starting from the interference data between the beam and its diffracted copy. The phase is recovered indirectly by means of an iterative algorithm that relates the irradiances of the interfering beams and its phase difference.

The first experimental demonstration of DBI was implemented on a Mach-Zehnder interferometer which incorporated an afocal imaging system in each arm, in order to form an image of a common object in different



CARACTERIZACIÓN DE LA AMPLITUD Y FASE DE FRENTES DE ONDA ESPACIALES MEDIANTE INTERFEROMETRÍA DE HAZ DIFRACTADO: DBI CIEGO

La interferometría de haz difractado (DBI) es una técnica de caracterización autorreferenciada y su principio de operación se basa en reconstruir el frente de ondas de un haz a partir de la información extraída de la interferencia de dicho haz con una copia del mismo difractada. La fase se recupera de forma indirecta mediante un algoritmo numérico iterativo que relaciona las irradiancias de las ondas que interfieren y su diferencia de fase.

Los primeros experimentos se realizaron con un interferómetro tipo Mach Zehnder empleando un sistema de lentes afocal en cada brazo para formar imagen de un objeto

planes at the output of the interferometer. The irradiance data as well as the phase difference data were picked up from one of the image planes and they were introduced in the iterative algorithm.

In this work we discuss a modification of the algorithm that allows to reconstruct simultaneously the amplitude and phase of the wavefront starting from, exclusively, the phase difference between the two waves that interfere in one of the image planes. This new algorithm improves the reconstruction process because the data acquisition process is faster and consequently the method is less influenced by environment disturbances. If we combine DBI with spatial modulation techniques, the method requires recording only a single interferogram. The method has been applied successfully to the characterization of phase plates and laser beams as well as to the local characterization of ophthalmic lenses. The method can be applied to movable signals.

In order to demonstrate experimentally the capabilities of the algorithm we use a similar Mach-Zehnder interferometer but with some changes incorporated which are managed to speed up the data acquisition process and to adjust the size of the beam to the CCD sensor and also to exploit the dynamic range independently from the interferometer parameters. The parameters of the sensor are the focal lengths of the lens that made up each telescope. They are chosen as function of the object characteristics to ensure that the diffraction effects between the two image planes are strong enough to guarantee the good performance of the algorithm but obviously they determine the size of the interfering beams at the image plane.

Keywords: interferometry, wavefront sensing.

común en planos distintos localizados a la salida del interferómetro. Los datos relativos a las irradiancias y a la diferencia de fase se extraían de uno de los planos imagen (donde se situaba el sensor de la cámara) y se introducían en un algoritmo iterativo.

En este trabajo discutimos una variante del algoritmo de reconstrucción que nos permite recuperar simultáneamente la amplitud y la fase del frente de ondas a partir, exclusivamente, de la diferencia de fase extraída del interferograma de la propia onda y su copia difractada. Este cambio supone una mejora significativa del método ya que agiliza en el proceso de toma de datos, que puede limitarse a la adquisición de un único registro. Este método se ha aplicado con éxito a la caracterización local de lentes oftálmicas, y a la caracterización global de láminas de fase y haces láser y puede ser aplicado a la caracterización de señales en movimiento.

Para la realización experimental empleamos el mismo tipo de interferómetro aunque se le han introducido algunas modificaciones. Unas están dirigidas a agilizar el proceso de toma de datos: para ello hemos reemplazado la técnica de interferometría de saltos de fase por la técnica interferométrica de modulación de la frecuencia espacial. Las otras se introdujeron para ajustar, independientemente de los parámetros del interferómetro, el tamaño de haz al sensor de la cámara así como aprovechar el rango dinámico de la misma. Los parámetros del sistema son las distancias focales de las lentes que constituyen cada telescopio. Estas se seleccionan en función de las características del objeto para asegurar que los efectos de la difracción entre planos imagen sean suficientes para garantizar el buen funcionamiento del algoritmo.

Palabras clave: interferometría, caracterización del frente de onda.



**AMPLITUDE AND PHASE
CHARACTERIZATION BY RADIAL
SHEARING INTERFEROMETRY**

**E. López-Lago, H. González-Núñez,
R. Fuente**

*Univ. de Santiago de Compostela. Spain.
elena.lopez.lago@usc.es*

Radial shearing interferometry (RSI) is a self-referenced interferometric technique that infers the phase of a signal beam by taking as a reference a magnified copy of the beam. If large magnification occurs, the phase of the reference beam it is usually taken as a constant in the region of overlapping of the two beams; thus, the phase difference obtained from the interferogram corresponds directly to the phase of the signal beam, except for the piston. Nevertheless, for smaller magnifications the phase of the signal beam has to be determined by using a numerical algorithm that processes the phase difference obtained from the interferogram. Several iterative and non iterative algorithms have been proposed to characterize only the phase or to characterize both the amplitude and phase of the object beam.

In this work we discuss a novel iterative procedure to reconstruct both the amplitude and phase of an optical signal by RSI. The method is simple, and it achieves convergence after few iterations. We have analyzed the effect of different parameters on the convergence specially the relative magnification between the interfering beams. Simulations showed that as the relative magnification approach to 1, the convergence slows down although the asymptotic value of the reconstruction error remains practically the same.

Experimental radial shearing measurements show that complete beam characterization can be performed from a single interferogram by applying well established Fourier techniques to extract the data. It has been applied, for example, to optical testing and characterization of laser beams.

Experiments have been performed with a Mach-Zehnder type interferometer with one telescope in each arm. One is inverted with respect to the other in such a way that the two arms form image of the object at the

**CARACTERIZACIÓN DE FRENTES
DE ONDA MEDIANTE
INTERFEROMETRÍA DE
DESDOBLAMIENTO RADIAL**

La interferometría de desdoblamiento radial (RSI) es una técnica interferométrica autorreferenciada que emplea como haz de referencia una copia aumentada del propio haz señal. Para grandes aumentos, la fase del haz de referencia puede considerarse constante en la región de superposición de los dos haces y del interferograma se obtiene directamente la fase del haz señal. Sin embargo si los aumentos no son suficientemente grandes, es necesario emplear un algoritmo numérico que relacione la diferencia de fase extraída directamente del interferograma con la fase de haz bajo test.

En este trabajo discutimos un algoritmo iterativo que reconstruye de forma independiente la amplitud y la fase de un haz mediante RSI. Se trata de un algoritmo sencillo que converge tras unas pocas iteraciones. Se ha analizado la influencia de distintos parámetros en la convergencia del algoritmo, en especial la de los aumentos relativos entre los dos haces que interfieren. Las simulaciones muestran que conforme los aumentos relativos tienden a 1 se ralentiza la convergencia aunque el error de reconstrucción tiende asintóticamente al mismo valor.

Para obtener los datos experimentales se utiliza un interferómetro tipo Mach-Zehnder que incorpora un sistema afocal en cada brazo. Estos sistemas forman imagen del objeto en el mismo plano pero con aumentos distintos, una de las imágenes es aumentada y la otra disminuida. Los parámetros de diseño son precisamente las distancias focales de las lentes implicadas, que condicionan los tamaños de los dos haces en el plano de observación. El método se ha aplicado con éxito a la caracterización de elementos ópticos y de haces láser. Se ha realizado un análisis de validez del método comparando distintas magnitudes numéricas devueltas por el algoritmo y sus análogas

same plane but with different magnifications. The design parameters are the focal lengths of the lens which determine the size of the beams at the observation plane and, the length of the interferometer. To validate the results of the characterization a separate measurement of the signal irradiance has been compared to the retrieved irradiance, showing good agreement. We have compared also its performance against blind diffracted beam interferometry.

Keywords: interferometry, wavefront sensing.



DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM TO ESTIMATING PITCH AND ROLL FOR AN ABSOLUTE FLAT X-RAY MIRROR TESTING USING LATERAL SHEARING TECHNIQUE

J. Vidal^{1,2}, J. Nicolas¹, J. Campos²

¹*ALBA Synchrotron Light Source Facility, Spain.*

²*Universitat Autònoma de Barcelona, Spain.*
jvidal@cells.es

The Interferometers are key optical elements for highly accurate measurements of optical surfaces. They are used in a large number of applications. In X-ray mirror metrology, they are usually applied in a grazing incidence to measure the topography of diverse shape mirrors used in synchrotrons. The main limit of the accuracy when using an interferometer, such as the Fizeau interferometer, is the quality of the reference surface. If the accuracy given by the reference surface and the one required for the measurements are of the same order of the required accuracy for the measurements, a method to remove the influence of the reference surface is demanded.

The Lateral Shearing technique (LS) is a technique that removes the influence of the reference surface. It consists on using two or more acquisitions of the specimen given by the interferometer in an overlapped region.

experimentales, entre ellas las irradiancias reconstruidas por el algoritmo con las medidas directamente en una cámara CCD. También se ha comparado su funcionamiento con la variante ciega de la interferometría de haz difractado.

Palabras clave: interferometría, caracterización del frente de onda.



DESARROLLO DE UN ALGORITMO PARA LA ESTIMACIÓN DE PITCH Y ROLL PARA LA MEDICIÓN ABSOLUTA DE ESPEJOS PLANOS DE RAYOS X MEDIANTE LA TÉCNICA DEL LATERAL SHEARING

Los interferómetros son dispositivos ópticos de gran importancia para medidas de superficies con extrema precisión. Son usados en gran número de aplicaciones. En metrología de rayos X, son normalmente colocados en incidencia rasante para medir la topografía de diferente tipo de espejos de sincrotrón. La principal limitación en la precisión cuando se usa un interferómetro, por ejemplo un interferómetro de Fizeau, viene dada por la calidad de la superficie de referencia. Si la precisión de la superficie de referencia es del mismo orden que la precisión requerida para las medidas, se necesita un método para eliminar dicha influencia de la superficie de referencia.

La técnica del lateral shearing (LS) elimina la influencia de la superficie de referencia. Consiste en el uso de dos o más medidas del espejo dadas por el interferómetro en una

Afterwards, with a combination of spatial and Fourier domain, the LS uses the measurements to calculate the topography of the mirror. The imprecision of the linear stage (i.e. guidance and positioning errors) used to shift the specimen become the new limit for an accurate characterization.

In ALBA, the Spanish synchrotron, and in collaboration with the Universitat Autònoma de Barcelona, an algorithm to reduce the impact of these errors is developed. Pitch and roll introduce a quadratic uncertainty and reduce the region of reconstruction because the edge effects in the Fourier treatment. The new method is working with the data redundancy obtained from the acquisitions. The estimation is done from the difference between the edges of the measurements. With the proposed estimation and compensation of pitch and roll, their associated errors are minimized, achieving a better accuracy in the absolute topography and an enlargement of the region of interest of the specimen in the reconstruction. Due to the specific characteristics of the algorithm, it is mainly useful for a large flat mirror testing.

As a result of the use of this estimation in combination with the LS technique, an accurate characterization of the optical surfaces by using an interferometer is conducted. By applying this method, an improvement of the accuracy of the surface topography is achieved because it does not depend on the quality of the optics used by the interferometer. The simulation environment and results of its application to a Fizeau interferometer are presented.

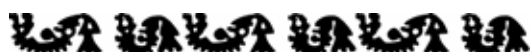
Keywords: X-ray mirror metrology, Fizeau interferometer, topography, optical metrology.

región de solapamiento. Con una combinación del dominio espacial y de Fourier, el LS usa las medidas para calcular la topografía del espejo. En este caso, las imprecisiones de la tabla lineal (errores de posicionamiento y de guiaje) usada para el desplazamiento del espejo, son los nuevos límites en la precisión.

En ALBA, el sincrotrón español, y en colaboración con la Universitat Autònoma de Barcelona, se ha desarrollado un algoritmo para reducir los errores de guiaje. El pitch y el roll introducen una función cuadrática en las reconstrucciones y reducen la región de reconstrucción debido a los efectos de borde en el tratamiento de Fourier. El nuevo método trabaja con la redundancia de datos obtenida de las medidas, dando una estimación de pitch y roll a partir de las diferencias que hay entre los bordes de las diferentes medidas. Con las estimaciones y compensaciones de pitch y roll con el método propuesto, los errores son minimizados, consiguiendo una mejor precisión en la reconstrucción de la topografía, así como una ampliación de la región de reconstrucción. Debido a las características del algoritmo, es de utilidad especialmente con superficies planas.

Como resultado de la estimación de pitch y roll con el algoritmo propuesto, en combinación con la técnica LS, se ha realizado un cálculo de la topografía de superficies ópticas con mayor precisión que sólo usando un interferómetro de Fizeau, independientemente de la calidad de la superficie de referencia usada. En este trabajo son presentados resultados de las estimaciones usando el algoritmo y reconstrucciones de superficies con simulaciones de las medidas de superficies usando un interferómetro de Fizeau.

Palabras clave: rayos-X, metrología de espejos, interferómetro Fizeau, topografía, metrología óptica.



THE FIBONACCI LENS

J.A. Monsoriu¹, A. Calatayud¹,
L. Remón¹, W.D. Furlan², G. Saavedra²,
P. Andrés², E. Tajahuerce³

¹Univ. Politécnica de Valencia. Spain.

²Universitat de València. Spain.

³Universitat Jaume I. Spain.

jmonsoni@fis.upv.es

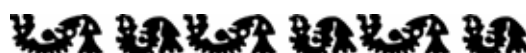
Zone plates have undergone a renewed interest been experienced during the last years because they arise as key elements for obtaining images in several scientific and technological areas, such as, THz tomography and soft X-ray microscopy. With this motivation, we have recently proposed some aperiodic zone plates based on fractals as new promising 2D diffractive structures that provide new interesting focusing and imaging properties. Unlike Fresnel zone plates, a fractal zone plate is characterized by its fractal profile along the square of the transverse radial coordinate producing multiple self-similar foci along the optical axis. In this work we present the *Fibonacci Lens*, a novel aperiodic diffracting screen characterized by a Fibonacci sequence along the square of the radial coordinate. In this way, the axial irradiance provided by this kind of lenses when illuminated with a monochromatic parallel wavefront beam show two foci replicated along the optical axis. The above focal positions are correlated with the Fibonacci numbers. In fact, the ratio between the two focal distances at every focal pattern produced by these lenses is given by the Divine Proportion (also known as Golden Ratio or Number Phi). Some preliminary experimental results in the visible region of the electromagnetic spectrum are also shown.

Keywords: Fibonacci sequence, aperiodic zone plates, diffractive lenses.

LENTES DE FIBONACCI

En los últimos años se ha experimentado un creciente interés en las placas zonales ya que se han convertido en los elementos clave para obtener imágenes en diversas áreas tecnológicas y científicas, como por ejemplo en tomografía de THz o en microscopía de Rayos-X. Motivados por este hecho, recientemente hemos trabajado en placas zonales aperiódicas basadas en fractales como nuevas estructuras difractivas 2D para obtener nuevas e interesantes propiedades de focalización y de formación de imágenes. A diferencia de una plaza zonal de Fresnel, una placa zonal fractal está caracterizadas por su estructura fractal a lo largo de la coordenada radial cuadrática, produciendo múltiples focos autosimilares a lo largo del eje óptico. En este trabajo presentamos las *Lentes de Fibonacci* como un nuevo objeto difractivo aperiódico caracterizado por la secuencia de Fibonacci a lo largo de la coordenada radial cuadrática. La irradiancia axial proporcionada por una Lente de Fibonacci cuando se ilumina por una onda plana monocromática presenta dos focos replicados a lo largo del eje óptico cuya posición está correlacionada con los números de Fibonacci. De hecho, la proporción entre las dos distancias focales producida por esta lente está definida por la Divina Proporción (también llamada Proporción Aurea o Número Phi). También se muestran algunos resultados experimentales en la región visible del espectro electromagnético.

Palabras clave: secuencia Fibonacci, placas zonales aperiódicas, lentes difractivas.



**ANALYSIS OF THE DOES
EFFICIENCY GENERATED BY LCOS
DISPLAYS**

**A. Lizana¹, L. Lobato¹, C. Iemmi¹,
A. Márquez³, I. Moreno⁴, J. Campos¹,
M.J. Yzuel¹**

¹*Universitat Autònoma de Barcelona. Spain.*

²*Universidad de Buenos Aires. Argentine.*

³*Universidad de Alicante. Spain.*

⁴*Universidad Miguel Hernández. Spain.*

Juan.campos@uab.es

One of the most noticeable features of Liquid Crystal on Silicon displays (LCoS) is their large capability to spatially modulate light beams. As a consequence, they are increasingly being applied in a large range of applications such as diffractive optics, medical physics or polarimetry. In this framework, it arises the need of a protocol of characterization and optimization which results in larger efficiencies for those diffractive elements generated.

In this work, the performance of a Parallel Aligned LCoS is studied as a function of the electric sequence addressed to the modulator. These devices work by reflexion (leading to a larger phase-shift than transmission LCD's with the same thickness) and allow working in the phase-only regime without coupled effective depolarization just by properly selecting a linearly polarized light in the direction of the LC molecules extraordinary axis. However, phase-fluctuations in time still keep appearing and strongly depend on the electric sequence addressed. Therefore, this article aims to provide with a mathematical model capable of determining the diffractive element efficiency as a function of the global retardance and the time-fluctuations obtained for a given sequence. It is easily noticeable that bigger efficiencies usually relate to sequences providing less time-fluctuations even if this implies a smaller global retardance. Furthermore, experimental prove of the dependence of the global retardance with the period and orientation of the diffractive element generated by the LCoS display is also supplied; dependence resulting from the way in which sequences are addressed to the modulator.

**ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE
ELEMENTOS DIFRACTIVOS
GENERADOS POR DISPOSITIVOS
LCOS**

Una de las características más destacables de los dispositivos de Cristal Líquido sobre Silicio (LCoS, del inglés Liquid Crystal on Silicon) es su gran capacidad para modificar espacialmente un haz de luz. Debido a esto, su uso resulta cada vez más adecuado en aplicaciones tan diversas como lo son la óptica difractiva, la física médica o la polarimetría. Es por ello que un protocolo de caracterización y optimización de tales dispositivos resulta imprescindible a fin de maximizar la eficiencia de los elementos difractivos generados por los mismos.

En este trabajo se estudia la respuesta de una pantalla Parallel Aligned (PA) LCoS en función de la secuencia eléctrica enviada al modulador. Estos dispositivos trabajan por reflexión proporcionando una mayor modulación de fase que dispositivos trabajando en transmisión y con el mismo espesor. Además, las pantallas PA LCoS permiten realizar una modulación sólo en fase, sin valores de despolarización añadidos al haz reflejado, mediante la utilización de luz linealmente polarizada en la dirección del eje extraordinario de las moléculas del cristal. Sin embargo, cuando se utilizan estos dispositivos pueden darse fluctuaciones de la fase en función del tiempo, dependiendo su amplitud de la señal eléctrica enviada al dispositivo. Así pues, este artículo describe un modelo matemático capaz de determinar la eficiencia de elementos difractivos en función del retardo global y de las fluctuaciones temporales de fase propias de cada secuencia utilizada. Se puede observar que eficiencias mayores corresponden a secuencias con fluctuaciones de fase menores, aún proporcionando también un menor retardo global. Además, también se prueba experimentalmente la dependencia

Finally, a study has been undertaken regarding the modulator aberrations. These appear because of the non-totally flatness of the silicon substrate, which results in a systematic error addition to the reflected rays. In order to increase the diffractive elements efficiency, aberrations must be counteracted by properly addressing a calibrated phase function.

Keywords: LCoS devices, electric sequence, global retardance, time-fluctuations in phase, diffractive element.

del retardo global con el periodo y orientación del elemento difractivo enviado al modulador; dependencia que surge como consecuencia del modo en que las señales eléctricas son enviadas a estos dispositivos. Finalmente, se ha llevado a cabo un estudio para la determinación de las aberraciones presentes en el sustrato de silicio del Cristal Líquido, puesto que este no es completamente plano. De esta manera, el haz reflejado contiene un error añadido que disminuye la eficiencia del elemento difractivo generado. Así pues, la medición de las aberraciones en el sustrato de silicio permite calibrar una función de fase para compensar dichas aberraciones, aumentándose así la eficiencia de los elementos difractivos generados.

Palabras clave: dispositivo LCoS, secuencia eléctrica, retardo global, fluctuaciones temporales de fase, elemento difractivo.



OPTICAL IMPLEMENTATION OF MULTIFOCAL PROGRAMMABLE LENS WITH SINGLE AND MULTIPLE AXIS

**L.A. Romero, M.S. Millán,
E. Pérez Cabré**

*Univesitat Politècnica de Catalunya. Spain.
lenny.alexandra.romero@upc.edu*

In this work we introduce four methods for merging the phase distributions of three Fresnel lenses of different focal length (f_1 , f_2 , f_3) into a single phase distribution. The resulting phase is implemented experimentally via an LCoS (Liquid cristal on silicon) spatial light modulator (SLM). The combination of lenses is arranged for two configurations: coaxial and multiaxis. In the former all lenses have a common optical axis, whereas in the latter the lenses have different axes. Some multiaxis combinations include diffractive lenses and prisms. We carried out computer simulations and an

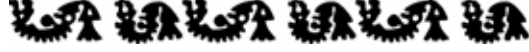


IMPLEMENTACIÓN ÓPTICA DE LENTES PROGRAMABLES MULTIFOCALES MONOEJE Y MULTIEJE

En este trabajo se presentan cuatro métodos para combinar las distribuciones de fase de tres lentes de Fresnel de focal distinta (f_1 , f_2 , f_3), en una única distribución de fase enviada a un modulador espacial de luz (SLM) que proporciona modulación sólo de fase y que es de tecnología LCoS (Liquid Crystal on Silicon). La combinación de lentes se realiza para dos configuraciones: coaxial, donde todas las lentes tienen un eje óptico común y multieje, donde las lentes tienen ejes distintos. Algunas combinaciones multieje asocian lentes y prismas difractivos. Se realizó una simulación por ordenador y un

experimental analysis.

Keywords: diffractive optical element, programmable lens, multifocal lens, liquid crystal on silicon display, spatial light modulator (slm).



BIDIMENSIONAL CHARACTERISTIC POLYNOMIALS IN THE DIRECT CALCULATION OF OPTICAL PHASE SUM AND DIFFERENCE

M. Miranda, B.V. Dorrió, J. Blanco, J. Bugarín, F. Ribas
Universidade de Vigo. Spain.
marta_miranda@uvigo.es

Calculation of the optical phase ϕ in a modulated fringe pattern in phase $s_m(\phi)$, with an additional phase $\alpha = \alpha_{m+1} - \alpha_m = \alpha_m / (m-1)$, using known Phase Shifting Algorithms (PSAs) [1]

$$\begin{aligned} \phi &= \arctan \frac{\sum_{m=1}^M s_m(\phi) n_m}{\sum_{m=1}^M s_m(\phi) d_m} = \\ &= \arctan \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{k=0}^{\infty} a_k \cos[k(\phi + \alpha_m)] n_m}{\sum_{m=1}^M \sum_{k=0}^{\infty} a_k \cos[k(\phi + \alpha_m)] d_m} \end{aligned}$$

can be related to the acquisition of the phase of an associated complex number where the multiplicity and location of the roots of the corresponding Characteristic Polynomial give information, for example, about its sensitivity to errors in the phase step or the influence of unwanted k -harmonics in the calculation [2]. When the difference or the sum of the phases with regards a second fringe pattern modulated in phase $t_p(\phi + \Delta\phi)$, with an additional phase $\beta = \beta_{p+1} - \beta_p = \beta_p / (p-1)$ needs to be determined, direct use can be

análisis experimental para corroborar los resultados obtenidos.

Palabras clave: elementos ópticos difractivos, lente programable, lente multifocal, pantallas de cristal líquido sobre silicio, moduladores espaciales de luz.



POLINOMIO CARACTERÍSTICO BIDIMENSIONAL EN EL CÁLCULO DIRECTO DE LA SUMA Y DIFERENCIA DE FASE ÓPTICA

El cálculo de la fase óptica ϕ en un patrón de franjas modulado en fase $s_m(\phi)$, con una fase adicional $\alpha = \alpha_{m+1} - \alpha_m = \alpha_m / (m-1)$, empleando los conocidos Algoritmos de Desplazamiento de Fase (ADF) [1]

$$\begin{aligned} \phi &= \arctan \frac{\sum_{m=1}^M s_m(\phi) n_m}{\sum_{m=1}^M s_m(\phi) d_m} = \\ &= \arctan \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{k=0}^{\infty} a_k \cos[k(\phi + \alpha_m)] n_m}{\sum_{m=1}^M \sum_{k=0}^{\infty} a_k \cos[k(\phi + \alpha_m)] d_m} \end{aligned}$$

puede relacionarse con la obtención de la fase de un número complejo asociado donde la multiplicidad y localización de las raíces del correspondiente Polinomio Característico informan, por ejemplo, de su sensibilidad a errores en el paso de fase o la influencia en el cálculo de k -armónicos no deseados [2]. Cuando se requiere la determinación de la diferencia o de la suma de las fases respecto a un segundo patrón de franjas modulado en fase $t_p(\phi + \Delta\phi)$, con una fase adicional $\beta = \beta_{p+1} - \beta_p = \beta_p / (p-1)$ puede emplearse

made of a sampling process for the product of the irradiance values for both patterns in Fourier Space [3],

$$(\phi + \Delta\phi) \pm \phi = \arctan \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{p=1}^P s_m(\phi) t_p(\phi + \Delta\phi) n_{m,p}}{\sum_{m=1}^M \sum_{p=1}^P s_m(\phi) t_p(\phi + \Delta\phi) d_{m,p}}$$

with sample amplitudes $n_{m,p}$ y $d_{m,p}$. A complex number can similarly be associated to these Differential or Additive Phase Shifting Algorithms (D[A]PSAs)

$$\begin{aligned} V(\Delta\phi) &= \sum_{m=1}^M \sum_{p=1}^P (d_{m,p} + j n_{m,p}) s_m(\phi) t_p(\phi + \Delta\phi) = \\ &= \sum_{k=-\infty}^{\infty} \sum_{g=-\infty}^{\infty} a_k b_g e^{j[g\Delta\phi + (g+k)\phi]} P(e^{jk\alpha}, e^{jg\beta}) \end{aligned}$$

whose bidimensional characteristic polynomial of order $(M-1)(P-1)$

$$P(e^{jk\alpha}, e^{jg\beta}) = \sum_{m=1}^M \sum_{p=1}^P (d_{m,p} + j n_{m,p}) e^{j[k\alpha(m-1) + g\beta(p-1)]}$$

reveals its behaviour towards the main systematic error sources. In this work we characterise several D[A]PSA families constructed with known PSAs in the face of phase step errors and the presence of unwanted k/g -harmonics using their associated bidimensional characteristic polynomial and the relationships that can form with the corresponding characteristic polynomials of the PSAs used.

- [1] B.V. Dorrio and J.L. Fernández. “Phase-evaluation methods in whole-field optical measurement techniques”, *Meas. Sci. Technol.*, 10: 33-55 (1999).
- [2] Y. Surrel. “Fringe Analysis”, *Top. Appl. Phys.*, 77: 55-102 (2000).
- [3] M. Miranda and B.V. Dorrio. “Fourier analysis of two-stage phase-shifting algorithms”, *J. Opt. Soc. Am. A*, 27: 276-285 (2010).

Acknowledgments: The authors are grateful for funding received from Xunta de Galicia (07DPI002CT) and Ministerio de Ciencia e Innovación (DPI2008-06818-C2-01/DPI).

directamente un proceso de muestreo del producto de los valores de irradiancia de ambos patrones en el espacio de Fourier [3],

$$(\phi + \Delta\phi) \pm \phi = \arctan \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{p=1}^P s_m(\phi) t_p(\phi + \Delta\phi) n_{m,p}}{\sum_{m=1}^M \sum_{p=1}^P s_m(\phi) t_p(\phi + \Delta\phi) d_{m,p}}$$

con amplitudes de muestreo $n_{m,p}$ y $d_{m,p}$. A estos Algoritmos Diferenciales o Aditivos de Desplazamiento de Fase (A[DA]DFs) se les puede asociar análogamente un número complejo

$$\begin{aligned} V(\Delta\phi) &= \sum_{m=1}^M \sum_{p=1}^P (d_{m,p} + j n_{m,p}) s_m(\phi) t_p(\phi + \Delta\phi) = \\ &= \sum_{k=-\infty}^{\infty} \sum_{g=-\infty}^{\infty} a_k b_g e^{j[g\Delta\phi + (g+k)\phi]} P(e^{jk\alpha}, e^{jg\beta}) \end{aligned}$$

cuyo polinomio característico bidimensional de orden $(M-1)(P-1)$

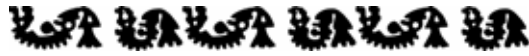
$$P(e^{jk\alpha}, e^{jg\beta}) = \sum_{m=1}^M \sum_{p=1}^P (d_{m,p} + j n_{m,p}) e^{j[k\alpha(m-1) + g\beta(p-1)]}$$

desvela su comportamiento frente a las principales fuentes de error sistemático. En este trabajo caracterizamos diversas familias de A[DA]DFs construidos con ADFs conocidos frente a errores en el paso de fase y presencia de k/g -armónicos no deseados utilizando su polinomio característico bidimensional asociado y las relaciones que pueden establecerse con los correspondientes polinomios característicos de los ADFs empleados.

Agradecimientos: Los autores agradecen las ayudas recibidas de la Xunta de Galicia (07DPI002CT) y del Ministerio de Ciencia e Innovación (DPI2008-06818-C2-01/DPI).

Palabras clave: interferometría de desplazamiento de fase, Fourier.

Keywords: phase shifting interferometry, Fourier.



TELEPORTATION OF DISPLACED FOCK STATES: FIDELITY AND THE THEIR TELEPORTED PHOTON NUMBER DISTRIBUTIONS

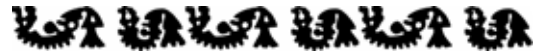
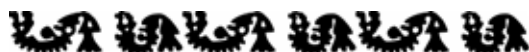
W. Quintero, C.L. Ladera

Universidad Simón Bolívar. Venezuela.

willequintero@gmail.com

Displaced Fock states (DFS), also called displaced number states, are highly non-classical states of quantum harmonic oscillators that are of great theoretical interest in modern optics and for its potential applications. We have undertaken a major program for studying the teleportation of such states and here report our first results. The quantum teleportation of displaced Fock states of the electro-magnetic field is here derived and studied in terms of the squeezing parameter q of the auxiliary EPR states used in the process. We show that teleporting a DFS results in a finite superposition of DFS's. We also find and discuss the fidelity of their teleportation process in terms of the teleportation parameters of interest. The most outstanding properties of the DFS, namely the peculiar oscillations of their photon number distributions, are considered in the light of their teleportation, and we show that these photon number oscillations are also teleported but attenuated as the squeezing parameter decreases. In the upper limit, when q approaches one, the oscillations of the states are preserved.

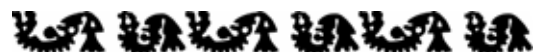
Keywords: quantum teleportation.



TELEPORTACIÓN DE ESTADOS FOCK DESPLAZADOS: FIDELIDAD Y SU DISTRIBUCIÓN DE NÚMERO DE FOTONES TELEPORTADOS

La teleportación de estados cuánticos de osciladores armónicos, que difieren mucho de un estado clásico, es de gran interés para la óptica moderna y para sus potenciales aplicaciones. En este trabajo se estudia y demuestra teóricamente el proceso de teleportación cuántica de unos de esos estados poco clásicos del campo electro-magnético, los estados de Fock desplazados (EFD), también conocidos como los estados de número desplazados de dicho campo. Su proceso de teleportación es estudiado y discutido a la luz del parámetro de compresión q del estado auxiliar EPR usado en la teleportación, ello como parte de los primeros resultados de un programa de estudio que estamos desarrollando sobre la teleportación de dichos estados. Se demuestra que el estado teleportado de un EFD es una superposición finita de EFD's, y se estudia la fidelidad de la teleportación en función de los parámetros de interés de dicho proceso. La propiedad más resaltante de un EFD, vale decir las peculiares oscilaciones de sus distribuciones de número de fotones, son estudiadas a la luz del proceso de teleportación, y se demuestra que dichas oscilaciones son crecientemente atenuadas a medida que el parámetro de compresión decrece, y que para el valor extremo $q=1$ son preservadas por en el proceso de teleportación.

Palabras clave: teleportación cuántica.



**QUANTITATIVE PHASE
MICROSCOPY FOR THE STUDY OF
BONE CELLS ON MULTIPLE
ROUGHNESS SURFACES**

**J. González-Laprea, A. Márquez,
K. Noris-Suárez, R. Escalona**
Universidad Simón Bolívar. Venezuela.
jeglaprea@usb.ve

We present a phase shifting interferometry for the study of the early adhesion process for osteoblast-like cells, through an interference microscope. Optic phase maps from the cells are obtained experimentally versus cell adhesion time. The process is carried out on surfaces of metallic materials relevant to the development of bone implants. The surfaces were submitted to various levels of mechanical polishing and their roughnesses were measured using the same experimental technique mentioned before. Morphological changes of the cell can be measured over their optical phase maps while the cell adhesion process is accomplished. The experimental technique shows a suitable feature as to the observed time scale, also shows a high stockiness and accuracy for the determination of the optical phase.

Keywords: interference microscopy, optical phase maps, bone cells.



**ADAPTIVE CONTROL TO IMPROVE
INTERFEROGRAMS IN PRESENCE
OF MECHANICAL VIBRATIONS**

**N. Veloz Savino, R. Escalona,
J. González-Laprea**
Simón Bolívar University. Venezuela.
nveloz@usb.ve

We present an adaptive control mechanism to improve the quality of interferograms, using the increase in the contrast of these as reference, which is compromised partially

**MICROSCOPÍA DE FASE
CUANTITATIVA PARA EL ESTUDIO
DE CÉLULAS ÓSEAS SOBRE
SUPERFICIES DE RUGOSIDAD
VARIABLE**

Se presenta la utilización de un microscopio interferencial para el estudio del proceso de adhesión temprana de células óseas tipo osteoblastos, por medio de la técnica de desplazamiento de fase. Se obtienen experimentalmente los mapas de fase óptica correspondientes a las células en función del tiempo de adhesión. El proceso es llevado a cabo sobre superficies de materiales metálicos de interés para el desarrollo de implantes óseos. Las superficies fueron sometidas a diversos niveles de pulido mecánico, siendo determinada la rugosidad de estas superficies por la misma técnica experimental antes mencionada. Se evidencia en los mapas de fase los cambios morfológicos de la célula durante el proceso de adhesión. El sistema experimental utilizado es adecuado para las escalas de tiempo observadas, mostrando gran robustez y precisión en el cálculo de la fase óptica.

Palabras clave: microscopía interferencial, mapas de fase óptica, células óseas.



**CONTROL ADAPTATIVO PARA LA
MEJORA DE INTERFEROGRAMAS
EN PRESENCIA DE VIBRACIONES
MECÁNICAS**

Se presenta un mecanismo de control adaptativo para mejorar la calidad de interferogramas, utilizando como referencia el incremento en el contraste de éstos, el cual

by mechanical vibrations in the interferential system. We introduce a term of linear phase in the system in order to produce fringes in the interferogram. Using the same camera employed to grab the interferograms, we obtain the necessary information from the change in contrast and movement of the fringes. Signals are generated through an adaptive control, and they are introduced in the form of an arbitrary phase through a piezoelectric device, modifying the optical path of the interferometer reference beam. This results in an increase of the contrast in the fringes of the obtained interferograms, representing a significant reduction in the effect of mechanical vibrations, enhancing the signal-to-noise ratio.

Keywords: adaptive control, mechanical vibrations, interferograms, contrast.

se ve comprometido, en parte, por vibraciones mecánicas no deseadas en el sistema interferencial. Se introduce un término de fase lineal con la que se producen franjas en el interferograma. Utilizando la misma cámara que se emplea para registrar los interferogramas, se obtiene la información necesaria a partir de la variación en contraste y movimiento de las franjas. Por medio de un control adaptativo se generan señales en forma de una fase arbitraria a través de un dispositivo piezoeléctrico; éste modifica el camino óptico del haz de referencia del interferómetro, obteniéndose un aumento en el contraste de las franjas en los interferogramas obtenidos. Esto representa una reducción apreciable del efecto producido por las vibraciones mecánicas, contribuyendo significativamente al aumento de la relación señal a ruido.

Palabras clave: control adaptativo, vibraciones mecánicas, interferogramas, contraste.



RAPID PROTOTYPING AND INSTRUMENTATION OF AN INTERFEROMETER FOR OPTICAL TESTING

**M. Asmad, D. Córdova, S. Romero,
G. Baldwin**

PUCP. Peru.

masmad@pucp.edu.pe

Rapid prototyping technics were established earlier in the Optical Laboratory of the Pontifical Catholic University of Peru. A rapid prototype corresponding to a Twyman-Green interferometer type was armed. This work was made as a part of the postgraduate course "Optical Metrology Workshop" with a twofold objective: first to help students to understand how these optical systems works, and second, how then are used in optical elements quality testing. The case we present correspond to testing a spherical mirror that



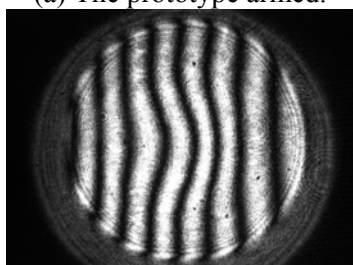
PROTOTIPADO RÁPIDO E INSTRUMENTACIÓN DE UN INTERFERÓMETRO PARA PRUEBAS ÓPTICAS

Técnicas de prototipado rápido fueron establecidas tempranamente en el Laboratorio de Óptica de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Un prototipo rápido correspondiente a un interferómetro tipo Twyman-Green fue armado. Este trabajo fue realizado en el curso de posgrado "Taller de Metrología Óptica" con doble objetivo: primero ayudar a entender en si estos sistemas ópticos, y segundo como se aplican en pruebas de calidad de elementos ópticos. Presentamos el caso correspondiente

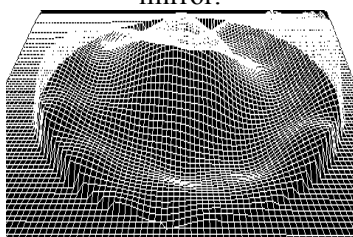
was manufactured in our optical workshop. Images of interferograms correspond to a spherical mirror were acquired from the interferometer. A wavefront error was obtained applying phase reconstruction algorithms to the images, based in the two-dimensional Fourier transform.



(a) The prototype armed.



(b) Interferogram of the surface of the mirror.



(c) Wavefront error.

Keywords: optical metrology, rapid prototyping, optical testing, interferometer.

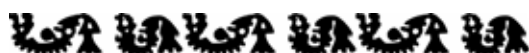
en nuestro taller de óptica. Imágenes de interferogramas correspondientes al espejo esférico bajo prueba, fueron adquiridas a través del interferómetro. Un error de frente de onda se obtuvo aplicando a las imágenes algoritmos de reconstrucción de la fase basados en la transformada de Fourier en dos dimensiones.

(a) El prototipo armado.

(b) Interferograma de la superficie de un espejo.

(c) Error de frente de onda.

Palabras clave: metrología óptica, prototipado rápido, verificación óptica, interferómetro.



**SPECKLE FIELDS SYNTHESIS BY
USING THE DISCRETE FRESNEL
TRANSFORM ALGORITHM**

L. Ángel, D. Sierra

Universidad EAFIT. Colombia.

langel@eafit.edu.co

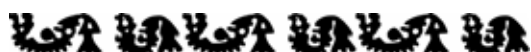
This work presents the results concerning the application of a "Discrete Fresnel Transform" algorithm (DFT), conventionally used in digital holography, upgraded for synthesising and experimenting with speckle fields. Speckle fields can be generated both on the basis of "free-space propagation" and "image forming". The MATLAB® software environment was used to implement this algorithm, which allows to set the relevant parameters by using a graphic user interface (GUI). Among other parameters, the wavelength of the illuminating beam and the characteristics of the optical aperture (both for a free propagation and an imaging system) are chosen from the menu. In particular, multiple-apertures pupils can be used to generate modulated speckle fields and sub-speckle structures. Results are presented as intensity and modulo 2π -phase maps. As expected, the phase maps reveals the vortices networks, which acts as markers in metrological applications. The intensity and phase distributions on the respective maps are analysed, on the basis of their statistical properties. In particular, we studied the Gaussian nature of speckle, the average dimensions of the associated coherence patches, the internal modulation of speckles, and the vortex detection and location.

Keywords: speckle, metrology, phase dislocations, vortex networks.

**SÍNTESIS DE CAMPOS DE SPECKLE
USANDO EL ALGORITMO DE LA
TRANSFORMADA DISCRETA DE
FRESNEL**

Este trabajo presenta los resultados relativos a la aplicación de un algoritmo de "Transformada Discreta de Fresnel" (DFT), convencionalmente utilizado en holografía digital, acondicionado para la síntesis y experimentación con campos de speckle. Los campos de speckle se pueden generar tanto a partir de la "propagación en espacio libre" como de la "formación de imagen". El software MATLAB® se utiliza para implementar este algoritmo, que permite establecer los parámetros pertinentes mediante una interfaz gráfica de usuario (GUI). Entre otros parámetros, la longitud de onda del haz de iluminación y las características de la apertura óptica (tanto para la propagación libre como para un sistema formador de imagen) se eligen desde el menú. En particular, se pueden utilizar aperturas con múltiples aperturas para generar campos de speckle modulado y estructuras sub-speckle. Los resultados se presentan como mapas de intensidad y fase módulo 2π . Como era de esperarse, los mapas de fase revelan las redes de vórtices, las cuales actúan como marcadores en aplicaciones metroológicas. Se analizan la intensidad y la distribución de fase en los mapas respectivos, sobre la base de sus propiedades estadísticas. En particular, estudiamos la naturaleza gaussiana del speckle, las dimensiones promedio de las regiones de coherencia asociadas, la modulación interna de los speckles, y la detección y localización de los vórtices.

Palabras clave: speckle, metrología, dislocaciones de fase, redes de vórtices.



**CLASSICAL DIFFRACTION
EXPERIMENTS FOR DIGITAL
HOLOGRAPHY ALGORITHM
CALIBRATION**

L. Ángel, D. Sierra

Universidad EAFIT, Colombia.

langel@eafit.edu.co

In digital holography, it is recorded an intensity pattern that is associated with the interference of two waves: the object beam and reference beam. This procedure allows to store the phase information of the object beam but coded in the interference pattern, which is an intensity pattern (hologram). In the reconstruction process, an image of the object is achieved by means of a digital operation that reproduces the light propagation through the hologram followed by a propagation through a distance in space. To do this, a discrete version of the Fresnel Transform (DFT) is implemented by using different numerical approaches. In our case, this was achieved by using the algorithm: "Two Dimensional Fast Fourier Transform (2D-FFT)" provided by MATLAB®, with a graphic user interface (GUI) for parameter settings and processing decisions. Among other, the list of the relevant physical parameters includes: wave length, pixel dimensions, number of pixels at the input and output, and propagation distance. To reconstruct the holographic image like in the experiment, the preceding parameters must be properly adjusted. This procedure is referred as the reconstruction system calibration. Several classical experiments, including near and far field diffraction, self-imaging by using both amplitude and phase gratings, Young interference fringes, and using lenses, were conducted for calibration purposes. A comparison between digital and experimental results, allowed us to set the calibration parameters. Typical results in our analysis are presented to demonstrate the procedure.

**EXPERIMENTOS CLÁSICOS DE
DIFRACCIÓN PARA LA
CALIBRACIÓN DE UN ALGORITMO
DE HOLOGRAFÍA DIGITAL**

En la holografía digital, se registra un patrón de intensidad asociado con la interferencia de dos ondas: el haz objeto y el haz de referencia. Este procedimiento permite el almacenamiento de la información de fase del haz del objeto, pero codificada en el patrón de interferencia, que es un patrón de intensidad (holograma). En el proceso de reconstrucción, se recupera una imagen de la onda objeto por medio de una operación digital, la cual reproduce la propagación de la luz a través del holograma, seguida de una propagación a través de una distancia dada en el espacio. Para ello, en general se implementan distintas versiones de la Transformada de Fresnel Discreta (DFT) mediante el uso de diferentes métodos numéricos. En nuestro caso, esto se logró mediante el algoritmo de la "Transformada Rápida de Fourier bidimensional (FFT 2D)", proporcionado por MATLAB®, con una interfaz de usuario gráfica (GUI) para la configuración de los parámetros y la toma de decisiones asociadas con la transformación que va a realizarse. Entre otros, la lista de los parámetros físicos de referencia incluye: La longitud de onda, las dimensiones de los píxeles y el número de píxeles en los planos de entrada y salida, y la distancia de propagación. Para reconstruir la imagen holográfica como en el experimento, los parámetros anteriores deben estar debidamente ajustados. Este procedimiento, conocido como la calibración del sistema de reconstrucción, se llevó a cabo mediante varios experimentos clásicos, incluyendo la difracción de campo cercano y lejano, la formación de auto-imágenes mediante el uso de rejillas de amplitud y fase, los experimentos de interferencia de Young, y el uso de lentes. Una comparación entre los resultados digitales y experimentales, nos permitió establecer los parámetros de calibración. Para demostrar la validez de este procedimiento, se presentan los resultados característicos de nuestro análisis.

Keywords: propagation, fast Fourier transform, digital holography.

Palabras clave: propagación, transformada rápida de Fourier, holografía digital.



ALTERNATIVE COHERENT-MODE REPRESENTATION OF A RANDOM ELECTROMAGNETIC SOURCE

A. Ostrovsky, A. Zemliak, M. Olvera

Universidad Autónoma de Puebla. Mexico.

andreyo@fcfm.buap.mx

The coherent-mode representation (CMR) of an optical random source (primary or secondary one) is a very powerful tool in contemporary optics [1]. From a physical point of view, the CMR describes an optical source of any state of coherence as a linear superposition of uncorrelated, completely coherent modes, a fact that gives new insight into the physics of generation, propagation and transformation of optical radiation. From a mathematical standpoint, it expresses the cross-spectral density function of a source as a sum of terms that are separable in space, a fact that allows significant simplification of the analysis of statistical optical processes and systems. Not so long ago we have reported on the possible applications of the CMR in the framework of a scalar theory of coherence [2]. Nevertheless, recently the substantial efforts were made in the developing the vector coherence theory of electromagnetic fields (see, e.g., [3]). In particular, it has been introduced the CMR for an electromagnetic source, which is defined in terms of eigenvalues and eigenfunctions of the system of two coupled Fredholm integral equations with kernels given by the field cross-spectral density matrix [4,5]. Unfortunately, the mentioned system, in general case, can not be solved in a closed form, while its numerical solution requires the enormous computational efforts. Furthermore, very frequently the field cross-spectral density matrix occurs to be unknown that makes the problem completely unsolvable. In this case the only possibility is to use some alternative CMR which is

REPRESENTACIÓN ALTERNATIVA EN MODOS COHERENTES DE UNA FUENTE ELECTROMAGNÉTICA ALEATORIA

La representación en modos coherentes (RMC) de una fuente óptica aleatoria (primaria o secundaria) es una herramienta muy poderosa en la óptica contemporánea [1]. Desde el punto de vista físico, la RMC describe una fuente óptica con cualquier estado de coherencia como una superposición lineal de modos no correlacionados y completamente coherentes, un hecho que proporciona una nueva manera de entender la generación, propagación y transformación de la radiación óptica. Matemáticamente, la RMC expresa la función de densidad espectral cruzada de una fuente como una sumatoria de términos que son separables en el espacio, un hecho que simplifica el análisis de procesos y sistemas ópticos estadísticos. Hace poco hemos reportado sobre posibles aplicaciones de la RMC en el marco de la teoría escalar de coherencia [2]. No obstante, recientemente se han llevado a cabo esfuerzos sustanciales en el desarrollo de la teoría vectorial de coherencia de los campos electromagnéticos (ver por ej., [3]). En particular, se ha introducido la RMC para una fuente electromagnética definida en términos de eigenvalores y eigenfunciones de un sistema de dos ecuaciones integrales de Fredholm, cuyos núcleos están dados por la matriz de densidad espectral cruzada [4,5]. Desafortunadamente, el sistema mencionado en el caso general, no puede ser resuelto en una forma cerrada mientras su solución numérica requiere enormes esfuerzos computacionales. Más aún, comúnmente la matriz de densidad espectral

radiatively equivalent to the genuine CMR. Here we propose a method for synthesis of such an alternative CMR based on approximating the measured radiant intensity of the source by some chosen set of orthogonal functions. We illustrate this method with an example of the Lambertian unpolarized source.

- [1] L. Mandel, E. Wolf, *Optical Coherence and Quantum Optics*, Cambridge University Press, 1995.
- [2] A.S. Ostrovsky, *Coherent-Mode Representations in Optics*, SPIE Press, Bellingham, WA USA, 2006.
- [3] A.S. Ostrovsky, P. Martínez-Vara, M.A. Olvera-Santamaría, G. Martínez-Niconoff, *Vector Coherence Theory: An Overview of Basic Concepts and Definitions*, in Recent Researches in Optics, S.G. Pandalai, ed., Research Signpost, Kerala, India, 2009.
- [4] F. Gori, M. Santarsiero, R. Simon, G. Piquero, R. Borghi, G. Guattari, *J. Opt. Soc. Am. A* **20**, 78-84, 2003.
- [4] J. Tervo, T. Setälä, A.T. Friberg, *J. Opt. Soc. Am. A* **21**, 2205-2215, 2004.

Keywords: coherence, polarization, coherent-mode representation.



CHALMERS TEST, WITH A LIQUID CRYSTAL DISPLAY

B. Canales, A. Cornejo, F. Granados
INAOE. Mexico.
canales321@inaoep.mx

To make Chalmers test we need to use a liquid crystal display (LCD). This test allows us to analyze an optical surface and helps us to determine if the manufacture have errors in the surface. The test is based on the principle of Young's interferometer, to obtain the local interference pattern. This paper presents a review of the Test of Chalmers and the characterization of liquid

cruzada suele ser desconocida y esto vuelve el problema completamente indefinido. En este caso la única posibilidad es usar alguna RMC alternativa que es radiativamente equivalente a la genuina RMC. En este trabajo, se propone un método para la síntesis de la RMC alternativa basada en la aproximación de la intensidad radiante de la fuente por medio de la elección de un conjunto de funciones ortogonales. Ilustramos este método con el ejemplo de la fuente Lambertiana no polarizada.

Palabras clave: coherencia, polarización, representación en modos coherentes.



PRUEBA DE CHALMERS CON MICRODISPLAY DIGITAL

Mediante un microdisplay reflector se realiza la prueba tipo Chalmer, la cual nos permite analizar localmente una superficie óptica, determinando los errores. Dicha prueba se basa en el principio del interferómetro de Young, para obtener el patrón de interferencia local. En este trabajo se presenta una revisión de la Prueba de Chalmers^{1,2}, así como la caracterización del

crystal display for experimental implementation. Finally we present the interferogram obtained.

- [1] L.C Martin: "Technical Optics", Ed. Pitman Press, Bath vol II (1950)
- [2] Maria Antonieta Zuloaga "Prueba de Chalmer", Tesis de Maestría (INAOE).(1994).

Keywords: Chalmers interferometer.

microdisplay usando en la implementación experimental. Finalmente se presentan los interferogramas obtenidos.



HILBERT TRANSFORM AND OPTICAL TOMOGRAPHY FOR ANISOTROPIC EDGE ENHANCEMENT OF PHASE OBJECTS

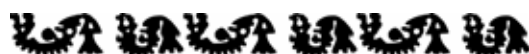
A. Montes, C. Meneses, G. Rodríguez

Benemérita Univ. Autónoma de Puebla.

Mexico.

cmeneses@fcfm.buap.mx

In phase object tomography a slice reconstruction is related to distribution of refractive index. Typically, this is obtained by applying the filtered back-projection algorithm to the set of projections (sinogram) obtained experimentally, which are sequentially obtained by calculating the phase of the wave emerging from the slice of the object at different angles. In this paper, based on optical implementation of the Hilbert transform in a $4f$ Fourier operator, the Hilbert transform of the projections leaving of the object are obtained experimentally. When these projection data are captured for all possible angles an unconventional sinogram is eventually obtained, we have called it as a Hilbert-sinogram. The reconstruction obtained by applying the filtered backprojection algorithm is proportional to the Hilbert transform of the distribution of refractive index of the slice and the obtained image shows a typical edge enhancement. In this manuscript, the experimental implementation of the Hilbert transform, mathematical model of the edge



TRANSFORMADA DE HILBERT Y TOMOGRAFÍA ÓPTICA PARA EL REALCE ANISOTROPICO DE BORDES DE OBJETOS DE FASE

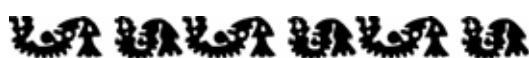
En tomografía de objetos de fase la reconstrucción de una rebanada está relacionada con la distribución del índice de refracción sobre la rebanada del objeto. Típicamente, ésta se obtiene aplicando el algoritmo de retroproyección filtrada al conjunto de proyecciones (senograma) obtenidos experimentalmente, los cuales se obtienen calculando secuencialmente la fase de la onda saliendo de la rebanada del objeto a diferentes ángulos. En el presente escrito, en base a la implementación óptica de la transformada de Hilbert en un sistema operador de Fourier $4f$ se obtiene experimentalmente la transformada de Hilbert de la proyección saliendo del objeto. Cuando tal operación se realiza para todos los ángulos de proyección posibles se obtiene un senograma no convencional que eventualmente lo hemos llamado Hilbert-senograma. La reconstrucción obtenida aplicando el algoritmo de retroproyección filtrada resulta ser proporcional a la transformada de Hilbert de la distribución de índice de refracción de la rebanada. Vista la distribución de índice de refracción como

enhancement reconstructed image in some arbitrary direction and show experimental results of phase object are extensively detailed.

Keywords: optical tomography, edge enhancement, Fourier optics, spatial filtering

una imagen donde en cada pixel se le asocia un nivel de gris, la reconstrucción expresa el realce de bordes de la imagen. En el presente trabajo, se explica detalladamente la implementación experimental de la transformada de Hilbert, se detalla ampliamente el modelo matemático que modela el realce de bordes de la imagen reconstruida en cierta dirección arbitraria y se muestran resultados experimentales de objetos de fase.

Palabras clave: tomografía óptica, realce de bordes, óptica de Fourier, filtraje espacial



PFAFF EQUATION AND FOURIER ANALYSIS TO PHASE EXTRACTION FROM AN INTERFEROGRAM WITH CARRIER FREQUENCY

F. Lara, C. Meneses, G. Rodríguez
Benemérita Univ. Aut. de Puebla. Mexico.
cmeneses@fcfm.buap.mx

In the phase extraction technique, one of the steps most used is calculating the phase unwrapping from the wrapped phase, which is generally obtained via the inverse tangent function. With the idea to avoid this process, in the present manuscript a method based in the solution of the Pfaff equations is proposed. It is shown that the Pfaff equation is formed with the phase gradient and an auxiliary vector. The phase gradient is obtained from an interference pattern with carrier frequency by applying the Fourier transform method and the partial derivatives. In the present manuscript, mathematical analysis, numerical simulation, and the phase extraction of some experimental interferograms are shown.



ECUACIONES DE PFAFF Y ANALISIS DE FOURIER PARA LA RECUPERACIÓN DE FASE DE UN INTERFEROGRAMA CON PORTADORA

En la extracción de fase de un patrón de interferencia, uno de los pasos más usados en este proceso es el de integrar o desenvolver la fase a partir de la fase envuelta. Ésta, generalmente, se obtiene de la función tangente inversa de una relación que es función de la intensidad obtenida experimentalmente. Con el propósito de evitar este proceso, en el presente trabajo se propone un método basado en la solución de las ecuaciones de Pfaff que se forma a partir del gradiente de fase. Partiendo de un patrón de interferencia con una frecuencia portadora apropiada para la aplicación del método de la transformada de Fourier, es posible obtener las derivadas parciales de la función de fase deseada, con las que el gradiente de fase es obtenido. En el presente escrito se muestra el análisis matemático, la simulación numérica y extracción de fase de patrones de interferencia capturados experimentalmente.

Keywords: Interferometry, phase extraction, Pfaff equations, Fourier-transform method.

Palabras clave: interferometría, extracción de fase, ecuaciones de Pfaff, análisis de Fourier.



CALIBRATION OF PHASE MEASURES FOR POINT DIFFRACTION INTERFEROMETER

CALIBRACIÓN DE LAS MEDIDAS DE FASE PARA EL INTERFERÓMETRO DE DIFRACCIÓN POR PUNTO

E. Rueda, F.S. Granados, A. Cornejo
INAOE. México.
estebanrs@hotmail.com

We present an instrument for measuring the refractive index of transparent material and fluid, using an interferometric technique common-path¹. This instrument uses a Point Diffraction Interferometer^{2,3} (PDI). It consist in a collimated light beam through a sample, and passes through a lens that makes it a converging beam, and this beam fall on IDP. With the interferogram obtained, we mapping between the changes in refractive index, due to changes in the temperature of the sample, and the changes phase measures in the interferogram. To calibrate the measurements of the PDI we are using an auxiliar interferometer. It is white light Michelson Interferometer that we use the zero order like reference. At an early stage, the auxiliary interferometer works with the PDI to compare the results with the same sample.

En este trabajo se presenta un instrumento para medir el índice de refracción de fluidos y materiales transparentes, haciendo uso de una técnica interferométrica de camino común¹. Este instrumento usa un Interferómetro de Difracción por Punto^{2,3} (IDP). El arreglo consiste en hacer incidir un haz de luz colimado a través de una muestra, el haz que sale de dicha muestra, pasa por un sistema óptico que lo convierte en un haz convergente; y este se dirige a un IDP. Con el interferograma obtenido se realiza un mapeo entre el los cambios de índice de refracción, debidos a cambios en la temperatura de la muestra, y los cambios de fase medidos con dicho interferograma. Para calibrar las medidas del IDP se hace uso de un interferómetro auxiliar de Michelson con luz blanca, usando para ello el orden cero del interferograma como referencia. En una etapa inicial, el interferómetro auxiliar trabaja junto con el arreglo del IDP para comparar los resultados en la misma muestra.

- [1] Rueda Soriano, E. "*Interferómetro de Difracción por Punto (IDP), para el análisis de fluidos*", M.Sc. Thesis, INAOE, Puebla, México (2008)
- [2] W.P. Linnik, Proc. Acad. Sci. USSR 1, 208 (1933)
- [3] R. N. Smartt and W.H. Steel, Jpn. J. Appl. Phys. 14, Suppl. 14-1, 351 (1975)

Palabras clave: Interferómetro de Difracción por Punto (IDP).

Keywords: Point Diffraction Interferometer PDI.



**ONE-SHOT TECHNIQUES WITH
MODULATION OF POLARIZATION
FOR PHASE-SHIFTING
INTERFEROMETRY USING FOUR OR
MORE INTERFEROGRAMS**

**G. Rodríguez, N.I. Toto, C. Meneses,
J. Vázquez**

*Benemérita Universidad Autónoma de
Puebla, Mexico.*

gzurita@fcfm.buap.mx

Phase-shifting interferometry allows phase extraction with high precision and good adaptability to a variety of situations. With a few exceptions, the phase steps are introduced sequentially through phase modulators (such as piezoelectric stacks, grating translations and actuators), thus limiting the benefits of the technique to static phase distributions. A procedure to take four or more interferograms with proper phase shifts with a single shot can be based on grating interferometry and two windows in object plane, plus modulation of polarization. By imposing circular polarization of opposite sense within each window, a grating generates superimposed copies around each diffraction order, thereby producing interference patterns when a simple condition is fulfilled. Pattern detection through a linear polarizing at a given angle provides the desired phase-shift. Experimental results are shown using both phase gratings as well as phase grids. As examples, adaptations to shearing interferometry are also described (lateral and radial shearing interferometers). The possibility of adapting spiral interferometry with these techniques is also shown.

Keywords: interferometry, phase-shifting, grating interferometry, phase gratings.

**TÉCNICAS DE UN SOLO DISPARO
CON MODULACIÓN DE
POLARIZACIÓN PARA
INTERFEROMETRÍA DE
CORRIMIENTO DE FASE USANDO
CUATRO O MÁS
INTERFEROGRAMAS**

La interferometría con corrimiento de fase (*phase-shifting interferometry*) es una técnica para extracción de distribuciones de fase de gran atractivo por su precisión y adaptabilidad a numerosas situaciones. Con contadas excepciones, la introducción de los corrimientos de fase tradicionalmente se han venido efectuando en secuencia mediante diversos tipos de moduladores (piezoeléctricos, translaciones de rejillas con actuadores), limitando los beneficios de la técnica al estudio de distribuciones de fase estáticas. Un procedimiento para obtener cuatro o más interferogramas con corrimientos de fase apropiados lo ofrece la interferometría de rejillas con doble ventana en plano objeto y modulación de polarización. Imponiendo polarizaciones circulares de giros opuestos en cada ventana, la rejilla genera réplicas de éstas que pueden superponerse adecuadamente en torno a cada orden de difracción si se cumple una sencilla condición. La observación de los patrones se realiza a través de un polarizador lineal con su eje de transmisión al ángulo necesario para obtener el corrimiento buscado. Se muestran resultados experimentales tras usar tanto rejillas como mallas de fase, adaptando el sistema a interferómetros de corrimiento lateral y radial (*shearing interferometry*), así como usando franjas en espiral.

Palabras clave: interferometría, corrimiento de fase, interferometría de rejillas, rejillas de fase.



**DOUBLE SCATTER OF VECTOR
ELECTROMAGNETIC WAVES FROM
ROUGH METAL AND DIELECTRIC
SURFACES USING THE KIRCHHOFF
APPROXIMATION**

N. C. Bruce

Univ. Nac. Autónoma de México. Mexico.

neil.bruce@ccadet.unam.mx

One of the most popular and useful methods for calculating the scattering of light from rough surfaces is the Kirchhoff approximation. In recent years, this method has been developed for more general cases to include shadowing and multiple scatter effects. A recent modification of the Kirchhoff approximation allows calculation of the scattering of electromagnetic radiation from rough surfaces with very high, or even infinite, slopes in the 1D and 2D surface roughness case. This type of surface structure occurs frequently in, for example, imaging or testing of printed circuits or remote sensing applications. The modification involves a simple change in the way the surface normal is described which removes the explicit dependence of the resulting integral equations on the surface slope, and allows the diffraction integral to be written as the sum of two contributions, one for the contribution along the surface and the other for the contribution due to the changes in height. This paper presents the generalization of the modified Kirchhoff approximation to vector electromagnetic scattering from 2D rough metallic and dielectric surfaces with infinite slope. The Stratton-Chu equation is used to calculate the distribution of the scattered light. The single and double scatter contributions to the total scattered intensity have been calculated numerically with this new formulation including geometrical shadowing explicitly by using ray tracing directly on the surface. The theoretical basis and preliminary numerical results of the application of this method to vector electromagnetic scattering from simple rough metallic or dielectric surfaces (plane surfaces with single grooves or with a small number of identical grooves) with infinitely sloped structure will be presented.

**ESPARCIMIENTO DOBLE DE ONDAS
VECTOR-ELECTROMAGNETICAS EN
SUPERFICIES RUOGOSAS DE
METALES Y DIELECTRICOS CON LA
APROXIMACIÓN DE KIRCHHOFF**

Uno de los métodos más populares y útiles para calcular el esparcimiento de la luz en superficies rugosas es la aproximación de Kirchhoff. En años recientes este método ha sido desarrollado para casos más generales, incluyendo el efecto de la sombra y de esparcimiento múltiple. Una modificación reciente de la aproximación de Kirchhoff permite el cálculo del esparcimiento de radiación electromagnética en superficies con pendientes muy altas, o hasta infinitas, para los casos de rugosidad en 1D o 2D. Este tipo de estructura de superficies ocurre frecuentemente en, por ejemplo, pruebas de circuitos impresos o en aplicaciones de percepción remota. La modificación involucra un cambio sencillo en la forma de describir la normal a la superficie, lo que permite evitar la dependencia explícita en las ecuaciones integrales resultantes de la pendiente de la superficie, y que convierte la integral de difracción en la suma de dos contribuciones, uno para la contribución a lo largo de la superficie, y la otra para los cambios en altura. En este artículo se presenta la generalización del método de Kirchhoff modificado a esparcimiento vector-electromagnético en superficies rugosas metálicas o dieléctricas en 2D con pendientes infinitas. Se utiliza la ecuación de Stratton-Chu para calcular la distribución de la luz esparcida. Se calculan las contribuciones de esparcimiento sencillo y doble a la intensidad total esparcida numéricamente con esta formulación nueva, incluyendo el efecto de la sombra geométrica, calculado usando un trazo de rayos sobre la superficie. La base teórica y resultados numéricos preliminares de la aplicación del método a esparcimiento vector-electromagnético en superficies rugosas simples de metal o de dieléctrico (superficies planas con un surco o con varios surcos idénticos) con pendiente infinita serán presentados

Keywords: surface scattering, rough surfaces, Kirchhoff approximation.

Palabras clave: esparcimiento en superficies, superficies rugosas, aproximación de Kirchhoff.



METROLOGY OF V-SHAPED GROOVES WITH A SCANNING DIFFERENTIAL HETERODYNE MICROSCOPE

**I.M. Akhmedzhanov¹, D.V. Baranov¹,
S.I. Bozhevolnyi², E.M. Zolotov¹**

¹*Russian Academy of Sciences. Russia.*

²*Univ. of Southern Denmark. Denmark.*

zolotov@kapella.gpi.ru

Narrow triangular grooves are lately studied in the relation to waveguide properties for channel plasmon polaritons (CPP) [1]. Characteristics of plasmon polariton waveguides are defined by their profile, therefore a metrology of such structures is of particular importance. A scanning differential heterodyne microscope (SDHM) owing to its high lateral resolution and sensitivity to object topology is a promising tool for noncontact characterization of microobject profiling. We propose to apply the microscope for precision metrology of V-shaped grooves. The algorithm for groove characterization is based on a comparison of calculated microscope responses and experimental ones. Evaluated phase and modulus responses are calculated using the image formation theory in SDHM at coherent signal detection in the Fourier plane [2]. The rigorous coupled-wave analysis (RCWA) formalism with an enhanced transmittance matrix approach [3] is used to solve the diffraction problem. Using this formalism the diffraction of two focused probing beams by single triangular groove was calculated. Thus the phase and modulus responses to the grooves of various depth ($0.8 \div 1.5 \mu\text{m}$) and width ($0.4 \div 0.6 \mu\text{m}$) were evaluated. The constructed database is used to plot phase and modulus response contrast curves as function of groove parameters. The contrast curves permit to

METROLOGÍA DE SURCOS TRIANGULARES CON UN MICROSCOPIO HETERODINAS

Filtra los surcos triangulares son estudiados últimamente en la relación a las propiedades de guías de onda de plasmones polaritones canal (CPP) [1]. Características de las guías de ondas de plasmones polaritones se definen por su perfil, por tanto, una de metrología de tales estructuras es de particular importancia. Un diferencial de barrido microscopio heterodinas que es sensible a la topología de objetos es una herramienta prometedora para la caracterización del perfil microobject sin contacto. Nos proponemos aplicar el microscopio en busca de metrología de precisión de los surcos triangulares. El algoritmo para la caracterización de la ranura se basa en una comparación de las señales microscopio calculados y experimentales. Evaluado fase y las señales de amplitud se calcula utilizando la teoría de la formación de imágenes de microscopio cuando una señal es detectada coherente en el plano de Fourier [2]. El análisis riguroso de onda acopladas (RCWA) [3] se utiliza para resolver el problema de difracción. Una de difracción de dos vigas de sondaje enfocado en la ranura triangular se calculó con el uso de este formalismo. A continuación, la fase y la amplitud de las señales fueron evaluadas por las ranuras diferentes de profundidad ($0,8 \div 1,5 \text{ mm}$) y anchura ($0,4 \div 0,6 \text{ mm}$). La base de datos obtenido se utilizó para la construcción de la

develop the algorithm for determining parameters of V-shaped CPP waveguides in Au-substrate.

The contrast dependences of SDHM responses on TE and TM polarization are analyzed, and their high sensitivity to profile variation is shown. The method was proposed for the control of groove depth by SDHM using calculated dependences. The inspection both depth and width is also possible owing to difference of contrast dependences for TE and TM polarization. The method could be further improved by signal detection at various points in the Fourier plane.

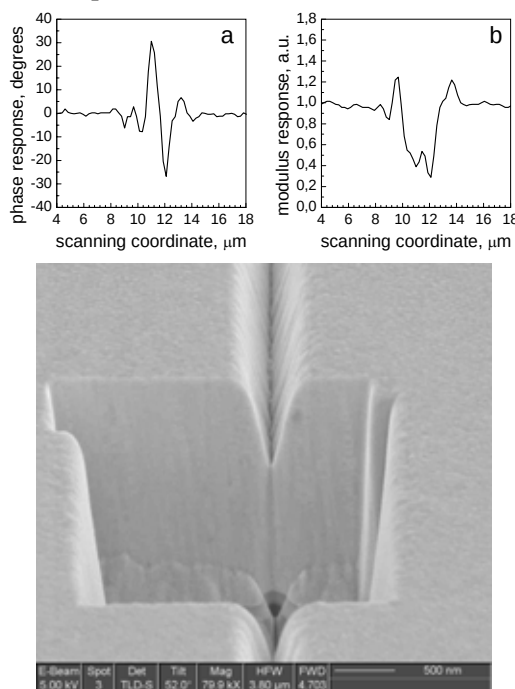


Fig. 1. Top: Experimental phase (a) and modulus (b) response of SDHM to V-groove of 0.6μm-width and 1.0μm-depth in Au-substrate for TE polarization, and SEM image of the groove. Bottom: Phase contrast is equal to 30°, modulus contrast is equal to 0.29.

fase y la amplitud de la dependencia de las magnitudes de los parámetros de la ranura. Esta magnitud dependencias permiten desarrollar un algoritmo para determinar parámetros de guías de onda triangular CPP en Au-sustrato. La dependencia de las señales de cambio microscopio en busca de la polarización TE y TM demuestran su alta sensibilidad a la variación del perfil. El método es propuesto para el control de la profundidad de la ranura con la ayuda del microscopio heterodinas y podría mejorarse aún más mediante el uso de la detección de la señal en varios puntos del plano de Fourier.

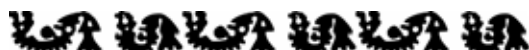
Figura. 1. Arriba: fase experimental (a) y amplitud (b) respuesta de SDHM de ranura triangular de 0.6μm 1.0μm de ancho y profundidad en el sustrato de Au para la polarización TE, y la imagen de la ranura en el microscopio electrónico. Abajo: El contraste de fase es igual a 30 °, la amplitud de contraste es igual a 0,29.

Palabras clave: metrología óptica, microscopia heterodino, caracterización microobject, guía de ondas de plasmones polaritones.

- [1] I.V. Novikov, and A.A. Maradudin, "Channel polaritons", *Phys. Rev. B*, **66**, 035403 (2002).
- [2] Akhmedzhanov I.M., Baranov D.V., and Zolotov E.M., "Object characterization with a differential heterodyne microscope", *J. Opt. A*, **5**, S200 (2003).

- [3] Moharam M.G., Pommet D.A., and Grann E.B., "Stable implementation of the rigorous coupled-wave analysis for surface-relief gratings: enhanced transmittance matrix approach", *JOSA A*, **12**, 1077 (1995).

Keywords: optical metrology, heterodyne microscopy, microobject characterization, plasmon polariton waveguide.



SINGLE-SHOT COLOR DIGITAL HOLOGRAPHY BY USING THE FRACTIONAL TALBOT EFFECT

L. Martínez¹, M. Araiza², B. Javidi³,
P. Andrés⁴, J. Lancis¹, V. Climent¹,
R. Martínez¹, E. Tajahuerce¹

¹Universitat Jaume I. Spain.

²Univ. Autónoma de Zacatecas. Mexico.

³University of Connecticut. USA.

⁴Universitat de València. Spain.

enrique.tajahuerce@uji.es

Digital holography is a useful technique to record the complex amplitude distribution associated to diffracted light beams. Recently, we have demonstrated a new method for recording on-axis digital holograms of 2D and 3D objects in a single shot with parallel phase-shifting techniques. It is based on the fractional Talbot effect provided by 2D binary amplitude gratings. This method does not require complex diffractive optical elements or periodic pixelated polarization devices, which are difficult to build and hard to integrate with the CCD sensor.

In this contribution, we report the application of single-shot Talbot digital holography to the recording of color digital holograms under polychromatic illumination. Our system is based on the polychromatic fractional Talbot effect exhibited by a simple 2D binary amplitude grating. The grating codifies the reference beam of an interferometer and generates the same periodic phase distribution, with



HOLOGRAFÍA DIGITAL DINÁMICA EN COLOR BASADA EN EL EFECTO TALBOT FRACCIONARIO

Las técnicas de holografía digital permiten medir la distribución de amplitud compleja asociada a la luz difractada por un objeto mediante cámaras electrónicas. Recientemente, nuestro grupo ha demostrado un nuevo método para registrar hologramas digitales en eje de objetos bidimensionales (2D) y tridimensionales (3D), a partir de un único interferograma, empleando técnicas de desplazamiento de fase en paralelo. El procedimiento se basa en el efecto Talbot fraccionario proporcionado por una red 2D de amplitud. Nuestro método permite prescindir de dispositivos de polarización periódicos o de elementos ópticos difractivos complejos presentes en otras propuestas, que son difíciles de fabricar y de integrar con la cámara CCD.

En esta comunicación, presentamos la extensión de esta técnica de holografía digital dinámica basada en el efecto Talbot fraccionario al registro de hologramas digitales en color con iluminación policromática. Nuestro sistema se basa en el

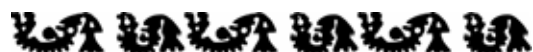
uniform irradiance, at a different axial distance for each spectral component of the incident light. This field interferes with the object diffraction pattern to be measured. A modified 3-CCD color sensor records the interferogram for each chromatic component at frame rates only limited by the sensor capabilities. By sampling and processing this color pixelated phase-shifted interferogram we are able to measure the amplitude and phase of the object light field in one shot for each chromatic channel thus allowing time-resolved dynamic operation.

We present preliminary experiments with three laser wavelengths, providing three chromatic components for recording 2D color objects. The CCD camera was located at a slightly different axial distance for each chromatic component in order to record each interferogram. Our computer simulations and experimental results confirm the feasibility and flexibility of our method.

Keywords: digital holography, color holography, self-imaging effects.

efecto Talbot fraccionario policromático que presenta una sencilla red 2D de amplitud binaria. La red codifica el haz de referencia de un interferómetro, generando la misma distribución periódica de fase, con irradiancia uniforme, en una distancia axial diferente para cada componente espectral de la luz incidente. Este haz de referencia interfiere con el patrón difractado a medir. Una cámara CCD en color, modificada adecuadamente, graba el interferograma para cada componente cromática, con una velocidad de captura limitada únicamente por las prestaciones del sensor. El muestreo periódico y el procesamiento digital de este interferograma cromático pixelado, obtenido por desplazamiento de fase, proporciona la medida de la amplitud y fase del haz de luz objeto en una única captura para todos los canales cromáticos, y así es posible una operación dinámica con resolución temporal. Presentamos resultados experimentales correspondientes al registro de hologramas digitales de objetos 2D en color empleando tres longitudes de onda que configuran los tres canales cromáticos RGB. En nuestro experimento preliminar, empleamos una cámara CCD monocromática localizada en posiciones ligeramente diferentes para registrar el interferograma asociado a cada componente cromática. Las simulaciones numéricas y los resultados experimentales obtenidos confirman la viabilidad y flexibilidad de nuestro método.

Palabras clave: holografía digital, holografía en color, fenómenos de auto-imagen.

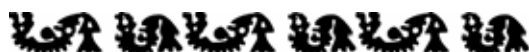


**THOROUGH CHARACTERIZATION
OF SPATIAL LIGHT MODULATORS
LCR2500, TUNED IN ONLY PHASE
MODULATION**

J.E. Rueda, L.A. Guerra, A.L. Romero
Universidad de Pamplona. Colombia.
jorgeenriquereda@gmail.com

We present the results of the characterization of a liquid crystal spatial modulator LCR2500. The phase modulation ratio versus applied voltage and six wavelengths was determined. The basic experimental arrangement is a Mach-Zehnder interferometer, where one mirror is a LCR2500. We found a modulation exceeding 360°. We eliminate the phase errors due to mechanical noise, to apply it on the LCR2500, a spatial distribution of voltage step-shaped.

Keywords: Mach-Zehnder interferometer, spatial modulator liquid, LCR2500.



**HOLOGRAPHIC RECORDING AND
ERASURE IN BTO CRYSTAL IN THE
INFRARED UNDER APPLIED
ELECTRIC FIELD ACTION**

**A.L. Moura¹, A.F. Pereira¹,
J.F. Carvalho², P.V. Dos Santos¹**

¹*Universidade Federal de Halagaos. Brazil.*

²*Universidade Federal de Goiás. Brazil.*

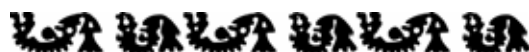
andre.moura@fis.ufal.br

Photorefractive media are promising to be applied in the development of photonics devices, such as optical memories. In this manner the characterization of materials of this type has a large importance nowadays. Among these materials the Bi₁₂TiO₂₀ (BTO) crystals present relatively fast response time being interesting to be applied in optical information processing systems. In spite of the large quantity of papers in the literature related with BTO the hologram recording and erasure in the infrared region, where

**CARACTERIZACIÓN EXHAUSTIVA
DE UN MODULADOR ESPACIAL DE
LUZ LCR2500, SINTONÍZADO EN
MODULACIÓN DE SOLO FASE**

Se presentan los resultados de la caracterización de un modulador espacial de cristal líquido LCR2500. Se determinó la proporción de modulación de fase en comparación con el voltaje aplicado y para seis longitudes de onda. El dispositivo experimental de base es un interferómetro Mach-Zehnder, donde un espejo es un LCR2500. Se encontró una modulación superior a 360°. El método permite eliminar errores en la fase debido al ruido mecánico.

Palabras clave: interferómetro Mach-Zehnder, modulador espacial líquido, LCR2500.



**GRAVAÇÃO E APAGAMENTO
HOLOGRÁFICO NO
INFRAVERMELHO SOB AÇÃO DE
CAMPO ELÉTRICO APLICADO**

Materiais fotorrefrativos são promissores para serem aplicados no desenvolvimento de dispositivos fotônicos, tal como memórias ópticas. Desta forma, a caracterização destes materiais é de grande interesse nos dias atuais. Dentre estes materiais, os cristais Bi₁₂TiO₂₀ (BTO) apresentam tempo de resposta relativamente rápido sendo interessante para serem aplicados no processamento de informação óptica. Apesar da grande quantidade de trabalhos existente na literatura acerca dos cristais BTO, a gravação e apagamento holográfico na

cheap diode lasers are available, is not well explored. To our knowledge there are not works in this spectrum region where is observed the influence of the applied electric field on the diffraction efficiency of stationary (nonmoving) photorefractive hologram. The main reasons are: the low states density of photoactive centres with corresponding energy which implies in low efficiency diffraction; and the fact that these materials exhibit birefringence under applied electric field action due to electrooptic effect. This last fact makes difficult the separation of the diffracted beams from the signal and pump beams in holographic erasure setups. In this paper we propose an experimental setup which enables to measure the diffracted beams during the hologram erasure and investigate the effect of the applied electric field even in cases where the efficiency diffraction is too low. In order to observe the practicality of this setup it was investigated the influence of the applied electric field in the efficiency of stationary holograms recorded in BTO crystals at 1064nm. It is shown a forty eight-fold enhancement of the diffraction efficiency when the applied electric field ranged from 0 to 3.3kV/cm without any pre-exposure to light of the crystal. The pre-exposure controlled electron-hole competition does not presented significant changes with the applied electric field. It was also determined the curve of gain coefficient (Γ) versus applied electric field.

Keywords: holography, BTO, infrared.

região do infravermelho, onde lasers de diodo estão disponíveis, não é bem explorada. Até onde nós sabemos, não existe nenhum trabalho nesta região do espectro onde é observada a influência do campo elétrico aplicado na eficiência de difração de hologramas fotorrefrativos estacionários. As principais razões são: a baixa densidade de estados de centros fotoativos com energia correspondente o que implica em eficiência de difração baixa; e o fato desses materiais se tornarem birrefringentes sob ação de campo elétrico aplicado devido ao efeito eletro-óptico. Este último fato torna difícil a separação dos feixes difratados dos feixes sinal e bombeamento nos aparatos de apagamento holográfico. Neste trabalho propomos uma pequena alteração na configuração experimental típica do apagamento holográfico para permitir medir os feixes difratados durante o apagamento holográfico e investigar o efeito do campo elétrico aplicado mesmo nos casos onde a eficiência de difração é muito baixa. Para observar a praticidade da configuração proposta foi investigada a influência do campo elétrico aplicado na eficiência de difração de hologramas estacionários gravados em cristal BTO @ 1064 nm. Observou-se um aumento de 48 vezes na eficiência de difração quando o campo elétrico aplicado variou de 0,0 a 3,3 kV/cm sem qualquer pré-exposição do cristal a luz. A competição elétron-buraco controlada por luz não mostrou variação significativa com o campo elétrico aplicado.

Palavras chaves: holografia, BTO, infravermelho.



**DYNAMIC MOIRÉ PATTERNS FOR
OPTICAL PROFILOMETRY
APPLICATIONS**

**G.N. De Oliveira, M.E. De Oliveira,
P.A.M. Dos Santos**

Universidade Federal Fluminense, Brazil
gabinieva@if.uff.br

Moiré-like patterns can be experimentally obtained by the superposition of two or more sinusoidal gratings with slightly different pitches. Otherwise, dynamic moiré-like patterns are induced in the volume of the Bi₁₂TiO₂₀ crystal sample used as dynamic holographic media, that is, the holographic sinusoidal phase gratings superimposed are produced with high spatial frequencies ($\sim 1,000$ lines mm⁻¹) in a material exhibiting photorefractive effect, the well controlled combination of photoconductivity and electrooptic effect.

The photorefractive holographic setup has been used in anisotropic two wave mixing architecture, in diffusion only recording mechanism. This means that the observed moiré-like fringe patterns with low spatial frequencies ($\sim 2-5$ lines mm⁻¹) is produced like a beat phenomenon due to the dynamic superposition of two sinusoidal phase gratings in the volume of BTO crystal sample.

In the present work is proposed that the observed dynamic moiré-like fringe patterns with low spatial frequencies, obtained in the above described experimental conditions, could be used in a kind of dynamic profile determination of small objects, using both the Fourier transform profilometry or the phase shifting optical profilometry. So, the main expectation of proposed experimental procedure is can be indicated to measure, with good accuracy degree, profile of small objects in sub-micrometer scale in optical mechanical systems.

Keywords: moiré, profilometry, photorefraction, sinusoidal gratings

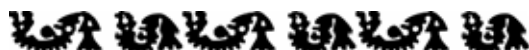
**PERFILOMETRIA ÓPTICA
UTILIZANDO PADRÕES DE MOIRÉ
DINÂMICOS**

Os padrões de moiré dinâmicos podem ser obtidos experimentalmente pela superposição de redes de fase senoidais com espaçamento entre redes levemente diferentes. Além disso, padrões de moiré dinâmicos são produzidos no volume da amostra do cristal Bi₁₂TiO₂₀ utilizado como meio holográfico dinâmico, isto é, as redes de fase senoidais superpostas são produzidas com alta frequência espacial ($\sim 1,000$ linhas mm⁻¹) em um material que exibe efeito fotorrefrativo, que é uma combinação bem controlada de fotocondutividade e efeito fotoelétrico.

A montagem para holografia com fotorrefrativos tem sido utilizada em arquitetura de mistura de duas ondas anisotrópicas, em difusão apenas no mecanismo de escrita. Isto significa que o padrão de franjas de moiré com baixa frequência espacial ($\sim 2-5$ linhas mm⁻¹) observado é produzido como um fenômeno de batimento devido a superposição dinâmica de duas redes de fase senoidais no volume da amostra do cristal BTO.

No presente trabalho, está sendo proposto que os padrões de franjas de moiré dinâmicos com baixa frequência espacial, obtidos nas condições experimentais descritas, possam ser utilizados em experimentos que se queiram determinar dinamicamente perfis de pequenos objetos, utilizando a perfilometria por transformada de Fourier ou perfilometria óptica por deslocamento de fase (phase shifting). Então, a objetivo principal do procedimento experimental proposto é poder ser indicado para medir, com um bom grau de precisão, perfil de objetos pequenos em escala submicrométrica em sistemas ópticos mecânicos.

Palavras chave: moiré, perfilometria, fotorrefração, redes de fase senoidais.



**DYNAMIC OF FAST AND SLOW
GRATINGS IN DOPED
TITANOSILLENITE
PHOTOREFRACTIVE CRYSTALS**

I. De Oliveira, R. Montenegro,

J. Frejlich

¹UNICAMP. Brazil.

ivan@ft.unicamp.br

Photorefractive crystals are electro-optic and photoconductive materials. When a spatially modulated pattern of light is projected onto the crystal, charge carriers are excited and a space-charge field modulation occurs because of the photoconductive effect. This space-charge field produces an index-of-refraction modulation in the crystal volume, due to the electro-optic effect [1]. When two or more photoactive centers with charge carriers of opposite signs (electrons and holes) are involved in this process, phase shifted (and even counter-phase) holograms are produced.

Such hole-electron competition had been already characterized using running holograms in order to find out material parameters that may describe the hole-electron competition, and resonance peaks corresponding to electron-donor centers have been already reported, particularly for fast materials like sillenites and semiconductor photorefractives [2,3].

The evolution of hologram erasure by the action of light had been also used to characterize different photoactive centers involved in photorefractive recording process [4]. For the particular case of hole-electron competition, the process was shown [2,5] to be adequately described by a pair of coupled differential equations. The solution of these equations leads to a fast and a slow hologram [6].

In this work, we study the dynamics of holographic erasure under light on a Vanadium doped $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$ (BTO-V). The erasure of the previously recorded grating showed the presence of two gratings, one fast, due mainly to electrons and another slow one that strongly depends on the effective density of traps of electrons and holes. We measured the overall diffraction efficiency and the phase shift between both gratings at the starting of erasure as a

**DINÂMICA DE REDES RÁPIDA E
LENTA EM CRISTAIS
FOTORREFRATIVOS DO TIPO
TITANOSILENITA DOPADAS**

Cristais fotorrefrativos são materiais eletro-ópticos e fotocondutores. Quando um padrão de luz é projetado sobre o cristal, cargas são excitadas e ocorre a formação de um campo espacial de cargas devido ao efeito da fotocondutividade. Esse campo espacial de cargas produz uma modulação no índice de refração no volume do cristal devido ao efeito eletro-óptico [1]. Quando dois ou mais centros fotoativo com portadores de cargas de sinais opostos (elétrons e buracos) estão envolvidos nesse processo, hologramas defasados (e em contra fase) são gerados.

Tal competição elétron-buraco tem sido caracterizada pela técnica dos hologramas em movimento para determinar os parâmetros que descrevem a formação da competição entre elétrons e buracos, e também para determinar picos de ressonância correspondendo a centros doadores de elétrons. Essa técnica tem sido demonstrada particularmente para materiais rápidos como é o caso das silenitas e dos semicondutores fotorrefrativos [2,3].

A evolução do holograma pela ação de luz uniforme tem sido utilizada para caracterizar diferentes centros envolvidos no processo de registro holográfico [4]. Para o caso particular da competição elétron-buraco, o processo foi mostrado [2,5] ser adequadamente descrito por um par de equações diferenciais. A solução dessas equações indica duas redes uma rápida e outra lenta [6].

Neste trabalho estudamos a dinâmica do apagamento holográfico sob ação de luz uniforme no cristal $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$ dopado com Vanádio (BTO-V). O apagamento a rede gravada mostra a presença de duas redes, uma rápida que depende exclusivamente dos elétrons e outra lenta que é fortemente dependente da densidade efetiva de centros doadores de elétrons e da densidade efetiva de centros doadores de buracos.

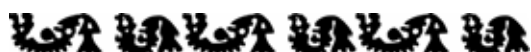
function of the externally applied electric field. From these data, we were able to compute the Debye screening length for electron-donor for the hole-donor photoactive centers involved in the recording/erasure process as well as other material parameters like the diffusion length and the quantum efficiency for photoelectron and photo-hole generation both for 514 nm and for 633 nm illumination.

- [1] J. Frejlich. Photorefractive Materials: Fundamental Concepts, Holographic Recording, and Materials Characterization. Wiley-Interscience, New York, (2006).
- [2] Ivan de Oliveira, J. Frejlich, Detection of resonance space-charge wave peaks for holes and electrons in photorefractive crystals J. Opt. Soc. Am. B **26**, 1298–1302 (2007).
- [3] B. Imbert, H. Rajbenbach, S. Mallick, J. Herriau, and J. Huignard, “High photorefractive gain in two-beam coupling with moving fringes in GaAs:Cr crystals,” Opt. Lett. **13**, 327–329 (1988).
- [4] J. Frejlich, R. Montenegro, T.O. dos Santos, and J.F. Carvalho. “Characterization of photorefractive undoped and doped sillenite crystals using holographic and photoconductivity techniques”. J.Opt. A: Pure Appl. Opt., 10:104005, (2008).
- [5] S. Zhivkova, M. Miteva, Holographic recording in photorefractive crystals with simultaneous electron-hole transport and two active centers. J. Appl. Phys. **68**, 3099–3103 (1990).
- [6] R. Montenegro, A. Shumelyuk, R. Kumamoto, F. Carvalho, R.C. Santana and J. Frejlich. Vanadium-doped photorefractive titanosillenite crystal, Appl Phys B 95: 475–482 (2009).

Keywords: Photorefractive, Erasure Holographic, Sillenite.

Medimos a eficiência de difração e a diferença de fase entre as redes rápida e lenta no início do processo de apagamento em função do campo elétrico externo. Desses dados nos determinamos o comprimento de Debye para os centros (doadores de elétrons e doadores de buracos) envolvidos no processo de escrita e apagamento, e determinamos também outros parâmetros como o comprimento de difusão, a eficiência quântica pra a geração de elétrons e buracos ambos em 514 nm e 633 nm.

Palavras chave: fotorrefrativos, apagamento holografico, silenitas.



**PHASE-SHIFTING REAL-TIME
HOLOGRAPHIC MICROSCOPY
APPLIED IN MICRO-STRUCTURES
SURFACE ANALYSIS**

**I.V. Brito¹, M.R.R. Gesualdi¹,
M. Muramatsu², J. Ricardo³**

¹UFABC. Brazil.

²USP. Brazil.

³Universidad de Oriente. Cuba.

marcos.gesualdi@ufabc.edu.br

This work presents our study in Phase-Shifting Real-Time Holographic Microscopy (PS-RTHM) for microscopic systems analysis. The microscopic real-time analysis of materials structures, micro-structures, electronic compounds and biological specimens is of great importance today in various domains of engineering, materials, bioengineering and biological sciences. On another hand, the holographic interferometry comprises a group of powerful optical methods for non-destructive testing. Those techniques present important advantages over the conventional ones: they do not present any contact with the studied surfaces, providing high reliability and accuracy of quantitative and qualitative analysis. The phase-shifting real-time holographic interferometry (PS-RTHI) provides a quantitative measurement (micro-displacements, deformations, strain and vibration analysis) in surface analysis using the fast photorefractive crystal recording medium, where spatial phase measurements are basically accomplished by changing the real-time holographic interferogram intensity. In Phase-Shifting Real-Time Holographic Microscopy (PS-RTHM) the real-time holographic process is doing using the fast photorefractive Bi₁₂TiO₂₀ (BTO) crystal recording medium, where the phase-shifting method for obtained the phase map and was applied the unwrapping process. The initial results perform an quantitative measurement of the micro-structures and with promises potentialities of this method for efficient micro-structures, micro-organisms, cells or materials structures analysis with in situ visualization, monitoring and analysis of the static and dynamics systems.

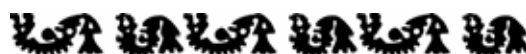
**MICROSCOPIA HOLOGRÁFICA EM
TEMPO REAL USANDO A TÉCNICA
DE DESLOCAMENTO DE FASE
APLICADA NA ANÁLISE DE
SUPERFÍCIES MICRO-
ESTRUTURADAS**

Este trabalho apresenta nossos estudos em Microscopia Holográfica em Tempo Real usando a Técnica de Deslocamento de Fase (PS-RTHM) para análise de sistemas microscópicos. A análise microscópica em tempo real de materiais, micro-estruturas, componentes eletrônicos e espécimes biológicas é de grande importância em varias áreas da engenharia, materiais, bioengenharia e ciências biológicas. Por outro lado, a interferometria holográfica constitui um grupo de poderosos métodos ópticos para analise não-destrutiva. Estas técnicas apresentam algumas vantagens sobre as técnicas convencionais: elas não apresentam contato com as superfícies analisadas, permitem alta acurácia e repetibilidade na analise qualitativa e quantitativa. A interferometria holográfica em tempo real usando a técnica de deslocamento de fase (PS-RTHI) permitem medidas quantitativas (micro-deslocamentos, deformações, tensões e vibração) em analise de superfícies usando como meio de registro holográfico um cristal fotorrefrativo, onde medidas de fase são obtidas, basicamente, pela variação da intensidade em tempo real de um interferograma holográfico. Em Microscopia Holográfica em Tempo Real usando a Técnica de Deslocamento de Fase (PS-RTHM) o processo holográfico é feito usando como meio de registro holográfico um cristal fotorrefrativo Bi₁₂TiO₂₀ (BTO), onde o método de deslocamento de fase é usado para obter o mapa de fase e é aplicado um método de desmodulação de fase. Os resultados iniciais mostram medidas quantitativas de micro-estruturas e as potencialidades deste método para analise de micro-estruturas, micro-organismos, células ou caracterização de materiais com visualização, monitoramento e analise in situ de sistemas estáticos e dinâmicos.

- [1] Gesualdi M.R.R., Soga D., Muramatsu M., *Opt. Laser Eng.*, 44(2005)59-67.
- [2] Gesualdi M.R.R., Soga D., Muramatsu M., *Opt. Laser Tech.*, 39(2007)98-1004.
- [3] Gesualdi M.R.R., Mori M., Muramatsu M., Liberti E. A., Munin E., *Appl. Opt.*, 46, 22(2007) 5419-5429.

Keywords: phase-shifting, photorefractive crystal, holography, microscopy, optical metrology.

Palavras-chave: deslocamento de fase, cristal fotorefrativo, holografia, microscopia, metrologia óptica.



DIGITAL HOLOGRAPHY MICROSCOPY USING A SINGLE MODE FIBER AND AN ERROR CORRECTION METHOD

**K. Matsuda¹, M. Muramatsu²,
S. Rehman³, M.R.R.Gesualdi⁴**

¹*NIAIST, Japan.*

²*Univ. de São Paulo, Brazil.*

³*National Univ. of Singapore, Singapore.*

⁴*Univ. Federal do ABC, Brazil.*

k.matsuda@aist.go.jp

Digital holography microscopy is a promising technique to measure a phase object quantitatively, instead of Zernike's phase contrast method [1] which is a well known conventional technique to observe a transparent object qualitatively like a biological cell. A single mode fiber which makes the optical system more robust and flexible is used in the illumination path of recording the digital hologram. The fiber configuration is basically same as the optical configuration that we have reported a digital holographic microscopy with an optical system consisting of lensless quasi Fourier transform setup [2]. In these methods, a phase object is placed in one of two expanding beams to obtain the magnified image and the other beam is used as a reference beam in holographic recording scheme. Therefore a magnified and blurred image of the object is projected on a CCD. The hologram digitized by the CCD is put into a computer.

HOLOGRAFIA DIGITAL MICROSCÓPICA USANDO FIBRA ÓPTICA MONO MODO E O MÉTODO DE CORREÇÃO DE ERRO

A holografia digital microscopia é uma técnica promissora para medir um objeto fase quantitativa, ao invés de contraste de fase método de Zernike [1], que é uma técnica bem conhecida convencional para observar um objeto transparente qualitativamente como uma célula biológica. A fibra de modo único, que torna o sistema óptico mais robusto e flexível é utilizada na iluminação do caminho de gravação do holograma digital. A configuração da fibra é basicamente idêntica à configuração óptica que relaciona um microscópio digital holográfico com um sistema óptico que consiste em quase transformada de Fourier sem lente. Nestes métodos, um objeto de fase é colocado em um dos dois feixes expandido para obter a imagem ampliada e outro feixe é utilizado como um feixe de referência em regime de registro holográfico. Portanto, uma imagem borrada e ampliada do objeto é projetada em um CCD. O holograma digitalizados pelo CCD

In the computer, numerical processing is carried out using an image correction technique. If the blurred image is corrected, a magnified image of the object can be obtained. Recording the phase information by holography made possible for perfect recovery of the blurred image. The phase profile of magnified image was obtained by mapping out using Fourier transform method. In the presentation, we shall discuss the improvement of resolution and magnification. To improve the resolution, the CCD (the hologram) must be placed near the phase object, as soon as possible. To increase magnification, the phase object must be approached to the point source. These problem was overcome by using a camera lens which has the optical diameter of 30mm and the focal length of 50mm.

Acknowledgement: The authors appreciate Mr. M.A.P.A. Ropez, Mr. B.C. Quint, Dr M. Yamauchi for helping the research.

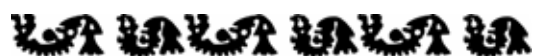
- [1] M. Born and E. Wolf, *Principles of Optics*, pp.424~428, 1964 (Pergamon Press, 2nd edition).
- [2] K. Matsuda, S. Rehman, T. Nakatani, M. Yamauchi, K. Homma, "Digital holography microscope using image correction technique", ICO 21 Congress proceedings, July 7-10 (Sydney), pp.231 (2008).

Keywords: digital holography, single mode fiber.

é registrado em um computador. No computador, o processamento numérico é efetuado através de uma técnica de correção de imagem. Se a imagem borrada é corrigido, uma imagem ampliada do objeto pode ser obtida. Gravar a informação de fase por holografia torna possível a recuperação perfeita da imagem borrada. O perfil da fase da imagem ampliada foi obtida pelo mapeamento, utilizando o método de Fourier. Na apresentação, vamos discutir a melhoria da resolução e ampliação. Para melhorar a resolução, a CCD (o holograma) deve ser colocado perto do objeto fase. Para aumentar a ampliação, o objeto de fase deve ser considerado como uma fonte pontual e para isso foi utilizada uma lente de câmera que tem o diâmetro de 30mm e distância focal de 50mm.

Agradecimentos: Os autores agradecem o Sr. M. A. López, Sr. B.C. Quint, Dr M. Yamauchi pelo suporte técnico na investigação e ao apoio financeiro da FAPESP para K. Matsuda (Proc. 09/10177-0).

Palavras chave: holografia digital, fibra de monomodo.



**SIMPLE OPTICAL SETUP
IMPLEMENTATION FOR DIGITAL
FOURIER TRANSFORM
HOLOGRAPHY**

G.N. De Oliveira, D.M.C. Rodrigues,

P.A.M. Dos Santos

Universidade Federal Fluminense. Brazil.

pams@if.uff.br

Digital holography is the well knowing Gabor development where the holographic media, usually photographic film or plates, is replaced by a CCD (Charged Coupled Device) of the same kind found in any digital photographic camera. In the case of digital holograms the most important factor are the pixel dimensions, that allows in small areas of this devices to obtain spatial resolutions in order of at least 200 lines mm⁻¹, sufficient to make basic holographic applications.

Another significant characteristic of digital holography is the process of image reconstruction. In this case the use computer specific programs, in general based in Huygens-Fresnel diffraction concepts, reconstruct the object image digitally. This process turns available more optical information about all system then was possible in the classical holography made using high resolution photographic films.

The digital hologram of a Fourier transform of light beam diffracted from the object is obtained when the distance from the plane containing both the object and the reference light source is far from the hologram plane. So, the propagation of the beams falls in the Fraunhofer diffraction limit. This is the basic of digital Fourier Transform holography.

In the present work a simple implementation of digital Fourier transform holographic setup is discussed. Basically, it is proposed a optical holographic configuration where the necessity of a plane containing the object and reference light source is replaced by a virtual reference light source that reproduces the same optical propagation conditions to obtain the Fourier transform hologram like above described.

**SISTEMA ÓPTICO SIMPLES PARA
HOLOGRAFIA POR
TRANSFORMADA DE FOURIER**

A holografia digital é uma modalidade de holografia baseada nos conceitos de Gabor onde o meio holográfico, geralmente um filme ou placa fotográfica, são substituídos por um CCD (Charged Coupled Device) do mesmo tipo encontrado em uma câmera fotográfica digital. No caso dos hologramas digitais, o fator mais importante é a dimensão dos pixels, que nos permite obter resolução espacial da ordem de pelo menos 200 linhas mm⁻¹ em pequenas áreas do dispositivo, o suficiente para aplicações holográficas básicas.

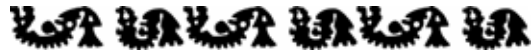
Outra característica importante da holografia digital é o processo de reconstrução de imagem. Neste caso o uso de programas de computador específicos, em geral baseados nos conceitos de difração de Huygens-Fresnel, reconstroem a imagem digitalmente. Este processo fornece mais informações ópticas sobre todo o sistema, do que é possível ser obtido através da holografia clássica utilizando filmes fotográficos de alta resolução.

O holograma digital da transformada de Fourier do feixe de luz difratado pelo objeto é obtido quando a distância do plano que contém a fonte de luz vindo da referência e do objeto é distante do plano do holograma. Então, a propagação dos feixes se encontra no limite de difração de Fraunhofer. Isto é a característica básica da holografia da transformada de Fourier.

No presente trabalho apresentamos um sistema óptico simples para holografia por transformada de Fourier. Basicamente, a proposta é implementar uma configuração holográfica óptica onde a necessidade de um plano contendo a fonte de luz do objeto e da referência é substituído por uma fonte de luz de referência virtual que reproduz as mesmas condições ópticas de propagação para obter o holograma por transformada de Fourier descrito anteriormente.

Keywords: holography, digital holography, Fourier transform, CCD.

Palavras chave: holografia, holografia digital, transformada de Fourier, CCD.



CHARACTERIZATION PROCESS OF A TWISTER NEMATIC LCD IN SINGLE-PHOTON LIMIT DETECTION

PROCESO DE CARACTERIZACIÓN DE UN LCD TWISTER NEMÁTICO EN LÍMITE DE DETECCIÓN DE UN FOTÓN

A. Vargas^{1,2}, R. Guzmán^{1,2}, G. Lima², C. Saavedra², I. Moreno³

¹*Universidad de La Frontera. Chile.*

²*Universidad de Concepción. Chile.*

³*Universidad Miguel Hernández. Spain.*

avargas@ufro.cl

The use of liquid crystal spatial light modulators for both the controlled generation of d-dimensional quantum states and projection measurements using mutually unbiased basis gives versatility in quantum information experiments. To incorporate a liquid crystal display in an optical system it is necessary a knowledge of the device response under photon illumination. So, the LCDSLM characterization for a determinate wavelength is the previous step.

The aim of this work is to compare the characterization process of a LCDSLM from a quantum process tomography (QPT) with the classical black box process, which is also done at the single-photon limit. The black box process establishes a protocol of intensities measures set, where each one is measured when a specific polarized light state pass through the device and another output polarized light state is detected. This process is a standard procedure in all models and the number of measurements necessary to know the Jones matrix elements of LCSLM, depend on the light source, in our case we use a single wavelength illumination. Finally, from LCDSLM Jones matrix it allows predicting the LCDSLM behavior against incident light state.

An alternative approach is used in this work: QPT protocol, in which the complete knowledge of a set of input states and a corresponding set of output states is sufficient to characterize any linear map

El uso de moduladores de cristal líquido (SLM) para la generación controlada de estados cuánticos d-dimensionales y para la medida de proyectores usando bases MUBs entrega versatilidad en experimentos de información cuántica. Para incorporar un display de cristal líquido en un sistema óptico, es necesario un conocimiento de la respuesta del modulador bajo iluminación de un fotón. Así, la caracterización del modulador espacial de luz de cristal líquido (LCDSLM) para una determinada longitud de onda es el paso previo.

El objetivo de este trabajo es comparar el proceso de caracterización de un LCDSLM desde un punto de vista de Procesos de Tomografía Cuántica (QTP) con el clásico proceso de caja negra, en el límite de un fotón. El proceso de caja negra establece un protocolo de un conjunto de medidas, donde cada una de ellas es medida cuando un estado específico de luz polarizada atraviesa el display y se detecta un estado de luz polarizada. Este proceso es un proceso estándar en todos modelos de caracterización para LCDSLM y el número de medidas necesarias para conocer los elementos de la matriz de Jones depende del tipo de fuente de iluminación. En este caso, se utiliza una iluminación de una única longitud de onda. Finalmente, a partir de la matriz de Jones del LCDSLM, es posible predecir el comportamiento del LCDSLM versus el estado de luz incidente.

which connects every input state with a specific output state. We show that the characterization scheme presented here, is a particular case of a QPT, and it is possible obtain similar a LCDSL matrix Jones.

In this work, we present the performance of a TN-LCSLM at the quantum regime illuminated by single-photon, which are obtained from two-photon state generated by spontaneous parametric down-conversion process and heralded detection. The Jones matrix of the display, amplitude modulation and phase modulation conditions are determinate for a wavelength $\lambda \approx 702$ nm.

Keywords: liquid crystal display, quantum process tomography, LCD characterization.

Una aproximación alternativa se utiliza en este trabajo: el protocolo QPT, en el cual un completo conocimiento de un conjunto de estados de entrada y con un correspondiente estado de salida es suficiente para caracterizar cualquier mapeo lineal, el cual conecta cualquier estado de entrada con un específico estado de salida. Mostramos que el esquema de caracterización presentada aquí, es un caso particular de QPT y es posible obtener similares matrices de Jones del LCDSL.

En este trabajo, presentamos el comportamiento de un TN-LCSLM en el régimen cuántico iluminado por un sólo fotón, el cual es obtenido a partir del estado de dos fotones generado por el proceso *spontaneous parametric down-conversion process* y detectado en coincidencia. La matriz de Jones del display, modulación de amplitud y modulación de fase se determinan para una longitud de onda de $\lambda \approx 702$ nm.

Palabras clave: display de cristal líquido, procesos de tomografía cuántica, caracterización de un LCD.



EFFICIENT ALGORITHM FOR CALCULATING INTERFERENCE AND DIFFRACTION PATTERNS WITH OPTICAL FIELDS IN ANY STATE OF SPATIAL COHERENCE

H. Muñoz, R. Castañeda, J. García

[†]*Univ. Nacional de Colombia, Colombia.*

hamunoz@unal.edu.co

The theory of spatial coherence wavelets allows calculating diffraction and interference patterns. In addition, it provides geometrical information for ray tracing and both energetic and spatial coherence information of the optical field. All of this is coding in only one function called the *marginal power spectrum*, also known the *ray-map*, which belongs to the class of

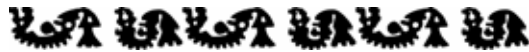


ALGORITMO EFICIENTE PARA EL CÁLCULO DE PATRONES DE DIFRACCIÓN E INTERFERENCIA CON CAMPOS ÓPTICOS EN ESTADOS DE COHERENCIA ESPACIAL ARBITRARIOS

La teoría de Onditas de Coherencia Espacial, además de permitir el cálculo de patrones de difracción e interferencia, suministra información geométrica (trazado de rayos), energética y del estado de coherencia espacial de los campos ópticos. Todo esto codificado en una sola función, el *Espectro de Potencia Marginal*, también conocida como *mapa de rayos*, la cual hace parte de la

Wigner distribution functions (WDF). It provides the phase-space representation of optical fields in any state of spatial coherence. However, it is usually cumbersome and time consuming to numerically calculate it. In this work, some algorithms are discussed which are able to efficiently calculate the ray-map. Their numerical performance is illustrated with some cases of interference with diffraction effects and different states of spatial coherence.

Keywords: marginal power spectrum, phase-space representation, Wigner optics.



SIMPLE TECHNIQUE FOR GENERATING THE PARTIALLY COHERENT AND PARTIALLY POLARIZED ELECTROMAGNETIC SOURCE

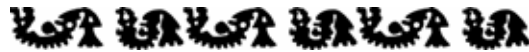
**A. Ostrovsky, G. Rodríguez, C. Meneses,
M. Olvera**

*Universidad Autónoma de Puebla. Mexico.
andreyo@cfm.buap.mx*

During the last decade substantial efforts were made in developing the vector coherence theory of electromagnetic fields [1]. To realize any experimental investigation on this subject, one needs a genuine partially coherent and partially polarized electromagnetic source with known statistical properties. Nevertheless, the commonly used in optical practice source is the gas laser, whose radiation is almost completely coherent and completely polarized. Thus, the problem of the controlled altering the coherence and polarization properties of laser radiation arises. In [2] it was shown that such an alteration can be done by means of the computer controlled liquid crystal (LC) spatial light modulator (SLM). Somewhat later this technique has been improved using two LC SLMs placed at the opposite arms of the Mach-Zehnder interferometer [3].

familia de funciones de distribución de Wigner y proporciona la representación espacio-fase de campos ópticos en estados arbitrarios de coherencia espacial. No obstante, su cálculo numérico es usualmente complicado y demanda cantidades significativas de tiempo de procesamiento. En este trabajo se presentan algoritmos de alta eficiencia para obtener el mapa de rayos, cuyo desempeño se ejemplifica con casos de interferencia que incluye efectos de difracción y diferentes estados de coherencia espacial.

Palabras clave: espectro de potencia marginal, representación fase-espacio, óptica de Wigner.



UNA TÉCNICA SENCILLA PARA LA GENERACIÓN DE LA FUENTE ELECTROMAGNÉTICA PARCIALMENTE COHERENTE Y PARCIALMENTE POLARIZADA

Durante la última década esfuerzos substanciales en el desarrollo de la teoría vectorial de coherencia electromagnética han sido desarrollados [1]. Para realizar cualquier investigación experimental en la materia, se necesita una genuina fuente parcialmente coherente y parcialmente polarizada con propiedades estadísticas conocidas. No obstante, la fuente óptica comúnmente usada en la práctica es el láser de gas, cuya radiación es casi completamente coherente y completamente polarizada. De este modo, surge el problema de la alteración controlada de las propiedades de coherencia y polarización de la radiación láser. En [2] fue mostrado que tal alteración puede ser realizada por medio de un modulador espacial de luz (MSL) en base de cristal líquido (CL) controlado por computadora. Un poco después esta técnica fue mejorada usando dos MSL-CL

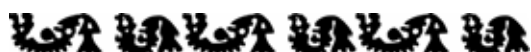
Recently we have proposed an alternative technique employing two crossed parallel aligned LC SLMs [4]. Unfortunately, the mentioned techniques have not been yet realized in practice because of the lack of commercial LC SLMs with the desired characteristics. Here we propose a rather simple technique for modulating the coherence and polarization of laser radiation which does not need any LC SLM. The technique is based on partial destruction of coherence of the primary source orthogonal components by two random diffusers placed at the opposite arms of the Mach-Zehnder interferometer. Due to the wide-scale availability of the required optical components we have succeeded in physical realization of the proposed technique and have demonstrated its efficiency in physical experiment. We consider that the proposed technique for generating the partially coherent and partially polarized electromagnetic source can be reproduced in any advanced optics laboratory and, hence, will serve for subsequent developing the experimental researches on coherence and polarization of electromagnetic fields.

- [1] A.S. Ostrovsky, P. Martínez-Vara, M.Á. Olvera-Santamaría, G. Martínez-Niconoff, Vector coherence theory: An overview of basic concepts and definitions, in *Recent Research Developments in Optics*, ed. S.G. Pandalai, Research Signpost, Kerala, India (2009) 113.
- [2] T. Shirai, E. Wolf, J. Opt. Soc. Am. A **21** (2004) 1907.
- [3] T. Shirai, O. Korotkova, E. Wolf, J. Opt. A: Pure Appl. Opt. **7** (2005) 232.
- [4] A.S. Ostrovsky, G. Martínez-Niconoff, V. Arrizón, P. Martínez-Vara, M.Á. Olvera-Santamaría, C. Rickenstorff-Parrao, Opt. Express **17** (2009) 5257.

Keywords: coherence, polarization.

colocados en los brazos opuestos de un interferómetro Mach-Zehnder [3]. Recientemente, hemos propuesto una técnica alternativa empleando dos MSL-CL colocadas ortogonalmente [4]. Desafortunadamente, las técnicas mencionadas no han sido aún realizadas en la práctica debido a la falta de MSL-CL comerciales con las características deseadas. En este trabajo se propone una técnica bastante sencilla para modular la coherencia y la polarización de la radiación láser que no requiere algún MSL-CL. La técnica se basa en la destrucción parcial de la coherencia de las componentes ortogonales de la fuente primaria por medio de dos difusores aleatorios ubicados en los brazos opuestos de un interferómetro Mach-Zehnder. Debido a la gran disponibilidad de los componentes ópticos requeridos, nosotros hemos logrado la realización física de la técnica propuesta y hemos demostrado su eficiencia en un experimento físico. Consideramos que la técnica propuesta para generar la fuente electromagnética parcialmente coherente y parcialmente polarizada puede ser reproducida en cualquier laboratorio de óptica avanzada y, por tanto, servir para subsecuente desarrollo en la investigación de coherencia y polarización de los campos electromagnéticos.

Palabras clave: coherencia, polarización.



**CHARACTERIZATION OF
PARAMETERS IN 3D PARTICLE
IMAGE VELOCIMETRY**

C. Mares, B. Barrientos

CIO. Mexico.

bb@cio.mx

We present Monte Carlo numerical results of the evaluation of the main parameters in 3D particle image velocimetry (PIV), such as particle diameter, number of particles, displacement amplitude, coordinates averaging and amplitude of the gradient of displacement. We assume a translational system, where two cameras with their optical axis parallel to each other record different views of a region of interest in order to obtain 3D displacement fields. The results agree with those found in the literature. Also, we find that displacements around 4 pix produce the minimum errors and that for certain configurations the effect of the averaging of coordinates may be significant. The configuration is used for the measurement of flow rate in a water canal.

Keywords: 3D PIV.

**CARACTERIZACIÓN DE
PARÁMETROS EN VELOCIMETRÍA
POR IMÁGENES DE PARTÍCULAS 3D**

Presentamos los resultados de simulaciones tipo Monte Carlo en la evaluación de los principales parámetros en velocimetría por imágenes de partículas (PIV) en su modalidad 3D. Entre estos parámetros se analizan el diámetro de la partícula, el número de partículas, el rango de valores de desplazamientos, el promediado de la posición de las subimágenes y el gradiente del desplazamiento. Se asume un sistema PIV 3D traslacional, donde dos cámaras con sus ejes ópticos paralelos entre sí graban dos imágenes diferentes de la región de interés, esto con el objetivo de obtener campos de velocidad tridimensionales. Los resultados encontrados concuerdan con los publicados en la literatura. En particular, encontramos que desplazamientos alrededor de 5 pix producen el mínimo de error en la medición y que para ciertas configuraciones el efecto del promediado de coordenadas puede originar una reducción considerable en la exactitud del método. El método es usado para el cálculo de gasto en un canal de agua.

Palabras clave: 3D PIV.



**LINEAL PHASE IN THE COMMON
PATH INTERFEROMETRY BY
LONGITUDINAL TRASLATION OF
THE RULING**

E. Barojas, C. Meneses, G. Rodríguez

Benemérita Univ. Aut. de Puebla. Mexico.

cmeneses@fcfm.buap.mx

It is known that the common path interferometer of two windows (TWCPI) is based on a 4f telecentric image system. It consists of two windows at the entrance, one



**FASE LINEAL EN EL
INTERFEROMETRO DE
TRAYECTORIA COMÚN POR
TRASLACIÓN LONGITUDINAL DE
LA REJILLA**

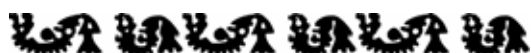
Se sabe que el interferómetro de trayectoria común de doble ventana (TWCPI) está basado en un sistema telecéntrico 4f formador de imágenes. Consiste de dos

window serves as a reference and the other window serves as a test arm where is placed the object under study. In the Fourier plane by placing a binary grating as a filter, such that in the image plane is carried out interference due to overlap of the two windows. It has been experimentally observed that a lineal phase term in the interference pattern from the TWCPI can be obtained when the ruling is placed outside the focal plane of the lens or the first lens processing is moved longitudinally with respect to the optical axis. In this paper, based on analysis of near-field diffraction and Fourier optics the appearance of additional lineal phase term to the test object in the interference pattern is justified. It is also well known that the phase extraction technique based on Fourier analysis is applied to an interferogram with a lineal phase term and that the experimental introduction of this term is some limitations mainly due to the reference wave must be tilted or undesirable aberrations are induced. It shows both the theoretical analysis and experimental results.

Keywords: interferometry, diffraction optics, Fourier optics.

ventanas en el plano de entrada, en la cual una ventana sirve de referencia y la otra sirve de prueba donde se coloca el objeto de estudio. En el plano de Fourier se coloca una rejilla binaria como filtro, de tal manera que en el plano imagen se lleve a cabo la interferencia debida a la superposición de las dos ventanas. Se ha observado experimentalmente que en el TWCPI se puede obtener un término de fase lineal en el patrón de interferencia si la rejilla es colocada fuera del plano focal de la lente o si la segunda lente transformadora es trasladada longitudinalmente con respecto al eje óptico. En el presente escrito, en base al análisis de difracción de campo cercano y a la óptica de Fourier se justifica la aparición del término lineal de fase adicional a la del objeto de prueba en el patrón de interferencia. Es bien sabido también que la técnica de extracción de fase basada en el análisis de Fourier es aplicable a un interferograma con un término lineal y que la introducción experimental de este término encuentra algunas limitaciones debido principalmente a que la onda de referencia debe ser inclinada o que se inducen aberraciones no deseables. Se muestra el análisis teórico y resultados experimentales.

Palabras clave: interferometría, difracción, óptica de Fourier.

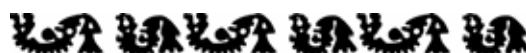


RAY TRACING TO STUDY OF WAX AROUND OF CLOUD POINT BY OPTICAL ABSORTION TOMOGRAPHY

**L. Moreno, C. Meneses, N. Herrera,
G. Rodríguez**

*Benemérita Univ. Aut. de Puebla. Mexico.
cmeneses@fcfm.buap.mx*

In optical tomography of parallel projections, the light rays that cross the slice of the object are experimentally approached to suffer minimal refraction, i.e. take refraccional limits. Generally, a media is



TRAZADO DE RAYOS PARA EL ESTUDIO DE CERAS CERCA DEL PUNTO DE NIEBLA MEDIANTE TOMOGRAFÍA DE ABSORCIÓN ÓPTICA

En tomografía óptica de proyecciones paralelos los rayos de luz que cruzan la rebanada del objeto se aproximan experimentalmente a que sufran una mínima refracción, es decir, se llevan a los límites

used for immersion whose refractive index rate tied the environment to study, but the geometry of the containment vessels also affects refraction and may be the case that the approach is not subject performed. In this work we make a study of the refraction of a ray of light that enters a typical experimental system for studying the thermodynamic behavior of wax around of the wax point. Since it has special properties in the heat capacity and refractive index near the phase transition, these results will be used to characterize the transition and is intended to give information tomography to the study of thermal properties obtained using the technique of T- History. In this study, we simulate the behavior of the refraction of parallel rays crossing the T-History test system to find the optimal values of the dimensions of the containment vessels and the index of refraction of the medium for immersion, considering that the sample under study their optical properties vary with temperature. Thus, we obtain the optimum conditions of minimum refraction technique for reconstruction of a tomographic slice parallel projection can be applied. The distribution of refractive index on the slice of the object, typically, is obtained by applying the filtered backprojection algorithm to the set of projections (sinogram) obtained experimentally. The projections are sequentially measuring the intensity of the wave emerging from the slice of the object at different angles.

Keywords: optical tomography, cloud point, ray tracing.

refraccionales. Generalmente, se usa un medio para inmersión cuyo índice de refracción empata el índice del medio a estudiar, sin embargo la geometría de los recipientes contenedores también afecta a la refracción y puede darse el caso que la aproximación buscada no se lleve a cabo. En el presente trabajo se realiza un estudio de la refracción de un rayo de luz que entra a un sistema experimental típico para el estudio del comportamiento termodinámico de ceras cerca del punto de fusión. Dado que se tiene propiedades particulares en la capacidad calorífica e índice de refracción cerca de la transición de fase, estos resultados se usarán para caracterizar dicha transición y se pretende que la tomografía dé información complementaria al estudio de propiedades térmicas obtenidas usando la técnica de T-History. En el presente estudio, se simula el comportamiento de la refracción de rayos paralelos que cruzan el sistema experimental T-History para encontrar los valores óptimos de las dimensiones de los recipientes contenedores y del índice de refracción del medio para inmersión, considerando que la muestra bajo estudio varia sus propiedades ópticas con la temperatura. De esa manera, se obtienen las condiciones de mínima refracción óptimas para que la técnica de reconstrucción de una rebanada mediante tomografía de proyecciones paralelas pueda ser aplicada. La distribución de índice de refracción sobre la rebanada del objeto, típicamente, se obtiene aplicando el algoritmo de retroproyección filtrada al conjunto de proyecciones (senograma) obtenido experimentalmente. Las proyecciones se encuentran midiendo secuencialmente la intensidad de la onda saliendo de la rebanada del objeto a diferentes ángulos.

Palabras clave: tomografía óptica, realce de bordes, óptica de Fourier, filtraje espacial.



**MODULATION OF POLARIZATION
FOR PHASE-SHIFTING
HOLOGRAPHIC INTERFEROMETRY
WITH TWO REFERENCES**

**G. Rodríguez, J. Vázquez, N.I. Toto,
C. Meneses, L. E. Jiménez**

*Benemérita Universidad Autónoma de
Puebla, Mexico.*

gzurita@fcfm.buap.mx

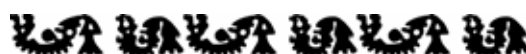
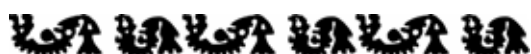
Phase-shifting interferometry requires of a modulator able to introduce the phase steps needed to produce $N+1$ interferograms, where N is the number of shifts. The phase mod 2π can be found by solving the $(N+1)\mathbf{x}(N+1)$ equation system. Recently, it has been shown that modulation of polarization can be adapted to these techniques with some advantages, as its capability to capture several interferograms simultaneously. This modulation type can also be adapted to holographic imagery. To show that, the storage of two slightly different wavefronts are first made with a double exposure heterodyne technique. This means that we use a different reference wave in each recording, thus obtaining a Dändliker hologram. This hologram is then reconstructed with both references at the same time, each reference modulated in polarization independently in order to obtain circular polarizations of opposite sign for each reference prior to the respective reconstruction. Observing interference fringes through a linear polarizing, a given shift is determined by the angle ψ of the polarizing filter transmission axis. Capturing the $N+1$ interferograms generated as described, usual phase-shifting algorithms allow phase extraction. Experimental results for the case $N = 3$ are shown.

Keywords: holographic interferometry, phase-shifting,

**MODULACIÓN DE POLARIZACIÓN
PARA INTERFEROMETRÍA
HOLOGRÁFICA DE CORRIMIENTO
DE FASE CON DOS REFERENCIAS**

La interferometría con corrimiento de fase requiere de un modulator que introduzca las diferencias de fase necesarias para obtener $N+1$ interferogramas, donde N es el número de corrimientos. La fase módulo 2π puede encontrarse resolviendo un sistema de ecuaciones $(N+1)\mathbf{x}(N+1)$. Recientemente, se ha mostrado que la modulación de polarización puede incorporarse en estas técnicas interferométricas con determinadas ventajas, incluida su capacidad para capturar simultáneamente varios interferogramas. Este tipo de modulación puede adaptarse para encontrar la distribución de fase determinada por dos imágenes holográficas ligeramente distintas. Para demostrarlo, se graban dos frentes de onda cuya diferencia se desee estudiar con la técnica de doble exposición, empleando una referencia distinta en cada exposición. El holograma resultante, un holograma heterodino tipo Dändliker, se reconstruye con ambas referencias, modulando éstas independientemente en polarización para obtener polarizaciones circulares de giros opuestos. Al observar las franjas de interferencia a través de un polarizador lineal, se introduce una fase determinada por el ángulo ψ de su eje de transmisión. Tomando los $N+1$ interferogramas, puede emplearse el algoritmo de corrimiento de fase correspondiente para hallar la fase, que es la diferencia buscada. Se presentan resultados experimentales para $N = 3$.

Palabras clave: interferometría holográfica, corrimiento de fase.



THE USE OF A CONICAL LENS TO FIND THE REFRACTIVE INDEX OF LIQUIDS

M. Anguiano, D. Salas, G. Trujillo

Instituto Tecnológico de Chihuahua.

Mexico.

manguiano@itchihuahua.edu.mx

In this work, the basic idea is to determine the refractive index of liquids unknown using a conical lens. The measurement of the refractive index of liquids is an important work in engineering and science since is one of the most important optical parameter. The adulteration problem is increasing day by day; therefore it is necessary to implement new and simple devices for measure the refractive index of several materials.

There is a great variety of interferometric methods that may be used for determining the refractive index. However, these methods either need sophisticated equipment or have low accuracy. Our system consists of a conical lens coupled to a cylindrical container with a liquid whose composition can be changed easily or adulterated. The diameter of the emergent beam of the container is associated to the specific index of refraction of each substance. Any adulteration of the liquid will be reflected in the diameter of the beam, which will be detected by a charge-coupled device (CCD). This technique permits studying transparent solutions, such as aqueous solutions of salts, organic solvents or to identify purity of some substances in alimentary control. Our hypothesis is supported by developed mathematical calculations and numerical simulations.

Keywords: Bessel beam, intensity distribution, axicon.

USO DE UNALENTE CÓNICA PAR DETERMINAR EL ÍNDICE DE REFRACCIÓN DE LÍQUIDOS

En este trabajo, la idea principal es determinar el índice de refracción de líquidos cuya composición no sea conocida; usando una lente cónica. La medición de los índices de refracción de líquidos y gases es una tarea muy importante en el área de ingeniería ya que es uno de los parámetros más importantes. El problema de adulteración se incrementa día a día; entonces es necesario implementar un nuevo y simple dispositivo para medir el índice de refracción de varios materiales.

Existen una gran variedad de métodos interferométricos que pueden ser usados para determinar índices de refracción. Sin embargo, hacen uso de equipos sofisticados o no son muy exactos. Nuestro sistema consiste de una lente cónica acoplada a un contenedor cilíndrico con un líquido cuya composición puede ser fácilmente cambiada. El diámetro del haz emergente del contenedor está asociado al índice de refracción de cada sustancia. Alguna adulteración del líquido bien conocido puede reflejarse en cambios en el diámetro del haz, el cual puede ser detectado mediante una cámara CCD y un algoritmo implementado.

Palabras clave: haz de Bessel, distribución de la intensidad, axicón.



**DESIGN OF A SCANNING
POLARIMETRIC SCATTEROMETER
FOR 2D ROUGH SURFACE
SCATTERING MEASUREMENTS**

**N.C. Bruce, A. Domínguez, T. Santana,
X. Téllez, A. Nogueira, R. Nava**
*Universidad Nacional Autónoma de México.
Mexico.*
neil.bruce@ccadet.unam.mx

Rough surface scattering has applications in many scientific and technological areas, for example, in the interpretation of remote sensing images or in the testing and imaging of printed circuits. While many of the recent theoretical, numerical and experimental advances in this area have used 1D surface structure, for example lines on a flat substrate, many applications involve scattering from surfaces with 2D surface roughness. This type of surface has proved to be more difficult to analyze theoretically and more difficult to measure experimentally. However, recent advances in the theoretical and numerical aspects of scattering of vector-electromagnetic waves in rough surfaces has opened up the possibility of studying the 2D roughness problem. To verify the validity of the numerical models developed for these cases is important that experimental results be obtained to compare with the numerical results. For a 2D rough surface this involves measuring the scattered light in the hemisphere above the rough surface. This compares to the measurement in a single plane for 1D rough surfaces. The measurement of the light in the full hemisphere can be achieved by using a mirror to collect the scattered light and direct it to a detector, but with this method the polarization of the scattered light is affected by the optical system and it is very difficult to compensate the effects of all the optical components to separate only the polarization of the scattering process. To measure the polarization of the scattered light we have chosen to build a scanning scatterometer which uses two rotational movements to scan a detector over the hemisphere of interest. The polarization will be measured by using a system of variable liquid crystal retarders. The system has been designed

**DISEÑO DE UN ESPARCÍMETRO
POLARIMETRICO DE BARRIDO
PARA LA MEDICIÓN DEL
ESPARCIMIENTO EN SUPERFICIES
2D**

El esparcimiento de la luz en superficies rugosas tiene aplicaciones en diversas áreas de la ciencia y la tecnología, por ejemplo, en la interpretación de imágenes en percepción remota o en la prueba de circuitos impresos. Mientras muchos de los avances recientes en este área han utilizado estructura 1D en la superficie, muchas de las aplicaciones involucran esparcimiento en superficies con rugosidad en 2D. Este tipo de superficie ha resultado más complicado para su análisis teórico y para su medición experimental. Sin embargo, nuevos avances en los aspectos teóricos y numéricos en el esparcimiento de ondas vector-electromagnéticas en superficies rugosas ha abierto la posibilidad de estudiar el problema de rugosidad en 2D. Para verificar la validez de los métodos numéricos desarrollados para estos casos es importante obtener resultados experimentales para comparar con los resultados numéricos. Para una superficie 2D esto involucra la medición de la luz esparcida en el hemisferio arriba de la superficie. Esto contrasta con la medición en un solo plano para el caso de superficies 1D. La medición de la luz en el hemisferio completo puede lograrse utilizando un espejo para recolectar la luz esparcida y para dirigirla a un detector, pero con este método la polarización de la luz esparcida es cambiada por el sistema óptico y es muy difícil compensar los efectos de todos los componentes ópticos para separar solamente la polarización del proceso de esparcimiento. Para medir la polarización de la luz esparcida se ha escogido construir un esparcímetero de barrido que utiliza dos movimientos rotacionales para barrer un detector sobre el hemisferio de interés. Se medirá la polarización con un sistema de retardadores variable de cristal líquido. Se diseñó el sistema con una resolución de

with a resolution of 0.25° in the scan position and will be controlled with LabView. In this paper we will present the design and construction of the system and preliminary results of the polarization measurement system.

Keywords: surface scattering, rough surfaces, scatterometer

0.25° en la posición del barrido y será controlado con un programa en LabView. En esta contribución se presentará el diseño y construcción del sistema y resultados preliminares con el sistema de medición de polarización.

Palabras clave: Esparcimiento en superficies, superficies rugosas.



NEW NULL SCREEN DESIGNS FOR TESTING CYLINDRICAL PARABOLIC CONCENTRATORS

R. Díaz¹, J. Beltrán¹, V.I. Moreno²

¹Univ. Nac. Autónoma de México. Mexico.

²Univ. de la Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo. Mexico.

rufino.diaz@ccadet.unam.mx

In previous work [1] the testing of cylindrical parabolic concentrator (CPC) for solar energy applications, based on the null screen principles [2,3] were proposed. For testing a CPC flat horizontal null screens parallel to the parabola and cylinder axes were designed. As for the testing of surfaces with other geometries [2,3], the null screen is designed with drop shaped spots in such way that its image, which is formed by reflection on the test surface, becomes an exact square array of circular spots if the surface is perfect. Any departure from this geometry is indicative of defects on the surface. After few test trials, we found that the alignment of the screen is critical for the region around the vertex of the surface. In addition, the correspondence between the spots at the image and at the screen can be too difficult to do for somewhat deformed concentrators. With the aim of simplify the evaluation procedure, a new kind of null screens are designed. For these, the properties of color images are taken in advantage; different geometric objects are drawn with different basic RGB colors, which can be digitally separated on a color image for aligning, analyzing, and



NUEVOS DISEÑOS DE PANTALLAS NULAS PARA LA PRUEBA DE CONCENTRADORES PARABÓLICOS CILÍNDRICOS

En un trabajo previo [1] se propuso la prueba de concentradores parabólicos cilíndricos (CPC) para aplicaciones de energía solar, basados en los principios de los métodos de Pantallas Nulas [2, 3]. Para la prueba de los CPC's se diseñaron pantallas nulas planas horizontales paralelas a los ejes de la parábola y el cilindro. Al igual que para probar superficies con otras geometrías, la pantalla nula se diseña con manchas de forma de gotas, de tal forma que su imagen, que se forma por reflexión sobre la superficie de prueba, resulta ser un arreglo perfectamente cuadrado de manchas circulares, si la superficie es perfecta. Cualquier diferencia respecto de esta geometría, es muestra de los defectos de la superficie. Después de varias pruebas, encontramos que la alineación de la pantalla es crítica para la región cercana al vértice de la superficie. Además, asignar la correspondencia entre manchas en la imagen y la pantalla puede ser muy complicada para concentradores más o menos deformados. Con la idea de simplificar el proceso de evaluación, se diseñó una nueva clase de pantallas nulas, en las que se aprovecha las

measuring different properties of the surface. Furthermore, some part of the screen is located in a vertical plane, right in front of the vertex of the parabola for making not so critical the alignment of the screen. This kind of null screens are useful for testing every region of the CPC.

- [1] V.I. Moreno-Oliva, M. Campos-García, F. Granados-Agustín, M. J. Arjona-Pérez, R. Díaz-Urbe and M. Avendaño-Alejo, "Optical testing of a parabolic trough solar collector by a null screen with stitching", Modeling Aspects in Optical Metrology II, edited by Harald Bosse, Bernd Bodermann, Richard M. Silver, Proc. of SPIE Vol. 7390, 739012:1-12 (2009).
- [2] R. Díaz-Urbe and Manuel Campos-García, "Null screen testing of fast convex aspheric surfaces," Appl. Opt. **39**, 2670-2677, (2000).
- [3] M. Campos-García, R. Bolado-Gómez and R. Díaz-Urbe, "Testing Fast Aspheric Concave Surfaces with a Cylindrical Null Screen," Appl. Opt. **47**, 849-859, (2008).

Keywords: profilometry, optical metrology, solar concentrators.



IMPLEMENTATION OF THE COUPLED-WAVE METHOD FOR V- SHAPED GROOVE CHARACTERIZATION WITH A SCANNING DIFFERENTIAL HETERODYNE MICROSCOPE

**I.M. Akhmedzhanov, D.V. Baranov,
E.M. Zolotov**

*Russian Academy of Sciences. Russia.
zolotov@kapella.gpi.ru*

A scanning differential heterodyne microscope (SDHM) due to its common-path configuration and an immunity to microphonics and vibrations is a promising tool for characterization of subwavelength

propiedades de las imágenes en color; se dibujan manchas con diferentes formas geométricas y diferentes colores básicos RGB, los que pueden ser separados digitalmente en una imagen a color, para alinear, analizar y medir diferentes propiedades de la superficie. Finalmente, parte de la pantalla nula se localiza en un plano vertical, justo enfrente de la parábola para facilitar la alineación en esta región. Esta clase de pantallas son útiles para probar cada región del CPC.

Palabras clave: perfilometría, metrología óptica, concentrador solar.



APLICACIÓN DEL MÉTODO DE ACOPLAMIENTO-WAVE PARA LA CARACTERIZACIÓN DE GROOVE TRIANGULAR CON UN MICROSCOPIO HETERODINAS

Un microscopio de barrido diferencial heterodinas (SDHM) debido a su inmunidad a la microfonía y las vibraciones es una herramienta prometedora para la caracterización de las estructuras

structures [1]. A proper solution of inverse optical problem for SDHM demands a correct image formation theory, which includes a consideration of the diffraction of probing beams by object surface and signal formation by diffracted beams propagating through the microscope optical system [2]. Application of SDHM for the characterization of narrow rectangular grooves was considered in [3], where the rigorous modal method was used to resolve the diffraction problem. The aim of the paper is a development of the SDHM image formation algorithm based on the rigorous coupled-wave analysis (RCWA) method [4] for metallic triangular grooves. To adapt the RCWA method for SDHM with the coherent imaging the problems were considered associated with a discretization of the diffracted field and sampling the focused probing beams. The diffraction problem was considered for the 2D incident beams focused on 1D triangular groove in a Au-substrate. The focused beams are expanded in the terms of plane waves and then the diffraction problem is solved for every plane wave. The spatial frequency sampling of the focused beams has been performed so that the each chosen incident wave is order of one another. The groove was decomposed into thin layers parallel to object surface, therewith the permittivity and electromagnetic field in each layer are expanded in Fourier series. Such approach gives a stable numerical solution of the diffraction problem for TE polarization. The analysis of the diffraction of the probing beams has been performed for the triangular groove with depth of 1 μm and width of 0.5 μm . We have analyzed the convergence of modulus and phase responses of SDHM computed with image formation theory in dependence of the number of the layers N and the number of Fourier modes M in field expansion used for RCWA. We have stated that both phase and modulus responses converge to the proper values when N and M exceed 40.

The elaborated method was used for calculation of microscope response to V-shaped grooves with various depth and width. The dependences derived permit to develop an algorithm for determination of parameters of V-shaped plasmon polariton

sublongitud de onda [1]. Una solución adecuada del problema inverso exige una teoría de la imagen correcta formación, que incluye una difracción de rayos centrado y propagación de la señal a través del sistema óptico del microscopio [2]. Aplicación de SDHM para la caracterización de estrechas ranuras rectangulares se consideró en [3], donde se utilizó el método modal rigurosa para resolver el problema de difracción. El objetivo de este trabajo es un algoritmo de formación de imágenes en SDHM basado en el análisis riguroso de onda acopladas (RCWA) método [4] para ranuras metálicas triangulares. Para adaptar el método para la discretización RCWA SDHM del campo difractado y el muestreo se centró vigas se considera el problema de difracción fue considerado para centró vigas que incide sobre la ranura triangular en una Au-substrato. El centrado vigas se expanden en los términos de ondas planas y entonces el problema se resuelve de difracción para cada onda plana. La frecuencia del muestreo espacial de las vigas de centrado se ha realizado para que el elegido cada onda incidente se dirige a lo largo de orden de difracción. El surco se descompone en capas delgadas paralelas a la superficie del objeto, con ello, la permitividad y el campo electromagnético en cada capa se expanden en series de Fourier. Este enfoque proporciona una solución estable al problema numérico de la difracción de polarización TE. El análisis de la difracción de los rayos se centró han sido realizadas por la ranura triangular con profundidad de 1 micras y el ancho de 0,5 micras. Hemos analizado la convergencia de módulo y fase de respuestas SDHM calculada con la teoría de formación de imagen de la dependencia del número de las capas N y el número de Fourier M modos en la expansión de campo. Hemos dicho que tanto la fase y módulo convergen las respuestas a los valores adecuados cuando N y M superior a 40.

El método elaborado se utilizó para el cálculo de la respuesta de microscopio para ranuras en forma de V con la profundidad y anchura diferentes. Las dependencias derivados permiso para realizar un algoritmo para la determinación de parámetros de guías de onda triangular para polaritones de plasmones.

waveguides.

- [1] See C.W., Appel R.K., and Somekh M.G., "Scanning differential optical profilometer for simultaneous measurement of amplitude and phase variation", *Appl. Phys. Lett.*, **53**, 10 (1988).
- [2] Akhmedzhanov I.M., Baranov D.V., and Zolotov E.M., "Object characterization with a differential heterodyne microscope", *J. Opt. A*, **5**, S200 (2003).
- [3] Baranov D.V., Zolotov E.M., "A selective control of narrow groove parameters with scanning differential heterodyne microscope", *Proc. SPIE*, **6728**, 56 (2007).
- [4] Moharam M.G., Pommet D.A., and Grann E.B., "Stable implementation of the rigorous coupled-wave analysis for surface-relief gratings: enhanced transmittance matrix approach", *JOSA A*, **12**, 1077 (1995).

Keywords: heterodyne microscopy, microobject characterization, plasmon polariton waveguide.

Palabras clave: microscopia heterodino, caracterización microobject, guía de ondas de plasmones polaritones.



MEASUREMENT OF CONIC ROTATION-INVARIANT OPTICAL SURFACES

J. Mazzaferri, R. Navarro

Universidad de Zaragoza. Spain.

rafaelnb@unizar.es

The methods for surface and profile characterization are of great importance for quality control of lenses, mirror and optical elements in general. In the field of physiological optics, the study of optical surfaces of the human eye has shown increasing interest. Due to its simplicity and generality, one of the most widely used models for describing optical surfaces is the model of conic (or rotation invariant conic surfaces). Typically, the problem of parameter determination consists of two steps. On one hand, the surface (2D) or



MEDICIÓN DE LOS PARAMETROS DE SUPERFICIES ÓPTICAS CÓNICAS DE REVOLUCIÓN

Los métodos de caracterización de superficies y perfiles tienen gran importancia en control de calidad de lentes, espejos y elementos ópticos en general. En el campo de óptica fisiológica, el estudio de las superficies ópticas del ojo humano ha suscitado un interés creciente. Debido a su simplicidad y generalidad, uno de los modelos más empleados para describir superficies ópticas es el de cónicas (o superficies cónicas de revolución). Típicamente, el problema de la determinación de parámetros está compuesto

profile (1D) topography must be experimentally measured, and then the conic parameters are determined by properly fitting the coarse data to the model. The obtained parametric model could be subsequently used, together with numerical simulation tools, to assess the optical quality of the surface. The reliability of the quality results strongly depends on the precision and accuracy of the conic parameters. In turn, the parameter values resulting from the fit could depend on various features of the data as the considered arc length, the conic constant, the symmetry, and the noise level amongst others. Although some of these factors have been addressed in the bibliography, a thorough study is lacking. Furthermore, most of the previous works assess the reliability and possible biases with an overall approach, without considering the specific impact on each parameter.

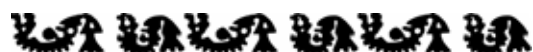
In this study we present a comparative study of different methods for the characterization of optical surfaces. The study is focused in the estimation of parameters that are specific of the curvature (apical radius, R and conic constant, Q) determining possible biases and the precision bounds. Regarding the evaluation of numerical techniques, we compared various linear and non-linear fitting methods considering the impact of different features of the measured dataset in fitting results. For instance, we analyzed the effect of having different arc lengths, the influence of the symmetry, the conic constant, the number of data and the noise level. Regarding the measurement techniques, we compared two optical methods widely employed addressing possible systematic errors and their precision. The results of this study allow us to recommend a hybrid fitting method that consists of an initial estimation with the linear method of Taubin, and a non-linear refinement. The resulting procedure is robust and it is optimized for parameter estimation with high reliability.

Keywords: optical profilometry, shadow photogrammetry, conic fitting.

por dos etapas. Por un lado, la medición experimental de la topografía de la superficie (2D) o perfil (1D), y por otro la estimación numérica de los parámetros de la cónica que mejor ajustan los datos experimentales. El modelo paramétrico obtenido puede ser utilizado posteriormente, junto a herramientas de simulación numérica, para evaluar la calidad óptica de la superficie, donde la fiabilidad del resultado depende fuertemente de la precisión y exactitud con que se determinen los parámetros del modelo. A su vez, los parámetros resultantes del ajuste pueden depender de características tales como la longitud de arco considerada, la constante cónica, la simetría y el nivel de ruido, entre otros. Si bien algunos de estos aspectos han sido estudiados previamente, no existe un estudio exhaustivo. Por otro lado, la mayoría de los trabajos previos evalúan la fiabilidad y posibles sesgos de manera global, sin considerar el impacto específico sobre cada parámetro.

En este trabajo presentamos un estudio comparativo de diversos métodos para la caracterización de superficies ópticas cónicas. El estudio está centrado en la estimación de los parámetros específicos de la curvatura, R y Q , determinando posibles sesgos y las precisiones asequibles. En el aspecto numérico del trabajo, se han comparado distintos métodos de ajuste lineales y no lineales, considerando el impacto de diversas características del conjunto de datos experimentales sobre los resultados del ajuste. Por ejemplo, hemos analizado la influencia de la longitud de arco considerada, la simetría, la constante cónica, el número de datos y el nivel de ruido. En cuanto a las técnicas experimentales, hemos comparado dos métodos ópticos ampliamente utilizados en relación a posibles errores sistemáticos y a la precisión. Los resultados del estudio nos permiten recomendar un método de ajuste híbrido que consiste en una estimación inicial con el método lineal de Taubin, seguido de un refinamiento no lineal. El procedimiento resultante es robusto y está optimizado para la estimación de parámetros con muy buena confiabilidad.

Palabras clave: perfilometría óptica, fotogrametría, superficies cónicas.



**INTERFEROMETER WITH
EXTENDED VISIBILITY FOR
FEMTOSECOND RADIATION.
APPLICATIONS TO LOW
COHERENCE DIGITAL
HOLOGRAPHY**

**R. Martínez¹, L. Martínez¹, J. Lancis¹,
G. Mínguez¹, O. Mendoza¹, E.
Tajahuerce¹, P. Clemente¹, P. Andrés²**

¹Universitat Jaume I. Spain.

²Universitat de València. Spain.

rcuenca@fca.uji.es

Low-coherence digital holography is a wide-field tomographic technique. Here, an off-axis hologram results from the interference between an object wave reflected by the sample and a reference wave, which are mixed in a Michelson-interferometer. The recording of the hologram in a CCD camera allows the digital reconstruction of an en-face plane of the sample. When a low-coherence source is used to record the hologram it is possible to perform optical sectioning of the sample. Given that depth resolution is controlled by the spectral bandwidth of the pulse, femtosecond pulsed lasers provide a valuable tool for three-dimensional ranging through coherence gating. However, the use of low-coherence sources for holographic recording has an important drawback: the interferences between the two beams are restricted to a diamond-shaped region with size proportional to the coherence length. This effect, known as the beam walk-off, can be understood from a spectral point of view by considering that the interference pattern for each spectral component is imaged at the detection plane with a different scale. Then, the sum for all spectral components washes-out the interferences.

Given the holographic nature of the technique, the product *resolution* $\times$ *field* remains constant; so wide-field sections of samples are reconstructed with low resolution and high-resolution images are possible only for a tiny field of the sample, being necessary a lateral scan.

We propose and experimentally demonstrate an interferometer for femtosecond pulses with spectral bandwidth around 100 nm. The scheme is based on a Michelson

**INTERFERÓMETRO DE ALTA
VISIBILIDAD PARA RADIACIÓN DE
FEMTOSEGUNDO. APLICACIONES A
HOLOGRAFÍA DIGITAL DE BAJA
COHERENCIA**

La holografía digital de baja coherencia es una técnica tomográfica de campo extenso. Básicamente consiste en la adquisición de un holograma fuera de eje del objeto mediante un montaje interferométrico. Bajo iluminación coherente, es posible procesar digitalmente este holograma para obtener una reconstrucción de campo ancho del objeto. Cuando se utiliza una fuente de baja coherencia para iluminar el objeto es posible realizar, además, un seccionado óptico de la muestra. Tal y como ocurre en otras técnicas que basan su funcionamiento en la interferometría de baja coherencia, la resolución axial está determinada por la anchura espectral de la fuente. Esto induce a pensar que los láseres pulsados de femtosegundo pueden ser una herramienta muy valiosa para mejorar la resolución axial en esta técnica. Sin embargo, la introducción de este tipo de fuentes tiene un importante problema: las interferencias entre el haz de referencia y el haz del objeto sólo se producen dentro de una pequeña región romboidal cuyo tamaño es proporcional a la longitud de coherencia, limitando así el campo lateral del objeto que puede ser reconstruido. Este efecto, conocido como *beam walk-off*, puede ser entendido desde un punto de vista espectral considerando que los patrones interferenciales para cada longitud de onda se forman sobre el plano de detección con distintas escalas. La integración de las contribuciones de todas las componentes espectrales sobre el sensor reduce el número de franjas que interferenciales que se registra.

Dado el carácter fuera de eje de la técnica y el algoritmo de filtrado utilizado para la reconstrucción del holograma, el producto *resolución* $\times$ *campo* de la imagen final es

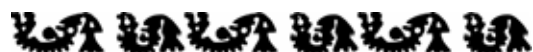
interferometer with a dispersion compensating module. Both diffractive and achromatic lenses are combined to equalize the optical path length with frequency. This design is restricted to get a nearly zero differential group delay between the object and the reference beam for all the spectral components when the two arms of the Michelson interferometer have an identical length. Consequently, the device provides high-visibility, nearly unity, interference fringes over a spatial region of the beam about 36 times larger than the non-equalized configuration. In this way, the recording of interference fringes and holograms with micrometric-axial resolution over the whole area of commercial CCD sensors is now possible with broadband femtosecond pulses.

Keywords: Holography and Interferometry; Diffractive Optics; Optical Systems, Instruments and Optical Design.

constante. Es decir, que la reconstrucción de una región amplia del objeto sólo es posible en detrimento de la resolución lateral de su imagen, mientras que las reconstrucciones con alta resolución están limitadas a pequeñas regiones del objeto.

En este póster proponemos y demostramos experimentalmente un sistema que permite obtener secciones de un campo amplio del objeto con alta resolución y alto seccionado óptico al usar un haz láser pulsado con una anchura espectral de 100 nm. Este sistema consiste en un interferómetro de Michelson al que se le añade un sistema óptico para compensar la dispersión. Este sistema, compuesto por lentes difractivas y refractivas colocadas en distintas posiciones, permite controlar cómo varía el camino óptico seguido por los rayos de luz con la longitud de onda. En concreto, nuestro diseño permite anular, a primer orden, la diferencia en el retardo de grupo entre las distintas componentes espectrales justo en el plano donde se graba el holograma cuando los dos brazos en el interferómetro tienen la misma longitud. Así, el dispositivo propuesto proporciona franjas interferenciales de visibilidad casi unidad sobre una región 36 veces más extensa que en el caso convencional. Esto hace posible la reconstrucción de hologramas con resolución micrométrica sobre todo el área de un sensor CCD comercial con un haz pulsado de 12 femtosegundos.

Palabras clave: Holografía e Interferometría; Óptica Difractiva, Sistemas Ópticos, Instrumentos y Diseño de Ópticas.



**LASER OPTICAL MOUSE APPLIED
TO DYNAMIC SPECKLE SENSING**

**M. Melo da Silva¹, J.R. De Almeida¹,
M.J. Chaves¹, R.A. Braga¹, H. Rabal²**

¹*Universidade Federal de Lavras. Brazil.*

²*Univ. Nac. de La Plata. Argentine.*

michelms@comp.ufla.br

The advances of biospeckle as a feasible application in many areas of knowledge present new demands of developments, in particular, related to low cost, speed and accessibility. One alternative that presents as reliable considering its layout and widespread is the laser optical mouse. Therefore the use of this device as a tool of illumination and assembling the biospeckle patterns can be considered as a feasible aim for some applications. This work evaluated the state of the art of the mouse components in the market, as well the technical possibilities to obtain information from them. One adapted optical mouse was implemented and tested in different applications. The results showed that the mouse layout is able to obtain speckle patterns, and some suggestions to mouse manufacturer were presented, in particular suggesting the separation of the CMOS from the DSP chip as was assembled in the ancient optical mouse devices. The separation of the CMOS from the DSP chip would allow the access to images from de CMOS before the processing in the DSP. The applications presented reliable results, with potential usefulness in health areas, such as the movement of the mouse sensor by eyes of a disable person, or the ability to sense the beating of the radial artery or heart monitoring, observing the skin, or even by the use of a pointer by a disable person.

Keywords: dynamic speckle, optical processing, non-destructive testing.

**MOUSE LASER ÓPTICO COMO
SENSOR DE SPECKLE DINÂMICO**

Os avanços do biospeckle como uma aplicação viável em várias áreas do conhecimento apresenta novas demandas de desenvolvimentos, em particular, relacionadas à redução de custos, velocidade e acessibilidade. Uma alternativa que se apresenta como viável considerando seu robusto layout e grande difusão é a do mouse laser, ou mouse óptico. Assim o uso deste equipamento como uma ferramenta de iluminação e aquisição dos padrões do biospeckle pode ser considerada como viável em algumas aplicações. Este trabalho avalia o estado da arte dos dispositivos do mouse óptico disponíveis no mercado, bem como as alternativas técnicas para se conseguir obter informações e imagens do dispositivo. Um mouse adaptado foi testado em diversas situações, sendo que os resultados mostraram a capacidade do mouse em obter os padrões de speckle, permitindo a elaboração de sugestões para os fabricantes deste dispositivo, em especial na configuração que envolve os circuitos integrados do DSP e do CMOS para permitir o acesso as imagens antes do seu processamento. As aplicações usando o mouse como instrumento de orientação espacial também mostraram potencialidade na área médica com a possibilidade de portadores de necessidades especiais de com os olhos ou com um ponteiro laser comandar o mouse a distancia, ou mesmo com a possibilidade de se realizar um monitoramento cardíaco a distância por meio do monitoramento da pele junto a uma veia ou coração.

Palavras-chave: speckle dinâmico, processamento óptico, ensaios não-destrutivos.



**LONG-PERIOD GRATING BASED
ALL-FIBER COAXIAL
REFRACTOMETRIC SENSOR**

**L. Mosquera^{1,2}, J.H. Osorio¹,
C.M.B. Cordeiro¹**

¹UNICAMP. Brazil.

²Universidad Nacional de Ingeniería. Peru.

lmosquera@uni.edu.pe

A long-period grating (LPG) based compact optical fiber sensor working in reflection mode is demonstrated. The device is formed by a LPG mechanically recorded in a piece of standard optical fiber whose end tip was cleaved and metal coated. The fundamental core mode is partially coupled to cladding modes and coupled back after reflecting the mirror and passing the LPG in its way backwards. This way a compact and robust all-fiber coaxial interferometer is obtained where the grating acts as the beam-splitters and the cladding and core waveguides as the interferometers arms.

The sensitivity of the cladding mode refractive index to the surrounding medium can be used to measure the refractive index of substances in contact with the fiber. The measurements can be easily performed by dipping the head of the sensor into different solutions and observing spectral shift of the interferometric fringes. The calibration of the sensor response was carried out observing this fringe shift as a function of the refractive index of Cargille liquids from 1.33 to 1.40. A 29,65 nm/RIU sensitivity was achieved.

Since the measurement does not rely on the transmission of an optical beam through the (lossy) solution, the sensor can be exploited to develop chemical sensors for cloudy solutions, as it is the case of fuels or biological substances. In this work, preliminary results of using the sensor to measure the refractive index of different solutions dissolved in gasoline was successfully demonstrated.

Keywords: fiber optics sensors, long-period fiber grating, refractive index sensors.



**GENERATION OF OPTICAL
LATTICES USING LIGHT BEAMS
WITH ORBITAL ANGULAR
MOMENTUM**

**W.C. Soares¹, D.P. Caetano¹,
J.M. Hickmann¹, S. Chávez-Cerda²**

¹Universidade Federal de Alagoas. Brazil.

²INAOE. Mexico.

willamys@optma.org

In recent decades the investigation of optical vortices have attracted intensive attentions in many branches of classical and quantum optics. Optical vortices have many important applications, for instance, optical tweezers and Bose-Einstein condensates. One of the interesting properties of optical vortices is that they carry orbital angular momentum. The regular optical vortices lattices can be generated by interference of three plane waves [1]. Recently, Massag and collaborators [2], investigated the generation of optical vortices lattices through the diffraction of a plane wave by three small circular holes in an opaque screen. In this work, we investigate the optical lattice generation using light beams possessing orbital angular momentum. We show theoretically that a direct lattice of high-order Laguerre-Gauss beams carrying orbital angular momentum produces a reciprocal lattice of beams without orbital angular momentum but with a central defect where there is a phase singularity with a topological charge equal to the original topological charge of the beams forming the direct lattice. We verified experimentally our results using a scheme consisting of three higher-order Laguerre-Gauss beams aligned in parallel forming the vertices of an equilateral triangle in the cross-section. The beams propagate through a lens and in the lens focal plane, corresponding to the reciprocal space, a hexagonal optical lattice is obtained modulated by the corresponding Laguerre-Gauss function used in the beams of the direct lattice.

- [1] J. Masajada and B. Dubik, Opt. Commun. 198, 21 (2001).
[2] J. Masajada, A. Popiolek-Masajada, and M. Leniec, Opt. Express 15, 5196 (2007).

Keywords: vortices lattices, orbital angular momentum, diffraction.



SPATIAL COHERENCE OF HIGHER - ORDER AND CORRELATION BETWEEN SPATIAL COHERENCE WAVELETS

R. Castañeda¹, G. Cañas-Cardona¹,
J. González¹, H. Vinck-Posada²

¹Univ Nacional de Colombia. Colombia.

²Universidad de Antioquia. Colombia.

jumgonzalezto@unal.edu.co

A description of the spatial coherence of fourth order based on the theory of second order spatial coherence wavelets is presented. In this theory, the correlation between these wavelets is analyzed, which is also related to the correlation of the cross-spectral densities of the fields. Two particular situations with point sources are studied. The concepts of radiant and virtual point emitters are introduced. This last kind of emitters is responsible for the modulation in coherence similar to these measured in Handbury-Brown & Twiss effect for point sources.

Una descripción de la coherencia espacial de cuarto orden basada en la teoría de onditas de coherencia espacial de segundo orden es presentada. En esta teoría se analiza la correlación entre dichas onditas, la cual relaciona también la correlación de las densidades espectrales cruzadas de los campos. Dos casos particulares con fuentes puntuales son estudiados. Se introducen los conceptos de emisores puntuales radiantes y virtuales. Esta última clase de emisores es responsable de la modulación en la coherencia similar a la registrada en el efecto Hanbury-Brown y Twiss para fuentes puntuales.

Keywords: spatial coherence of fourth order, spatial coherence wavelets, cross-spectral density, Handbury-Brown and Twiss effect.



GENERATION OF NEW PROPAGATION INVARIANT BEAMS

J. Mendoza Hernández¹, M.L. Arroyo Carrasco¹, M.M. Méndez Otero¹,
S. Chávez Cerda², M.D. Iturbe Castillo²

¹BUAP. Mexico.

²INAOE. Mexico.

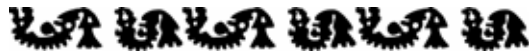
284700721@alumnos.fcfm.buap.mx

Diffractionless or propagation invariant beams are optical fields that do not present spreading or changing in their central distribution as they propagate. The first beam of this type, predicted theoretically and generated experimentally by J. Durnin and colleagues, was the Bessel beam. This distribution was obtained experimentally illuminating with a plane wave an annular amplitude mask placed at the anterior focal length of a positive spherical lens [1]. Although exist other ways to generate the Bessel beam, for example with an axicon or holograms, the mask-lens technique is the simplest by not requiring sophisticated optical elements. Other propagation invariant beams had been reported since the generation of Bessel beams, between them, high-order Bessel, Mathieu and Parabolic beams. These beams also have the property of self-reconstruction: when they are partially obstructed, they recover its initial distribution after some distance. It was believed that propagation invariant beams were the only field distributions with this property, but recently it was shown that caustic beams, which are not invariant, have this property [2]. In this work we demonstrate numerically and experimentally that using the mask-lens technique is possible to generate new field distributions that behave as propagation invariant beams. The difference is in the field that illuminates the annular mask, in our study we modulated

it both in phase and amplitude. In particular we characterize the new invariant beams that were obtained modulating in amplitude the annular mask and the incident field with quadratic or cubic phase. Experiments using a He-Ne laser beam and amplitude mask of some millimeters were made in order to corroborate the numerical predictions.

- [1] J. Durnin, J.J. Miceli Jr., J. H. Eberly, Phys. Rev. Lett., 58(15), 1499 (1987).
- [2] M. Anguiano Morales, A. Martinez, M. D. Iturbe Castillo, S. Chávez Cerda, N. Alcalá Ochoa, Applied Optics, 46 (34), 8284 (2007).

Keywords: invariant beams, self-reconstruction.



SISTEMA PARA LA DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LA LONGITUD DE LA CAVIDAD DE UN LÁSER

L. Rojas-Cortéz, J. Castillo-Mixcóatl, G. Beltrán-Pérez, S. Muñoz-Aguirre
Ben. Univ. Autónoma de Puebl.Mexico.
jcastill@fcfm.buap.mx

Comúnmente se piensa que para tener interferencia a través del uso de una par de haces láser es necesario que la diferencia de caminos ópticos entre estos haces debe ser cero o menor que la longitud de coherencia del láser. Esta situación no es del todo cierta, pues si se considera que normalmente en una fuente láser conviven varios modos de la cavidad, puede demostrarse que la presencia de estos modos modifica la función de coherencia mutua, la cual es una medida del grado de coherencia de la fuente láser. La principal característica que se da como resultado de la presencia de varios modos en la cavidad láser es que la función de coherencia mutua es una función periódica y esta periodicidad puede expresarse en términos de la longitud de la cavidad láser. En este trabajo se muestran resultados experimentales de un arreglo

interferométrico adaptivo para evaluar experimentalmente la longitud de la cavidad de distintos láseres. El uso de los detectores basados en el efecto photo-EMF simplifica enormemente las mediciones, pues como es bien sabido sus propiedades adaptivas compensan de manera eficiente las distintas fluctuaciones ambientales (cambios lentos de fase) además de que la amplitud de la señal de photo-EMF es dependiente justamente de la función de coherencia mutua.

Keywords: láser, cavidad láser, interferómetros.



IMPLEMENTACIÓN DE UN ALGORITMO DE SEGUIMIENTO DE CAMINO PARA EL DESENVOLVIMIENTO DE FASE EN 2D MEDIANTE MAPAS DE CALIDAD

G. Domínguez-Guzmán, J. Castillo-Mixcóatl, S. Muñoz-Aguirre, G. Beltrán-Pérez
Ben. Univ. Autónoma de Puebl.Mexico.
jcastill@fcfm.buap.mx

El conocimiento de la fase es un tema importante en diversas áreas que incluyen desde el procesamiento de Fourier, interferometría, holografía, RADAR, y la resonancia magnética. Normalmente en estos sistemas en el paso de la obtención de la fase lo que comúnmente se obtiene es la llamada fase envuelta la cual se caracteriza por limitar la fase real a un intervalo entre $-\pi$ y π . Por esta razón es necesario desarrollar técnicas para el correcto “desenvolvimiento” de fase. Existen distintas técnicas para lograr este proceso las cuales pueden agruparse en dos grandes grupos: 1) las basadas en el seguimiento de caminos y 2) la de minimización de norma. En este trabajo se presentan resultados teóricos y experimentales de un algoritmo basado en el seguimiento de camino para el desenvolvimiento de fase en 2D a través de mapas de calidad. Los mapas de calidad que

se emplean incluyen la pseudo-correlación, de varianza de fase derivativa y de máximo gradiente de fase. Los resultados experimentales que se presentan están basados en la técnica de proyección de franjas para la reconstrucción de perfiles 3D.

Keywords: láser, cavidad láser, interferómetros.



ENVIRONMENTAL CONDITIONS INFLUENCE FOR REAL-TIME HOLOGRAM FORMATION ON DICHROMAED POLYVINYL ALCOHOL $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ DOPED FILMS

R.C. Fontanilla-Urdaneta,
A. Olivares-Pérez, I. Fuentes-Tapia,
M.A. Ríos-Velasco
INAOE. Mexico.
rfontanilla@inaoep.mx

The real-time holographic gratings recording are studied by the presence of external electron donors as metallic salt. The experimental process refers to analysis of diffraction efficiency by the influence of humidity and the influence of Ph in the coating solution on holograms formation. The diffraction efficiency is measured as a function of the exposure energy until reach the saturation of it and it is employed two different substrates. The influence of the hologram parameters to get the maximum diffraction efficiency is studied at room conditions. This photosensitive organic material is used as optical material to holography application.

Keywords: organic material, diffraction efficiency, real-time formation.



ON THE IMPLEMENTATION OF PLAUSIBLE REASONING BY FOURIER-HOLOGRAPHY TECHNIQUE

A.V.Pavlov
St.Petersburg State University. Russia.
pavlov@phoi.ifmo.ru

An approach for plausible (abduction and induction) reasoning to be implemented by Fourier-holography technique is proposed. The approach is based on the developed one for fuzzy-valued logics by Fourier-holography technique to be implemented. As fuzzy-valued logics formalize the deduction, which describe exact reasoning only, plausible reasoning is the attribute of human thinking that plays major role in the cognition. Extension of knowledge is achieved by both abduction (knowledge of examples) and induction (knowledge of theory). That is why implementation of these kinds of reasoning is actual task for artificial intelligence systems.

Fourier-holography setup with phase conjugate mirrors in both image and correlation planes is considered as an implementation of two-layered bidirectional neural networks. In the framework of biologically inspired approach, the images under processing are considered as analogies of the patterns of either perceived or remembered information inner representation. Classification of inferences by Charles Peirce is used and inference is divided into three steps – rule, case and result. Implementation of deduction is considered in order to find the way for three kinds of the patterns to be linked by two-layered network. To scale the features to be represented by their detail – generality is proposed. For the induction to be implemented by this representation, the system is learned by the case by hologram writing and the task of inductive inference is transformed into the task of the case spectrum extension. Last task is solved by nonlinearity of the phase conjugate mirror in the correlation plane. The hologram has to be rewritten on every iteration.

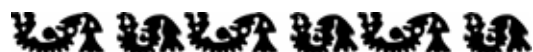
In order to implement abduction, both rule and result are to be written by two holograms in different frequency ranges on the first iteration. The task of abduction is

transformed into the task of the spectrum of result extension onto the spectrum of the rule. During the iterations the holograms are not rewritten. The conditions on the nonlinearity in the correlation plane are determined. Results of computer simulation are presented.

Thus, if one iteration (from image plane to correlation one) in the Fourier-holography setup is enough in order to implement deductive inference, the two are needed to implement plausible reasoning – multi-iteration process of the solution achievement, that implemented by phase-conjugate mirrors in both image and correlation planes placing, and non-linearity of the phase-conjugate mirror in the correlation plane.

The work has been supported by the Russian Foundation for Basic Research by grants 09-01-00165-a and 09-02-00223-a.

Keywords: holography, artificial intelligence, reasoning.



**COLOR, VISION
AND RADIOMETRY.
ELECTRO-OPTICS.**

**Color, Visión
y Radiometría.
Electro-óptica.**

***Cor, Visão
e Radiometria.
Electro-óptica.***



GRADIENT-INDEX HUMAN EYE

M.T. Flores-Arias, A.Díaz, C. Gómez

Universidade de Santiago. Spain.

maite.flores@usc.es

This work will be focused in the correspondence between geometrical and wave optics to analyze paraxial and physical properties of the human eye regarded as a gradient-index (GRIN) device working as a cascade linear system formed by a GRIN cornea and GRIN lens in combination with the anterior chamber. Cardinal elements, refractive power and point spread function (PSF) of the GRIN human eye will be evaluated and changes with age of these properties in comparison with the homogeneous human eye will be presented.

Keywords: human eye, cornea and crystalline lens, GRIN optics, first-order systems.



CALCULATION AND COMPARISON OF VISUAL OTF OF AXICONS AND LSOE LIKE INTRAOCULAR LENS

**A. Arias¹, S. Bará², Z. Jaroszewicz^{3,4},
A. Kolodziejczyk⁵**

¹*Univ. Nacional de Colombia. Colombia.*

²*Univ. de Santiago de Compostela. Spain.*

³*Institute of Applied Optics. Poland.*

⁴*National Inst. Telecommunications. Poland.*

⁵*Warsaw University of Technology, Poland.*

aarias0@unal.edu.co

Monofocal, bifocal and multifocal IOLs (IntraOcular Lens) are commonly used for compensating the aphakic eye condition due to the treatment for some ocular pathology, such as the cataracts. We propose the use of optical elements with continuous focal segment, among them there are the linear and quartic axicon, and the Light Sword

EL OJO HUMANO CONSIDERADO COMO UN DISPOSITIVO DE GRADIENTE DE ÍNDICE

Este trabajo se centra en la correspondencia existente entre la óptica geométrica y la óptica física con el fin de analizar las propiedades paraxiales y físicas del ojo humano considerado como un dispositivo de gradiente de índice (GRIN). Se estudia como un sistema lineal en cascada formado por una córnea GRIN y un cristalino GRIN combinados con la cámara anterior. Se evalúan los elementos cardinales, la potencia refractiva y la función de respuesta de impulso (PSF) del ojo humano. Asimismo, se analizan los cambios de estas propiedades con la edad y se comparan con los obtenidos considerando el ojo humano homogéneo.

Palabras clave: ojo humano, cornea y lente cristalino, óptica GRIN, sistemas de primer orden.



CÁLCULO Y COMPARACIÓN DE LA OTF VISUAL DE AXICONES Y LSOE FRENTE A LENTES INTRAOCULARES

Convencionalmente se usan IOLs (*IntraOcular Lens*) monofocales, bifocales y multifocales para compensar la condición de ojo afáquico resultante de los tratamientos para algunas patologías oculares, tales como las cataratas. En este informe proponemos el uso de elementos con un segmento focal continuo, entre ellos se encuentra el axicón lineal y cuártico, y el Light Sword Optical

Optical Element (LSOE). The comparison of the designs of commercially available monofocal and bifocal IOLs with the proposed elements was carried out by the numerical calculation of visual OTF (reported as the parameter nearest to the visual acuity). The obtained results suggest that the optical elements with extended depth of focus are an interesting proposal to be implanted as IOLs and they improve the vision quality for objects placed in a wide axial distance range.

Keywords: intraocular lens, vision, extended depth of focus.



CORNEAL ABERRATIONS IN KERATOCONIC EYES: INFLUENCE OF PUPIL SIZE AND CENTERING

S.A. Comastri^{1,2}, L.I. Pérez^{1,3}, G.D. Pérez¹,
G. Martin^{1,4}, A. Bianchetti¹

¹Universidad de Buenos Aires. Argentine.

²CONICET. Argentine.

³INTECIN-CONICET. Argentine.

⁵Reichert Inc. USA.

comastri@fi.uba.ar

Ocular wavefront aberration varies among subjects and under different conditions and is traditionally expanded in Zernike polynomials. Expansion coefficients can be determined for the whole eye (employing aberrometers) and for the front corneal surface (performing virtual ray tracing following topographic measurements). The considered pupils can have arbitrary sizes in both cases while their centers are on the line of sight in the first case and on the keratometric axis in the latter. Since retinal image in everyday vision is affected by aberrations corresponding to the ocular pupil under natural conditions (photopic or not), to analyze its optical quality, a transformation of coefficients associated to a pupil into those associated to another is often required. Various authors have addressed this problem

Element (LSOE). Por medio del cálculo numérico de la OTF visual (reportada como el parámetro que más se acerca a la descripción de la agudeza visual) comparamos el desempeño de los diseños de las IOLs monofocal y bifocal disponibles comercialmente, y de los elementos propuestos. Los resultados sugieren que los elementos con profundidad de foco extendida son una interesante propuesta para ser implantados como IOLs, mejorando la calidad de la visión para objetos ubicados en un amplio rango de distancias axiales.

Palabras clave: lentes intraoculares, visión, profundidad de foco extendida.



ABERRACIONES CORNEALES EN OJOS CON QUERATOCONO: INFLUENCIA DEL TAMAÑO Y CENTRADO PUPILAR

La aberración del frente de ondas varía entre sujetos y bajo diferentes condiciones y tradicionalmente se expande en polinomios Zernike. Los coeficientes de la expansión pueden determinarse para el ojo completo (empleando aberrómetros) y para la superficie corneal frontal (trazando rayos virtuales a partir de mediciones topográficas). Las pupilas consideradas pueden tener tamaños arbitrarios en ambos casos mientras que sus centros están en la línea de visión en el primer caso y en el eje queratométrico en el segundo. Como la imagen retiniana cotidiana está afectada por aberraciones correspondientes a la pupila ocular bajo condiciones naturales (fotópicas o no), para analizar su calidad óptica, suele requerirse una transformación de coeficientes asociados a una pupila a otros asociados a otra. Varios autores trataron este

and, considering scaling and decentering of circular pupils and a 7th order expansion, we have previously developed an analytical method enabling this transformation. Additionally, aberrations of up to 2nd order are routinely compensated with conventional ophthalmic or contact lenses while the customized correction of higher-order aberrations may yield considerable visual benefit in old or abnormal eyes. In the present article we apply our methodology to transform the coefficients corresponding to 20 corneas of 10 keratoconic subjects. First, using the SN CT1000 topographer, we determine the original coefficients pattern for a 6mm pupil diameter and also ocular natural photopic pupil data ((260±20) lx). The higher-order root mean square wavefront error is $RMS_{HO} < 5.77$ microns, RMS_{HO} is related to index KISA% (sometimes used to quantify keratoconus) only for large pupils and, as expected, the dominant aberrations are 2nd order astigmatism and 3rd order coma. The photopic ocular pupil has mean diameter 3.6mm and centre above the keratometric axis, the mean shift being 0.3mm. Finally, using the original coefficients and our transformation formulas, we evaluate new coefficients corresponding to each eye's photopic pupil diameter. Coefficients computed considering coordinates origin at the ocular pupil centre can be greater or smaller than those with the origin on the keratometric axis. If RMS_{HO} is greater than approximately 1.00 micron then the difference between these coefficients is large so, as stated by other authors, it is convenient to shift the coordinates origin to the ocular pupil centre and use a transformation methodology but if RMS_{HO} is smaller then this difference is lesser than 0.12 microns so coefficients could be determined with a tolerable error directly using a topographer.

Keywords: Zernike aberration coefficients transformation, ocular pupil, keratoconus.

problema y, considerando escalado y descentrado de pupilas circulares y expansión a 7^o orden, nosotros desarrollamos previamente un método analítico que posibilita esta transformación. Adicionalmente, aberraciones de hasta 2^o orden rutinariamente se compensan con lentes oftálmicas o de contacto convencionales mientras que la corrección personalizada de aberraciones de alto orden puede brindar beneficio visual considerable en ojos ancianos o anormales. En el presente artículo aplicamos nuestra metodología para transformar coeficientes correspondientes a 20 córneas de 10 sujetos con queratocono. Primero, usando el topógrafo SN CT1000, determinamos coeficientes originales para diámetro pupilar 6mm y también datos referentes a la pupila ocular fotópica ((260±20) lx). La raíz cuadrática media del error del frente de ondas de alto orden es $RMS_{HO} < 5.77$ micrones, RMS_{HO} se relaciona con el índice KISA% (a veces usado para cuantificar queratocono) solo para pupilas grandes y, como es esperable, las aberraciones dominantes son astigmatismo de 2^{do} orden y coma de 3^{ero}. La pupila ocular fotópica tiene diámetro promedio 3.6mm y centro arriba del eje queratométrico, siendo el corrimiento promedio 0.3mm. Finalmente, usando los coeficientes originales y nuestras fórmulas, evaluamos nuevos coeficientes correspondientes al diámetro pupilar fotópico de cada ojo. Los coeficientes computados considerando origen de coordenadas en el centro pupilar pueden ser mayores o menores que aquellos con origen en el eje queratométrico. Si RMS_{HO} es mayor que aproximadamente 1.00 micrón entonces la diferencia entre estos coeficientes es grande y, como lo establecen otros autores, conviene desplazar el origen al centro pupilar ocular y usar una metodología de transformación pero si RMS_{HO} es menor, esta diferencia es inferior a 0.12 micrones y los coeficientes podrían determinarse con un error tolerable directamente usando un topógrafo.

Palabras clave: transformación de coeficientes Zernike de la aberración, pupila ocular, queratocono.



**OPTIMIZATION OF THE
EFFICIENCY OF PHOTOVOLTAIC
SYSTEMS THROUGH SOLAR
COLLECTION BASED ON FRESNEL
LENS AND AUTOMATED
POSITIONING SYSTEM**

O. Ormachea, D. Serna

Universidad Privada Boliviana, Bolivia.

oormachea@upb.edu

We designed and built a working prototype of a photovoltaic system (PVS) in order to increase the efficiency of conventional photovoltaic systems. This new system uses optical elements and wavelength selection systems that allow using the effective region of solar electromagnetic spectrum for PVS. We obtained an approximate increase of 180 percent of the average power with the new system compared to systems without the modifications mentioned. One of the most important results of the methods used is that the temperature of the photovoltaic cells, even with the solar concentration system, has not grown significantly. In the optimal result of the tests made there was an increase of less than 2 Celsius degrees, which shows that these developed systems are very promising for a real implementation in the conventional PVS, like those that are being used in rural areas in Bolivia. The prototype built consists of two blocks each one has 12 Fresnel lenses respectively (395 mm X 395 mm), conventional photovoltaic modules are positioned near the focus of the solar collecting elements, obtaining a power of approximately 60W_p. The automated solar positioning system is based on photodiodes, micro controllers (PIC) and step motors for the movement. The parameters of the current used and operating times were optimized in order to save electricity.

Keywords: solar panels, solar concentrators, automated solar tracking system.

**OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA
DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS A
TRAVÉS DE RECOLECCIÓN SOLAR,
BASADA EN LENTES DE FRESNEL Y
POSICIONAMIENTO SOLAR
AUTOMATIZADO**

Se diseñó y construyó un prototipo funcional de un sistema fotovoltaico (SFV) con el objetivo principal de incrementar la eficiencia de sistemas fotovoltaicos convencionales. Este nuevo sistema implementa elementos de óptica y utiliza sistemas de selección de longitud de onda que permiten un uso efectivo del espectro electromagnético solar asimilado por los SFV. Se obtuvo un incremento aproximado del 180% de la potencia promedio con el nuevo sistema, en comparación a los sistemas sin la modificación mencionada. Uno de los resultados más importantes del método usado es que la temperatura de las células fotovoltaicas, aún con la luz concentrada, no creció de manera significativa. En la opción óptima de las pruebas realizadas se registró un incremento menor a 2 grados Celsius, lo que muestra que los sistemas desarrollados son muy prometedores para una implementación real práctica en los SFV convencionales, como los utilizados en el área rural de Bolivia. El prototipo construido consta de dos bloques conformados por 12 lentes de Fresnel respectivamente (395 mm X 395 mm), los módulos fotovoltaicos convencionales se encuentran posicionados cerca al foco de los elementos de recolección solar, obteniendo una potencia aproximada de 60W_p. El sistema de posicionamiento solar automatizado está basado en fotodiodos, micro controladores PIC y motores para el movimiento; los parámetros de consumo de corriente y tiempos de operación fueron optimizados con el fin de ahorrar energía eléctrica.

Palabras clave: paneles solares, concentradores solares, sistemas de seguimiento solar automatizados.



**COLORIMETRIC EQUIVALENTS
SEARCH BETWEEN COLOR PENCILS
AND THE FARNSWORTH D – 15
COLOR VISION TEST**

E. Gómez¹, C.P. Valdés², E. Solarte²

¹Universidad Antonio Nariño. Colombia.

²Universidad del Valle. Colombia.

directorudci.electronicaybiomedica@uan.edu.co

The Garonti Research Incubator and the School of Electronic and Biomedical Engineering at the Antonio Nariño University and the Quantum Optics Group at Universidad del Valle, have been doing an interdisciplinary work to design a portable, low-cost color vision test that allows the detection of color deficiencies in socio-economically disadvantaged people. As a first step, these groups have proposed to find low-cost colorimetric equivalents to the Farnsworth D-15 test and in this work they present the exploration of a set of commercial and high quality color pencils, as possible colorimetric equivalents.

For every element of both, the Farnsworth D-15 test and the color pencils set, we have spectrally measured the reflected light from their surfaces. The spectral information was obtained using a USB4000 ® spectrometer and a R200-7 ® reflectance probe from Ocean Optics, Inc., a Schott KL-1500 ® halogen lamp as illumination source and a diffuse White reflectance standard.

In order to make a colorimetric comparison between the elements of both tests, reflectance values were calculated from the measured spectra. With these values; using the standard observer color matching functions and the spectral power distribution of CIE standard illuminant D65; the CIE (1931) XYZ tristimulus values were calculated and transformed to the CIE (1976) L*a*b* values. A graphical analysis of the tristimulus values from the Farnsworth D – 15 test elements and color pencils was done. Also a numerical analysis of the absolute differences in hue angle, the Euclidean distances and the application of the CIE (1994) L*a*b* color difference model between both tests elements was done. These analyses show the obtained

**EXPLORACIÓN DE EQUIVALENCIAS
COLORIMÉTRICAS ENTRE LÁPICES
DE COLOR Y EL TEST DE
ANOMALÍAS DE VISIÓN A COLOR
FARNSWORTH D – 15**

Con el fin de detectar anomalías en la visión humana del color en poblaciones marginadas socialmente, el semillero Garonti de la Facultad de Optometría y la Facultad de Ingeniería Electrónica y Biomédica de la Universidad Antonio Nariño y el Grupo de Óptica Cuántica de la Universidad del Valle, hacen un trabajo interdisciplinario para diseñar un método portátil y de bajo costo que permita realizar pruebas de visión del color. Como primer paso se ha propuesto hallar equivalentes colorimétricos de bajo costo al test Farnsworth D – 15 y este trabajo presenta una exploración con un conjunto de lápices de color de alta calidad y de uso comercial.

Se realizaron medidas espectrales de la luz reflejada para cada uno de los elementos del test Farnsworth D – 15 y para cada uno de los lápices de color elegidos. La información espectral se obtuvo mediante un espectrofotómetro USB4000 ® y una sonda de reflectancia R200-7 ® Ocean Optics, Inc., usando como fuente de iluminación una lámpara halógena Schott KL-1500 ® y un Blanco estándar de reflectancia.

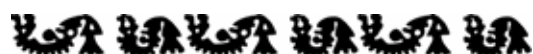
Para efectuar la comparación entre los elementos del test de Farnsworth D-15 con los lápices de colores mediante colorimetría, se calcularon las reflectancias a partir de los espectros medidos. Con estos valores; utilizando las funciones de correspondencia de color del observador estándar CIE 1931 y la distribución de potencia radiante del iluminante estándar D 65 de la CIE, y usando las ecuaciones discretas de la tricromancia se calcularon los valores triestímulo CIE (1931) XYZ, y se transformaron a los valores CIE (1976) L*a*b*. Se realizó el análisis gráfico de los valores triestímulo de los elementos del test Farnsworth D – 15 y de los lápices de color, también se llevó a cabo el análisis numérico

differences and the most favorable equivalences, which let us conclude about the quality of the proposed low-cost test for the detection of color vision deficiencies.

Keywords: human color vision deficiencies, colorimetry, color difference model, clinical diagnose test.

de las diferencias angulares absolutas, de las distancias euclidianas y se aplicó la fórmula de diferencia de color CIE (1994) entre los dos tipos de elementos. Estos análisis muestran las equivalencias más favorables y las diferencias obtenidas, que permiten concluir sobre la calidad de una prueba para detección de anomalías en la visión de color.

Palabras clave: anomalías en la visión humana del color, colorimetría, modelo de diferencia de color, pruebas de diagnóstico clínico.



PSYCHOPHYSICS IN THE HUE TEST

**J. Carranza Gallardo¹,
P.R. Cervantes Petersen²**

¹INAOE. Mexico.

²Univ. Nac. Autónoma de México. Mexico.

jazmin@inaoep.mx

The Farnsworth Munsell Hue Test is a set of 85 colored plastic matt surface caps used for testing color discrimination considering color differences solely of the hue angle (h), without saturation (C) and luminance (L) differences are present. From the application in our laboratory of this Test in the latter four years in subjects with color matching experience, we have used the data base obtained to quantify the weighted factors of some variables involved in color discrimination (age, man o women, experience, dominant wavelength) and their relation with the Weber's law. Some limitations of the *Hue Test kit* are presented.

Keywords: psychophysics, color discrimination, vision.



LA PSICOFÍSICA EN LA PRUEBA DE HUE

La prueba del atributo de Hue Farnsworth Munsell consiste en un conjunto de 85 fichas de plástico mate coloreadas, utilizadas para probar la discriminación de colores considerando principalmente diferencias en el ángulo de hue (h), sin que estén presentes cambios en la saturación (C) ni en la luminosidad (L). De la aplicación de esta prueba en los últimos cuatro años en nuestro laboratorio a personas con experiencia en igualación de color, hemos utilizado la base de datos obtenida para cuantificar los factores de peso de algunas de las variables involucradas en una discriminación visual de color (edad, género, experiencia, longitud de onda dominante) y su relación con la ley de Weber. Se presentan algunas de las limitaciones del equipo de aplicación del *Hue Test*.

Palabras clave: psicofísica, discriminación de color, visión.



**QUANTIFICATION OF THE
DIFFERENCES IN CHROMATIC
COORDINATES $L^*a^*b^*$ DUE TO
THE APERTURE SIZE IN AN
SPECTROCOLORIMETER WITH AN
INTEGRATION SPHERE**

J. Medina, S. Vázquez
INAOE. Mexico.
jmedina@inaoep.mx

A spectrophotometer that possesses an integrating sphere has a port where the light comes in, another one in which the reflected light from the object under study is detected, another one which permits us to include or exclude the specular reflected light (if there is any), and one more where the sample which is going to be measured is placed, but in this port there are physically interchangeable apertures that permit to measure objects of different diameters sizes, i.e., in a Macbeth 7000A equipment at least four different aperture sizes can be interchanged, but also, the forms of them are not circular, the most tiny ones have a oval form. If we measure an object with the same equipment and in the first measurement we place an aperture and in the second one we place a different one, the measurements will give some differences in the chromatic coordinates $L^*a^*b^*$.

We show that the existent differences there are not the same for the whole range of the visible spectrum, since there are a relation between the aperture size and the physical form of the materials reflectance curves that we use to analyze the differences.

In this work we use 13 reference materials (RM), diffusers with different hue, which were measured 10 times each in repeatability conditions trying to cover the visible spectrum region, as some luminosity levels.

The parameters of measurement were:

- Include Specular Component (SCI)
- Exclude UltraViolet component (UVex)
- Illuminant D65
- CIE standard observer 2°
- Aperture diameter sizes: 2,5 cm; 1 cm and 0,5 cm.

**CUANTIFICACIÓN DE LAS
DIFERENCIAS EN COORDENADAS
CROMÁTICAS $L^*a^*b^*$ DEBIDO AL
TAMAÑO DE ABERTURA EN UN
ESPECTROCOLORÍMETRO CON
ESFERA INTEGRADORA**

Un espectrofotómetro con esfera integradora, tiene un puerto por donde entra la luz, otro puerto por donde se detecta la luz reflejada de los objetos bajo estudio, otro puerto que nos permite incluir o excluir la luz reflejada especularmente y un puerto más donde se coloca la muestra que se va a medir, pero en este puerto, existen físicamente aberturas intercambiables que nos permiten medir objetos de diversos tamaños, por ejemplo, en el espectrofotómetro Macbeth 7000A se pueden colocar hasta cuatro tamaños diferentes de aberturas, las cuales no todas son completamente circulares.

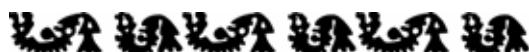
En este trabajo se analiza y cuantifica por medio de herramientas estadísticas tales como análisis de varianzas y parámetros de Mandel, las diferencias en coordenadas cromáticas $L^*a^*b^*$ que el espectrofotómetro Macbeth 7000A con geometría de iluminación/detección $d/8^\circ$ arrojó, cuando se midieron en él 13 Materiales de Referencia (MR) difusores con diferente hue, diez veces cada uno en condiciones de repetibilidad, en tres aberturas diferentes cuyos diámetros fueron: 2,5 cm; 1 cm y 0,5 cm, bajo los siguientes parámetros de medición:

- Componente especular incluida (SCI)
- Componente ultravioleta excluida (UVex)
- Iluminante D65
- Observador de 2°.
- Diámetros de apertura: 2,5 cm; 1 cm y 0,5 cm.

En este trabajo se muestra que las diferencias encontradas no son las mismas para todo el rango del espectro visible, ya que existe una relación entre el tamaño de

The main contribution in this work, besides the quantification of these differences is to demonstrate if there exist or not consistency systematically as well the randomness between these apertures through the use of the Mandel statistical parameters h y k and analysis of variances, also to analyze why for certain spectral curves the differences increase considerably.

Keywords: hue, spectroradiometer, chromatic coordinates.



ON THE PARADOXICAL USE OF SYMMETRY IN THE OPTICAL SYSTEM OF THE HUMAN EYE. EVOLUTIVE HIPOTHESIS

R. Navarro Belsué

Universidad de Zaragoza. Spain.

rafaelnb@unizar.es

Cornea, lens and eye models are analyzed and compared to experimental findings to assess properties and eventually unveil optical design principles involved in the structure and function of the optical system of the eye. Models and data often show good match but also some paradoxes. The optical design of the eye seems to correspond to a wide angle lens. Compared to conventional optical systems, the eye presents a poor optical quality on axis, but a relatively good quality off-axis, thus yielding higher homogeneity for a wide visual field of nearly 180°. This seems the result of an intriguing combination of two opposite design principles: Symmetry in the distribution of elements, but total lack of rotational symmetry of optical surfaces and absence of optical axis. Even more intriguing is the mismatch between a relative homogeneous optical performance across visual field and the strongly inhomogeneous retina and the even more inhomogeneous cortical mapping of visual field. Visual acuity and vision of details is concentrated in the fovea, a couple of degrees of field. This is a small area compared to the nearly 180° of peripheral

abertura y la forma física de las curvas de reflectancia de los MR que se utilizaron.

Palabras clave: hue, espectroradiómetro.



PARADÓJICO USO DE LA SIMETRÍA EN EL SISTEMA ÓPTICO DEL OJO. HIPÓTESIS EVOLUTIVA

Uno de los argumentos de la teoría creacionista es que algo tan perfecto como el ojo humano no puede ser resultado del azar, mientras que investigadores como Helmholtz en su libro de Óptica Fisiológica ya mencionaba un siglo atrás que el ojo está lleno de defectos (aberraciones ópticas). En el año de Darwin, se analizó el sistema óptico del ojo en base a la literatura y patentes existentes en el campo de la ingeniería y el diseño óptico. Mediante herramientas de ingeniería inversa y modelos ópticos del ojo se han identificado varios “principios de diseño” en la óptica ocular, entre los que destaca un hecho paradójico: 1.- Principio de simetría. Las dos superficies con mayor potencia dióptrica están situadas de forma altamente simétrica con respecto al iris; 2.- Principio de asimetría. Las superficies ópticas carecen de simetría de revolución y están desalineadas y descentradas unas con respecto a otras, y con respecto al eje visual. Aunque esto puede resultar paradójico a simple vista, ambos principios (1 y 2) se han utilizado (1) en el diseño de ópticas de gran angular y (2) para conseguir homogeneidad de campo. Esto nos

visual field. This mismatch, and apparent design flaw, is discussed in terms of evolution, adaptation and cost/benefit ratio. A better optical performance might be quite possible, but then our brain should have more neurons to take advantage of it. The cost to improve optics seems low compared to the cost of significantly increase the number of neurons in the brain. In the controversy between Creation and Evolution theories (or credos), science can only contribute with evidences. Most evidences seem to support Evolution, but science can hardly totally discard other theories such as Creation. On the other hand, the eye's design is not bad if we consider that with today's technology any attempt to modify its optical system tends to deteriorate rather than improve its optical quality.

Keywords: physiological optics, optics of the human eye, eye models, evolution, wide angle lens, symmetry.

conduce a la conclusión (ya conocida) de que el sistema óptico del ojo está “diseñado” para tener gran campo (gran angular), pero a esto hay que añadir que la asimetría (2) parece dirigida a conseguir la máxima homogeneidad en la calidad óptica, a expensas de una calidad mediocre en el eje visual.

Si comparamos la óptica con la estructura y función de la retina y la corteza visual primaria, llegamos a una paradoja mayor. En la óptica ocular todo parece dirigido a conseguir una gran homogeneidad de la calidad óptica con el campo, pero esto parece incompatible con la existencia de la fovea, área muy reducida donde se concentra la mayor parte de conos (fotorreceptores) y que lleva asociada una enorme inhomogeneidad retiniana y de la proyección del campo en el cortex visual. Una posible explicación de esta paradoja es suponer que el “diseño óptico” del ojo sería anterior, en términos evolutivos, a la aparición de la fovea. La visión foveatizada supone la migración de conos hacia el centro de la retina (fovea), la aparición de la visión de detalles y reconocimiento de formas, y tuvo que conllevar un gran desarrollo del cortex visual, mientras que la óptica ocular no habría requerido cambios importantes. Como resultado, la resolución neuronal está adaptada a la resolución óptica sólo en el centro de la fovea, mientras que al alejarnos del eje la primera va siendo cada vez más inferior a la segunda. En eje, la calidad visual es sustancialmente menor que lo que podría llegar a ser con una óptica sin asimetrías, pero cualquier mejora requeriría aumentar el número de conos foveales y neuronas en V1 de forma cuadrática para mantener la densidad por unidad de área. Por otra parte, a pesar de que la calidad óptica del ojo no es especialmente buena, cualquier modificación realizada mediante cirugía refractiva o de cataratas la empeora, por lo que la “ingeniería natural” asociada a la óptica ocular va todavía por delante de lo que permite la tecnología quirúrgica actual.

Palabras clave: óptica fisiológica, óptica del ojo humano, modelos del ojo, evolución, simetría, gran angular.



**A NUMERICAL MODEL OF
SCATTERING OF LIGHT IN THE
HUMAN EYE**

I. Kelly Pérez¹, N.C. Bruce², L.R. Berriel¹

¹INAOE. Mexico.

²UNAM. Mexico.

kelly@inaoep.mx

The human eye is an optical system which shows imperfections in the process of image formation. Because the cornea and the crystalline lens consist of biological tissues, these optical surfaces can be affected by disease and aging. These cause alterations in the surfaces and induce optical defects, in addition to the conventional aberrations that are presented in these media. One important alteration is related to local variations of refraction index inside these optical surfaces, causing an increase in scattering and, therefore, a reduction in the quality of image formation. Cataracts are a vision problem in which there is a cloudiness of the lens of the eye, and it is strongly related to an increase of scattered light. It is also the most common cause of blindness in the world. In order to evaluate the effect of cataracts in vision, clinicians use the slit lamp. This instrument helps the clinician to examine the crystalline lens. However, only the backscattering of light is available, and that results in an indirect measure of the effect of cataracts on the image. With the measure of back scattering, clinicians have to make assumptions on the impact of forward scattering on the retinal image degradation. Our work consists of simulating the scattering in the human eye with cataracts in a computer program. The purpose is to analyze the relation between forward and backward scattering. We have developed a model of the human optical system in which there is a distribution of particles inside the crystalline lens. The distribution of particles represents the small bodies that are believed to make up cataract formation. Using the Monte Carlo Method and an exact ray trace theory, we simulate the photon pathways in the eye. The small bodies have refractive index different from the surrounding media and they are spherical. Scattering of light in these bodies is simulated using Mie theory.

**UN MODELO NUMERICO DEL
ESPARCIMIENTO DE LA LUZ EN EL
OJO HUMANO**

El ojo humano es un sistema óptico que muestra imperfecciones en el proceso de formación de imágenes. Debido a que la cornea y la lente cristalina son tejidos biológicos, estas superficies ópticas pueden ser afectadas por enfermedad o edad. Estas causan alteraciones en las superficies e inducen defectos ópticos, además de las aberraciones convencionales que se presentan en estos medios. Una alteración importante está relacionada con las variaciones locales del índice de refracción dentro de las superficies ópticas, produciendo un aumento en el esparcimiento y, consecuentemente, una reducción en la calidad de la formación de la imagen. Las cataratas son un problema de visión debido a un aumento en la opacidad de la lente del ojo, y se relaciona con un aumento en la luz esparcida. También es la causa más importante en el mundo de ceguera. Para evaluar el efecto de las cataratas sobre la visión, los médicos utilizan una lámpara de rendija, que ayuda a evaluar la lente ocular. Sin embargo, solo se puede analizar la luz esparcida fuera del ojo, y esto resulta en una medición indirecta de los efectos de las cataratas sobre la imagen. Al medir la luz esparcida fuera del ojo, los médicos deben realizar unas suposiciones del impacto del esparcimiento dentro del ojo sobre la degradación de la imagen sobre la retina. Nuestro trabajo consiste de simular el esparcimiento dentro del ojo humano con la presencia de cataratas con un programa de computadora. El propósito es el de analizar la relación entre el esparcimiento fuera y dentro del ojo. Se desarrolló un modelo del sistema óptico humano incluyendo una distribución de partículas dentro de la lente. La distribución de partículas representa los cuerpos pequeños que se cree forman las cataratas. Se utiliza un método Monte Carlo y un trazo de rayos exacto para simular los

We show the results of our computational model and compare these results with other results obtained with a physical model of a human eye with cataracts.

Keywords: human eye, cataracts, scattering, Mie theory, Monte Carlo.

caminos de los fotones en el ojo. Los cuerpos pequeños tienen un índice de refracción que es diferente al índice del medio alrededor y son esféricos. El esparcimiento de la luz en estos cuerpos se simula utilizando la teoría de Mie. Presentamos resultados de nuestro modelo computacional y los comparamos con resultados de un modelo físico del ojo humano con cataratas.

Palabras clave: ojo humano, cataratas, esparcimiento, teoría de Mie, Monte Carlo.



OPTICAL AND DIGITAL IMAGE PROCESSING.

**Procesamiento óptico
y digital de imágenes.**

*Processamento óptico
e digital de imagens.*



POLARIZING MICROSCOPY BASED ON LIQUID CRYSTALS WITH NEW IMAGING FUNCTIONS

M. Tomilin

St.-Petersburg University. Russia.

mgtomilin@mail.ru

The optical microscope operation is limited with illumination distribution detecting on the object surface in reflective regime and absorption object parameters detecting in transparent regime. The functions increased by observation the objects in polarizing light. The inside tension and optical activity in transparent materials becomes visible. Optical polarizing microscopy is powerful tool for investigations in science and technology. But it is helpless in detecting invisible physical fields' distribution on the object surface. The combination of optical polarizing microscope with liquid crystal spatial light modulator in contact with objects' increases its functions.

We suggest new type of optical polarizing microscope with new functions that gives the possibilities to observe and detect invisible physical fields on the surface of materials. The principle idea of new microscope is based on application in optical scheme new element based on liquid crystals (LCs) as unique recording media (fig.1). In common case it might be spatial light modulator (SLM) that can realize the local radiance modulation in real time. LC applied as recording media has to be in contact with the surface under investigation.

The external physical fields or surface defects deforms LC layer having giant optical anisotropy that may be observed directly in polarized light as two dimensional distribution of light intensity. In non polarized light such defects or fields are not visible. In this case LC detects intermolecular interactions, electrical, magnetic, electro-magnetic fields, etc. The results were obtained with high optical resolution and sensitivity. The theory was developed to find relation between real defects size D and the size of their images D' in LC. LC SLM may be combined with interference, phase-contrast, confocal and even near-field microscopes.

New polarizing microscopy combined technique gives independent diagnostic

information alternative to dyes and fluorescence methods and opens new horizons in examination of different material surfaces especially in the fields of medicine and biophotonics.

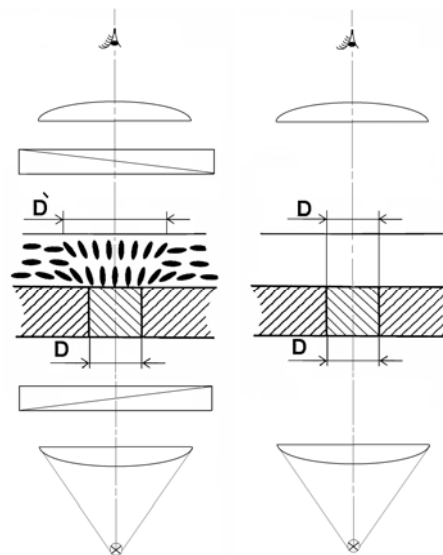


Fig.1. Principle of surface defects visualization based on LC application.

Keywords: polarizing microscopy, liquid crystals, optical anisotropy, surface defects detecting.



**USING A DIGITAL SIGNAL
PROCESSOR TO PERFORM
CORRELATION OF FRACTIONAL
ORDER**

W. Castaño Galviz^{1,2}, Y. Torres Moreno¹

¹Univ. Industrial de Santander. Colombia.

²Universidad Pontificia Bolivariana.

Colombia.

ytorres@uis.edu.co

In this work we show the use of the Fractional Fourier Transform on image correlation. Its implementation has been conducted on Texas InstrumentsTM DSP (Digital Signal Processor), high-capacity and high-performance equipment, which permits high-speed calculus adequate for our processing necessities. Image correlation is based on a 4f system or Vander-Lugt filtering principle. The application of PCE, SNR, and OE metrics allows the evaluation of the fractional correlator behavior. Finally, a comparison between the experimental results using the fractional correlation DSP, DSP-FC, and digital simulations in MATLABTM.

Keywords: fractional correlator, DSP, Vander-Lugt filtering, correlation metrics, fractional Fourier transform.



**IMAGE SHARPNESS METRIC: A
COMPARATIVE STUDY**

R. Anaice¹, J. Facon²

¹CCET-PUCPR Pontifícia Universidade
Católica do Paraná. Brazil.

²PPGIA-PUCPR Pontifícia Universidade
Católica do Paraná. Brazil.

facon@ppgia.pucpr.br

Aiming to answer to: "Is it possible to learn and to recognize the sharpness in images?",

**USO DE UN PROCESADOR DIGITAL
DE SEÑALES PARA REALIZAR
CORRELACIÓN DE ORDEN
FRACCIONAL**

En este trabajo se muestra el uso de la transformación de Fourier fraccional en la correlación de imágenes. Su aplicación se ha llevado a cabo en un procesador digital de imágenes Texas InstrumentsTM DSP (Digital Signal Processor), de alta capacidad y de alto rendimiento, que permite el cálculo a alta velocidad adecuado a nuestras necesidades de procesamiento. La correlación de imágenes se basa en un sistema 4f o filtrado de Vander-Lugt. La aplicación de métricas como el PCE, la SNR, y la OE permiten la evaluación del desempeño del correlador fraccional. Por último, se hace una comparación entre los resultados experimentales utilizando el DSP para la correlación fraccional, DSP-FC, y simulaciones digitales en MATLABTM.

Palabras clave: correlador de orden fraccional, procesador digital de señales, filtrado de Vander-Lugt, métricas de correlación, transformación de Fourier de orden fraccional.



**RECONHECIMENTO DE NITIDEZ EM
IMAGENS: ESTUDO COMPARATIVO**

Propõe-se nesta pesquisa uma abordagem computacional da avaliação de nitidez

we present a blur and sharpness evaluation approach applied onto grayscale images. Initially a comparative study of eight blur and sharpness metrics based on the first-order (gradient) and second-order (Laplacian) was performed. Two databases composed of synthetic images were used for evaluating the performance of these eight metrics. The first one contains only sharp images composed of simple geometric objects in a non-textured background. For each of these synthetic images, six blurred versions were generated. By using variable window size $w \times w$, the Median filter has been applied to simulate six levels of blur, from small blur (3x3) to large blur (13x13). Figure 1 depicts three examples of synthetic images and Figure 2 shows six levels of blur.

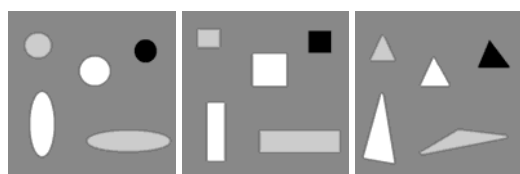


Figure 1: Examples of synthetic images

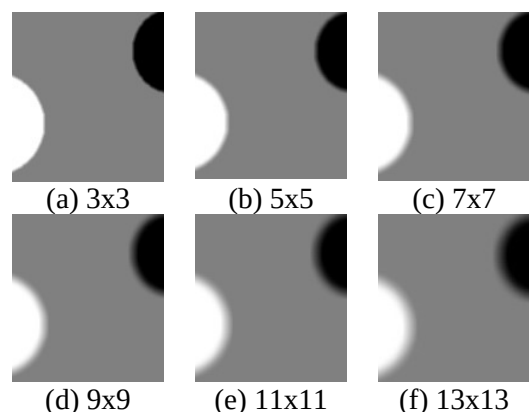


Figure 2: Six levels of blur

By computing the eight metrics from each image of the two databases, the comparative study has permitted to discern the superiority of four metrics, in terms of accuracy. To try to answer the challenging question, a sharpness recognition approach based on kNN - K-Nearest Neighbors - clustering is proposed. The knowledge gained from the comparative study was reused in the vector of features composed of the four metrics. The clustering process was trained onto the synthetic and blurred image databases for

articulada em duas etapas: primeiramente comparar as métricas existentes na literatura de quantificação da nitidez de imagens em níveis de cinza para, em seguida, escolher as métricas adequadas que irão alimentar um processo de aprendizagem e reconhecimento de nitidez.

Na primeira etapa, foram comparadas oito métricas de nitidez baseadas na primeira derivada (gradiente) e na segunda derivada (laplaciano). Uma base de imagens sintéticas de referência foi gerada apresentando um fundo homogêneo não texturizado e contendo objetos geometricamente simples e diferenciados. Para cada uma dessas imagens sintéticas, foram geradas versões borradas por aplicação do filtro da média em janelas de tamanho variável $w \times w$, w – ímpar - variando de 3 a 11. As Figuras 1 e 2 ilustram três exemplos de imagens de referência e 6 imagens borradas, respectivamente.

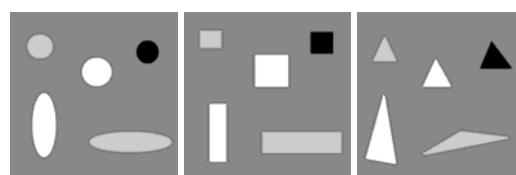


Figura 1. Exemplos de imagens simples de referência.

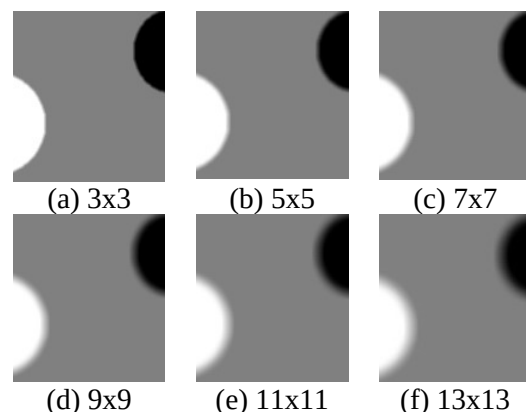


Figura 2. Família "círculos" com as versões borradas pelo filtrado da média.

Para cada família de imagens sintéticas associadas às 6 versões borradas, foram computadas as 8 métricas acima citadas. Deste estudo comparativo, concluiu-se que somente quatro métricas se mostraram robustas.

two classes “sharp” or “blur”.

To avoid reuse of training images in the test step, a third base of synthetic blurred and sharp images was generated.

The experiments results performed onto this third image database have shown that it is easier to learn and recognize blurred images than to recognize sharp images. The blur recognition rate was exactly 100% for any 5x5 to 13x13 blur effect and for any value of k between 1 to 5. In the case of 3x3 blur effect, the proposed approach has failed in recognizing some blurred images.

In the case of sharpness recognition, the proposed approach has succeeded in recognizing 100% of sharp images if they are mixed with large blur (13x13) images and applying 5NN Nearest Neighbors clustering. Otherwise, the success rate is around 80%.

Keywords: grayscale image, sharpness, blur, metric.

Deste estudo foi elaborada uma abordagem de reconhecimento de nitidez em duas classes “falta de nitidez” e “nitidez” baseada nos k vizinhos mais próximos - kNN - empregando as quatro métricas robustas.

A etapa de treinamento foi realizada com as bases de imagens de referência nítidas e das versões borradas. A etapa de teste foi realizada numa terceira base de imagens de referência nítidas com suas versões borradas. Os experimentos mostraram que é mais fácil aprender e reconhecer se uma imagem é borrada de que reconhecer se ela é nítida. A abordagem proposta conseguiu reconhecer com altos níveis de certeza as imagens que apresentavam uma falta de nitidez. Exceto no caso da filtragem 3x3, o módulo de reconhecimento se mostrou eficiente em 100%. No caso da filtragem 3x3, uma única imagem foi mal classificada com o 5NN.

Os experimentos ainda mostraram que a abordagem proposta conseguiu reconhecer com 100% de certeza as imagens que apresentavam nitidez somente no conjunto de testes constituído de imagens nítidas e excessivamente borradas (Mediana 11x11 e 13x13). O parâmetro k do kNN mostrou ter muita influência nos resultados. A taxa de reconhecimento de 100% somente pôde ser atingida com $k=5$.

Palabras clave: imagen en niveles de gris, nitidez, desenfoque, métrica.



EXTRACTION OF 3D INFORMATION AT 360 DEGREES OF OBSERVATION BY LASER TRIANGULATION: COORDINATE SYSTEM UNIFICATION

**A.F. Muñoz P., J.C. Ramírez R.,
J.G. Barrero, J.E. Meneses F.**
*Universidad Industrial de Santander.
Colombia.*
amunozpotosi@hotmail.com

In the process of mass production of extruded cable, companies producing



TRIANGULACION LASER PARA LA EXTRACCION DE INFORMACION 3D A 360 GRADOS DE OBSERVACION: UNIFICACION DE SISTEMAS COORDENADOS

En los procesos de producción en serie de cable extruido, las empresas productoras de

electrical conductors must install, on the production line, a device for the automatic verification of the cable cross-sectional dimension. Thus, the operator stops the production line when the device detects variations exceeding a permissible range. The commercial device commonly uses one pair of sensors to measure the diameter by shadow projection of the cable cross-sectional. The disadvantage of this device is the difficulty of controlling non-circular profiles. To improve this drawback is important to extract metrological information of the cable cross-sectional. This paper proposes a model based on laser triangulation method to extract multicaptor topography profile of the cable. Four devices of image acquisition located in the transverse plane of cable allow capturing the deformation of a projected laser plane. Each acquisition device, previously calibrated in the traditional way, recovers local information of topographic profile, using its own calibration coordinate system. For global profile information is important to unify the four independent coordinate systems to a single global coordinate system. The metrological error introduced by the device is mainly defined by the unification procedure. This paper shows a theoretical-experimental procedure that minimizes the error to calculate the 3D translation vectors and 3D rotation matrices in the unification of coordinate systems. The procedure is based on the information used to calibrate each observing system. This information is obtained using a reference target located on a flat surface, which when is rotated to known angular values allows to calibrate each observation system independently. The centerpiece of proposed calibration procedure consists in determining the position and orientation of 3D rotation axis with respect to a camera coordinate system, which defines the global coordinate system. The translation vectors and rotation matrices of the other cameras are calculated using the orientation and position of the rotation axis and the rotation angle value used. The procedure is evaluated using objects of known shape. Experimental results are reported and perspectives of future investigations.

conductores eléctricos deben instalar en la línea de producción un dispositivo para la verificación automática de las dimensiones transversales del cable. De esta manera, el operario detiene la línea de producción cuando el dispositivo detecte variaciones superiores a un rango tolerado. El dispositivo comercial comúnmente utilizado permite detectar el diámetro por proyección de la sombra transversal del cable, a partir de un par de sensores. La desventaja del dispositivo consiste en la dificultad de controlar perfiles no circulares. Con el fin de mejorar este inconveniente es importante obtener información metrológica de la sección transversal del cable. En este trabajo se propone un modelo basado en el método de triangulación láser a multicaptor para extraer la topografía del perfil del cable. 4 dispositivos de adquisición de imágenes ubicados en el plano transversal del cable permiten capturar la deformación de un plano láser proyectado. Cada dispositivo de adquisición, previamente calibrado de manera tradicional, recupera información topográfica del perfil, usando su propio sistema coordinado de calibración. Para obtener información global del perfil es importante unificar los 4 sistemas coordinados independientes a un único sistema coordinado global. El error que introduce el dispositivo de medida lo define la precisión del procedimiento de unificación, principalmente. El presente trabajo muestra un procedimiento teórico-experimental que minimiza el error en la unificación, para la determinación de los vectores de traslación y matrices de rotación en la unificación de sistemas coordinados. El procedimiento se basa en la información utilizada para calibrar cada sistema de observación. Esta información es obtenida utilizando una mira de referencia ubicada sobre una superficie plana, la cual al ser rotada a valores angulares conocidos permite calibrar cada sistema de observación de manera independiente. La parte central del procedimiento de calibración propuesto consiste en la determinación de la posición y orientación del eje de rotación con respecto al sistema coordinado de una cámara, que define el sistema coordinado global. Los vectores de traslación y matrices de rotación

Keywords: laser triangulation, three-dimensional reconstruction, camera calibration, digital image treatment, unification of coordinated systems.

de las otras cámaras se calculan usando la orientación y posición del eje de rotación y el valor angular de rotación introducido. El procedimiento es evaluado usando objetos de forma conocida. Se reportan resultados experimentales y perspectivas del trabajo.

Palabra clave: triangulación láser, reconstrucción tridimensional, calibración de cámaras, tratamiento de imágenes, unificación de sistemas coordinados.



HARTLEY FRACTIONAL TRANSFORM APPLIED TO IMAGE ENCRYPTION

C. Jiménez¹, C.O. Torres², L. Mattos²

¹Universidad de la Guajira. Colombia.

²Universidad Popular del Cesar. Colombia.
cesartorres@unicesar.edu.co

A new method for optical image encryption is introduced on the basis of two-dimensional (2-D) generalization of 1-D fractional Hartley transform that has been redefined recently in search of its inverse transform. We encrypt the image by two fractional orders and random phase codes. It has an advantage over Hartley transform, for its fractional orders can also be used as additional keys, and that, of course, strengthens image security. Only when all of these keys are correct, can the image be well decrypted. The optical realization is then proposed and computer simulations are also performed to confirm the possibility of the proposed method.

Keywords: Hartley transform, image encryption.



TRANSFORMADA FRACCIONAL DE HARTLEY APLICADA AL CIFRADO DE IMÁGENES

Un nuevo método para el cifrado de imágenes ópticas es introducido fundamentado en la generalización dos dimensional de la transformada de Hartley uno dimensional que ha sido redefinida recientemente en investigaciones de su transformada inversa. La imagen es cifrada en dos órdenes fraccionales y máscaras aleatorias de fase. Esto tiene grandes ventajas sobre la transformada de Hartley convencional, debidos a que los órdenes fraccionales pueden ser utilizados como llaves adicionales, y eso de hecho da mayor seguridad a la imagen. Únicamente cuando todas las llaves son correctas, pueden obtenerse la imagen original. La implementación óptica es también sugerida y simulaciones computacionales son también realizadas para confirmar la viabilidad del método propuesto.

Palabras clave: transformada de Hartley, cifrado de imágenes.



**EVALUATION OF HYBRIDS
ALGORITHMS FOR MASS
DETECTION IN DIGITALIZED
MAMMOGRAMS**

J. Cordero, J. Garzón

*Univ. Pontificia Bolivariana. Colombia.
josecorderog@hotmail.com*

The breast cancer remains being a significant public health problem. The early detection of the lesions can increase the success possibilities of the medical treatments. The mammography is an image modality effective to early diagnosis of abnormalities, where the medical image is obtained of the mammary gland with X-rays of low radiation, this allows detect a tumor between two to three years before that it was clinically palpable, and is the only method that until now achieved reducing the mortality by breast cancer, in more than 50%. But to human expert is difficult provide an accurate diagnosis, due to a variety of factors, like: poor quality of the image, benign appearance of lesions, eye fatigue factor and specially the great difficulty is caused by the difference in the brightness of the objects in the mammograms, however, this difference is the useful property of the mammographic techniques. The more important signs that the human expert search in a mammogram are the microcalcifications and masses, these can be the more important indicators of breast cancer. Microcalcifications are clusters of calcium of a size smaller than 1mm and often appear in the fatty tissue, these look in the mammogram like bright white spots, on the other hand, a mass is more largest than a microcalcification, it can be from different shapes, sizes, and often appear in the densest areas of the breast, therefore, are confused with the breast structure, hence the mass detection is more difficult that the microcalcifications detection, for this is substantial count with a computer aided detection system, for detect the suspicious regions and focus the attention of the human expert onto a possible tumor. Therefore in this work, three hybrids algorithms for circumscribed mass detection in digitalized mammograms are evaluated,

**EVALUACIÓN DE ALGORITMOS
HÍBRIDOS PARA LA DETECCIÓN DE
MASAS EN MAMOGRAFÍAS
DIGITALIZADAS**

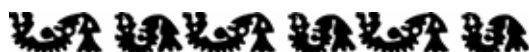
El cáncer de mama sigue siendo un importante problema de salud pública, la detección precoz de las lesiones pueden aumentar las posibilidades de éxito de los tratamientos médicos. La mamografía es una modalidad efectiva de imagen para el diagnóstico precoz de anomalías, donde la imagen médica se obtiene de la glándula mamaria con rayos X de baja radiación, donde se puede detectar un tumor de entre dos y tres años antes de que sea clínicamente palpable, y es el único método que hasta ahora logrado reducir la mortalidad por cáncer de mama, en más del 50%. Pero para el experto humano es difícil proporcionar un diagnóstico preciso, por la variedad de factores, como: mala calidad de la imagen, aspecto de las lesiones benignas, factor de la fatiga ocular y especialmente la dificultad es causada por la diferencia en el brillo de los objetos de la mamografía, sin embargo, esta diferencia es la propiedad útil de las técnicas mamográficas. Los signos más importantes que buscan los expertos humanos en una mamografía son las microcalcificaciones y masas. Las microcalcificaciones son agrupaciones de calcio, de un tamaño menor de 1 mm y aparecen con frecuencia en el tejido graso, estas aparecen en la mamografía como manchas blancas brillantes, por otro lado, una masa es más grande que un microcalcificaciones, estas pueden ser de diferentes formas, tamaños y suelen aparecer en las zonas más densas, por lo tanto, se confunden con la estructura de mama, por lo que la detección de masas es más difícil que la detección de microcalcificaciones, para ello es importante contar con un sistema de detección asistida por ordenador, para detectar la regiones sospechosas y centrar la atención de los expertos humanos en un posible tumor. Por lo tanto, en este trabajo, tres híbridos de algoritmos para la detección de masa

each algorithm has its advantages and disadvantages in the correct detection of a lesion. In the first stage a review of the enhancement and segmentation techniques of processing of the mammographic images is realized. Then, a shape filtering to the segmented regions is applied. After, the regions that surviving this filtering was processed in a bayesian classifier, where a characteristics vector for the classifier was constructed with few measurements. Finally the algorithms are implemented and evaluated by mean of ROC curves, where 20 testing images with circumscribed lesions and 20 normal images were taken.

Keywords: biomedical image processing, segmentation of mammographic images, mass detection.

circunscrita en mamografías digitalizadas son evaluados, cada algoritmo tiene sus ventajas y desventajas en la detección correcta de una lesión. En la primera fase un examen de la mejora de técnicas desegmentación y de procesamiento de las imágenes mamográficas, es realizado. Luego, se aplica un filtrado de forma a las regiones segmentadas. Después, las regiones que sobreviven al filtrado se les aplica un clasificador bayesiano, donde se construye un vector de características con pocas mediciones. Finalmente, los algoritmos evaluados por medio de curvas ROC, donde se tomaron 20 imágenes de prueba con lesiones circunscritas y 20 imágenes normales.

Palabras clave: procesamiento de imágenes biomédicas, segmentación of imágenes mamográficas, detección masas.



STUDY OF INTERHEMISPHERIC ASYMMETRIES IN ELECTROENCEPHALOGRAPHIC SIGNALS BY FREQUENCY ANALYSIS

J. Zapata^{1,2}, J. Garzón¹

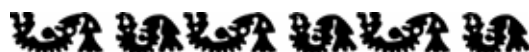
¹Univ. Pontificia Bolivariana. Colombia.

²Instituto Neurológico de Antioquia.

Colombia.

jose.zapata@neurologico.org.co

The digital electroencephalogram (EEG) is a useful diagnostic tool for assessing brain function through the registration of the difference in electrical potential in different brain regions, analysis and interpretation of results is determined by the specialist in neurophysiology, who compares visually different patterns and frequencies of the signals found on both sides of the regions, however this analysis is biased by interobserver variability, the deficiency to determinate quantification parameters in observations and the low percentage revised in the total electroencephalographic recording. Another major drawback is the



ESTUDIO DE ASIMETRÍAS INTERHEMISFÉRICAS EN SEÑALES ELECTROENCEFALOGRÁFICAS MEDIANTE ANÁLISIS FRECUENCIAL

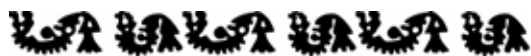
El electroencefalograma (EEG) digital es una herramienta diagnóstica útil para evaluar el funcionamiento cerebral a través del registro de la diferencia de potenciales eléctricos en diferentes regiones cerebrales; el análisis e interpretación de sus resultados es determinado por el especialista en neurofisiología, quien compara visualmente los diferentes patrones y frecuencias de las señales encontrados a lado y lado de las distintas regiones, sin embargo este análisis es sesgado por la variabilidad interobservador, por la deficiencia en la determinación de parámetros de cuantificación de las observaciones y por el

impossibility of a specialist to evaluate continually the electroencephalographic recording in patients with critical condition who have any high risk of cerebral complication, which would be detected early through changes in the frequencies and amplitudes observed in EEG signals, which lead to differences or asymmetries between comparable regions and that, in early detection, would generate an alarm for immediate deployment in an emergency room, surgery or intensive care unit. These limitations have required others diagnostic support tools for analysis of signals, such as Fast Fourier and wavelet Transform. The Fast Fourier Transform allows frequency analysis of signals between different brain regions; likewise, discrete wavelet transform facilitates the correlation between time and observed frequencies for a given level of temporal resolution. Based on the potential applications of both transforms, we present a method for diagnosis of interhemispheric asymmetries in patients with cerebrovascular disease and nonconvulsive status epilepticus (NCSE), who have made profound pharmacological sedation guided by electroencephalographic videomonitoring, entering to intensive care unit (ICU) of Instituto Neurológico de Antioquia (Colombia). For each patient is obtained 20 samples of EEG record, each contains 18 signals, 200 Hz sampling frequency and 5 minutes of length, using a digital electroencephalograph of 32 channels, brand Cadwell; of each signal is obtained the frequencies spectrum and wavelet energy spectrum, subsequently, the differences between other brain regions and the percentage of interhemispheric asymmetry are evaluated, comparing their results with those found on physical examination, neuroimaging results and the interpretation of neurophysiologic.

Keywords: epilepsy, electroencephalography, wavelet transform, fast Fourier transform.

bajo porcentaje revisado del total del registro electroencefalográfico. Otro gran inconveniente es la imposibilidad de un especialista de estar evaluando continuamente el registro electroencefalográfico en pacientes que se encuentran en situación crítica y que tienen alto riesgo de presentar alguna complicación cerebral, la cual sería detectable precozmente con los cambios en las frecuencias y amplitudes observadas en las señales EEG, que dan lugar a diferencias o asimetrías entre regiones comparables y que, de detectarse a tiempo, generaría una alarma para la inmediata intervención en una sala de urgencias, de cirugía o de unidad de cuidados intensivos. Estas limitaciones han necesitado de otras herramientas de apoyo diagnóstico para el análisis de las señales, como son la transformada rápida de Fourier y la transformada wavelet. La transformada rápida de Fourier permite el análisis frecuencial de las señales entre las distintas regiones cerebrales; así mismo, la transformada discreta de wavelet facilita la correlación entre el tiempo y las frecuencias observadas en un determinado nivel de resolución temporal. Basándonos en el potencial de aplicaciones de estas dos transformadas, presentamos un método de diagnóstico de asimetrías interhemisféricas en pacientes con enfermedad cerebrovascular y estado epiléptico no convulsivo, a quienes se les realiza sedación farmacológica profunda guiada por videomonitoring electroencefalográfico, que ingresan a la unidad de cuidados intensivos del Instituto Neurológico de Antioquia (Colombia). De cada paciente se obtiene 20 muestras del registro EEG, cada una contiene 18 señales, de 200 Hz de frecuencia de muestreo y de 5 minutos de duración, utilizando un electroencefalógrafo digital de 32 canales, marca Cadwell; de cada señal se obtiene el espectro de frecuencias y el espectro de energía wavelet, posteriormente se evalúa las diferencias entre las demás regiones cerebrales y el porcentaje de asimetría interhemisférica, comparando sus resultados con los hallados en el examen físico, las neuroimágenes y la interpretación del neurofisiólogo

Palabras clave: epilepsia, electroencefalografía, transformada wavelet, transformada rápida de Fourier.



DOUBLE APERTURE SCHEME IN SLOPE DETECTION: SYSTEM PERFORMANCE

**M. Molina Prado^{1,2}, M.C. Lasprilla²,
M. Tebaldi³, N. Bolognini³**

¹Universidad de Pamplona. Colombia.

²Univ. Industrial de Santander. Colombia.

³Universidad Nacional de La Plata.
Argentina.

marlumopra@unipamplona.edu.co

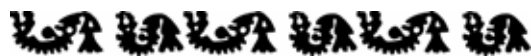
Modulated speckle patterns obtained by using a double aperture imaging formation system can be used to measure displacements, deformations, and vibrations of diffusing surfaces. In particular, when the surface vibrates, the image speckle pattern experiences a local tilting (surface slope) that varies periodically. It means that, the slope at each object point changes in time in accordance with the vibration.

The time periodically variable tilting (surface slope) generates in the corresponding image space a periodical transversal movement of the speckle grains. In our case, the image speckle shifting is produced by defocusing the diffusing reflective surface, so that a surface tilt is mapped as a speckle shifting.

The transversal movement degrades the speckle fringes. As far as each point vibrates, the crystal receives an intensity averaging of the shifted fringe modulated speckle at each image point and the corresponding fringe is washed out.

We study the system performance by analyzing the system sensitivity in terms of out of plane displacement and rotation of the reflective surface. A considerable tolerance to displacements in the axial direction can be observed in our experimental condition.

Keywords: speckle, surface slope.



MONTAJE DE DOBLE APERTURA PARA LA DETECCIÓN DE PENDIENTE: DESEMPEÑO DEL SISTEMA

Patrones de speckle modulados obtenidos mediante un sistema formador de imágenes con doble aperturas pueden ser utilizados para medir desplazamientos, deformaciones, vibraciones de superficies difusoras. Cuando una superficie difusora vibra, el speckle imagen experimental experimenta un cambio local de su pendiente que varía periódicamente. La pendiente del objeto en cada punto cambia con la vibración.

El cambio periódico de la pendiente genera en el patrón imagen un movimiento transversal de los speckles. En nuestro caso, el desplazamiento del speckle es producido mediante el desenfoque de la superficie difusora reflectora. De esta manera, la pendiente de la superficie se traduce en desplazamientos del speckle.

El movimiento transversal degrada las franjas que modulan el patrón de speckle almacenado. Cuando cada punto vibra, el cristal almacena una intensidad promediada de las franjas moduladoras que se desplazan en cada punto produciendo el consecuente borrado de las franjas. Hemos analizado el desempeño del sistema en términos de su sensibilidad al desplazamiento fuera del plano y a la rotación de la superficie difusora. Una considerable tolerancia a desplazamientos en la dirección axial es observada en nuestros experimentos.

Palabras clave: speckle, pendiente superficial.



FINGERPRINTS RECOGNITION BASED ON HYBRID CORRELATION AND HAUSDORF DISTANCES

O. Tijaro, Y. Torres, H. Argüello

*Universidad Industrial de Santander,
Colombia.*

otijaro@gmail.com

This paper show an methodology for fingerprint identification using a hybrid correlator, so it highlight the fast processing thanks the implementation joint of the optical processing and digital algorithms and digital algorithms. The model was implemented, tested and built using optical architecture of joint transform correlator (JTC) and a digital signal processor (DSP) with a development kit for imaging processing. The identification system is based in the measure of parameters of the correlation how the PER (peak to sidelobe ratio), SNR (signal to noise ratio) and the high of peak of correlation where were taken umbrals and here was designed a block diagram based in logical digital to obtain betters result in the identification of the users.

Keywords: JTC, DSP, Hausdorf.



IDENTIFICACIÓN DE HUELLAS DACTILARES A TRAVÉS DE CORRELACIÓN HÍBRIDA Y DISTANCIAS DE HAUSDORF

Esta investigación muestra una metodología para identificación de huellas dactilares por medio de correlación híbrida, donde se resalta tanto la velocidad de procesamiento gracias a la implementación colaborativa entre el procesamiento óptico y los algoritmos digitales, como la validación de los errores de identificación. El modelo implementado y probado fue construido a partir de una arquitectura óptica de correlación de transformada conjunta (JTC – sigla en inglés de Joint Transform Correlator), un procesador digital de señales para procesamiento dedicado de imágenes y una validación adicional a partir de las distancias de Hausdorf.

Palabras clave: JTC, DSP, Hausdorf.



**MEASURING REFRACTIVE POWER
OF PROGRESSIVE ADDITION
LENSES BY USING THE HARTMANN
TEST**

Y. Mejía, A.F. Jiménez

Universidad Nacional de Colombia.

Colombia

ymejia@unal.edu.co

With an optical system that includes a screen with square array of holes we sample the refracted wavefront by a progressive addition lens when it is illuminated with a collimated beam. The reconstruction of the refracted wavefront is carried out with an algorithm based on the Fourier analysis. From the reconstructed wavefront the refractive power of the lens is calculated. The result is shown by means of refractive power maps.

Keywords: Hartmann test, progressive addition lenses.



**MULTIPLEXING TECHNIQUE BASED
ON THE LACUNARITY OF FRACTAL
ENCRYPTING MASKS**

**M. Tebaldi^{1,2}, D. Amaya¹, W.D. Furlan³,
J.A. Monsoriu⁴, R. Torroba^{1,2},
N. Bolognini^{1,2}**

¹*Centro de Inves. Ópticas. Argentine.*

²*Univ. Nacional de La Plata, Argentine.*

³*Universitat de València. Spain.*

⁴*Univ. Politécnica de Valencia Spain.*

amayad@ciop.unlp.edu.ar

We have recently presented a new architecture for optical encryption system based on a Joint Transform Correlator (JTC) setup and Fractal Zone Plate (FZP) keys. The JTC can be used as an encoding technique that solves the alignment problem inherent to the double random phase encoding scheme. Besides we use FZP acting as the normal encoding mask under

**MEDIDA DE POTENCIA
REFRACTIVA EN LENTES
PROGRESIVAS MEDIANTE LA
PRUEBA DE HARTMANN**

Empleando un sistema óptico que incluye una pantalla de agujeros en una rejilla rectangular se muestrea el frente de onda refractado por una lente progresiva cuando ésta es iluminada con un frente de onda plano. La reconstrucción del frente de onda refractado se realiza con un algoritmo basado en el análisis de Fourier. A partir del frente de onda reconstruido se evalúa la potencia refractiva de la lente. El resultado se muestra mediante mapas de potencia refractiva.

Palabras clave: prueba de Hartmann, lentes oftálmicas progresivas



**TÉCNICA DE MULTIPLEXADO
BASADA EN LA DE MÁSCARAS
ENCRIPTADORAS FRACTALES**

Recientemente presentamos una nueva arquitectura de encriptación óptica basada en un correlador de transformada conjunta (JTC en inglés) y una placa zonal fractal (FZP en inglés) actuando como llave. El JTC se puede usar como un esquema de codificación que resuelve los problemas de alineación relativos a los montajes de codificación que emplean las dobles

JTC architecture. The complexity exhibited by fractal masks allows including them as secure keys that are an alternative to conventional random phase masks. The FZP has a free design parameter (the lacunarity) that modifies the number of foci of a FZP and their relative amplitude. In this contribution we expand the possibilities of the technique to the multiplexing capability. By varying the lacunarity every time we insert a different input object, we generate different encrypting masks, allowing a multiplexing procedure. The input images are encrypted to a stationary white noise as in the usual double random encoding. The use of FZP keys would allow the employment of spatial light modulators to display them, thus resulting in easily reconfigurable optical encryption systems. We present experimental results that support our proposal.

Keywords: optical encryption, fractal zone plates, multiplexing.

máscaras de fase. Además, usamos la FZP como las máscaras normales en el montaje JTC. La complejidad inherente de las placas fractales permite que puedan ser usadas como llaves de seguridad alternativas a las máscaras aleatorias de fase. En efecto, la FZP posee un parámetro de diseño libre (la lacunaridad) que permite modificar el número de focos de una FZP, así como su amplitud relativa. En esta contribución, expandimos las posibilidades de la técnica al multiplexado. Usando diferentes valores de lacunaridad, para cada nuevo objeto a la entrada del sistema, se generan diferentes máscaras encriptadoras, permitiendo de esta forma un proceso de multiplexado. Las imágenes de entrada se encriptan como ruido blanco estacionario como en el caso de las dobles máscaras de fase. El uso de FZP permitiría el empleo de moduladores espaciales de luz, con lo que resultaría en un sencillo sistema óptico reconfigurable. Presentamos resultados experimentales que avalan nuestra propuesta.

Palabras clave: encriptación óptica, placas zonales fractales, multiplexado.



TALBOT EFFECT BY PHOTOREFRACTIVE 3D PHASE GRATINGS

**G. Forte, A. Lencina, M. Tebaldi,
N. Bolognini**

Centro de Inves. Ópticas. Argentine.

gforte@ciop.unlp.edu.ar

The self-images intensity distribution in the near field of a volume phase grating coherently illuminated is analyzed. In order to generate this grating an image of incoherently illuminated amplitude plane grating is projected in a photorefractive crystal. This 3D image is mapped into an index refractive perturbation via the photorefractive effect thereby generating a volume phase grating. Simulated self-image patterns are calculated using a path-integral

EFFECTO TALBOT A PARTIR DE OBJETOS DE FASE 3D FOTORREFRACTIVOS

La distribución de intensidad de las autoimágenes generadas en el campo cercano de una red de fase de volumen coherentemente iluminada es analizada. La red es generada proyectando dentro de un cristal fotorrefractivo la imagen de una red de amplitud plana iluminada incoherentemente. Esta imagen 3D es mapeada en una distribución de gradiente de índice de refracción a través del efecto fotorrefractivo generando así una red de fase en volumen. Los patrones de las

approach to take into account the inhomogeneous and non linear propagation through the photorefractive medium. The results show that the self-images location coincides with that of the self-images generated by plane phase grating of the same period. Besides, the self-images visibility depends on the $f/\#$ of the grating recording optical system, the external electric field applied on the crystal and the crystal thickness, as proved by previous experimental results. A good agreement between theoretical and experimental results is observed.

Keywords: self-imaging, photorefractive medium, volume grating.



ADAPTIVE MASKS FOR THE PATTERN RECOGNITION BY UNIDIMENSIONAL SIGNATURES IN DIGITAL IMAGES

S. Solorza¹, J. Álvarez-Borrego²

¹Universidad Autónoma de Baja California.
Mexico.

²Centro de Investigación Científica y de
Educación Superior de Ensenada. Mexico.
selene.solorza@uabc.edu.mx

Since the evolution of computers in the middle of last century, the pattern recognition of digital images based on correlations has been study in science as well as technology areas. Their applications are broad and variety. The techniques developed are used to identify micro- and macro- objects, for example, automobiles, bone structures, fingerprints, virus, bacteria, etc.

Based on adaptive binary mask of concentric rings, unidimensional signatures and non-linear correlations a digital system of invariant correlation to position and rotation is constructed. The use of unidimensional signatures instead of vectorial signatures or the diffraction pattern of the images reduce

autoimágenes simulados son calculados usando una integración de camino teniendo en cuenta la propagación inhomogénea y no lineal a través del medio fotorrefractivo. Los resultados muestran que la ubicación de las autoimágenes coincide con la encontrada en las autoimágenes generadas por una red de fase plana del mismo período. Además, la visibilidad de estos patrones depende del $f/\#$ del sistema óptico usado para registrar la red, el campo eléctrico externo aplicado sobre el cristal y el espesor del cristal, como prueban los resultados experimentales previos. Se observa un buen acuerdo entre los resultados teóricos y experimentales.

Palabras clave: autoimágenes, medio fotorrefractivo, red de volumen.



MÁSCARAS ADAPTATIVAS PARA EL RECONOCIMIENTO DE PATRONES MEDIANTE FIRMAS UNIDIMENSIONALES DE IMÁGENES DIGITALES

Desde que evolucionaron las computadoras a mediados del siglo pasado, el reconocimiento de patrones en imágenes digitales basado en correlaciones ha sido estudiado en las áreas tanto científicas como tecnológicas. Sus aplicaciones son extensas y variadas. Las técnicas desarrolladas se han usado para identificar objetos tanto macroscópicos como microscópicos, por ejemplo, automóviles, estructuras óseas, huellas digitales, bacterias, entre otras.

Basados en máscaras adaptativas de anillos concéntricos, firmas unidimensionales y correlaciones no lineales aquí se construye un sistema digital de correlación invariante a posición y rotación. El usar firmas unidimensionales, en lugar de las firmas

the computational time considerably, achieving a step forward to the ultimate goal which is develop a digital system that realise the identification in real time having low cost.

In the digital system based on unidimensional signatures, the signatures were obtained using binary masks of concentric rings. When the mask is applied to an image, this plays the role of a filter hence there are leak of information. Then, an efficient digital system in the pattern recognition will use masks that drop only the irrelevant information. Here is presented a technique to build the mask using the problem image, in this form it is adapted to the problem avoiding important information leak. Because the mask changes with the problem, it is called adaptive mask.

This work presents an analysis to select the appropriate adaptive mask for the digital system. Also, the efficiency of such system is tested in the classification of plankton micro-organisms.

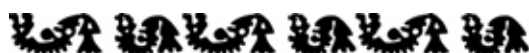
Keywords: digital systems, pattern recognition, binary masks.

vectoriales o el patrón de difracción de las imágenes reduce considerablemente el tiempo de cómputo, logrando así acercarnos al objetivo final que es desarrollar sistemas digitales que realicen clasificaciones en tiempo real a bajo costo.

En el sistema digital basado en firmas unidimensionales, las firmas se obtienen usando máscaras binarias de anillos concéntricos. Cuando la máscara se aplica a la imagen, ésta juega el papel de un filtro por lo que hay fuga de información. Entonces, un sistema digital que es eficiente para el reconocimiento de patrones usará una máscara que sólo deseche la información irrelevante. Aquí se propone una forma de construir la máscara a partir de la imagen problema, por lo que ésta se adaptará al problema en cuestión, evitando así la fuga de información importante. Puesto que la máscara cambiará según la imagen la llamaremos máscara adaptativa.

En este trabajo se presenta el análisis de la selección de la máscara adaptativa más apropiada que se usará en el sistema digital. Además, el análisis de la eficiencia de dicho sistema se llevará a cabo clasificando microorganismos que viven en el plancton.

Palabras clave: sistemas digitales, reconocimiento de patrones, mascarar binarias.



REMOTE SENSING SYSTEM USING LOW COST AIRCRAFT FOR AGRICULTURAL APPLICATIONS

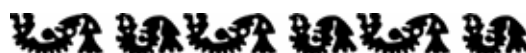
A. Flores¹, G. Cucho¹, E. Gordillo¹,
J. Quispe¹, D. Reátegui¹, M. Aucallanchi¹,
J. Barba^{1, 2}, A. Posadas², R. Quiroz²,
C. Barreda², H. Loayza²

¹PUCP. Peru.

²Centro Internacional de la Papa. Peru.

dflores@pucp.edu.pe

This development refers to a remote sensing system for the acquisition and processing of georeferenced multispectral images of crop



SISTEMA DE TELEDETECCIÓN REMOTA UTILIZANDO AERONAVES DE BAJO COSTO PARA APLICACIONES AGRONÓMICAS

Este desarrollo corresponde a un sistema de teledetección remota destinado a la adquisición y procesamiento de imágenes

fields for precision agriculture applications. The system has been implemented using various types of low-cost aircraft which are provided with electronic equipment consisting of multispectral cameras and GPS. The acquired images are processed using algorithms that extract the information and determine the status of crops. This information is useful in making farm management decisions for a particular crop. Proper management can be crucial to the efficient use of inputs such as water, fertilizers and pesticides and in this way contribute to the care of the environment. An alternative to satellite images is the main goal in this project, high costs is prohibitive for countries like ours. Thus the proposed system aims to become an information system for countries which cannot afford satellite technology. The project has received funding from CONCYTEC and is currently funded by FINCYT; this has allowed the study of aircraft technologies and image acquisition systems. It is a joint effort between the International Potato Center and the Pontifical Catholic University of Peru. Balloons, kites, model aircraft and helicopter aircraft have been built to study its application under different geographic and climatic conditions. A multispectral camera system with GPS has been developed that provide images with geographic information. The cameras have sensitivity in the red band (650 nm) and near-infrared (850 nm) through the CCD sensors and optical filters that limit the reflected light crop in these bands. The two images are converted to a format that provides the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) which estimates the quantity, quality and crop development. After an acquisition session mosaics are generated and processed to generate yield maps.

Keywords: remote sensing, agriculture, image processing.

multiespectrales georeferenciadas de campos de cultivo para su aplicación en agricultura de precisión. El sistema ha sido implementado utilizando diversos tipos de aeronaves de bajo costo a las que se les dota de equipo electrónico consistente de cámaras multiespectrales y GPS. Las imágenes adquiridas se procesan usando algoritmos que extraen la información y determinan el estado de los cultivos. Esta información presenta su utilidad en la toma de decisiones para el manejo agrícola de un determinado cultivo. Un manejo adecuado puede ser determinante para el uso eficiente de insumos tales como agua, fertilizantes e insecticidas y de esta forma se aporta al cuidado del medio ambiente. Se pretende disponer de un sistema alternativo a las imágenes satelitales, cuyo elevado costo es prohibitivo para países como el nuestro. Es así que el sistema propuesto pretende convertirse en un sistema de información de bajo costo para países que no disponen de esta tecnología. El proyecto que ha contado con financiamiento por parte del CONCYTEC y actualmente del FINCYT ha permitido el estudio de tecnologías de aeronaves y de sistemas de adquisición de imágenes es un esfuerzo conjunto entre el Centro Internacional de la Papa y la Pontificia Universidad Católica de Perú. Se han construido globos aerostáticos, cometas, aviones y helicóptero aeromodelos para estudiar su aplicación bajo diferentes condiciones geográficas y climáticas. Asimismo se han desarrollado sistemas de cámaras multiespectrales los que junto con equipos GPS brindan imágenes con información geográfica. Las cámaras poseen sensibilidad en las bandas Roja (650 nanómetros) e Infrarroja Cercana (850 nanómetros) gracias a los sensores CCD y los filtros ópticos que limitan la luz reflejada de los cultivos en dichas bandas. Las dos imágenes son convertidas a un formato que proporciona el índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI) el cual estima la cantidad, calidad y desarrollo de los cultivos. Luego de una sesión de toma de imágenes, se procesan para generar mosaicos y mapas de rendimiento.

Palabras clave: detección remota, agricultura, procesamiento de imagen.



**OPTICAL ACCESSING BY USING
SPECKLE PATTERNS GENERATED
BY THE CHIRP-Z TRANSFORM**

**E. Mosso¹, M. Tebaldi^{1,2}, R. Torroba^{1,2},
N. Bolognini^{1,2}**

¹CONICET-CIC. Argentine.

²Univ. Nacional de La Plata, Argentine.

emosso@ciop.unlp.edu.ar

We present an accessing scheme to confidential information by using the chirp Z transform (CZT) applied to a master speckle pattern. The keymaster, which authorizes acceding to the information, has at his disposal a database of each user. Every user has assigned three verification points ruled by spatial coordinate positions and frequency resolution on the input image, much like as in the procedure followed in ATMs. That is, the user possess a reconfigurable random key where the verification points are obtained based on coordinates and resolution frequency parameters obtained from the CZT applied to the master speckle pattern. Then, if the three verification points are confirmed by means of an optical correlation operation, the user accedes to the confidential information. We show several examples to verify the proposal.

Keywords: chirp-Z transform, validation.

**ACCESO ÓPTICO MEDIANTE
PATRONES SPECKLE GENERADOS
POR TRANSFORMADA CZT**

Presentamos un esquema de acceso a información confidencial por medio de la transformada CZT aplicada a un diagrama de speckle maestro. Un supervisor de claves tiene la autoridad de asignar el acceso a la información teniendo a su disposición una base de datos de cada usuario. En el proceso cada usuario tiene asignado tres puntos de verificación controlados por coordenadas de posición espacial y por la resolución espacial del diagrama de speckle reconfigurado; este procedimiento puede asimilarse al usado en los Cajeros Automáticos (ATM en inglés). O sea, el usuario posee un patrón aleatorio reconfigurable, donde los puntos de verificación se obtienen por medio de coordenadas determinadas y la resolución del diagrama la gobiernan los parámetros de frecuencia de la CZT aplicados a un diagrama de speckle maestro. Así, si los tres puntos son verificados por medio de una operación de correlación óptica, el usuario finalmente accede a la información confidencial. Mostramos varios ejemplos que verifican la propuesta.

Palabras clave: transformación Z, validación.



OPTICAL ENCRYPTION OF SOUND SIGNALS

**F. Mosso¹, M. Tebaldi^{1,2}, R. Torroba^{1,2},
N. Bolognini^{1,2}**

¹CONICET-CIC. Argentine.

²Univer. Nacional de La Plata. Argentine.
emosso@ciop.unlp.edu.ar

We present a procedure to encrypt sound signals by employing a conventional 4f optical system. A one-dimensional sound signal is rearranged into a bi-dimensional array, which is finally encrypted in the 4f system. The random phase keys employed in the 4f system are generated by affine transformations. The random phase masks are characterized by the appropriate affine parameters in order to design a controlled random distribution associated to each phase mask. With this purpose, we chose an amplitude image source that is divided in two equal images to which the affine transformations are applied. The transformed images are added on a modular basis obtaining a final random amplitude distribution. These amplitude random distributions are mapped to pure phase masks by assigning to each amplitude level a determined phase value. In the input of the 4f system is allocated the bi-dimensional array and one of the pure random phase masks is attached. The system is illuminated by a plane wave producing the Fourier transform of the input, which is multiplied by a second random phase mask. Finally, a second Fourier transform produces the encrypted image. This bi-dimensional encrypted image is transformed into a one-dimensional array that constitutes the encrypted sound signal. In order to decrypt the encoded information, we reconvert it into a bi-dimensional array. Now we use this array as the input of the 4f system. By using the correct phase mask generated by the exact affine transformation parameters, the original information is recovered and the sound signal is deciphered. We present experimental results that confirm the proposal.

Keywords: optical encryption, sound signals.

ENCRYPTAMIENTO ÓPTICO DE SEÑALES SONORAS

Presentamos un procedimiento para encriptar señales sonoras empleando un procesador óptico 4f. Un mensaje de sonido se reacomoda en un arreglo bidimensional el cual es encriptado en el procesador óptico. Las máscaras de encriptación empleadas en el sistema 4f se generan a partir del uso de la transformación afín. Estas máscaras aleatorias se caracterizan mediante los parámetros apropiados de la transformación afín, con el objeto de diseñar estas máscaras, se divide una imagen fuente en dos réplicas, a las cuáles se les aplica la transformación afín. Las imágenes transformadas se suman en base modular, obteniendo la distribución de amplitud aleatoria final. Estas distribuciones son correspondidas con máscaras de fase puras mediante la asignación de un determinado valor de fase a cada nivel de amplitud. En la entrada del sistema 4f se ubica el arreglo bidimensional adosado a una de las máscaras de fase. Se ilumina el sistema mediante una onda plana generando así la transformada óptica de Fourier de la entrada que se multiplica por una segunda máscara de fase. Finalmente una segunda transformada de Fourier genera la imagen encriptada. Esta imagen encriptada bidimensional se transforma en un arreglo unidimensional el cual constituye la señal sonora encriptada. Con el fin de desencriptar la información codificada, la reconvertimos en un arreglo bidimensional. Ahora usamos este arreglo como la entrada del sistema 4f. Usando las máscaras de fase correctas generada por los parámetros exactos de la transformada afín, se recupera la información original y se descifra la señal sonora. Presentamos resultados experimentales que confirman la propuesta.

Palabras clave: encriptamiento óptico, señales sonoras.

CHARACTERIZATION OF UNIAXIAL CRYSTALS THROUGH THE STUDY OF FRINGE PATTERNS

**F.E. Veiras¹, G.D. Pérez¹, M.T. Garea¹,
L.I. Pérez^{1,2}**

¹Universidad de Buenos Aires. Argentine.

²INTECIN CONICET. Argentine.

fveiras@fi.uba.ar

The accurate characterization of birefringent crystals, either for crystallographic study or for the design of devices, is of great relevance. The fringe pattern obtained when a divergent (or convergent) beam goes through a sample of birefringent crystal between two polarizers (Fig. 1) contains information which is inherent in the crystalline sample under study. On the other hand, by considering the design details of the experience and the parameters of the uniaxial plate, it is possible to theoretically obtain the luminous intensity corresponding to each point on a screen or CCD (Fig. 2). Thus, this theoretical model allows us to calculate, from experimentally obtained images and proper theoretical expressions, the parameters that are characteristic of these plates. The method of adjustment used for this purpose (Levenberg and Marquardt) is based on the problem of nonlinear least squares optimization. The implementation of this algorithm enables us to use the information of every pixel of the recorded image to obtain the best fit parameters. The results obtained proved the concordance between theory and experience, while endorsing this technique for the characterization of devices based on birefringent crystals and crystallographic studies.

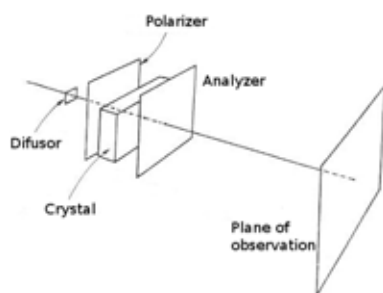


Fig. 1. Diagram of the experience.

CARACTERIZACIÓN DE CRISTALES UNIAXIALES MEDIANTE EL ESTUDIO DE PATRONES DE INTERFERENCIA

La caracterización precisa de cristales birrefringentes es de gran importancia, ya sea para el estudio cristalográfico o para el diseño de dispositivos. El patrón de interferencia que se obtiene al atravesar una muestra de cristal birrefringente entre dos polarizadores con un haz divergente (o convergente) (Fig. 1) contiene información propia de la muestra cristalina bajo estudio. Por otro lado, tomando los datos de diseño de la experiencia y los parámetros característicos de la placa uniaxial es posible obtener en forma teórica la intensidad luminosa correspondiente a cada punto sobre una pantalla o CCD (Fig. 2.). De este modo, el modelo teórico utilizado también permite obtener, a partir de las imágenes obtenidas experimentalmente y expresiones teóricas, los parámetros característicos de las placas. El método de ajuste utilizado para este propósito (Levenberg y Marquardt) se basa en el problema de optimización de cuadrados mínimos no lineales. La implementación de este algoritmo permite tomar la información de cada píxel de la imagen registrada a fin de obtener los parámetros que mejor ajustan a través de la expresión teórica. Los resultados obtenidos comprobaron la concordancia teórico-experimental avalando la técnica para la caracterización de dispositivos basados en cristales birrefringentes y estudios cristalográficos.

Fig. 1. Esquema de la experiencia.

Fig. 2. Patrón de franjas generado por computadora.

Palabras clave: patrón de franjas, birrefringencia, medio uniaxial.

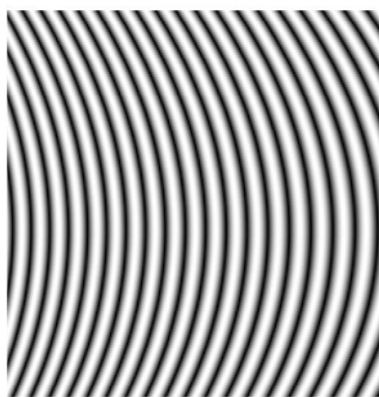


Fig. 2. Computer generated fringe pattern.

Keywords: fringe pattern, birefringence, uniaxial media.



USING THE EFFECT OF POLARIZATION FOR GENERATE IMAGE IN FOCUS IN MICROSCOPY C-DIC

C. Chacón, A. Plata, C. Osorio
Universidad Industrial de Santander.
Colombia.
carlosalbertoch@gmail.com

C-DIC microscopy (Circular Differential Interference Contrast) is a widely used method to generate contrast in images obtained from microscopy, is based on a principle of self-reference because the phase differences between wave fronts and side-scrolling orthogonal polarization are converted to gradients of intensity, creating on the image the feeling of highlighted from the observed object, in this paper is used this phenomenon as a criterion for targeting regions at different levels which subsequently allows, through the assembly of targeted segments, obtain an artificial image of higher contrast. The algorithm implemented is used for observation at high magnification of metal samples and thin films, the results confirm that the procedure performed through images obtained with highest quality which enables the inspection



USO DEL EFECTO DE POLARIZACION EN EL ESTABLECIMIENTO DE PLANOS DE FOCALIZACION EN MICROSCOPIA DIC

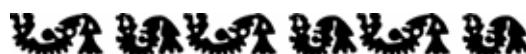
La microscopía C-DIC (Circular Diferencial Interference Contrast) es un método ampliamente utilizado para generar contraste en las imágenes obtenidas en microscopia, está basado en un principio de auto-referencia debido a que las diferencias de fase entre frentes de onda con desplazamiento lateral y polarización ortogonal son convertidas en gradientes de intensidad, lo que genera en la imagen obtenida la sensación de relieve del objeto observado; en el presente trabajo es utilizado este fenómeno como criterio para establecer regiones de focalización en diferentes planos que posteriormente permiten, mediante el ensamble de segmentos focalizados, obtener una imagen artificial de mayor contraste. El algoritmo implementado es utilizado en la observación a gran aumento de muestras metálicas y películas delgadas, los resultados

of metal samples, in the process of image acquisition is used a Carl Zeiss microscope Imager Z2 of materials.

Keywords: C-DIC microscopy, depth of focus, image processing.

confirman que a través del procedimiento realizado se obtienen imágenes de mayor calidad lo que posibilita la inspección de muestras metálicas, en el proceso de adquisición de las imágenes es utilizado un microscopio Carl Zeiss Imager Z2 de materiales.

Palabras clave: microscopia C-DIC, profundidad de foco, procesamiento de imagen.



OPTO-DIGITAL MULTIPLEXING EXPERIMENTAL PROCEDURE BY DIFFUSER ROTATIONS IN A JOINT TRANSFORM CORRELATOR ARCHITECTURE

**C. Ríos¹, E. Rueda¹, R. Henao¹,
J.F. Barrera¹, R. Torroba²**

¹Universidad de Antioquia. Colombia.

²Univ. Nacional de La Plata. Argentine.

carios@barlai.udea.edu.co

Optical cryptography clearly evolved from the initial 4f architecture to more complex schemes. This evolution included sophisticated encrypting alternatives to become more secure the involved scheme. Among the new proposals, we find the Joint Transform Correlator (JTC) architecture together with a storing digital holography setup the most promising for developing practical techniques. In this contribution, we present the experimental operation of a multiplexing method, where the rotation of the diffuser located at the input plane of the JTC opens the multiplexing capability. The digital recording and processing allows the practical implementation with a reasonable quality. We first found the minimal rotation angle to avoid decrypted images cross-talking. Finally, we obtained the experimental results that verify our approach. We also give a detailed explanation on both the optical scheme, and the digital holographic procedure.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL PARA EL MULTIPLEXADO OPTO- DIGITAL MEDIANTE ROTACIONES DEL DIFUSOR EN UNA ARQUITECTURA DE CORRELADOR DE TRANSFORMADA CONJUNTA

La encriptación óptica evidentemente evolucionó desde la primera arquitectura 4f hacia esquemas más complejos. Este avance incluyó alternativas de encriptación más sofisticadas que tienden a hacer más seguro al esquema en cuestión. Entre las nuevas propuestas, encontramos que la transformada conjunta de correlación (JTC por sus siglas en inglés) en conjunción con un esquema de almacenamiento por holografía digital es el más promisorio para desarrollar técnicas experimentales. En esta contribución, presentamos la operación experimental de un método de multiplexado, donde la rotación del difusor colocado en el plano de entrada del JTC genera la capacidad de multiplexar. El registro y procesado digital permiten la aplicación práctica con una razonable calidad. Primero encontramos el mínimo ángulo de rotación que permite evitar la superposición de las imágenes descryptadas. Finalmente, obtuvimos los resultados experimentales que verifican

Keywords: optical encryption, digital holography, optical multiplexing.

nuestra propuesta. También presentamos explicaciones detalladas de tanto el montaje óptico como del procedimiento de holografía digital.

Palabras clave: encriptación óptica, holografía digital, multiplexado óptico.



DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A BIOMETRIC METHOD BASED ON FACIAL DETECTION IN VIDEO SEQUENCES

C.F. Ordóñez Urbano¹,
S.G. Ortiz Uriburu²

¹Universidad del Cauca. Colombia.

²Inst. Balseiro, Suratom S.R.L. Argentine.

cfordonez@unicauca.edu.co

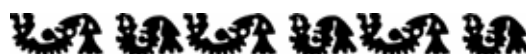
In this paper, it shows the development of biometric procedure, based in face detection with basic tools of image processing over video. It takes advantage of this physiological feature as a non-invasive measure, where it was studied one of the two most important steps of face recognition, localization and the isolation of the background, with the purpose of extract quantifying parameters that allow to reduce false-positive face in the different skin zones on a scene. The facial biometric is strengthening by the application of principal component analysis or *eigenfaces*, in order to find out criteria in the study of the algorithm for counter people.

Keywords: biometric, eigenfaces, facial detection, image processing.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÉTODO BIOMÉTRICO BASADO EN DETECCIÓN FACIAL EN SECUENCIAS DE VIDEO

En este trabajo se presenta el desarrollo de un procedimiento biométrico, basado en la detección de rostros con herramientas básicas de procesamiento de imágenes sobre video. Se aprovecha este rasgo fisiológico de medida no invasivo, donde se estudio uno de los dos pasos más importantes del reconocimiento de rostros, la localización y su aislamiento del entorno, con el fin de extraer parámetros cuantificables que permitan reducir falsos positivos de rostros en las diferentes zonas de piel en una escena. La biometría facial es fortalecida por la aplicación del análisis de principales componentes o *eigenfaces*, para buscar criterios en el estudio del algoritmo para el conteo de personas.

Palabra clave: biometría, autovalores, detección facial, procesamiento de imagen.



**WAVELET TRANSFORM APPLIED
TO PATTERN RECOGNITION
OPTIMIZATION OF JTC DIGITAL
CORRELATOR**

G. Mestre¹, C.O. Torres²

¹Universidad del Zulia. Venezuela

²Universidad Popular del Cesar. Colombia.
cesartorres@unicesar.edu.co

The present paper shows the results of the implementation of a correlation Digital processed Joint Wavelets for gray level images target recognition applications. The aim is to study and characterize the different families of two-dimensional wavelets that are available and build a system of recognition of images it becomes operational, flexible and reliable. The resulting methodology of this study becomes a useful tool to implement in the future, in which the evolution of technology will provide greater reliability and algorithms will allow the design of correlation more compact, fast and versatile with multiple applications. The correlation was tested in image recognition, which also involved images that suffered distortion type Gaussian noise in order to verify its robustness to the ability of discrimination correlation Transformed Joint (JTC) classics.

Keywords: wavelet, correlator.

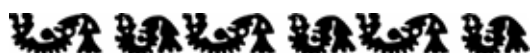


**IMAGE ENCRYPTION USING THE
FRACTIONAL WAVELET
TRANSFORM**

**J. Useche, J.M. Vilardy, C.O. Torres,
L. Mattos**

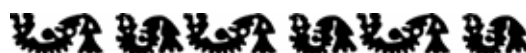
Universidad Popular del Cesar. Colombia.
cesartorres@unicesar.edu.co

We introduce a new method called fractional wavelet packet transform to encrypt images in this paper, in which fractional orders and

**LA TRANSFORMADA WAVELET
APLICADA A LA OPTIMIZACIÓN
DEL RECONOCIMIENTO DE
PATRONES EN CORRELADORES
DIGITALES JTC**

En el presente trabajo se muestra los resultados obtenidos de la implementación de un Correlador Digital de transformadas Conjuntas Wavelets para aplicaciones prácticas de reconocimiento de imágenes. El objetivo es estudiar y caracterizar las diferentes familias Wavelet bidimensionales de que se dispone y construir un sistema de reconocimiento de imágenes que sea operativo, flexible y fiable. La metodología resultante de este trabajo se convierte en una herramienta útil para aplicarla en el futuro, en el que la evolución de la tecnología aportara algoritmos de mayor fiabilidad y permitirá el diseño de correladores mas compactos, veloces y versátiles con múltiples aplicaciones. El correlador se probó en el reconocimiento de imágenes, que además, involucraron imágenes que sufrieron distorsión de tipo de ruido Gaussiano con el fin de comprobar su robustez frente a la capacidad de discriminación de Correladores de Transformada Conjunta (JTC) clásicos.

Palabras clave: wavelet, correlador.



**CIFRADO DE IMÁGENES
UTILIZANDO LA TRANSFORMADA
WAVELET FRACCIONAL**

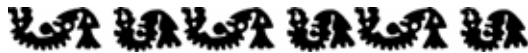
Se desarrolla una técnica para el cifrado de imágenes digitales utilizando la Transformada Wavelet Fraccional - Fractional Wavelet Transform, FWT- y

wavelet packet filter are its two series of keys. Fractional orders are additional keys in this method compared to wavelet packet encryptions. Selected image encryption is also proposed in this paper, and it is quite more flexible and effective than wavelet, fractional wavelet or wavelet packet encryptions. The possible optical implementation and digital computation are proposed. Computer simulations prove its feasibility.

Keywords: wavelet, encryption.

máscaras de fases aleatorias. La imagen digital a cifrar es transformada fraccionalmente con la FWT, luego los coeficientes resultantes de la FWT - Aproximación, Detalles: Horizontal, Vertical y Diagonal- cada uno se multiplica por diferentes máscaras de fases aleatorias - estadísticamente independientes- a estos últimos resultados se le aplica una Transformada Wavelet Inversa -Inverse Wavelet Transform, IWT-, obteniéndose la imagen digital cifrada. EL descifrado utiliza la misma técnica de cifrado en el sentido inverso. El cifrado provee ventajas inmediatas de seguridad frente a las técnicas convencionales; porque la familia Wavelet madre y los ordenes fraccionales asociados a la FWT, además de las máscaras de fases aleatorias empleadas, constituyen claves adicionales que dificultarían el acceso a la información a persona no autorizada, con lo cual se eleva extraordinariamente el nivel de seguridad del cifrado. En este trabajo se desarrolla también el soporte matemático para el uso de la FWT en el algoritmo computacional en la plataforma Matlab para el cifrado.

Palabras clave: wavelet, cifrado.



IMPROVEMENT CAPACITIES OF AN OPTO-DIGITAL ENCRYPTION SYSTEM VIA MULTIPLEXING

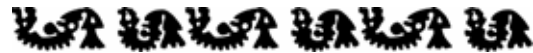
**J.F. Barrera¹, E. Rueda¹, C. Ríos¹,
M. Tebaldi², N. Bolognini², R. Torroba²**

¹Universidad de Antioquia, Colombia.

²CONICET-CIC, Argentine.

jbarraera@fisica.udea.edu.co

Multiplexing operations in optical encryption systems are an option to handle multiple data. Besides offering a more resistant alternative to external attacks, multiplexing is suitable for multi-user operations. We propose and experimentally demonstrate a technique to improve the capacities of an encryption process based on



MEJORANDO LAS CAPACIDADES DE UN SISTEMA DE ENCRIPCIÓN OPTO-DIGITAL POR MEDIO DEL MULTIPLEXADO

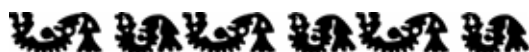
Las operaciones de multiplexado en los sistemas de encriptación óptica brindan la oportunidad de manejar múltiples datos. Además de ser una alternativa más resistente a los ataques externos el multiplexado es conveniente para operaciones con múltiples usuarios. Proponemos y demostramos experimentalmente una técnica para mejorar

double random phase encoding in a joint transform correlator (JTC). In the encryption process, the image to be encrypted is divided into several sections. Then, each section is encrypted separately using the same encryption key. The encryption is performed using an optical JTC processor with a digital holography technique. The encrypted sections are digitally processed and multiplexed to obtain a filtered version of the multiplexed encrypted images. The authorized user can recover the input information using the encryption key and the filtered multiplexed encrypted image. The proposed method allows processing information otherwise not possible by using the same optical setup and encrypting the original image in one-step. We present experimental results to demonstrate the validity of the proposal.

Keywords: optical multiplexing, encryption, decryption, joint transform correlator, digital holography.

las capacidades de un sistema de encriptación basado en la codificación por doble máscara de fase en un correlador de transformada conjunta (JTC en inglés). En el proceso de encriptación la imagen a ser codificada se divide en secciones. Luego, cada sección se encripta por separado utilizando la misma llave. La codificación se realiza usando un procesador óptico JTC junto con una técnica de holografía digital. Las secciones encriptadas se procesan y multiplexan digitalmente con el fin de obtener una versión filtrada de las imágenes multiplexadas y encriptadas. En usuario autorizado puede recuperar la información de entrada usando la llave encriptadora y la imagen encriptada ya multiplexada y filtrada. El método propuesto permite procesar información que mediante el uso del mismo montaje óptico y la encriptación de la imagen original en un solo paso no sería posible. Presentamos resultados experimentales que demuestran la validez de nuestra propuesta.

Palabras clave: multiplexado óptico, encriptación, desencriptación, correlador de transformada conjunta, holografía digital.

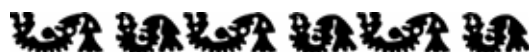


DESIGN AND IMPLEMENTATION IN VHDL CODE OF THE TWO-DIMENSIONAL FAST FOURIER TRANSFORM FOR FREQUENCY FILTERING, CONVOLUTION AND CORRELATION OPERATIONS

J. Vilardy, F. Giacometto, C. Torres, L. Mattos

*Universidad Popular del Cesar. Colombia.
vilardy.juan@unicesar.edu.co*

The two-dimensional Fast Fourier Transform (2D FFT) is an essential tool in the analysis and processing of two-dimensional discrete signal, which one allows the development a large number of applications. In this paper it shows the description and synthesis of hardware



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN EN CÓDIGO VHDL DE LA TRANSFORMADA RÁPIDA DE FOURIER EN DOS DIMENSIONES PARA OPERACIONES DE FILTRADO FRECUENCIAL, CONVOLUCIÓN Y CORRELACIÓN

La Transformada Rápida de Fourier en dos dimensiones (Fast Fourier Transform – FFT 2D) es una herramienta fundamental en el análisis y tratamiento de señales discretas bidimensionales, que permite desarrollar un gran número de aplicaciones. En el presente artículo se muestra la descripción y síntesis

architectures in VHDL code of the 2D FFT fixed point binary representation using the tool programming Simulink HDL Coder of Matlab; showing an easy and fast to handle overflow, underflow and the creation of registers, adders and multipliers with complex data in VHDL and as well as generation test bench for testing codes generated in the ModelSim tool. The main objective of development of the hardware architecture of the 2D FFT focuses on after performing the following operations applied to images: Frequency Filtering, convolution and correlation. The description and synthesis architecture is done on the FPGA of reference XC3S1200E family SPARTAN 3E from Xilinx Manufacturer.

Keywords: Fast Fourier Transform (FFT), FPGA, VHDL, image processing, fixed point, Matlab, Simulink HDL coder.

de arquitecturas hardware en código VHDL de la FFT 2D con representación binaria en punto fijo empleando la herramienta de programación Simulink HDL Coder de Matlab; mostrando una forma fácil y rápida para el manejo de overflow, underflow y la creación de registros, sumadores y multiplicadores de datos complejos en VHDL y así como también la generación de banco de pruebas (test bench) para la comprobación de los códigos generados en la herramienta ModelSim. El objetivo principal del desarrollo de la arquitectura hardware de la FFT 2D se centra en la posterior realización de las siguientes operaciones aplicadas a imágenes: filtrado frecuencial, convolución y correlación. La descripción y síntesis de las arquitecturas se hacen sobre la FPGA de referencia XC3S1200E de la familia SPARTAN 3E del fabricante Xilinx.

Palabras clave: Fast Fourier Transform (FFT), FPGA, VHDL, tratamiento de imágenes, punto fijo, Matlab, Simulink HDL Coder.



HARDWARE ARCHITECTURE FOR FPGA IMPLEMENTATION OF THE IEEE 754 FORMAT FOR BINARY REPRESENTATION OF FLOATING POINT DATA

**M. León A., L. Barba J., I. Vargas Q.,
C. Torres M.**

*Univ. Popular del Cesar. Colombia.
mader73@hotmail.com.*

The different information processing systems that use signal processing algorithms in one and more dimensions always require analysis, data storage and floating point operations. Therefore in order to perform these operations using hardware tools there is a format created by IEEE binary representation of floating point information, which is known as the IEEE Standard 754 and also specifies the most



ARQUITECTURA HARDWARE PARA LA IMPLEMENTACIÓN FPGA DEL ESTÁNDAR IEEE 754 PARA LA REPRESENTACIÓN BINARIA DE DATOS PUNTO FLOTANTE

Los distintos sistemas de procesamiento de información que utilizan algoritmos para procesar señales en una y más dimensiones requieren siempre del análisis, almacenamiento y operaciones de datos punto flotante. Por tanto para poder llevar a cabo estas operaciones utilizando herramientas de hardware existe un formato creado por IEEE para representación binaria de información punto flotante, el cual es conocido como el Estándar IEEE 754 y que

common mathematical operations can be developed using this format such as addition, subtraction, multiplication, division, enhancement and establishment. Given the growing use of FPGA devices in signal processing applications in general, in this paper we design hardware architecture for the FPGA implementation of IEEE Standard 754 and the operations of addition, subtraction and multiplication that derive from it. The design is developed and evaluated using VHDL Hardware Description Languages, and implementation is done on an FPGA device family reference XC3S1200E SPARTAN 3E • manufactured by Xilinx.

Keywords: signal processing, IEEE Standard 754, VHDL, FPGA.

además especifica las operaciones matemáticas más comunes que se pueden desarrollar utilizando este formato como son suma, resta, multiplicación, división, potenciación y radicación. Dada la creciente utilidad de los dispositivos FPGAs en las aplicaciones de procesamiento de señales en general, en este trabajo se diseñó una arquitectura hardware para la implementación FPGA del Estándar IEEE 754 y las operaciones de suma, resta y multiplicación que de él se derivan. El diseño es desarrollado y evaluado utilizando Lenguajes de Descripción Hardware VHDL, y la implementación se hace sobre un dispositivo FPGA de referencia XC3S1200E de la familia SPARTAN 3E fabricado por Xilinx.

Palabras clave: Estándar IEEE 754, FPGA, Punto Flotante, VHDL.



IMPLEMENTATION OF THE 2-D WAVELET TRANSFORM INTO FPGA FOR IMAGE

**M. León A, L. Barba J, L. Vargas Q.,
C. Torres M.**

*Universidad Popular del Cesar. Colombia.
mader73@hotmail.com,*

This paper presents a hardware system for FPGA implementation of the algorithm of discrete wavelet transform algorithm in two dimensions, using the Daubechies filter family of order 2 (db2). The decomposition algorithm of this transform is designed and simulated with the Hardware Description Language VHDL and is implemented in a programmable logic device (FPGA) XC3S1200E reference, Spartan III family, by Xilinx, take advantage the parallel properties of these gives us and speeds processing that can reach them. The architecture is evaluated using images input of different sizes. This implementation is done with the aim of developing a future images encryption hardware system using wavelet transform for security information.



IMPLEMENTACIÓN DE LA TRANSFORMADA 2-D WAVELET EN UNA FPGA PARA IMAGENES

Este trabajo presenta un sistema hardware para la implementación FPGA del algoritmo de la transformada wavelet discreta en dos dimensiones, utilizando la familia de filtros Daubechies de orden 2 (db2). El algoritmo de descomposición de dicha transformada se diseña y se simula con la ayuda del Lenguaje de Descripción Hardware VHDL y se implementa en un dispositivo lógico programable (FPGA) de referencia XC3S1200E, de la familia Spartan III, aprovechando las propiedades de paralelismos que estos nos brinda y las velocidades de procesamiento que con ellos se pueden alcanzar. La arquitectura se evalúa utilizando imágenes de entrada de diferentes tamaños. Esta implementación se hace con el objetivo de

Keywords: discrete wavelet transform, VHDL, FPGA.

desarrollar en un futuro un sistema hardware de encriptación de imágenes utilizando transformada de wavelet para seguridad de información.

Palabras clave: FPGA, procesamiento de imágenes, transformada wavelet, VHDL.



SLOPE DETECTION BY VOLUME MODULATED SPECKLES

M. Molina Prado^{1,2}, **M.C. Lasprilla**²,
M. Tebaldi³, **N. Bolognini**³

¹Universidad de Pamplona. Colombia.

²Univ. Industrial de Santander. Colombia.

³Univ. Nacional de La Plata. Argentine.

marlumopra@unipamplona.edu.co

Three dimensional modulated speckles are employed to detect slope changes. Speckled image of a reflective harmonic oscillating diffusing surface is formed by a lens having a double aperture. Then, the time varying speckle pattern is stored in a volume photorefractive BSO crystal as a time-average exposure. It is evaluated the image reconstruction of the diffusing reflective surface vibrating when the corresponding modulated speckle are stored in the crystal. In the read-out step the reconstruction beam normally impinges onto the crystal input plane (fixed read-out geometry). As it is usual in speckle technique the system capability to get a good resolution of diffusing imaging surface implies lower speckle sizes which are governed by the pupil aperture diameter. In the mentioned geometry, if one requires a low angular selectivity, it is necessary to maintain a larger speckle and a low frequency modulation fringes. Then, it must be considered a compromise between both facts. In our proposal, select on-Bragg conditions at low frequencies are irrelevant because low energy flux is gained in comparison with the easiest implementation of the fixed geometry reconstruction. Experimental results are presented.

DETECCIÓN DE PENDIENTES MEDIANTE SPECKLES MODULADOS TRIDIMENSIONALES

Speckles modulados tridimensionales son empleados para detectar cambios en la pendiente. Los speckles imágenes generados por una superficie difusora reflectante, son formados mediante una lente que posee una doble abertura. El patrón de speckle que varía temporalmente es almacenado en un cristal BSO fotorrefractivo. La imagen de la superficie difusora vibrante almacenada en el cristal es reconstruida en la etapa de lectura. La reconstrucción se realiza en una geometría de lectura fija que corresponde a un haz incidiendo perpendicularmente a la cara del cristal. Como es usual en las técnicas de speckle, la capacidad para obtener una buena resolución de la superficie difusora implica tamaños de speckle pequeños gobernados por el diámetro de las aberturas. La geometría fija de reconstrucción requiere bajas selectividades angulares la cual es obtenida con speckles de grandes dimensiones y baja modulaciones-. En nuestra situación experimental las condiciones óptimas de trabajo implica n un compromiso entre ambos efectos. Se presentan los resultados experimentales.

Palabras clave: speckle, pendiente, cristal fotorefractivo.



RADIAL HILBERT TRANSFORM AND ITS APPLICATION IN THE EDGE DETECTION. STUDY CASE: FINGERPRINT

Y. Morales, C. Torres, L. Mattos

Universidad Popular del Cesar. Colombia.

yaileth@gmail.com

It is well-known that the Hilbert transform (HLT) is useful for generating the analytic signal, and saving the bandwidth required in communication. However, it is known by less people that the HLT is used for edge detection. In this paper, we introduce the radiant Hilbert transform (RHLT), and illustrate how to use it for edge detection with advantage noise immunity, obtaining this form the image skeleton fingerprint. The implemented system the images are entered into a digital correlator that uses the Fourier transform to change the space of representation, facilitating, the correlation operation and authenticate the usuary stored in the data base.

Keywords: Radial Hilbert Transform, edge detection, fingerprint.

TRANSFORMADA RADIAL DE HILBERT Y SU APLICACIÓN EN LA DETECCIÓN DE BORDES. CASO DE ESTUDIO: HUELLAS DACTILARES

La Transformada de Hilbert (HLT) es útil para calcular el contenido en frecuencia de una señal de energía o potencia. Sin embargo es conocida por pocas personas su utilidad en la detección de bordes. En este artículo introduciremos la Transformada Radial de Hilbert (RHLT) y mostraremos como se usa para la detección de bordes teniendo la ventaja de ser inmune al ruido, consiguiendo de esta manera el esqueleto ó borde de la imagen de huella dactilar sin importar los factores externos que inciden al momento de ser capturada por un sensor biométrico o por cualquier otro método. En el sistema implementado las imágenes son introducidas en un correlador digital que utiliza la transformada de Fourier para cambiar el espacio de representación, facilitando así; la operación correlación y autenticar al usuario almacenado en la base de datos.

Palabras clave: Transformada Radial de Hilbert, detección de bordes, huellas dactilares.



IMAGE ENCRYPTION AND DECRYPTION USING FRACTIONAL FOURIER TRANSFORM AND RADIAL HILBERT TRANSFORM

Y. Morales, C. Torres, L. Mattos

*Universidad Popular del Cesar. Colombia.
yailleth@gmail.com*

A technique for image encryption using fractional Fourier transform (FRT) and radial Hilbert transform (RHT) is proposed. The spatial frequency spectrum of the image to be encrypted is first segregated into two parts/channels using RHT, and image subtraction technique. Each of these channels is encrypted independently using double random phase mask encoding in the FRT domain. The different fractional orders and random phase masks used during the process of encryption and decryption are the keys to enhance the security of the proposed system. The algorithms to implement the proposed encryption and decryption scheme are discussed, and results of digital simulation are presented.

Keywords: encryption, decryption, Fractional Fourier transform, Hilbert transform.



MODIFICATION OF WAVEFRONT FROM CAUSTIC SURFACES TO LENGTHEN THE FOCAL LINE

S.I. Carrillo, Y. Mejía

*Univ. Nacional de Colombia. Colombia.
ymejiab@unal.edu.co*

The wavefront in the exit pupil of a conventional positive lens for monochromatic and collimated illumination is modified to lengthen the focal line. This modification is achieved by changing its caustic surfaces. The caustic surfaces are

ENCRIPCIÓN Y DESENCRIPCIÓN DE IMÁGENES USANDO LA TRANSFORMADA FRACCIONAL DE FOURIER Y LA TRANSFORMADA RADIAL DE HILBERT

Se propone una técnica de encriptación de imágenes utilizando la Transformada Fraccional de Fourier (FFT) y la Transformada Radial de Hilbert (RHT). El espectro de frecuencia de la imagen a encriptar es separada en dos canales utilizando la (RTH) y técnicas de sustracción de imágenes. Cada una de estos canales son encriptados independientemente usando una codificación de doble fase aleatoria en el dominio fraccional de Fourier. Los diferentes órdenes fraccionales y las mascarar de fase aleatorias utilizadas durante el proceso de encriptación y desencriptación son las claves para mejorar la seguridad del sistema propuesto. Los algoritmos a implementar el esquema de encriptación y desencriptación propuestos son discutidos y los resultados de la simulación digital son presentados.

Palabras clave: encriptación, desencriptación, Transformada Fraccional de Fourier, transformada de Hilbert

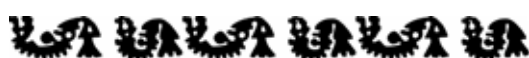


MODIFICACIÓN DE FRENTE DE ONDA A PARTIR DE LA CAÚSTICA PARA AUMENTAR LA PROFUNDIDAD DE FOCO

Partiendo de una lente positiva convencional, se obtiene el frente de onda en la pupila de salida para iluminación monocromática colimada. Posteriormente se calculan las caústicas tangencial y sagital correspondientes al frente de onda. Las caústicas están ligadas una a la otra mediante

related to each other according to Stavroudis solutions, and the length of the sagittal caustic can be related to the focal line. Taking into account this fact, we can lengthen the focal line by increasing the longitude of the sagittal caustics. The above-mentioned modifies the tangential caustic and therefore it reshapes the wavefront in the exit pupil. With this procedure it is possible to redraw the profile of the lens faces or to design a diffractive optical element.

Keywords: caustic surfaces, focal line.



UNSUPERVISED DEFECT SEGMENTATION OF PATTERNED MATERIALS UNDER NIR ILLUMINATION

M.S. Millán, J. Escofet, M. Ralló

*Universitat Politècnica de Catalunya. Spain.
millan@oo.upc.edu*

An unsupervised detection method for automatic flaw segmentation in patterned materials (textile, non-woven, paper) that has no need of any defect-free references or a training stage is presented in this paper. Printed materials having a pattern of colored squares, bands, etc. superimposed to the background texture can be advantageously analyzed using NIR illumination and a camera with enough sensitivity to this region of the spectrum. The contrast reduction of the pattern in the NIR image facilitates material inspection and defect segmentation. Underdetection and misdetection errors can be reduced in comparison with the inspection performed under visible illumination.

For woven fabrics, with periodic structure, the algorithm is based on the structural feature extraction of the weave repeat from the Fourier transform of the sample image. These features are used to define a set of multiresolution bandpass filters adapted to the fabric structure that operate in the

las ecuaciones de Stavroudis. Ya que la profundidad de foco se relaciona directamente con la longitud de la caústica sagital, podemos aumentar su longitud para lograr una mayor profundidad focal. Lo anterior modifica la caústica tangencial y por lo tanto se altera la forma del frente de onda en la pupila de salida. Con este procedimiento se puede rediseñar el perfil de las caras de la lente o diseñar un elemento óptico difractivo.

Palabras clave: superficies cáusticas, línea focal.



SEGMENTACIÓN NO SUPERVISADA DE DEFECTOS EN MATERIALES ESTAMPADOS BAJO ILUMINACIÓN INFRARROJA

En este trabajo se presenta un método no supervisado para la segmentación automática de defectos en materiales estampados (tejidos, no-tejidos, papel) que no requiere muestra de referencia ni fase de entrenamiento. Los materiales con figuras coloreadas de cuadros, bandas, etc. estampados sobre una superficie pueden ser ventajosamente analizados mediante iluminación en el infrarrojo cercano y una cámara sensible a esta región del espectro. La reducción del contraste del estampado en la imagen infrarroja facilita la inspección del material y la segmentación de defectos. Los errores de detección se reducen notablemente en comparación con la inspección en el rango visible.

En el caso de los tejidos, que tienen una estructura periódica, el algoritmo se basa en la extracción de las características del elemento de repetición a partir de la transformada de Fourier de la imagen de la muestra textil. Estas características se utilizan para definir un conjunto de filtros multirresolución, adaptados a la estructura

Fourier domain. Inverse Fourier transformation, binarization and merging of the information obtained at different scales lead to the output image that contains flaws segmented from the fabric background.

For non-woven and random textured materials, the algorithm combines the multiresolution Gabor analysis of the sample image with a statistical analysis of the wavelet coefficients corresponding to each detail. The information of all the channels is merged in a single binary output image where the defect appears segmented from the background. The method is applicable to random, non-periodic, and periodic textures. Since all the information to inspect a sample is obtained from the sample itself, the method is proof against heterogeneities between different samples of the material, in-plane positioning errors, scale variations and lack of homogeneous illumination. Experimental results are presented for a variety of materials and defects.

Keywords: defect detection, unsupervised methods, infrared, Fourier optics, spatial filtering, texture analysis, industrial inspection, feature extraction, image analysis

del tejido, que operan en el dominio de Fourier. Las operaciones de transformada de Fourier inversa, binarización y composición de la información obtenida en las diferentes escalas, conducen a una imagen final en la que los defectos se destacan segmentados sobre el fondo del tejido.

En el caso de los materiales con textura aleatoria o no-tejidos, el algoritmo combina el análisis multirresolución con filtros de Gabor con un análisis estadístico de los coeficientes de Gabor correspondientes a cada detalle. La información de todos los canales se reúne en una imagen binaria de salida en la que los defectos aparecen segmentados del fondo. El método es aplicable a texturas periódicas, no periódicas y aleatorias.

Como toda la información se obtiene de la misma muestra bajo inspección, el método está a prueba de heterogeneidades entre muestras de un mismo material, errores de posicionamiento en el plano, cambios de escala o falta de uniformidad en la iluminación. Se presentan resultados experimentales para una variedad de materiales y defectos.

Palabras clave: detección de defectos, métodos no supervisados, Infrarrojo, óptica de Fourier, filtrado espacial, análisis de texturas, inspección industrial, extracción de características, análisis de imagen.



IMAGE PROCESSING IN THE CHARACTERIZATION OF NANOSTRUCTURES

M.F.M. Costa

Universidade do Minho. Portugal.

mfcosta@fisica.uminho.pt

The strong development of nano sciences and technologies on recent years brought special demands to the non-invasive inspection and characterisation of nano materials and structures. Image acquisition and processing methods and tools are among



PROCESSAMENTO DE IMAGEM NA CARACTERIZAÇÃO DE NANOESTRUTURAS

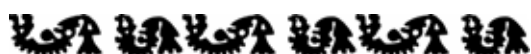
O forte desenvolvimento das nanociências e nanotecnologias trouxe exigências particulares de inspeção e caracterização não invasiva. A aquisição e o processamento de imagem são técnicas de uso crescente em especial quando associados à microscopia

the most valuable tools available directly on different types of microscopy' images but also characterization methods like microtopography spectroscopy or lifetime measurements. On this communication we will report on the work developed on the field at University of Minho at the Microtopography Laboratory, Functional Coatings Group and Iberian Nanotechnologies Laboratory.

Keywords: Image processing, optical metrology, thin films, nanostructures.

óptica e electrónica, espectroscopia óptica e de raios X por exemplo, mas também em microtopografia. Nesta comunicação apresentaremos alguns exemplos de aplicação de nos laboratórios de Microtopografia e de Revestimentos Funcionais da Universidade do Minho.

Palavras chave: processamento de imagem, metrología óptica, filmes finos, nanoestruturas.



VULNERABILITY OF THE JTC BASED DOUBLE RANDOM PHASE ENCODING ENCRYPTING ARCHITECTURE

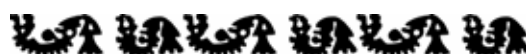
**C. Vargas¹, J.F. Barrera¹, M. Tebaldi²,
R. Torroba², N. Bolognini²**

¹Universidad de Antioquia. Colombia.

²Univ. Nacional de La Plata. Argentina.

cvargas@barlai.udea.edu.co

It has been shown that the double-phase mask encrypting system could be vulnerable under certain conditions. Encrypting systems based on 4f and free-space propagation architectures were broken using the plaintext and ciphertext attacks. In this contribution, we show how the Joint Transform Correlator (JTC) based double random phase encoding scheme can also be broken. Both plaintext and ciphertext attacks are implemented. During ciphertext attack, we introduce three carefully chosen input objects in order to get the encrypting key information, and during plaintext attack we use the information of an object together with its respective encrypted version to find the encrypting key. Accordingly, we implement two different algorithms. We present computational simulations that show the vulnerability of the system.



VULNERABILIDAD DEL SISTEMA DE ENCRIPCIÓN DE DOBLE MASCARA DE FASE BASADO EN UNA ARQUITECTURA JTC

Se ha mostrado que los sistemas de encriptación de doble mascara de fase puede ser vulnerable bajo ciertas condiciones. Los sistemas de encriptación basados en las arquitecturas 4f y de propagación en espacio libre fueron quebrantados usando los ataques de texto plano y texto cifrado. En esta contribución, se muestra como el esquema de doble mascara de fase basado en un correlador de transformada conjunta (JTC en inglés) puede ser quebrantado. Se implementan los ataques de texto plano y texto cifrado en la arquitectura JTC. En el ataque de texto cifrado se introducen tres objetos cuidadosamente escogidos con el fin de determinar la información de la llave de seguridad, y en el ataque de texto plano se usa la información de un objeto con su respectiva versión encriptada para determinar la llave de seguridad. Con este propósito se implementan dos algoritmos diferentes. Se presentan simulaciones computacionales que muestra la vulnerabilidad del sistema.

Keywords: encryption, attacks, vulnerability.

Palabras clave: encriptación, ataques, vulnerabilidad.



EVALUATION OF SPECKLE-INTERFEROMETRY DESCRIPTORS TO MEASURING DRYING OF COATINGS

EVALUACIÓN DE DESCRIPTORES PARA LA MEDICIÓN DE SECADO DE PINTURA MEDIANTE TÉCNICAS DE INTERFEROMETRÍA SPECKLE

E. Blotta¹, V. Ballarín¹, H. Rabal²

¹*U.N.M.D.P. Argentine.*

²*UNLP. Argentine.*

eblotta@fi.mdp.edu.ar

In the industrial process of painting, paint-drying is an important stage because of its high impact in the final result. Amalvy's experiments to measure the speed of drying on surfaces, based on techniques of speckle interferometry, have been used as a starting point in the evaluation of other methods, which allow to measure the process with greater accuracy. In this work, 14 Haralick's descriptors, a natural complexity measure and filters based on mathematical morphology techniques have been studied in depth. Measures of speed of drying based on gravimetric information were obtained and used as a gold standard. Comparison of different techniques was based on their ability to predict its values through a linear regression model.

Keywords: speckle interferometry, mathematical morphology, paint-drying.

El secado de pinturas es una parte crucial de este importante proceso industrial por determinar gran parte del resultado final, siendo relevante su estudio ya sea para optimizar sus tiempos, como para mejorar las propiedades deseadas de la cobertura. Los experimentos de Amalvy *et al* para la medición de secado en superficies mediante técnicas de interferometría speckle, quienes propusieron la caracterización de las matrices co-ocurrencia de patrones temporales de speckle a través del empleo de un descriptor de textura de Haralick, fueron tomados como punto de partida para evaluar otros métodos que permitan describir el fenómeno con mayor precisión.

En este trabajo se profundizó y extendió el estudio a los restantes 13 descriptores del mismo autor y adicionalmente se ensayaron un descriptor de Oyno y dos de Unser. Además, teniendo en cuenta lo demandante del cálculo de la matriz co-ocurrencia empleados por los descriptores mencionados, se repitieron las mediciones directamente sobre los patrones temporales empleando una medida de complejidad natural que se aplica sobre series temporales, llamada entropía de permutación, de Bandt y filtros basados en técnicas de morfología matemática. Para establecer una comparación objetiva entre los distintos descriptores y técnicas utilizadas, se apeló a los datos gravimétricos disponibles, los cuales se tomaron como variable dependiente de un modelo de regresión lineal para contrastar todos los descriptores

ópticos ensayados. De esta manera, el coeficiente de determinación R^2 resultó el parámetro elegido para evaluar la bondad del ajuste de cada método con respecto a la medición gravimétrica, tomada como *Gold Standard*. En las mediciones basadas en matriz de co-ocurrencia, se extendió el estudio a otras distancias, mientras que en las que se hicieron sobre los patrones temporales se modificó la distancia entre muestras para evaluar la influencia de los tiempos de muestreo.

De este análisis se obtuvieron descriptores del fenómeno de secado más precisos: La varianza de la diferencia y el filtro morfológico alterno, presentaron los mejores coeficientes de determinación, obteniendo una mejora significativa con respecto al desempeño del descriptor usado en el trabajo original.

La entropía de permutación, si bien no mostró un ajuste satisfactorio, presentó una curva de secado peculiar, registrando un punto de inflexión coincidente con el pasaje de la zona de secado constante al estado posterior signado por una difusión más lenta del solvente a través de la capa de la superficie seca.

Los descriptores morfológicos ensayados tuvieron comportamientos destacables, dando un ajuste superior al 99% en todos los casos. Desde el punto de vista del procesamiento, su costo es muy inferior a los que miden las matrices de co-ocurrencia, que son cálculo intensivas.

Palabras clave: interferometría speckle, descriptores de matriz de co-ocurrencia, morfología matemática, secado de pinturas.



FPGA IMPLEMENTATION OF EDGE DETECTION ALGORITHM IN IMAGE

L. Vargas, L. Barba, C. Torres, L. Mattos
Universidad Popular del Cesar. Colombia.
vargas.lorena@unicesar.edu.co

This paper describes the implementation of hardware architecture into FPGA of edge detection algorithms in images based on pixel oriented techniques. The edges are pixels around the image which represents a variation in gray levels and they are used in a lot of applications in digital image processing. In design, the edge extraction algorithms are developed using hardware description language (VHDL). FPGA is used to the implementation because can significantly reduce development time, is easy to reprogram, has low cost, and allows hardware implementations of complete systems. The architecture is evaluated using images of different sizes and characteristics.

Keywords: digital image processing, edge detection, hardware description language VHDL.



SIGN LANGUAGE RECOGNITION SYSTEM USING NEURAL NETWORK FOR DIGITAL HARDWARE IMPLEMENTATION

L. Vargas, L. Barba, C. Torres, L. Mattos
Universidad Popular del Cesar. Colombia.
vargas.lorena@unicesar.edu.co

This work presents an image pattern recognition system using neural network for the identification of sign language to deaf people. The system has several stored image that show the specific symbol in this kind of language, which is employed to teach a multilayer neural network using a back propagation algorithm. Initially, the images are processed to adapt them and to improve the performance of discriminating of the network, including in this process of filtering, reduction and elimination noise

algorithms as well as edge detection. The system is evaluated using the signs without including movement in their representation.

Keywords: pattern recognition, neural network, digital hardware.



DIGITAL CORRELATION BASED ON WAVELET TRANSFORM FOR IMAGE DETECTION

L. Barba, L. Vargas, C. Torres, L. Mattos
Universidad Popular del Cesar. Colombia.
barba.leiner@unicesar.edu.co

In this research work the images characteristic detection using wavelet for optical correlation is presented. Digital simulations with Joint Transform Correlator are shown, demonstrating that there is a promising application on the optical correlation field, using multiresolution representation through the Wavelet transform. The energy of correlation peaks and discrimination level of several objects are improved with this technique. To demonstrate the potentiality in extracting characteristics using the Wavelet transform, small objects on confused scenes are detected successfully.

Keywords: optical correlation, Joint transform, wavelet transforms.



**EXPERIMENTAL COLOR
ENCRYPTION IN A JOINT
TRANSFORM CORRELATOR
ARCHITECTURE**

**M. Tebaldi², S. Horrillo¹, E. Pérez-Cabré¹,
M.S. Millán¹, D. Amaya², R. Torroba²,
N. Bolognini²**

¹Univ. Politécnica de Cataluña. Spain.

²Univ. Nacional de La Plata, Argentina.

myrianc@ciop.unlp.edu.ar

We present an experimental color image encryption by using a photorefractive crystal and joint transform correlator (JTC) architecture. We achieve the color storing by changing the illumination wavelength. One JTC aperture has the input image information corresponding to a determined color channel bonded to a random phase mask (object aperture), and the other JTC aperture contains the key code mask. The joint power spectrum is stored in a photorefractive crystal. Each color data is stored as a modulation of birefringence in this photosensitive medium. The adequate wavelength change produces a corresponding power spectrum modification that avoids image encryption cross talk in the read out step. An analysis in terms of the sensitivity of the photorefractive silenite crystal for different recording wavelengths is carried out. Two recording materials, with different spectral sensitivities, are used in the experimental setup. It should be highlighted that the multiplexed power spectrum shows neither the multiplexing operation nor the amount of stored information increasing the system security. We present experimental results that support our approach.

Keywords: encryption, photorefractive crystals, multiplexing.



**CORRELACIÓN NO LINEAL
MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE
FIRMAS VECTORIALES
INVARIANTES**

**C. Fimbres-Castro¹, J. Álvarez-Borrego²,
S. Solorza¹**

¹UABC. Mexico.

²Cicese. Mexico.

claudia.fimbres@gmail.com

En este trabajo se da a conocer una nueva metodología para el reconocimiento de objetos mediante la correlación no lineal de firmas vectoriales invariantes a posición, rotación y escala. Este nuevo sistema utiliza las propiedades de las transformadas de Fourier y de Escala, así como la gran capacidad que tienen los filtros no lineales para discriminar entre objetos parecidos. Este sistema digital tiene un bajo costo computacional.

Las firmas vectoriales invariantes son obtenidas tanto a partir de la información de la imagen de referencia (imagen objetivo) como de las imágenes problema. Se utilizaron 21 distintas especies de imágenes de diatomeas fósiles con la finalidad de poder comprobar si esta nueva metodología tiene la capacidad de reconocimiento de cada una de ellas en un alto porcentaje de confiabilidad (>95.4%).

Cada una de las imágenes problema (imágenes que son de diferentes especies de diatomeas y que puede o no incluir a la imagen objetivo) incluyó imágenes rotadas de 0° a 179° con incrementos de un grado y escaladas de 75% a 125% con incrementos de 1%.

Los resultados de la correlación no lineal son obtenidos en un plano bidimensional donde el eje horizontal representa la correlación obtenida en rotación y el eje vertical representa la correlación obtenida con respecto a la escala. Los resultados demuestran que este nuevo sistema tiene un nivel de confiabilidad mayor al 95.4%.

Palabras clave: correlación no lineal, firmas vectoriales invariantes, reconocimiento de patrones.



MOVEMENTS ON ANGULAR POINCARÉ SPHERE DURING BEAM PROPAGATION

T. Alieva¹, M.J. Bastiaans²

¹*Univ. Complutense de Madrid. Spain.*

²*Eindhoven Univ. Technology. Netherlands.*
talieva@fis.ucm.es

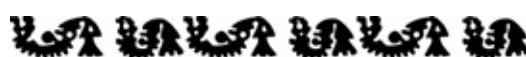
The Poincaré sphere together with the Stokes parameters is widely used for the representation of the beam polarization state. A similar approach has been generalized [M. J. Padgett and J. Courtial, *Opt. Lett.* 24, 430 (1999); G. S. Agarwal, *J. Opt. Soc. Am. A* 16, 2914 (1999); T. Alieva and M. J. Bastiaans, *Opt. Lett.* 34, 410 (2009)] to the characterization of intrinsically anisotropic Gaussian-type modes. Recently [M. J. Bastiaans and T. Alieva, “Signal representation on the angular Poincaré sphere, based on second-order moments,” *J. Opt. Soc. Am. A* (2010), accepted for publication] we have proposed to use this formalism for the description of an arbitrary, scalar, two-dimensional signal, which might be completely or partially coherent. In this paper, based on the analysis of the beam’s second-order moments expressed as a series of Hermite-Gaussian (HG) modes, we analyze the movements on the angular Poincaré sphere during beam propagation through an isotropic ABCD system.

Two second-order moments invariants allow to divide two-dimensional signals into two classes: isotropic and anisotropic. Using the Iwasawa decomposition of the ray transformation matrix and bringing the second-order moments matrix to its diagonalized form, we are able to associate the signal with a certain point on the sphere similar to the one applied for Gaussian mode representation. The latitude of this point describes the vorticity of the signal, while its longitude corresponds to the orientation of the beam’s principal axes. The propagation through the isotropic ABCD system modifies the diagonalizing matrix; consequently, the point on the Poincaré sphere is moving, which corresponds to a change of the vorticity state. We analyze these movements using the HG modes composition of the signal. In particular we confirm - as expected - that stable modes do

not change their position on the Poincaré sphere during beam propagation through an isotropic system.

The proposed approach is useful for beam characterization, analysis and synthesis.

Keywords: Wigner distribution moments, beam characterization, optical vortices.



PHOTONIC APPLICATIONS OF BACTERIORHODOPSIN

D.V.G.L.N. Rao

University of Massachusetts. USA.

raod@umb.edu

Bacteriorhodopsin (bR) is a photodynamic protein complex found in living systems. The unique feature is its flexibility. Upon absorption of a visible photon, within the broad absorption with a maximum at 570 nm, the bR molecule goes through short lived intermediate states and transforms to relatively long-lived M state (with an absorption peak at 412 nm). Molecules in the M-state can be thermally transformed into the initial B state or they can go back directly to B state within 200 ns upon shining blue light. It can be approximated as a two level system. The process of switching between B and M states (trans-cis photoisomerization) can go in both directions depending on wavelength, intensity and polarization of the incident light, opening a variety of possibilities for manipulating amplitude, phase, polarization of the incident light and the index of refraction. It is a nontraditional nonlinear optical material with exceptionally high values of nonlinearity. A significant advantage of this system is that it is environmental friendly. Over the years we studied the basic nonlinear optics (four-wave mixing, phase conjugation, z-scan, and photoinduced anisotropy using microwatt power lasers) and successfully exploited the unique properties for a variety of photonic applications – all-optical switching, modulation, bistability, logic gates,

photoinduced anisotropy and power limiting applications, optical Fourier processing, medical image processing for breast cancer diagnostics, optical wavelet, enhancement of photoinduced anisotropy with two exciting beams of orthogonal polarization, aligning molecules with optical polarization, information processing, slow and fast light. All these studies are performed using commercially available films of bR in a polymer matrix.

Keywords: Bacteriorhodopsin, optical Fourier processing, nonlinear optics, photoinduced anisotropy, medical image processing, optical information processing, optical computing.



DIDACTICS OF OPTICS AND PHOTONICS.

**Didáctica de la óptica
y fotónica.**

*Didáctica da óptica
e fotónica.*



ELECTRIC/MAGNETIC PLASMON POLARITONS AND ABSORPTION EFFECTS IN 1D PHOTONIC SUPERLATTICES CONTAINING A METAMATERIAL

POLARITONS DE PLASMONS DE ORIGEM ELÉTRICA/MAGNÉTICA E EFEITOS DE ABSORÇÃO EM SUPER-REDES FOTONICAS CONTENDO UM METAMATERIAL

D. Mogilevtsev^{1,2}, E. Reyes-Gómez³,
S.B. Cavalcanti⁴, C.A.A. De Carvalho⁵,
L. E. Oliveira²

¹NASB. Belarus.

²Unicamp. Brazil.

³Universidad de Antioquia. Colombia.

⁴Univ. Federal de Alagoas. Brazil.

⁵Univ. Fed. do Rio de Janeiro, Brazil.

oliveira@ifi.unicamp.br

We analyze 1D photonic superlattices¹ with alternated slabs of widths a and b composed of positive ($n_a > 0$) and negative ($n_b < 0$) refractive indices, the latter being dispersive, i.e., $n_b = n_b(\omega)$. We assume Drude-type dispersive responses for the dielectric permittivity and magnetic susceptibility of the metamaterial. Using Maxwell's equations and a transfer-matrix technique, we obtain the photonic dispersion and transmission spectra for the propagation of obliquely incident electromagnetic fields². Absorption effects are also investigated. Results indicate propagation of magnetic (electric) plasmon polaritons in the case of TE (TM) modes (cf. Fig. 1).

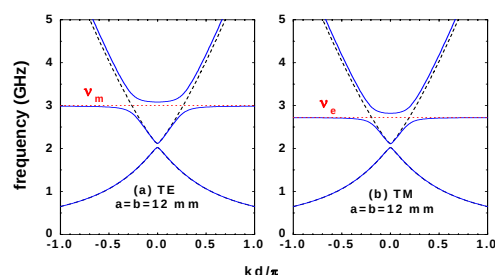


Figure 1. TE and TM dispersions in photonic periodic superlattices. Calculations were performed for air as slab A ($\epsilon = 1$, $\mu = 1$), and a Drude model for $\epsilon(\omega)$ and $\mu(\omega)$ in slab B.

Dotted lines indicate the pure electric/magnetic plasmon. Solid and dashed lines correspond to $\theta = \pi/12$ and $\theta = 0$ incidence angles, respectively.

Furthermore, it is shown that if the plasma frequency is chosen within the photonic $\langle n(\omega) \rangle = 0$ non-Bragg gap, the coupling

Estudamos super-redes fotonicas unidimensionais¹ com camadas alternadas de larguras a e b compostas de índices de refração positivos ($n_a > 0$) e negativos ($n_b < 0$), sendo o índice negativo dispersivo, ou seja, $n_b = n_b(\omega)$. Assumimos respostas dispersivas do tipo Drude para a permissividade dielétrica e susceptibilidade magnética do metamaterial. Usamos as equações de Maxwell e a técnica de matriz-transferencia, obtendo as dispersões fotonicas e espectros de transmissão para a propagação de campos eletromagnéticos incidentes obliquamente². Efeitos de absorção são também investigados. Os resultados indicam propagação de polaritons de plasmons de origem magnética (elétrica) no caso de modos TE (TM) (cf. Fig. 1).

Figure 1. Dispersões TE and TM em super-redes periódicas fotonicas. Cálculos são feitos para o ar como a camada A ($\epsilon = 1$, $\mu = 1$), e um modelo de Drude para $\epsilon(\omega)$ e $\mu(\omega)$ na camada B. Linhas pontilhadas indicam o modo puro de plasmon elétrico/magnético. Linhas sólidas e tracejadas correspondem a ângulos de incidência $\theta = \pi/12$ e $\theta = 0$, respectivamente.

Ademais, mostramos que, se a frequência de plasmon é escolhida dentro do gap $\langle n(\omega) \rangle = 0$, o acoplamento entre a luz e plasmons se enfraquece consideravelmente. Como a propagação da luz é proibida neste intervalo particular de frequência, o polariton de plasmon essencialmente se reduz a um modo puro de plasmon.

between light and plasmons weakens considerably. As light propagation is forbidden in that particular frequency region, the plasmon polariton essentially reduces to a pure plasmon mode.

- [1] S. B. Cavalcanti, M. Dios-Leyva, E. Reyes-Gómez, and L. E. Oliveira, Phys. Rev. E 75, 026607 (2007)
- [2] A. Bruno-Alfonso, E. Reyes-Gómez, S. B. Cavalcanti, and L. E. Oliveira, Phys. Rev. A 78, 035801 (2008).
- [3] E. Reyes-Gómez, D. Mogilevtsev, S. B. Cavalcanti, C. A. A. de Carvalho, and L. E. Oliveira, Europhys. Lett. 88, 24002 (2009), and unpublished results.

Keywords: protonic superlattices, plasmon polaritons, absorption.

Palavras chave: super-redes fônicas, polaritons de plasmons, absorção.



DISCOVERING THE PUZZLING BEHAVIOUR OF ELECTRONS WITH THE GRIMALDI-YOUNG EXPERIMENT

**S. Serna¹, G. Matteucci², R. Castañeda¹,
F. Medina³, J. García-Sucerquia¹**

¹Univ. Nacional de Colombia. Colombia.

²University of Bologna. Italy.

³Universidad de Antioquia. Colombia.

sfserna@unal.edu.co

An experiment analogous to that devised by Grimaldi and subsequently repeated by Young to study the nature of light has been realized with electrons. Following the Grimaldi and Young line of thought, an original approach is presented to introduce undergraduate physics students to the wave behaviour of electrons; equally, DeBroglie's thesis provides an important tool for calculating the associated wavelength. An electron microscope equipped with a low coherent source of electrons and a thin platinum wire, acting as an opaque obstacle, is used to reproduce the experimental



INDAGANDO SOBRE EL ENIGMÁTICO COMPORTAMIENTO DE LOS ELECTRONES EN EL EXPERIMENTO DE GRIMALDI- YOUNG

Un experimento análogo al efectuado por Grimaldi y posteriormente mejorado por Young para estudiar la naturaleza de la luz, ha sido realizado con electrones. Basados en la línea de pensamiento de Grimaldi y Young, se presenta esta experiencia como mecanismo de introducción de los estudiantes de física de pregrado a la naturaleza ondulatoria de los electrones. Igualmente, la tesis de De Broglie provee una importante herramienta para el cálculo de la longitud de onda asociada. Condiciones experimentales similares a las adoptadas por Grimaldi y Young en sus estudios sobre la luz, fueron implementadas en un microscopio electrónico, equipado con una

conditions adopted by Grimaldi and Young with light. Electron interference fringes produced in the geometrical shadow of the obstacle are interpreted by assuming that electrons behave like a sound or a light wave. In addition, it leads to the analysis of the coherence of electrons, by reproducing patterns completely incoherent and partially coherent from a spatial point of view.

This hypothesis is confirmed by the modelling of the experimental electron interference patterns. For this simulation an algorithm was designed that allows simulating extended plane sources, of spherical waves, with point sources in arbitrary configurations, but with a separation 2 orders of magnitude bigger than the used wavelength between consecutive point sources. The spatial coherence degree of the field at the observation plane will depend on the number of point sources, since an individual source emits coherently, whereas a collection of uncorrelated sources, extended enough, incoherently emit.

Keywords: electrons, interference patterns, spatial coherence, fringes, duality.

fuelle de baja coherencia y una barra delgada de platino llevada a tierra, usada como obstáculo opaco. Las franjas de interferencia producidas en la sombra geométrica del obstáculo son interpretadas suponiendo que el electrón se comporta de manera análoga a las ondas de sonido o de luz. Esto además conduce al análisis de la coherencia de electrones, pues se reproducen patrones totalmente incoherentes y parcialmente coherentes desde un punto de vista espacial.

Esta hipótesis es confirmada por la modelación de los patrones de interferencia experimentales, producido por los electrones. Con tal fin, se desarrolló un algoritmo que permite simular fuentes extendidas planas, de ondas esféricas, disponiendo emisores puntuales en configuraciones arbitrarias, pero con una separación 2 órdenes de magnitud mayor que la longitud de onda, entre fuente consecutivas. El grado de coherencia espacial del campo en el plano de observación dependerá de la cantidad de emisores, ya que un único emisor radiará coherentemente, mientras que una colección de emisores no correlacionados, suficientemente extendida, lo hará de manera incoherente.

Palabras clave: Electrones, patrones de interferencia, coherencia espacial, franjas, dualidad.



DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A LOW COST RAMAN SPECTROMETER

E. Zegarra, A. Gutarra

Universidad Nacional de Ingeniería. Peru.
ezegarav@uni.pe

Raman spectrometers are important analytic devices on materials research laboratories. In despite of this fact, it is not frequent to find this equipment on undergraduate laboratories due to their high cost. In this



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESPECTRÓMETRO RAMAN DE BAJO COSTO

Los espectrómetros Raman son instrumentos analíticos importantes en laboratorios de investigación en materiales. A pesar de ello, no son de uso frecuente en los laboratorios de enseñanza debido a su alto costo. En este

development, it is shown that if a monochromator, a laser source and a photomultiplier are available, it is possible to install a Raman spectrometer with enough resolution to identify the main molecular vibrations on chloroform and Carbon Tetrachloride, as in some solids powder.

In the assemblage process, the student can become familiar with spectroscopy fundamentals, as refractive optics, radiation absorption by matter, photomultiplier detection, as other related subjects.

A Jobin Yvon-H20V with 1200 lines/mm diffraction grid monochromator was used. The entrance and exit grids were 0.25mm wide and rectangular shape. To concentrate the light from the sample, it was necessary to use two convergent lens of 20mm focal distance. It was not necessary to add a filter to eliminate the non dispersed laser intensity. In order to obtain the liquid sample spectra, a closed glass essay pipe was used as holder. The laser beam insides directly over the sample by the upper side of the pipe, on axial direction. The photomultiplier employed was a Hamamatsu E990 07 with a 1500V maximum voltage plugged to an oscilloscope.

The laser used was a 25mW Nd:YAG source, with a wavelength of 532nm. Carbon Tetrachloride, Toluene and TiO₂ nanoparticle dust (Degussa P25) spectra are presented.

Keywords: Raman spectrometer.

trabajo se demuestra que si se dispone de un monocromador, fuente laser y fotomultiplicador, es posible implementar un espectrómetro Raman con suficiente resolución para identificar las principales vibraciones moleculares en cloroformo y tetracloruro de carbono así como algunos sólidos en forma de polvo.

En el proceso de montaje del equipo el estudiante puede familiarizarse con los fundamentos de la espectroscopía como son la óptica refractiva, absorción de la radiación por la materia, detección por fotomultiplicadores, entre otros temas.

El monocromador utilizado fue un Jobin Yvon H20 Vis con una rejilla de difracción de 1200 líneas/mm. Las rendijas de entrada y salida del monocromador fueron de 0.25 mm de forma rectangular. Para concentrar la luz que proviene de la muestra, se utilizó un lente convergente de 20 mm de distancia focal.

Para obtener el espectro de muestras líquidas se utilizó un tubo de vidrio común (estos tubos tienen un nombre específico, hay que preguntar) común con tapa. La luz del láser incide directamente a la muestra por la parte superior del tubo en dirección axial. El fotomultiplicador utilizado fue un Hamamatsu E990 07 con una alimentación máxima de 1500 V conectado a un osciloscopio.

Se utilizó un láser Nd:YAG de 25 mW, 532 nm. Se presentan los espectros de tetracloruro de carbono, tolueno de nanopartículas TiO₂ en polvo (Degussa P25).

Palabras clave: espectrómetro Raman.



**BREWSTER MODES AND
SUPPRESSION OF ANDERSON
LOCALIZATION IN DISORDERED
DISPERSIVE MEDIA**

**D. Mogilevtsev¹, F.A. Pinheiro²,
R.R. Dos Santos², S.B. Cavalcanti³,
L. E. Oliveira⁴**

¹NASB, Belarus.

²Univ. Federal do Rio de Janeiro, Brazil.

³Universidade Federal de Alagoas, Brazil.

⁴Univ. Estadual de Campinas, Brazil.

sbessa@gmail.com

We study wave propagation in a one-dimensional stack made up of alternating slabs of air ($\mu = \varepsilon = 1$) and a material with Drude-type dispersive responses for both dielectric permittivity and magnetic susceptibility, $\mu = \mu(\omega)$ and $\varepsilon = \varepsilon(\omega)$. The slabs are disordered in the sense that their widths, a and b , fluctuate randomly around their mean values, a_0 and b_0 ; that is, we take $a = a_0 \pm \delta a$ and $b = b_0 \pm \delta b$, where δa and δb are drawn from a uniform distribution, $[-Q, Q]$. With the aid of the transfer matrix method, we calculate the transmission amplitude across N layers, from which the Anderson localization length is obtained after suitable configurational averaging. We consider both normal and oblique incidence. By means of numerical simulations and an analytical statistical theory, we have established conditions for which Anderson localization is suppressed, particularly at Brewster modes. Furthermore, we find high transmission at the edge of non-Bragg bandgaps, indicating slow light propagation.

Keywords: dispersive materials, Anderson localization, Brewster modes.

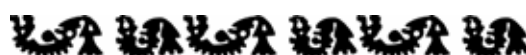
[1] Asatryan, A. A. *et al.*, "Suppression of Anderson localization in disordered metamaterials," *Phys. Rev. Lett.*, Vol. 99, No. 19, 193902-1-4, 2007.

[2] Pendry, JB, "Symmetry and transport of waves in one-dimensional disordered systems," *Adv. Phys.*, Vol. 43, No. 4, 461-542, 1994.

**MODOS DE BREWSTER E
SUPRESSÃO DA LOCALIZAÇÃO DE
ANDERSON EM MEIOS
DESORDENADOS DISPERSIVOS**

Estuda-se a propagação de ondas através de uma super rede unidimensional, composta por camadas de ar ($\mu = \varepsilon = 1$) e de um material cujas respostas dispersivas, i.e. permissividade elétrica $\varepsilon = \varepsilon(\omega)$ e permeabilidade magnética $\mu = \mu(\omega)$ são do tipo Drude. As camadas são desordenadas no sentido em que suas larguras a and b , flutuam aleatoriamente em torno dos seus valores médios a_0 and b_0 , i.e. considera-se $a = a_0 \pm \delta a$ e $b = b_0 \pm \delta b$, onde δa e δb são variáveis distribuídas uniformemente no intervalo $[-Q, Q]$. Usando o método de matriz de transferência, calcula-se a amplitude de transmissão através de N camadas, e a partir desta obtém-se o comprimento de localização de Anderson fazendo-se uma média configuracional. Considera-se tanto incidência normal quanto incidência oblíqua. Usando-se simulações numéricas e uma teoria analítica estatística estabelece-se condições sob as quais a localização de Anderson é suprimida, particularmente em modos de Brewster. Adicionalmente, obtém-se alta transmissão e portanto, baixa localização, nas vizinhanças de non-Bragg gaps, indicando propagação de luz em baixas velocidades.

Palavras chave: materiais dispersivos, localização de Anderson, modos de Brewster.



GEOMETRIC IMAGE FORMATION OF AXIAL OBJECTS

**H. Rabal^{1,2}, N. Cap¹, R. Arizaga¹,
M. Trivi^{1,2}**

¹*Centro de Investigaciones Ópticas.
Argentina.*

²*UNLP. Argentina.*

hrabal@ing.unlp.edu.ar

Both lenses and spherical mirrors form, in the paraxial approximation, real or virtual images of (real or virtual) objects for every possible position along the axis of the lens or mirror, from one infinite side to the other.

There is a very common mistake in many texts on optics (and even in some scientific papers) in the representation the image of a three dimensional object by a lens.

When the image is laterally inverted is usually drawn also inverted in the axis direction. This is a mistake as longitudinal magnification in lenses is in all cases a positive number.

In spherical mirrors, longitudinal magnification is always negative and the image is axially inverted appearing in the opposite order as in the object. In order to show this mistake we have represented the complete image of an object (a ruler) that occupies all the positions of interest along the axis of a lens. This representation is in itself an image that shows the location and lateral magnification of all the points of the object. On it, regions where the image is real, virtual, upright or inverted can be easily distinguished.

It can be seen that the axial order of the image points is always the same as in the object, thus verifying that longitudinal magnification in lenses is a positive number.

We show this representation for the cases of lenses and mirrors, both for converging and diverging ones and for elementary optical instruments.

In spite of the fact that the representation is nothing but the application of the law of lenses, the result is still, both surprising and illustrative.

Keywords: didactics of optic, geometrical optics, image processing.

FORMACION GEOMÉTRICA DE IMÁGENES DE OBJETOS AXIALES

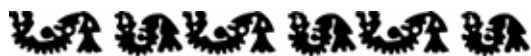
Las lentes y los espejos esféricos en la aproximación paraxial forman imagen (real o virtual) de objetos (reales o virtuales) ubicados en todas las posiciones posibles del eje de la lente o espejo, desde el infinito de un lado hasta el infinito del otro.

Hay un error muy común en muchos textos de óptica geométrica (y aún en algunos trabajos científicos) en la representación de la imagen de un objeto tridimensional por una lente. Cuando la imagen está lateralmente invertida se suele dibujar también invertida en la dirección del eje, lo que constituye el error ya que la magnificación longitudinal en las lentes en todos los casos es un número positivo. En los espejos esféricos la magnificación longitudinal es siempre negativa y la imagen está axialmente orientada al revés que el objeto.

A los efectos de poner en evidencia ese error hemos representado la imagen completa de un objeto (una regla) que ocupa todas las posiciones de interés a lo largo del eje de una lente. Esta representación es en sí misma una imagen que muestra la posición y el aumento lateral de todos los puntos del objeto. En ella se pueden distinguir las regiones donde la imagen es real, virtual, derecha o invertida. Se puede observar que la orientación de la imagen está siempre en el mismo sentido que en el objeto, corroborando que la magnificación longitudinal en las lentes es un número positivo. Mostramos esta representación para el caso de lentes y espejos, convergentes y divergentes y para instrumentos ópticos elementales.

A pesar de que la representación no es más que la aplicación de la ley de las lentes, el resultado no deja de ser, a la vez, sorprendente e ilustrativo.

Palabras clave: didáctica de la óptica, óptica geométrica, procesamiento de imagen.



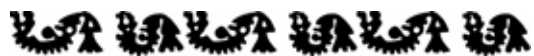
**SCIENCE POPULARIZATION AS AN
EDUCATIONAL TOOL;
CONSTRUCTION TOYS IN
SCIENTIFIC AND RELATED OTICA**

L.R. Batista, M. Muramatsu

USP. Brazil.

mmuramat@if.usp.br

The use of scientific communication as a pedagogical tool is the theme of our work. There are several areas of learning a city: schools, museums, streets, squares, parks, cinemas, theaters, libraries, among others. Each with its own characteristics, its own way of providing learning, but all have contributions to make to increase the literacy of the people who live there, to reveal them belonging to that space, to that social group, members of the construction of their city - citizens. Better yet when such spaces are organized around actions that have as their purpose the training of individuals capable of dialogue with the world, to reflect on values and attitudes of solidarity, cooperation, respect themselves, each other and the public spaces of appreciation of life in its diversity and safeguarding the environment. Search it for some time that schools go beyond its walls, interacting with other learning spaces of the city with the community, with a view to improving public education. The school is alive and the knowledge students are more significant for the student if he can identify relationships between what they learn in school and their daily life, immediate and distant if school and other learning spaces of the city work together. With this in mind a book of activities designed for students and teachers, the last two grades of elementary school. This year has produced a book containing 21 proposals for activities; this book was the starting point for the production of new texts containing support activities. Each proposed



**A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA COMO
INSTRUMENTO PEDAGÓGICO;
CONSTRUÇÃO DE BRINQUEDOS
CIENTÍFICOS EM OTICA E AFINS**

O uso da divulgação científica como instrumento pedagógico é o tema de nosso trabalho. Diversos são os espaços de aprendizagem de uma cidade: escolas, museus, ruas, praças, parques, cinemas, teatros, bibliotecas, entre outros. Cada qual com suas características, com um modo próprio de proporcionar aprendizagens, mas todos têm contribuições a dar para ampliar o letramento das pessoas que ali vivem, para revelar-lhes pertencentes àquele espaço, àquele grupo social, agentes da construção de sua cidade - cidadãos. Melhor ainda quando esses espaços se articulam em torno de ações que tenham como finalidade a formação de sujeitos capazes de dialogar com o mundo, de refletir sobre valores e atitudes de solidariedade, colaboração, respeito a si próprios, ao outro e aos espaços públicos, de valorização da vida em sua diversidade e de preservação dos ambientes. Busca-se já há algum tempo que as escolas transcendam seus muros, interagindo com os demais espaços de aprendizagem da cidade, com a comunidade, na perspectiva da melhoria do ensino público. A escola é mais viva e os conhecimentos escolares são mais significativos para o aluno, se ele consegue identificar relações entre o que aprende na escola e seu cotidiano, imediato e distante; se escola e demais espaços de aprendizagem da cidade trabalham em conjunto. Nesta perspectiva um livro de atividades foi desenvolvido para alunos e professores, das duas últimas séries do ensino fundamental. Este ano, foi elaborado um livro contendo 21

activity in the book has been crafted according to the following structure: Opening and sensitization, characterized by the presence of an artistic illustration on the toy to be developed and a small piece of text inviting and challenging the implementation of the activity; Material used: Value of the material accompanying the kit and tools; Step-by-step guidelines for the development of the activity, and if: Inquiry about what would happen if there were a certain modification in the construction of the toy. How it works: Treatment theoretical framework of scientific principles involved in the toy built. Key Concept: Explanation and summary of the main concepts brought by the toy. Science and everyday life: text that will explain how the content relates to explore our day-to-day. Like, I want more: A short bibliography about sites, articles and books that address the concepts and principles of the toy in question. Investigating and playing... I learned that: the student production in which he expresses his understanding of the activity and the relationship of content working with your everyday life.

Keywords: optical child. literature of science. construction toys. teacher training.

propostas de atividades; este livro foi o ponto de partida para a produção dos novos textos de apoio contendo as atividades. Cada atividade proposta no livro foi trabalhada segundo a seguinte estrutura: Abertura e sensibilização; Caracterizado pela presença de uma ilustração artística referente ao brinquedo a ser desenvolvido e um pequeno texto convidando e desafiando à execução da atividade; Material utilizado: Relação do material que acompanha o kit e das ferramentas necessárias; Passo-a-passo: orientações para o desenvolvimento da atividade; E se: Indagação acerca do que aconteceria se acontecesse uma determinada modificação na construção do brinquedo. Como funciona: Tratamento teórico conceitual dos princípios científicos envolvidos no brinquedo construído. Conceito Chave: Explicitação e síntese acerca dos principais conceitos trazidos pelo brinquedo. Ciência e cotidiano: texto em que se explicitará como o conteúdo explorado se relaciona com o nosso dia-a-dia. Gostei, quero mais: Uma breve bibliografia acerca de sites, artigos e livros que abordem os conceitos e princípios gerais do brinquedo em questão. Investigando e brincando eu aprendi que...: produção do aluno em que ele expressa sua compreensão da atividade e as relações do conteúdo trabalhado com seu cotidiano.

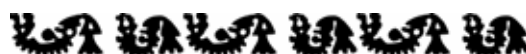
Palavras chave: ótica para criança. literatura de divulgação científica. construção de brinquedos. formação de professores.



OPTICAL ABERRATIONS MEASUREMENT IN PHOTOGRAPHIC LENSES. DISPLAY OF ITS EFFECTS ON DIGITAL IMAGES

C. Mitjà, J. Escofet, F. Vega
UPC. Spain.
carles.mitja@citm.upc.edu

Lenses of professional photographic SLR cameras are affected by residual aberrations



MEDIDA DE LAS ABERRACIONES ÓPTICAS EN OBJETIVOS FOTOGRAFICOS. VISUALIZACIÓN DE SUS EFECTOS EN IMÁGENES DIGITALES

Los objetivos de las diferentes cámaras fotográficas SLR del segmento profesional

affecting the quality of registered images. The correction or minimization of those aberrations effects on the image can be done by means of digital image processing. An easy and direct characterization of these aberrations can be achieved using aberrometers. Beside this characterization, the use of pictures of a suitable test chart is very useful to identify the effects produced by some of those aberrations on the image. In this work, residual aberrations of two lenses with different performance level are characterized. Zernike coefficients, corresponding to the different aberrations, lens PSF, lens MTF and the lens Strehl ratio in several image field positions are computed by means of the Hartmann - Shack aberrometer. In a second step, both lenses are used to take test chart pictures and analyze the resulting images that show the effects of astigmatism, field curvature, distortion and transverse chromatic aberration. Finally, the set of images is used to display and measure the effects of the different aberrations and its minimization by digital image processing.

Keywords: photographic lens, optical aberrations, Zernike coefficients, PSF, MTF.

presentan un conjunto de aberraciones residuales que afectan a la calidad de la imagen obtenida. La corrección o minimización de los efectos que estas aberraciones producen se realiza mediante un procesado digital posterior. La utilización de aberrómetros permite la caracterización de las distintas aberraciones de una forma sencilla y directa. Por otra parte, la captación de imágenes de un test adecuado permite identificar el efecto que algunas de estas aberraciones producen en la imagen. En este trabajo se caracterizan las aberraciones residuales de dos objetivos fotográficos con rendimientos diferenciados y se muestran los valores de los coeficientes de Zernike correspondientes a las diferentes aberraciones, la PSF, la MTF y la relación de Strehl en diferentes zonas del campo imagen obtenidos con el aberrómetro de Hartmann - Shack. Posteriormente, con los objetivos anteriores, se captan y analizan las imágenes resultantes de fotografiar un test que muestra los efectos del astigmatismo, la curvatura de campo, la distorsión y la aberración cromática lateral. Finalmente se presenta un conjunto de imágenes donde se visualizan y se miden los efectos de las diferentes aberraciones así como su minimización mediante procesado digital de la imagen.

Palabras clave: objetivo fotográfico, aberraciones ópticas, coeficientes de Zernike, PSF, MTF.



MIRAGES ABOVE THE SEA WATERS

J. Blanco, F.A. Ribas
Universidad de Vigo. Spain.
jblanco@uvigo.es

The temperature difference between the sea surface and the atmosphere can give rise to a gradient index in the lowest air layers that bends the light ray paths. This causes mirages, in which the images of objects such as boats, rocks or small islands are seen, for



EFFECTOS ÓPTICOS SOBRE LA SUPERFICIE DEL MAR

La formación sobre la superficie del agua de capas de aire en las que hay una variación del índice de refracción con la altura, debida, a su vez, al establecimiento de un gradiente de temperatura también vertical, provoca

an observer not very high over the sea level, transformed in stunning, unreal-like and often beautiful ways.

This paper, which has teaching and public-science aims, presents some examples, attained in the Southern Bays of Galicia (the northwest region of Spain), of inferior and superior mirages, *fata Morganas* and *castles in the air*. The different kinds of ray paths distortions that lead to each one and the respective gradient indexes that generate these distortions are shown. The temperature differences required for each case are related to the successive oceanographic and climatic conditions that occur along the year in this coast. This allows to establish which mirages belong to the winter, when the water temperature use to be higher than that of the air, and which ones are own of the summer when, owed to the upwelling phenomenon (in which very deep waters rise from the ocean to reach the surface inside the bays), the temperature difference is inverse.

Keywords: mirage, gradient index, upwelling.

una curvatura de los rayos de luz que lleva a la aparición de efectos ópticos. En ellos la imagen de objetos tales como rocas, islotes o embarcaciones, vistos por un observador a relativamente poca altura sobre el nivel del mar, sufren diferentes tipos de distorsiones que le dan un aspecto llamativo, en cierto modo irreal y frecuentemente de gran belleza.

En este trabajo, que tiene fines didácticos y divulgativos, se presentan algunos ejemplos obtenidos en las Rías Bajas Gallegas de espejismos inferiores, espejismos superiores con inversión, *fata Morganas* y *castillos en el aire*. Se estudian sus respectivas causas en función del camino seguido por los rayos de luz según los diferentes tipos de gradientes de índice de refracción que los provocan, y se relacionan éstas con las diferentes condiciones oceanográficas y climáticas que se suceden a lo largo del año en las Rías Bajas. Ello lleva a poder establecer qué efectos son propios del invierno, cuando la temperatura del agua es mayor que la del aire y cuáles del verano, en que, debido al fenómeno del afloramiento o upwelling (en que aguas procedentes de regiones profundas del océano llegan hasta la superficie en el seno de las rías), la temperatura de aquella es considerablemente menor que la de éste.

Palabras clave: efectos ópticos, gradiente de índice, afloramiento marino.



FRACTIONAL FOURIER TRANSFORM ANALYSIS OF TWO MIRROR RESONATORS

**C. Ferreira¹, I. Moreno²,
P. García-Martínez¹**

¹Universidad de Valencia. Spain.

²Universidad Miguel Hernández. Spain.

carlos.ferreira@uv.es

We present an analysis of two mirror resonators in terms of their fractional Fourier transform (FRFT) properties, by means of the basic ABCD ray transfer matrix method.



ANALISIS DE RESONADORES ÓPTICOS BASADO EN LA TRANSFORMADA DE FOURIER FRACCIONARIA

Presentamos un análisis de los resonadores ópticos basado en la operación de transformada de Fourier fraccionaria (FRFT), empleando para ello el método de

We show how the resonators can be regarded as the cascade of two propagation-lens-propagation FRFT systems. We present a simple derivation that shows that the beam waist of the resonator's mode is located at the plane leading to two FRFT subsystems with equal scaling parameter. Moreover, the scaling parameter coincides with the mode Rayleigh range. We also connect the geometric properties of the resonator (the g parameters) and those of the equivalent FRFT systems (the FRFT order and scaling parameters). The presented analysis represents an interesting link between two topics (optical resonators and Fourier optics) usually covered in Optics and Photonics courses at university level, which can be useful to teach and connect the principles of these subjects.

Keywords: fractional Fourier transform, ray matrices, optical resonators.

la matriz de rayos o matriz ABCD. Mostramos cómo los resonadores pueden interpretarse como dos sistemas ópticos FRFT en cascada, del tipo propagación-lente-propagación. Presentamos un análisis sencillo que muestra que la cintura del modo del resonador se encuentra en aquel plano que da lugar a dos subsistemas FRFT con el idéntico parámetro de escala, parámetro que además coincide con el rango de Rayleigh del modo. Presentamos la conexión entre los parámetros geométricos del resonador (parámetros g) y los parámetros propios de la transformada fraccionaria equivalente (el orden y la escala). El tratamiento propuesto representa una relación interesante entre dos temas ampliamente estudiados en cursos de Óptica y Fotónica (resonadores ópticos y Óptica de Fourier), por lo que puede resultar un enfoque muy útil para la docencia de estos tópicos.

Palabras clave: transformada de Fourier fraccionaria, matrices de rayos, resonadores ópticos.



UNDERGRADUATE LABORATORY EXPERIMENTS WITH FRACTAL DIFFRACTION GRATINGS

**A. Pons¹, J.C. Barreiro¹, W.D. Furlan¹,
M.H. Giménez², J.A. Monsoriu³**

¹Universitat de València. Spain.

³Univ. Politécnica de Valencia. Spain.

amparo.pons-marti@uv.es

In recent years the study of fractals has attracted the attention of researchers, encouraged by the fact that many physical phenomena can be analyzed and described by using a fractal approach. This Fractal geometry has been also identified in many other scientific areas such as biology, medicine, electric circuits, fracture theory, or even stocks markets. In this work, we present a simple diffraction experiment with fractal gratings based on the Triadic Cantor



EXPERIMENTOS DE LABORATORIO UNIVERSITARIO CON REDES DE DIFRACCIÓN FRACTAL

En los últimos años el estudio de los fractales ha centrado la atención de muchos investigadores atraídos por el hecho de que numerosos fenómenos físicos pueden ser analizados y descritos utilizando una aproximación fractal. La geometría fractal ha sido identificada no sólo en sistemas físicos sino también en otras muchas áreas científicas como la biología, medicina, circuitos eléctricos, teoría de fracturas o

Set. The fractal gratings were printed and then photographically reduced. The Fraunhofer diffraction patterns of these gratings were obtained with the standard equipment present in most undergraduate physics labs and were compared with those obtained with conventional periodic gratings. A very good accuracy is obtained between experimental and numerical results. The self-similar diffraction patterns experimentally obtained with these gratings are an attractive and understandable subject for physical optics students. In addition, students' motivation is triggered by the fact that their main details are explained by simple theoretical models.

Keywords: Cantor set, diffraction gratings.

incluso en mercados de valores. En este trabajo presentamos un sencillo experimento de difracción con redes fractales basadas en el Conjunto Triádico de Cantor. Estas redes fractales fueron impresas y reducidas fotográficamente. Los patrones de difracción se obtuvieron con el equipamiento estándar presente en la mayoría de laboratorios de física universitaria y se compararon con los patrones obtenidos con redes periódicas convencionales. Los resultados teóricos experimentales concuerdan muy bien con las predicciones teóricas. Los patrones de difracción autosimilares generados por estas redes constituyen una atractiva y comprensible materia de estudio para los alumnos interesados en la óptica física. Además, el hecho de que los principales detalles del experimento puedan explicarse con modelos teóricos sencillos contribuye positivamente en la motivación de los estudiantes.

Palabras clave: conjunto de Cantor, redes de difracción.



DISCRETE WIGNER DISTRIBUTION FUNCTION WITH COHERENT ILLUMINATION OF DETECTED IMAGES OF QUASI-POINT SOURCE OBJECTS

**L.R. Berriel Valdós¹, I.J. Orlando
Guerrero², S. Mejía Romero¹,
J.F. Aguilar¹, J.E.A. Landgrave³**

¹INAOE, Mexico.

²Universidad de la Cañada, Mexico.

³CIO, Mexico.

berval@inaoe.mx

In this work the discrete Wigner distribution function¹ [$DWDF$] is applied on a detected image [$gn(x_i, y_j)$] of a source object of small dimensions. The image is obtained in coherent illumination with a microscope and

FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE WIGNER DISCRETA BAJO LUZ COHERENTE DE IMÁGENES DETECTADAS DE OBJETOS FUENTES CUASI PUNTUALES.

En este trabajo se detecta con un CCD la imagen [$gn(x_i, y_j)$] de un objeto fuente de dimensiones pequeñas, en luz coherente. A la imagen obtenida se le aplica la función de distribución de Wigner¹ discreta [$DWDF_{gn}$]

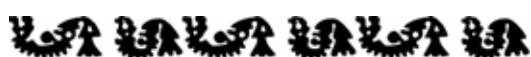
detected with a CCD array. From the $[DWDF_{gn}]$ is possible to know if the object is resolved by the system (optical system including the CCD detector). When the $DWDF_{gn}$ is positive inside the bandwidth of the $DWDF$ associated with the optical system we say the object is not resolved, otherwise the object is resolved. As the source objects, pinholes of 1 and 5 μm diameter were used; the microscope objectives were 4X (0.1) and 20X (0.40) and the CCD has a pixel-pitch of 3.45 μm . We assume that the detected image has systematic and non-systematic errors^{2,4}; also, the uncertainty of 0.5 μm in the pinholes diameter is taken into account.

- [1] M. J. Bastiaans, "The Wigner distribution function to optical signals and systems", Opt. Comm. 25, 26-30 (1978).
- [2] V. Ronchi, "Resolving power of calculated and detected images," J. Opt. Soc. Am. Vol. 51, 458-450 (1961).
- [3] I. J. Orlando Guerrero, J. F. Aguilar, L. R. Berriel Valdós, and J. E. A. Landgrave, "Wigner distribution function of the images of quasi-point sources in the vicinity of the focal plane." AIP conf. Proc. Vol 992, 1106-1110 (2008).
- [4] A. J. den Dekker and A. van den Bos, "Resolution reconsidered-conventional approaches and an alternative," Advances in Imaging and Electron Physics, 117, 241-360 (2001).

Keywords: resolution. Wigner function.

para conocer si el objeto fuente está resuelto por el sistema [parte óptica más detector (CCD)]. Si la $DWDF_{gn}$ es únicamente positiva en el ancho de banda de la $DWDF$ asociada al sistema óptico decimos que el objeto fuente no está resuelto; de otra forma se resuelve. Para generar los objetos fuentes se utilizan microagujeros de diámetro de 1 y 5 μm , objetivos de microscopio de 4X(0.1), 20X(0.40) y el CCD con un píxel pitch de 3.45 μm . Asumimos que la imagen detectada tiene errores sistemáticos y no sistemáticos^{2,4}, y los objetos fuente tienen una incertidumbre en su diámetro de 0.5 μm .

Palabras clave: resolución, distribución de Wigner



**SIMULATION SOFTWARE FOR
TEACHING THE PROJECTION
MOIRE TECHNIQUE**

G. Trujillo-Schiaffino,

D.P. Salas-Peimbert,

M. Anguiano-Morales

Instituto Tecnológico de Chihuahua.

Mexico.

gtrujill@itchihuahua.edu.mx

The projection moiré technique is one of several tests used in the area of optical metrology for determining the shape of a surface under test. Due to its simple implementation and the fact that its experimental setup is not sensitive to vibrations like other optical methods, their potential application is aimed at industrial measurement systems.

This paper presents the development of a simulation software used for teaching the projection moiré technique. The developed software enables the simulation, visualization and saved of moiré patterns resulting from the projection over standard surfaces.

The LabVIEW programming language version 8.6 is used for the development of this software. The software allows simulation of moiré patterns projected on various surfaces such as inclined plane, sphere, cone and saddle. The surfaces can be viewed as intensity maps or tridimensional surfaces. Some parameters of the moiré patterns can be adjusted. The resulting moiré patterns can be saved as bitmap, tif, gif or jpeg images. The software also features an image viewer for files already saved.

This software has been very useful in teaching the projection moiré technique.

Keywords: Projection moiré technique.

**SOFTWARE DE SIMULACIÓN PARA
LA ENSEÑANZA DE LA TÉCNICA DE
MOIRÉ POR PROYECCIÓN**

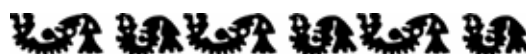
La técnica de moiré por proyección es una de las diversas pruebas que se utilizan en el área de la metrología óptica para la determinación de la forma de una superficie bajo prueba. Debido a su sencilla implementación y a que su montaje experimental no es tan sensible a vibraciones como otros métodos ópticos, su potencial de aplicaciones se orienta a los sistemas de medición industriales.

En este trabajo se presenta el desarrollo de un software de simulación utilizado para la enseñanza de la técnica de moiré por proyección. El software desarrollado permite simular, visualizar y guardar los patrones de moiré resultantes de la proyección sobre las superficies de prueba estándar.

Para el desarrollo de este software se utiliza el lenguaje de programación *LabVIEW* versión 8.6. Este software permite la simulación de patrones de moiré proyectados sobre diversas superficies como: plano inclinado, esfera, cono y silla de montar. Los patrones de moiré resultantes se pueden guardar como imágenes tipo bitmap, tif, gif o jpeg. El software también cuenta con un visualizador de imágenes para archivos previamente guardados.

Este software ha sido de mucha utilidad en la enseñanza de la técnica de moiré por proyección.

Palabras clave: Moiré por proyección.



**SIMULATION SOFTWARE FOR
TEACHING HARTMANN PATTERNS
WITH PRIMARY SEIDEL
ABERRATIONS**

D.P. Salas-Peimbert,

G. Trujillo-Schiaffino,

M. Anguiano-Morales

Instituto Tecnológico de Chihuahua.

Mexico.

dsalas@itchihuahua.edu.mx

The Hartmann test is one of the most widely used test in the area of optics for determining the shape of the wave front of light from an optical system under analysis. This test has application in very diverse areas as astronomy, optometry, ophthalmology and optical instrumentation. Furthermore, all instruments and optical systems always have different types and degrees of aberrations that affect these performances, the most common aberrations included in optical systems are the primary aberrations, also called Seidel aberrations.

This paper presents the development of a simulation software used in teaching the effect of Seidel aberrations in the patterns resulting from the Hartmann test. The developed software enables the simulation, visualization and saved of the Hartmann patterns resulting in the presence of various aberrations of Seidel.

The LabVIEW programming language version 8.6 is used for the development of this software. This software allows simulation of Hartmann patterns with aberrations like: x tilt, y tilt, astigmatism at 45°, astigmatism at 0° and 90°, defocus, x comma, y comma, x triangular astigmatism and y triangular astigmatism. The Hartmann patterns can be saved as bitmap or jpeg images. The software also features an image viewer for files already saved.

This software has been very useful in teaching the Hartmann test and Seidel aberrations.

Keywords: Hartmann test, Seidel aberrations.

**SOFTWARE DE SIMULACIÓN PARA
LA ENSEÑANZA DE PATRONES DE
HARTMANN CON ABERRACIONES
PRIMARIAS DE SEIDEL**

La prueba de Hartmann es una de las pruebas más utilizadas en el área de la óptica para determinar la forma del frente de onda de la luz proveniente de un sistema óptico bajo prueba. Esta prueba tiene aplicaciones en diversas áreas como: astronomía, optometría, oftalmología e instrumentación óptica. Por otro lado, los instrumentos y sistemas ópticos siempre tienen diferentes tipos y grados de aberraciones que afectan su desempeño, las aberraciones más comunes incluidas en los sistemas ópticos son las aberraciones primarias, también llamadas aberraciones primarias de Seidel.

Este artículo presenta el desarrollo de un software de simulación para la enseñanza del efecto de las aberraciones de Seidel en los patrones resultantes de la prueba de Hartmann, el software desarrollado permite simular, visualizar y guardar los patrones de Hartmann resultantes de en la presencia de diversas aberraciones de Seidel.

Para el desarrollo de este software se utilizó el lenguaje de programación LabVIEW 8.6. Este software permite la simulación de patrones de Hartmann con aberraciones como: tilt en x, tilt en y, astigmatismo a 45°, astigmatismo a 0° o 90°, defoco, coma en x, coma en y, astigmatismo triangular en x y astigmatismo triangular en y. Los patrones de Hartmann pueden ser guardados como imágenes bitmap o jpeg. El software también incluye un visualizador de imágenes para archivos guardados previamente.

Este software ha sido muy útil en la enseñanza de la prueba de Hartmann con aberraciones de Seidel.

Palabras clave: prueba de Hartmann, aberraciones de Seidel.



**DESIGN AND BUILT OF OPTICAL
FIBER NETWORK TO ANALYSIS OF
TRANSMISSION ON PASSIVE
NETWORK OF DIFFERENT
TOPOLOGY**

**C.M. Serpa Imbett¹,
N.D. Gómez Cardona¹,
N. Guerrero González^{2,3}**

¹*Inst. Tecn. Metropolitano. Colombia.*

²*Universidad de Antioquia. Colombia.*

³*Universidad Tecnológica de Dinamarca.
Denmark.*

claudiaserpa@itm.edu.co

In this work, we designed and built a fiber optic-network in the optical laboratory of the Instituto Tecnológico Metropolitano of Medellín city. This network was used to emulate different topologies almost real conditions with the possibility to make connections up to 45 km, for analyzing of technological migration in Passive Optical Network based on spectral attenuation measurement in installed fiber, the change in splitter ratio in the topologies and adjust of the optical power. We present experimental results of analysis in different network scenarios. Furthermore, we present experimental results for signal transmission and the transmission of four simultaneous channels by using an optics-multiplexor. Successful detection after 12 and 32 km through and passive optical network by wavelength division multiplexing is demonstrated. Finally, we present power and loss measures in terminals with a star topology and results for pulse transmission from Optical Reflectometer in the time domain. This laboratory network will allow future applications like sensors testing and optical routing for studies of the gradual expansion of the Passive Optical Network as power the growth and new technological adoption such as passive optical network by wavelength multiplexing.

Keywords: passive optical network, optical multiplexor, splitter, WDM

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA
RED DE FIBRA OPTICA PARA EL
ANALYSIS DE TRANSMISION EN
REDES PASIVAS DE DIFERENTES
TOPOLOGIAS**

En este trabajo se presenta el diseño y construcción de una red de fibra óptica en el Instituto Tecnológico Metropolitano de la ciudad de Medellín. Esta red es usada para emular las condiciones reales de una red basadas en diferentes topologías con conexiones de hasta 45 km, para el análisis de migración tecnologías de transmisión pasiva basados en registros de atenuación espectral de la fibra instalada, el cambio de la razón de potencia de los elementos de la topología y el ajuste de la potencia óptica. Se presentan los resultados experimentales del análisis de pérdidas en diferentes tramos de la red, y de la transmisión de las señales provenientes de un multiplexor de fibra óptica de cuatro canales sobre 12 km y 32 km en un escenario de una red óptica pasiva multiplexada por longitud de onda. Finalmente se implementa una topología en estrella y se analizan los resultados de potencia, pérdidas, y transmisión de pulsos de luz provenientes de un Reflectómetro Óptico en el dominio del tiempo. Esta red de laboratorio permitirá futuras aplicaciones como el análisis de distribución de sensores y enrutamiento óptico para el estudio de la expansión gradual de las Redes Ópticas Pasivas dado el potencial crecimiento y la adopción de nuevas tecnologías de transmisión basadas en multiplexación por longitud de onda.

Palabras clave: redes ópticas pasivas, multiplexor óptico, divisor de potencia, WDM.



**EXPERIMENTS AND
DEMONSTRATIONS TO INTRODUCE
CONCEPTS OF MODERN OPTICS IN
HIGH SCHOOL**

**S. Sausmikat Fortes, F. Matioli da Silva,
G. Oliveira Steinicke, M.N. Rocha,
T. Gishitomi Fujimoto, M. Muramatsu**
USP, Brazil.
silvana.fortes@if.usp.br

The paper presents experiments and demonstrations used in the Project Arte & Ciência no Parque and Degree courses in physics at the Institute of Physics, University of Sao Paulo (IFUSP). In this proposal we present some experiments that serve as guidance and stimulus for learning approach in general. Such experiments can be quantitative, such as: how to measure the index of refraction (n) using low-cost materials such as laser pointer and CD, or measure the diameter of a hair also using a laser. Other experiments are qualitative or demonstration: the making of a hologram made by hand with easily accessible material, the question to understanding why the sky is blue and the sunset is red. Other experiments are challenging showing pseudo images floating in space still prioritizing the construction material for easy access. Challenging experiments also seek to introduce modern concepts such as optical polarizes, device widely used today in glasses, cameras and 3D movies. All experiments have in common a close relationship with the phenomena and objects of everyday life, introducing important concepts of optical physics, such as diffraction, interference, polarization and imaging, updating the secondary school curriculum and make learning more meaningful for students.

Keywords: optical physics, experiments.

**EXPERIMENTOS E
DEMONSTRAÇÕES PARA
INTRODUZIR CONCEITOS DE
ÓPTICA CONTEMPORÂNEA NA
ESCOLA SECUNDÁRIA**

O trabalho visa apresentar experimentos e demonstrações utilizadas no Projeto Arte & Ciência no Parque e em cursos de Licenciatura em Física do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP). Nesta proposta apresentamos alguns experimentos que servem de orientação e estímulo para o aprendizado de óptica em linhas gerais. Tais experimentos podem ser de cunho quantitativo como, por exemplo: como medir o índice de difração (n) utilizando material de baixo custo como ponteira laser e pedaços de CD, ou medir a largura de um fio de cabelo também utilizando um laser. Outros experimentos são de cunho qualitativo ou de demonstração como, por exemplo: a confecção de um holograma feito a mão com material de fácil acesso, demonstrativos como o porquê do céu ser azul e qual a razão do vermelho no pôr-do-sol. Outros experimentos são desafiantes mostrando pseudo imagens flutuando no espaço priorizando ainda sua construção com material de fácil acesso. Experimentos igualmente desafiantes buscam introduzir conceitos modernos de óptica como os polarizadores, tecnologia esta que é largamente utilizadas hoje em dia em óculos, máquinas fotográficas e em cinemas 3D. Todos os experimentos têm em comum uma estreita relação com o fenômenos e objetos do cotidiano, introduzindo conceitos importantes da óptica física como difração, interferência, polarização e formação de imagens, atualizando o currículo da escola secundaria e tornando a aprendizagem mais significativa para o aluno.

Palavras chave: física óptica, experimentos.



MAKING HOLOGRAMS AT SCHOOL AND AT HOME

**R. Serra Toledo¹, A. Moreno Yeras¹,
D.S.F. Magalhães², M. Muramatsu³,
J.B. Lemus⁴**

¹*Instituto Superior Politécnico José Antonio
Echeverría, Cuba.*

²*Universidade Estadual de Campinas. Brazil.*

³*Universidade de São Paulo. Brazil.*

⁴*Universidad Libre de Colombia. Colombia.
serra@electronica.cujae.edu.cu*

The scientific community that deals with the problems related with the teaching-learning process of physics has devoted many efforts in its perfecting in the last years motivated, in the first instance, by renewal demands that the rapidly scientific-technological development currently requests in the teaching of science.

In the last few years a rapid development in the production of visible-emission diode lasers has been made, this has allowed their increasing use in many applications and makes possible their utilization in the teaching-learning of the Physics in the University and particularly of holography, for their great advantages over the high-cost conventional lasers and difficult handling.

In this work we describe the portable experimental setup designed for the obtaining of holograms at school and at home using diode laser, the working methodology to be followed, the processing methods used for different types of holographic emulsions and an analysis of frequent defects in the recording and how to detect and eradicate them.

Keywords: holography, diode laser.

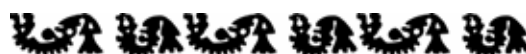
HACIENDO HOLOGRAMAS EN LA ESCUELA Y EN LA CASA

La comunidad científica que se ocupa de los problemas relacionados con el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física, ha dedicado muchos esfuerzos en los últimos años al perfeccionamiento del mismo, motivado en primera instancia, por las demandas de renovación que el impetuoso desarrollo científico-técnico le impone en la actualidad a la enseñanza de las ciencias.

En los últimos años se ha producido un desarrollo vertiginoso en la fabricación de diodos láser que emiten en el espectro visible, esto ha permitido su utilización creciente en múltiples aplicaciones y hace factible su utilización en la enseñanza aprendizaje de la Física Universitaria y en particular de la Holografía, por sus grandes ventajas frente a los láseres convencionales de gran costo y difícil manipulación.

En el trabajo se describen la instalación experimental portátil diseñada para la obtención de hologramas en la escuela y en la casa con la utilización de diodos láser, la metodología de trabajo a seguir, los métodos de procesamiento utilizados para diferentes tipos de emulsiones holográficas y un análisis de los defectos que pueden presentar los hologramas producidos y la forma de detectarlos y erradicarlos.

Palabras clave: holograma, diodo láser.



**UNDERSTANDING THE PHYSICAL
OPTICS PHENOMENA BY USING A
DIGITAL APPLICATION FOR LIGHT
PROPAGATION**

D. E. Sierra, L. Ángel
Universidad EAFIT. Colombia.
dsierras@eafit.edu.co

Understanding the light propagation on the basis of the Huygens-Fresnel principle stands for a fundamental factor for deeper comprehension of different physical optics related phenomena like diffraction, self-imaging, image formation, Fourier analysis and spatial filtering. This constitutes the physical approach of the Fourier optics whose principles and applications have been developed since the 1950's. Both for analytical and digital applications purposes, light propagation can be formulated in terms of the Fresnel Integral Transform. In this work, a digital optics application based on the implementation of the Discrete Fresnel Transform (DFT), and addressed to serve as a tool for applications in didactics of optics is presented. This tool allows, at a basic and intermediate learning level, exercising with the identification of basic phenomena, and observing changes associated with modifications of physical parameters. This is achieved by using a friendly graphic user interface (GUI). It also assists the user in the development of his capacity for abstracting and predicting the characteristics of more complicated phenomena. At an upper level of learning, the application could be used to favor a deeper comprehension of involved physics and models, and experimenting with new models and configurations. To achieve this, two characteristics of the didactic tool were taken into account when designing it. First, all physical operations, ranging from simple diffraction experiments to digital holography and interferometry, were developed on the basis of the more fundamental concept of light propagation. Second, the algorithm is conceived to be easily upgradable due its modular architecture based in MATLAB software environment. Typical results are presented and briefly discussed.

**COMPRESIÓN DE LOS
FENÓMENOS DE LA ÓPTICA FÍSICA
USANDO UNA APLICACIÓN DIGITAL
PARA LA PROPAGACIÓN DE LA LUZ**

Entender el fenómeno de la propagación de la luz basándose en el principio de Huygens-Fresnel, se constituye en un factor fundamental para la comprensión profunda de diferentes fenómenos físicos relacionados con la óptica, como por ejemplo, la difracción, las auto-imágenes, la formación de imágenes, el análisis de Fourier y el filtrado espacial. Esto se constituye en la aproximación física de la Óptica de Fourier, cuyos principios y aplicaciones se han desarrollado desde los años 50. Tanto para aplicaciones analíticas como digitales, la propagación de la luz puede ser formulada en términos de la Transformación Integral de Fresnel. En este trabajo, se presenta una aplicación digital para la didáctica de la óptica, basada en la implementación de una Transformada Discreta de Fresnel (DTF) la cual permite la identificación de los fenómenos básicos y la observación de los cambios asociados con las modificaciones de los parámetros físicos, desde niveles de aprendizaje básicos hasta intermedios. Esto se logra mediante la implementación de una interfaz gráfica amigable con el usuario, asistiendo además el desarrollo de la capacidad de abstracción y predicción de las características de fenómenos más complejos. En un nivel más avanzado del conocimiento, la aplicación puede ser usada como una herramienta que facilita la comprensión de los fenómenos y modelos físicos involucrados, y experimentar con nuevos modelos y configuraciones. Para lograr esto, dos características de la herramienta computacional fueron tomadas en cuenta a la hora de diseñarla. Primero, todas las operaciones físicas, que van desde experimentos de difracción simples a la holografía digital y la interferometría, fueron desarrollados con base en el concepto fundamental de la propagación de la luz. Segundo, el algoritmo está concebido para

Keywords: Fourier optics, discrete Fresnel transform, propagation, didactics of optics.

que sea fácilmente actualizable, y para esto se diseñó con una arquitectura modular en la plataforma MATLAB®. Se presentan y discuten brevemente algunos resultados característicos.

Palabras clave: óptica de Fourier, transformada discreta de Fresnel, propagación, didáctica de la óptica.



MATRIX METHODS IN GEOMETRIC, WAVE, AND STATISTICAL OPTICS

**T. Alieva¹, J.A. Rodrigo², O. Martínez¹,
M.J. Bastiaans³, A. Cámara¹,
A. Asenjo², M.L. Calvo¹**

¹*Univ.Complutense de Madrid. Spain.*

²*CSIC. Spain.*

³*Eindhoven Univ. Technology. Netherlands.*

talieva@fis.ucm.es

The objective of the educational project entitled “Matrix methods in geometric, wave, and statistical optics” is to treat in a matrix formalism different topics of optics, such as image formation systems, diffraction theory, spatial coherence, information processing, etc., which are included in the programs of undergraduate and Master courses at the Physical Faculty of Universidad Complutense de Madrid. Based on the knowledge obtained by the students from the courses on linear algebra, calculus, and classic mechanics, we explain the principal phenomena of paraxial geometric and wave optics, introducing the concept of phase space, which nowadays is widely used in coherence theory, quantum mechanics, signal processing, etc. Indeed, several books [see, for example, K. B. Wolf, *Geometric Optics on Phase Space*, Springer, NY (2004); W. P. Schleich, *Quantum Optics in Phase Space*, Wiley, London (2001); A. Torre, *Linear Ray and Wave Optics in Phase Space*, Elsevier, NY (2005); M. Testorf, B. Hennelly and J. Ojeda-Castañeda, *Phase-Space Optics*, McGraw-Hill, NY (2009)], written on an advanced level, have been published recently and clearly demonstrate



MÉTODOS MATRICIALES EN ÓPTICA GEOMÉTRICA, ONDULATORIA Y ESTADÍSTICA

El objetivo de este proyecto educativo es la creación de un espacio virtual para tratar interactivamente, dentro del formalismo matricial, diferentes temas en óptica: sistemas de formación de imágenes, teoría de la difracción, conceptos de coherencia, procesado de la información, los cuales corresponden a temas de estudio en las asignaturas de grado y postgrado en Ciencias Físicas.

Se pretende aplicar los conocimientos obtenidos por el alumno en cursos de álgebra lineal, cálculo y mecánica clásica para explicar los fenómenos principales de la óptica paraxial, tanto geométrica como ondulatoria, e introducir el concepto de espacio de fase utilizado hoy en día ampliamente en la teoría de coherencia, mecánica cuántica, procesado de señales, etc.

Recientemente se ha publicado varios libros de nivel avanzado books [K. B. Wolf, *Geometric Optics on Phase Space*, Springer, NY (2004); W. P. Schleich, *Quantum Optics in Phase Space*, Wiley, London (2001); A. Torre, *Linear Ray and Wave Optics in Phase Space*, Elsevier, NY (2005); M. Testorf, B. Hennelly and J. Ojeda-Castañeda, *Phase-*

the advantages of a phase-space representation. In our project we tried to establish the basis for the understanding of the above-mentioned works.

The electronic book, which consists of 140 pages, 105 figures and 3 videos with corresponding interlinks, is written in Spanish and was published in the format of a CD by Editorial UCM (ISBN: 978-84-96703-25-4). It is multilevel (the degree of difficulty is marked by different colors) and multidisciplinary. Some parts of the book, which treat ray propagation, interference and diffraction in a matrix formalism, are accessible for undergraduate students; others, related to coherence state estimation, Wigner distribution, fractional Fourier transform, phase-space tomography, optical signal processing, etc., are oriented to Master students. The book also contains a list of problems and the description of two practical works: optical filtering and coherence control. The low price of the book makes it affordable for students.

Keywords: phase space, ray transformation, Wigner distribution.

Space Optics, McGraw-Hill, NY (2009)], que demuestran claramente los beneficios de las representaciones en el espacio de fase. Las herramientas virtuales (videos, figuras interactivas, enlaces, etc.), incorporadas en el material elaborado durante el proyecto, permitirá explicar mejor este concepto empezando con ejemplos sencillos tales como la propagación de rayos.

A pesar de que la mayor parte de material tratado en el proyecto esta relacionado con óptica (que por supuesto incluye no solamente la luz visible sino también en general la radiación electromagnética en la aproximación paraxial) se menciona que los mismos conceptos se aplican en la mecánica cuántica, procesamiento de señales, etc., lo que hace que este proyecto sea realmente multidisciplinar.

En resumen se pretende llevar a cabo tres objetivos principales:

- sencillez y profundidad en la explicación, basada en la elección de los temas principales y aplicación de herramientas virtuales
- representación multinivel: diferentes partes del material elaborado están orientadas a alumnos de grado y postgrado
- carácter multidisciplinar: los temas tratados cubren varias aplicaciones tanto en tecnologías optoelectrónicas como para física general y procesamiento de señales.

•
El libro electrónico publicado por editorial Complutense (ISBN: 978-84-96703-25-4) contiene 140 páginas de texto acompañadas por 105 figuras y 3 vídeos elaborados en el marco de este proyecto.

Palabras clave: espacio de fase, propagación de rayos, distribución de Wigner.



OPTICS AND CHILDREN

**M.F.M. Costa¹, J. Ayres de Campos¹,
M. Lira¹, S. Franco, B.V.Dorrio²**

¹ Universidade do Minho. Portugal.

² Universidad de Vigo. Spain.

mfcosta@fisica.uminho.pt

Light and Optics are subjects that “naturally” attracts the interest and sympathy of children even from very early ages. In this communication we present a series of experiments and support material designed in this hands-on perspective to be used to introduce the study of optics to kindergarten and early basic school students. A critical evaluation of the first results of the application of these material with students aged 3 to 10 years will be presented.

Our hands-on investigative approach leads the students to observe experiment and discover themselves in critical committed and active way different aspects of light and optics. Preparing funny eye catching situations and experiments predispose the children to work, effectively, enjoying themselves while building up their self-confidence.

Keywords: basic optics, kindergarten optics, hands-on.



ÓPTICA PARA CRIANÇAS

Luz e Óptica são assuntos que “naturalmente” atraem o interesse e simpatia das crianças desde tenra idade. Neste trabalho apresentaremos uma série de experiências e material de apoio desenvolvido numa perspectiva manipulativa *hands-on* de introdução do estudo da óptica no ensino pré-escolar e básico.

A nossa aproximação centra-se em levar os alunos a observar, experimentar e descobrir, eles próprios, de forma empenhada e crítica diferentes aspectos da luz e da óptica. Preparar experiências atractivas e divertidas predispõe as crianças para o trabalho divertindo-se enquanto aprendem e ao mesmo tempo desenvolvendo a sua autoconfiança, resultados dos seus “sucessos”.

Palavras chave: óptica básica, óptica no ensino pré-escola, hands-on.



MANUAL DE PRÁCTICAS: LABORATORIO DE ÓPTICA A NIVEL MEDIO Y SUPERIOR

G. Rodríguez-Zurita

Ben. Univ. Autónoma de Puebla. Mexico.

gzurita@fcfm.buap.mx

Se presentan las características principales de un manual de prácticas de laboratorio de Óptica para nivel medio superior (licenciaturas). El curso en que se basa el manual se ha impartido en numerosas ocasiones para alumnos de licenciatura en Física e Ingenierías dentro del sistema semestral con dos sesiones semanales de tres horas cada una. El manual propone 15

prácticas dentro de los temas tanto de Óptica Geométrica como de Óptica Ondulatoria. Para el primer tema, se incluyen prácticas de reflexión, espejo esférico, refracción, lentes de focales positivas y negativas, ampliaciones angulares y arco iris. Para el segundo tema, se cuentan con prácticas de interferencia de *Fizeau*, interferómetro de *Michelson*, interferómetro de *Fabry-Perot*, polarización de ondas, difracción y espectroscopia. Las prácticas se realizan mediante capturas manuales y el procesamiento de los datos se apoya en un paquete comercial de matemáticas avanzadas que incluye cálculo de mínimos cuadrados y ajuste de curvas. Los objetivos de cada práctica consisten en encontrar relaciones matemáticas entre las variables más usadas en sistemas ópticos básicos, ejercitando técnicas de cambio de variable o de ajuste de curvas. Estos objetivos dan pie a discusiones conceptuales y enlaces con la teoría básica correspondiente. Un ejemplo importante es el caso de imágenes y objetos reales y virtuales. El paquete matemático usado es muy amigable y permite un procesamiento de imágenes digitales básico, lo cual se ha aprovechado para procesar patrones de interferencia tipo anillos de *Newton*. La práctica de difracción utiliza tres variables. Las encuestas realizadas con participantes en el curso han resultado favorables.

Keywords: experiments on optics, didactics of optics.



CURSO INTRODUCTORIO DE ÓPTICA DE FOURIER EN LICENCIATURA O POSGRADO: SECUENCIA Y ELEMENTOS PROPUESTOS

G. Rodríguez-Zurita

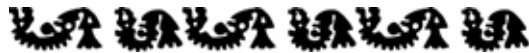
Ben. Univ. Autónoma de Puebla, Mexico.

gzurita@fcfm.buap.mx

En la literatura técnica existen bastantes tratados y libros de texto sobre la Óptica de *Fourier*. Su aparición es especialmente considerable a partir de los años 50-60 del siglo pasado y la gran mayoría de estos textos no se hallan escritos en Español ni traducidos a este idioma. Además, debido a su origen, necesariamente reflejan la adaptación de sus contenidos a los sistemas de enseñanza superior propios de cada localidad de procedencia. Probablemente, estas dos peculiaridades no contribuyan a una difusión más apropiada de los métodos de *Fourier* en Óptica dentro de la enseñanza superior de habla hispana relacionada, lo cual no deja de ser inconveniente considerando su carácter básico y formativo. Atendiendo a estas circunstancias, desde hace más de quince años (en los marcos de la licenciatura en Física y del posgrado de orientación óptica) se ha trabajado a lo largo de una secuencia de presentación temática sobre Óptica de *Fourier* caracterizada por **a)** una inmediata introducción de la transformada de *Fourier* (TF) en la descripción unidimensional del campo difractivo de *Fraunhofer* y del de *Fresnel*, **b)** una presentación de las propiedades de la TF sistemáticamente ilustrada usando el mismo sistema óptico (ej., delta de *Dirac* y fuente puntual, teorema de desplazamiento e interferencia de *Young*, teorema de convolución y rejillas de *Ronchi*), **c)** Un enlace muy directo con los métodos de tomografía de proyecciones paralelas y la transformada de *Radon*, **d)** un desarrollo opcional de las funciones especiales más empleadas en el área (*Bessel*, *Zernike*, *Tschevychev*), **e)** una descripción opcional de técnicas de modulación espacial (holografía, *speckle*). Se ofrecen dos argumentos heurísticos iniciales de la descripción de la amplitud del campo de *Fraunhofer*, para ser posteriormente ampliados y justificados con la teoría de

Fresnel-Kirchhoff en su caso. El caso bidimensional puede introducirse como una generalización a los argumentos iniciales y se destaca su relación con el caso unidimensional en simetrías rectangulares. Se enfatizan la importancia de las aplicaciones sobre objetos transparentes (objetos de fase). Los ejercicios de tarea contemplan artículos del área tratando de complementar y redondear lo expuesto, pudiendo así introducir un aspecto histórico. En este trabajo, se presenta la secuencia propuesta, indicando sus elementos relevantes junto con algunos ejemplos típicos.

Palabras clave: óptica de Fourier, didáctica de la óptica.



CORRELATED-PHOTON EXPERIMENTS FOR TEACHING QUANTUM MECHANICS, QUANTUM OPTICS AND QUANTUM INFORMATION

E.J. Gálvez

Colgate University. USA.

egalvez@colgate.edu

The rise of the field of quantum information has highlighted the importance of fundamental principles of quantum mechanics, such as superposition, entanglement, non-realism and non-locality. The maturing of technologies has resulted in the availability of a source of light – correlated photons produced by spontaneous parametric down conversion – that provides table-top experiments where fundamental principles of quantum mechanics are illustrated. At Colgate University, we have implemented a series of five correlated-photon experiments as a laboratory component of a course on quantum mechanics [1]. (Each experiment was developed as an undergraduate senior thesis.) The experiments can also be used for teaching quantum optics and quantum information [2]. Laboratory experiments

include quantum projection and interference, the quantum eraser, the Hanbury-Brown-Twiss test, two-photon interference, entanglement and a violation of a Bell inequality. With the exception of single-photon detectors, all equipment (blue-wavelength laser, optics, mounting hardware, electronics) can be obtained either at reasonable prices or adapted from equipment that is at hand. Our experience has been very positive. The experiments can be explained by direct application of quantum mechanics algebra [2].

El crecimiento del campo de información cuántica ha resaltado tales aspectos fundamentales de la mecánica cuántica como superposición, entrelazamiento, no-realismo y no-localidad. La tecnología en óptica cuántica ha llegado a tal grado de madurez que hoy en día es posible generar con facilidad fotones ligados producidos por conversión paramétrica espontánea, los cuales pueden ser usados para experimentos que demuestran los principios fundamentales de la mecánica cuántica. En Colgate University hemos implementado una serie de cinco experimentos que conforman una sección de laboratorio para el curso de mecánica cuántica [1]. (Cada experimento fue trabajado como parte de una tesis de pregrado.) Los experimentos también pueden ser usados para enseñar óptica cuántica e información cuántica [2]. Los experimentos incluyen temas de proyección e interferencia cuántica, la prueba de Hanbury-Brown-Twiss, la interferencia de dos fotones, entrelazamiento y violaciones de las desigualdades de Bell. Con la excepción de los detectores, el resto de los equipos (láser de color azul, elementos ópticos, monturas y elementos electrónicos) se pueden adquirir a precios razonables o adaptados con otros equipos que estén disponibles. Nuestra experiencia ha sido muy positiva. Los experimentos pueden ser explicados mediante una aplicación directa del álgebra de la mecánica cuántica [2].

[1] E.J. Gálvez et al., *Am. J. Phys.* 73, 127-140 (2005).

[2] E.J. Gálvez, *Am. J. Phys.* (May 2010).

Keywords: quantum optics.

**OPTICAL APPLICATIONS IN INDUSTRY,
ENGINEERING AND MEDICINE.
OPTICAL ENTREPRENEURSHIP.
OPTICAL INDUSTRY.**

**Aplicaciones ópticas en la industria,
ingeniería y medicina.
Óptica Empresarial.
Industria Óptica.**

***Aplicações ópticas na indústria,
engenharia e medicina.
Óptica Empresarial.
Industria Óptica.***



**COMPENSATION OF PRESBYOPIA
WITH DIFFRACTIVE OPTICAL
ELEMENTS**

Z. Jaroszewicz

*Institute of Applied Optics-Warsaw. Poland.
National Institute of Telecommunications-
Warsaw. Poland.
mmtzjaroszewicz@post.pl*

Specific features of diffractive optical elements (DOEs) which make them an interesting option in the area of ophthalmology are their capability to realize the change of the wavefront's geometry on a single plane or surface and easiness to perform (almost) any change of the wavefront's geometry allowed by laws of optics. Our specific aim will be to consider their applicability in the task of providing the lacking amount of accommodation, which is a usual default of aging human eyes [1].

There were proposed numerous applications for solution of this problem and they can be divided roughly into two principal groups: multifocal DOEs and varifocal DOEs. The first group can be further divided into elements creating multiple foci formed by different diffraction orders [2] or in different regions of the lens or, at last, the focal segments created by the elements with extended depth of focus such as axicons [3] or lenses with angularly varying focal length [4]. In the group of the varifocal DOEs there should be mentioned Alvarez lenses [5], [6] and varifocal DOEs based on spatial light modulators [7].

The pros and contras of DOEs application will be discussed, including such problems like the compensation of high chromatic aberration of DOEs and relatively high level of stray light bent into diffraction orders other than desired.

Future perspectives of DOEs application for solving the common and important problem of presbyopia will be outlined.

- [1] F. Donders, "On the Anomalies of Accommodation and Refraction of the Eye. With a Preliminary Essay on Physiological Optics", The New Sydenham Society, London (1864).
- [2] J.A. Davison and M.J. Simpson, "History and development of the apodized

diffractive intraocular lens", J Cataract Refract Surg. **32**, 849-58 (2006).

- [3] J. Ares, J. Arines, S. Bara, Z. Jaroszewicz, "Presbyopia compensation with a quartic lens axicon", Optom. Vis. Sci. **82**, 1071-1078 (2005).
- [4] J. Ares García, S. Bará, M. Gómez García, Z. Jaroszewicz, A. Kolodziejczyk, and K. Petelczyc, "Imaging with extended focal depth by means of the refractive light sword optical element", Opt. Express **16**, 18371-18378, (2008).
- [5] L.W. Alvarez, "Two-element variable-power spherical lens", U.S. patent 3,305,294 (February 21, 1967).
- [6] A.N. Simonov, G. Vdovin, and M.C. Rombach, "Cubic optical elements for an accommodative intraocular lens", Opt. Express **14**, 7757-7775 (2006).
- [7] G. Li, P. Valley, P. Äyräs, D.L. Mathine, S. Honkanen, and N. Peyghambarian, "High-efficiency switchable flat diffractive ophthalmic lens with three-layer electrode pattern and two-layer via structures", Appl. Phys. Lett. **90**, 111105 (2007).

Keywords: presbyopia correction, ophthalmic optics and lenses, diffractive optics, visual optics.



**PREPARATION OF METALLIC
NANOPARTICLES (Au y Fe- α) AND
HIS APPLICATION IN REAL
SYSTEMS**

**J. Castillo, P. Rodriguez, H. Rojas,
Y. Francisco, F. Dager, A. Fernández,
Y. Vitta, J. Chirinos, M. Caetano**
*Universidad Central de Venezuela,
Venezuela.*
jimmy.castillo@ciens.ucv.ve

In this paper we demonstrate the application of metal nanoparticles produced by laser ablation for the development of sensors applied to problems in the field of biology and environmental pollution. In the biological field the functionalization of gold particles (AuNPs) with anti-gp63 IgG antibody was applied to the study of specific interaction with the gp63 protein, present on the surface of *Leishmania* parasites. We show the potential of AuNPs to be used as colorimetric indicator of the existence of parasites, by detecting the presence of the gp63 protein in solution and through specific interaction with the parasites *in vitro*. The specificity of bionanosensor opens the door to a new line of research in the development of simple and rapid tests for diagnosis of leishmaniasis. For applications in the area of environmental pollution were prepared alpha iron nanoparticles (Fe- α) and were used for the detection and subsequent remediation of water contaminated with arsenic. The detection of Fe-As interaction was performed by using the optical plasmon resonance band for nanoparticles of Fe- α and following the kinetics of adsorption of As by the decrease in the intensity of this band.

Keywords: nanoparticles, nanosensor, biosensor.

**PREPARACION DE
NANOPARTICULAS METALICAS (Au
y Fe- α) y SUS APLICACIONES EN
SISTEMAS REALES**

En el presente trabajo se muestran aplicaciones de nanopartículas metálicas producidas mediante la técnica de ablación laser al desarrollo de sensores aplicados a problemas tanto en el área de la Biología como en contaminación Ambiental. Desde el punto de vista Biológico la funcionalización de partículas de oro (AuNPs) con el anticuerpo anti-gp63 IgG fue aplicado al estudio de su interacción específica con la proteína gp63, presente en la superficie de parásitos del género *Leishmania*. Se pudo demostrar el potencial de las AuNPs para ser utilizadas como indicador colorimétrico de la existencia de los parásitos, tanto en la detección de la presencia de la proteína gp63 en solución como a través de su interacción específica con los parásitos *in vitro*. La especificidad del bionanosensor abre la puerta a una nueva línea de investigación en el desarrollo de pruebas simples y rápidas para el diagnóstico de *Leishmaniosis*. Para aplicaciones en el área de contaminación ambiental se prepararon nanopartículas de hierro alfa (Fe- α) las cuales se emplearon para la detección y subsecuente remediación de aguas contaminadas con Arsénico. La detección de la interacción Fe-As se realizó por medios ópticos usando la banda de resonancia plasmónica correspondiente a las nanopartículas de Fe- α y siguiendo la cinética de adsorción de As por medio de la disminución de la intensidad de dicha banda.

Palabras clave: nanopartícula, nanosensor, biosensor.



**MICRODEFORMATION
MEASUREMENT OF CONCRETE
ROADWAY SURFACE SLABS USING
FIBER BRAGG GRATINGS AND
ANALYSIS BY COMPUTATIONAL
SIMULATION**

**F.J. Velez Hoyos^{1,2}, C.M. Serpa Imbett¹,
N.D. Gómez Cardona²**

¹Universidad Eafit. Colombia.

²Inst. Tecnológico Metropolitano. Colombia.
claudiaserpa@itm.edu.co

This work shows a non-invasive method for micro-deformation measurements of concrete structures using Bragg grating sensors in optical fibers adhered to the surface. Measurements on roadway slabs under a 10 kN static load are made, finding an approximated ratio of 2:1 between the deformation registered by the sensors and the values from a computational simulation with the finite element method and Comsol®. We propose the use of these sensors for slab structural monitoring in a road network employing distributed and wavelength multiplexed sensors.

Keywords: fiber optic sensors, optical fiber Bragg gratings, concrete roadway slabs, finite element method.

**MEDICION DE
MICRODEFORMACIONES EN LA
SUPERFICIE DE PLACAS DE
CONCRETO USANDO REDES DE
BRAGG EN FIBRA OPTICA Y
SIMULACION COMPUTACIONAL**

En este trabajo se presenta un método no invasivo para la medición de microdeformaciones en estructuras de concreto usando sensores de redes de Bragg en fibras ópticas adheridos a su superficie. Se realizan mediciones en losas viales de concreto bajo una carga estática de 10 kN, encontrándose una relación aproximada de 2:1 entre la deformación registrada por los sensores y los valores arrojados por una simulación computacional con el método de elementos finitos y Comsol®. Se propone el uso de estos sensores para el monitoreo estructural de losas en una malla vial con sensores distribuidos y multiplexados por longitud de onda. Este es el primer reporte en Colombia de medición de deformación de losas viales usando sensores de fibra óptica.

Palabras clave: sensores de fibra óptica, redes de Bragg en fibras ópticas, losas viales de concreto, método de elementos finitos.



**TRANSMITTANCE, REFLECTANCE
AND FLUORESCENCE OF SOME
VEGETABLE OILS**

E. Solarte, C.P. Valdés, V. Endo, E. Peña
Universidad del Valle. Colombia.
efrain.solarte@correounivalle.edu.co

The transmittance and reflectance spectra of some vegetable oils have shown the possibility of using these oils as sun light's blockade for very different applications. We



**TRANSMITANCIA, REFLECTANCIA
Y FLUORESCENCIA DE ALGUNOS
ACEITES VEGETALES**

El factor de transmisión y el espectro de reflectancia de algunos aceites vegetales han demostrado la posibilidad de utilizar estos aceites como bloqueo de luz solar para

have study the reflectance and the fluorescence spectra of crude and refined industrial oils as sunflower, soybean, canola, and palm, they are commercial oils or oil mixtures, used to produce edible oils. The vegetable oil reflectance was measured on pure oil samples without dilution; using a Spectrophotometer, USB4000 ® Ocean Optics, a standard tungsten-halogen lamp, KL-1500 ® Schott, and a reflection probe R200-7 ® Ocean Optics. For the fluorescence measurement, oil samples were placed in 1 cm UV-VIS-NIR disposable cuvettes, placed on a standard 4-way cuvette holder. As excitation sources blue and white LEDs, as well as 470 nm, 532 nm DPSSL and 633 nm HeNe lasers were used. Transmittance, Reflectance and Fluorescence spectra are presented and compared, looking for possible applications in Optics and Agriculture.

Keywords: spectrometry, laser induced fluorescence, vegetable oils.

aplicaciones muy diversas. Hemos realizado el estudio de la reflectancia y de los espectros de fluorescencia de los aceites industriales crudos y refinados de girasol, soja, canola y palma, que son aceites comerciales o mezclas de aceites, utilizados para producir aceites comestibles. La reflectancia espectral de los aceites vegetales se midió en muestras de aceite puro sin diluir, usando un espectrofotómetro, USB4000 ® de Ocean Optics, una lámpara de tungsteno-halógeno, KL-1500 ® Schott, y una sonda de reflexión R200-7 ® de Ocean Optics. Para la medición de fluorescencia, las muestras de aceite se colocaron en cubetas UV-VIS-NIR, desechables, de 1 cm de camino óptico, colocado en un soporte estándar de 4 vías para cubetas. Como fuentes de excitación se usaron LEDs azul y blanco, así como también DPSSL de 470 nm, 532 nm y láser HeNe 633 nm. La transmitancia, la reflectancia y espectros de fluorescencia son presentados y comparados, en busca de posibles aplicaciones ópticas en Óptica y la Agricultura.

Palabras clave: Espectrometría, fluorescencia inducida por laser, Aceites vegetales.



ESTIMATION OF TRANSFER FUNCTION OF PIEZOELECTRIC CRYSTALS USED IN THE STUDY OF ACOUSTIC WAVES PROPAGATION IN ROCKS

**H. Altamar^{1,3}, J.E. Guerrero¹, Y. Torres¹,
C.C. Piedrahita²**

¹GOTS. Univ. Ind. de Santander. Colombia

²Univ. Ind. de Santander. ECOPETROL-
ICP, Colombia.

³Univ. Tecn. de Bolívar. Colombia.

haltamar@unitecnologica.edu.co

The estimate of the frequency response of PZT piezoelectric crystals, which are excited by voltage signals, is a key element of such applications. These PZT are used in rock physics laboratory for the detection of petrophysical properties, such as the



ESTIMACIÓN DE LA FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA DE CRISTALES PIEZOELECTRICOS USADOS EN EL ESTUDIO DE PROPAGACIÓN DE ONDAS ACUSTICAS EN ROCAS

La estimación de la respuesta en frecuencia de cristales piezoeléctricos PZT, que se excitan con señales de voltaje, es un elemento clave en las aplicaciones de los mismos. Estos PZT son utilizados en el laboratorio de Física de Rocas para la

identification of micro-cracks. This paper addresses the problem of frequency characterization of a piezoelectric crystal according to two specific applications: Piezoelectric used as senders and receivers of acoustic pulses or amplitude modulators in systems with scanning as Michelson interferometers. The PZT used as emitting acoustic pulses, is that the crystals exhibit resonance peaks in the signals recorded in the band 100kHz - 600kHz, while the deformation of the crystals detected by interferometric technique exhibit resonance peaks in the band from 200Hz - 6KHz.

Keywords: PZT, transfer function, interferometry, acoustic signals.

detección de propiedades petrofísicas, como por ejemplo en la identificación de microgrietas. En este trabajo se aborda el problema de la caracterización en frecuencia de un cristal piezoeléctrico de acuerdo a dos aplicaciones específicas: Piezoeléctricos utilizados como emisores y receptores de pulsos acústicos o como moduladores de amplitud en sistemas interferométricos de barrido tipo Michelson. En los PZT utilizados como emisores de pulsos acústicos, se encuentra que los cristales exhiben picos de resonancia en las señales registradas en la banda de 100 KHz – 600 KHz, mientras que la deformación de los cristales detectadas por técnica interferométrica exhiben picos de resonancia en la banda de 200 Hz – 6 KHz.

Palabras clave: PZT, función de transferencia, interferometría, señales acústicas.



THREE LEVEL MULTIPOINT SENSOR BASED ON BRAGG GRATING

**O. Méndez-Zepeda, S. Muñoz-Aguirre,
G. Beltrán-Pérez, J. Castillo-Mixcóatl**
*Benemérita Universidad Autónoma de
Puebla. Mexico.*
mezeos9@yahoo.com

In some control and measurement industrial systems of physical variables (pressure, temperature, flow, etc) it is necessary one system and one sensor for all the control processes. On the other hand, there are systems such as PLC (Programmable Logic Control) devices, which can process all the signals; however it is still necessary to use one sensor for each variable. For this reason, in the present work the use of a multipoint sensor to solve such problem has been proposed. The sensor consists of an optical fiber laser with two Fabry-Perot cavities constructed using fiber Bragg gratings (FBG). Therefore, in the same system is



SENSOR MULTIPUNTO DE TRES NIVELES A BASE DE REJILLAS DE BRAGG

En algunos casos los sistemas de control y monitoreo de variables físicas (presión, temperatura, flujo, etc.) en la industria requieren de un sistema y sensor por cada proceso a controlar. Por otro lado existen sistemas como los controladores lógicos programables (PLC, por sus siglas en inglés) que pueden procesar todas las señales pero aun así se requiere de un sensor por cada variable. Por esto, para eliminar el uso del sensor por cada señal a controlar se propone utilizar un sensor multipunto, el cual ha sido desarrollado a partir de un láser de fibra con dos cavidades tipo Fabry-Perot construidas a partir de rejillas de Bragg en fibra (FBG, por sus siglas en inglés), de tal manera que en un

possible to measure changes in two variables by detecting the intermodal frequency of each cavity and evaluating their amplitudes. The intermodal frequencies separation depends on each cavity length. The sensor signals are monitored through an oscilloscope and after that acquired by the RS232 communication protocol using MATLAB in a PC, where they are analyzed and displayed. Results of the evaluation of two displacement variables discretized in three levels are shown.

Keywords: multipoint sensor, fiber laser, fiber Bragg grating, intermodal frequency.

mismo arreglo (sensor distribuido) se pueden medir cambios en dos señales a partir de la detección de la frecuencia intermodal de cada cavidad midiendo sus amplitudes. El valor de la frecuencia intermodal depende de la separación longitudinal de las FBG que conforman las dos cavidades. Las señales provenientes del sensor se monitorean en un osciloscopio y posteriormente se adquieren a través del protocolo de comunicación RS232 a partir de MATLAB donde se analizan y grafican. Se presentan resultados de la evaluación de dos variables de desplazamiento discretizadas en tres niveles.

Palabras clave: sensor multipunto, laser de fibra, rejilla de Bragg, frecuencia intermodal.



LASER SHOCK PROCESSING OF ALUMINUM ALLOY

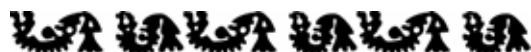
G. Gómez-Rosas¹, C. Rubio-González², J.L. Ocaña³, C. Molpeceres³, J.A. Porro³, M. Morales³, J.C. Ibarra-Torres¹, M.A. Santana-Aranda¹, A. Pérez-Centeno¹

¹Universidad de Guadalajara. Mexico.

² Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial de Queretaro. Mexico.

³Universidad Politécnica de Madrid, Spain.
gomezrg@hotmail.com

Laser Shock Processing (LSP) has been proposed as a competitive alternative technology to classical treatments for improving fatigue and wear resistance of metals. We present a configuration and results in the LSP concept for metal surface treatments in underwater laser irradiation at 1064 nm. A convergent lens is used to deliver 0.8 J/pulse in 6 ns laser FWHM pulse produced by 10 Hz Q-switched Nd:YAG laser with spots of 1.5mm, 1 mm and 0.8 mm in diameter moving forward along the work piece. A LSP configuration with experimental results using a pulse density of 2500 pulses/cm² and 5000 pulses/cm² in 6061-T6 aluminum samples are presented.



TRATAMIENTO POR MEDIO DE IMPACTOS LASER DE ALEACIONES DE ALUMINIO

El tratamiento por impactos Láser (LSP) se ha propuesto como una tecnología alternativa comparativa a los tratamientos clásicos para la mejora a la resistencia a la fatiga y al desgaste de los metales. En este trabajo presentamos una nueva configuración y los resultados obtenidos para el tratamiento superficial de metales bajo agua a 1064 nm. Una lente convergente es utilizada para guiar un pulso láser de 0.8 J/pulso en 6 ns FWHM pulso producido a 10 Hz con un láser pulsado con Q-switch Nd:YAG con un ancho de haz focalizado de 1.5mm, 1 mm y 0.8 mm de diámetro, el cual se mueve a lo largo de la pieza tratada. Los resultados son presentados utilizando una

High level compressive residual stresses are produced. This method can be applied to surface treatment of final metal products.

Keywords: laser shock processing, compressive residual stress.

densidad de pulsos de 2500 pulsos/cm² y 5000 pulsos/cm² en muestras de aleación de aluminio 6061-T6. Elevados valores de esfuerzos residuales inducidos son obtenidos. Este método puede ser aplicado en el tratamiento superficial final de productos metálicos.

Palabras clave: Tratamiento por impactos láser, esfuerzos residuales de compresión.



SEARCHING FOR A LOW-COST PRACTICAL TEST FOR THE DETECTION OF DEFICIENCIES IN THE HUMAN COLOR VISION

**E. Gómez¹, J.M. Ontibón G.¹,
A.F. García I.¹, C.P. Valdés², E. Solarte²**

¹Universidad Antonio Nariño. Colombia.

²Universidad del Valle. Colombia.

directorudci.electronicaybiomedica@uan.edu.co

The normal color vision is a visual ability essential to the process of learning for young children, and it is fundamental to understand certain graphic formats such as maps, by older children. Likewise, color vision is essential for the performance of certain work activities, those should not be undertaken if the worker presents color confusion; also color codes are used to communicate risks, often lethal. Usually the assessment of color vision is achieved by test based on the principle of equalization of color in photometric fields, which are associated with controlled psychophysical attributes. Test as Farnsworth or Ishijara, among others, are of limited use in our environment and are restricted to a certain segment of the population, because they are expensive, delicate and not very durable; at the same time are difficult to understand by young children, who are not allowed to touch them because that causes loss of accuracy.

We proposed a design which we call "Garonti test" in which colored wool were used, that had the advantages of being inexpensive and easy to apply. This test design was evaluated and validated on

BUSQUEDA DE UN TEST PRÁCTICO Y DE BAJO COSTO PARA LA DETECCIÓN DE ANOMALÍAS EN LA VISIÓN HUMANA DEL COLOR

La visión normal del color es una habilidad visual indispensable para el proceso de aprendizaje de niños pequeños y es fundamental para comprender ciertos formatos gráficos como los mapas, por parte de niños más grandes; así mismo, la visión cromática es primordial en el desempeño de ciertas actividades laborales que no deben ser realizadas si existe confusión por parte del trabajador, igualmente los códigos de color son utilizados para informar sobre riesgos muchas veces letales. Comúnmente la valoración de la visión cromática se realiza por medio de test basados en el principio de igualación del color en campos fotométricos asociados con atributos psicofísicos controlados. Test como Farnsworth, o Ishijara, entre otros, son de uso limitado en nuestro medio y para cierto segmento de la población, por ser costosos, delicados y poco durables; al mismo tiempo son de difícil comprensión para los niños pequeños a quienes no se les permite tocarlos, porque esto hace que vayan perdiendo sus matices.

Se propuso un diseño al que llamamos "test de Garonti", en este diseño se usaron lanas

patients, and as a result, a more complete quantitative validation was recommended. A study was performed to compare the test Garonti elements with the elements of test Farnsworth D-15, through spectral analysis and colorimetry. The study found further evidence to suggest more assays are necessary to find elements for the Garonti test, traversing the circumference of the hue, as indeed the colored wools did, but with less variation in saturation and brightness.

Currently studies are being done to find low-cost elements equivalent colorimetric and spectrophotometric to test Farnsworth D - 15. The results of this work using high quality commercial colored pencils, will also be presented in another paper in this event. With the experience we will develop a test for abnormalities of color vision that meets the known test requirements and our needs in cost and portability.

Keywords: human color vision, colorimetry, spectrophotometry, clinical test.

de colores que presentaban las ventajas de ser de bajo costo y fácil aplicación. Este primer diseño del test fue evaluado con pacientes y se recomendó validarlo cuantitativamente. Para lo cual se realizó un estudio en el que se compararon los elementos del test de Garonti con los elementos del test de Farnsworth D-15, a través del análisis espectral y colorimetría. El estudio concluyó recomendado más pruebas para proponer patrones para el test de Garonti que recorran la circunferencia del matiz, como efectivamente lo hacen los elementos de lana, pero con menor variación en saturación y luminosidad.

Actualmente se están adelantando estudios para hallar elementos de bajos costo equivalentes colorimétricos y espectrofotométricos al test Farnsworth D - 15. Los resultados de estos trabajos usando lápices de color comerciales y de alta calidad, también serán reportados en otra ponencia en este evento. Con la experiencia acumulada se pretende desarrollar un test de anomalías de visión del color que cumpla los requisitos de los test conocidos y nuestras necesidades de costo y portabilidad.

Palabras clave: visión del color, colorimetría, espectrofotometría, test clínico.



SHEAR VELOCITY ESTIMATION IN TISSUE FROM INTERFERENCE PATTERNS IN SONOELASTOGRAPHIC IMAGES

B. Castaneda¹, D.J. Rubens², K. Parker³

¹PUCP. Peru.

²Univ. Rochester Medical Center. USA.

³University of Rochester. USA.

castaneda.b@pucp.edu.pe

Sonoelastography is an imaging technique which utilizes Doppler Ultrasound to estimate the peak displacement of the tissue under an externally induced mechanical harmonic excitation. When two opposing



ESTIMACIÓN DE LA VELOCIDAD DE CORTE EN TEJIDO A TRAVÉS DEL USO DE INTERFERENCIA DE PATRONES EN IMÁGENES SONOELASTOGRÁFICAS

La sonoelastografía es una técnica de imágenes que utiliza ultrasonido Doppler para calcular el desplazamiento pico del tejido bajo una excitación mecánica, armónica y externa. Cuando dos fuentes de

shear wave vibration sources are vibrated at slightly offset frequencies, sonoelastography images a slowly propagating interference pattern, termed Crawling Waves (CrW). The apparent velocity of the CrW is proportional to the underlying shear velocity of the tissue, and can be used to estimate its shear velocity and, equivalently, its elasticity modulus. The main advantage of this technique is that it offers a quantitative estimation of the viscoelastic properties of the tissue, and it can be used to characterize pathologies such as (prostate, breast) cancer, liver fibrosis staging and assessment of skeletal muscle functioning. In the last two cases, it is not required to obtain an image representing the local distribution of the elastic properties of the tissue, but rather obtain an average value of the elasticity of the overall imaged sample. In this article, we present an algorithm that combines the information of a region of interest in order to obtain a robust estimate of the overall elasticity. The algorithm requires that the user inputs a region of interest (ROI) which is far from the vibration sources. Under this consideration, the interference pattern in the ROI appears as parallel stripes (see Figure 1).

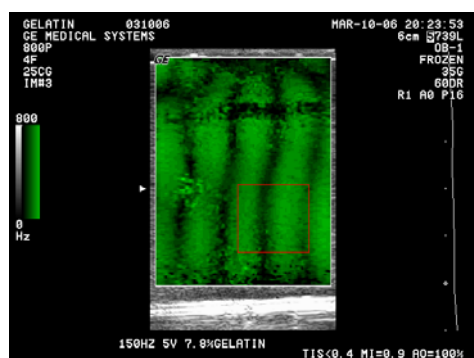


Figure 1. An example of the interference pattern showed in an image of Crawling Waves Sonoelastography. A red square marks the region of interest to be evaluated.

A projection of the image over the axis perpendicular to the stripes is built and fit into a cosine model. The proposed algorithm was employed to calculate the viscoelastic properties of a human prostate gland ex vivo and a fresh and thermally treated liver. The

vibración, opuestas una a la otra, vibran a frecuencias ligeramente diferentes, la Sonoelastografía muestra una imagen con un patrón de interferencia que se mueve lentamente. A este patrón se le denomina ‘Onda de Rastreo’ o Crawling Wave por sus siglas en inglés (CrW). La velocidad aparente de la CrW es proporcional a la velocidad de corte de los tejidos subyacentes, y puede ser utilizada para estimar su velocidad de corte, o equivalentemente, su módulo de elasticidad. La principal ventaja de esta técnica es que ofrece una estimación cuantitativa de las propiedades viscoelásticas del tejido, y puede ser utilizada para caracterizar patologías tales como cáncer (de próstata, mama), el estadio de la fibrosis hepática, y la evaluación del funcionamiento del músculo esquelético. En los dos últimos casos, no se requiere obtener una imagen que represente la distribución local de las propiedades elásticas del tejido, sino más bien obtener un valor promedio de la elasticidad de la muestra global. En este artículo se presenta un algoritmo que combina la información de una región de interés con el fin de obtener una estimación robusta de la elasticidad global. El algoritmo requiere que el usuario seleccione una región de interés (RI) que esté lejos de las fuentes de vibración. Bajo esta consideración, el patrón de interferencia en la RI aparece como franjas paralelas (ver Figura 1). Se construye una proyección de la imagen sobre el eje perpendicular a las franjas y se encajan en un modelo en base a la función coseno. Este algoritmo se utilizó para calcular las propiedades viscoelásticas de una glándula de próstata humana ex vivo y de un hígado fresco y uno tratado térmicamente. Las estimaciones están de acuerdo con los resultados de otras mediciones mecánicas utilizando un modelo Kelvin-Voigt de derivada fraccional.

Figura 1. Un ejemplo de los patrones de interferencia en una imagen de sonoelastografía por ondas de rastreo. El cuadrado rojo indica el área de interés a ser evaluada.

Palabras clave: Sonoelastografía de ondas de rastreo, elasticidad, patrones de interferencia, cáncer de próstata, hígado.

estimations agreed with results from mechanical measurements using a Kelvin-Voigt Fractional Derivative model.

Keywords: Crawling Wave Sonoelastography, elasticity estimation, interference patterns, prostate cancer, liver.



DIRT REFERENCE STANDARDS CHARACTERIZATION BY USING LASER ABLATION INDUCED PHOTOACOUSTICS AND LOW COHERENCE INTERFEROMETRY

**D.J.O. Orzi¹, E.N. Morel², J.R. Torga²,
A.N. Roviglione³, G.M. Bilmes¹**

¹*Centro de Investigaciones Ópticas.
Argentina.*

²*UTN. Argentine.*

³*Universidad de Buenos Aires. Argentine.*

dorzi@ciop.unlp.edu.ar

Measurement of surface cleanliness and dirt characterization are important problems in a wide range of processes in industry and production areas. Standard methods are in most cases cumbersome laboratory procedures that must be performed out of the production lines. In the last years we developed an on-line new method for measuring the cleanliness of any surface, by using laser ablation and acoustic detection [1,2,3]. This instrument and other methods for cleanliness determination and dirt characterization require reference standards for calibration. For that purpose we built a possible dirt reference standard (DRS) made by films of graphite grease performed with paintings extenders and subjected to heat treatment for mechanical stabilization. The DRS characterization was performed by using laser ablation techniques with photoacoustic detection and the measurement of the thickness of the films were made by low-coherence interferometry. Photoacoustic measurements show that samples of around 50 microns grease



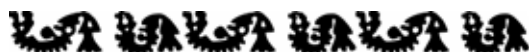
CARACTERIZACION DE PATRONES DE REFERENCIA DE SUCIEDAD UTILIZANDO FOTOACUSTICA INDUCIDA POR ABLACION LASER E INTERFEROMETRIA DE BAJA COHERENCIA

La medición de la limpieza de superficies y la caracterización de suciedad superficial son problemas importantes en una amplia gama de procesos en la industria y en la producción de manufacturas. Los métodos estándar que se utilizan en la mayoría de los casos involucran procedimientos de laboratorio complicados, que deben realizarse fuera de las líneas de producción. En los últimos años se ha desarrollado y patentado un método y un instrumento para la medición de la limpieza de cualquier superficie, que utiliza ablación láser y detección acústica [1, 2, 3]. Este instrumento y otros métodos que se emplean para la determinación del grado de limpieza de una superficie y para la caracterización de la suciedad, requieren patrones de referencia para su calibración. En este trabajo se diseñó e implementó un posible patrón de referencia de suciedad (PRS), realizado utilizando una película de grasa grafitada depositada sobre un sustrato de acero mediante un entendedor de pinturas, y sometida a tratamiento térmico para su estabilización mecánica.

thickness, with graphite concentration below 5%, besides its good reproducibility, have a good performance to be used as DRS.

- [1] G. M. Bilmes, O. E. Martínez: “Equipo láser para la medición de suciedad en chapas de acero”. Patente P00010124, Argentina, (2000).
- [2] G. M. Bilmes, O. E. Martinez: Laser Apparatus for measuring dirt density on steel plates. Patent 6.546.784-EEUU, (2003).
- [3] G. M. Bilmes, D. J. O. Orzi, O. E. Martínez, A. Lencina. Applied Physics B, 82, 643 (2006).

Keywords: laser ablation. photoacoustics. low-coherence interferometry.



STUDY OF THE DIRECT PROBLEM IN TURBID MEDIA WITH INCLUSIONS USING MONTE CARLO SIMULATIONS AND TRANSMITTED LIGHT EXPERIMENTS

N.A. Carbone¹, H.O. Di Rocco^{1,2},
D.I. Iriarte^{1,2}, J.A. Pomarico^{1,2},
H.F. Ranea-Sandoval^{1,2}

¹Universidad Nacional del Centro de la
Provincia de Buenos Aires. Argentine.

²Concejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas. Argentine.

diriarte@exa.unicen.edu.ar

Optical imaging through highly scattering media such as biological tissues is a topic of intense research, especially for biomedical applications. Diverse optical systems are currently under study for displaying the functional imaging of the brain and for the detection of breast tumors.

From the theoretical point of view, a suitable description of light propagation in tissues can be made with the Radiative Transfer Equation (RTE), which considers the energetic aspects of light propagation. However, this equation cannot be solved analytically in a closed form; instead the

La caracterización de los PRS se realizó utilizando técnicas de ablación con láser con detección fotoacústica. La medición del espesor de las películas fue hecha mediante interferometría de baja coherencia. Los resultados obtenidos permiten concluir que las muestras fabricadas con una concentración de grafito debajo del 5% y de espesores de alrededor de 50 micrones, además de su buena reproducibilidad, son apropiadas para su utilización como PRS.

Palabras clave: ablación laser, fotoacustica. interferometría de baja coherencia.



ESTUDIO DEL PROBLEMA DIRECTO EN MEDIOS TURBIOS CON INCLUSIONES USANDO SIMULACIONES DE MONTE CARLO Y EXPERIMENTOS DE LUZ TRANSMITIDA

La formación de imágenes a través de medios altamente dispersivos, como son los tejidos biológicos, es un tema de intensa investigación, especialmente para aplicaciones biomédicas. Diversos sistemas se encuentran actualmente en estudio, tanto para producir imágenes funcionales del cerebro como para la detección de tumores en mamas.

Desde un punto de vista teórico, una descripción adecuada de la propagación de luz en tejidos puede hacerse por medio de la Ecuación de Transferencia Radiativa (RTE), que considera los aspectos energéticos de la

Diffusion Approximation (DA) is normally used.

In this work, we investigate the transmitted light profiles when scattering and absorbing inhomogeneities are located at different depths inside slabs of turbid media. This is important for the optical characterization and localization of tumors in optical mammography. Three points of view are considered and compared, namely, experiments, theory and numerical simulations. The experiments were made using both, Continuous Wave (CW) and Time Resolved (TR) techniques. A theoretical model is proposed to fit the experiments. Numerical Monte Carlo (MC) simulations were implemented in a Graphic Processing Unit (GPU) (Video accelerating Card). Calculations are thus several orders of magnitude faster than those run in CPU.

We present some situations for liquid phantoms with several inclusions, as well as an example on *ex vivo* real biological tissue. Additionally, a novel normalization procedure is proposed to solve some ambiguities in the interpretation of the transmitted light profiles.

Keywords: turbid media, diffusion, tissue optics.

propagación de la luz. Sin embargo esta ecuación no puede resolverse usualmente en forma cerrada; en cambio se utiliza normalmente la Aproximación de Difusión (DA).

En este trabajo investigamos los perfiles de luz transmitidos cuando se colocan inclusiones absorbentes y dispersantes en el interior de lonchas de medios turbios. Esto es importante para la caracterización y localización de tumores en mamografía óptica. Se consideran tres puntos de vista, a saber, experimentos, teoría y simulaciones numéricas. Los experimentos se llevaron a cabo usando las técnicas de onda continua (CW) y de resolución temporal (TR). Se propone un modelo teórico para ajustar los experimentos. Las simulaciones numéricas de Monte Carlo (MC) se implementaron en unidades de procesamiento gráfico (GPU) (Placas aceleradoras de Video). Los cálculos resultan así varios órdenes de magnitud más rápidos que aquellos realizados en la CPU.

Presentamos algunas situaciones para fantasmas líquidos con varias inclusiones como así también un ejemplo sobre tejido biológico real *ex-vivo*.

Adicionalmente se presenta un novedoso método de normalización para resolver algunas ambigüedades en la interpretación de los perfiles de luz transmitidos.

Palabras clave: medios turbios, difusión, óptica de tejidos.



STUDY OF ABSORBING INCLUSIONS IN TURBID MEDIA SLABS USING TIME RESOLVED AND CW LIGHT TRANSMISSION

H.O. Di Rocco^{1,2}, D.I. Iriarte^{1,2}, J.A.
Pomarico^{1,2}, H.F. Ranea-Sandoval^{1,2}

¹Universidad Nacional del Centro de la
Provincia de Buenos Aires. Argentina.

²CNICT.Argentine.

diriarte@exa.unicen.edu.ar

In the last decade, the use of red and near-infrared radiation has been proposed as a



ESTUDIO DE INCLUSIONES ABSORBENTES EN MEDIOS TURBIOUS USANDO TRANSMISIÓN DE LUZ CONTÍNUA Y RESUELTA EN EL TIEMPO

En la última década, el uso de radiación roja e infrarroja ha sido propuesto como una

tool for a possible noninvasive imaging modality to detect pathological processes leading to changes in optical properties of tissue. Until now, a major obstacle in the achievement of such a modality is the strong scattering of light by biological tissues that dramatically deteriorates image quality and may smudge images structures inside the tissue, such as tumors. Despite its relative lower spatial resolution when compared to X- Rays, the interest in this novel noninvasive tool relies on its capability to optically characterize the inhomogeneities, so complementing the techniques used for localization.

The problem of scattered light admits three approaches, namely time resolved, steady state (or continuous wave: CW), and frequency-domain optical techniques. From a theoretical point of view, the light propagation in highly complex media such as biological tissues can be modeled by the Radiative Transfer Equation (RTE). In particular when the scattering process dominates over the absorbing process, as in the biological tissues, the RTE equation can be reduced to the photon diffusion approximation (DA).

Experimentally, we investigate the transmitted light profiles when scattering and absorbing inhomogeneities are located at different depths inside slabs of turbid media. In particular, we present the case of cylindrical inclusions submerged in rectangular tanks of liquid phantoms. We analyze the transilluminance light profiles when the phantom is scanned—using a NIR laser. The study of the spatial profiles obtained with CW light shows an apparently contradictory effect when the absorption coefficient of the inclusion is higher than that of the bulk. In this case, the intensity profiles present a peak of higher intensity when the laser, the detector and the axis of the cylinder are all collinear, as it would be expected for a less absorbing inclusion. To address this problem, and provided that time resolved techniques can give more information than CW, we present an analysis of the distributions of times of flight of the photons (DTOF) for several inclusion positions. This approach considers not only the zero moment of the light pulses (equivalent to CW measurements) but also higher order moments. The experiments

herramienta para una modalidad de obtención de imágenes no invasiva para detectar procesos patológicos que conducen a cambios en las propiedades ópticas del tejido. Hasta el momento, el mayor obstáculo en el logro de tal modalidad es la fuerte dispersión de la luz por los tejidos biológicos que deteriora dramáticamente la calidad de la imagen y puede borrar las estructuras de las imágenes dentro del tejido, tal como son los tumores. A pesar de esta relativa resolución espacial cuando se compara con los Rayos X, el interés en esta novedosa herramienta no invasiva reside en su capacidad para caracterizar ópticamente las inhomogeneidades, complementando así las técnicas usadas para la localización.

El problema de la luz dispersada admite tres enfoques, denominados técnicas ópticas resueltas en tiempo, técnicas de estado estacionario (o de onda continua: CW), y técnicas resueltas en frecuencia. Desde un punto de vista teórico, la propagación de la luz en medios altamente complejos tal como son los tejidos biológicos puede ser modelada por la Ecuación de Transferencia Radiativa (RTE). En particular cuando los procesos de scattering o dispersión dominan sobre los procesos absorbentes, como en los tejidos biológicos, la ecuación de RTE puede ser reducida a la aproximación por difusión para fotones (DA).

Experimentalmente, investigamos los perfiles de luz transmitida cuando inhomogeneidades absorbentes y dispersivas son ubicadas en diferentes profundidades en el interior de lonchas de medios turbios. En particular, presentamos inhomogeneidades el caso de inclusiones cilíndricas inmersas en cubetas rectangulares de fantasmas líquidos. Analizamos los perfiles de transiluminancia cuando el fantoma es barrido usando un láser NIR. El estudio de los perfiles espaciales obtenidos con luz CW muestra un efecto aparentemente contradictorio cuando el coeficiente de absorción de la inclusión es mayor que el del medio. En este caso, los perfiles de intensidad presentan un pico de alta intensidad cuando el láser, el detector y el eje del cilindro son colineales, como debería esperarse para una inclusión menos absorbente. Para tratar este problema, y siempre que las técnicas resueltas en tiempo pueden dar más información que CW, presentamos un análisis de la distribución de

were compared with a theoretical model for cylindrical inclusions.

Keywords: turbid media, diffusion, tissue optics.

tiempos de vuelo de los fotones (DToF) para diferentes posiciones de las inclusiones. Este enfoque considera no sólo los momentos de orden cero de los pulsos de luz (equivalente a las medidas de CW) sino también los momentos de orden mayor. Los experimentos fueron comparados con modelos teóricos para inclusiones cilíndricas.

Palabras clave: medios turbios, difusión, óptica de tejidos.



RESONANT PHOTOACOUSTIC WATER VAPOR MEASUREMENT IN GASEOUS SAMPLES EXCITED BY NEAR INFRARED LEDS

R. Bernhardt¹, M. González¹,
G. Santiago¹, V. Slezak², A. Peuriot²

¹Universidad de Buenos Aires. Argentine.

²Centro de Investigaciones en Láseres y
Aplicaciones. Argentine.

gsantia@fi.uba.ar

We introduce a prototype of a photoacoustic device devoted to measure water vapor content in air. The device comprises a cylindrical glass cell and an electret microphone placed at the cell's end. The water is excited by a set of LEDs ($\lambda \sim 940$ nm) that illuminate the cell transversally. The LEDs arrangement and the modulated currents that feed them are such that the first longitudinal acoustic mode resonates. The detection limit is determined by the optical absorption of the glass that heats the air and generates a background signal. To overcome this problem, we added a second set of blue LEDs ($\lambda \sim 470$ nm). The currents that drive these LEDs are 180 degrees apart from the ones that drive the IR emitters. Since the absorption coefficient of water is very small at 470 nm, whilst the glass has an almost uniform one, it is possible to lessen greatly the background. This is achieved by equalizing the optical power of both sets of LEDs, a goal accomplished by adjusting the driving currents until the background signal



DETERMINACIÓN FOTOACÚSTICA RESONANTE DEL CONTENIDO DE AGUA EN MUESTRAS GASEOSAS EXCITADAS POR LEDS EN EL INFRARROJO CERCANO

Mostramos un prototipo de laboratorio para medir la concentración de vapor de agua en aire. El dispositivo consta de una celda cilíndrica de vidrio con un micrófono electreto adosado en uno de los extremos de la celda. La luz emitida por un conjunto de LEDs ($\lambda \sim 940$ nm), que iluminan transversalmente la celda, es absorbida por el agua. La disposición de los LEDs y las corrientes moduladas que circulan por ellos son tales que excitan el primer modo longitudinal del resonador acústico. El límite de detección está dado por la absorción óptica del vidrio que calienta el aire y genera una señal de fondo. Para disminuir esta señal agregamos un segundo conjunto de LEDs azules ($\lambda \sim 470$ nm). Éstos son excitados en contrafase con respecto a los LEDs infrarrojos. Dado que el coeficiente de absorción del agua es muy pequeño a 470 nm y el del vidrio es casi constante, conseguimos así cancelar la señal debida a la absorción del vidrio, mejorando el límite de

reaches a minimum value. A specially built power driver provides currents for both sets of LEDs, was. This driver is controlled by a personal computer that provides a low-level reference signal and performs synchronic detection of the microphone's signal. This setup, simple and compact, is useful to measure water content in different environments. We show calibration curves obtained with laboratory-made mixtures and from atmospheric samples.

Keywords: photoacoustic.

detección. Para cancelar el fondo es necesario igualar las potencias de ambos conjuntos de LEDs. Esto se consigue ajustando las corrientes hasta minimizar la señal acústica de fondo. Las corrientes que excitan los LEDs, con las amplitudes y fases adecuadas, son provistas por un circuito construido especialmente. Éste es controlado por una computadora personal que genera la señal de bajo nivel y además realiza la detección sincrónica de la señal del micrófono. Este sistema, simple y compacto, es útil para cuantificar la cantidad de agua distintos ambientes. Presentamos curvas de calibración obtenidas sobre muestras preparadas en el laboratorio y medidas en muestras atmosféricas.

Palabras clave: fotoacústica.



PHOTOACOUSTIC DETECTION OF INHOMOGENEITIES IN TURBID MEDIA

**P. Grondona¹, G.M. Bilmes²,
H.O. Di Rocco³, D.I. Iriarte³,
J.A. Pomarico³, H.F. Ranea-Sandoval³**

¹Univ. Nacional de Rosario. Argentine.

²CONICET-CIC. Argentine.

³Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Argentine.

hranea@exa.unicen.edu.ar

Detection of inhomogeneities in otherwise turbid media is of great importance in biology, biomedicine, environment monitoring and in quality assessment technology. In highly scattering materials, turbid or glassy structures, inspection is possible by means of X-Rays. This has the disadvantage that in biological tissue it can trigger degenerative processes in the cells. The photoacoustic technique has proven its capability of detecting small concentrations of absorbing species and is very useful in tumor detection [1,2]. In this work we show that photoacoustic techniques can reveal the presence of an object inside a turbid



DETECCIÓN FOTOACÚSTICA DE INHOMOGENEIDADES EN MEDIOS TURBIOS

La detección de inhomogeneidades en medios turbios homogéneos es importante en Biología, Biomedicina, monitoreo de ambiente y en la tecnología de control de calidad. En materiales dispersores de radiación, turbios o vítreos, tal inspección puede hacerse con Rayos X. En el caso de tejidos biológicos el empleo de este tipo de radiación puede iniciar procesos degenerativos en las células. Como alternativa en estos casos, la técnica fotoacústica probó ser capaz de detectar pequeñas concentraciones de especies absorbentes y muy útil en la detección de tumores [1,2]. En este trabajo mostramos

material, and that detection of inhomogeneities is enhanced by covering the sample's surface subject to laser excitation with a highly absorbing material. Grilon® cells were irradiated with a pulsed Nd: YAG laser at 1.06 μm , and the photoacoustic signals were recorded by means of a PZT transducer. Results with samples prepared with centered or eccentrically drilled cylindrical cavities that were alternatively empty or filled with different liquid substances are shown. The last case allows studying the signals produced in four different orientations of the inclusion with respect to the excitation and the PZT position. Experiments were made using a sample that have the laser excited lateral surfaces engraved with rectangular grooves of 0.2 mm depth, filled with thick black paint. This allows the analysis of the signals produced when the laser impinged on a black groove or in a "white" stripe. The acoustic signals are clearly distinguishable, showing also an enhancement in the detection of the cavity when excitation is produced in the black grooves.

- [1] Oraevsky & A. A. Karabutov, "Optoacoustic Tomography" Biomedical Photonics, Tuan Vo-Dinh (Ed.) CRC Press, Chapter 17 (2002).
- [2] Kwang Hyun Song, Erich W. Stein, Julie A. Margenthaler, Lihong V. Wang, "Noninvasive photoacoustic identification of sentinel lymph nodes containing methylene blue *in vivo* in a rat model", Journal of Biomedical Optics 13 (5), 054033 (September/October 2008).

Keywords: laser ultrasonics, turbid media, diffusion.

como, utilizando fotoacústica pulsada, se puede revelar la presencia de objetos extraños dentro de un material difusor de radiación y como la detección de dichas inhomogeneidades puede ser realizada cubriendo la cara excitada por el láser con un material de gran absorbancia. Se utilizó un láser pulsado de Nd: YAG emitiendo a 1,06 μm y se irradiaron celdas hechas de Grilon® colectando las señales fotoacústicas mediante un transductor PZT. Los resultados que mostramos provienen de celdas con agujeros cilíndricos centrados o descentrados, vaciados o llenos de líquidos diferentes. El caso de celdas descentradas permite el análisis en cuatro diferentes orientaciones relativas del láser y el PZT. Por otro lado se realizaron experimentos con muestras que poseen la cara a ser excitada grabada con un sistema de franjas rectangulares de 0.2 mm de profundidad, llenas con pintura negra. Esto permite el análisis de las señales que produce el láser tanto cuando incide sobre éstas o cuando incide en las bandas "blancas". Las señales acústicas producidas son perfectamente distinguibles y el análisis de las mismas permite ver que se produce un realce en la sensibilidad del método a la presencia de inhomogeneidades.

Palabras clave: ultrasonido por láser, medios turbios, difusión.



**APPLICATION OF THE
PHOTOACOUSTIC TECHNIQUE TO
THE DETECTION OF VOLATILE
ORGANIC COMPOUNDS INSIDE
CARS**

**N. Zajarevich¹, V. Slezak¹, A. Peuriot¹,
G. Santiago²**

¹CEILAP (CITEDEF-CONICET). Argentine.

²UBA. Argentine.

nzajarevich@citefa.gov.ar

One of the main topics concerning human health is the air we breathe. Regarding this issue, the detection of volatile organic compounds in industrial environment, as well as inside automobiles, is important. These may appear due to manufacturing materials such as paints and adhesives, particularly in new cars when they are exposed to high temperature in parking spaces. In this work we present a resonant photoacoustic system, totally developed in our lab, which is based on infrared laser excitation. The gases involved in this analysis, which can be detected simultaneously by our system, are mainly benzene, toluene and ethylbenzene. The system is calibrated for these molecular species and the minimum detectable concentration is determined, so the setup is adequate for this control, according to the regulations of the Occupational Security Health Administration of the United States. Samples from different cars are analyzed regarding the content of these gases and the level of toxicity of their indoor air is studied. This optical system is an interesting tool which represents a good choice in cases where otherwise gaseous chromatography is used, commonly in industry, because it does not need preparation of the sample and is able to measure in real time applications.

Keywords: photoacoustics.

**APLICACIÓN DE LA TÉCNICA
FOTOACÚSTICA A LA DETECCIÓN
DE COMPONENTES ORGÁNICOS
VOLÁTILES EN EL INTERIOR DE
AUTOMÓVILES**

Uno de los temas que concierne a la salud humana es el aire que respiramos. En este contexto es importante detectar la presencia de compuestos orgánicos volátiles en ambientes industriales así como en el interior de automóviles. Éstos pueden aparecer debido a los materiales de fabricación, las pinturas y los adhesivos, en particular en autos nuevos que estén expuestos a altas temperaturas en los estacionamientos. En este trabajo se presenta un sistema fotoacústico resonante, desarrollado en el laboratorio, que utiliza como fuente de excitación un láser infrarrojo. Los gases involucrados en este análisis, que pueden ser detectados simultáneamente por este sistema, son principalmente benceno, tolueno y etilbenceno. Se calibra el sistema para estas sustancias y se determina la mínima concentración detectable, mostrando ser el sistema apto para el control citado, según las normas establecidas por la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) de Norteamérica. Se toman muestras de diferentes automóviles nuevos y se analizan con respecto al contenido de estos tóxicos, determinándose el nivel de toxicidad del interior de los mismos. Este sistema óptico resulta una alternativa interesante a la cromatografía gaseosa, difundida para análisis industriales, que no requiere preparación de las muestras y por lo tanto permite obtener resultados rápidos en tiempo real mediante un sistema de muestreo por flujo.

Palabras clave: fotoacústica.



VISUALIZATION OF SUBSURFACE TOPOGRAPHIES BY DYNAMIC SPECKLE

**R. Arizaga¹, M. Mattenet^{1,2}, M. Trivi^{1,2},
H. Rabal^{1,2}**

¹Centro de Inv. Ópticas. Argentine.

²UNLP. Argentine.

ricardoa@ciop.unlp.edu.ar

The drying painting process has been a phenomenon taken as a standard testing tool for measuring speckle activity. This is because it is an active phenomenon relatively repeatable and testable by gravimetric measures. The measurement of the speckle activity in the imaging of a paint sample during its drying process allows determining the surface topography that hides below it. This is because lower thickness regions require less time to dry and consequently the activity of dynamic speckle generated there is less.

The measurement of the speckle imaging activity of a paint sample during its drying process allows determining the surface topography that hides below it. This is because lower thickness regions require lesser dry time and consequently the activity of dynamic speckle generated there is less.

The aim of this project is to find a method that allows characterizing unknown subsurface topography by studying the differences in dynamic speckle activity images.

In order to do this, a container with wedge-shaped profile that was coated with synthetic enamel paint, was used. An image sequence of the dynamic speckle activity was taken in a given intermediate stage of the drying process. Each region of the container, along the direction where the depth varies, has different speckle activity. The captured images were segmented and processed using correlation algorithms between neighboring areas.

The calibration is performed by relating the topography of the wedge, which was measured using a mechanical feeler, with the speckle measurements obtained through a controlled process.

The results here presented show good agreement between the speckle imaging and

VISUALIZACION DE TOPOGRAFÍAS SUBSUPERFICIALES MEDIANTE SPECKLE DINÁMICO

El proceso de secado de pintura ha sido un fenómeno tomado como patrón en el ensayo de herramientas de medida de actividad del speckle. Esto se debe que se trata de un fenómeno activo relativamente repetible y contrastable mediante medidas gravimétricas. La medida de la actividad del speckle en la imagen de una muestra de pintura en proceso de secado permite determinar la topografía de la superficie que ella oculta. Esto se debe a que las regiones de menor espesor requieren menos tiempo para su secado y, consecuentemente, la actividad del speckle dinámico que allí se genera es menor.

El objetivo de este trabajo es encontrar un método que permita caracterizar topografías subsuperficiales desconocidas mediante el estudio de las diferencias de actividad en imágenes de speckle dinámico.

Para ello se ha utilizado una cubeta con un perfil en forma de cuña que ha sido recubierta con pintura esmalte sintético. Se registró una secuencia de imágenes de speckle dinámico para un dado estadio intermedio del proceso de secado. Cada región de la cubeta a lo largo de la dirección en que varía la profundidad de la cuña presenta diferente actividad de speckle. Las imágenes fueron segmentadas y procesadas mediante algoritmos de correlación entre zonas vecinas.

La calibración del método se realizó relacionando la topografía de la cuña, medida mediante un palpador mecánico, con las medidas de speckle obtenidas mediante un procedimiento controlado.

Los resultados que se presentan muestran buen acuerdo entre las imágenes de speckle y las medidas mecánicas. Asimismo, se presenta como aplicación la determinación de la topografía subsuperficial de una moneda cubierta de pintura. Podemos observar cómo su topografía, que no es

the mechanical measurements. Also, it is presented an implementation where the subsurface topography of a coin covered in paint is discovered. Its topography, which is not observable in the raw images, is evident in the results.

Keywords: dynamic speckle, profilometry, optical metrology.

observable en las imágenes sin procesar, es evidente en los resultados.

Palabras clave: speckle dinámico, perfilometría, metrología óptica.



DYNAMIC SPECKLE CHARACTERIZING MICROALGAE MOBILITY

**M. Mattenet^{1,2}, R. Arizaga¹, I. Roquetta³,
M.C. Ríos de Molina³, H. Rabal^{1,2},
M. Trivi^{1,2}**

¹Centro de Inv. Ópticas. Argentine.

²UNLP. Argentine.

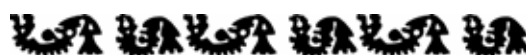
³UBA. Argentine.

ricardoa@ciop.unlp.edu.ar

Euglena gracilis is a flagellated protist belonging to the group of euglenoids with chloroplasts. Previous studies on phytoplankton Matanza River Buenos Aires, Argentina (one of the most polluted rivers in the region) show that euglenoids are among the most important groups of this community. For decades, the quality of the river has been damaged by the indiscriminate discharge of untreated effluents from different sewage, solid waste, especially waste oil and the tanning industry (chromium compounds). It was noted that euglenoids are highly resistant to these types of contamination.

This study aims to investigate the potential of dynamic speckle techniques (SDT) for the characterization of the mobility of microalgae. For the bioassays were used strains of *Euglena gracilis*: from the Matanza River.

Given that one of the effects of contaminants is to decrease the mobility of these organisms, their detection by the SDT could



SPECKLE DINÁMICO PARA CARACTERIZAR LA MOVILIDAD DE MICROALGAS

Euglena gracilis es un protista flagelado, perteneciente al grupo de los euglenoides con cloroplastos. Estudios previos sobre el fitoplancton del río Matanza, provincia de Buenos Aires, Argentina (uno de los ríos más polucionados de la región) muestran que los euglenoides son unos de los más importantes grupos de esta comunidad. Por décadas, la calidad del río ha sido deteriorada por la descarga indiscriminada de diferentes efluentes contaminados de aguas residuales, desechos sólidos, de hidrocarburos y especialmente residuos de la industria del curtido (compuestos de cromo). Se observó que los euglenoides son altamente resistentes a estos tipos de contaminaciones.

El presente trabajo tiene como objetivo investigar el potencial de las técnicas de Speckle Dinámico (SD) para la caracterización de la movilidad de microalgas. Para los bioensayos se emplearon cepas de *Euglena gracilis*: provenientes del río Matanza.

Teniendo en cuenta que uno de los efectos

be proposed as a good biomarker of pollution and/or for monitoring bioremediation processes.

In order to characterize the activity of these organisms were tested experimental measure of activity of dynamic speckle obtained from euglenas live samples and developed a numerical simulation model of the behavior of these microorganism that generate the same diagrams of dynamic speckle. The model was designed as a tool to assess what dynamic speckle processing algorithms better characterize the behavior of euglenas. The model allows to change parameters such as mobility, size, number and distribution of organisms present. The numerical simulation model was validated versus experimental assays.

Keywords: dynamic speckle.

de los contaminantes es disminuir la movilidad de estos microorganismos, su detección mediante la técnica del SD podría llegar a proponerse como un buen biomarcador de contaminación y/o para el seguimiento de procesos de biorremediación. A fin de caracterizar la actividad de estos organismos se realizaron pruebas experimentales de medida de actividad del speckle dinámico obtenido con muestras vivas de euglenas y se desarrolló un modelo de simulación numérica del comportamiento de las mismas que genera diagramas de SD. El modelo fue pensado como una herramienta que permitiera evaluar qué algoritmos de procesamiento de SD caracterizan mejor el comportamiento de las euglenas. El modelo permite modificar parámetros como la movilidad, tamaño, cantidad y distribución de los organismos presentes. El modelo de simulación numérico se validó contrastándolo con pruebas experimentales.

Palabras clave: speckle dinámico.



DISCRIMINATION BETWEEN FUNGI AND BACTERIA COLONIES USING BIOSPECKLE

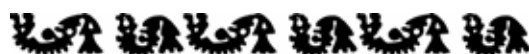
S. Murialdo¹, H. Sendra^{1,2}, M. Guzman^{1,2},
I. Passoni¹, J.F. González¹, R. Arizaga²,
H. Rabal^{1,2}, M. Trivi^{1,2}

¹Universidad Nacional de Mar del Plata.
Argentina.

²Centro de Inv. Ópticas. Argentina.

hrabal@ing.unlp.edu.ar

Biospeckle is a typical phenomenon of biological samples when illuminated by a laser. There are many applications of this technique for biological activity measurements, such as determination of viability of seeds, ripening and bruising in fruits, activity of parasites and other microorganisms, measurement of blood flow, atherosclerosis studies, brain activity



DISCRIMINACION ENTRE COLONIAS DE HONGOS Y BACTERIAS MÓVILES MEDIANTE BIOSPECKLE

El fenómeno de *speckle dinámico* o *biospeckle* es típico de las muestras biológicas cuando son iluminadas por un láser. Por sus características, son numerosas las aplicaciones de las técnicas de biospeckle en la medida de actividad biológica, como por ejemplo, determinación de viabilidad de semillas, maduración o daño en frutos, actividad de parásitos y otros

in rats, etc. Also, it is used in non-biological industrial processes for their characterization, such as drying of polymers, corrosion, efflorescence, heat exchange, etc. Recently, we used this technique to detect different degrees of motility and chemotaxis phenomena in bacterial populations under different conditions. The assessment of chemotaxis, which is the movement of microorganisms in the direction of a chemical gradient, has a significant importance in bioremediation, plant physiology, veterinary medicine, biotechnology, etc.

There are several optical methods that use white light to detect concentrations of bacteria, each of which requires specific experimental conditions. In none of these is possible to segment different degrees of motility of bacteria in global images.

In this paper we present a further development of dynamic speckle methods for studying biological activity in bacteria under swarming assays. It intends to determine differences in biological activity between bacteria and other microorganisms. In this case, we have experimented using a bacterial culture (*Pseudomonas aeruginosa*) and fungi (*Phanerochaete chrysosporium*). We placed 3 μ l in an enriched medium prior to bacterial culture in the center of a Petri dish which contained 0.25% agar (w / v). It was incubated at 25°C and the samples were analyzed by recording frame sets.

It was found that the methods of observation using white light do not distinguish the behavior of both populations, while the image processing biospeckle discriminates biological activity between *Phanerochaete chrysosporium* and *Pseudomonas aeruginosa*.

Keywords: dynamic speckle, image processing.

microorganismos, medición de flujo sanguíneo, estudios de placas ateroscleróticas, actividad cerebral en ratas, etc. También puede observarse en algunos procesos industriales no biológicos, como por ejemplo secado de polímeros, corrosión, eflorescencia, intercambio de calor, etc.

Recientemente, en nuestro grupo hemos utilizado esta técnica para detectar diferentes grados de movilidad y fenómenos de quimiotaxis en poblaciones de bacterias bajo diferentes condiciones. La evaluación de la quimiotaxis, que es el movimiento de ciertos microorganismos en dirección de un gradiente químico, tiene una importancia relevante en biorremediación, fisiología vegetal, veterinaria, biotecnología, etc.

Existen varios métodos ópticos que utilizan luz blanca para detectar concentración de bacterias, cada uno de los cuales requiere de condiciones experimentales específicas. En ninguno de ellos es posible segmentar diferentes grados de motilidad de las bacterias en imágenes globales.

En este trabajo presentamos una continuación del desarrollo de los métodos de speckle dinámico para el estudio de actividad biológica en bacterias bajo ensayos de swarming. Se intenta determinar diferencias de actividad biológica entre bacterias y otros microorganismos. En este caso, se han realizado experiencias utilizando un cultivo de bacterias (*Pseudomonas aeruginosa*) y de hongos (*Phanerochaete chrysosporium*). Se colocaron 3 microlitros de cultivo previamente crecido en un medio enriquecido, en el centro de una placa de Petri que contenía agar al 0,25% (p/v). Se incubó a 25 grados centígrados y se analizaron las muestras a tomando series temporales de imágenes.

Se ha encontrado que los métodos de observación utilizando luz blanca no discriminan el comportamiento de ambas poblaciones, mientras que el procesamiento de imágenes de biospeckle permite distinguir la actividad biológica correspondiente a *Phanerochaete chrysosporium* y *Pseudomonas aeruginosa*.

Palabras clave: speckle dinámico, procesamiento de imagen.



LOW SPECKLE ACTIVITY MEASUREMENTS IN CORN SEEDS

**M. Mattenet^{1,2}, M. Guzman^{1,3},
R. Arizaga¹, M. Trivi^{1,2}, H. Rabal^{1,2}**

¹Centro de Inv. Ópticas. Argentine.

²Univ. Nac. de Mar del Plata, Argentine.

marianam@ciop.unlp.edu.ar.

Several methods have been presented in the last years for the characterization of vegetal specimens by using the dynamic speckle phenomenon. They present some advantages with respect of the traditional ones that use other techniques.

In particular, in our group we have developed an optical method based in the analysis of biospeckle applied to the study of activity in seeds. In it, the viability of corn seeds (*Zea mays* L.) has been analyzed and compared with the traditional chemical test named Tetrazolium (TZ) staining.

By following the usual procedure, in both cases the seeds were moistened during 24 hours to start the germination process, then cut into halves and processed both halves by using the optical and the chemical techniques.

The obtained results to characterize seeds viability are comparable, but the biospeckle is faster than the TZ method and both permit to obtain the results in much short time than actual germination.

Nevertheless, there is no method in the literature that permits estimate the viability of a set of seeds that does not require the moistening and cutting. In this work we propose a non destructive testing on the embryo of uncut dry seeds where the germination process has not been started.

The aim is to determine the residual biological activity of the embryo and then correlate it with its viability. This can be verified by actual germination after processing.

In this case, the analyzed phenomenon presents dynamic speckle activity with a very slow temporal evolution. It usually is hard to detect and quantify, thus requiring algorithms that permit the analysis of very low activity dynamic speckle patterns.

We present the first results obtained by using

MEDIDAS DE BAJA ACTIVIDAD DE SPECKLE EN SEMILLAS DE MAIZ

En los últimos años se han presentado varios métodos para la caracterización de especímenes vegetales utilizando el fenómeno de speckle dinámico. Los mismos presentan algunas ventajas respecto a los métodos tradicionales que utilizan otro tipo de técnicas. En particular, en nuestro grupo hemos desarrollado un método óptico basado en el análisis de imágenes de biospeckle aplicado al estudio de actividad en semillas. Mediante el mismo se ha analizado la viabilidad de semillas de maíz (*Zea mays* L.) y se lo ha comparado con el método químico tradicional denominado test de Tetrazolim (TZ). Siguiendo el procedimiento habitual, en ambos casos las semillas han sido humedecidas durante 24hs para iniciar el proceso de germinación, luego han sido cortadas por la mitad y se ha estudiado en paralelo ambas mitades mediante la técnica óptica y la química. Los resultados obtenidos para caracterizar la viabilidad de las semillas son comparables, pero el método de biospeckle es mas rápido que el método TZ y ambos permiten observar los resultados en mucho menor tiempo que esperar el proceso de germinación en tierra de los especímenes. Sin embargo, no existe en la literatura un método que permita preveer la viabilidad de un grupo de semillas sin que éstas hayan sido humedecidas para iniciar el proceso de germinación. En este trabajo se propone un ensayo no destructivo sobre el embrión de semillas secas enteras, en las que no se ha iniciado el proceso de germinación. El objetivo es determinar la actividad biológica del embrión y luego relacionarla con su viabilidad. Esto último se realiza verificando su germinación posterior.

En este caso, el fenómeno analizado mediante speckle dinámico presenta una actividad biológica de muy lenta evolución temporal. La misma suele ser difícil de detectar y cuantificar, por lo tanto deben

this technique in corn seeds. They are compared with inert samples that make evident the difference of activity between both groups.

These results are preliminary and the study must be deepened to obtain a standardized non destructive method for the analysis of seeds.

Keywords: dynamic speckle, optical processing, non-destructive testing.

emplearse algoritmos que permitan el análisis de patrones de speckle dinámico de muy baja actividad.

Se presentan los primeros resultados obtenidos mediante esta técnica en semillas de maíz. Para verificar su validez se los compara con muestras inertes, donde se observan claras diferencias de actividad entre ambos grupos. Estos resultados son preliminares y se debe profundizar su estudio para obtener un método no destructivo estandarizado de análisis de semillas.

Palabras clave: speckle dinámico, procesamiento óptico, evaluación no destructiva.



M-I BIOSPECKLE DEPENDENCE ON TEMPERATURE AND HUMIDITY IN LUPINUS SEEDS

R. Guzmán¹, A. Vargas¹, F. Torres¹, J. Cariñe²

¹Universidad de La Frontera, Chile.

²Universidad de Concepción, Chile.

rguzman@ufro.cl

Dynamical Speckle or Biospeckle phenomenon has been studied in different contexts. It has been considered as useful technique to detect mobility in biological systems. Image processing is used to obtain a correlation between statistical parameters of Biospeckle and degree of movement of the scatters on a rough surface. One of these statistical parameters is Moment of Inertia (MI) of Co-occurrence Matrix (CM). A good agreement between MI and seeds viability has been reported for different species of agricultural interest.

In this work we present some preliminary results of MI measurements in seeds of a *Lupinus angustifolius* variety. These measurements have been developed in a controlled temperature and humidity environment. MI dependence on temperature and humidity has been established under



DEPENDENCIA DEL MOMENTO DE INERCIA (BIOSPECKLE) DE LA TEMPERATURA Y LA HUMEDAD EN SEMILLAS DE LUPINO

El fenómeno de Speckle Dinámico o Biospeckle se ha estudiado en diferentes contextos. Este ha sido considerado como una técnica útil para detectar movilidad en sistemas biológicos. Un procesamiento de imágenes se usa para obtener una correlación entre los parámetros estadísticos del Biospeckle y el grado de movilidad de los dispersores sobre la superficie rugosa. Uno de estos parámetros estadísticos es el Momento de Inercia (MI) de la Matriz de Co-ocurrencia (MC). Se ha reportado un buen acuerdo entre los valores del MI y la viabilidad de las semillas para diferentes especies de interés agrícola.

En este trabajo presentamos algunos resultados preliminares de medidas de MI en semillas de una variedad de *Lupinus angustifolius*. Estas mediciones se han desarrollado en un ambiente de temperatura

these conditions. Additionally, correlations between MI values and the elastic response to ultrasonic pulses are explored.

Keywords: biospeckle, seeds, image processing.

y humedad controlada. Bajo estas condiciones, se ha establecido la dependencia del MI de la temperatura y la humedad. Adicionalmente se explora las correlaciones que puedan existir entre los valores del MI y la respuesta elástica a pulsos de ultrasonido.

Palabras clave: biospeckle, semillas, procesamiento de imágenes.



FLUORESCENCE EMISSION BY MALIGNANT CELL CULTURES IRRADIATED USING UV - SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DIODES

**E. Solarte, C.P. Valdes, W. Criollo,
O. Gutiérrez**

Universidad del Valle. Colombia.

efrain.solarte@correounivalle.edu.co

Different types of malignant cell cultures (Astrocytoma and Melanoma), as well as Fibroblast (FPH), were prepared and cultured in isolated culture boxes from NL2 cryo preserved celular lines. The cells were cultured following standard procedures, and the cultures were maintained at 37 °C, in a regulated cellular incubator providing a humidified atmosphere with 5% CO₂. Phase contrast microscopy was used to control the culture daily grow until 90% confluence was achieved. Then the cultures were irradiated using two different semiconductor light emitting diodes (LEDs) emitting in the nearest ultraviolet range, with spectral bands centered at 395 and 380 nm respectively. The obtained spectra are presented and analyzed.

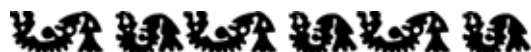
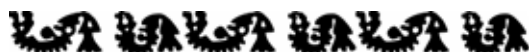
Keywords: cellular cultures, UV LED, fluorescence.



EMISION DE FLUORESCENCIA EN CULTIVOS DE CELULAS MALIGNAS IRRADIADAS CON DIODOS EMISORES DE LUZ ULTRAVIOLETA

Diferentes cultivos de células malignas de Astrocitomas y Melanomas, así como de Fibroblastos (FPH), fueron preparados en cajas separadas a partir de líneas celulares crioconservadas en NL2, las células se prepararon según un procedimiento estándar y las cajas de cultivo fueron mantenidas a 37 °C en una incubadora regulada con una atmósfera humidificada y un 5% de CO₂. Se utilizó microscopia de contraste de fase para seguir el crecimiento diario de los cultivos. Una vez los cultivos alcanzaron confluencia del 90%, se procedió a irradiarlos con dos diferentes tipos de fuentes de diodos emisores de luz (LED) en la región ultravioleta cercana, con bandas de emisión centradas en 395 y 380 nm respectivamente. Se presentan y analizan los espectros obtenidos.

Palabras clave: cultivos celulares, LED UV, fluorescencia.



**DESIGN AND IMPLEMENTATION OF
AN ALGORITHM FOR CREATING
TEMPLATES FOR THE PURPOSE OF
IRIS BIOMETRIC AUTHENTICATION
THROUGH THE ANALYSIS OF
TEXTURES IMPLEMENTED ON AN
FPGA**

**F. Giacometto, J. Vilardy, C. Torres,
L. Mattos**

*Universidad Popular del Cesar. Colombia.
ing.giacometto@gmail.com*

Currently addressing problems related to security access control, tending to that have been developed applications that work under unique individuals, such as biometric features. Becomes important in the world working with biometric images such as the liveliness of the iris which are for both the pattern of retinal images as your blood vessels. This paper presents an implementation of an algorithm for creating templates for biometric authentication with ocular features for FPGA, in which the object of study is the texture of the iris pattern is unique to each individual, the authentication will be based in processes such as edge extraction methods, segmentation principle John Daugman and Libor Masek's, and standardization to obtain necessary templates for the search for matches in a database and then get the expected results of authentication.

Keywords: vivacity of the iris, iris, biometrics, FPGA, segmentation, authentication, templates, standards.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN
ALGORITMO PARA LA CREACIÓN
DE PLANTILLAS CON FINES DE
AUTENTICACIÓN BIOMÉTRICA DE
IRIS A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE
TEXTURAS IMPLEMENTADO SOBRE
UNA FPGA**

En la actualidad se abordan problemas referentes a la seguridad en el control de acceso, tendiente a esto se han desarrollado aplicaciones que trabajan bajo características únicas en individuos, como son los rasgos biométricos. En el mundo cobra importancia el trabajo con imágenes biométricas como es el caso de la vivacidad del iris las cuales corresponden tanto al patrón de retina como a imágenes de sus vasos sanguíneos. En este artículo se presenta una implementación de un algoritmo para la creación de plantillas de autenticación biométrica con rasgos oculares para FPGA, en el cual el objeto de estudio será el patrón de texturas del iris que representa características únicas para cada individuo, la autenticación estará basada en procesos como los métodos de extracción de bordes, principio de segmentación de John Daugman y Libor Masek's, y normalización para obtener plantillas necesarias para la búsqueda de coincidencias en una base de datos y posteriormente conseguir los resultados esperados de autenticación.

Palabras clave: vivacidad del iris, iris, biométrico, FPGA, segmentación, autenticación, plantillas, normalización.



**TEMPLATE CHARACTERIZATION
AND CORRELATION ALGORITHM
CREATED FROM SEGMENTATION
FOR THE IRIS BIOMETRIC
AUTHENTICATION BASED ON
ANALYSIS OF TEXTURES
IMPLEMENTED ON AN FPGA**

**F. Giacometto, J. Vildary, C. Torres,
L. Mattos**

*Universidad Popular del Cesar. Colombia.
ing.giacometto@gmail.com*

Among the most commonly used biometric signals to establish personal security permissions, making increasingly important biometric iris recognition based on their textures and images of blood vessels due to the rich in these two unique characteristics that are unique to each individual. This paper presents an implementation of an algorithm characterization and correlation of templates created for biometric authentication based on iris texture analysis programmed on an FPGA, authentication is based on processes and characterization methods based on frequency analysis of the sample, and frequency correlation for the expected results of authentication.

Keywords: blood Vessels, iris, biometrics, FPGA, correlation, discrete Fourier dransform, characterization authentication.

**ALGORITMO DE
CARACTERIZACIÓN Y
CORRELACIÓN DE PLANTILLAS
CREADAS A PARTIR DE
SEGMENTACIÓN, PARA LA
AUTENTICACIÓN BIOMÉTRICA DE
IRIS BASADA EN ANÁLISIS DE
TEXTURAS IMPLEMENTADO SOBRE
UNA FPGA**

Entre las señales biométricas más utilizadas para establecer permisos de seguridad personales, toma cada vez más importancia el reconocimiento biométrico de iris basado en texturas e imágenes de sus vasos sanguíneos, debido a las ricas características peculiares en estas dos que son únicas en cada individuo. En este artículo se presenta una implementación de un algoritmo de caracterización y correlación de plantillas creadas para la autenticación biométrica de iris basado en análisis de texturas programado sobre una FPGA, la autenticación estará basada en procesos como los métodos de caracterización basados en el análisis frecuencial de la muestra, y correlación frecuencial para obtener los resultados esperados de la autenticación.

Palabras clave: vasos sanguíneos, iris, biométrico, FPGA, correlación, transformada de Fourier discreta, caracterización autenticación.



**THE APPLICATION OF THE
THERAPY LOW LEVEL LASER
USING EQUIPMENTS PRODUCED IN
CEADEN**

A.A. Orellana Molina,
A.M. Combarro Romero,
O. Morales Valdés, A. Hernández Díaz,
C.A. Corcho Corcho, S. Fernández Yanes,
J. Arteché Díaz, A. Porrúa García,
P.J. Larrea Cox
CEADEN. Cuba.
alina@ceaden.edu.cu

The Center of Applied Technologies and Nuclear Development (CEADEN), have the work objectives of to dissain, development, production and commercialization the medical therapeutic equipments used in the lasertherapy.

The lasertherapy is known as Low Level Laser Therapy (LLLT). Used for more than for four decades its main goal is to affect the cellular processes, achieving in this way some beneficial effects on the human body, like: analgesic, anti-inflammatory, it makes damaged soft tissues heal faster, offers a reparative and beneficial effect on the nervous tissue, mussels tissue, soft tissue and skin, tissue regeneration, cellular and mitochondrial ATP multiplication, increases the vascular activity and activates the immunological system, and so on. In Cuba the laser therapy has been use in specialties like: allergic pathologies and degenerative dystrophic, esthomatology, maxillofacial, psychiatry, general surgery, paediatrics, rehabilitation, neurology, dermatology, ophthalmology, fisiatrya, cosmetical use, orthopaedics, gynaecology, neurological use and acupuncture. Its main objective is to make the people know the wide use of this technique in almost all the specialties related to medicine, so our specialists apply it as part of the usual therapy, since it constitutes an up to date method which causes no pain, it is considered a non aggressive method, and of easy application, doesn't represent a risk for the patient and it has excellent clinical results. Other objective is known the experience in our country with significant studies realized with our equipment the lasertherapy.

Keywords: lasertherapy.

**APLICACIÓN DE LA TERAPIA LÁSER
DE BAJA POTENCIA EMPLEANDO
EQUIPOS DESARROLLADOS POR EL
CEADEN**

El Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo de la Energía Nuclear (CEADEN), tiene entre sus objetivos de trabajo el diseño, desarrollo, producción y comercialización de equipos médicos terapéuticos para la laserterapia.

La laserterapia es conocida como terapia láser de baja potencia (LLLT), se utiliza hace más de cuatro décadas, ofrece un efecto reparador y beneficioso en el cuerpo humano basándose en los efectos terapéuticos que posee: acción analgésica, acción antiinflamatoria, acción bioestimulante o trófica, teniendo efecto reparador sobre el tejido nervioso, el músculo esquelético, el tejido blando y la piel, estimula la síntesis de ATP, aumenta el sistema inmunológico y la microcirculación sanguínea. En Cuba la laserterapia se emplea en casi todas las especialidades de la medicina como son: estomatología, maxilofacial, fisiatría, cirugía general, pediatría, otorrinolaringología, traumatología, rehabilitación, neurología, dermatología, oftalmología, cosmetología, ortopedia, ginecología, acupuntura, entre otras. El principal objetivo de este trabajo es que las personas conozcan la importancia de esta técnica en las especialidades médicas para su uso terapéutico ya que constituye un método novedoso, indoloro, no agresivo, de fácil aplicación, no riesgoso para el paciente y con excelentes resultados clínicos, otro objetivo es conocer la experiencia en nuestro país con estudios significativos realizados utilizando nuestros equipos de laserterapia.

Palabras clave: laserterapia.



**EXPERIENCE IN DEVELOPMENT
AND INTRODUCTION OF
EQUIPMENT FOR LOW POWER
LASER THERAPY**

A.M. Combarro Romero,

O. Morales Valdés, A. Porrúa García,

C.A. Corcho Corcho,

A.A. Orellana Molina,

A. Hernández Díaz,

S. Fernández Yanes, P.J. Larrea Cox,

M. Cunill Rodríguez, J. Arteché Díaz

Centro de Aplicaciones Tecnológicas y

Desarrollo Nuclear. Cuba.

combarro@ceaden.edu.cu

The development experimented within the matter of low power laser for a therapeutic purpose in our country is presented. Since the mid 80s of last century until now, there has been substantial progress, especially with the equipment developed and manufactured under the registers LASERMED and FISSER. Here is shown list of different industrial models, which use both gas HeNe lasers or semiconductor lasers. Given the difficulties inherent to the process of technological innovation management, due to the different level of training of personnel who employs the laser equipment, it was necessary to implement a training system for human resources related to the activity, in order to ensure a successful process. It is also described the most important moments in the development and introduction of the equipment in the National Health Network and medical specialties with the highest incidence.

Keyword: therapeutic laser.



**EXPERIENCIA EN EL DESARROLLO
E INTRODUCCIÓN DE EQUIPOS DE
TERAPIA LÁSER DE BAJA
POTENCIA**

Se presenta el desarrollo experimentado dentro de la temática láser de baja potencia con fines terapéuticos en nuestro país. Desde mediados de la década del 80 del pasado siglo hasta la actualidad, ha habido un avance sustancial, especialmente con los aparatos desarrollados y contruidos bajo las marcas LASERMED y FISSER. Se recogen los diferentes modelos industriales, que emplean tanto láseres gaseosos de HeNe como láseres semiconductores. Teniendo en cuenta las dificultades propias del proceso de gestión de la innovación tecnológica, dado el diferente nivel de preparación del personal de salud que emplea el equipamiento láser, fue necesario implementar un sistema de formación de los recursos humanos vinculados a la actividad, en aras de garantizar un proceso satisfactorio. Además, se describen los momentos de mayor relevancia en el desarrollo y la introducción de los equipos en la Red Nacional de Salud, así como las especialidades médicas de mayor incidencia.

Palabras clave: láser terapéutico.



**CONSTRUCTION OF AN
ELLIPTICAL-CYLINDRICAL MOLD
USING CIRCULAR ROTATING
TEFLON[®] TOOL**

**B. Villalobos Mendoza¹,
A. Cordero-Dávila¹, J. González García²**

¹Benemérita Universidad Autónoma de
Puebla, Mexico.

²Univ. Tecnológica de la Mixteca, Mexico.

bvillalobosmendoza@gmail.com

This paper describes the construction of an elliptical-cylindrical mold using vertical rotating Teflon[®] tool in the polishing step. The mold is used to manufacture cylindrical solar collector lenses that do not use a tracking system and form a line as "image" of the Sun. The engine of the circular tool is placed on one arm so that the tool fits on the surface and this in turn is moved by an X-Y table, the test method and computer algorithms that predict the desired wear are described.

Keywords: elliptical-cylindrical surfaces, polishing techniques, Teflon[®] tools.

**CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE
ELÍPTICO-CILÍNDRICO
UTILIZANDO HERRAMIENTAS
VERTICALES CIRCULARES
GIRATORIAS DE TEFLON[®]**

En este trabajo se describe la construcción de un molde elíptico-cilíndrico utilizando herramientas verticales circulares giratorias de Teflón[®] en la etapa de pulido. El molde se usará para fabricar lentes colectoras solares cilíndricas que no usan un sistema de seguimiento, y que forman una recta como "imagen" del Sol.

El motor de la herramienta circular está colocado sobre un brazo para que la herramienta se adapte a la superficie y ésta a su vez es movida por una plataforma X-Y.

Se describen el método de prueba y los algoritmos computacionales que predicen el desgaste deseado.

Palabras clave: superficies elípticas-cilíndricas, técnicas de pulido, herramientas de Teflón[®].



**MATHEMATICAL MODEL AND
DEVELOPMENT OF A SOLAR STILL**

**C. García Lara¹, J. García Pérez¹,
R. Vázquez Sánchez¹, J. Camas Anzueto²,
S. Mendoza Vázquez³**

¹Univ. Ciencias y Artes de Chiapas, Mexico.

²Inst. Tecn. de Tuxtla Gutiérrez, Mexico.

³Univ. Autónoma de Chiapas, Mexico.

carlosmgl10@gmail.com

We present a brief description of some of the systems used for water treatment, accomplishing certain emphasis in those that not required consumption of conventional



**DESARROLLO Y MODELO
MATEMATICO DE UN DESTILADOR
SOLAR**

Se presenta una breve descripción de algunos de los sistemas empleados para el tratamiento de aguas, realizando cierto énfasis en aquellos que no requieren del

energies, The national and local situation is projected and its possible development due to the solar incidence and to the contributions that would generate this type of systems in the communities. This work present a study of the distillation technique from renewable energy like an alternative method to purify water, from a prototype of greenhouse solar distiller, under the climatic conditions at Tuxtla Gutierrez city. We developed a mathematical model based in the balance of energy of water contained, the temperature of water inside of the distiller is described theoretically, behavior of the temperature in the system in terms of the solar radiation is simulated, the angle of the material of cover, in terms of the use of energy and the financial resources were studied too, without failing to keep his principal characteristics of operation. The results presented a maximum output of water distilled of 3.26 kg/m² day, with 151,144.826 W's solar total radiation day, for that it is considered that the proposed prototype is competitive compared at those used in desert climates.

Keywords: solar still, mathematical model.

consumo de energías convencionales, se proyecta la situación nacional y estatal en esta materia y su posible desarrollo debido a la incidencia solar y a las contribuciones que generarían este tipo de sistemas en las comunidades. Este trabajo estudia la técnica de la destilación a partir de energías renovables como un método alternativo para purificarla, a partir de un prototipo de destilador solar tipo invernadero, se estudio bajo las condiciones climáticas presentes en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. Se desarrolló un modelo matemático basado en el balance de energía del agua contenida en él, se describe de manera teórica la temperatura del agua en el interior del destilador a lo largo del día, se estudia y se simula el comportamiento de la temperatura en el sistema en función de la radiación solar, se estudió además el ángulo del material de cubierta, en función del aprovechamiento de la energía y los recursos económicos, sin dejar de cumplir sus principales características de operación. Los resultados presentaron una producción máxima de agua destilada de 3.26 kg/m²-día, con una radiación solar total de 151,144.826 W/día, por lo que se considera que el prototipo propuesto es competitivo comparado a aquellos utilizados en climas desérticos.

Palabras clave: destilador solar, modelo matemático.



MEASUREMENT OF DRAGGING FORCE ON OPTICAL SURFACE POLISHING BY USING TEFLON[®] TOOLS

**R. Izazaga-Pérez¹, A. Cordero-Dávila¹,
J. González-García²,
J. Cuautle-Cortés¹**

¹Benemérita Univ. Autón. Puebla. Mexico.

²Univ. Tecnológica de la Mixteca. Mexico.

izazagax@gmail.com

Using a force sensor, a 4cm-diameter Teflon[®] tool and a 120cm-diameter workpiece glass rotating on a polishing



MEDIDA DE LA FUERZA DE ARRASTRE EN UNA SUPERFICIE ÓPTICA PULDA EMPLEANDO HERRAMIENTAS DE TEFLON[®]

Empleando un sensor de fuerza, una herramienta de Teflón[®] de 4 cm de diámetro y como pieza de trabajo un vidrio de 120 cm

machine (Fig. 1), we measured the dragging force between the glass and the Teflon® tool as a function of the relative speed [1]. This tool was placed at different radius over the glass in order to increase the relative speed between the glass and the tool, the angular speed of the glass was set to 6 rpm, we show experimental results about the change of dragging force by increasing the relative speed. With the dragging force we calculated the frictional force and then the produced wear according to the Preston Equation [2]. To guarantee equal concentration of the polisher-water suspension in all experiments, we used an immersion hydrometer, to relate the concentration and the density of the suspension expressed in Baumé degrees.



Figure 1: Force sensor holding Teflon® Tool over the workpiece glass.

- [1] Leonardo Téllez-Arriaga, Alberto Cordero-Dávila, Carlos Ignacio Robledo-Sánchez and Jorge Cuautle-Cortés, “Correction of the Preston Equation for low Speeds”, *Applied Optics* **46**,1408-1410, (2007).
- [2] F.W. Preston, “Theory and Design of Plate Glass Polishing Machines”, *Journal of The Society of Glass Technology*, Vol. XI, (1927).

Keywords: polishing, Teflon® tool, dragging force, frictional force.

de diámetro rotando en una maquina pulidora (Fig. 1), se midió la fuerza de arrastre entre el vidrio y la herramienta de Teflón® como función de la velocidad relativa [1]. Esta herramienta fue colocada a diferentes radios sobre el vidrio con el fin de aumentar la velocidad relativa entre el vidrio y la herramienta, la velocidad angular del vidrio se mantuvo a 6 rpm, se presentan resultados experimentales del cambio de la fuerza de arrastre a medida que aumenta la velocidad relativa. Con la fuerza de arrastre se calcula la fuerza de rozamiento y por tanto el desgaste producido de acuerdo con la ecuación de Preston [2]. Para garantizar la misma concentración de la suspensión de pulidor y agua en cada experimento, se empleó un densímetro de inmersión, relacionando así la concentración y la densidad de la suspensión expresada en grados Baumé.

Palabras clave: pulido, herramienta de Teflón®, fuerza de arrastre, fuerza de rozamiento.



**SIMPLE MODEL OF THE
BIDIRECTIONAL TRANSMITTANCE
DISTRIBUTION FUNCTION FOR
LAMINAR DIFFUSIVE MATERIALS**

**D. Corregidor¹, M. Jaén¹, J. Arasa²,
E. Colombo¹**

¹Univ. Nacional de Tucumán, Argentina.

²Univ. Politécnica de Cataluña, Spain.

diego_corregidor@hotmail.com

In order to be able to predict the bidirectional transmittance distribution functions (BTDF) for laminar diffuser materials a simple model of additive contributions that takes into account both, simple diffusion, be it superficial or from simple interaction with widely dispersed scattering centers, such as effects of multiple interactions in the case of materials with high density of scattering centers, is proposed. Based in this model, the BTDF (θ) has two types of terms: exponential terms, resulting from different simple interaction processes and a cosine term, resulting from multiple interaction processes. An additive model implies that processes are assumed to be independent. Results confirm that, in a first approach, it is not necessary to consider interaction terms.

In the conditions of our experimental system, BDSF could be reduced to Point Spread Function (PSF) (eq.1) and can be interpreted assuming that there are three different types of simple processes in a single diffuser and that multiple processes could be unified.

$$PSF_{Mod}(\theta) = A_1 e^{-\frac{\theta^2}{C_1}} + A_2 e^{-\frac{\theta^2}{C_2}} + A_3 e^{-\frac{\theta^2}{C_3}} + D \cdot \cos^k(\theta) \quad (1)$$

In applications such as ophthalmic optics is of interest to consider the diffusion distribution function $S(\theta) = \theta^2$. $PSF(\theta)$, which is proportional to the integral of energy dispersed for a given angle (θ). $S(\theta)$ representation shows differences between simple and multiple terms clearly, since the first terms have their maxima for small angles and for the second one will be about 60°.

**MODELADO SIMPLE DE LA
FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN
BIDIRECCIONAL DE DIFUSIÓN PARA
MATERIALES LAMINARES**

Con el objetivo de poder predecir las funciones de distribución bidireccional de transmitancia (BDTF) para materiales difusores laminares se propone un modelo sencillo de contribuciones aditivas que considera tanto la difusión simple, sea esta superficial o por efectos de interacción simple de la radiación óptica con centros difusores muy dispersos, como efectos de interacciones múltiples en caso de materiales con alta densidad de centros difusores.

Basada en este modelo, la BTDF(θ) presenta dos tipos de términos: de tipo exponencial, resultado de diferentes procesos de interacción simple y de forma cosenoidal, resultado de procesos de interacción múltiple. Un modelo aditivo implica que los procesos se suponen independientes. Los resultados confirman que, en primera aproximación, no es necesario considerar términos de interacción.

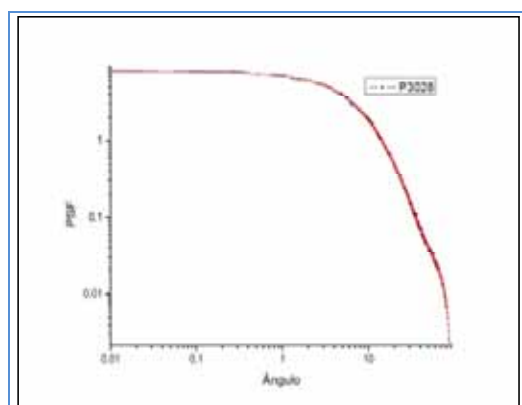
En las condiciones de nuestro sistema experimental, la BDSF se reduce a la Función de Punto Extendido (PSF) (ec.1) y puede interpretarse suponiendo que existen hasta tres tipos de procesos simples diferentes en un mismo difusor y que los procesos múltiples pueden unificarse.

$$PSF_{Mod}(\theta) = A_1 e^{-\frac{\theta^2}{C_1}} + A_2 e^{-\frac{\theta^2}{C_2}} + A_3 e^{-\frac{\theta^2}{C_3}} + D \cdot \cos^k(\theta) \quad (1)$$

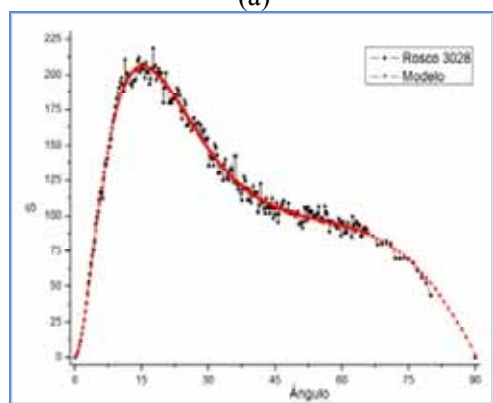
En algunas aplicaciones, como la óptica oftalmológica, es de interés considerar la función de distribución de difusión $S(\theta) = \theta^2$. $PSF(\theta)$, que resulta proporcional a la integral de la energía que se dispersa para un dado ángulo(θ) La representación de $S(\theta)$ muestra claramente la diferencia entre los términos de difusión simples y el de difusión múltiple: los primeros presentan valores máximos para ángulos pequeños y el segundo tiene un máximo alrededor de 60°.

PSF (θ) was determined experimentally and S (θ) was calculated for eleven commercial filters with different surface textures and bulk materials, using a scattermeter device (laser source + CCD).

Figure 1 shows measurements and the fitted PSF (θ), and calculated S (θ) for a commercial diffuser filter (Rosco 3020), according to proposed model. In both cases there is a good agreement, especially for the range of interest ($0.1^\circ - 70^\circ$). For measured laminar diffusion filters, the correlation between model results and experimental data, for PSF (θ) and for S (θ), in the measurement range, gave R^2 values greater than 0.995.



(a)



(b)

Figure 1: a) Measurements and fitted PSF (θ); b) Calculated S (θ) from data and from the proposed model. Rosco3020 Diffuser used.

These results confirm that, in general, simple models that take into account the different causes of diffusion may be suitable to represent laminar diffusers. This model

Se determinó experimentalmente la PSF(θ) y se calculó la S(θ) para once filtros comerciales con diferentes texturas superficiales y constituciones volumétricas, utilizando un escatómetro experimental (fuente laser + CCD).

Figura 1: a) Mediciones y PSF ajustada; b) S(θ) calculada con los datos y con el modelo propuesto. (Difusor Rosco3020)

En la Fig.1 se muestran las mediciones y la PSF(θ) ajustada y la S(θ) calculada para el filtro difusor comercial (Rosco 3020), según el modelo propuesto. En ambos casos hay un buen acuerdo, especialmente para el intervalo de interés ($0,1^\circ - 70^\circ$). Para los filtros difusores laminares medidos, la correlación entre los resultados del modelo y los datos experimentales, para PSF(θ) y para S(θ), en el intervalo de medición, dio valores de R^2 superiores a 0,995.

Estos resultados confirman que, en general, modelos sencillos que tienen en cuenta las diferentes causas de la difusión pueden ser adecuados para representar difusores laminares. Este modelo permitiría estimar fácilmente la función de transferencia de modulación para completar la caracterización óptica de estos materiales.

Palabras clave: difusión, materiales difusores, óptica fisiológica.

would readily estimate the modulation transfer function to complete the optical characterization of these materials.

Keywords: diffusion, diffusive materials, physiological optics.



OPTICAL CHARACTERIZATION OF INTRAOCULAR LENSES

**L. Remón¹, A. Calatayud¹,
J.A. Monsoriu¹, C. Casanova², A. Pons²,
W.D. Furlan²**

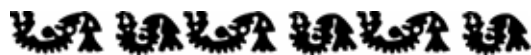
¹Univ. Politécnica de Valencia. Spain.

²Universitat de València. Spain.

lauremar@upvnet.upv.es

Different commercial monofocal and multifocal intraocular lenses (IOLs) were evaluated using a quadric-wave lateral shearing interferometer. According to the requirements of the International European Standard EN ISO 11979-9, for each IOL the following parameters were measured: the focal lengths, the paraxial powers, the Modulation Transfer Function (MTF), the Point Spread Point (PSF) and the Zernike coefficients for the different aberrations (spherical, coma, etc).

Keywords: intraocular lens, imaging analysis, modulation transfer function, point spread function, aberration.



CARACTERIZACIÓN ÓPTICA DE LENTES INTRAOCULARES

Se ha utilizado un interferómetro de desplazamiento lateral de cuatro haces para caracterizar diferentes lentes intraoculares (LIOs) comerciales monofocales y multifocales. Siguiendo las especificaciones de la Norma EN ISO 11979-9, se han medido los siguientes parámetros: Distancia focal, potencia óptica, Función de Transferencia de Modulación (MTF), Respuesta impulsional (PSF) y los coeficientes de Zernike para diferentes aberraciones (aberración esférica, coma, etc.)

Palabras clave: lente intraocular, análisis de imagen, función de transferencia de modulación, respuesta impulsional, aberración.



**PHANTOMS WITH BALLISTIC GEL
MODELING THE OPTICAL
PARAMETERS OF HUMAN SKIN**

**K. Bravo, A. Muñoz, E. Orozco,
M. Araujo**

*Universidad de Carabobo. Venezuela.
kellybravo753@hotmail.com*

The noninvasive optical techniques have attracted considerable interest in recent years, because they can provide information on the structure and composition of biological tissue through a quick and painless. This study is intended to extract and analyze the optical parameters of skin pigmentation levels for classification, this would raise the development of phantoms for the reproduction of the parameters already mentioned above. To this end, the technique has been used as diffuse reflection spectroscopy, working in the visible spectral region (400nm-700nm), and thereby obtain a signal spectral samples of different people live, as well as the phantoms, so to establish a correlation between them.

Keywords: phantoms, diffuse reflection spectroscopy, skin.

**PHANTOMS CON GEL BALÍSTICO
PARA MODELAR LOS PARÁMETROS
ÓPTICOS DE LA PIEL HUMANA**

Las técnicas ópticas no invasivas han despertado un gran interés en los últimos años, debido a que ellas pueden proveer información sobre la estructura y composición del tejido biológico de forma rápida e indolora. En este estudio se propone extraer y analizar los parámetros ópticos de la piel y sus niveles de pigmentación para su clasificación, con ello se plantean la elaboración de *phantoms* para la reproducción de los parámetros ya antes mencionados. Para tal fin, se ha utilizado como técnica la espectroscopia de reflexión difusa, trabajando en la región espectral visible (400nm-700nm), para obtener así una señal espectral de muestras en vivo de diferentes personas, como también de los *phantoms*, de tal manera de poder establecer una correspondencia entre las mismas.

Palabras clave: *phantoms*, espectroscopia de reflexión difusa, piel.



**MORPHOLOGICAL
CHARACTERIZATION OF
ASPHALTENE FILMS ON GOLD
SUBSTRATES BY SCANNING
ELECTRON MICROSCOPY**

**D. Fonseca, E. Alvarado, A. Muñoz,
J.C. Pereira**

*Universidad de Carabobo. Venezuela.
Darismely_1327@hotmail.com*

In recent years the asphaltene deposition of films on different surfaces has been the subject of several studies, as they provide valuable information on asphaltene adsorption on metal surfaces. This paper

**CARACTERIZACIÓN
MORFOLÓGICA DE PELÍCULAS DE
ASFALTENOS SOBRE SUSTRATOS
DE ORO MEDIANTE MICROSCOPÍA
ELECTRÓNICA DE BARRIDO**

En los últimos años la deposición de películas de asfalto sobre diferentes superficies ha sido motivo de varios estudios, ya que proporcionan valiosa información acerca de la adsorción del asfalto sobre superficies metálicas. En este

presents a morphological analysis of thin films of asphaltenes and asphaltenes + resins deposited on gold surfaces, in order to study the adsorptive properties of asphaltenes on the substrate. The samples were made from crude asphaltene Ayacucho extracted from the Orinoco oil belt, prepared at different concentrations using as solvents: toluene, chloroform, Tetrahydrofuran and decalin, the films were deposited on a substrate spin coating technique and their properties morphology were studied by scanning electron microscopy (SEM). As a result, homogeneous films were obtained which allowed determining the process of adsorption of asphaltene on gold.

Keywords: Asphaltene, scanning electron microscopy, Adsorption.

trabajo se presenta un análisis morfológico de películas delgadas de asfaltenos y asfaltenos+resinas depositadas sobre superficies de oro, con la finalidad de estudiar las propiedades adsorbentes de los asfaltenos sobre dicho sustrato. Las muestras fueron fabricadas con asfalteno extraído del crudo Ayacucho proveniente de la faja petrolífera del Orinoco, preparadas a distintas concentraciones usando como solventes: tolueno, cloroformo, tetrahidrofurano y decalina, las películas fueron depositadas sobre el sustrato empleado la técnica del spin coating y sus propiedades morfológicas se estudiaron a través de Microscopía Electrónica de Barrido (MEB). Como resultado se obtuvieron películas homogéneas las cuales permitieron determinar el proceso de adsorción del asfalteno sobre el oro.

Palabras clave: asfaltenos, microscopía electrónica de barrido, adsorción.

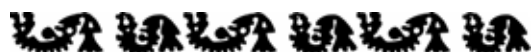


CHARACTERIZATION OF ASPHALTENE DISSOLUTIONS FROM THE CRUDE OIL AYACUCHO TO START PROCESSING OF COLOR DIGITAL

**E. Alvarado, D. Fonseca, A. Muñoz,
J. Pereira**

*Universidad de Carabobo. Venezuela.
eliana242@hotmail.com*

Venezuela is a country with large reserves of crude oil heavy and extra heavy, which are characterized by a high viscosity and high in asphaltenes. During the process of extracting these crudes, the asphaltenes precipitate, obstruct the pipes, and they must be replaced by others, causing economic loss to the industry. For that reason have been studies in recent years in order to understand the behavior. This work presents a methodology for the solutions of asphaltene from Ayacucho in the Strip oil Orinoco, oil from the spectrophotometer employment and



CARACTERIZACIÓN DE DISOLUCIONES DE ASFALTENO PROVENIENTE DEL CRUDO AYACUCHO A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE COLORES DIGITALES

Venezuela es un país que posee grandes reservas de petróleo pesado y extrapesado, los cuales se caracterizan por tener una viscosidad elevada y altos contenidos en asfaltenos. Durante el proceso de extracción de estos crudos, los asfaltenos se precipitan, obstruyen las tuberías, y ellas tienen que ser reemplazadas por otras, generando pérdidas económicas a la industria. Por tal razón han sido motivo de estudios en los últimos años para poder entender el comportamiento de los mismos. En este trabajo se presenta una metodología para el estudio colorimétrico de

analysis of digital images, color study to examine a sample in dissolution light absorption. To do this, solutions of asphaltene in toluene, heptane toluene, chloroform and tetrahydrofuran at different concentrations were prepared to achieve a degradation of colors. The solid asphaltene with the spectrophotometer was examined to determine the absorbance and reflectance, then took pictures to solutions, where to cut images for each concentration and analyzed from a computer program was color XYZ coordinates. The methodology allows you to determine the amount of asphaltene in crude oil, providing a characterization and facilitating a tool accessible to the oil industry.

Keywords: absorption of light, color XYZ coordinates, asphaltene.

disoluciones de asfalto proveniente del crudo Ayacucho de la Faja Petrolífera del Orinoco, a través del empleo del espectrofotómetro y el análisis de imágenes digitales, con el fin de examinar la absorción de luz de una muestra en disolución. Para ello, se prepararon disoluciones de asfalto en tolueno, heptano con tolueno, cloroformo y tetrahidrofurano a diferentes concentraciones para conseguir una degradación de colores. Se examinó el asfalto sólido con el espectrofotómetro para determinar la absorbancia y reflectancia, luego se tomó fotografías a las disoluciones, donde se recortaron imágenes para cada concentración y se analizaron a través de un programa computacional, en el que se obtuvo las coordenadas de color XYZ. La metodología empleada permite determinar la cantidad de asfalto presente en el crudo, proporcionando una caracterización del mismo y facilitando una herramienta accesible a la industria petrolera.

Palabras clave: absorción de luz, coordenadas de color XYZ, asfalto.



OPTICAL SYSTEM DESIGN FOR CLASSIFYING HUMAN SKIN PIGMENTATION AS YOUR LEVEL

**L. Marín-Mireles, E. Orozco-Guillen,
A. Muñoz-Morales, M. Araujo-Marcano**
Universidad de Carabobo. Venezuela.
lcmarin1@uc.edu.ve

The skin color is determined by a combination of pigments produced in the skin and the natural colors of the outer layers of the same and the main pigment is melanin, a dark brown pigment formed by cells (melanocytes), distributed between other cells of the upper layer of the skin, the epidermis. Melanin is a chromophore characteristic of human skin that is synthesized by melanocytes purposes of protection against solar radiation occurs



DISEÑO DE UN SISTEMA ÓPTICO PARA CLASIFICAR LA PIEL HUMANA SEGÚN SU NIVEL DE PIGMENTACIÓN

El color de la piel está determinado por una combinación de pigmentos producidos en la piel y los colores naturales de las capas más externas de la misma y su principal pigmento es la melanina, un pigmento de color pardo oscuro formado por células (melanocitos) distribuidas entre las demás células de la capa superior de la piel, la epidermis. La melanina es un cromóforo característico de la piel humana que es sintetizado por los melanocitos con

naturally in certain concentrations depending on the racial and genetic factors. Premalignant lesions such as lentigo, malignant with a better prognosis as basal cell carcinoma, or benign and nevi (moles), are fundamentally important in the dermatology area. This paper presents a study of the level of pigmentation of human skin by analyzing digital images obtained with an optical system designed for this purpose. To capture images, the skin is uniformly illuminated in order to ensure equal conditions for all images. The results are satisfactory and allow classifying people according to a scale similar to that of Fitzpatrick according to their color, it is also possible to determine the lesion area and compare with the ABCDE criteria for discriminating human skin lesions.

Keywords: digital images, skin cancer, biomedical optics.

propósitos de protección contra la radiación solar apareciendo de forma natural a determinadas concentraciones dependiendo del grupo racial y factores genéticos. Las lesiones premalignas como el léntigo, las malignas con mejor pronóstico como el carcinoma basocelular, o las benignas como los nevus (lunares), son fundamentalmente importantes en el área dermatológica. En este trabajo se presenta un estudio del nivel de pigmentación de la piel humana mediante el análisis de imágenes digitales obtenidas con un sistema óptico diseñado para tal fin. Para capturar las imágenes, la piel es iluminada de manera uniforme con la finalidad de garantizar las mismas condiciones en todas las imágenes. Los resultados son satisfactorios y permiten clasificar a las personas según una escala análoga a la de Fitzpatrick de acuerdo a su color, también es posible determinar el área de la lesión y comparar con el criterio del ABCDE para discriminar lesiones en la piel humana.

Palabras clave: imágenes digitales, cáncer de piel, óptica biomédica.



DEFINITION OF THE AXES OF AN ASTRONOMICAL TELESCOPE USING LOW DIVERGENCE LASER BEAMS

D.M. Gale

INAOE. Mexico.

dgale@inaoep.mx

A large astronomical telescope for observation at millimetre wavelengths is being built in Mexico. The telescope structure, figure 1(a), was completed in 2007, and optical systems are presently being installed. In its first phase the telescope will have a 30m primary mirror, and a 2.5m secondary. Additional smaller mirrors (up to 1.2m) are required to send the radiation to the receivers. Installation and alignment of the mirrors inside the telescope requires precise knowledge of the position of



DEFINICIÓN DE LOS EJES DE UN TELESCOPIO ASTRONÓMICO CON HACES LÁSER DE BAJA DIVERGENCIA

En el estado de Puebla, México, se está construyendo un telescopio astronómico de grandes dimensiones para observar en ondas milimétricas. La estructura del telescopio, figura 1(a), fue terminada en 2007, y actualmente se está instalando los sistemas ópticos, electrónicos y de movimiento. El telescopio contará con un espejo primario de 30m de diámetro en su primera etapa, y un espejo secundario de 2.5m. Adicionalmente se requiere algunos espejos más pequeños (hasta 1.2m) para enviar la radiación a los

the principal telescope axes, and a practical method for aligning the mirrors and their mounts to these axes with a precision of 100 microns.



Figure 1. Top: The Large Millimetre Telescope. Bottom: Alignment tests with the tertiary mirror.

At INAOE a visual alignment method has been developed based on the projection of a Bessel-type laser beam and its observation against cross-wire targets. By matching the target wire diameter to the central ring diameter of the Bessel beam, a repeatability of up to 10 microns can be achieved for the alignment of both components, using only a simple loupe as a visual aid.

For alignment work a custom-built laser generator-projector based on a laser diode is used with targets of various sizes that are installed at strategic points on the telescope. Once the laser beams are adjusted to define the principal telescope axes, the optical components to be installed are fitted with similar targets that allow their precise positioning with respect to these laser beams. The alignment method was first tested on the tertiary mirror at the construction factory, figure 1(b).

instrumentos de detección. La instalación y alineación de estos espejos dentro de la estructura del telescopio requiere un conocimiento preciso de la ubicación de los ejes principales del mismo, y luego un sistema práctico para alinear los espejos y sus monturas a estos ejes, todo con una precisión de 100 micras.

En el INAOE se ha desarrollado un método de alineación visual basado en la proyección de un haz láser de muy baja divergencia y su observación contra blancos (*targets* en inglés) en forma de cruz. La baja divergencia del haz se logra generando un haz tipo Bessel, utilizando un módulo diodo láser como fuente, y proyectando este haz sobre largas distancias con una lente de camera CCD. Los targets se fabrican de alambres cruzados en monturas cilíndricas, con énfasis en la centración exacta de la cruz dentro del cilindro. Acoplando bien el diámetro del alambre utilizado en el target con el diámetro del anillo central del haz Bessel, se puede lograr una repetibilidad de hasta 10 micras en la alineación de ambos componentes, empleando una lupa simple como apoyo visual.

Figura 1. Arriba: El Gran Telescopio Milimétrico en el estado de Puebla, México.

Abajo: Pruebas de alineación de un haz Gaussiano con el espejo terciario antes de su traslado al telescopio.

Para iniciar los trabajos de alineación en el telescopio, se construyó generador-proyectores láser portátiles y se fabricó targets con tamaños que permite su ubicación en lugares estratégicos, por ejemplo adentro de los ejes de los baleros de elevación y en posiciones coincidentes con el eje principal del espejo primario. Una vez ajustados los haces láser para definir los ejes del telescopio, se procede a equipar los espejos y monturas que se requiere instalar con targets adicionales, los cuales proporcionan la manera de realizar la alineación de dichos componentes a los ejes previamente definidos. Las primeras pruebas del método fueron realizadas con el espejo terciario del telescopio en la planta de fabricación, figura 1(b).

In this paper we present various aspects of the project, with emphasis on optical equipment and methods used to secure the required accuracy in the field.

Keywords: Bessel beams, laser alignment, astronomical telescopes.

En este trabajo se presenta diversos aspectos del proyecto, con énfasis en los equipos ópticos y los métodos para asegurar la precisión requerida en el campo.

Palabras clave: haces Bessel, alineación láser, telescopios.



CHARACTERIZATION OF A FEL LAMP TYPE SOURCE TOWARDS A BLUE LIGHT IRRADIANCE INTERCOMPARISON IN MEDICAL FIELD

A.F. Gentil F.

*Instituto de Pesquisas Tecnológicas do
Estado de São Paulo. Brazil.
agentil@ipt.br*

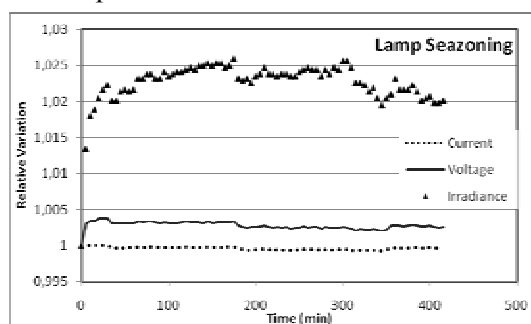
This work presents the characterization of modified FEL 1000W lamp housing to be used as a transference standard in the blue light irradiance intercomparison. This intercomparison aims to support the metrological issues of medical equipment manufactures concerning the phototherapy treatment and the irradiance data accuracy stated on the standard NBR/IEC 60601-2-50. The light source characterization consists of lamp seasoning, lamp sort term drift and lamp spatial distribution at the plane of measurement. The lamp seasoning is performed with a software developed in Labview platform which controls all seasoning process. During the 20 hours of seasoning, the lamp voltage, current and irradiance are measured at each 5 minutes. The lamp voltage is measured with a 6 ½ digital voltmeter, the lamp current is measured with 6 ½ digital voltmeter associated with a 0.1 Ω shunt and the lamp irradiance is measured using a radiometer with a thermal stabilized detector head which has a responsivity in the blue range spectrum. To avoid the effects of radiation over exposure in the radiometer detector head, a shutter is positioned between the lamp and the detector head. The shutter is



CARACTERIZAÇÃO DE UMA LÂMPADA TIPO FEL PARA REALIZAÇÃO DE UMA INTERCOMPARAÇÃO DE IRRADIÂNCIA DE LUZ AZUL PARA ÁREA MÉDICA

Este trabalho apresenta a caracterização de um *housing* para lâmpada tipo FEL modificado para ser utilizado como um padrão de transferência em uma intercomparação para irradiância de luz azul. Esta intercomparação pretende auxiliar nas questões metrológicas dos fabricantes de equipamentos médicos em relação ao tratamento de fototerapia e à exatidão de dados de irradiância presentes na norma NBR/IEC 60601-2-50. A caracterização da fonte de luz consiste na sazonalidade da lâmpada, na deriva de curto prazo e na distribuição espacial da irradiância no plano de medição. A sazonalidade da lâmpada é feita com um programa desenvolvido em plataforma Labview que controla todo o processo. Durante 20 horas de sazonalidade são medidas tensão, corrente e irradiância da lâmpada a cada 5 minutos. A tensão da lâmpada é medida com um voltímetro digital de 6 ½ dígitos, a corrente da lâmpada é medida com um voltímetro de 6 ½ dígitos associado a um resistor *shunt* de 0.1 Ω e a irradiância da lâmpada é medida utilizando um radiômetro com estabilização térmica do sensor que possui responsividade na faixa do azul do espectro. Para evitar os efeitos da super exposição à radiação do sensor do

opened a few seconds before each measurement and closed just after. The lamp short term drift is evaluated by performing a sequence of lamp use short periods of about 1 hour and measuring the lamp irradiance, so that the relative lamp short term drift irradiance variation can be assessed during this sequence. The lamp spatial distribution is verified using the radiometer head attached to an YZ positing system. The radiometer aperture is reduced to approximately 2 mm which decreases irradiance average area without compromise the spatial distribution, once this is normalized by the central irradiance value. The relative spatial distribution is measured at 20 mm interval in YZ directions in steps of 2 mm. Preliminary results, Figure 1, indicate that lamp presents a low irradiance variation $\pm 0.25\%$ in 6 hours of use after a warm-up of 20 minutes.



Keywords: irradiance, intercomparison.



DETERMINATION OF PDMS POLYMER SHEAR MODULUS BY DIGITAL IMAGE CORRELATION FOR DIFFERENT TEMPERATURES

G.N. Oliveira,

L.C.S. Nunes, P.A.M. Dos Santos

Universidade Federal Fluminense. Brazil.

gabinieva@if.uff.br

In the present work a new testing methodology to analyze and estimate the adhesive shear modulus of polydimethylsiloxane (PDMS) submitted to different loads and temperatures is

radiômetro, um *shutter* é posicionado entre a lâmpada e o sensor. O *shutter* é acionado alguns segundos antes de cada medida e fechado logo após. A deriva de curto prazo da lâmpada é avaliada pela execução de uma sequência de curtos períodos de uso da lâmpada de aproximadamente 1 hora e medição da irradiância da lâmpada; dessa forma a deriva relativa de curto prazo da irradiância da lâmpada pode ser medida. A distribuição espacial da irradiância da lâmpada é verificada utilizando o sensor do radiômetro acoplado a um sistema de posicionamento YZ. A abertura sensor do radiômetro é reduzida para aproximadamente 2 mm o que reduz a área de medida da irradiância sem comprometer a avaliação da distribuição espacial; uma vez que, esta é normalizada pelo valor central da irradiância. A distribuição espacial relativa da irradiância da lâmpada é medida em um intervalo de 20 mm nas direções YZ com um passo de 2 mm. Resultados iniciais, Figura 1, indicam que a lâmpada apresenta uma baixa variação da irradiância $\pm 0,25\%$ em 6 horas de uso após um período de acionamento de 20 minutos.

Palavras-chave: irradiância, inter-comparação.



DETERMINAÇÃO DO MÓDULO DE RIGIDEZ POR CORRELAÇÃO DE IMAGEM DIGITAL PARA DIFERENTES TEMPERATURAS

No presente trabalho descrevemos uma nova metodologia de teste para analisar e estimar o módulo de rigidez do adesivo polidimetilsiloxânico (PDMS) submetido a diferentes cargas e temperaturas. Para esse

described. A single lap joint testing is performed. This is a standard test specimen for characterizing adhesive properties and is considered the simplest form of adhesive joints. For the single lap joint specimen, steel adherents are bonded using a flexible rubber elastic polymer (PDMS), which is a commercially available silicone elastic rubber. The experimental procedure is carried out using the digital image correlation (DIC) method. This is an optical-numerical full-field surface displacement measurement method. It is based on a comparison between two images of a specimen coated by a random speckled pattern in the undeformed and in the deformed states.

Keywords: full-field displacement, digital image correlation, estimation parameter, polydimethylsiloxane polymer.



BUILDING OF A SOLAR PARABOLIC CONCENTRATOR PROTOTYPE

J.F. Escobar Romero¹,
S. Vázquez y Montiel¹,
F. Granados Agustín¹,
E. Percino Zacarías¹, J. Pedraza Chávez¹,
J.Á. Cuachitl Huitzil¹,
V.M. Cruz Martínez²,
J. Arriaga Petrona¹, E. Rodríguez Rivera²,
L. Martínez Yáñez²

¹INAOE. Mexico.

²Univ. Tecn. de la Mixteca. Mexico.

fescobar@inaoep.mx

People have been developing technologies based on renewable resources seeking to replace non-renewable natural resources such as fossil fuels, an example of these technologies is solar energy, in order not to further degrade the environment. In this paper, we show the building and test of a solar parabolic concentrator prototype for to generate steam. The steam generated can be coupled to a turbine to generate electricity or a steam engine of some industrial process.

fim utilizamos um teste de junta colada simples (single lap joint), que é um teste padrão para caracterizar propriedades adesivas e é considerado a forma mais simples de juntas coladas. Neste caso, substratos de aço são colados utilizando uma cola adesiva (PDMS), que é uma borracha elástica de silicone disponível comercialmente. O procedimento experimental é realizado utilizando o método de correlação de imagem digital (DIC). Este é um método numérico de medida de deslocamento de superfície de campo completo. É baseado na comparação entre duas imagens de uma amostra revestida por um padrão granular aleatório, nos estados não-deformado e deformado.

Palavras chave: correlação de imagem digital, polidimetilsiloxanico.



CONSTRUCCION DE UN PROTOTIPO DE CONCENTRADOR SOLAR PARABOLICO

En la búsqueda de reemplazar los recursos naturales no renovables, tales como los combustibles fósiles, se ha estado desarrollando tecnologías a base de recursos renovables, un ejemplo de esto es la energía solar, con el fin de no degradar aun más el medio ambiente. En este trabajo se presenta el desarrollo, construcción y pruebas de funcionamiento de un prototipo de concentrador solar parabólico para la generación de vapor de agua sobresaturado.

Keywords: non-imaging optical systems, optical applications for solar energy, optomechatronics.

El vapor generado puede ser acoplado a una turbina para la generación de electricidad o a una máquina de vapor.

Palabras clave: sistemas ópticos sin imagen, aplicaciones ópticas para la energía solar, optomecatrónica.



STRESS AND DEFORMATION IN TUBULAR METALLIC PARTS OF AUTO SEATS

**M.F.M. Costa¹, B.V. Dorrió²,
F.J. Queirós de Melo³, J.A.O. Carneiro²**

¹*Universidade do Minho. Portugal.*

²*Universidad de Vigo. Spain.*

³*University of Aveiro. Portugal.*

mfcosta@fisica.uminho.pt

In order to assess the structural and material behaviour in particular the deformation and failure in lightweight metallic tubular structural parts of auto seats a pseudo-dynamic procedure was devised. The deformation of circular section tubes subjected to centred transversal force is assessed by rugometric and microtopographic optical inspection.

Keywords: auto seats, deformation, failure, roughness, optical microtopography, pseudo-dynamic.

TENSÃO E DEFORMAÇÃO EM TUBOS METÁLICOS DE ASSENTOS DE AUTOMÓVEL

A avaliação do comportamento mecânico e estrutural e em especial o estudo de deformação e condições de fractura em componentes metálicas tubulares de assento de automóvel, é de grande importância. Nesta comunicação apresentamos o procedimento pseudo-dinâmico de avaliação que desenvolvemos. A deformação de tubos cilíndricos sujeito a forças de actuação transversais centradas é caracterizada por avaliação rugométrica e inspecção óptica microtopográfica.

Palavras chave: assentos de automóvel, deformação, óptica microtopográfica, pseudo-dinâmico.



**STUDY OF RAT PAPILLARY MUSCLE
DEFORMATION BY LASER
DIFFRACTION**

**A. Apolinar Iribe¹, A. Virgen-Ortiz¹,
M.E. Ríos-Martínez²**

¹Universidad de Sonora. Mexico.

²Universidad de Colima. Mexico.

apolinar@ciencias.uson.mx

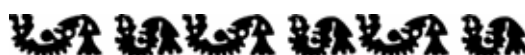
The transversal deformation that the papillary muscle of the female and male wistar rat may undergo when is subjected to different tension (tension range, 0 to 3 gr) in the longitudinal plane was studied by laser diffraction. Papillary muscles from the right ventricle were illuminated at normal incidence with a He-Ne laser lasing at 594 nm at room temperature. The far field diffraction pattern projected to a screen was recorded with a digital camera for its study. The analysis of the deformations shows that the papillary muscles from male rats exhibit a higher stiffness in the transversal axis compared to the female rats.

Keywords: cardiac papillary muscle, transverse deformation, laser diffraction.

**ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN
DEL MUSCULO PAPILAR DE RATA
POR DIFRACCION LASER**

Se presentan los resultados obtenidos al estudiar por difracción láser la deformación transversal que el músculo papilar del ventrículo derecho de la rata Wistar, en machos y hembras, puede experimentar al ser sometido a una diferentes tensiones (rango de tensiones, 0-3 gr) aplicadas en el plano longitudinal. Los músculos papilares fueron iluminados a incidencia normal con una láser de He-N ($\lambda = 594$ nm) a temperatura ambiente. El patrón de difracción en campo lejano fueron proyectados sobre una pantalla y grabados con una cámara digital. El análisis de las deformaciones muestra que los músculos papilares de ratas machos presentan una mayor rigidez en el eje transversal en comparación con las ratas hembra.

Palabras clave: músculo papilar cardiaco; deformación transversal; difracción láser.



**PORTABLE NEONATAL
KERATOMETER**

**A. Estrada Molina¹, R. Díaz Uribe¹,
M. Ramírez Ortiz²**

¹Univ. Nac. Autónoma de México. Mexico.

²Hospital Infantil de México Federico
Gómez. Mexico.

amilcar.estrada@ccadet.unam.mx

A first prototype of a portable keratometer to be used with infants is presented. This device was developed to satisfy the need for measurement of the cornea of neonates because there are very few studies of these cases, mainly because their eyes have

**PROTOTIPO DE UN
VIDEOQUERATÓMETRO PORTÁTIL
PARA USO CON LACTANTES**

Se presenta un primer prototipo de un videoqueratómetro portátil para uso con lactantes. Este dispositivo surge con la necesidad de poder contar con videoqueratómetro totalmente diseñado para uso exclusivo con lactantes, ya que los

different average radius of curvature from the cornea of adults and they are not cooperative patients. In addition, the measurements must be done while the patient is in a horizontal position. All of these conditions are different from the current conventional keratometers designed for adults, so these instruments are not adequate for use with small children. The developed instrument is based on the null screen method, which uses a cylindrical screen with a set of spots or lines arranged in such a way that the image observed by reflection on the cornea adopts a well defined geometry (i.e. a square set of circles or lines). The shape of the surface is obtained by integration, whereas the principal curvatures are calculated from a numerical differentiation of the normals to the surface. The normals are obtained from the centroids of the spots at the null screen and at the image plane.

Keywords: keratometry, null screens, centroids, dioptric power, curvature, optical metrology.

videoqueratómetro convencionales son diseñados para los parámetros ópticos de la córnea de un adulto. Este instrumento está diseñado para que los resultados obtenidos no dependan de la cooperación del paciente. Los resultados que se presentan son las curvaturas principales y las potencias dióptricas de una superficie de calibración que tiene los parámetros ópticos de la córnea de un lactante y que fueron obtenidos con el método de pantalla nula. Este método consiste en diseñar una pantalla cilíndrica, mediante el trazo exacto de rayos que al ser reflejados por la superficie de prueba nos proporcionan la imagen perfecta de un patrón de puntos definido inicialmente (e.g. arreglo cuadrados de puntos). Las curvaturas principales se obtienen a partir de las normales en cada punto de la superficie, a su vez, estas normales están relacionadas con las coordenadas de los centroides en el plano de la imagen y de las coordenadas de los puntos en la pantalla nula.

Palabras clave: queratometría, pantallas nulas, centroides, potencia dióptrica, curvatura, metrología óptica.



SCANNING PHOTODEFLECTION DETECTION APPLIED TO 2D IMAGING OF THERMAL DIFFUSIVITY IN METALS

U. Crossa Archiropoli¹, N. Mingolo²,
O.E. Martínez^{3,4}

¹Tolket SRL. Argentine.

²Universidad de Buenos Aires. Argentina.

³ Universidad de Buenos Aires. Argentina.

⁴CONICET. Argentine.

oem@df.uba.ar

We present a technique by which the thermal diffusivity of metallic samples can be retrieved in a two dimensional map with micrometer resolution. The technique uses a photothermal method based in the deflection of a probe beam after heating the surface with a modulated pump. The time delay

between the pump modulation and the deflection modulation provides direct information on the local thermal diffusivity, after adequate calibration. The calibration is carried out by measuring the frequency dependence of the deflection signal at several sample locations. The capabilities of the technique are illustrated with the measurement of a cross section of a surface treated steel sample.

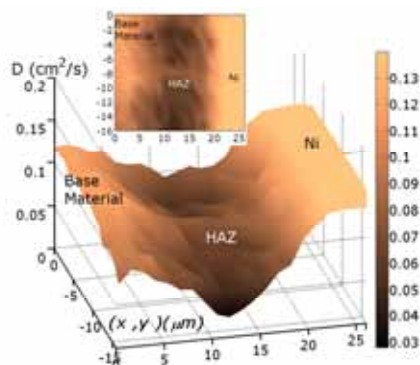


Figure: Thermal diffusivity vs. position for the scanned area shown in a 3D plot. Inset: corresponding 2D map for the same data.

Keywords: photothermal techniques, NDT, thermal diffusivity, microstructure, surface treated steel.



MANIPULATION OF HELICAL, MAGNETOTACTIC BACTERIA IN AN OPTICAL TRAP

**H. Schmitzer¹, M. Henstridge¹,
H.P. Wagner², W. Dultz³, D. Tierney¹**

¹Xavier University. USA.

²University of Cincinnati, Cincinnati. USA.

³Goethe University, Germany.

schmitzer@xavier.edu

Magnetic bacteria have attracted attention for their ability to grow single domain cuboctahedral iron oxide nanoparticles that can help to align multiwalled carbon nanotubes during growth. This paper describes first experiments with helical, magnetic bacteria in optical tweezers.

Magnetosprillum Magnetotacticum cells, 4 to 5 μm in length with a diameter of 0.5 μm , were placed in solution, sealed between microscope slides and placed in the focus of optical tweezers. Since *M. Magnetotacticum* has a helical shape, it rotates when held in optical tweezers due to the momentum transfer from the tweezing light (between 1 to 13Hz). They create a whorl with a radius of about 15 μm . They can thus be used as a micromotor for photofluidic applications. If the trap is shaped into a line by using a cylindrical lens a couple of bacteria are trapped which lie down and arrange themselves into a line. Moving the focus down pins them permanently to the slide. After baking and washing off the nanomagnets will remain and form a magnetic nanowire. We suggest using multiple line foci to create a defined array of *M. magnetotacticum*. In order to preorient the bacteria and their dipole moments, a homogenous magnetic field can be applied. Several line foci can then drag and orient the bacteria and their nanometer wide dipoles into the required position.



STUDY OF THERMAL LENS SPECTROSCOPY FOR CHARACTERIZATION OF EXOTIC BIODIESEL

**W. Da Costa, M.P. De Castro, M. Sthel,
A. Martins, L.F. Milleri, V. Haber,
H. Vargas**

Univ. Estadual do Norte Fluminense. Brazil.

wwfisif@yahoo.com.br

In this study, we used the technique of thermal lens (TL) as a tool for the study of biodiesel. This has emerged increasingly as an alternative fuel oil (diesel), which offers a promising potential, but also for reasons both economic and environmental, in the latter, we emphasize mainly the reduction in the production of carbon dioxide (CO_2), a gas that is responsible for the intensification of the greenhouse effect.

The TL effect is created when the excitation laser beam passes through the sample and the absorbed energy is converted into heat, producing a lens-like optical element at the sample. The propagation of a probe beam laser through the TL will results in either a spreading or a focusing of the beam. Because of the similarity between the observed phenomenon and a spherical lens it was called the thermal lens effect. This technique stands out for being highly sensitive in the study of transparent samples and the characterization of thermal properties. Furthermore, it is not destructive and can simultaneously measure the coefficient of the refractive index (dn / dt) and the thermal diffusivity (α).

Experimental configuration set-up, makes use of optical instruments such as mirrors and lenses that are essential for the technique. The experiments were performed with the mode mismatched dual beam TL experimental set-up with an Ar laser (454.5 nm) as excitation beam and a He-Ne laser (632.8 nm) as probe beam.

The biodiesel samples were analyzed: olive, crambre, jatropha, rice, palm oil and fish, to obtain the thermal diffusivity. For all samples we performed the measurement signal of LT as a function of temperature, in order to verify the behavior of biodiesel as a function of temperature, other properties were also determined, such as density and viscosity.

The study these properties should contribute to better understanding of the physical and chemical properties of biodiesel.

Keywords: spectroscopy.



ADVANCES IN THE DEVELOPMENT OF A LUMINESCENCE DATING LABORATORY AT CEADEN, CUBA

**L. Baly, R. Arteché, J. Arteché,
I. Quesada, T. Cepero, M. García,
H. Lubian**

*Centro de Aplicaciones Tecnológicas y
Desarrollo Nuclear. Cuba.*

baly@ceaden.edu.cu

In recent years the photoluminescence of natural materials is being used for the retrospective dosimetry. One of the most important areas of application is the dating of archeological and geological objects, allowing the determination of the time elapsed since the sample (ceramic or sediment) was fired or exposed to the sun light. Since 2001 at the CEADEN, Cuba several research projects have been carried out with the purpose of creating a Dating Luminescence Laboratory (DLL) based on the optically stimulated luminescence (OSL) of quartz and other natural materials. Here we present the advances achieved in that direction giving special attention to the progress in the development of an automatic installation (reader) to measure the photoluminescence of samples.

Keywords: luminescence dating, quartz.



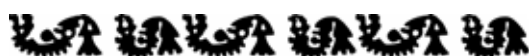
PC-BASED SYSTEM FOR EXPERIMENTS IN OPTICAL CHARACTERIZATION OF MATERIALS

**J.A. Andrade-Lucio, M. Trejo-Duran,
E. Alvarado-Méndez, R. Rojas-Laguna,
E. Vargas-Rodríguez, J.M. López-
Hernández, J.M. Estudillo-Ayala,
A. García-Pérez, O.G. Ibarra-Manzano**
Universidad de Guanajuato. Mexico
andrade@salamanca.ugto.mx

An automatic control for applications of optical characterization of materials using the optical Z-Scan technique is presented in

this work. The emphasis is placed in the design of the graphical user interface (GUI) and the automation process. For this purpose, we use a USB data acquisition module with programmable I/O ports for control and signals acquisition for the complete system. The control software was developed using the graphical programming language LabVIEW and compiled in order to obtain a portable system with the hardware used in this work.

Keywords: data acquisition, optical characterization, z-scan.



INNOVATION AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT IN PRE-COLUMBIAN SOCIETIES, THE CASE OF THE MOCHICAS OF ANCIENT PERU

L.J. Castillo Butters
PUCP. Peru.
lcastil@pucp.edu.pe

Innovation was a trademark of ancient Pre-Columbian societies of the Americas, isolated as they were from technological developments in the Old World. Technological solutions were a matter of necessity and survival, to confront nature or other societies, to cope with their own development, and to push forward civilization. Thus, ceramics and metallurgy, plant and animal husbandry, irrigation techniques and soil management were all independently invented in the New World, presumably out of the need to satisfy similar, or convergent, social conditions analogous to those generated by similar technologies in the Old World. But the similarities are only superficial, since materials and productions process can widely differ between one region and the other. Potatoes, for instance, developed from 300 wild varieties to more than 3000 domestic forms, to take advantage of the diversity of ecological niches typical of the Andean region. Metallurgy, one of the most advanced technologies of Andean

societies, was the outcome of processes, and used materials, quite distinct as those used in the Old World. So, “The Devil is in the Details” and only the conjunction of archaeology and physics, can reveal some of the most valuable treasures produced by our ancestors.



SIMULACIÓN DEL INTERFERÓMETRO DE DIVISIÓN DE FASE DE MÚLTIPLES REJILLAS PARA EL ESTUDIO DEL ESPARCIMIENTO DEL LÁSER EN TEJIDO ADIPOSEO BLANDO

F. Narea, A. Muñoz
UC. Venezuela.
fjnarea@uc.edu.ve

El uso de radiación láser va de la mano con la medicina; desde su aplicación como bisturí, hasta diversos fines terapéuticos. Resultados demuestran que en la extracción de tejidos adiposos y aplicación externa de una dosis de radiación láser, induce y facilita la destrucción de adipocitos que conforman el tejido adiposo, parte de este efecto se debe al poder del esparcimiento de la luz. Para este trabajo se realiza una simulación de patrones obtenidos en un Interferómetro tipo Young con múltiples rejillas circulares a diferentes frecuencias espaciales, todo esto realizado bajo ambiente MATLAB R2009b con el objetivo de relacionar el esparcimiento del láser sobre tejidos adiposos blandos; donde la metodología desarrollada demuestra que se pueden cuantificar el número de células adiposas (adipocitos) a partir de un patrón speckle.

Palabras clave: tejido adiposo, interferometría y patrones speckle,



**OPTICAL SYSTEMS, INSTRUMENTS AND OPTICAL DESIGN.
OPTO-MECHATRONICS AND OPTOMECHANICAL DESIGN.
ASTRONOMICAL INSTRUMENTATION.
OPTICAL TESTING.
OPTICAL FABRICATION AND TESTING.**

**Sistemas Ópticos. Instrumentación y Diseño Óptico.
Diseño Opto-mecatrónico y Opto-mecánico.
Instrumentación astronómica.
Pruebas Ópticas.
Fabricación Óptica y pruebas.**

***Sistemas Ópticos. Instrumentação e Desenho Óptico.
Desenho Opto-mecatrónico e Opto-mecánico.
Instrumentação astronómica.
Sondas Ópticas.
Fabricação Óptica e inspecção.***



THE DESIGN OF OPTICAL SYSTEMS WITH OFF-AXIS SPHERICAL MIRRORS

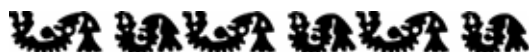
D. Malacara

*Centro de Investigaciones en Óptica.
Mexico.*

dmalacara@cio.mx

The design of optical systems with two off-axis spherical mirrors made so that coma or astigmatism are fully corrected. These designs be described and analyzed. Their use in the measurement of the human eye aberrations will also be described.

Keywords: optical design, human eye, aberration, coma, astigmatism.



NOVEL IDEAL NONIMAGING DESIGNS BY MULTICHANNELING THE PHASE-SPACE FLOW

**J.C. Miñano^{1,2}, P. Benítez^{1,2}, L. Jiayao¹,
J. Infante¹, J. Chaves²**

¹*Universidad Politécnica de Madrid. Spain.*

²*LPI. USA.*

jc.minano@upm.es

New ultra-thin optical designs are presented that comprise discontinuous optical sections (called channels) working in parallel (multichanneling) to provide the desired optical function. Aplanatic (a particular case of SMS-design) multichannel designs are also shown and used to explain more easily the design procedure. Typically, these multichannel devices are at least formed by three optical surfaces: one of them has discontinuities in the shape, a second one may have discontinuities in its derivative while the third one is smooth both in shape and derivative. The number of discontinuities is the same in the two first surfaces: Each channel is defined by the smooth surfaces in between the discontinuities, so that the surfaces forming each separate channel are all smooth. No diffractive effects are considered.

Because of their small size and hemispheric emission, LEDs are more suitable for compact optics than incandescent lamps or fluorescent lamps. When compared with incandescents, the operating temperature of LEDs allows plastic optics to be installed near the LED, while their higher radiance makes them much more suitable for collimating applications than fluorescents (which have comparable efficacy). In a quite similar application to LED optics, Concentrating Photovoltaics (CPV) has also explored the world of compact optics: Recently, several companies in CPV have proposed very thin concentrators.

The approach to designing very thin concentrator/collimators has not always been the same. All approaches share the idea of dividing the light flow in different “channels” each one of them having its own optics with surfaces that are not shared with neighbouring channels. Ten years ago, multichannel devices called Stepped flow-line optics (SFL) were developed. Designed with the flow-line method, they rapidly found applications in backlights and for combining light sources or efficiently distributing light to several locations. The main disadvantage of these devices lies in their poor manufacturability, due to the flow-line mirrors having deep and complex shapes with much larger lateral area than aperture area.

This work presents a design procedure for thin optics based in the Simultaneous Multiple Surfaces (SMS) design method, one that solves the aforementioned disadvantage of flow-line based designs. Nevertheless, flow-lines are sometimes used, when they don’t create manufacturability complexities. We will describe this procedure by applying it to the design of an LED collimator.

Keywords: optical design, illumination LEDs.



**MICROREFLECTANCE DIFFERENCE
SPECTROMETER BASED ON A
CHARGE COUPLED DEVICE
CAMERA**

**L.F. Lastras-Martínez¹, R. Castro-García²,
R.E. Balderas-Navarro¹,
N.A. Ulloa-Castillo¹, R. Herrera-Jasso¹,
A. Lastras-Martínez¹**

¹*Univ. Autón. de San Luis Potosí, Mexico.*

²*Univ. Politéc. de San Luis Potosí, Mexico.*

lflm@cactus.iico.uaslp.mx

Reflectance Difference Spectroscopy (RDS) is a powerful tool for the optical characterization of cubic semiconductors. Several physical mechanisms have been identified to contribute to the RDS signal. Among these we can count on surface electric fields, lineal defects, and surface strains. The RDS setups reported so far, use photodiodes (PD) and photomultipliers (PM) as light detectors and lock-in techniques to process the signal. In the present work we describe a new instrument based on a Charged-Coupled Device camera (CCD) as light detector. By focusing the light on the CCD, it is possible to obtain the RD spectra coming from different regions of the semiconductor surface, by analyzing the spectra for a group of pixels of the CCD. The instrument can be used to obtain a topographic map of the surface of the semiconductor.

This work is supported by Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Grants Nos. 23962).

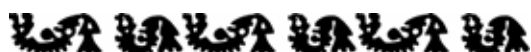
Keywords: reflectance anisotropy spectroscopy, surface topographic maps, semiconductors.

**ESPECTROMETRO DE MICRO
REFLECTANCIA DIFERENCIAL
BASADO EN UNA CAMARA DE
DISPOSITIVO ACOPLADO POR
CARGA**

La Espectroscopia de la Reflectancia Diferencial (RDS) es una herramienta de gran potencial para la caracterización óptica de semiconductores cúbicos. Varios mecanismos físicos que contribuyen a la señal de RDS han sido identificados. Entre éstos podemos mencionar campos eléctricos superficiales, defectos lineales, y tensiones inducidas por la superficie. Los arreglos experimentales de RDS reportados hasta ahora utilizan fotodiodos o fotomultiplicadores como detectores de luz y técnicas de amplificación sensible a la fase (lock-in) para procesar la señal. En el presente trabajo se describe un nuevo instrumento basado en una cámara Dispositivo Acoplado por Carga (CCD) como detector de luz. Enfocando la luz sobre el CCD, es posible obtener los espectros del RD provenientes de regiones específicas de la superficie del semiconductor, analizando los espectros para un grupo de elementos de imagen (píxeles) del CCD. El instrumento se puede utilizar para obtener mapas topográficos de la superficie del semiconductor.

Este trabajo es apoyado por Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (contrato No. 23962).

Palabras clave: espectroscopia de la Reflectancia Diferencial, mapas topográficos superficiales, semiconductores.



**FAST 32-CHANNEL SPECTROMETER
FOR THE MEASUREMENT OF
SURFACE OPTICAL ANISOTROPIES**

O.F. Núñez-Olvera,

R.E. Balderas-Navarro,

J. Ortega-Gallegos, L.F. Lastras

Martínez, A. Lastras-Martínez

Univ. Autónoma de San Luis Potosí, México.

oscar_n@cactus.iico.uaslp.mx

We report on a 32-channel spectrometer capable of acquiring optical reflectance-anisotropy spectra in a sub-second time-scale. Its performance was evaluated by measuring the well known E_1 en $E_1+\Delta_1$ signatures associated to optical anisotropies of different semiconductor samples in the visible-ultraviolet spectral region. The spectrometer is based on a photoelastic modulator for light polarization modulation, a 32-channel photomultiplier for light detection and a lock-in amplifier for signal processing. The proposed system is compact and economical as it uses commercial analog switches for scanning the photomultiplier channels. Furthermore, the system is well suited to be used for *in-situ* studies of the kinetics of surface processes in cubic semiconductors, such as those occurring during molecular beam epitaxy growth.

This work is supported by Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Grants Nos. 81316 and 79635).

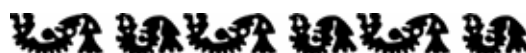
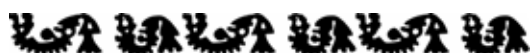
Keywords: optical multichannel spectrometer, reflectance anisotropy spectroscopy, real-time measurements, zincblende semiconductors.

**UN ESPECTRÓMETRO RÁPIDO DE 32
CANALES PARA LA MEDICIÓN DE
ANISOTROPÍAS ÓPTICAS
SUPERFICIALES**

Se reporta la implementación de un espectrómetro de 32 canales para la medición de espectros de anisotropía óptica (EAO) con una resolución temporal inferior a 1 segundo. La operación del espectrómetro fue evaluada mediante la medición de EAO de varios semiconductores alrededor la estructura óptica asociada a las transiciones E_1 en $E_1+\Delta_1$ en la región visible-ultravioleta del espectro electromagnético. El espectrómetro emplea un modulador foto-elástico para modular la polarización de la luz, un foto-multiplicador de 32 canales como detector de luz y un amplificador lock-in para el procesado de la señal. El sistema propuesto es compacto y económico, y usa conmutadores analógicos comerciales para barrer los canales del foto-multiplicador. El instrumento es adecuado para la realización de estudios *in situ* de la cinética de procesos superficiales en semiconductores cúbicos, tales como aquellos que ocurren durante el crecimiento por epitaxia de haces moleculares.

Este trabajo fue apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (proyectos Nos. 81316 y 79635).

Palabras clave: espectrómetro óptico multicanal, espectroscopía de reflectancia anisotrópica, mediciones en tiempo real, semiconductores tipo zincblenda.



HOLODIAGRAMS USING MAHALANOBIS DISTANCE

H. Rabal¹, N. Cap¹, C. Criado², N. Alamo³

¹*Univ. Nacional de la Plata. Argentine.*

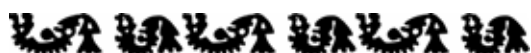
²*Universidad de Málaga. Spain.*

³*Universidad de Málaga. Spain.*

hrabal@ing.unlp.edu.ar

We propose the generalization of the Holodiagram concept proposed by Abramson that has demonstrated many useful properties in optics, to include other metric measurement, namely the Mahalanobis distance, usually used in statistics for decision making and classifying purposes. In this way, the obtained result can be used to solve geometrical optical problems involving Fermat's principle in a rather wide range of situations. It is shown that all the already known uses of the holodiagram that uses Euclidean distance are reproduced as particular cases (reflection, Young's fringes, and refraction between isotropic materials) and it includes the most general case of refraction of the extraordinary ray by arbitrary surfaces between birefringent media and metamaterials.

Keywords: Holodiagram, Mahalanobis distance.



DESIGN AND CONSTRUCTION OF A PULSED AND PORTABLE LASER TYPE YAG:Nd⁺⁺⁺ FOR LIBS APPLICATIONS

O. Ormachea, D. Monica

Universidad Privada Boliviana. Bolivia.

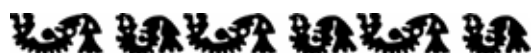
oormachea@upb.edu

The integration of miniature spectrometers and small laser systems of sharp internal power spikes, have allowed the development of portable analytical instruments capable of providing a qualitative real-time analysis. Portable LIBS (Laser Induced Breakdown

HOLODIAGRAMAS USANDO LA DISTANCIA DE MAHALANOBIS

Se propone la generalización del concepto de Holodiagrama propuesto por Abramson que ha demostrado contener muchas propiedades útiles en óptica para incluir otra medida métrica, la distancia de Mahalanobis, usualmente utilizada en estadística para toma de decisiones y como clasificador. De esta forma el resultado que se obtiene puede utilizarse en soluciones a problemas de óptica geométrica que involucran al principio de Fermat. Se muestra que reproduce como casos particulares todos los ya conocidos del holodiagrama que usa la distancia euclidiana (reflexión, franjas de Young, refracción entre medios isótropos) e incluye al caso general de refracción del rayo extraordinario por superficies arbitrarias entre medios birrefringentes y metamateriales.

Palabras clave: holodiagrama, distancia de Mahalanobis.



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN LÁSER PULSADO DEL TIPO YAG:Nd⁺⁺⁺ PORTATIL PARA APLICACIONES LIBS

La integración de espectrómetros miniaturizados y sistemas láser pequeños de picos intensos de potencia, han permitido el desarrollo de instrumentos analíticos portables, capaces de proporcionar un análisis cualitativo en tiempo real. Sistemas LIBS (Laser Induced Breakdown

Spectroscopy) systems are currently implemented with the ability to be powered with batteries for remote operation in field conditions.

This research work has carried out the design and construction of a portable pulsed laser type YAG: Nd⁺⁺⁺, powered by a 12 VDC battery for LIBS system applications. This device works on the Q-switch liability regime triggered by a LiF crystal, the laser head was designed to work without forced liquid cooling, which is common for this kind of lasers.

Energy parameters were optimized to reduce the weight of the energy system, based on a capacitor of the following parameters: C = 4000 uF, U = 350 V, with a maximum stored energy of 245 J ($E = CU^2 / 2$); the trigger used in this configuration is the external type, with a pulse every 200 seconds, which allows the system to eliminate the requirement of forced cooling. The total weight of the laser system, including the source and the head does not exceed 15 kg thus obtaining a fully functional portable device.

Keywords: opto-electronics, optical quantum generators, LIBS.

Spectroscopy) portátiles son actualmente implementados con la capacidad de ser alimentados con baterías para su operación remota en condiciones de campo.

En el presente trabajo de investigación se realizó el diseño y construcción de un láser portátil pulsado del tipo YAG:Nd⁺⁺⁺, alimentado por una batería de 12 VDC para aplicaciones en sistemas LIBS. Este dispositivo trabaja en el régimen Q-switch pasivo activado por un cristal LiF, el cabezal láser fue diseñado para trabajar sin refrigeración forzada líquida, como es común en láseres de este tipo.

Se optimizaron los parámetros energéticos para poder reducir el peso del sistema de alimentación basado en un condensador de los siguientes parámetros: C=4000 µF, U =350 V, con una energía máxima almacenada de 245 J ($E=CU^2/2$), el trigger utilizado en esta configuración es del tipo externo, se tiene un pulso cada 200 s, lo que permite que el sistema no requiera de refrigeración forzada. El peso total del sistema láser, incluida la fuente y el cabezal no supera los 15 kg obteniendo así un dispositivo funcional completamente portátil.

Palabras clave: opto-electrónica, generadores ópticos cuánticos, LIBS.



TROPOSPHERIC LIDAR SYSTEM PROJECT IN COCHABAMBA, BOLIVIA

**O. Ormachea, O. Urquidi,
D. Alejandro, C. Andrea, C. Gonzalo,
Y. Joseth**

*Universidad Privada Boliviana. Bolivia.
oormachea@upb.edu*

In the UPB (Universidad Privada Boliviana), Cochabamba, Bolivia, a coaxial monostatic LIDAR is being built to study the contaminant particles that exist in the tropospheric layer above the



PROYECTO DE UN SISTEMA LIDAR TROPOSFÉRICO EN COCHABAMBA, BOLIVIA

En la Universidad Privada Boliviana, Cochabamba, Bolivia se está construyendo un sistema Lidar monostático coaxial para estudiar las partículas contaminantes existentes en la capa troposférica sobre la ciudad y que son producto de actividades

city, and that are produced by agrarian activities in nearby regions that are really intense in the dry and rainless season. The construction process of this system has included the design, adjust and testing of the optics of emission and recollection of the dispersed laser light, as well as, the assembly of the photon counting equipment for the detection, storage and post analysis of the retrodispersed light. This system uses a continuous DPSS YAG:Nd ($\lambda=532$ nm), as well as a self constructed, pulsed YAG:Nd, and a simple Newtonian telescope. This paper presents the results of calibration and testing of the optical systems.

The participants of this project are forming the optics group in the UPB (Universidad Privada Boliviana) and their postulation to open the first OSA student chapter in the area of LIDAR systems and atmospheric monitoring is planned for this year.

Keywords: lidar, opto-electronic.

agrarias en regiones aledañas, que son muy intensas en época seca de poca lluvia y que empañan completamente el cielo cochabambino. El proceso de construcción de este sistema ha incluido el diseño, ajuste y prueba de la óptica de envío y recolección de la luz láser dispersada, así como, el montaje del sistema de conteo de fotones para la detección, almacenamiento y posterior análisis de la luz retrodispersada. En este sistema se utiliza un DPSS YAG:Nd ($\lambda=532$ nm) continuo, así como un YAG:Nd pulsado de construcción propia, un telescopio. En este trabajo se presentan los resultados de calibración y prueba de los sistemas ópticos.

Los participantes de este proyecto están conformando el grupo de óptica de la Universidad Privada Boliviana y su postulación para la apertura del primer capítulo estudiantil de la OSA en el área de sistemas Lidar y monitoreo atmosférico se tiene planificada para este año.

Palabras clave: lidar, opto-electrónica.



DEVELOPEMENT OF A HIGH VOLTAGE SOURCE FOR TRANSVERSAL AND LONGITUDINAL EXCITATION FOR GAS LASERS

O. Ormachea, W. Morrison

Universidad Privada Boliviana. Bolivia.
oormachea@upb.edu

The actual solid laser systems and the coherent high intensity generation in the UV range has improve significantly over the last years, however the importance of deep UV radiation is growing due to the fact that wavelength of gas lasers could be shorter than the ones generated by lasers in solid state by conversion starting from their harmonics. The range of wavelengths is wider for gas lasers that can generate wavelengths minor to 200nm (ArF: 193 nm, F₂: 157 nm, Ar₂: 126 nm, H₂: 110 nm, among others).



DESARROLLO DE UNA FUENTE DE ALTA TENSION PARA LA EXCITACION TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL DE UN LASERES GASEOSOS

Los sistemas láseres sólidos actuales y la generación coherente de alta intensidad en el rango UV han mejorado significativamente en los últimos años, sin embargo la importancia de radiación UV profunda esta en aumento, debido a que la longitud de onda de láseres gaseosos puede ser más corta que los generados por láseres de estado sólido por conversión a partir de sus armónicos. El rango de longitudes de onda es mucho más amplio para láseres gaseosos que pueden generar longitudes menores a 200 nm (ArF: 193 nm, F₂: 157 nm, Ar₂: 126 nm, H₂: 110 nm, entre otros).

The usual excitation for this kind of lasers is made through electrical discharges with high energy of electrons bunch, where the discharge may be transversal or longitudinal to the direction of stimulated emission.

In this investigation work, the design and construction of a high voltage source for the excitation of coherent emission of high intensity in the UV range for gas mediums was made. To accomplish this, the main transformer was designed with the following parameters: $P = 660\text{W}$, primary voltage $U = 220\text{V}$, in the secondary we obtain $U = 2155\text{V}$. Starting from this stage we use a 5 stage voltage multiplier consisting of 5 capacitors, which values are: $C_1 = 0.05\mu\text{F} \pm 10\% - 3\text{kV}$, $C_2 = 0.5\mu\text{F} \pm 10\% - 4\text{kV}$, $C_3 = 0.5\mu\text{F} \pm 10\% - 4\text{kV}$, $C_4 = 0.25\mu\text{F} \pm 10\% - 4\text{kV}$ y $C_5 = 1\mu\text{F} \pm 10\% - 4\text{kV}$, obtaining a maximum voltage of 15kV , also an autotransformer was constructed which allows the voltage regulation at the entrance of the high voltage source.

Initially, this high voltage source will be use for the generation of laser radiation of high purity N_2 (99.9%) in two configurations: transversal (TEA) and longitudinal (TE).

Keywords: opto-electronics, laser.



BEHAVIOUR OF THE KERR SIGNAL FOR DIFFERENT ANGLES OF THE ANALYZER: FUNCTIONAL ANALYSIS OF THE KERR MAGNETOMETER

J. Torres^{1,2}, A. Rincón¹, B. Cruz¹

¹Univ. Tecnológica de Pereira. Colombia.

²Universidad de Caldas. Colombia.

javier.torres@ucaldas.edu.co

In this work is is presented a detail study which is part of a major analysis of the Kerr magnetometer. In this case, an experimental analysis is used to determine the relation between different values of the angle (θ_a) ad the Kerr signal intensity (I_K). The value of

La excitación usual de este tipo de láseres es a través de descargas eléctricas con alta energía del haz de electrones, donde la descarga puede ser transversal o longitudinal a la dirección de emisión estimulada.

En el presente trabajo de investigación se realizó el diseño y construcción de una fuente de alta tensión para la excitación de emisión coherente de alta intensidad en el diapason UV en medios gaseosos, el transformador principal fue diseñado con los siguientes parámetros $P=660\text{W}$, voltaje en el primario $U=220\text{V}$ y en el secundario se obtiene $U=2155\text{V}$, a partir de esta etapa se utiliza un quintuplicador de tensión que consta de 5 condensadores, cuyos valores son: $C_1=0.05\mu\text{F} \pm 10\% - 3\text{kV}$, $C_2=0.5\mu\text{F} \pm 10\% - 4\text{kV}$, $C_3=0.5\mu\text{F} \pm 10\% - 4\text{kV}$, $C_4=0.25\mu\text{F} \pm 10\% - 4\text{kV}$ y $C_5=1\mu\text{F} \pm 10\% - 4\text{kV}$, obteniendo un voltaje máximo de 15kV , además se construyó un autotransformador que permite la regulación de voltaje a la entrada de la fuente de alta tensión.

Inicialmente esta fuente será utilizada para la generación de radiación láser en N_2 de alta pureza 99,9% en dos configuraciones: Transversal (TEA) y Longitudinal (TE).

Palabras clave: opto-electrónica, láser.



COMPORTAMIENTO DE LA SEÑAL KERR PARA DIFERENTES VALORES DEL ANGULO DEL ANALIZADOR: ANALISIS FUNCIONAL DEL MAGNETOMETRO KERR

El trabajo presentado hace parte de un estudio del funcionamiento del magnetómetro Kerr, en este caso se realiza un análisis experimental de la relación entre diferentes valores del ángulo del analizador (θ_a) y la intensidad de la señal Kerr (I_K). El

this angle influences the shape of the hysteresis loop generated by the Kerr magnetometer, and the type of optical components selected for the implementation of the magnetometer. The experimental work was performed using a conventional Kerr magnetometer, in longitudinal configuration. The equipment is fully set up and it is use in the Technological University of Pereira. The sample used for the measures was a thin film grown by pulsed laser deposition (PLD), with a laser Nd:YAG of 1064 nm over a substrate of Si/Si₃N₄ in a bank of Fe₉₆C₄. The procedure contrasts with the consulted literature, which raises the angle must be less than 2° in order to improve the characteristics of I_K . To this effect a sweep was conducted from 0° to 20° in steps of 2°. As result a simmetrical magnetization curve free of sudden changes caused by distortions in the Kerr signal for loss of data or addition of noise was obtained. It was found that the selected angle can be greater than 2 ° presenting a coherent magnetization curve as reported in the literature. These results indicate that it is not require a high performance analyzer and precision components for the operation of the analyzer. But we find that for θ_a values greater than 16 ° may occur changes in the value of coercive field.

Keywords: signal Kerr, angle analyzer, magnetometer Kerr.

valor de este ángulo influye en la forma del ciclo de histéresis generada por el magnetómetro Kerr, y en el tipo de elementos ópticos que se seleccionen para la implementación del mencionado magnetómetro. El trabajo experimental se realizó con un magnetómetro Kerr convencional, en configuración longitudinal, equipo implementado y puesto a funcionar en la Universidad Tecnológica de Pereira. La muestra que se utilizó para realizar las medidas fue una película delgada crecida por deposición de láser pulsado (PLD), con un láser Nd:YAG de 1064 nm sobre un sustrato de Si/Si₃N₄ con un blanco de Fe₉₆C₄. El procedimiento seguido contrasta con la documentación revisada, en la que se plantea que el ángulo debe ser inferior a 2°, buscando mejorar las características de la I_K . Para este efecto se realizó un barrido desde 0° hasta 20°, en pasos de 2°. Teniendo como respuesta acertada una curva de magnetización simétrica y sin alteraciones súbitas, debidas a distorsiones en la señal Kerr por pérdida de información o adición de ruido. Se encontró que el ángulo seleccionado puede ser superior a 2° presentando una curva de magnetización coherente respecto a los ángulos inferiores planteados en la literatura, indicando que no se requieren de un analizador con altas prestaciones ni elementos de precisión para la operación del analizador. Pero se encuentra que para valores de $\theta_a > 16^\circ$ se pueden presentar alteraciones en el valor del campo coercitivo.

Palabras clave: señal Kerr, ángulo analizador, magnetómetro Kerr.



**DESIGN AND IMPLEMENTATION OF
A DATA ACQUISITION SYSTEM FOR
THE STUDY OF DYNAMICS SIGNALS
IN TIME RESOLVED**

A. Daza, A. Hinojosa, X. Díaz, O. Neira
Popular University of Cesar. Colombia.
gelunicesar@gmail.com

The purpose of this research was to design and implement a data acquisition system for the study of dynamic signals in time in the order of nanoseconds, through the use of electronic instrumentation applied, and to obtain the temporal profiles of light signals such as pulses of light from a laser or fluorescent light signals of interest sample. To carry out the design and implementation of data acquisition system proposed, we used a rapid response transducer and a data acquisition card of high speed. As well, was developed a graphical user interface for visualization, analysis and study of data acquired. Thus, was possible to perform the digitization of a pulse on the order of nanoseconds, as well as also the acquisition of fluorescence signals of different wavelengths, where were obtained theoretical and experimental valuable knowledge based on the physics of spectroscopy.

Keywords: electronic instrumentation, data acquisition, light signals.

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN
SISTEMA DE ADQUISICION DE
DATOS PARA EL ESTUDIO DE
SEÑALES DINAMICAS RESUELTAS
EN EL TIEMPO**

El propósito de esta investigación fue diseñar e implementar un sistema de adquisición de datos para el estudio de señales dinámicas en el tiempo en el orden de los nanosegundos, a partir del uso de la instrumentación electrónica aplicada, y así obtener los perfiles temporales de señales luminosas como son los pulsos del luz de un láser o las señales luminosas de fluorescencia de muestras de interés. Para llevar a cabo el diseño e implementación del sistema de adquisición de datos propuesto, se utilizó un transductor de respuesta rápida y una tarjeta de adquisición de datos de alta velocidad y de desarrolló una interfaz grafica de usuario para la visualización, análisis y estudio de los datos adquiridos. De esta manera fue posible realizar la digitalización de un pulso en el orden de los nanosegundos, así como también la adquisición de señales de fluorescencia de diferentes longitudes de ondas en donde se obtuvieron valiosos conocimientos teóricos y experimentales basados en la física de la espectroscopia.

Palabras clave: instrumentación electrónica, adquisición de datos, señales luminosas.



EVALUATION OF CARBON NANOPARTICLES COATING FOR LASER RADIATION DETECTORS

J.G. Darias, M.A. García, M. Ramos, L.F. Desdín

Centro de Aplicaciones Tecnológica y Desarrollo Nuclear(CEADEN)(Cuba)
darias@ceaden.edu.cu

Laser power and energy detectors, based on thermopile and pyroelectric, make use of different type of coating to increase the radiation absorption and to raise the thermal efficiency. In the present paper it was investigated the performance of carbon nanoparticles and metallic oxides as coating for thermopile detector. The carbon nanoparticles coating were prepared using multiwall carbon nanotubes (MWCNT) and multiwall carbon nanotubes (MWCNT). The MWCNT and MWCNT were synthesized in our laboratory by means of arc discharge of pure graphite electrodes submerged in distilled water according to N. Sano method.

Keywords: carbon nanotubes, thermal detector, thermal coating.



EVALUATION OF AN AUTOMATIC DIODE LASER DENSITOMETER

P.J. Larrea-Cox¹, L. Hernández-Tabares¹, C.E. Suárez-San Pedro², A. Vázquez-Cano³, M. De los Reyes-Rodríguez³

¹ CEADEN. Cuba.

² Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología. Cuba.

³ Empresa de Sueros y Productos Hemoderivados "Adalberto Pesant". Cuba.
plarrea@ceaden.edu.cu

The evaluation of a prototype of an automatic scanning densitometer, transmission mode, which has a diode laser

EVALUACIÓN DE RECUBRIMIENTOS CON NANOPARTÍCULAS DE CARBONO EN DETECTORES DE RADIACIÓN LÁSER

Los detectores de energía y potencia de la radiación láser, tales como las termopilas y los piroeléctricos, hacen uso de diferentes tipos de recubrimientos para incrementar la absorción de la radiación y lograr una mayor eficiencia térmica. En el presente artículo se investigó el comportamiento de recubrimientos con nanopartículas de carbono y óxidos metálicos en detectores de termopilas. Los recubrimientos de nanopartículas de carbono fueron preparados usando nanotubos de carbono (MWCNT) y nanotubos de carbono de pared múltiple (MWCNT). Los MWCNT y MWCNT fueron sintetizados en nuestro laboratorio por medio de la descarga de arco de electrodos de grafito puro sumergidos en agua destilada acorde al método de N. Sano.

Palabras clave: nanotubos de carbono, detectores térmicos, recubrimientos.



EVALUACIÓN DE UN DENSITÓMETRO AUTOMÁTICO CON DIODO LÁSER

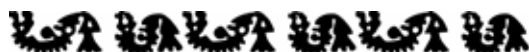
Se presenta la evaluación de un prototipo de densitómetro automático de barrido, por transmisión, que posee un diodo láser

as light source and is primarily intended for analysis of protein electrophoresis, which was developed at the Center for Technological Applications and Development Nuclear (CEADEN), is presented. Its technical characteristics were determined and certified in the National Research Institute of Metrology (INIMET), and was tested at the Laboratory of Process Control on Company of Sera and Blood Products "Adalberto Pesant", in Havana, where was used to control the quality of intermediate products that are produced there, obtaining satisfactory results.

Keyword: laser densitometer.

semiconductor como fuente de luz, y está destinado fundamentalmente al análisis de electroforesis de proteínas, el cual fue desarrollado en el Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear (CEADEN). Sus características técnicas fueron determinadas y certificadas en el Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología (INIMET), y fue sometido a pruebas en el laboratorio de Control de Procesos de la Empresa de Sueros y Productos Hemoderivados "Adalberto Pesant", en La Habana, donde se utilizó para el control intermedio de la calidad de los productos que allí se elaboran, obteniéndose resultados satisfactorios.

Palabra clave: densitómetro láser.



COMPARISON OF TUNABLE LENSES: LIQUID AND SOLID LENS

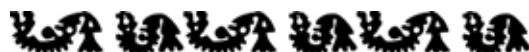
**A. Santiago-Alvarado¹,
S. Vazquez-Montiel², J. Munoz-López²,
V.M. Cruz-Martínez², G. Díaz-González²**

¹*Univ. Tecn. de la Mixteca. Mexico.*

²*INAOE. Mexico.*

santiago@mixteco.utm.mx

Nowadays more reports in the use of tunable lenses are reported, it is due to the benefits they offer in optical systems design. A tunable lens is an optical system that can focus on a range of positions by changing dynamically one of its geometric parameters. There are several types of tunable lenses, the most known types are the liquid lenses and the solid elastic, there are also others using a variable refractive index, and other using a dielectric medium. This paper presents the analysis and opto-mechanical design of two tunable lenses, one kind of liquid lens and another solid rubber type. Both lenses are made in aluminium mount and polydimethylsiloxane (PDMS) as a deformable interface, a prototype use an elastic membrane containing a liquid medium between and the other use PDMS as a medium refractor. We describe the opto-



COMPARACIÓN DE LENTES SINTONIZABLES DEL TIPO LIQUIDA Y SÓLIDA

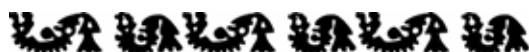
El uso de lentes sintonizables en la microingeniería es cada vez más frecuente debido a las bondades que estas ofrecen a los sistemas ópticos. Una lente sintonizable es aquella que puede enfocar en un rango de posiciones con solo modificar dinámicamente algunos de sus parámetros geométricos. Existen varios tipos de lentes sintonizables, las más conocidas son las lentes líquidas y las del tipo sólido elásticas, también existen las que utilizan medios con índice de refracción variable y las que emplean un medio dieléctrico. En este trabajo se presenta el análisis y el diseño opto-mecánico de dos tipos de lentes sintonizables, una del tipo líquida y otra del tipo sólida elástica. Ambas lentes son fabricadas en monturas de aluminio y con Polidimetilsiloxano (PDMS) como medio

mechanical performance of both types of lens highlighting the main features of each. Finally a functional comparison between these prototypes is showed.

Keywords: optical design, tunable lens.

deformable, una consiste de membranas elásticas con un medio líquido entre ellas y la otra utiliza el PDMS como medio refractor. También se describe el funcionamiento opto-mecánico de ambos tipos de lentes, resaltando las características principales de cada una de ellas. Finalmente se hace una comparación funcional entre este tipo de lentes, y se presentan los resultados obtenidos.

Palabras clave: diseño óptico, lentes sintonizables.



STUDY OF MICROSPECTROMETERS WITH PLANAR AND DIFFRACTIVE MICROMIRRORS

A.G. Rojas-Hernández,

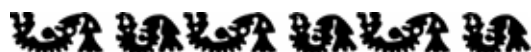
A. Vera-Marquina, A. García-Juárez

Universidad de Sonora. Mexico.

arojas@cajeme.cifus.uson.mx

Optical microspectrometers have huge potential for application in industry, science, medicine, agriculture and biology. The actuality is towards fully integrated optical Microsystems. Complete silicon IC compatible MEMS-based optoelectrical Microsystems on a single chip. These systems however, impose limitations. The required process compatibility and limited choice of acceptable materials does not necessarily give high optimal optical performance. This work study the best characteristics of micromirrors fabricated with anisotropic etching and used in spectrophotometers and ended-ended systems. The limitations and approaches to obtain a sufficient optical performance are studied in terms of spectral resolution and throughput, to serve the majority of applications.

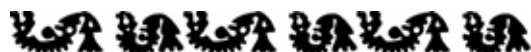
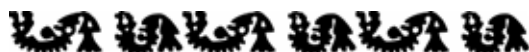
Keywords: optoelectronic integrated circuit, MEMs, microspectrometers.



ESTUDIO DE MICROESPECTRÓMETROS CON MICROESPEJOS PLANARES Y DIFRACTIVOS

Los microespectrometros ópticos tienen un enorme potencial en aplicaciones industriales, científicas, en biología y la agricultura. La tendencia actual es hacia la integración total del microsistema en un solo chip. Sin embargo el propio sistema impone limitantes, uno de ellos, los requerimientos de compatibilidad de procesos y elección limitada de materiales que no tienen necesariamente un desempeño óptico optimo. En este trabajo se realiza un estudio de las mejores características de microespejos fabricados mediante grabado anisotropico y usados en el diseño de sistemas de microespectrometros y 4f. Se estudian las limitaciones y aproximaciones para tener un desempeño óptico suficiente, en términos de la resolución espectral y rendimiento para servir en la mayoría de las aplicaciones.

Palabras clave: circuito optoelectrónico integrado, MEMs, microespectrómetros.



**USING THE FRESNEL INVARIANT
FOR RAY TRACING IN OPTICAL
DESIGN**

A. Morales, M. Cywiak

Centro de Investigaciones en Óptica. Mexico
amr@cio.mx

We propose a technique for ray tracing, based in the propagation of a Gaussian shape invariant under the Fresnel diffraction integral. The technique uses two driving independent terms to direct the ray and is based on the fact that at any arbitrary distance, the center of the propagated Gaussian beam corresponds to the geometrical projection of the center of the incident beam. We present computer simulations as examples of the use of the technique consisting in the calculation of rays through lenses and optical media where the index of refraction varies as a function of position.

Keywords: geometrical optic, propagation methods, ray tracing.

**USO DE LA INVARIANTE FRESNEL-
GAUSIANA PARA EL TRAZO DE
RAYOS EN DISEÑO ÓPTICO**

Se esta proponiendo una nueva técnica para el trazado de rayos, basada en la propagación de una invariante Gausiana que se propaga bajo la integral de difracción de Fresnel. Esta técnica usa dos términos independientes para dirigir el rayo y se basa en el hecho de que a cualquier distancia arbitraria el centro del haz gaussiano propagado corresponde a la proyección geométrica o rayo del centro del haz incidente. Se presentan las simulaciones de computadora, como ejemplos del uso de esta técnica y consisten en el cálculo de rayos a través de lentes y medios ópticos, dónde el índice de refracción varía como una función de la posición.

Palabras clave: óptica geométrica, métodos de propagación, trazado de rayos.



**EVALUATION OF THE INCREASING
OF THE TRANSVERSE ABERRATION
ACCURACY USING SUB-
STRUCTURED GRATINGS**

**D. Aguirre-Aguirre¹,
F. Granados-Agustín¹,
M. Campos-García²**

¹INAOE. Mexico.

²Universidad Nacional Autónoma de
México. Mexico.

daguirre@inaoep.mx

In this paper, we use Ronchi sub-structured gratings to quantify the increasement accuracy in measuring the transverse aberration using a liquid crystal display. For this, we perform a comparison between the Root Mean Square (RMS) obtained by calculating the aberration function using the



**EVALUACIÓN DEL INCREMENTO EN
LA PRECISIÓN DE LA ABERRACIÓN
TRANSVERSAL UTILIZANDO
REJILLAS SUB-ESTRUCTURADAS**

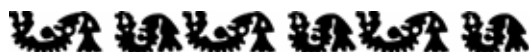
En este trabajo se describe la utilización de rejillas de Ronchi sub-estructuradas para cuantificar el incremento en la precisión al medir las aberraciones transversales utilizando una pantalla de cristal líquido como rejilla de Ronchi. Para este fin se comparan los RMS (Root Mean Square)

profiles of irradiance in the ronchigrams obtained with conventional gratings with the ones obtained using sub-structured gratings. This analysis is performed for different gratings positions, both outside and inside of focus. We show the results obtained in the laboratory for a spherical mirror of 57.27 mm diameter and a radius of curvature of 397.55 mm. We conclude that using Ronchi sub-structure gratings results in an increment of the wavefront reconstruction accuracy.

Keywords: Ronchi test, sub-structured Ronchi gratings, transversal aberration.

obtenidos al calcular la función de aberración utilizando los perfiles de irradiancia correspondientes a ronchigramas obtenidos con rejillas clásicas y los obtenidos para rejillas sub-estructuradas. Este análisis se realiza para diferentes posiciones de la rejilla, tanto intrafocal como extrafocal-mente. Se muestran los resultados obtenidos en el laboratorio para un espejo esférico de 57.27 mm de diámetro y un radio de curvatura de 397.55 mm. Se encontró que al utilizar rejillas de Ronchi sub-estructuradas se puede obtener una mejor precisión en la reconstrucción del frente de onda.

Palabras clave: prueba de Ronchi, rejillas de Ronchi sub-estructuradas, aberración transversal.



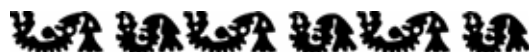
COMPARISON BETWEEN NORMAL AND LATERAL FORCES USING A QUARTZ TUNING FORK SENSOR FOR A PHOTON TUNNELING SCANNING NEAR-FIELD OPTICAL MICROSCOPE

J.M. Merlo R.¹, J.F. Aguilar¹, R. Cortés², V. Coello¹

¹*Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica. Mexico.*

²*Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Mexico*
jmerlo@inaoep.mx

Using a quartz tuning fork as a force transducer with external excitation, we measured the two different forces, normal and lateral, commonly used in the sample-probe distance control for a Photon Tunneling Scanning Near-field Optical Microscope (PT-SNOM) system. We analyzed the interaction distance, this is the distance at which the probe begins to sense the sample. The experiment has been realized changing parameters as the amplitudes and z-direction scan range, also for different type of samples and type of



COMPARACIÓN ENTRE LAS FUERZAS NORMAL Y LATERAL USANDO UN DIAPASÓN DE CUARZO EN UN SISTEMA DE TUNELAJE FOTÓNICO DE UN MICROSCOPIO ÓPTICO DE BARRIDO DE CAMPO CERCANO

Se usa un diapason de cuarzo como transductor de fuerza con excitación externa para medir las dos fuerzas, la normal y la lateral, que se usan normalmente en el control de la distancia punta-muestra en un sistema de Tunelaje Fotónico de un Microscopio Óptico de Barrido de Campo Cercano. Se analiza la distancia de interacción, es decir la distancia a la cual la punta de prueba empieza a sensar la muestra. El experimento se realizó variando algunos parámetros como la amplitud y el recorrido del barrido en la dirección z; asimismo se

probes. We show the results, and a comparison between the different forces, concluding that the normal force detection is an easier and accurate way to control sample-probe distance. This is due to the different possibilities for the range in z when working with the normal force.

Keywords: scanning near-field optical microscope.

probaron diferentes muestras y tipos de puntas. En los resultados se muestra una comparación entre las dos fuerzas, concluyendo que la detección de la fuerza normal es la manera más fácil y precisa de controlar la distancia punta-muestra. Esto se debe a las diferentes posibilidades que se tienen en el rango en z cuando se trabaja con la fuerza normal.

Palabras clave: microscopio óptico de barrido de campo cercano.



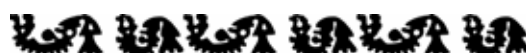
A SPECTROMETER SYSTEM FOR RAPID PHOTOREFLECTANCE SPECTROSCOPY

M. García-Martínez, M.A. Lastras-Montaña, A. Sustaita-Narváez,
R.E. Balderas-Navarro, L.F. Lastras-Martínez, G. Ramírez-Flores,
A. Lastras-Martínez

*Universidad Autónoma de San Luis Potosí,
Mexico*

rbn@cactus.iico.uaslp.mx

We present a spectroscopy technique based on a commercial compact spectrograph. The probe white light source illuminates a sample, which also is periodically modulated by a pump laser beam. The reflected probe beam is dispersed through the spectrograph. The dispersed wavelengths are detected by an array of CCD pixels. The light signal can be measured by multiplexing the readout using the integrated system in the monochromator to read the signal from each detector during several modulation cycles. Furthermore, by using parallel computing techniques, the signal to noise ratio can be improved in real time as the measured spectra takes some seconds to be acquired. The system is tested for doped and undoped GaAs samples at both the E_0 fundamental gap and at the E_1 and $E_1 + \Delta_1$ optical transitions, and are well compared with measurements obtained with a conventional photoreflectance set ups based on Lock-in amplifiers.



UN SISTEMA PARA LA MEDICIÓN RÁPIDA DE ESPECTROS DE FOTORREFLECTANCIA

Se reporta una técnica espectroscópica compacta basada en un espectrógrafo comercial. Se ilumina simultáneamente una muestra con un haz de prueba y un laser que periódicamente modula la reflectividad de la muestra. El haz de prueba reflejado se dispersa mediante el espectrógrafo y se detecta con un arreglo de CCD. La señal resultante se adquiere de manera simultánea con una electrónica integrada en el mismo monocromador para poder observar cambios debido a la modulación inducida por el laser. Se usan además, técnicas de cómputo en paralelo para poder adquirir una buen número de espectros y de esta manera poder optimizar la razón señal ruido en tiempo real y obtener espectros de fotorreflectancia en la escala de segundos. Se midieron espectros de fotorreflectancia de muestras de GaAs dopadas y sin dopar, en los rangos alrededor del gap fundamental E_0 y en las transiciones E_1 and $E_1 + \Delta_1$ y se comparan además éstos espectros con los medidos con técnicas

This work is supported by *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología* (Grants Nos. 81316 and 79635).

Keywords: phoreflectance spectroscopy, real-time measurements, spectrograph.

convencionales utilizando amplificadores Lock-In.

Este trabajo es financiado por el *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología* (Proyectos Nos. 81316 y 79635).

Palabras clave: fotorreflectancia, mediciones en tiempo real, espectrógrafo.



CALIBRATION OF A SPECTROGRAPH BY LASER-INDUCED PLASMA LIGHT

R. Sánchez, G. Baldwin

PUCP. Peru.

ruben.sanchez@pucp.edu.pe

The spectrographs are an important tool for the various spectroscopic techniques, and sometimes re-calibration is required after use for long periods or when required to work in a different spectral range that is initially configured.

This paper shows how to change the spectral range of operation by a Czerny-Turner spectrometer using a linear CCD detector light. From the manufacturer's initial settings and changing the orientation of the diffraction grating. After setting the new spectral range, it is re-calibrated using the light of laser-induced breakdown of some materials containing intense atomic lines and defined according to a known database.

After capturing some spectra, it is performed a linear regression from the function that relates the wavelength with pixel location of the pixel, in the spectrograph's linear CCD, to obtain the parameters I, C₁, C₂, C₃ shown in the following equation.

$$\lambda_p = I + C_1 p + C_2 p^2 + C_3 p^3$$

λ_p : pixel wavelength p (nm)

I: pixel wavelength 0 (nm)

p: pixel number (pixel)

C₁: first coefficient (nm/pixel)

C₂: second coefficient (nm/pixel²)

C₃: third coefficient (nm/pixel³)



CALIBRACIÓN DE UN ESPECTRÓGRAFO MEDIANTE LA LUZ DEL PLASMA INDUCIDO POR LÁSER

Los espectrógrafos son una herramienta importante para las diversas técnicas de espectroscopia, y a veces es requerido re-calibrar después de utilizarlo por un largo periodo o también cuando se requiere trabajar en un rango espectral diferente al que se tiene inicialmente configurado.

En este trabajo se muestra como cambiar de rango espectral de funcionamiento en un espectrógrafo de tipo Czerny Turner que utiliza un CCD lineal como detector de luz. Partiendo de la configuración inicial del fabricante y modificando la orientación de la rejilla de difracción. Luego de fijar el nuevo rango espectral, se re-calibra usando la luz del plasma inducido por láser de algunos materiales que contenga líneas atómicas muy intensas y definidas de acuerdo a una base de datos conocida.

Luego de captar algunos espectros, se realiza una regresión lineal a partir de la función que relaciona la longitud de onda con la ubicación del píxel en el CCD lineal del espectrógrafo, para obtener los parámetros I, C₁, C₂, C₃ que se muestran en la siguiente ecuación.

$$\lambda_p = I + C_1 p + C_2 p^2 + C_3 p^3$$

Keywords: calibration, spectrograph, linear CCD, linear regression, spectral range.

λ_p : longitud de onda del píxel p (nm)
I: longitud de onda del píxel 0 (nm)
p: número de píxel (píxel)
 C_1 : primer coeficiente (nm/píxel)
 C_2 : segundo coeficiente (nm/píxel²)
 C_3 : tercer coeficiente (nm/píxel³)

Palabras clave: calibración, espectrógrafo, ccd lineal, regresión lineal, rango espectral.



PROBLEMS OF OVERLAPPING UNWANTED LIGHT IN A CZERNY-TURNER MONOCHROMATOR

R. Sánchez, G. Baldwin

PUCP. Peru.

ruben.sanchez@pucp.edu.pe

From the optical simulation, using the program OSLO EDU, for a Czerny-Turner monochromator, was presented a set of possible cases that produce unwanted light through the monochromator optics. This unwanted light can produce a false signal in the optical detector, or also decrease its optical resolution.

The problems studied are: orders of diffraction overlapping (see Figure 1), and inadequate numerical aperture of the optical coupling to the monochromator (used for collecting light to be analyzed).

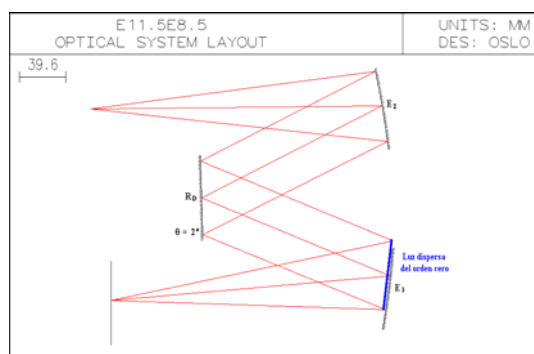
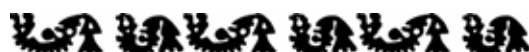


Figure 1. The entry of zero order scattered light at optical detector, for a certain orientation of a Czerny-Turner monochromator diffraction grating. This is an example of a false signal recorded by the detector.



PROBLEMAS DE SUPERPOSICIÓN DE LA LUZ NO DESEADA EN UN MONOCROMADOR TIPO CZERNY TURNER

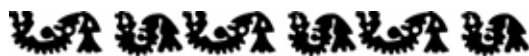
A partir de la simulación óptica usando el programa OSLO EDU para un monocromador tipo Czerny Turner se presentarán un conjunto de posibles casos que produzcan luz no deseada a través de la óptica del monocromador. Esta luz no deseada puede producir una falsa señal en el detector óptico, o también disminuir su resolución óptica.

Los problemas estudiados son: la superposición de los órdenes de difracción (ver figura 1), y la apertura numérica inadecuada de la óptica de acoplamiento al monocromador (usada para la recolección de luz que se desea analizar).

Figura 1. Ingreso de luz dispersada del orden cero al detector óptico, para cierta orientación de la rejilla de difracción de un monocromador tipo Czerny Turner. Un ejemplo de falsa señal registrada por el detector.

Palabras clave: simulación, monocromador, órdenes de difracción, resolución óptica.

Keywords: simulation, monochromator, diffraction order, optical resolution.



OPTICAL SIMULATION FOR A CZERNY-TURNE SPECTROGRAPH

R. Sánchez, G. Baldwin

PUCP. Peru.

ruben.sanchez@pucp.edu.pe

The spectro-optical instrumentation is an area in constant development by the high demand for such equipment in various spectroscopic applications. We present the simulation of a Czerny-Turner spectrograph as a tool to optimize the optical parameters of the system.

In this paper, we have simulated the optical system of the spectrometer with the simulator OSLO EDU; for this, we used ideal lenses and mirrors only. Spot diagrams are shown for each configuration and it is explained why the mirror system is the best. Then, in the configuration of the spectrograph which uses mirrors, we change the orientations of two mirrors to optimize the optical resolution of the system through the spot diagram.

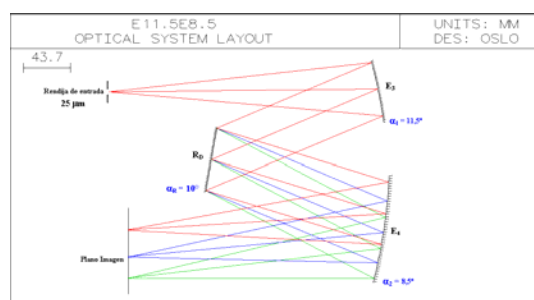


Figure 1. Ray tracing simulation of the optical system of a Czerny-Turner spectrograph, using the program OSLO EDU.

Keywords: simulation, spectrograph, Czerny-Turner.



SIMULACIÓN ÓPTICA PARA UN ESPECTROGRAFO TIPO CZERNY-TURNER

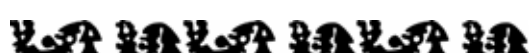
La instrumentación óptica en espectrógrafos es un área en constante desarrollo por la alta demanda de estos equipos en diversas aplicaciones espectroscópicas. En este trabajo presentamos la simulación de un espectrógrafo tipo Czerny-Turner como una herramienta para optimizar los parámetros ópticos del sistema.

En este trabajo, se ha simulado el sistema óptico del espectrómetro con el programa OSLO EDU y utilizando lentes ideales, combinando lentes ideales con reales, y usando solamente espejos. Se muestran los diagramas de manchas para cada configuración y se explica porque el sistema de espejos es el mejor.

Luego en la configuración del espectrógrafo usando espejos, se cambian las orientaciones de dos espejos para optimizar la resolución óptica del sistema a través del diagrama de manchas.

Figura 1. Simulación del trazo de rayos del sistema óptico de un espectrógrafo tipo Czerny-Turner, usando el programa OSLO EDU.

Palabras clave: simulación, espectrógrafo, Czerny-Turner



**DESIGN, ASSEMBLY AND
CALIBRATION OF AN OFFNER
IMAGING SPECTROMETER**

**H. González-Núñez, E. López Lago,
C. Montero-Orille, M.D. Mouriz Cereijo,
X. Prieto-Blanco, R. De la Fuente Carballo**
Univ. de Santiago de Compostela. Spain
hector.gonzalez@usc.es

A hyperspectral sensor or imaging spectrometer is a device that collects spectral information in hundreds of contiguous and closely spectral bands from an inhomogeneous scene. A standard Offner imaging spectrometer is made up of three spherical and concentric surfaces: two concave mirrors and a classical convex grating (equally spaced grooves). The main drawback of this kind of spectrometers is the presence of astigmatism. Numerous prototypes minimize this problem by using optical design tools and introducing aspheric surfaces and/or aberration-corrected gratings. We complete the first analytical pseudoparaxial study of the Offner spectrometer based on aberration grating theory.

We present the design, assembly and calibration of an Offner dispersive imaging spectrometer with high optical quality and low cost. Using only spherical surfaces and classic diffraction grating we can cancel astigmatism and its spectral derivative for one point (the central point of the entrance slit) at a specific wavelength. This condition is compatible with a coma free image of the design point (central point of the entrance slit) at any wavelength. Thus, high optical quality spectrometers are obtained without use of specific aberration corrected gratings. By using this design strategy, we build a low cost Offner spectrometer with a spectral range from 400 to 1000 nm. The prototype specifications are: a 10 mm x 20 μm entrance slit, two concave mirrors (radii of 128 mm and 134 mm), a 150 l/mm convex grating (70 mm radius) and an 8,8 mm x 6,6 mm CCD camera. We use a He-Ne laser and a Michelson-Morley interferometer to achieve concentricity. In one of the interferometer arms, we introduce one lens that focus the laser on an auxiliary plane

**DISEÑO, MONTAJE Y CALIBRACIÓN
DE UN ESPECTRÓMETRO DE
IMAGEN TIPO OFFNER**

Un sensor hiperspectral o espectrómetro de imagen es un dispositivo que nos proporciona el espectro de cada punto de una imagen en cientos de bandas contiguas y estrechas en una escena inhomogénea. Un espectrómetro de imagen tipo Offner estándar está constituido por 3 elementos esféricos y concéntricos: 2 espejos cóncavos y una red de difracción convexa clásica (surcos equiespaciados). El principal inconveniente de este tipo de espectrómetros es la presencia de astigmatismo. En muchos diseños, este problema se minimiza con la ayuda de programas de diseño óptico e introduciendo superficies asféricas y/o redes de difracción corregidas en aberraciones. Nuestro grupo ha realizado el primer diseño totalmente analítico de este tipo de espectrómetros mediante un estudio pseudoparaxial basado en teoría de aberraciones de redes. En este trabajo describimos el diseño, montaje y calibración de un sensor hiperspectral dispersivo tipo Offner de alta calidad y bajo coste.

Nuestro diseño utiliza únicamente superficies esféricas y redes de difracción clásicas. Así se ha conseguido anular, para el centro de la rendija de entrada (punto de diseño) y para una longitud de onda, el astigmatismo y su derivada espectral. Esta condición es compatible con la ausencia de coma para el punto de diseño en todas las longitudes de onda. De esta forma se consiguen calidades de imagen comparables con diseños que han sido realizados con redes de difracción corregidas. Utilizando esta estrategia, hemos diseñado un espectrómetro de imagen de bajo coste con un rango espectral que abarca de 400 nm a 1000 nm. Las características del prototipo son: rendija de entrada de 20 μm x 10 mm, espejos cóncavos de 135 mm y 128 mm de

grating. With two diffraction orders we illuminate the concave mirrors to place their curvature center at the lens focus position. The convex grating is aligned with the convergent beam coming directly from the lens. The rest of elements are positioned with micrometric travel/rotation platforms. We utilize 2 spectral lamps (Hg and Ar) that cover the whole system spectral range and a white-light source in order to characterize the imaging spectrometer. We achieve spatial resolutions better than 20 μm in the entrance slit plane and spectral resolutions better than 2 nm in the 400-1000 nm range. We also evaluate the distortion along the spectral direction (called keystone) and distortion along the spatial direction (called smile). The experimental device shows a smile less than 6 μm and a keystone less than 25 μm .

Keywords: imaging spectrometer; optical design.

radio, una red de difracción de 150 l/mm y 70 mm de radio y una cámara CCD de 8,8 mm x 6,6 mm.

El proceso para situar las superficies concéntricamente se realiza con la ayuda de un láser de He-Ne y un interferómetro Michelson-Morley. En uno de sus brazos se sitúa una lente que focaliza sobre una red de difracción plana auxiliar. Con dos de sus órdenes de difracción se iluminan los dos espejos cóncavos para situar sus centros de curvatura sobre el foco. La red convexa se alinea iluminándola con el haz convergente procedente directamente de la lente. El resto de elementos se sitúan mediante plataformas de rotación/traslación micrométricas.

Para caracterizar nuestro primer prototipo de laboratorio, utilizamos 2 lámparas espectrales (Hg y Ar) que cubren todo el rango espectral de diseño y una fuente de luz blanca. Obtuvimos resoluciones espaciales de 20 μm en el plano de la rendija de entrada y resoluciones espectrales de 2 nm en el rango de 400-1000 nm. Además caracterizamos la distorsión a lo largo de la dirección espacial (en inglés “smile”) y la distorsión a lo largo de la dirección espectral (en inglés “keystone”) obteniendo un smile menor que 6 μm y un keystone menor que 25 μm .

Palabras clave: espectrómetro de imagen, diseño óptico.



LEDs USED AS SPECTRAL SELECTIVE LIGHT DETECTORS IN REMOTE SENSING TECHNIQUES

**C. Weber^{1,2}, J.O. Tocho^{1,2},
E.J. Rodríguez¹**

¹Centro de Inv. Ópticas. Argentine.

²UNLP. Argentine.

cweber@ciop.unlp.edu.ar

Remote sensing has been commonly considered as an effective technique in developing precision agriculture tools.



UTILIZACIÓN DE LEDs COMO DETECTORES ESPECTRALES SELECTIVOS EN TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN

La teledetección ha sido comúnmente considerada como una técnica eficaz en el desarrollo de herramientas de agricultura de

Ground based and satellite spectral sensors have wide uses to retrieve remotely quantitative biophysical and biochemical characteristics of vegetation canopies as well as vegetation ground cover. Usually the technology associated with field remote sensing uses either a combination of interferential filters and photodiodes or different compact spectrometers to separate the spectral regions of interest.

In this paper we present a new development of a sensor with LEDs used as spectrally selective photodetectors. Its performance was compared with a photodiode-filter sensor used in agronomic applications. Results show that the new LEDs sensor has similar features that conventional ones to determining the vegetation soil cover degree; while LEDs based sensor has comparative advantages related its very low manufacturing cost and its roughness compatible with agricultural field applications.

Keywords: remote sensing, radiometry, photometers.

precisión. Sensores espectrales de tierra y satélite tienen un uso amplio en la medición en forma remota de variables cuantitativas, biofísicas y bioquímicas de los doseles de vegetación, así como el grado de cobertura vegetal del suelo. Por lo general, la tecnología de detección remota relacionada con las mediciones a campo utiliza ya sea una combinación de filtros interferenciales y de fotodiodos o diferentes espectrómetros compactos para separar las regiones espectrales de interés. En este trabajo se presenta un desarrollo de un sensor que utiliza a LEDs como fotodetectores espectralmente selectivos. Su funcionamiento se comparó con un sensor con tecnología convencional de filtros interferenciales y fotodiodos, utilizado en aplicaciones agronómicas. Los resultados mostraron que el sensor basado en LED's tiene características similares que los convencionales para determinar el grado de cobertura del suelo, mientras que el sensor basado LED's tiene con respecto a estos últimos, ventajas comparativas relacionadas con su costo de producción muy bajos y su robustez compatible con las aplicaciones de campo.

Palabras clave: teledetección, radiometría, fotómetros.



OPTICAL TESTING WITH A KNIFE EDGE INTERFEROMETER

**P. Cebrian¹, N. Korneev¹,
F.S. Granados¹, A. Cornejo¹, R. Díaz²**

¹INAOE. Mexico.

²Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo
Tecnológico. Mexico.

cebrian@inaoep.mx

In optical shop the wavefront sensing by the interferometry is one common technique. However this technique needs a reference wavefront produced by auxiliary optics; for this reason new procedures are generated with a self-wavefront system. The examples



INTERFERÓMETRO PARA PRUEBAS ÓPTICAS EMPLEANDO UN FILO DE NAVAJA

En pruebas ópticas, la detección del frente de onda dado por la interferometría es una técnica común para hacer el análisis de la calidad óptica de un sistema. Sin embargo esta técnica necesita un frente de onda de referencia producido por óptica auxiliar; por

are: the shearing interferometry (Ronchi test¹), the point diffraction interferometry², etc.

One new process we proposed in this work. The idea in generating a reference wavefront by use of the knife edge put in the zone of a converging beam. When the knife edge is illuminated each point of the knife produces rays which interfere with the other rays produced by the system under test. The advantage of this proposal is to have a simple and powerful testing arrangement with common path interferometry.

[1] A. Cornejo Rodríguez, "Ronchi test", in *Optical Shop Testing Second Edition*, Daniel Malacara ed. (John Wiley & Sons New York 1992).

[2] S. Mallick, "Common-Path Interferometers", in *Optical Shop Testing Second Edition*, Daniel Malacara ed. (John Wiley & Sons New York 1992).

Keywords: interferometry, optical systems, instruments and optical.



DESIGN AND MANUFACTURE OF A MICROSCOPE CONFOCAL BASED ON OPTICAL FIBERS

M. Lomer¹, G. Gutierrez¹, R. Coello², J.M. López¹

¹Univ. de Cantabria. Spain.

²PUCP. Peru.

lomer@teisa.unican.es

Conventional optical microscopes are incapable of rejecting out-of focus light beam. This causes that some samples cannot suitably be analyzed, losing therefore very useful information. In addition, the conventional microscope cannot analyze samples in thicknes layer solely limiting itself a sweeping in surface. The confocal microscopy offers a solution to these problems. It rejects the beams reflected outside the focusing plane and one concentrates in smaller and deep places

esta razón, se han propuesto nuevos sistemas que formen su propio frente de onda de referencia, tales como la Prueba de Ronchi, el interferómetro de Difracción por Punto, etc.

El trabajo, consiste en generar un frente de onda de referencia usando un filo de una navaja, el cual se coloca en un haz convergente que proviene de la lente bajo prueba. De acuerdo con el Principio de Huygens-Fresnel, cuando el filo de la navaja es iluminado, cada punto del mismo produce un frente de onda esférico, la superposición de todos ellos da lugar a un frente de onda cilíndrico. A su vez, este frente de onda se superpone con la parte no bloqueada del frente de onda original producido por la superficie o lente bajo prueba y en consecuencia tenemos interferogramas con información parcial de las aberraciones de la lente bajo prueba, las cuales se presentan en dicho trabajo.

Palabras clave: interferometría, sistemas ópticos.



DISEÑO DE UN MICROSCOPIO CONFOCAL BASADO EN FIBRAS ÓPTICAS

Los microscopios ópticos convencionales son incapaces de discriminar los haces de luz que se encuentran fuera del foco. Esto hace que algunas muestras no puedan ser analizadas, perdiendo por tanto, información muy útil. Además, el microscopio convencional no puede analizar las muestras con capas espesas, limitándose únicamente al barrido superficial. La microscopía confocal ofrece una solución a estos problemas. Mediante esta técnica se discriminan y separan los haces reflejados

giving as result an image of hi-fi and great resistance. The confocal microscope is also able to acquire optical sections from thickness samples and offers majors advantages in the axial and transverse resolution. But the confocal microscope is limited by the diffraction when it realises the sweeping of the sample, exist problems of focusing or misalignment of the lenses that reduce the resolution. The use of pinhole corrects partially these problems. The replacement of pinholes by monomode optical fibers or package also has been proposed and developed by several authors. The fibers are integrated in different parts from the confocal assembly.

In this document the design and the simulation of two system confocal microscopes, one based on a conventional system using optical of volume and other based on optical fibers (Fig. 1). With optical fibers those of types monomode and multimode are analyzed, in material of glass and plastic. The confocal system is designed and simulated by means of the Zemax© program and the problems of aberrations are solved. The experimental implementation of the confocal system all fiber is using a monomode fiber and source laser of 632.8 nm of wavelength. In order to of having a confocal system low cost the case of a multimode fiber studies of 1mm of diameter of core. Finally, the experimental results and of simulation are presented and discussed.

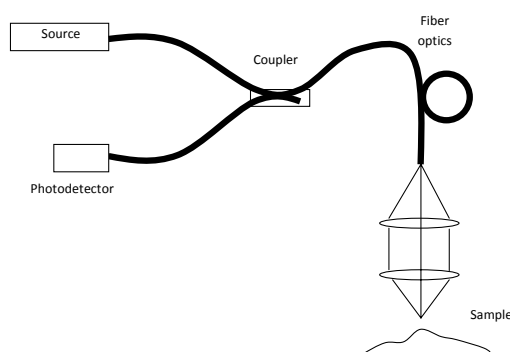


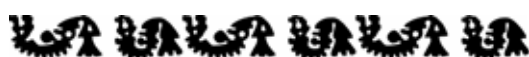
Fig. 1. Schematics of the design fiber optic confocal microscopy.

Keywords: confocal microscopy, monomode optical fiber.

que se encuentran fuera del plano de enfoque, concentrándose en lugares en lugares más pequeños y profundos, dando como resultado una imagen de alta fidelidad y gran resolución. El microscopio confocal es también capaz de adquirir secciones ópticas de las muestras espesas y ofrecen mayores ventajas en resolución axial y transversal. Sin embargo, el microscopio confocal está limitado por la difracción cuando realiza el barrido de la muestra, existiendo problemas de enfoque o desalineamiento de las lentes, reduciéndose por tanto la resolución. El uso de pequeñas aberturas para limitar la captación de los haces reflejados por la muestra permiten corregir parcialmente este problema. La sustitución de estas aberturas por fibras ópticas monomodo o por paquete de fibras ópticas han sido propuestos y desarrollados por varios autores. El débil diámetro de la fibra monomodo (inferior a los 10 μ m), es una ventaja. Otra de las ventajas de las fibras es que se pueden integrar en diferentes etapas del montaje confocal. En este trabajo, se presentan el diseño de dos sistemas confocales, uno convencional utilizando óptica de volumen y otro basado en fibras ópticas. El sistema con fibras ópticas, mostrado en la figura 1, puede ser con fibras monomodo o multimodo. Los sistemas han sido diseñados y simulados mediante el programa Zemax©. Con la finalidad de tener un sistema confocal de bajo costo, se ha realizado el estudio con fibras multimodo de 1 mm de diámetro. Por último, los resultados experimentales y de simulación son presentados y discutidos.

Fig. 1. Esquema del diseño del microscopio confocal basado en fibras ópticas.

Palabras clave: microscopía confocal, fibra óptica monomodo.



**PHOTONIC FILTERING FOR
OPTICAL SOURCES OF WIDE-BAND
SPECTRA USING BIREFRINGENT
OPTICAL FIBER**

**J. Santos-Aguilar, M. Santiago-Bernal,
C. Gutiérrez-Martínez**
INAOE, Mexico.
sbernal@inaoe.mx

Designing and practical realization of a simple scheme of photonic filtering using segments of polarization maintaining fiber (birefringent fiber) are presented in this work, these photonic filters can modify the spectrum of wide-band optical sources (Multimode laser or broadband LED). An interesting result turns out when it's possible to accomplish a selective filtering of modes from a multimode source, modifying the free spectral range.

An optical delay introduced in a wide-band optical source, modify the optical spectrum behaving like a photonic filter. The optical delay can be generated by means of a polarization interferometer made with birefringent optical fiber placed between two polarizers.

The optical delay introduced by the PMF is: $dm=(n_o - n_e)L$, where n_o and n_e are the PMF ordinary and extraordinary refractive indices, L is the PMF length.

The power spectral density generated by the polarization interferometer is given by:

$$S(\lambda) = \frac{1}{2} P(\lambda) \left\{ 1 + \cos \left(\frac{1}{\lambda} 2\pi dm \right) \right\}$$

where $S(\lambda)$ is the photonic filtering function.

From the photonic filtering function for an optical delay, it's possible to design photonic filters which can modify the optical source spectrum.

The practical results of the optical filtering for a multimode laser are shown in the Figure 1a, 1b, the spectral filtering allows a selective cancellation of modes, and then to increase the laser modes free spectral range. The selective filtering is achieved when the optical delay matches with the spectral characteristics of the source to eliminate alternate modes.

**FILTRAJE FOTÓNICO DE FUENTES
LUMINOSAS DE ESPECTRO ANCHO
UTILIZANDO FIBRA ÓPTICA
BIRREFRINGENTE**

Se reporta el diseño y realización práctica de un esquema simple de filtraje fotónico, utilizando segmentos de fibra óptica birrefringente, los cuales, se comportan como filtros ópticos capaces de modificar el espectro de fuentes luminosas de espectro ancho (Láser ó DSL). Un resultado interesante se logra al filtrar selectivamente los modos de un láser multimodo, modificando así su intervalo espectral libre.

Un retardado óptico introducido en una fuente de espectro ancho, se comportará como un filtro fotónico que modifica su espectro luminoso. El retardo óptico puede generarse mediante un interferómetro de polarización realizado con fibra óptica birrefringente colocada entre dos polarizadores.

La diferencia de camino óptico introducida por la fibra es: $dm=(n_o - n_e)L$, donde n_o y n_e son los índices de refracción ordinario y extraordinario, L es la longitud de la fibra.

La densidad espectral de potencia generada por el interferómetro de polarización está dada por:

$$S(\lambda) = \frac{1}{2} P(\lambda) \left\{ 1 + \cos \left(\frac{1}{\lambda} 2\pi dm \right) \right\}$$

donde $S(\lambda)$ es la función de filtraje fotónico.

A partir de la función de filtraje espectral de un retardador óptico, es posible diseñar filtros fotónicos, que permitan modificar el espectro de una fuente luminosa.

El resultado práctico del filtraje espectral de un láser multimodo se ilustra en la Figura 1a, 1b; el filtraje fotónico permite eliminar "selectivamente" algunos modos y aumentar así su intervalo espectral libre. El filtraje selectivo se logra cuando el retardador óptico se ajusta a las características espectrales de la fuente óptica, con objeto de eliminar modos alternados y con ello se incrementa el intervalo espectral libre.

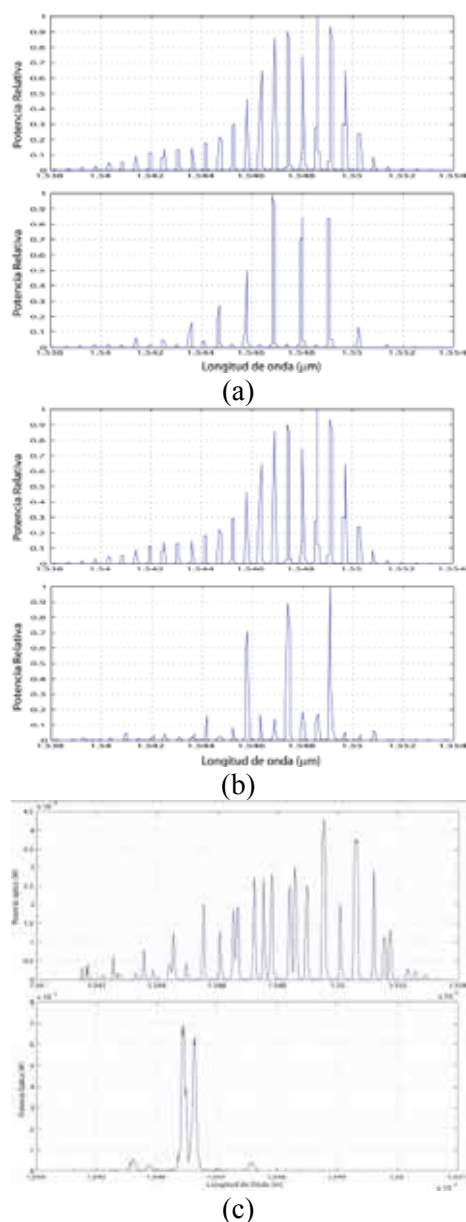


Figure 1. Selective mode filtering for (a) and (b) a multimode source, (c) a complex spectrum. Top: original spectrum. Bottom: filtered spectrum.

The use of photonic filters reported in this work allows to filter complex optical spectra and to isolate modes in a specific wavelength for a particular application. An example for two adjacent modes isolated is shown in the Figure 1c.

The photonic filters made with birefringent fiber are simple elements that can be easily adapted to complex optical and optoelectronic schemes. One practical application is related to the frequency response for radio over fiber systems, where a wide-band optical source and a dispersive

Figura 1. Filtrado selectivo de modos (a) y (b) en una fuente multimodo, (c) de un espectro complejo. Arriba: espectro original. Abajo: espectro filtrado.

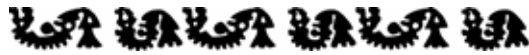
El empleo de los filtros fotónicos reportados en este trabajo, permite filtrar espectros ópticos complejos con objeto de aislar modos en valores de longitud de onda de interés particular. Un ejemplo de esta situación se ilustra en la Figura 1c, donde se han aislado dos modos adyacentes.

Los filtros fotónicos realizados con fibra birrefringente son elementos simples, que pueden adaptarse fácilmente a esquemas ópticos y opto-electrónicos complejos. Una aplicación práctica está relacionada con la respuesta en frecuencia de esquemas de radio-fibra óptica, donde una fuente óptica de espectro ancho y un canal de transmisión dispersivo, permiten reconfigurar la respuesta eléctrica del sistema, al modificar el espectro luminoso de la fuente multimodo.

Palabras clave: filtros fotónicos, fibra birrefringente, retardos ópticos.

channel allow the reconfiguration of the electrical frequency response by the optical spectra modification.

Keywords: photonic filters, birefringent fiber, optical delay.

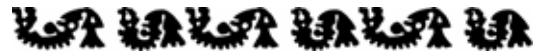


TEMPORAL CHARACTERIZATION OF A XENON LAMP DEPENDING ON THE EXCITATION CIRCUIT CL

O. Ormachea, D. Iriarte, R. Portugal

Universidad Privada Boliviana. Bolivia.
oormachea@upb.edu

In systems of pulsed solid-type lasers YAG: Nd⁺⁺⁺, is very common to use low pressure flash lamps, with a gaseous medium consisting of xenon or krypton. In this research work was carried out temporal characterization of issuing a xenon flash lamp, excited by an electronic circuit of type CL. We used a Russian-made INP-3-7/80A lamp; this lamp can work with a pulsed frequency up to 10Hz. Regarding the electronic part, figure shows the basic electronic circuit used to trigger the flash lamp. It is composed by the high voltage source FAT, source of the trigger FT, the trigger, the energy storage system that comprises a power capacitor C, inductance L and the flash lamp. The high voltage source was designed to give the following parameters: $I = 70\text{mA}$, $U = 320\text{ VAC}$, which is then rectified to a voltage of $U = 448\text{ VDC}$. The source of the trigger, in turn, provides a voltage $U = 308\text{ V}$, which is transformed, by the side of the trigger, to $U = 9\text{ kV}$ peak. The capacitor with a capacitance C of $4700\text{ }\mu\text{F}$ and a voltage of $U = 448\text{ V}$. It was determined that depending on the inductance used in the system, the average life time of the pulse generated by the lamp can vary over a wide range. Even with the high energy stored in the output capacitor ($E = 472\text{ J}$, $E = CU^2 / 2$) without the use of appropriate inductance, pulse



CARACTERIZACIÓN TEMPORAL DE UNA LÁMPARA DE XENÓN EN DEPENDENCIA DEL CIRCUITO DE EXCITACIÓN CL

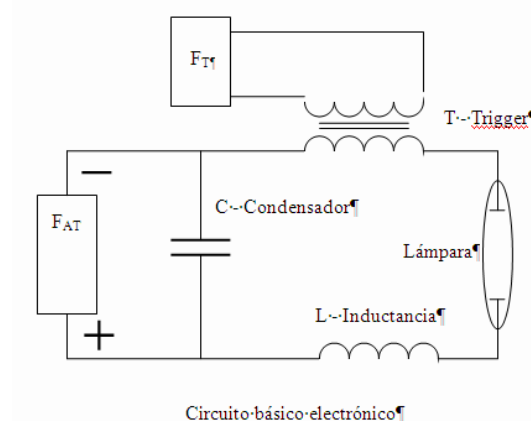
En los sistemas de láseres sólidos pulsados del tipo YAG: Nd⁺⁺⁺, es muy común el uso de lámparas flash de baja presión, con un medio gaseoso compuesto de xenón o kriptón. En el presente trabajo de investigación se realizó la caracterización temporal de emisión de una lámpara flash de xenón, excitada con un circuito electrónico del tipo CL. Se utilizó una lámpara de fabricación rusa INP-3-7/80A, esta lámpara puede trabajar con una frecuencia de pulsado de hasta 10Hz. Respecto a la parte electrónica, en la Figura se muestra el circuito electrónico básico que se usa para disparar la lámpara flash. Está conformada por la fuente de alta tensión F_{AT} , la fuente del trigger F_T , el *trigger*, el sistema de almacenaje de energía eléctrica compuesto por un condensador C, la inductancia L y la lámpara flash. La fuente de alta tensión fue diseñada para dar los siguientes parámetros: $i=70\text{mA}$ $U=320\text{ VAC}$, que posteriormente se rectifica a una tensión de $U = 448\text{ VDC}$. La fuente del *trigger*, a su vez, proporciona una tensión $U = 308\text{ V}$, que a su vez se transforma, por el secundario del *trigger*, a $U = 9\text{ kV}$ de pico. El condensador con una capacitancia C de $4700\text{ }\mu\text{F}$ y una tensión de $U = 448\text{ V}$.

Se determinó que en función de la inductancia usada en el sistema, el tiempo medio de vida del pulso generado por la lámpara puede variar en un amplio rango.

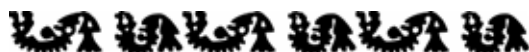
spreads so that laser generation is not achieved in a crystal of type YAG, concluding that the average lifetime duration of the flash lamp pulse must be of the order of 230 μ s, corresponding to the fluorescence lifetime of YAG crystal for optimum power delivery to the active medium and laser radiation generation.

Keywords: opto-electronics, optical quantum generators.

Aún con la alta energía almacenada en el condensador de potencia ($E=472$ J, $E=CU^2/2$), sin el uso de una adecuada inductancia, el pulso se esparce de manera tal que no se consigue generación láser en un cristal del tipo YAG, se concluye que el tiempo de vida medio de duración del pulso de la lámpara flash debe de ser del orden de 230 μ s, correspondiente al tiempo de vida de fluorescencia del cristal YAG, para la entrega optima de energía al medio activo y generación de radiación láser.



Palabras clave: opto-electrónica, generadores ópticos cuánticos.



LIQUID CHROMATOGRAPHY SYSTEM WITH OPTICAL ACTIVITY LASER DETECTOR AND ITS APPLICATIONS IN VEGETABLE EXTRACTS AND FERMENTATION PROCESSES

**V. Fajer¹, C.W. Rodríguez², S. Naranjo¹,
W. Mora¹, H. Fernández¹, T. Cepero¹,
E. Arista¹, G. Mesa¹, C. Fonfría¹,
J. Arteche¹**

¹*Centro de Aplicaciones Tecnológicas y
Desarrollo Nuclear. Cuba.*

²*Universidad de La Habana. Cuba.*

vfajer@ceaden.edu.cu

A new liquid chromatographic system with polarimetric detection and a computer program allowing the output of

chromatograms to a display on line and electronic data storing was designed, built and put to work. The chromatographic system includes the laser polarimetric detector, having a measuring interval of one second, the chromatographic columns, the continuous flux polarimeter tubes of 50 and 100 mm, the programs for data acquisition, processing and storing, and the technical know-how for its most efficiently application. Thirty minutes is all the time needed to obtain a chromatogram by this method which is reasonably shorter than the time required for any other known comparable technique, and offering, besides, lower operation cost.

The combination of molecular exclusion liquid chromatography and laser polarimetric detection has turned into a carbohydrate separation and quantification system of basic importance for the evaluation of plants fluids of industrial interest (sugarcane, agave, vegetable extracts, etc.)

It is described here the application of this system as an early or complementary indicator of leaf scald ---disease that affects sugarcane plants---. Another application on algae extracts gave good results in the separation and identification of biologically active components.

The introduction of this system in several research centers in Cuba and abroad has resulted in practical information for the industry.

Keywords: laser polarimetry, liquid chromatography, leaf scald, algae, carbohydrates.



STUDY OF THE DIFFRACTION IN THE MICROSCOPE: ANNULAR CONDENSER

L. Ciocci Brazzano^{1,2}, J. Miguel Simon², R. Echarri³

¹*Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Argentine.*

²*Universidad de Buenos Aires. Argentine.*

³*Univ. Nac. de Gral Sarmiento. Argentine.*

bciocci@fi.uba.ar

The effects caused in the diffraction pattern by the use of annular apertures have been extensively studied, because of the higher resolution achieved in the system given the sharpening in the central peak of the diffraction pattern. Annular apertures also cause a higher intensity in the secondary lobes of the diffraction pattern, although it may be reduced using different techniques. The resolution of the system may also be increased by using an annular condenser. Although this way to increase the resolution is well known, very few studies on the subject are found in the literature. In this work we analyze numerically the characteristics of the diffraction pattern of two pinholes illuminated by an annular condenser.

Keywords: diffraction, microscope, annular condenser.



DISEÑO DE UN RETARDADOR DE CUARTO DE ONDA EN UNA SOLA REFLEXIÓN

G. Raffa¹, A. Bianchetti¹, L.I. Pérez^{1,2}, M.T. Gareá¹, S.A. Comastri^{1,3}

¹*Universidad de Buenos Aires. Argentine.*

²*INTECIN- CONICET. Argentine.*

³*CONICET. Argentine.*

mgarea@fi.uba.ar

Para obtener luz circularmente polarizada a partir de ondas planas monocromáticas linealmente polarizadas por medio de dispositivos isótropos, es necesario el uso de

materiales con altos índices de refracción o de varias reflexiones totales.

Cuando incide una onda plana, monocromática y linealmente polarizada sobre una interfaz medio isotropo-cristal uniaxial o biaxial, de forma tal que el plano de incidencia coincida con un plano principal del cristal, se puede obtener luz reflejada circularmente polarizada en una sola reflexión y sin tener que recurrir a materiales con índices de refracción tan altos como son necesarios en dispositivos isotropos. Como es sabido, pueden existir dos ángulos de incidencia para los cuales la luz reflejada está circularmente polarizada. Estas condiciones dependen de las características de los medios (índices de refracción relativos y dirección del eje óptico respecto de la interfaz) y de la longitud de onda utilizada.

En este trabajo se presenta el diseño de un dispositivo retardador en una sola reflexión. Para evaluar la eficiencia del dispositivo como retardador de cuarto de onda para haces no colimados y/o policromáticos, se hace un análisis de las amplitudes de las componentes ortogonales de campo eléctrico y de su desfase, en función del ángulo de incidencia y de la longitud de onda. La eficiencia de conversión de polarización de este dispositivo se compara con la obtenida con el clásico dispositivo Rombo de Fresnel.

Palabras clave: retardador, polarización, materiales anisótropos.



THIRD ORDER DISPERSION EFFECTS ON SUB 20 FEMTOSECOND OPTICAL PULSES GENERATED BY REFRACTIVE LENSES

**F.C. Estrada-Silva, M. Rosete-Aguilar,
J. Garduño-Mejía,
M.A. González-Galicia, N.C. Bruce,
R. Ortega-Martínez**

*Univ. Nac. Autónoma de México. Mexico.
flor20_19@hotmail.com.mx*

The tight focusing of ultrashort light pulses by lenses with chromatic aberration leads to pulse broadening and to a modified diffraction pattern compared to that of monochromatic illumination. Until recently papers that analyzed the focusing of ultrashort pulses by lenses, in the framework of Fourier Optics, evaluated the field amplitude near the focal plane of a lens by expanding the wave numbers of the pulse around the center frequency of the incident pulse up to the second order. The main reason for using the second order approximation is that part of the diffraction integral can be solved analytically, which reduces the number of numerical calculations required, and also gives some parameters which are related to group velocity dispersion in the lens material and the propagation time difference due to the radius-dependent delay between the pulse and the phase front. This approximation works well for pulses propagating in lenses made with low dispersion materials or pulses longer than 20fs, but for high dispersive material the third order must be taken into account. By expanding the wave number up to third order approximation, theoretical calculations for the electric field envelope of 20fs and 15fs pulses propagating through single and doublet lenses are presented. The results are compared with the focusing of pulses when the wave number is expanded up to the second order.

This work has been partially supported by Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación PAPIIT No. IN101609 and PAPIIT No. IN-113809 of the Universidad Nacional Autónoma de México.

Keywords: Ultrafast phenomena, femtosecond phenomena, pulse shaping lenses.

**ENVIRONMENTAL OPTICS.
LIDAR.
OPTICAL AERONOMY.**

**Óptica Ambiental.
LIDAR.
Aeronomía Óptica.**

***Óptica Ambiental.
LIDAR.
Aeronomía Óptica.***



EQUATORIAL THERMOSPHERIC DYNAMICS

J.W. Meriwether

Clemson University, USA.

John.meriwether@ces.clemson.edu

Understanding the thermospheric dynamics of the equatorial region is important to achieve an improved understanding of the morphological behavior of the nighttime equatorial ionosphere. This is especially true in regard to the poleward transit of an interesting phenomenon called the midnight temperature maximum (MTM). The major properties of this phenomenon are changes in the meridional and zonal thermospheric wind components and a significant 100-150 K increase in the thermospheric temperature between 200 and 400 km. The causes of this phenomenon are believed to be tidal wave propagation from below combined with the evening pressure gradient flow eastward of air from day to night. The pressure bulge is generated by the convergence of zonal and meridional thermospheric wind components prior to midnight at the geographic equator. As the local time after midnight increases during the night, the perimeter of this pressure bulge will move poleward toward each polar region. The change in the direction of the meridional wind component caused by the MTM/pressure bulge phenomenon will modify the peak height of the F-region electron density maximum significantly for latitudes that lie north or south of the geomagnetic equator by several degrees. Optical observations of the equatorial thermospheric wind and temperature have been obtained by Fabry-Perot interferometer measurements of the Doppler broadening and the Doppler shift of the thermospheric nightglow emission at the 630-nm wavelength. This nightglow emission is a forbidden emission of atomic oxygen and is generated through the process of dissociative recombination of molecular oxygen ions, O_2^+ . The 630-nm nightglow layer lies within the thermosphere region where the vertical variations of wind and temperature are negligible due to the high viscosity of the medium. Results have been obtained by FPI observatories located near the geomagnetic equator at Arequipa and Jicamarca in Peru and also at the Cariri and

Cajazeira locations in Brazil. These results will be compared with the zonal flow drifts determined from all-sky images of the 630-nm nightglow emissions and with the zonal ion-drift and the plasma ion-temperature measurements obtained by the Jicamarca incoherent scatter radar facility.

Keywords: profilometry, optical metrology.



**NEW PROPOSAL TO MEASURE NO₂-
FORMATION RATE FROM NO
EMISSIONS IN THE ATMOSPHERE**

**E. Frins¹, M. Osorio¹, N. Casaballe¹,
T. Wagner², U. Platt³**

¹Universidad de la República. Uruguay.

²Max-Planck Institut für Chemie. Germany.

³Universität Heidelberg. Germany.

efrins@fing.edu.uy

Monitoring the flux of trace gases emitted in the atmosphere is an important task for studying the system atmosphere and air quality control. At the present day, a variety of instruments are used to accomplish these goals. Technologically simple and affordable is the use of a spectrometer attached to a telescope to cross-scan the emitted plume and record spectra of the sunlight passing through it. These spectra are then analyzed using Differential Optical Absorption Spectroscopy (DOAS) to retrieve the slant column densities of the trace gases. In order to calculate the flux, the knowledge of wind speed and direction in the plume are ineluctable prerequisites. More often the wind data provided from local meteorological stations is used.

The present work deals with the issue of the formation rate of a trace gas (e.g., NO₂), whose precursor (NO) was emitted in the atmosphere by a source like a stack. In the case under study, the presence of ozone activates the formation of NO₂. We will demonstrate that measuring the slant column densities across the emitted plume as a function of the flux of another trace gas (e.g. SO₂) also emitted by the source but that could be consider stable, it is possible to monitor remotely (from an arbitrary location) the formation rate of NO₂, without an explicit knowledge of the wind speed and direction in the plume.

Keywords: DOAS, environmental optics, spectroscopy.

**NUEVO METODO PARA MEDIR LA
VELOCIDAD DE FORMACION DEL
NO₂ DE LAS EMISIONES DE NO A LA
ATMOSFERA**

Monitorear el flujo de gases traza emitidos a la atmósfera es muy importante para poder estudiar el sistema atmósfera y realizar controles de la calidad de aire. En el presente existen una variedad de instrumentos que cumplen con esa función. Una forma muy simple consiste en utilizar un espectrómetro acoplado a un telescopio y escanear transversalmente la pluma de gases emitidos, utilizando la luz del sol que paso a través de ella. Los espectros así obtenidos pueden ser analizados utilizando absorción óptica diferencial (DOAS) para obtener la densidad óptica de diferentes gases traza. Para calcular el flujo de los gases emitidos, es necesario contar con información precisa de la velocidad del viento en la pluma y la distancia entre la pluma y el lugar desde donde se realiza el monitoreo.

Nuestro trabajo trata con la velocidad de formación de un gas traza (NO₂), cuyo precursor (NO) fue emitido a la atmósfera por una fuente como puede ser una chimenea. En este caso particular, el ozono activa la formación de NO₂. En este trabajo demostraremos que es posible calcular la velocidad de formación del NO₂ en función exclusiva de las densidades ópticas medidas y del flujo de otro gas como el SO₂, que puede ser considerado estable químicamente, sin conocer explícitamente la velocidad del viento y la dirección de la pluma.

Palabras clave: DOAS, óptica ambiental, espectroscopia.



**APPLICATIONS OF LIF LIDAR IN
ZOO-ECOLOGICAL EXPERIMENTS
AND RESEARCH**

**M. Brydegaard, Z. Guang, P. Lundin,
M. Wellenreuther, A. Runemark,
S. Åkersson, S. Svanberg**
Lund University. Sweden.
Mikkel.Brydegaard@fysik.lth.se

While the biologists carry centuries of experience of zoological observation by traditional means, often the biggest discoveries are made by new methodologies and interdisciplinary collaboration. Recently, much attention has been given to computerized imaging techniques, especially laboratory experiments involving a controlled environment where the behavior and evolution of simple organism can be captured by established techniques such as microscopy or macroscopy. For good reasons there are only few field examples of computerized imaging in kilometer range for studies of complex species such as damselflies, bats and birds. Especially phenomena like nocturnal migration are not fully understood due to the difficulties to observe and the migrants. Recent applied methods include thermal imaging and varieties of RADAR, however these techniques have been unable to classify nor species nor sex. Our group has developed a novel method not only capable of detecting mentioned species, but even to some extent even classify them according to their reflectance properties in kilometer range. The method is based on LIF LIDAR (Laser Induced Fluorescence - Light Detection And Ranging) and allows us to obtain information regarding absorbing chromophores or structural color generating nano-features within the visible and ultraviolet region. These properties tend to be species and gender specific for reason regarding sexual selection or crypsis in natural selection, as such we can remotely classify such groups and study ecologically differences between these groups. Our method is eye-safe for and non-perturbing on the studied species. We discuss spectral appearance and perception of animals. We present the mechanism of fluorescence quenching with examples from insect chitin

**APLICACIONES DE LIF LIDAR EN
EXPERIMENTOS E INVESTIGACIÓN
ECOLÓGICA ZOOLOGICA**

Mientras biólogos llevan experiencia de cientos de años de observaciones zoológicas con métodos tradicionales los mayores descubrimientos ocurren con colaboración interdisciplinaria, aplicando nuevas técnicas. Recientemente ha sido mucha atención a sistemas de adquisición e imaginación computarizada. Sobre todo en estudios en formas controladas de laboratorio de organismos simples en cuales evolución y comportamiento fácilmente puede ser capturada con métodos establecidos, tal como microscopia o macroscopia. Con buena razón hay pocos estudios de imaginación computarizada hechos en campo, en escala de kilómetros capturando especies complejas como caballitos del diablo, aves o murciélagos. Sobre todo la migración nocturna es menos entendida que migración durante el día y muy poco estudiada. Métodos recién aplicados en tal situación incluyen grabación de radiación térmica y variedades de RADAR, pero tales técnicas existentes no permiten clasificación entre ni especies ni sexos. Nuestro grupo ha desarrollado un nuevo método para no solo detectar a tales especies sino también clasificarlos por sus propiedades de reflectancia en el rango de kilómetros. La técnica está basada en LIDAR (Light Detection And Ranging) de LIF (Fluorescencia Introducida con Laser) y nos permite obtener información sobre cromóforos absorbentes y nano-estructuras que generan colores estructurales en el visible y en la ultravioleta. Por razones de selección sexual o selección natural por cripsis, en muchos casos tales propiedades son específicas de las especies, el sexo o la edad; esto nos permite clasificar individuos en especies y sexos y estudiar diferencias ecológicas entre los grupos. Nuestro método es seguro de ojos y no perturba a los especies de interés. Discutimos apariencia y

cuticles to bird plumages. We present laboratory measurements as well as results from field data on *exvivo* and *invivo* specimens with relevance for evaluation of pheromone insect traps and bird morphology. The method allows detection of auto fluorescence but also encoding with fluorescent markings. We discuss the limitation of the technique and the future perspectives.

Keywords: LIDAR, LIF, structural colors, ecology, animal dispersal.

percepción espectral de animales. Presentamos los mecanismos atrás quenching de fluorescencia con ejemplos desde exoesqueletos de insectos hasta plumajes de aves. Contamos sobre medidas en el laboratorio y en el campo en especies *exvivo* e *in vivo* en estudios con relevancia a problemas desde calentamiento global hasta la dispersión global de *vira* y parásitos. Discutimos nuevos tipos de experimentos posibles con relevancia por evaluación de trampas de insectos y morfología de voladores. El método permite detección de auto-fluorescencia pero también marcación y codificación con marcadores fluorescentes. Presentamos las limitaciones y los perspectivas futuros.

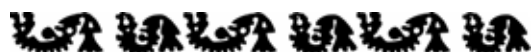
Palabras clave: LIDAR, LIF, colores estructurales, ecología, dispersión de animales.



ALL-SKY IMAGING OF LOW LATITUDE THERMOSPHERE/IONOSPHERE PROCESSES

**C. Martinis, J. Baumgardner,
M. Mendillo**
Bostn University. USA.
martinis@bu.edu

The Earth's ionosphere extends from approximately 70 to 1000 km, with its peak electron density ($N_{\max}$) typically near 300 km. It involves the production of plasma by solar photo-ionization of neutral atoms and molecules, chemical transformations between ions and neutrals, plasma recombination processes, and dynamical effects in altitude, latitude and longitude. Ionospheric electrons (e^-) affect radio wave propagation in many ways, providing areas of concern for communications system designers, as well as for the user communities of such operational systems. We concentrate on studies conducted at equatorial and low latitudes. The *Aeronomy*



ALL-SKY IMAGING DE PROCESOS TERMOSFERICOS/IONOSFERICOS DE BAJA LATITUD

La ionosfera de la Tierra se extiende desde ~70 a ~1000 km, con su pico de densidad electrónica ($N_{\max}$) típicamente cerca de los 300 km. Allí ocurren la producción de plasma por foto-ionización solar de átomos y moléculas neutras, transformaciones químicas entre iones y neutros, procesos de recombinación de plasma, y efectos dinámicos en altitud, latitud y longitud. Electrones ionosféricos (e^-) afectan la propagación de ondas de radio de diferentes maneras, con lo que surgen problemas tanto en el diseño de sistemas de comunicación como para los usuarios de tales sistemas operacionales. Este trabajo está enfocado en estudios en el ecuador y latitudes bajas. La

of this portion of the globe includes some of the most dramatic latitude gradients in the ionosphere (called the Equatorial Ionization Anomaly, EIA), as well as the most severe case of plasma instabilities (called equatorial spread-F, ESF). At night, when ionization does not occur, the chemical recombination of the ionosphere produces many neutral species in excited states that subsequently decay by the emission of a photon. This atmospheric *airglow* is much fainter than displays of the aurora near polar latitudes, but its sub-visual light can be captured by modern high-sensitive CCD detector systems. When done using a fisheye lens, so-called *all-sky* images of airglow can be related directly to the ionospheric plasma at the time of the image. If the optical signal is very faint, then the *airglow depletions* are a signature of low electron densities. In this paper we will show how optical observations made with all-sky imagers in Latin America provide information on different processes related to dynamics and instabilities of the upper atmosphere.

Keywords: ionosphere, airglow, instabilities.

Aeronomía de esta region incluye algunos de los más intensos gradientes latitudinales en la ionosfera (La Anomalia de Ionización Ecuatorial, AIE), y los más severos casos de inestabilidades de plasma (Spread-F ecuatorial, SFE). En la noche, cuando no ocurre ionización, la recombinación química de la ionosfera produce varias especies neutras en estados excitados que decaen a su estado base después de emitir un fotón. Esta *luminiscencia atmosférica* es mucho más débil que las auroras en altas latitudes, pero la tenue luz sub-visual puede ser capturada con sistemas modernos que usan detectores de CCD muy sensitivos. Cuando se utiliza un gran-angular (fish-eye lens), imágenes de luminiscencia de todo el cielo (*all-sky airglow*) pueden relacionarse directamente con el plasma ionosférico al momento de la imagen. Si la señal es muy débil, entonces vaciamientos en luminiscencia implican bajas densidades electrónicas. En este paper mostramos como observaciones ópticas con all-sky imagers en Latinoamérica brindan información sobre diferentes procesos relacionados con la dinámica e inestabilidades de la atmósfera superior.

Palabras clave: ionosfera, luminiscencia, inestabilidades.



FABRY-PEROT INTERFEROMETER NETWORK IN PERU FOR AERONOMY STUDIES

**L. Navarro¹, J. Meriwether²,
O. Veliz¹, J. Chau¹**

¹Radio Observatorio de Jicamarca. Peru.

²Clemson University. USA.

luis.navarro@jro.igp.gob.pe

A major scientific effort is underway to build in Peru a Fabry-Perot interferometer (FPI) network. The motivation is primarily based on the desire to understand the neutral dynamics that represent a critical component of ion-neutral coupling in atmosphere processes. Examples of such processes



RED DE INTERFEROMETROS FABRY-PEROT EN PERU PARA ESTUDIOS EN AERONOMIA

Un importante esfuerzo científico está en marcha para construir un red de interferómetros Fabry-Perot en Perú. La motivación se debe principalmente al deseo de entender la dinámica neutra, que representa un crítico componente del acoplamiento ion-neutro en procesos atmosféricos. Ejemplos podrían ser la

would be the evolution of thermospheric phenomena in upper atmospheric dynamics in response to changes in solar heating, magnetic storms or tidal forcing. In regard to this network, there are in Peru three optical stations: A3O (16.47S, 71.49W), MRH (11.5S, 79.86W), and PRC (13.8S, 76.24W). This last observatory is intended to be relocatable. These stations take unattended measurements of the OI 630.0-nm nightglow with the combination of a PC, CCD camera, etalon, objective lens, and a dual axis mirror system called the SkyScanner system. For PRC and MRH, we have the same system: a fixed-gap solid etalon filled with air, with a clear aperture of 7.5 cm, a spacer gap of 1.5 cm, and a high-quality CCD Andor camera DU434, with 1024x1024 pixel array. However, the focal length of the objective lens is different: 50 cm for MRH and 31.0 cm for PRC. The significance of this is that MRH has 3 interferometric orders while PRC has 10. Also, the PRC instrument is able to observe both the OI-557.7nm and OI-630nm spectral lines of the nightglow, but MRH can observe only the 630.0-nm emission because the reflectivity of the etalon coating is much more narrow in spectral extent. A3O has a fixed-gap etalon housed in a temperature-controlled, sealed chamber filled with argon gas; it has a clear aperture of 10 cm, a spacer gap of 1 cm, an objective lens of 54.5 cm. With this geometry, two interferometric orders are imaged onto an Andor CCD camera, DU412, with a square chip of 24um/side in a 512x512 pixel array. Also, with this instrument it is possible to take measurements of both the OI-630nm and O⁺-732nm spectral lines.

Recent results for MRH compared with ISR radar data have showed good agreement between neutral wind and ion drifts coupling so it's possible to say that the F-region dynamo is fully activated. Also, A3O data show good agreement for most of the campaigns with MRH and ISR data. As a conclusion from these results, we can say that MRH neutral wind show good agreement with ISR plasma motion. It is possible to increase the sensitivity for MRH by switching the objective lens to a shorter focal length lens, and this improvement will

evolución de fenómenos termosféricos en la dinámica de la alta atmosfera en respuesta a cambios del calentamiento solar, tormentas magnéticas o fuerzas de marea. Para lograr esto, tenemos tres estaciones ópticas en Perú: A3O(16.47S, 71.49W), MRH(11.5S, 79.86W). PRC(13.8S, 76.24W). Este último es móvil. Estas estaciones toman mediciones no-supervisadas del OI 630.0-nm nightglow con la combinación de una PC, cámara CCD, etalón, lente objetivo, y un sistema de espejos de doble eje llamado SkyScanner. Para PRC y MRH, tenemos sistemas similares: un etalón sólido con aire, con espaciado fijo de 1.5 cm y apertura de 7.5 cm; una cámara CCD de alta resolución, Andor DU434, con un chip de 13um/lado. Sin embargo, la distancia focal del lente objetivo es diferente: 50cm para MRH y 31cm para PRC. Esto significa que MRH posee 3 órdenes interferométricos mientras que PRC tiene 10. Además, en PRC es posible observar dos líneas espectrales del nightglow: OI-557.7nm y OI-630nm, pero MRH solo puede observar la segunda debido a que la reflectividad del etalón es mucho más estrecha para amplitud espectral. En A3O, tenemos un etalón, de espaciado fijo de 1 cm, dentro de una cámara sellada a temperatura controlada y llena de gas Argón; posee una abertura de 10cm y un lente objetivo de 54.5 cm. Con su geometría, se obtiene dos órdenes interferométricos sobre una cámara CCD, Andor DU412, con un chip de 24um/lado. Además, es posible tomar medidas de las líneas espectrales OI-630nm y O⁺-732nm.

Resultados recientes de MRH comparados con datos ISR del radar muestran una buena concordancia entre el acoplamiento de los vientos neutros y drifts de iones por lo que es posible decir que la dinámica de la región F se encuentra activada. Además, datos de A3O muestran buena concordancia con MRH para las mayorías de las campañas. Como conclusión, podemos decir que los vientos neutros vistos en MRH se muestran en concordancia con los movimientos de plasma vistos en ISR. Es posible incrementar la sensibilidad de MRH cambiando el lente objetivo a uno más corto, y esto será implementado en Setiembre 2010 por lo que

be implemented before September, 2010, so that excellent neutral wind data can be obtained before the September equinox.

Keywords: interferometry, Fabry-Perot, network, aeronomy.

excelente vientos neutros pueden ser obtenidos luego del Equinoccio de Setiembre.

Palabras clave: interferómetro, Fabry-Perot, red, aeronomía.



GROUND BASED MEASUREMENTS OF SO₂ AND NO₂ EMISSIONS FROM THE OIL REFINERY “LA TEJA” IN MONTEVIDEO CITY

E. Frins¹, O. Ibrahim², N. Casaballe¹, M. Osorio¹, F. Arismendi¹, T. Wagner², U. Platt³

¹Universidad de la República. Uruguay.

²Max-Planck Institut für Chemie. Germany.

³Universität Heidelberg. Germany.

efrins@fing.edu.uy

As part of a long term study, we aim to localize and monitor relevant emission sources of SO₂ and NO₂ in Montevideo city. We have performed ground based measurements of emissions from “La Teja” oil refinery located in the northern part of Montevideo Bay. These measurements were performed with a MiniMAX-DOAS instrument, which is basically a temperature controlled low resolution spectrometer (~ 0.5 nm) equipped with a step motor that allows automatic scans in one dimension.

Our observation site was approximately 1.8 km away from the oil refinery and we were able to perform vertical and horizontal scans of the plume emitted from it. At the time of the measurements the power plant located also in this bay, was turned off, except for some sporadically tests.

We are presenting the results of SO₂ and NO₂ emitted from the oil refinery as well as a discussion about the evolution and transformation of both trace gases in the atmosphere. The maximum value of the SO₂ slant column density was found to be $\sim 4 \times 10^{17}$ molec/cm² directly over the oil refinery. The SO₂ slant column density decreases as the plume disperses. In contrast, the NO₂



MEDICIONES TERRESTRES DE EMISIONES DE SO₂ Y NO₂ EMITIDAS POR LA REFINERÍA DE PETRÓLEO “LA TEJA” EN LA CIUDAD DE MONTEVIDEO, URUGUAY

Como parte de un estudio a largo plazo, nos proponemos localizar y monitorear importantes fuentes de emisión de NO₂ y SO₂ en la ciudad de Montevideo.

Hemos llevado a cabo mediciones terrestres de emisiones de la refinería de petróleo “La Teja” localizada en la parte norte de la Bahía de Montevideo. Estas mediciones fueron realizadas con un instrumento MiniMAX-DOAS, el cual básicamente se compone de un espectrómetro de baja resolución (~ 0.5 nm) con control de temperatura equipado con un motor a pasos capaz de realizar escaneos automáticos en una dimensión.

Nuestro sitio de observación se localizó a una distancia aproximada de 1.8 km de la refinería de petróleo y desde allí nos fue realizar barridos horizontales y verticales de la pluma emitida. En la fecha en que se realizaron nuestras mediciones la planta de generación de energía eléctrica estuvo inactiva, excepto por alguna prueba esporádica.

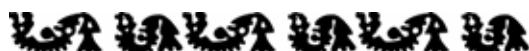
En este trabajo presentamos los resultados de SO₂ y NO₂ emitidos por la refinería de petróleo y también una discusión acerca de la evolución y transformación de ambos gases en la atmósfera. El máximo valor de densidad óptica de SO₂ hallado fue de

slant column density has its minimum value of $\sim 1 \times 10^{16}$ molec/cm² directly over the source and increases continuously as the plume disperses.

Keywords: DOAS, environmental optics, spectroscopy

$\sim 4 \times 10^{17}$ molec/cm² directamente sobre la refinería. La densidad óptica de SO₂ va disminuyendo a medida que la pluma se dispersa. En contraposición, el mínimo valor de la densidad óptica de la columna de NO₂ encontrado fue de $\sim 1 \times 10^{16}$ molec/cm² directamente sobre la refinería y se incrementa continuamente a medida que la pluma se dispersa.

Palabras clave: DOAS, óptica ambiental, espectroscopia.

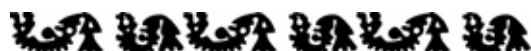


MULTIWAVELENGTH LIDAR NODE DEVELOPMENT AND SIMULATION FOR A REGIONAL TROPOSPHERIC AEROSOL MONITORING NETWORK

E. Pawelko, P. Ristori, L. Otero, J. Pallotta, E. Quel
CEILAP (CITEFA-CONICET). Argentine.
epawelko@citefa.gov.ar

This work studies multiwavelength lidar node operation requirements to operate in a regional aerosol monitoring network. Some of the parameters taken into account are simplicity and robustness of the system in continuous and remote operation conditions. Sub-system modularity and accessibility is also contemplated. A numerical simulation is performed on a synthetic atmospheric signal to analyze the behavior of this system in a) the visible (532 nm) and infrared (1064) spectral regions; b) the main atmospheric compound Raman spectral region (nitrogen, oxygen water vapor). Adding depolarization channels in the 532 nm spectral region is also contemplated.

Keywords: lidar network, aerosol, water vapor.



DESARROLLO Y SIMULACIÓN DE UN NODO DE MEDICIÓN LIDAR MULTILONGITUD DE ONDA PARA UNA RED REGIONAL DE MONITOREO DE AEROSOL TROPOSFÉRICOS

Este trabajo estudia los requerimientos de un nodo lidar multilongitud de onda para operar en una red de monitoreo regional de aerosoles troposféricos. Alguno de los parámetros considerados son la simplicidad y robustez del sistema en condiciones de operación continua y remota. También se contempla la modularidad y la accesibilidad de los sub-sistemas constitutivos. Se realiza una simulación numérica sobre una señal sintética de la atmósfera para analizar del comportamiento del sistema en: a) las regiones visible (532 nm) e infrarroja (1064 nm) del espectro; b) la región espectral Raman de los compuestos principales de la atmósfera (nitrógeno, oxígeno y vapor de agua). Se contempla la incorporación de canales de depolarización en la banda espectral de 532 nm.

Palabras clave: red de lidares, aerosol, vapor de agua.



**BIOMASS BURNING AEROSOL
DETECTION OVER BUENOS AIRES
CITY, AUGUST 2009**

**L. Otero, P. Ristori, E. Pawelko,
J. Pallotta, R. D'Elia, E. Quel**
*CEILAP (CITEFA-CONICET). Argentine.
lotero@citefa.gov.ar*

At the end of August 2009 a biomass burning aerosol intrusion event was detected at the Laser and Applications Research Center, CEILAP (CITEFA-CONICET) (34,5° S – 58,5° W) at Villa Martelli, in Buenos Aires, Argentina. This center has a sunphotometer from the AERONET-NASA global network, UV solar radiation sensors, a meteorological station and an aerosol lidar system. The aerosol origin was determined by means of backtrajectories and satellite images. This work studies the aerosol air mass optical characterization and their effect in UV solar radiation.

Keywords: biomass burning, aerosol, sunphotometer.

**DETECCIÓN DE AEROSOL DE
QUEMA DE BIOMASA SOBRE LA
CIUDAD DE BUENOS AIRES,
AGOSTO DE 2009**

A fines de agosto de 2009 se detectó un evento de intrusión de aerosoles procedentes de quema de biomasa en el Centro de Investigaciones en Láseres y Aplicaciones CEILAP (CITEFA – CONICET) (34,5° S – 58,5° O) sito en Villa Martelli, provincia de Buenos Aires, Argentina. El mismo cuenta con un fotómetro solar perteneciente a la red global de monitoreo AERONET de NASA para el monitoreo de aerosoles, sensores de radiación solar UV, una estación meteorológica y un sistema lidar de retrodifusión. Con la ayuda de retrotrayectorias e imágenes satelitales se pudo obtener su origen. Se estudian las características ópticas de dichos aerosoles y la atenuación que los mismos producen en radiación solar UV.

Palabras clave: Quema de biomas, aerosol, fotómetro solar.



**ALTERNATIVE METHODS FOR
CALIBRATION OF NARROW BAND
RADIOMETER USING RADIATIVE
TRANSFER MODEL**

**J. Salvador¹, E. Wolfram¹, R. D'Elia¹,
F. Zamorano², C. Casiccia², A. Rosales³,
E. Quel¹**

¹CEILAP (CITEFA-CONICET). Argentine.

²Universidad de Magallanes. Chile.

³Universidad Nacional de la Patagonia San
Juan Bosco. Argentine.

jsalvador@citefa.gov.ar

The constant and continuous monitoring of solar UV radiation is one of the main objectives that have been proposed by



**METODOLOGÍA ALTERNATIVA DE
CALIBRACIÓN SOBRE
RADIÓMETROS DE BANDA
ANGOSTA UTILIZANDO MODELOS
DE TRANSFERENCIA RADIATIVA**

El monitoreo constante y permanente de la radiación solar UV es uno de los principales objetivos que se han propuesto los diferentes

different atmosphere research groups. Behind this task, they search to establish the status and degree of progress of the perturbation that man has created in the composition of the atmosphere that affect levels of solar radiation passing through it and interact with living organisms and all materials, causing serious consequences in terms of human health and durability of materials that interact with this radiation. One of the main challenges that are needed to perform this type of measurements is to maintain periodically calibration of measurement instruments, which are constantly degraded by the type of radiation received. This makes them vulnerable and likely to be uncalibrated which may lead to the futility of large amounts of acquired data. Motivated in this need to maintain calibration or at least know the degree of stability that behaves the instrument, developed a methodology that uses the potential of radiative transfer models capable of modeling solar radiation up to 5% accuracy of actual conditions. The choice of voltage values in each radiometer channel involved in the calibration process are carefully selected following the criteria of clear sky. Thus, tables are constructed with voltage values that provide various atmospheric conditions for a given solar zenith angle. Then we model with a radiative transfer model in the same conditions measuring and assembled sets of values for each zenith angle. The ratio of each group (measured and modeled) allows to calculate the value of calibration coefficient as a function of zenith angle as well as the cosine response presented by the radiometer. The calibration results obtained by this method were compared with those obtained by contrast with a Brewer MKIII number 180 located in the city of Punta Arenas, Chile using the sun as a source. The proposed method is a viable alternative for developing countries that manage to acquire instrumentation of this type and find it very difficult to access regular calibration programs.

Keywords: radiometer, UV, calibration.

grupos de investigación de la atmósfera. Detrás de esta tarea se busca establecer el estado y grado de avance de las perturbaciones que el hombre ha generado en la composición de la atmósfera y que afectan los niveles de radiación solar que atraviesa la misma e interactúa con los organismos vivos y todos los materiales, produciendo graves consecuencias a nivel de la salud humana y de la durabilidad de los materiales que interactúan con esta radiación. Uno de los principales desafíos que son necesarios para realizar este tipo de medición, es mantener calibrados periódicamente los instrumentos de medición, que a su vez son degradados constantemente por el tipo de radiación que reciben. Esto los hace vulnerables y propensos a descalibraciones que pueden llevar a la inutilidad de gran cantidad de datos adquiridos. Motivados en esta necesidad de mantener calibrados, o al menos conocer el grado de estabilidad con que se comporta el instrumento, se desarrolló una metodología que utiliza la potencialidad de los modelos de transferencia radiativa capaces de modelar la radiación solar hasta con un 5% de exactitud de las condiciones reales. La elección de los valores de tensión en cada canal del radiómetro que intervienen en el proceso de calibración son seleccionados cuidadosamente siguiendo el criterio de cielo despejado. De esta forma, se construyen tablas con valores de tensión que contemplan distintas condiciones atmosféricas para un determinado ángulo cenital. Luego se modela con un modelo de transferencia radiativa las mismas condiciones en las que se midió y se arman juegos de valores para cada ángulo cenital. El cociente de cada grupo (medido y modelado) permite inferir el valor del coeficiente de calibración en función del ángulo cenital como así también la respuesta coseno que presenta el radiómetro. Los resultados de calibración obtenidos con este método se compararon con los obtenidos por contraste con un Brewer MKIII número 180 ubicado en la ciudad de Punta Arenas, Chile utilizando el sol como fuente. El método propuesto es una alternativa viable para los

países en vías de desarrollo que logran adquirir instrumentación de este tipo y les resulta muy difícil acceder a programas de calibración periódica.

Palabras clave: radiómetro, UV, calibración.



CALCULATION OF ERYTHEMAL IRRADIANCE AND SYNTHESIS OF VITAMIN D WITH A MULTIBAND FILTER RADIOMETER AND ANNUAL VARIATION ANALYSIS

**F. Orte¹, E. Wolfram², J. Salvador J.²,
R. D'Elia², N. Paes Leme³, E. Quel²**

¹ANPCyT, Argentina.

²CEILAP (CITEFA-CONICET), Argentina.

³Instituto Nac. Pesquisas Espaciais, Brazil.

porte@citefa.gov.ar

In this paper we examined the annual variability of the erythmal solar radiation (a health risk) and the solar irradiance for synthesis of vitamin D (a health benefit) in Río Gallegos, Argentina. We use ultraviolet radiation measurements made by a multiband filter radiometer GUV-541 and a Brewer spectrophotometer located at CEILAP-RG Station (CITEFA-CONICET) (51° 33' S, 69° 19' W). These measurements are weighted with action spectra published by the CIE (International Commission on Illumination). An action spectrum describes the relative effectiveness of different wavelengths in the generation of a particular biological response. The analyzed data correspond to September 2008 - December 2009 period.

The methodology used to obtain the erythmal irradiance and synthesis of vitamin D values combines irradiance measurements of a multiband filter radiometer with modeled values (output of radioactive transfer model) and measurements of a Brewer spectrophotometer. This procedure increases the instrumental capabilities of this instrument.



CÁLCULO DE LA IRRADIANCIA ERITÉMICA Y DE SÍNTESIS DE VITAMINA D CON UN RADIÓMETRO MULTICANAL GUV-541 Y ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN ANUAL

En este trabajo se examina la variabilidad anual de la irradiancia solar eritémica (un riesgo para la salud) y la irradiancia solar para la síntesis de vitamina D (un beneficio para la salud) en la ciudad de Río Gallegos, Argentina. Para ello se utilizan mediciones de radiación ultravioleta realizadas por un radiómetro multicanal GUV-541 y un espectrofotómetro Brewer situados en la Estación CEILAP-RG (CITEFA-CONICET) (51° 33' Sur, 69° 19' Oeste). Estas mediciones son ponderadas con espectros de acción publicados por la CIE (International Commission on Illumination). Un espectro de acción describe la efectividad relativa de distintas longitudes de onda en la generación de una respuesta biológica particular. Los datos analizados corresponden al período septiembre de 2008 – diciembre de 2009.

La metodología utilizada para obtener los valores de irradiancia eritémica y de síntesis de vitamina D consiste en combinar mediciones del radiómetro GUV-541 con valores de irradiancia modelados con un modelo de transferencia radiactiva y medidos con el espectrofotómetro Brewer, ampliando las capacidades instrumentales de estos equipos.

The synthesis of vitamin D and erythema are affected by UVB solar radiation. Therefore, its effect is strongly dependent of the stratospheric ozone amount, which undergoes large variations in the Río Gallegos city due to ozone hole passage and its influence on these sub-polar latitudes.

We observed that could exist cases of sunburn for reasonable exposure in abnormal situations of low total ozone column, resulting in high levels of ultraviolet radiation. Furthermore, the synthesis of vitamin D through exposure to ultraviolet radiation would be lower than the appropriate values to the majority of the year for these latitudes. Therefore it is important to evaluate the annual variation of these quantities realizing seasonal balance between this health risk and this health benefit.

Keywords: radiometer, erythema, vitamin D.

Tanto la síntesis de vitamina D como la inducción a eritema son afectados por la radiación solar de longitudes de onda en el rango del UVB. Por lo tanto, su efecto es fuertemente dependiente de la cantidad de ozono estratosférico, el cual sufre grandes variaciones en la ciudad de Río Gallegos debido al pasaje del agujero de ozono y a la influencia del mismo sobre estas latitudes subpolares.

Se observa que podrían existir casos de quemaduras solares para exposiciones razonables en situaciones anormales de columna total de ozono bajo, lo que deriva en valores altos de radiación ultravioleta. Por otro lado, la síntesis de vitamina D a través de la exposición la radiación ultravioleta estaría por debajo de los valores adecuados la mayor parte del año para estas latitudes. Por esto es importante evaluar la variación anual de estas cantidades realizando un balance estacional entre este riesgo y este beneficio para la salud.

Palabras clave: radiómetro, eritema, vitamina D.



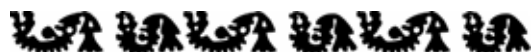
CONSTRUCTION AND IMPLEMENTATION OF THE ELASTIC-BACKSCATTER LIDAR “LIPAZ”

E. Calderón, R. Forno

Universidad Mayor de San Andrés. Bolivia.

ferantcalderon@gmail.com

The elastic backscatter lidar is the most common type of lidar system. The source is a high power pulsed laser which is used to measure changes in the density or backscatter-coefficient of the atmosphere due to particles such as aerosols or dust. The acquisition system is basically formed by a telescope and a photomultiplier tube. They allow the acquirement of the backscatter wave. On 2002 year, the Atmospheric Physics Laboratory acquired a lidar system, called ALEX, with a newtonian type



CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTANCIÓN DEL LIDAR DE RETRO-DISPERSIÓN ELÁSTICA “LIPAZ”

El lidar de retro-dispersión elástica es el tipo más común de lidar. La fuente es un láser pulsado de alto poder que es usado para medir los cambios en la densidad o coeficiente de retro-dispersión de la atmósfera debido a partículas como ser aerosoles o polvo. El sistema de recepción está conformado básicamente por un telescopio y un fotomultiplicador que permiten adquirir la onda retro-dispersada. El año 2002 el Laboratorio de Física de la Atmósfera adquirió un lidar, denominado ALEX, con un láser de Alexandrita y un

telescope and an alexandrite laser, which, unfortunately, never worked due to failures in the laser system. On 2009, the laboratory received a Q-switched Nd:YAG laser with an approximately energy of 80mJ per pulse in the second harmonic (532nm), thanks to the collaboration of the group of Raman Lidar at Goddard Space Flight Center. The new lidar system, called LIPAZ, will be formed by the acquisition system of ALEX and the Nd:YAG laser.

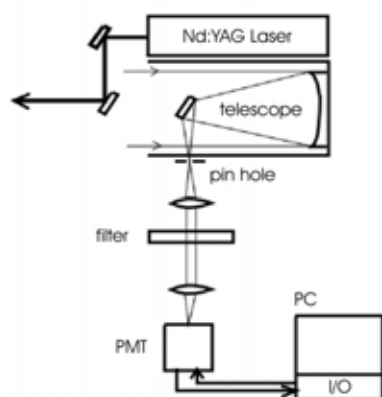


Figure 1: Axial configuration scheme of lidar LIPAZ

The lidar LIPAZ has, as a source, the Nd:YAG laser in the second harmonic (actually we can generate the third harmonic as well, 355nm) and makes use of the newtonian telescope for the optical reception (fig.1). About the electronic acquisition of the back scatter wave, one possible configuration is the modulated photomultiplier tube H6573 and the acquisition board NI PCI-6052, both came with lidar ALEX. The disadvantage is that the sample scanning velocity of the PCI-6052 is of just 333kS/s, which means that the maximum spatial resolution attained would 450m. Moreover, the modulation of the photomultiplier tube, which consists in applying a sinusoidal signal over the second dynode voltage, is not enough to avoid the initial saturation of the axial configuration and coercing to use a biaxial configuration instead. The other possibility for the acquisition is to use a Tektronix TDS350 oscilloscope, 200MHz and a 1GS/s maximum of sampling, and to rule it using a computer, with LabView, by means of a GPIB port (the transmission speed for this

telescopio tipo newtoniano, que lamentablemente nunca llego trabajar por fallas en el láser. En el 2009, el laboratorio adquirió un láser de Nd:YAG, Q-switched, con una energía de aproximadamente 80mJ por pulso en el segundo armónico (532nm), gracias a la colaboración del grupo de Raman Lidar del Goddard Space Flight Center. El nuevo lidar, denominado LIPAZ, estará conformado por partes del antiguo lidar más el láser de Nd:YAG.

El lidar LIPAZ tiene como fuente el láser de Nd:YAG en el segundo armónico en principio (existe la posibilidad de usar además el primer y tercer armónico, 1064nm y 355nm respectivamente) y utiliza el telescopio newtoniano del ALEX para la recepción óptica (Ver fig.1). Respecto a la adquisición electrónica de la señal, una posible configuración es el fotomultiplicador modulado H6573 y la tarjeta de adquisición NI PCI-6052, ambos procedentes del lidar ALEX. La desventaja es la velocidad de muestreo de la tarjeta 333kS/s, lo que significa una resolución espacial de máximo 450m; además la modulación del fotomultiplicador, la cual consiste en aplicar una onda sinusoidal de modulación sobre el voltaje del segundo dinodo, no es suficiente para evitar la saturación inicial en la configuración axial, obligando a usar una configuración biaxial. La segunda posible forma de adquisición es utilizar el osciloscopio Tektronix TDS350, de 200MHz y un máximo de muestreo de 1GS/s, y controlarlo con la computadora, usando LabView, mediante el puerto GPIB (la velocidad de transferencia para este modelo es de 200kB/s, ya que no acepta el protocolo HS488 que permitiría una velocidad de transferencia de hasta 8MB/s).

model is 200kB/s, since it does not accept the HS488 protocol which allows a maximum of transmission speed equal to 8MB/s).

Currently, we are working on the optimization of the oscilloscope-means-acquisition software in order to attain a maximum possible spatial resolution. Furthermore, a chopper circuit will be used to have control over the first dynode voltage in order to prevent initial saturation of the photomultiplier tube in the axial configuration.

Keywords: lidar, elastic backscattering.



CONSTRUCTION OF MONOSTATIC- COAXIAL ELASTIC BACKSCATERING LIDAR SYSTEM

**E. Reynoso¹, A. Dávila¹, F. Montoya¹,
P. Nanco¹, Y. Bravo^{3,1}, D. Iturbe²,
C. Treviño²**

¹BUAP. México.

²INAOE. México.

³IPN. México.

ereynoso@ece.buap.mx

The systems of *Light Detection And Ranging*, *LIDAR* every time are being more useful in the common life and different fields of research; there are from base-ground, airborne and spaceborn. Because they work with the same theory than RADAR, they are also called optical radars. In agreement with its study and analysis the Lidar technique offers big advantages to remote sensing of gases, aerosols, ions and atoms in different layers from the atmosphere. The Lidar technique can be building with a system composed by three subsystems: the transmitter, receiver and the detection/recording stage. These subsystems consider two kinds of interactions elastic and inelastic, besides the different theories (Rayleigh or Mie scattering) to the analysis from experimental results depending from

Actualmente se está trabajando en la optimización del programa de adquisición mediante el osciloscopio para lograr el máximo de resolución espacial posible. Además se probará la implementación de un interruptor chopper sobre el voltaje del primer dinodo para evitar la saturación inicial del fotomultiplicador en la configuración axial.

Palabras clave: lidar, retro-dispersión elástica.



CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA LIDAR MONOESTÁTICO COAXIAL DE RETRODISPERSIÓN ELÁSTICA

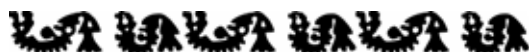
Los sistemas de medición de luz y su clasificación, *LIDAR* cada vez están siendo más utilizados en diferentes áreas de investigación y de la vida cotidiana; los hay terrestres, aerotransportados y espaciales. Debido a que trabajan bajo el mismo principio que el RADAR a estos se les llega a conocer como radares ópticos. De acuerdo a su estudio y análisis la técnica Lidar ofrece grandes beneficios en cuanto al monitoreo de la concentración de gases, aerosoles, iones y átomos en las diferentes capas de la atmósfera. La técnica Lidar se puede implementar con un sistema que básicamente consta de tres subsistemas, un transmisor, el receptor y la etapa de detección y grabado. Estos sistemas consideran dos tipos de interacciones, elásticas e inelásticas, además de diferentes teorías (Dispersión Rayleigh ó Mie) para el

the range and of course from constituent to measure. The systems can be designed in two possible alignment arrangements: the bistatic and monostatic and by its complexity they are classified in: Differential Absorption Lidar (DIAL), elastic backscatter, Raman, Doppler and Resonance fluorescence. In this work we present the criteria and theoretical-practical details in the construction of monostatic-coaxial elastic backscatter system Lidar at the wavelengths from 1064 and 532nm. We show theoretically like this configuration simplifies the analysis from the experimental results, specially the geometry factor in the lidar equation. Also, we show how was characterized the source from transmitter the pulsed Nd:YAG laser, with times durations of 10 ns in Q-switching mode.

Keywords: lidar, elastic backscattering.

análisis de los resultados experimentales dependientes del rango ó altura, longitud de onda y por supuesto del elemento a monitorear. Los sistemas se pueden diseñar en dos diferentes configuraciones, la biestática y la monoestática y por su complejidad, se pueden clasificarse en Diferencial de Absorción DIAL, Retrodispersión elástica, Raman, Doppler y Resonancia Fluorescente. En este trabajo se presentan los criterios y detalles teórico-técnicos en la construcción del sistema Lidar de retrodispersión elástica, monoestático coaxial en las longitudes de 1064 y 532nm. Se demuestra teóricamente como esta configuración simplifica el análisis de los resultados experimentalmente medidos, sobretudo en el factor de geometría de la ecuación Lidar. Se muestra también como se caracterizó la fuente del transmisor un láser de Nd:YAG pulsado con tiempos de duración de 10ns en el modo de Q-conmutada.

Palabras clave: lidar, retrodispersión elástica.



NONIMAGIN SOLAR CONCENTRATOR APPLICATION IN PHOTOCHEMICAL TEXTIL DYE DEGRADATION

I. Rendón¹, J. Castillo¹, F. Hernández²

¹CAOyF. México.

²CAQA. México.

*Ben. Univ. Autónoma de Puebla. México.
tonahtiuhrendon@hotmail.com*

In this work the construction and implementation of a photochemical non-imaging solar reactor have been made for the Advanced Oxidation Processes. As a contaminant Erionyl blue AR dye was used. As catalysts, hydrogen peroxide (H₂O₂), ozone (O₃), and hydrogen peroxide-ozone (H₂O₂/O₃) were used under ultraviolet solar light irradiation. Its percentages of contaminant remotion, Chemical Oxygen



NONIMAGIN SOLAR CONCENTRATOR APPLICATION IN PHOTOCHEMICAL TEXTIL DYE DEGRADATION

En este trabajo se presenta la construcción e implementación de una reactor solar foto-químico no formador de imágenes para la realización de procesos avanzados de oxidación de tintes como azul Erionyl AR. Se utilizaron catalizadores como peróxido de hidrógeno (H₂O₂), ozono (O₃) e peróxido de hidrógeno-ozono (H₂O₂/O₃) bajo radiación UV. A partir de este sistema pueden evaluarse valores del grado de

Demand (COD), UV/vis spectra, pH, color, turbidity, degradation kinetics, and estimation of its efficiency, have been reported.

Keywords: advanced oxidation processes, non-imaging solar concentrator, solar photochemical reactor.



DEVELOPMENT OF A DOAS SYSTEM FOR TOTAL-DOAS APPLICATIONS WITH TEMPERATURE CONTROL

J. Ramos, E. Frins

Universidad de la República. Uruguay.
jramos@fing.edu.uy

The ToTAL-DOAS (Topographic Target Light scattering - Differential Optical Absorption Spectroscopy) is a novel atmospheric monitoring technique. Developing a new optical system related to such technique requires a phase of field measurements and data evaluation.

The aim of our work has been enhancing a prototype, previously assembled within our research group, adding to it a temperature control and developing specific control software. The whole system offers the possibility of two dimension movement for spectra acquisition with a telescope of a field of view of approximately 0.03° , which let in signals in the near-UV and visible spectral range.

The instrument was located on the roof of our faculty building to monitor SO_2 and NO_2 traces above the city of Montevideo. We are presenting the results of test measurements of the mentioned atmospheric trace gases.

Keywords: ToTAL-DOAS, environmental optics, spectroscopy, control software, DOAS.



remoción de contaminante, la demanda química de oxígeno (COD, por sus siglas en inglés), el espectro de UV/vis, nivel de pH, color, turbidez, cinética de degradación así como una estimación aproximada del nivel de eficiencia del sistema.

Palabras clave: procesos avanzados de oxidación, concentrador solar no formador de imagen, reactor solar fotoquímico.



DESARROLLO DE UN SISTEMA DOAS PARA UN SISTEMA TOTAL- DOAS CON CONTROL DE TEMPERATURA

El método ToTAL-DOAS (Topographic Target Light scattering - Differential Optical Absorption Spectroscopy) es una técnica novedosa de monitoreo atmosférico. Desarrollar un nuevo sistema óptico para aplicar esta metodología requiere una etapa de medidas de campo y evaluación de datos. El objetivo de nuestro trabajo ha sido mejorar un prototipo, previamente ensamblado en nuestro grupo de investigación, agregándole un control de temperatura y desarrollando software específico para controlarlo. El sistema completo ofrece la posibilidad de movimiento en dos dimensiones de un telescopio con un campo visual de aproximadamente 0.03° a efectos de adquirir espectros en el rango espectral UV cercano al visible.

El instrumento fue ubicado en la azotea del edificio de nuestra facultad para monitorear sobre la ciudad de Montevideo las trazas de SO_2 y NO_2 . Se presentan los resultados de medidas de prueba de los gases mencionados.

Palabras clave: DOAS, ToTAL-DOAS, óptica ambiental, espectroscopía, software de control.

**DESIGNS AND MANUFACTURES OF
A LIDAR SYSTEM FOR
ENVIRONMENTAL,
METEOROLOGICAL AND AIR
POLLUTION APPLICATIONS**

D. Nisperuza, D. Gómez, A. Bastidas
Univ. Nac. de Colombia. Colombia.
dnisper6@gmail.com

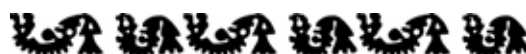
As a result of the recent activities LIDAR in Colombia, it has been possible design and put in operation n LIDAR station based on a pulsed Nd:YAG laser operating at the 1064-nm and 532-nm wavelengths. Laser remote-sensing techniques (LIDAR systems), have gained high acceptance as long-range non-invasive probes of the chemical composition and physical properties of the atmosphere. Through its high spatial and temporal resolution, the LIDAR technique is a powerful tool in monitoring the evolution of the basic meteorological and atmospheric parameters. In this paper we report results of the designs, manufactures and performance of an elastic LIDAR system for the study of aerosols optical properties in the atmosphere of Medellín city (Longitude 75 ° 34 '05" West, Latitude 6 ° 13' 55" North), and the retrieval of quantitative information about its optical parameters of the tropical region.

Keywords: elastic LIDAR system, atmosphere properties, atmospheric aerosol.

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN
SISTEMA LIDAR PARA
APLICACIONES AMBIENTALES,
METEREOLÓGICAS Y DE POLUCIÓN
DEL AIRE**

Como resultado de las recientes actividades LIDAR en Colombia ha sido posible diseñar y poner en operación una estación LIDAR basada en un láser Nd:YAG pulsado operando a 1064 y 532 nm. Las técnicas de sensado remoto láser (sistemas LIDAR) han ganado gran aceptación como sondas no invasivas de gran alcance para el estudio de la composición química y propiedades físicas de la atmósfera. Gracias a su alta resolución espacial y temporal, la técnica LIDAR es una poderosa herramienta en el control de la evolución de los parámetros básicos meteorológicos y atmosféricos. En este trabajo se reportan los resultados del diseño, fabricación y puesta en operación de un sistema LIDAR elástico para el estudio de aerosoles y propiedades ópticas de la atmósfera de la ciudad de Medellín (Longitud 75 ° 34 '05"Oeste, Latitud 6° 13 '55"Norte), y la recuperación de información cuantitativa sobre sus parámetros ópticos de la región tropical.

Palabras clave: sistema LIDAR elástico, propiedades atmosféricas, aerosol atmosférico.



FIBER OPTICS AND COMMUNICATIONS.

Fibras Ópticas y Comunicaciones.

Fibras Ópticas e Comunicações.



**STUDY OF AN ERBIUM DOPED
FIBER LASER ASYNCHRONOUSLY
MODE-LOCKED**

C. Días, E. De Souza

Univ. Presbiteriana Mackenzie, Brazil.

milacdias@yahoo.com.br

The advance of ultrashort pulse generation technique in the last decade has been able to develop lasers with a variety of features such as ultrashort pulse duration, high peak intensity and high repetition rate. However, these features are not usually achieved concomitantly in a laser. There is great interest to generate ultrashort pulse at high repetition rate. Ultrashort laser pulse with GHz repetition rate will be useful for many applications in areas such as optical communications and photonic switching.

Passive mode-locking usually is able to generate ultrashort pulses using an optical saturable absorbers, semiconductor devices or Kerr effect as a switching mechanism. However they operate in a repetition rate of few tens of MHz which is not enough for telecommunication application.

To generate high repetition rate pulses with low timing jitter the harmonic active mode-locking is the most used technique. Using the technique Erbium fiber lasers have been demonstrated to be able to generate pulse trains in the C-band with high repetition rates, from 10 to 160GHz. However, in these lasers, pulsewidths have few picoseconds because active mode-locked fiber lasers are governed by the Kuizenga-Siegman theory. One of the alternatives to build an ultrashort pulse fiber laser at high repetition rate is the hybrid mode-locking which has been identified as a possible solution for directly generating ultrashort pulses at high repetition rate. In these lasers the mechanism of passive mode-locking is also utilized to further shorten the pulsewidth.

Asynchronous mode-locked lasers in ring configuration have been demonstrated over the past decade. These lasers utilize an asynchronous phase modulator that frequency shifts low intensity light to the wings of the filter resulting in loss. On the other hand, solitons due to their nonlinearity

**ESTUDO DE UM LASER A FIBRA
DOPADA COM ÉRPIO COM MODOS
ACOPLADOS ASSINCRONAMENTE**

O avanço das técnicas de geração de pulsos ultracurtos na última década tem sido capaz de desenvolver lasers com uma variedade de características, como por exemplo, pulsos ultracurtos (duração na ordem de fs), alta intensidade de pico e alta taxa de repetição. De qualquer modo, normalmente, estas características não são alcançadas simultaneamente em um laser deste tipo. Existe um grande interesse em gerar pulsos ultracurtos a altas taxas de repetição. Lasers com pulsos ultracurtos com taxa de repetição de GHz são muito úteis para diversas aplicações em áreas como comunicações ópticas e chaveamento fotônico.

O acoplamento de modos passivo, geralmente, é capaz de gerar pulsos ultracurtos usando um absorvedor saturável óptico, componentes semicondutores ou efeito Kerr como mecanismo de chaveamento. Entretanto, eles costumam operar em uma taxa de repetição de poucos MHz, a qual não é suficiente para aplicações em telecomunicações.

A técnica mais utilizada para gerar um trem de pulsos com alta taxa de repetição e baixo *jitter* é o acoplamento harmônico ativo de modos, com isto, lasers a fibra dopada com Érbio têm sido demonstrados e são capazes de gerar trens de pulsos na banda C com altas taxas de repetição, de 10 a 160GHz. Contudo, nestes lasers, a largura de pulso tem poucos picossegundos devido ao acoplamento ativo ser governado pela teoria de Kuizenga-Siegman. Uma das alternativas para se construir um laser a fibra com pulsos de femtossegundos e altas taxas de repetição é o acoplamento de modos híbrido, que tem sido identificado como uma possível solução para geração direta de pulsos ultracurtos a altas taxas de repetição. Nestes lasers o mecanismo do acoplamento de modos passivo também é utilizado para reduzir ainda mais a largura de pulso.

resists this frequency shift, resulting in a cleanup noise. Such the theory has been studied, as well your operation with the pulse dynamics.

In this paper, we investigate experimentally the dynamic operation of an asynchronous mode-locking Erbium-doped fiber laser as a deviation from the synchronous regime. In optimal operation conditions the laser produces pulses of approximately 400 fs nearly transform-limited.

Keywords: optical communication, lasers, Erbium, mode-locked lasers.

O acoplamento de modos assíncrono em configuração em anel tem sido demonstrado na última década. Estes lasers utilizam um modulador de fase que sofre uma dessintonização na frequência, isto resulta em perda para a luz de baixa intensidade no filtro. Por outro lado, os sólitons, devido a não linearidade, resistem a esta alteração na frequência, eliminando o ruído. Esta teoria tem sido estudada, bem como sua operação com a dinâmica do pulso.

Neste trabalho, nós investigamos experimentalmente a dinâmica de funcionamento do acoplamento de modos assíncrono em um laser a fibra dopada com Érbio, que atua como um desvio do regime síncrono. Em condições ótimas de operação, o laser produz pulsos de aproximadamente 400 fs, limitado pela transformada.

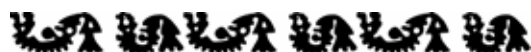
Palavras chave: comunicação óptica, lasers, Érbio, lasers com acoplamento de modos.



40 GB/S RZ DQPSK DWDM UNREPEATERED TRANSMISSION OVER 160 KM OF SSMF

F. Ceragioli, S. Susskind, E. De Souza
Univ. Presbiteriana Mackenzie. Brazil.
fulvioceragioli@hotmail.com

Over the years, technology advances have significantly increased the system capacity and reach for 10 Gb/s and 40 Gb/s unrepeateread transmissions. This systems aim to provide high capacity over long distances without any in-line active elements, consequently reduce the line complexity and the overall system cost. To achieve long single-span distances, system architects may resort to high launch powers, alternative modulation formats, very low-loss fibers, a high-power booster, distributed Raman amplification, etc. Recent results like eight 40 Gb/s RZ-DQPSK channels transmission over 401 km



TRANSMISSÃO DWDM SEM REPETIDORES À 40 GB/S RZ DQPSK AO LONGO DE 160 KM DE SSMF

Ao longo dos anos, os avanços tecnológicos aumentaram significativamente a capacidade dos sistemas e atingiram transmissões sem repetidores de 10 Gb/s e 40 Gb/s. Estes sistemas visam fornecer alta capacidade em longas distâncias sem a utilização de elementos de linha ativos, conseqüentemente, reduzem a complexidade e o custo do sistema. Para alcançar longas distâncias, os sistemas recorrer a utilização de alta potencia de transmissão, formatos alternativos de modulação, as fibras de baixa perda, amplificadores de alta potência, amplificação Raman distribuída, etc.

was shown, with no in-line dispersion compensation or pre-dispersion compensation [1], ultra-long-span 500 km 16x10 Gbit/s WDM unrepeated transmission was demonstrated with Raman amplification in combination with enlarged effective area SMF and conventional SMF [2] and also 485 km unrepeated 4x43 Gb/s WDM NRZ-DPSK transmission [3]. We investigate a DWDM unrepeated transmission at 40 Gb/s RZ DQPSK format with a simulation model shown in Fig. 1.

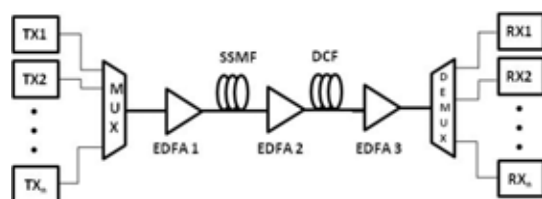


Fig 1. Model scheme of the transmission system simulated.

The transmitter consists of a DFB laser diode with 50 GHz channel spacing. The channels are modulated at 40 Gb/s RZ DQPSK format with a Mach-Zehnder (MZM) external modulator. The signal is amplified by a EDFA booster amplifier with output power controlled variable between 4 dBm and 28 dBm. The signal is transmitted to 160 km of SSMF, which represents Kyatera Network distance between São Paulo and Campinas. A second EDFA is used to compensate the attenuation and the output power is controlled to to guarantee a low input power at the DCF and then the system would not be limited by nonlinearities. A preamplifier is used to maintain good receiver responsivity. After transmission, a narrow bandwidth filter is used to select the DWDM channel. At the RZ DQPSK receiver the signal decoding is optical performed by MZ interferometers and detected by PIN photodiode with a responsivity of 0.8 A/W and followed by a low pass post detection filter. First of all, we show the nonlinearities impairments for a 4 channel transmission by varying the output power of the EDFA booster amplifier, as shown in Fig. 2.

Resultados recentes como, a transmissão de oito canais a taxa de 40 Gb/s RZ-DQPSK por mais de 401 km foi mostrada, sem compensação de dispersão em linha ou pré compensação de dispersão [1], um enlace ultra-longo de 500 km 16x10 Gb/s WDM sem repetidores foi demonstrado com amplificação Raman em combinação com uma SMF de área efetiva alargada e SMF convencional [2] e também 485 km 4x43 Gb/s de transmissão WDM NRZ-DPSK [3]. Nós investigamos uma transmissão DWDM sem repetidores a 40 Gb/s RZ DQPSK com um modelo de simulação mostrada na Fig. 1.

Fig 1. Modelo do sistema da transmissão simulada.

O transmissor consiste de um diodo laser DFB com espaçamento entre canais de 50 GHz. Os canais são modulados em 40 Gb/s RZ DQPSK através do modulador externo Mach-Zehnder (MZM). O sinal é amplificado por um amplificador de potência do EDFA com potência variável controlada entre 4 dBm e 28 dBm. O sinal é transmitido para 160 km de SSMF, o que representa a distância entre São Paulo e Campinas da Rede Kyatera. O segundo EDFA é usado para compensar a atenuação e potência de saída é controlada para garantir uma potência baixa na DCF e, portanto, não limitar o sistema pelas não-linearidades. Um pré-amplificador é utilizado para manter uma boa responsividade do receptor. Após a transmissão, um filtro de banda estreita é usado para selecionar o canal DWDM. No receptor RZ DQPSK a decodificação do sinal óptico é realizado pelo interferômetro MZ e detectado pelo fotodiodo PIN com uma responsividade de 0,8 A/W e seguido por um filtro de pós detecção passa baixa. Em primeiro lugar, vamos mostrar as limitações causadas pelas não-linearidades de uma transmissão de 4 canais, variando a potência de saída do amplificador de potência do EDFA, como mostrado na Fig. 2.

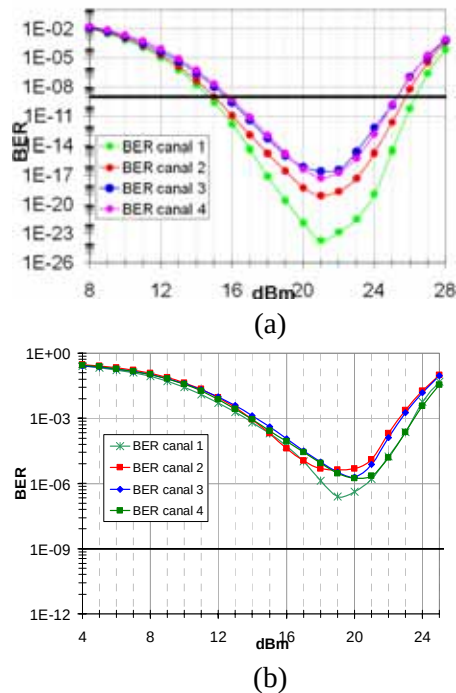


Fig 2. BER versus SSMF Input Power (dBm)

- (a) 4 channels RZ DPSK transmission with 100 GHz of channel spacing
- (b) 4 channels RZ DQPSK transmission with 50 GHz of channel spacing

The system is severely affected by the reduction of channel spacing, even for a robust modulation format (RZ DQPSK) with a narrow spectrum. We gradually increase the number of channels to demonstrate the nonlinear effects, like inter channel crosstalk. Then, we study the dispersion management to achieve good system performance, and also evaluate the system performance considering also Raman amplification.

Keywords: DWDM unrepeated systems, nonlinearities, dispersion compensation.

Fig 2. BER em relação à potencia de entrada na SSMF (dBm). Transmissão de 4 canais RZ DPSK com (a)100 GHz (b) 50 GHz de espaçamento entre canais

O sistema é severamente afetado pela redução do espaçamento entre canais, mesmo para um formato de modulação robusto (RZ DQPSK) com um espectro estreito. Nós aumentaremos gradualmente o número de canais para demonstrar os efeitos não lineares, como a interferência entre canais. Em seguida, estudaremos o gerenciamento de dispersão para alcançar bom desempenho do sistema, e, considerando também a amplificação Raman.

Palavras chave: sistemas DWDM sem repetidores, não linearidade, compensação de dispersão.



**METAL COATED D-SHAPED
OPTICAL FIBER FOR GAS SENSING:
MODEL AND SIMULATION**

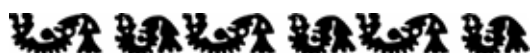
N. Gómez, P. Torres

National University of Colombia. Colombia.

ndgomez@unal.edu.co

This work shows the theoretical study and simulation of a D-shaped optical fiber whose flat surface is covered with a thin metal layer. We begin by modeling the optical fiber structure as a multilayer planar waveguide. To find the dispersion equation of the new structure we use the transfer-matrix method and the zeros of this transcendental equation are estimated using a method based on the principle of argument and the residue theorem of complex analysis. To avoid singularities we use the Cauchy equation. To obtain the optimal parameters for gas sensing, our approach can estimate both the ranges of metal layer thicknesses as the distances between the fiber core and metal layer. The methodology is validated by comparing the results with several possible cases reported in the literature.

Keywords: optical fiber, sensors.



**NOVEL BISMUTH DOPED OPTICAL
FIBERS: SPECTROSCOPY, LASER
ACTION, AND NONLINEAR
PHENOMENA**

**V. Dvoyrin¹, V. Mashinsky¹,
E. Dianov¹, A. Kir'yanov²**

¹ *Academy of Science. Russia.*

² *CIO. Mexico.*

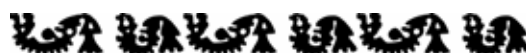
kiryanov@cio.mx

Compactness, robustness, and simplicity are attractive features of fiber lasers. Recently fiber lasers of a new type, Bismuth (Bi) doped alumino-silicate fiber lasers for the

**FIBRA ÓPTICA EN FORMA DE D CON
RECUBRIMIENTO METÁLICO PARA
SENSADO DE GASES: ESTUDIO
TEÓRICO Y SIMULACIÓN**

Este trabajo muestra el estudio teórico y la simulación de la propagación de la luz en una fibra óptica en forma de D cuya superficie plana está cubierta con una capa metálica delgada. Se inicia modelando la estructura fibra óptica y capa metálica delgada como una guía de onda plana equivalente. La ecuación de dispersión de la nueva estructura se encuentra usando el método de matrices de transferencia y los ceros de esta ecuación trascendental son estimados usando un método basado en el principio del argumento y el teorema del residuo del análisis complejo. Para evitar las singularidades se usa la ecuación de Cauchy. Los parámetros óptimos para el sensado de gases encuentran estimando los rangos de espesor de la película metálica y la distancia entre el núcleo y la capa metálica. La metodología es validada comparando los resultados con varios posibles casos reportados en la literatura.

Palabras clave: fibra óptica, sensores.



**NUEVAS FIBRAS ÓPTICAS DOPADAS
CON BISMUTO: ESPECTROSCOPÍA,
LASÉO Y FENÓMENOS NO
LINEARES**

Compacidad, robustez y simplicidad son las características más atractivas de los láseres de fibra óptica. Recientemente los láseres nuevos para el rango espectral de 1.15-1.3

1.15-1.3 μm range and pumped at $\sim 1 \mu\text{m}$, have been developed. Such lasers emit in the spectral range where no fiber lasers compatible with common rare-earth (Erbium and Ytterbium) doped fibers exist. Reasonably high optical-to-optical efficiency of the core-pumped Bi doped fiber lasers obtained so far makes them invaluable for practical applications, especially for the telecommunications. Also, commercial yellow light sources, which are of great importance for dermatology, ophthalmology, and laser guide star experiments in astronomy, can be fabricated by frequency doubling of output of such Bi doped fiber lasers.

From a practical point of view, further improvement of Bi doped fiber lasers performance (higher efficiency, clad-pumping, chemical composition) is in progress now. However, the residual loss at the pump wavelengths and excited-state absorption in the Bi doped fibers were previously reported as the main limiting factors on this way. Meanwhile, it was uncertain why the lasing efficiency varies from several to tens percents for different active fibers of a similar chemical composition.

To find out the general trends in variation of the Bi doped fibers properties and the factors limiting the efficiency of the correspondent fiber lasers and amplifiers we have investigated a series of Bi doped fibers of a simple $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ core composition with various concentrations of active Bi centers.

The results are presented in this research work, among which are the following:

- (1) Bi doped alumino-silicate fibers are complexly studied and it is shown that gain in the fibers at $1\text{-}\mu\text{m}$ pumping falls down while the residual loss level increases with an increase of small-signal absorption;
- (2) Bi doped fiber lasers operating at $1.18 \mu\text{m}$ wavelength with optical-to-optical efficiency up to 30% are realized and it is concluded that the main factors responsible for limiting efficiency of the Bi doped fiber lasers are the up-conversion processes and excited-state absorption loss;

micras basados en las fibras de la estructura sílice de un nuevo tipo, dopadas con Bismuto (Bi), y bombeados a $\sim 1 \mu\text{m}$, se han desarrollado. Estos láseres emiten en el rango espectral para que no existen láseres de fibra común dopadas con tierras raras (erbio e iterbio). La eficiencia óptica razonablemente alta del láser de fibra dopada con Bi, obtenida hasta el momento, hace un incalculable valor para las aplicaciones prácticas, especialmente para las telecomunicaciones. Además, los fuentes comerciales de la luz amarilla, que son de gran importancia para la dermatología, oftalmología, y para los experimentos de guía estrella láser en la astronomía, se pueden fabricar con la duplicación de la frecuencia de salida de tales láseres de fibra óptica dopada con Bi.

Desde un punto de vista práctico, la ulterior mejora de rendimiento de los láseres de fibra dopada con Bi (la mayor eficiencia, el tipo de bombeo, la composición química) está en la marcha ahora. Sin embargo, las pérdidas residuales en las longitudes de onda del bombeo y absorción del estado excitado en las fibras dopadas con Bi fueron reportados anteriormente como los principales factores limitantes. Mientras tanto, no estaba claro por qué la eficiencia de lasé o varía desde unas hasta decenas por cientos para las fibras activas de una composición química similar. Para conocer las tendencias generales en la variación de las propiedades de las fibras dopadas con Bi y los factores que limitan la eficiencia de los láseres e amplificadores correspondientes hemos investigado una serie de las fibras de la composición del núcleo simple ($\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$) con distintas concentraciones de los centros activos Bi.

Los resultados se presentan en este trabajo de investigación, entre los cuales son los siguientes:

- (1) las fibras dopadas con Bi están estudiados de forma compleja y se demuestra que la ganancia en las muestras bombeadas a la longitud de onda de $1 \mu\text{m}$ se cae mientras se aumenta el nivel residual de las pérdidas con un aumento de la absorción de pequeña señal;

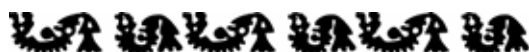
(3) The modeling based on a consideration of Bi centers ensemble composed of the sub-systems of single and paired centers, and an increase of partial weight of the latter at Bi content growth, allows us to explain the experimental data on of the kinetics of near infra-red fluorescence and nonlinearities in the transmission coefficient of the Bi doped fibers.

Keywords: Bismuth doped fibers characterization, Bismuth fiber lasers and amplifiers.

(2) los láseres basados en la fibra de este tipo con la longitud de onda de 1.18 micras y la eficiencia óptica hasta 30% se realizan y se concluye que los principales factores responsables a la limitación de sus eficiencia son los procesos de up-conversión y las pérdidas por absorción del estado excitado de Bi;

(3) el modelo basado en una consideración de un sistema de los centros de Bi compuesto por los sub-sistemas de centros individuales y pareados, y un aumento de peso parcial de los últimos por el crecimiento de contenido de Bi, nos permite explicar los datos experimentales sobre la cinética de la fluorescencia infrarroja y los no linealidades en el coeficiente de transmisión de las fibras dopadas con Bi.

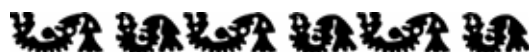
Palabras clave: caracterización de fibras dopadas con Bismuto, láseres e amplificadores de Bismuto de fibra óptica.



NONLINEAR EFFECTS COMPENSATION IN DISPERSION SHIFTED FIBER LINKS

C. Lambert, P. Costanzo, R. Duchowicz
Centro de Invest. Ópticas. Argentine.
Univ. Nacional de La Plata. Argentine.
claudiol@ciop.unlp.edu.ar

Dispersion Shifted Fibers (DSF) were developed to limit inter-symbol interference caused by Chromatic Dispersion, in order to be able to transmit greater distances without the need to regenerate the signal. However, with the advent of higher transmission rates and the emergence of wavelength Division Multiplexing (WDM), nonlinear effects became more significant than in conventional optical fibers. These nonlinear phenomena include Self-Phase Modulation (SPM), Cross-Phase Modulation (XPM) and precompensar las no linealidades mediante un Modulador de Fase Óptico. Los



COMPENSACIÓN DE LOS EFECTOS NO LINEALES EN ENLACES DE FIBRA ÓPTICA CON DISPERSIÓN CORRIDA

Las Fibras de Dispersión corrida (DSF) se desarrollaron para limitar la interferencia inter-símbolo provocada por la Dispersión Cromática, con el objetivo de poder transmitir mayores distancias sin necesidad de regenerar la señal. Sin embargo, con el advenimiento de mayores tasas de transmisión y la aparición del Multiplexado por Longitudes de Onda (WDM), los efectos no lineales se hicieron más significativos que en las Fibras Ópticas convencionales. Estos fenómenos no lineales incluyen la Automodulación de Fase (SPM), la Modulación de Fase Cruzada (XPM) y el

Four Wave Mixing (FWM). This paper proposes a simple method to precompensate nonlinearities using an Optical Phase Modulator. Results obtained through simulations show significant improvements in the performance of a typical DWDM link.

Keywords: dispersion shifted fiber, nonlinear effects, compensation, optical communications.



PRACTICAL METHOD FOR ENGINEERING ERBIUM-DOPED FIBER LASERS FOR TELECOM APPLICATIONS FROM STEP-LIKE PULSE EXCITATIONS

J. Causado, N. Gómez, P. Torres
Univ. Nacional de Colombia. Colombia.
jdcusad@unal.edu.co

A simple method, known as ‘easy points’, has been applied to the characterization of Erbium-doped fibers, aiming for the engineering of fiber lasers for telecom applications. Using low- optical-power flat-top pulse excitations it has been possible to determine both the attenuation coefficients and the intrinsic saturation powers of medium doping single-mode fibers at 980 and 1550 nm. A laser system has been projected for which the optimal fiber length and output power have been determined as a function of the input power. A ring cavity laser has been set up, and the characteristics of the output laser have been obtained and compared with the theoretical predictions based on the ‘easy points’ parameters.

Keywords: optical fiber, Erbium-doped fiber, optical fiber laser, optical fiber amplifier.



Mezclado de Cuatro Ondas (FWM). En este trabajo se propone un método sencillo para resultados obtenidos mediante simulaciones muestran mejoras notables en la performance de un enlace típico DWDM.

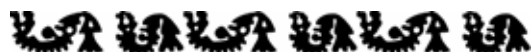
Palabras clave: fibra óptica de dispersión corrida, efectos no lineales, compensación, comunicaciones ópticas.



MÉTODO PRACTICO PARA EL ANÁLISIS DE LA INGENIERÍA DE LÁSERES DE FIBRA ÓPTICA DOPADA CON ERBIO PARA APLICACIONES EN TELECOMUNICACIONES USANDO EXCITACIÓN POR PULSOS

Un método simple, conocido como “puntos fáciles”, ha sido aplicado para la caracterización de fibra óptica dopada con Erbio, de gran importancia para la ingeniería de láseres de fibra óptica en aplicaciones de telecomunicaciones. Usando pulsos escalón, y potencias ópticas bajas ha sido posible determinar el coeficiente de absorción y la potencia intrínseca de saturación de fibras dopadas monomodo a 980 y 1550 nm. Un sistema láser ha sido diseñado para el cual la longitud óptima de fibra óptica y la potencia óptica de salida se han determinado como una función de la potencia de bombeo a la entrada. Una cavidad láser en anillo ha sido creada, y las características de salida del láser han sido obtenidas y comparadas con el modelo teórico, el cual está basado en los parámetros de los “puntos fáciles”

Palabras clave: fibra óptica, fibra dopada con Erbio, láser de fibra óptica, fibra óptica amplificadora.



**COHERENT DEMODULATION OF
MICROWAVE SIGNALS BY USING
OPTICAL HETERODYNE
TECHNIQUE WITH APPLICATIONS
TO POINT TO POINT INDOOR
WIRELESS COMMUNICATIONS
SYSTEMS**

**DEMODULACIÓN COHERENTE DE
SEÑALES DE MICROONDAS
UTILIZANDO HETERODINAJE
ÓPTICO CON APLICACIONES A
SISTEMAS DE COMUNICACIONES
INALÁMBRICOS PUNTO A PUNTO
EN INTERIORES**

**A. García¹, I. Zaldívar², G. Aguayo²,
J. Rodríguez³, R. Gómez¹, M. Acosta¹,
A. Rojas¹**

¹*Universidad de Sonora. Mexico.*

²*INAOE. Mexico.*

³*Universidad de las Américas. Mexico.*

agarcia@cifus.uson.mx

Over the past few years, there has been an increasing effort in researching new design of indoor wireless communications systems, due to connectivity that they show in a room or in a building. Currently, several companies of telecommunications use purely omnidirectional antennas in their wireless routers to transmit data to laptops in close vicinity. The properties of microstrip patch antennas and arrays with their planar configuration exhibit an attractive option for indoor communications where the gain is considerably enhanced. In this sense, an indoor wireless optical communications system using a couple microstrip antennas for transmitting and receiving information with coherent demodulation based on optical heterodyne scheme is proposed in this paper. The proposed experimental setup is shown in Fig. 1. Two optical waves at different wavelengths are combined and detected by a photodetector. The photocurrent obtained corresponds to a microwave signal which it can be continuously tuned on all frequency response of the photodetector.

Fig. 2(a) illustrates the spectrums of three microwave signals generated with optical heterodyne technique. The generated signals are located at 1.4, 4.9 and 9 GHz when the temperature of the DFB laser, with an optical fixed power of 2.4 mW, was tuned at 22.8°C, 23.2°C and 23.7°C respectively. Fig. 2(b) shows the optical spectrums of the optical signal from both lasers.

Actualmente existe un gran interés en diseñar nuevos sistemas de comunicación inalámbricos para la transmisión de información en interiores, esto se debe fundamentalmente a la conectividad que estos sistemas presentan en ambientes cerrados y en el interior de edificios. Hoy en día varias empresas de telecomunicaciones usan antenas omnidireccionales en los ruteadores para transmitir datos en una pequeña región. Sin embargo, las propiedades que presentan las antenas de microcinta y los arreglos de antenas de parche son una opción atractiva para los sistemas inalámbricos, ya que la ganancia se incrementa considerablemente. En este contexto, la propuesta experimental de este artículo consiste en un sistema de comunicaciones inalámbrico, el cual utiliza antenas de microcinta para transmitir y recibir información en un esquema de demodulación coherente, cuya arquitectura está basada en un esquema denominado heterodinaje óptico. El arreglo experimental propuesto se muestra en la figura 1. Las señales ópticas de los dos láseres son combinadas. La señal fotodetectada corresponde a una señal de microondas, la cual puede ser sintonizada continuamente sobre la banda de respuesta del fotodetector.

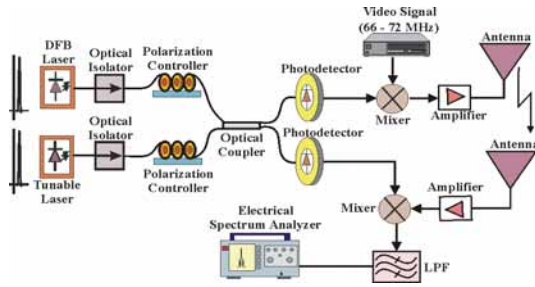


Fig. 1 Coherent demodulation based on optical heterodyne technique

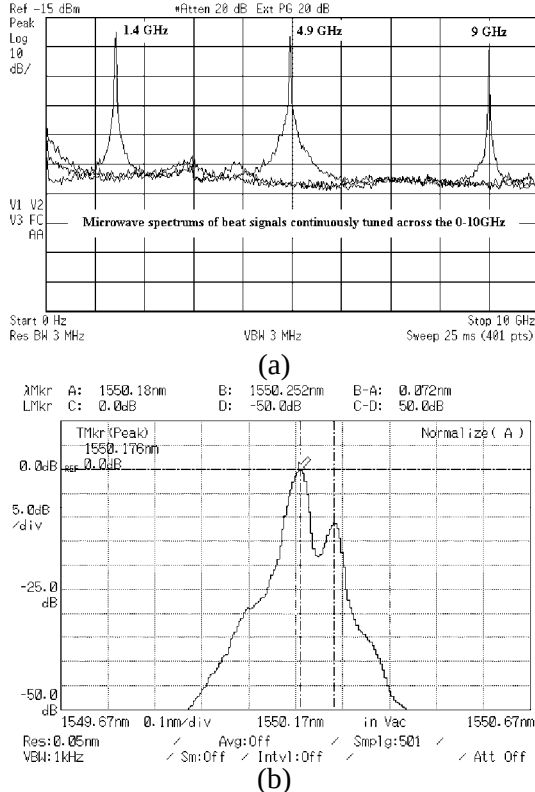


Fig. 2 Microwave signals and optical mixing
(a) microwave spectrums continuously tuned from 0 to 10 GHz, (b) optical spectrum corresponding to the two combined optical beams

As can be seen from Fig. 1, the system consists in recovering a baseband signal. The local oscillator signal used in the receiver is exactly coherent or synchronized, in both frequency and phase with that generated in the transmitter. This technique is known as optical coherent demodulation. In the transmitter, a microwave carrier generated at 1.25 GHz and a TV signal are mixed and amplified. The modulated signal obtained by the use of this scheme is transmitted through a point to point

Fig. 1 Demodulación coherente utilizando heterodinaje óptico.

La Figura 2(a) ilustra los espectros de tres señales de microondas las cuales fueron generadas con la técnica heterodina. Estas señales están ubicadas en 1.4, 4.9 y 9 GHz cuando la temperatura del láser DFB fue sintonizada en 22.8°C, 23.2°C y 23.7°C respectivamente y la potencia de operación fue fijada a 2.4mW. En la figura 2(b) se puede observar los espectros ópticos de los dos láseres.

Fig. 2 Señales de microondas y mezcla de señales ópticas (a) espectros de señales de microondas sintonizadas continuamente de 0 a 10 GHz, (b) espectros ópticos correspondientes a los haces combinados.

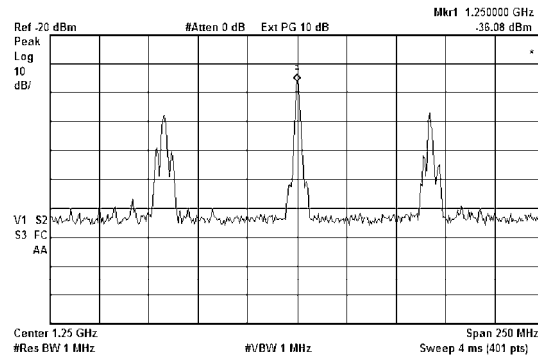
Como puede verse en la figura 1, el sistema consiste en recuperar una señal en banda base. El oscilador local utilizado en el receptor está sincronizado en frecuencia y fase con la señal que se generó en el transmisor. Esta técnica se conoce como demodulación coherente. En el transmisor, la portadora de microondas generada en 1.25 GHz se mezcló y amplificó con una señal de TV. La señal modulada se transmite a través del sistema inalámbrico punto a punto. El transmisor demodula la información transmitida, en este caso la señal de TV.

Fig. 3. Espectros de señales de TV en la banda de 1.25 GHz (a) transmitido, (b) recibido.

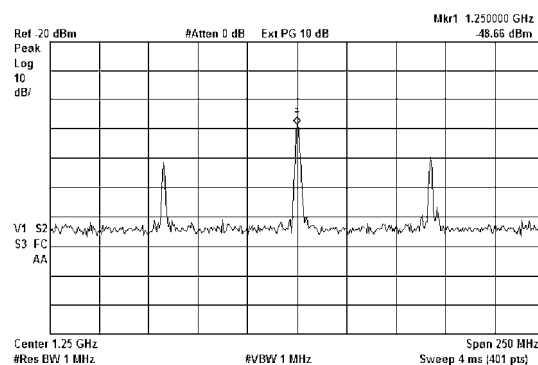
La figura 3, muestra los espectros de una señal de TV en la banda de 1.25GHz. Se puede observar en la figura 3(a) que el nivel de potencia transmitido fue aproximadamente -36 dBm, mientras que en la figura 3(b), se observa que el espectro de frecuencia de la señal recibida fue atenuada 12 dB. Sin embargo, la señal de TV transmitida fue satisfactoriamente recuperada en el receptor.

wireless system using a microstrip antenna. The receiver demodulates the transmitted information, in this case the TV signal.

Palabras clave: fotónica de microondas, heterodinaje óptico, generación de microondas, comunicaciones inalámbricas, comunicaciones ópticas.



(a)



(b)

Fig. 3 Spectrums of TV signal at 1.25GHz.
(a) transmitted, (b) received.

Fig. 3 shows the spectrums of an analog TV channel at 1.25 GHz. We can observe in Fig. 3(a) that the power level transmitted was approximately of -36 dBm, while the frequency spectrum of the received signal as shown in Fig 3(b) was attenuated 12 dB. However analog TV channel transmitted was satisfactorily recovered at the receiver.

Keywords: microwave photonics, optical heterodyne, microwave generation, wireless communications, optical communications.



PHOTONIC FILTERING OF MICROWAVE SIGNALS IN THE FREQUENCY RANGE OF 0.01-20 GHZ USING A FABRY PEROT FILTER

G. Aguayo¹, I. Zaldívar¹, A. García²,
J. Rodríguez³, L. Larger⁴, N. Courjal⁴

¹INAOE. Mexico.

²Universidad de Sonora. Mexico.

³Universidad de las Américas. Mexico.

⁴Université de Franche-Comté. France.

zaldivar@inaoe.mx

Microwave photonic filters (MPF) have significant advantages inherent to photonics such as large bandwidth, low loss, insensitivity to electromagnetic interference, tunability and re-configurability. In this work we focus on a MPF operating in the frequency range of 0.01-to-20 GHz. The originality of this work resides in demonstrating the high tuning flexibility of the electrical frequency response. The proposed filter topology is shown in Fig. 1. Its frequency response is determined by the real part of the Fourier transform of the multi longitudinal-mode laser diode (MLLD) emission spectrum, considering the free spectral range (FSR) of the optical source, the chromatic-dispersion parameter, and the length of the optical link. Although it is well known that fiber chromatic dispersion limits system performance, in this case this phenomenon is used in advantageous way.

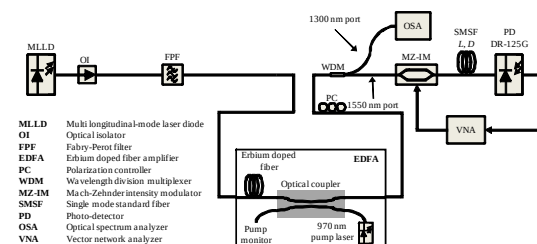


Fig. 1 Experimental setup assembled used for filtering microwave signals in the frequency range of 0.01-to-20 GHz using a Fabry-Perot filter (FPF)

Its frequency response includes a low-pass band centered at zero frequency and multiple band-pass windows. For the experiment, we

FILTRADO FOTONICO DE SEÑALES DE MICROONDAS EN EL RANGO DE 0.01-20 GHZ UTILIZANDO UN FILTRO FABRY PEROT

Los filtros fotónicos de microondas (MPF, Microwave-Photonic-Filters), poseen ventajas significativas inherentes a la fotónica tales como: gran ancho de banda, bajas pérdidas, inmunidad a interferencias electromagnéticas, sintonizado y re-configuración. Este trabajo se enfoca a un filtro fotónico operando en el rango de 0.01-20 GHz, cuya originalidad reside en mostrar la gran flexibilidad de sintonización de su respuesta eléctrica. La Fig. 1 corresponde a la topología del filtro fotónico, cuya respuesta en frecuencia es determinada por la parte real de la transformada de Fourier del espectro óptico de emisión del diodo láser multi-longitudinal (MLLD, Multi-longitudinal-laser-diode); considerando además el rango espectral libre (FSR, free-spectral-range) de la fuente óptica, el parámetro de dispersión cromática, así como la longitud del enlace óptico. Si bien la dispersión cromática limita el rendimiento del sistema, en este caso, este fenómeno es utilizado de manera útil.

Fig. 1 Montaje experimental para el filtrado de señales microondas en el rango de 0.01-20 GHz usando un filtro Fabry-Perot.

have used an MLLD emitting at 1553.65 nm with an FSR=1.0 nm. A Fabry-Perot filter allows a very precise adjustment for the FSR of the MLLD used. In order to guarantee a good level of the optical signal transmitted an Erbium-Doped-Fiber-Amplifier is used. A Wavelength Division Multiplexer allows to monitoring the optical spectrum filtered. The amplified optical signal is launched into a Mach-Zehnder intensity modulator. An RF signal sweep between 0.01-20 GHz issued from a Vector Network Analyzer is applied to the modulator. The intensity-modulated optical signal is then launched into a 6-Km coil of Single-Mode-Standard-Fiber. This type of fiber allows to considering the highest value of chromatic-dispersion parameter. Finally, the optical signal is recovered by a fast photo-detector, and its electrical output is launched to the second port of the VNA where the frequency response is measured. Experimental results are validated by means of numerical simulations.

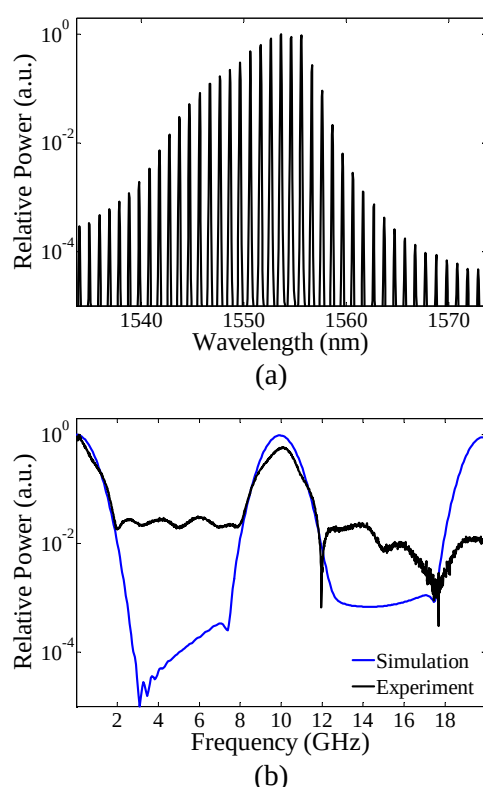
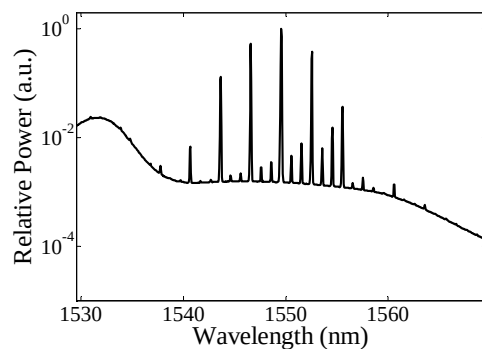


Fig. 2 (a) Power spectrum of the MLLD with FSR=1.0 nm, (b) Experimental frequency response considering the optical spectrum $f_1=10$ GHz

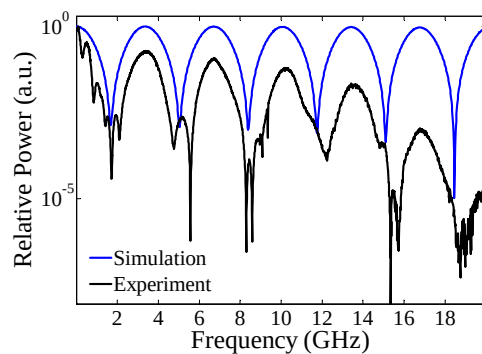
La respuesta en frecuencia incluye una banda pasa-baja centrada en cero y múltiples ventanas pasa-bandas. En el experimento, se utilizó un MLLD con $\lambda_0=1553.65$ nm y FSR=1.0 nm. Un filtro Fabry-Perot permite el ajuste preciso del FSR del MLLD. Un amplificador de fibra dopado con Erblio (EDFA) garantiza un nivel adecuado de potencia en la señal transmitida. El multiplexor por división de longitud de onda permite el monitoreo del espectro óptico filtrado. La señal óptica es inyectada a un modulador de intensidad del tipo Mach-Zehnder. Un analizador de redes vectoriales (VNA) proporciona un barrido de frecuencias entre 0.01-20 GHz las cuales se aplican al modulador. La señal óptica modulada es inyectada a 6-km de fibra monomodo estándar. Este tipo de fibra permite resaltar el valor más alto del parámetro de dispersión cromática. La señal óptica es recuperada por un fotodetector y su salida eléctrica es conectada al segundo puerto del VNA donde se analiza la respuesta en frecuencia. Los resultados experimentales son validados con simulaciones numéricas. La Fig. 2 (a) y (b) muestran respectivamente el espectro de emisión del MLLD utilizado, y la respuesta en frecuencia del sistema. En 2 (b) se observa una ventana pasa-banda centrada a 10 GHz. La Fig. 3 (a) corresponde al espectro de emisión del MLDD filtrado y amplificado, mientras que la Fig. 3 (b) corresponde a la nueva respuesta en frecuencia, claramente se observan cinco ventanas pasa-banda centradas a 3.4, 6.7, 10.2, 13.5, y 16.8 GHz. Las señales pasa-bandas pueden ser utilizadas como portadoras eléctricas teniendo una aplicación en el área de las telecomunicaciones ópticas.

Fig. 2 (a) Espectro óptico del MLLD con FSR=1.0 nm, (b) Respuesta en frecuencia experimental considerando el espectro óptico, $f_1=10$ GHz

Fig. 2 (a) and (b) shows the emission spectrum of the MLLD used and the frequency response of the system, respectively. In this last figure, we can appreciate the presence of a band-pass windows centered at 10 GHz. Fig 3 (a) corresponds to the emission spectrum of the MLLD filtered and amplified, whereas Fig 3 (b) corresponds to the new frequency response where we can clearly seen the presence of five band-pass windows centered at 3.4, 6.7, 10.2, 13.5 and 16.8 GHz. Band-pass windows can be used as electrical-carriers having an application on the field of the optical telecommunications.



(a)



(b)

Fig. 3 (a) Filtered and amplified power spectrum with $\lambda_0=1549.55$ nm and FSR=3.0 nm, (b) Experimental frequency response considering the optical spectrum filtered $f_1=3.4$, $f_2=6.7$, $f_3=10.2$, $f_4=13.5$ and $f_5=16.8$ GHz.

Keywords: microwave photonics, Fabry–Perot filter, Erbium-Doped-Fiber-Amplifier, optical telecommunications

Fig. 3 (a) Espectro óptica filtrado y amplificado con $\lambda_0=1549.55$ nm y FSR=3.0 nm, (b) Respuesta en frecuencia experimental considerando el espectro óptico filtrado, $f_1=3.4$, $f_2=6.7$, $f_3=10.2$, $f_4=13.5$, y $f_5=16.8$ GHz.

Palabras clave: fotónica de microondas, filtro Fabry–Perot, amplificador a fibra Dopado con Erblio, telecomunicaciones ópticas.



**SHRINKAGE MEASUREMENT OF
BIS-GMA RESINS BY EMBEDDED
FBG**

**N. Russo¹, G. Arenas², S. Noriega^{1,3},
R. Duchowicz^{1,3}**

¹CONICET – CIC. Argentine.

²Univ. Nacional Mar del Plata. Argentine.

³Univ. Nacional de La Plata. Argentine.

nelidar@ciop.unlp.edu.ar

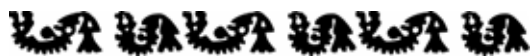
Polymerization shrinkage in photo-curing resins is a considerable source of deformations and permanent residual stresses in the final state of such materials. The knowledge of this property is a remarkable subject in the design and optimization of the different formulations. On the other hand, exothermic nature of these photo-polymeric reactions complicates its measurement since thermal expansion can compete with polymeric contraction. Besides, a thermal shrinkage can occur at samples cooling (post-curing). Despite of being small, it can distort real net contraction. In this work, we present a method for the real time measurement of the polymerization shrinkage of the BIS-GMA resins (with Camphorquinone 1%) during the photo-curing process, by employing a strain sensor based on fiber Bragg gratings (FBG). These sensors show a spectral response highly sensitive to strain and stress (either longitudinal and/or transversal) and to the temperature. In order to compensate the temperature generated effects, a K-type thermocouple reading is used in a post-processing of the fiber sensor output allowing to obtain a more precise and sensitive value of the shrinkage. This thermocouple is located very close to the FBG sensor, being both embedded in the sample. Results are well-matched with previous ones obtained by an interferometric technique. The technique gives us more detailed information about what happens in the inner of the samples during the photo-curing reaction. In addition, the thermal expansion of analyzed compounds can be successfully estimated as well as the beginning of the vitrification process.

**MEDIDAS DE CONTRACCIÓN DE
RESINAS BIS-GMA MEDIANTE
SENSOR BASADO EN REDES DE
BRAGG GRABADAS EN FIBRA
ÓPTICA**

La contracción polimérica en resinas de fotocurado es una considerable fuente de deformaciones y esfuerzos residuales permanentes en el estado final de dichos materiales. Su conocimiento es de vital importancia en el diseño y optimización de las diferentes formulaciones. Por otro lado, la naturaleza exotérmica de las reacciones de fotopolimerización complica su medición ya que la expansión térmica puede competir con la contracción polimérica. Además, en el enfriado de las muestras (post-curado), puede ocurrir una contracción térmica de menor efecto que puede distorsionar el verdadero valor neto de la contracción. En este trabajo se presenta un método para medir en tiempo real durante el proceso de fotocurado, la contracción polimérica de resinas BIS-GMA (Camforquinona al 1%), empleando un sensor de strain basado en redes de Bragg grabadas en fibra óptica (FBG). Dichos sensores presentan una respuesta espectral altamente sensible tanto a la deformación (longitudinal y/o transversal) como a la temperatura. Con el objeto de compensar los efectos generados por temperatura, se utiliza la lectura de una termocupla tipo K en el procesado de la salida generada por el sensor de fibra, permitiendo obtener un valor más preciso de la contracción. Esta termocupla se coloca muy próxima al sensor de FBG, encontrándose ambos embebidos en la muestra. Los resultados obtenidos son compatibles con otros anteriores logrados mediante una técnica interferométrica y brindan una información más detallada de lo que ocurre en el volumen de la muestra conforme avanza la reacción de foto-curado. Además, se pueden estimar la expansión térmica de los compuestos analizados y el comienzo del proceso de vitrificación.

Keywords: fiber Bragg gratings, photo-curing, strain, BIS-GMA resins, thermal expansion.

Palabras clave: redes de Bragg en fibra óptica, foto-curado, deformación, resinas BIS-GMA, expansión térmica.



OPTOELECTRONIC SYSTEM MODEL FOR ENCODING INFORMATION THROUGH THE ORBITAL ANGULAR MOMENTUM

C. Díaz, Y. Torres, J. Barrero

Univ. Industrial de Santander. Colombia.
trusk101@yahoo.es

This research shows a simulated model to encode information on Laguerre-Gauss modes with orbital angular momentum OAM. From a laser resonant cavity are obtained oscillation modes of Hermite-Gaussian HG, which are processed controllably to Laguerre-Gaussian modes LG, which in turn are separated using an optical system that performs a Hankel transformation of fractional order. Finally, we show the different perspectives of use of the model to encode information in an optical communication system.

Keywords: optoelectronics, OAM, optical communications.

MODELO DE SISTEMA OPTOELECTRÓNICO PARA LA CODIFICACIÓN DE INFORMACIÓN A TRAVÉS DEL MOMENTO ANGULAR ORBITAL

Esta investigación muestra un modelosimulado para codificar información sobre los modos Laguerre-Gauss con momento angular orbital OAM. A partir de un cavidad resonante láser se obtienen los modos de oscilación de Hermite-Gauss HG, los cuales son transformados controladamente a modos Laguerre-Gauss LG, que a su vez son separados utilizando un sistema óptico que realiza una transformación de Hankel de orden fraccional. Finalmente, se muestran las diferentes perspectivas de utilización de éste modelo para codificar la información en un sistema de comunicaciones ópticas.

Palabras clave: optoelectrónica, OAM, comunicaciones ópticas.



DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A SENSOR FOR ENVIRONMENTAL CONTROL BASED ON FIBER OPTICS

Y. Navarro, C. Torres, F. Giacometto

Universidad Popular del Cesar. Colombia.
cesartorres@unicesar.edu.co

In this paper, we developed and implemented experimentally a prototype sensor, with application to environmental monitoring. The prototype sensor is

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SENSOR PARA CONTROL AMBIENTAL BASADO EN FIBRA ÓPTICA

Se desarrolló e implemento experimentalmente un prototipo de sensor, con aplicación para control ambiental, integrado por un capilar por donde pasa el gas o

constituted by a capillary in which the gaseous fluid is set to move (gas or pollutant) and using the intensity of light transmitted through an optical fiber, we could obtain measurements of light intensity according to the presence of the pollutant, in our case correlated measures or levels of intensity of SO₂ with the intensity of light that the sensor designed was able to measure, the sensor had two indicators of pollution lighting a red color when levels exceed the regulations (Resolution 909 of 2008) and green when everything is in its normal, the signal was issued electronically by a phototransistor fdt317 reference. With an intensity meter Newport. And respectively a detector upon detection of the presence of the contaminant to infrared light showed an amount proportional to the rate of contamination.

Keywords: sensor, optical fiber, environmental pollution.



MODELING THE VIDEO DISTRIBUTION LINK IN THE NEXT GENERATION OPTICAL ACCESS NETWORKS

F. Amaya¹, A. Cárdenas², I. Tafur³

¹Univ. Pontificia Bolivariana. Colombia.

²Universidad de Antioquia. Colombia.

³Technical Univ. of Denmark. Denmark.

ferney.amaya@upb.edu.co

In this work we present a model for the design and optimization of the video distribution link in the next generation optical access network. We analyze the video distribution performance in a SCM-WDM link, including the noise, the distortion and the fiber optic nonlinearities. Additionally, we consider in the model the effect of distributed Raman amplification, used to extend the capacity and the reach of the optical link. In the model, we use the nonlinear Schrödinger equation with the

contaminante y con ayuda de la intensidad de luz transmitida a través de una fibra óptica, se logro obtener medidas de intensidad de luz de acuerdo a la presencia del contaminante, es decir se correlaciono las medidas o los niveles de intensidad de SO₂ con la intensidad de luz que el sensor diseñado fue capaz de medir, encendiendo una luz color roja cuando los niveles sobrepasan la normatividad (Resolución 909 de 2008) y verde cuando todo está en su normalidad, señal emitida electrónicamente por un fototransistor referencia fdt 317. Con un medidor de intensidad de la Newport. y respectivamente un detector que mostraba las cifras una vez existía la presencia del contaminante ante la luz infrarroja.

Palabras clave: sensor, fibra óptica, contaminación ambiental.



MODELO DEL ENLACE DE DISTRIBUCIÓN DE VIDEO EN REDES DE ACCESO DE PRÓXIMA GENERACIÓN

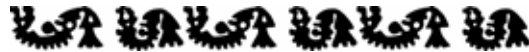
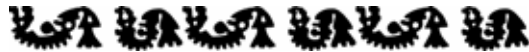
En este trabajo se presenta un modelo para el diseño y la optimización del enlace de distribución de video en redes de acceso ópticas de próxima generación. Se analiza el desempeño de la distribución de video en un enlace SCM-WDM, incluyendo el ruido, la distorsión y las no linealidades de la fibra óptica. Adicionalmente, se considera en el modelo el efecto de la amplificación distribuida Raman, empleada para extender el alcance y la capacidad del enlace óptico. El modelo emplea la ecuación no lineal de Schrödinger con el propósito de obtener

purpose to obtain capacity limitations and design constrains of the next generation optical access networks.

Keywords: optical access networks, Raman amplification, fiber optic nonlinearities.

límites de capacidad y restricciones de diseño en las redes de acceso de próxima generación.

Palabras clave: red de acceso óptica, amplificación Raman, efectos no lineales de la fibra óptica.



ANALYSIS OF DISPERSION AND LOSSES IN OPTICAL FIBERS BY FRACTIONAL ORDER FOURIER TRANSFORM

Z. Lizarazo^{1,4}, **P. Pellat-Finet**^{2,3},
Y. Torres¹, **R. Torres**¹

¹Univ. Industrial de Santander. Colombia.

²Université de Bretagne Sud. France.

³UMR CNRS. France.

⁴Universidad de Santander. Colombia.

zlizaraz@gmail.com

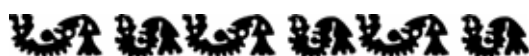
The second-order dispersion of wave packets narrow spectrum in transmission lines, usually described by a Fresnel integral, which can be represented by a fractional Fourier transformation of real order. This paper extends the method to include frequency dependent losses in the former lines. To this end, we introduce the Fresnel integral complex variable which leads to the use of fractional Fourier transformation of complex order. As an illustration, the technique is applied to the propagation of a wave packet of Gaussian form. When losses are negligible, we obtain the classic case of dispersion only as expected.

Keywords: chromatic dispersion, dispersion and losses, fractional order Fourier transform.

ANÁLISIS DE DISPERSIÓN Y PÉRDIDAS EN FIBRAS ÓPTICAS USANDO LA TRANSFORMACIÓN DE FOURIER FRACCIONARIA

La dispersión de segundo orden de paquetes de ondas de espectro estrecho en líneas de transmisión, usualmente se describe por una integral de Fresnel, la cual puede representarse por una transformación de Fourier fraccionaria de orden real. En este trabajo, se extiende el método con el fin de incluir las pérdidas dependientes de la frecuencia. Para ello, se introduce la integral de Fresnel de variable compleja lo cual conduce al uso de la transformación de Fourier fraccional de orden complejo. Como ilustración, se aplica la técnica a la propagación de un paquete de ondas de forma Gaussiana. Cuando las pérdidas son despreciables, se obtiene al caso clásico de sólo dispersión como era de esperarse.

Palabras clave: dispersión cromática, dispersión y pérdidas, transformación de Fourier fraccionaria.



REFRACTIVE INDEX SENSOR USING A TWIN-HOLE FIBER

D. López¹, W. Margulis², J. Sánchez¹,
D. May³

¹INAOE. Mexico.

²ACREO AB. Sweden.

³Universidad Autónoma de Tamaulipas.
México.

darrioja@uat.edu.mx

The refractive index of a material is an important optical parameter to characterize its optical properties, and in many applications we require to know the refractive index of liquids. Optical fiber sensors have been proposed as a novel alternative for liquid sensing because they have many attractive features that are superior to electrical systems. Some of the key advantages include small size and weight, low power consumption, ability to withstand corrosive and high temperature environments, immunity from electromagnetic interference, biocompatibility, large distance between signal generation/detection and signal treatment sites, and high sensitivity, dynamic range and resolution. In-line fiber sensors are very attractive since sensing occurs along a single fiber. Fiber gratings are among the most used in-line sensors, however their fabrication is quite complex and is reflected on the sensor cost. Micro-structured fibers, on the other hand, can be tailored to realize specific functions and kilometers of fibers can be drawn with a single perform. In this work we propose to use a twin-hole fiber to measure refractive index of liquids.

The concept for using a twin-hole fiber is quite simple, yet very powerful. The key idea is to have a single mode fiber (SMF) having two large air-holes running along the fiber length. These holes are adjacent to the core and are symmetrically placed relative to the core center, and along a common axis comprising the core and holes centers. Initially, the holes do not interact with the core. However, using wet chemical etching we can have access to the hole around the fiber, and further etching increases the holes diameter. The diameter is increased until the fiber exhibits a specific birefringence. Under

SENSOR DE INDICE DE REFRACCION USANDO UNA FIBRA CON DOS HUECOS

El índice de refracción de un material es un parámetro óptico importante al caracterizar sus propiedades ópticas, y en muchas aplicaciones requerimos saber el índice de refracción de líquidos. Los sensores de fibra óptica han sido propuestos como una alternativa novedosa para el sensado de líquidos debido a que poseen muchas características superiores a los sistemas eléctricos. Algunas de estas ventajas clave incluyen su poco peso y tamaño, bajo consumo de potencia, resistencia a ambiente corrosivos y ambientes de alta temperatura, inmunidad a interferencia electromagnética, biocompatibilidad, distancias largas entre la generación/detección de señal y sitios de acondicionamiento de señal, y alta sensibilidad, rango dinámico y resolución. Los sensores de fibra en-línea son interesantes debido a que el sensado ocurre a lo largo de una sola fibra. Las rejillas de fibra se encuentran entre las más usadas como sensores en-línea, sin embargo su fabricación es bastante compleja y se releja en el costo del dispositivo. Las fibras micro-estructuradas, por otro lado, pueden diseñarse para realizar funciones específicas y kilómetros de fibra se pueden tirar con una sola preforma. En este trabajo proponemos el uso de una fibra con dos huecos para medir el índice de refracción de líquidos.

El concepto básico al usar la fibra de dos huecos es bastante simple, pero bastante eficiente. La idea clave es tener una fibra monomodal (SMF) que tiene dos huecos (aire) que están a lo largo de la longitud de la fibra. Estos huecos están adyacentes al núcleo y se encuentran colocados simétricamente con relación al centro del núcleo, y a lo largo de un eje común sobre el cual se encuentran los centros de los huecos y el núcleo. Inicialmente, los huecos no interaccionan con el núcleo. Sin embargo,

these conditions, when a flat spectrum is launched through the fiber with the polarization at 45 degrees with respect to the holes, we can observe some modulation that is related to the beat length of the twin-hole fiber. Since the holes are open, by immersing the fiber in different liquids ($n=1.33$ to $n=1.42$) the value of the birefringence is modified and the refractive index of the liquid can be estimated from the change on the beat length. This process provides a very simple and highly sensitive mechanism for sensing refractive index in liquids, and can also be used for other applications.

Keywords: fiber sensor, optical fiber sensor, refractive index, micro-structured fiber, specialty fiber, twin-hole fiber.

podemos acceder a los huecos usando ataque químico húmedo alrededor de la fibra de dos huecos, y con mayor tiempo de ataque incrementamos el diámetro de los huecos. El diámetro se incrementa hasta que la fibra exhibe una birrefringencia específica. Bajo estas condiciones, cuando un espectro plano es acoplado a través de la fibra con una polarización a 45 grados con respecto a los huecos, podemos observar una modulación que esta relacionada con la longitud de abatimiento de la fibra de dos huecos. Debido a que los huecos están abiertos, al insertar la fibra en diferentes líquidos ($n=1.33$ a $n=1.42$) el valor de la birrefringencia es modificado y el índice de refracción del líquido puede ser estimado del cambio en la longitud de abatimiento. Este proceso nos provee un mecanismo muy sencillo y altamente sensitivo para el sensado de índice de refracción en líquidos, y puede además usarse en otras aplicaciones.

Palabras clave: Sensor de fibra, sensor de fibra óptica, índice de refracción, fibra microestructurada, fibra con dos huecos.



FIBER OPTIC TEMPERATURE SENSOR BASED ON MULTIMODE INTERFERENCE EFFECTS

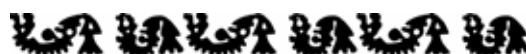
J. Aguilar¹, J. Antonio¹, J. Sánchez¹,
D. May²

¹INAOE. Mexico.

²Univ. Autónoma de Tamaulipas. Mexico.

darrioja@uat.edu.mx

Fiber-optic temperature sensors offer unique advantages, such as immunity to electromagnetic interferences, stability, and repeatability, durability against harsh environments, high sensitivity, high resolution, and fast response. Therefore, optical fiber sensors have been widely used and applied in different areas for temperature measurements. Among the different types of temperature sensors, those based on the fiber Bragg grating (FBG) have attracted a lot of attention since FBG sensors



SENSOR DE TEMPERATURA EN FIBRA OPTICA BASADO EN EFECTOS DE INTERERENCIA MULTIMODAL

Los sensores de temperatura basados en fibra óptica ofrecen ventajas únicas, como son inmunidad a interferencia electromagnética, estabilidad y reproducibilidad, resistencia en ambientes corrosivos, alta sensibilidad, alta resolución, y respuesta rápida. Por lo tanto, los sensores de fibra óptica se han usado ampliamente y son aplicados en diferentes áreas para mediciones de temperatura. Entre los diferentes tipos de sensores de temperatura,

can be wavelength encoded and multiplexed. The main drawback of such sensors is that they require very complex fabrication processes that are reflected on the cost of the sensor. In this work we propose the use of multimode interference (MMI) fiber devices that can also be wavelength encoded and multiplexed, but they have a minimum fabrication cost

MMI fiber devices are fabricated by splicing a section of multimode fiber (MMF) between two single-mode fibers (SMF). When a flat spectrum is sent through the MMI device only a particular wavelength will accumulate the required phase factor to form a self-image, and therefore the MMI device will work as a band-pass filter. The governing equation for the peak wavelength is:

$$\lambda_0 = p \frac{n_{MMF} D_{MMF}^2}{L} \quad \text{with } p = 0,1,2,\dots \quad (1)$$

where n_{MMF} corresponds to the refractive index, D_{MMF} the diameter of the MMF core, L being the length of the MMF, and p the self-image number. According to Eq. (1), when the MMI fiber is heated, we have different parameters that could shift the peak wavelength such as refractive index (thermo-optic effect), and fiber diameter and length (thermal expansion).

The MMI device was fabricated by splicing a No-Core MMF between two SMF. The device was inserted in an aluminum channel, which was sealed with another aluminum plate and isolated from any air flow. The MMI device was used as a filter within an Erbium doped fiber laser using a standard ring cavity. The MMI device was then placed in an oven, and heated up to 300 °C in small temperature increments and the lasing spectrum was recorded at each step using an optical spectrum analyzer (OSA). The results demonstrate a linear shift of the peak wavelength to longer wavelengths. According to this result the dominating mechanism is the thermo-optic effect. A total wavelength shift of ~4.5 nm was obtained for this temperature change, which can be easily resolved using an OSA. Since we can choose the operating wavelength by

los basados en fibras con rejillas de Bragg (FBG) han recibido amplia atención debido a que los sensores FBG pueden ser codificados y multiplexados en longitud de onda. La desventaja principal de estos sensores es que requieren procesos de fabricación complejos y esto se refleja en el costo del sensor. En este trabajo proponemos el uso de dispositivos de interferencia multimodal (MMI) en fibra que también pueden ser codificados y multiplexados en longitud de onda, pero cuyo costo de fabricación es mínimo.

Los dispositivos MMI en fibra son fabricados al empalmar una sección de fibra multimodal (MMF) entre dos fibras monomodales (SMF). Cuando un espectro plano se propaga en el dispositivo MMI únicamente una longitud en particular acumula el factor de fase requerido para formar una auto-imagen, y por lo tanto el dispositivo MMI funciona como un filtro pasabanda. La ecuación que describe la longitud de onda pico es:

$$\lambda_0 = p \frac{n_{MMF} D_{MMF}^2}{L} \quad \text{with } p = 0,1,2,\dots \quad (1)$$

donde n_{MMF} corresponde al índice de refracción, D_{MMF} el diámetro del núcleo de la MMF, L la longitud de la MMF, y p el número de auto-imagen. De acuerdo con la Eq. (1), cuando la fibra MMI es calentada, tenemos diferentes parámetros que pueden correr la longitud de onda pico como son el índice de refracción (efecto termo-óptico), y el diámetro y longitud de la fibra (expansión térmica).

El dispositivo MMI fue fabricado empalmado un segmento de No-Core MMF entre dos SMF. El dispositivo se colocó en un canal de aluminio, el cual fue sellado con otra placa de aluminio y aislado de cualquier flujo de aire. El dispositivo MMI se usó como filtro en un láser de fibra dopada de Erbio usando una cavidad en anillo estándar. El dispositivo MMI se colocó en un horno, y se calentó hasta 375 °C en pequeños incrementos de temperatura y el espectro láser fue grabado en cada paso usando un analizador de espectros óptico (OSA). Los resultados demuestran un corrimiento lineal de la longitud de onda pico hacia longitudes de onda mayores. De acuerdo a este

just changing the length of the MMI device, the MMI temperature sensor can be easily multiplexed.

Keywords: fiber sensor, temperature sensor, multimode interference, MMI, specialty fiber.

resultado el mecanismo dominante es el efecto termo-óptico. Se obtuvo un corrimiento total de ~4.5 nm en longitud de onda, el cual puede resolverse fácilmente empleando un OSA. Tomando en cuenta que podemos elegir la longitud de onda pico de operación simplemente al cambiar la longitud de la MMF del dispositivo, el sensor MMI de temperatura puede ser multiplexado fácilmente.

Palabras clave: sensor de fibra, sensor de temperatura, interferencia multimodal, MMI.



EXPERIMENTAL ARRANGEMENT TO MEASURE DISPERSION ON OPTICAL FIBER DEVICES

I. Armas, G. Beltrán, J. Castillo,
S. Muñoz, P. Zaca³

Benemérita Universidad Autónoma de
Puebla.
Mexico.

gbeltran@fcfm.buap.mx

Dispersion is a quite important parameter in systems based on optical fiber, especially in pulsed emission lasers, where the temporal width is affected by such parameter. Therefore, it is necessary to consider the dispersion provoked by each component in the cavity. There are various experimental interferometric arrangements to evaluate this parameter. Generally, these systems modify the wavelength to obtain information about the $n(\lambda)$ dependency, which is contained in the interferogram phase. However, this makes the system quite slow and it requires tunable and narrow bandwidth laser sources. In the present work, results obtained from an arrangement based on Mach-Zehnder interferometer where one of the arms is the optical fiber under study, while the reference one is air, are presented. In order to determine the $n(\lambda)$ dependency, a wide spectrum light source was used in the



DESARROLLO EXPERIMENTAL PARA LA MEDICIÓN DE LA DISPERSIÓN EN DISPOSITIVOS DE FIBRA ÓPTICA

La dispersión es un parámetro muy importante en los sistemas basados en fibras ópticas principalmente en los láseres de emisión pulsada en donde, los anchos temporales de los pulsos de emisión se ven afectados por esta variable. Por lo que se debe considerar la dispersión de cada componente que forma la cavidad. Existen numerosos arreglos interferométricos experimentales para evaluar este parámetro. Comúnmente estos sistemas modifican la longitud de onda para obtener información acerca de la dependencia del $n(\lambda)$ la cual se encuentra en la fase del interferograma. Esto hace que el sistema sea lento y requiera fuentes de luz láser sintonizable de ancho de banda muy angosto. En este trabajo se muestran resultados obtenidos a partir de un arreglo experimental para medir la dispersión, que consiste de un interferómetro de Mach-Zehnder, en el cual uno de los brazos está ocupado por la fibra bajo estudio

wavelength range of interest. The phase information was evaluated from the interferometric signal measured by an optical spectrum analyzer (OSA).

Keywords: dispersion, optical fiber.

mientras que se emplea el aire como brazo de referencia. Para determinar la dependencia de $n(\lambda)$ se emplea una fuente de luz extendida en el intervalo de longitudes de onda de interés junto con un analizador de espectros ópticos, el cual recupera el interferograma con la información de fase en donde se encuentra $n(\lambda)$.

Palabras clave: dispersión, fibras ópticas.



SECURE OPTOELECTRONIC COMMUNICATION USING LASER DIODE DRIVING BY CHAOTIC RÖSSLER OSCILLATORS

**R. Jaimes¹, A. Pisarchik², R. Sevilla¹,
G. Huerta¹, J. García¹, D. López¹**

¹Universidad de Guadalajara. Mexico.

²CIO. Mexico.

rjaimes@culagos.udg.mx

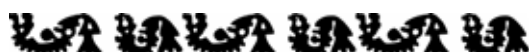
Secure optical communication has been realized with two semiconductor lasers driven by two chaotic Rössler oscillators. The communication system contains two channels: optical and electronic; the information is transmitted through an optical fiber, while the Rössler oscillators are synchronized via electronic channel. One of the outputs of the Rössler oscillators serves for modulating the laser pump current, and another for coupling the oscillators. The results of numerical simulations are in good agreement with experiments which demonstrate high communication quality..

Keywords: communication, optical and synchronization.

COMUNICACIÓN SEGURA USANDO LÁSERES DE SEMICONDUCTOR CONDUCIDOS POR OSCILADORES CAÓTICOS TIPO RÖSSLER

Se realizó comunicación óptica segura con dos láseres de semiconductor conducidos por osciladores electrónicos caóticos tipo Rössler. El sistema de comunicación contiene dos canales: óptico y electrónico; la información es transmitida a través de una fibra óptica, mientras el osciladores Rössler son sincronizados vía el canal electrónico. Una de las salidas del oscilador Rössler sirve para modulación de la corriente de bombeo del láser y el otro para acoplar los osciladores. Los resultados de simulación numérica son concordantes con los experimentos los cuales demuestran una alta calidad de comunicación. Las figuras 1 y 2 muestran los esquemas experimentales implementados y los resultados experimentales y numéricos.

Palabras clave: caos, comunicación, sincronización.



**STUDY OF LINEAR AND NON-
LINEAR TRANSMISSION OF A FIBER
OPTIC SAGNAC INTERFEROMETER
AS A BIDIRECTIONAL DEVICE**

**J. Ramos¹, G. Beltran¹, J. Castillo¹,
S. Muñoz¹, P. Zaca², C. Felipe³**

¹Benemérita Univ. Aut.de Puebla. Mexico.

²Fisicoquímica de materiales, ICUAP

³Instituto Politécnico Nacional. Mexico.

placido.zaca@icbuap.buap.mx

The optical fiber Sagnac interferometer is a versatile system that has been investigated for a variety of applications such as optical switchers, filters, demultiplexers and passive mode-locked laser as well. In many cases, this arrangement is designed using a symmetrical coupler with two of their ports connected making a loop whose studies have generally been focused on the analysis of the transmission of only one direction of the signal propagation. Therefore in the present work a complementary study of the system considering the analysis for the linear and non-linear transmission as a bidirectional device has been performed. The experimental setup consists of different fiber optics lengths inside the cavity loop (among 100 and 500 m) with a highly twisted single-mode fiber, a quarter wave retarder placed asymmetrically in one arm and a 50/50 coupler. The results have shown that for low optical powers, it is possible to adjust the system transmission in both propagation directions with the rotation of the retarder wave. On the other hand, the analysis of high optical power levels, has shown that the transmission increases slowly when both the input and output beams have the same polarization. This dependence can be useful for pedestal suppression. Nevertheless, this transmission can change rapidly when the polarization is considered orthogonal in the output with regards to the input. This dependence can be useful for applications such as the passive mode-locked.

Keywords: Sagnac Interferometer, non-linear transmission, bidirectional device.

**ESTUDIO DE LA TRANSMISION
LINEAL Y NO LINEAL DE UN
INTERFEROMETRO DE SAGNAC DE
FIBRA OPTICA COMO UN
DISPOSITIVO BIDIRECCIONAL**

El interferómetro de Sagnac de fibra óptica es un sistema muy versátil que ha sido investigado para varias aplicaciones incluyendo conmutadores ópticos, filtros, demultiplexores, así como en láseres de amarre de modos pasivos. En la mayoría de los casos, este arreglo es diseñado considerando un acoplador simétrico con dos de sus puertos conectados formando un lazo y cuyos estudios se han enfocado al análisis de la transmisión en una sola dirección de la propagación de la señal; por lo que en el presente trabajo se lleva a cabo un estudio complementario de estos sistemas considerando el análisis de transmisión de un sistema de este tipo para la región lineal y no lineal como un dispositivo bidireccional. Para el análisis se han considerado diferentes longitudes dentro del lazo de la cavidad comprendidas entre 100 y 500 m con fibra monomodo altamente torcida, una placa retardadora de un cuarto de onda colocado asimétricamente en un brazo y un acoplador 50/50. Los resultados han mostrado que a bajas potencias, es posible ajustar la transmisión del sistema en ambas direcciones de propagación mediante la rotación de la placa retardadora. Por otra parte, el análisis a altas potencias de este arreglo ha mostrado que la transmisión crece lentamente cuando se considera la misma polarización para los haces de entrada y salida, dependencia que puede ser útil para supresión de pedestal; pero también esta transmisión puede cambiar rápidamente cuando se considera la polarización ortogonal en la salida con respecto a la entrada, dependencia que puede ser útil para aplicaciones como amarre de modos pasivo.

Palabras clave: interferómetro de Sagnac, transmisión no lineal.



**FIBER OPTIC PRESSURE SENSOR
USING MULTIMODE
INTERFERENCE**

**SENSOR DE PRESIÓN DE FIBRA
ÓPTICA INTRÍNSECO BASADO EN
LA INTERFERENCIA MULTIMODAL**

**V. Ruiz¹, M. Basurto², P. LiKamWa³,
J. Sanchez¹, D. May⁴**

¹INAOE, Mexico.

²Univ. Aut. del Estado de Morelos. Mexico.

³University of Central Florida. USA.

⁴Univ. Autónoma de Tamaulipas. Mexico.

iruiz@inaoe.mx

Almost thirty years have passed since the first studies of optical fiber sensors in 1977 [1]. The immunity to electromagnetic interference, compact size, flexibility, high sensitivity, applications in difficult environments, among other features, make them very competitive not only compared with conventional measurement methods but also for new applications. These facts promote the research for novel devices which can be fabricated at more competitive costs. Based on the theory of Multimodal Interference (MMI) and self-imaging [2-3], we developed a new intrinsic optical fiber pressure sensor. The sensing element consists of a section of multimode fiber (MMF) without cladding which is spliced between two single mode fibers (SMF). The proposed MMI pressure sensor is based on intensity changes that occur in the transmitted light when the effective refractive index of the MMF is altered. Basically, a thick layer of Polydimethylsiloxane (PDMS) is placed in direct contact with the MMF section, such that the contact area between the PDMS and the fiber will change proportionally to the applied pressure, and this result in a variation of the transmitted light intensity. In this work we demonstrate that, using this configuration, we can obtain a good correlation between the measured intensity variations and the applied pressure. Furthermore, we show that it is possible to adjust the sensitivity of the system by modifying some physical properties of PDMS layer, which allows us some flexibility in the measurable pressure range. The sensitivity of the proposed sensor is 3mV/psi for a range of 0-60psi and the maximum resolution of our system is 2.57×10^{-4} psi. We also observed good

Hace más de treinta años desde que el estudio de las fibras ópticas iniciara formalmente en 1977. Su inmunidad a interferencias electromagnéticas, su tamaño compacto, su flexibilidad, durabilidad, alta sensibilidad, su aplicación en ambientes rudos, entre otras características, los hacen competitivos no sólo en mediciones convencionales sino también en nuevas aplicaciones. Estos hechos favorecen la búsqueda de nuevos dispositivos basados en novedosos diseños que puedan ser fabricados a costos más competitivos. Basados en la teoría de interferencia multimodal (MMI) y autoimágenes en fibras ópticas, desarrollamos un nuevo sensor de presión de fibra óptica intrínseco. El elemento sensor consiste de una sección de fibra óptica multimodal (MMF) sin recubrimiento empalmada entre dos fibras monomodales (SMF). El sensor de presión MMI se basa en los cambios en intensidad experimentados en la luz transmitida cuando el índice de refracción efectivo de la MMF es modificado. Básicamente, una capa gruesa de Polydimethylsiloxane (PDMS) es puesta en contacto directo con la sección de fibra multimodal, de forma tal que el área de contacto entre el PDMS y la fibra varíe proporcionalmente con la presión aplicada, resultando en una variación en la intensidad de la luz transmitida. En este trabajo demostramos que, bajo esta configuración, es posible obtener una buena correlación entre las variaciones en la intensidad obtenida y la presión aplicada. Además, se demuestra que es posible variar la sensibilidad del sistema modificando algunas propiedades físicas de la placa de PDMS, lo cual nos permite cierta flexibilidad en el rango de presión medible. La sensibilidad del sensor propuesto es de

repeatability (Fig. 1) during different measurements with a standard deviation of 0.0019. The key feature of the proposed pressure sensor is its low fabrication cost, since the cost of the MMF is minimum.

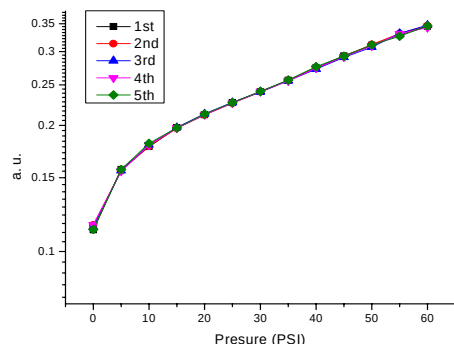


Figure 1. Repetitivity in five consecutive measurements. Standard deviation: 0.0019.

- [1] J.H. Cole, R.L. Johnson, and P.B. Bhuta, Fiber optic detection of sound. J. Acoust. Sot. Am., 62 (1977) 1136-1138.
- [2] L. B. Soldano and E. C. M. Penning, "Optical multi-mode interference devices based on self-imaging: principles and applications," J. Lightwave Technol. 13, 615-627, (1995).
- [3] S. W. Allison and G. T. Gillies, "Observations of and applications for self-imaging in optical fibers," Appl. Opt. 33, 1802-1805 (1994).

Keywords: fiber optic sensor, pressure sensor, multimode interference, MMI, multimode fiber.



GAIN BANDWIDTH OPTIMIZATION OF A RAMAN AMPLIFIER BASED ON GENETIC ALGORITHMS

D. Steinberg, L. Saito, E. De Souza
Univ. Presbiteriana Mackenzie. Brazil.
david.steinberg@osamember.org

The increase of the telecommunication demand and the higher loss in the O-band (1260 to 1360 nm) indicate the necessity of

3mV/psi para un rango de 0-60psi y la resolución máxima de nuestro sistema es de 2.57×10^{-4} psi. Además, se observa una buena repetitividad (Fig. 1) en las mediciones obtenidas con una desviación estándar de 0.0019. La características clave del sensor de presión propuesto es su bajo costo de fabricación, debido a que el costo de la MMF es mínimo.

Figura 1. Repetitividad en 5 mediciones consecutivas. Desviación estándar: 0.0019.

Palabras clave: sensor de fibra óptica, sensor de presión, interferencia multimodal, MMI, fibra multimodal.



OTIMIZAÇÃO DA LARGURA DE BANDA DE GANHO DE UM AMPLIFICADOR RAMAN BASEADA EM ALGORITMO GENÉTICO

O aumento da demanda de telecomunicações e a alta perda na banda O (1260-1360 nm) indicam a necessidade de criar um novo

the design a new group of amplifiers to capacity a DWDM transmission. One application of Raman amplifiers with multiple pumps is to provide amplification in a broad bandwidth in any telecommunication bands that is not possible by Erbium Doped Fiber Amplifier. In this work, a Lumped Raman Amplifier (LRA) with backward pumps was presented to provide a broadband gain in the O-band region by using 6 km length of Raman Fiber. However, the interactions of pump-pump, pump-signal, signal-signal and the Raman spectrum shape are a great challenge to obtain the best configuration of pump powers and pump wavelengths which require an efficient method of optimization: genetic algorithm.

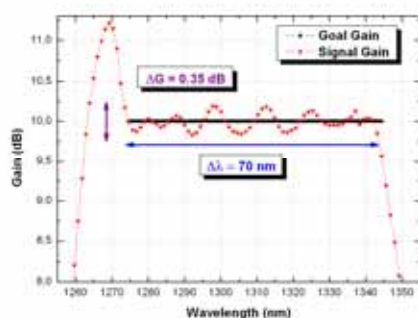


Fig. 1. DWDM gain spectrum for 70 nm bandwidth in the O-band by using 8 pumps.

The principal objective of this work using this method was to optimize the LRA gain spectrum for a 70 nm bandwidth and flatness of 0.5 dB. In beginning of the simulation, we defined the following input parameters: optimization pump wavelength band (1190 to 1290 nm), gain bandwidth (1275 to 1345 nm) and goal gain (10 dB). Then, we determined the necessary minimum pump quantity. It was verified that the number of pumps less than four, it was not possible to acquire an acceptable gain spectrum for DWDM system with spacing of 200 GHz in the O-band. However, for five, six and seven pumps the best results of gain flatness for each case were 1.51, 1.34 and 0.66 dB. The smallest value of ripple was 0.35 dB by using 8 pumps which is shown in the Fig. 1. The pump wavelengths were 1196.66, 1204.97, 1221.77, 1233.73, 1244.34, 1247.39, 1260.83, 1268.80 nm and the pump powers were 335.59, 92.00, 41.84, 27.59, 15.09, 4.43, 1.00 e 10.58 mW respectively.

grupo de amplificadores para capacitar um sistema de transmissão DWDM. Uma aplicação de amplificadores Raman com múltiplos bombeios é fornecer amplificação em uma banda larga em qualquer banda de telecomunicações não sendo possível para amplificadores a fibra dopada com Érbio. Neste trabalho, um amplificador Raman discreto com lasers de bombeio contra-propagantes foi apresentado para proporcionar uma largura de banda de ganho na banda O usando 6 km de fibra Raman. No entanto, as interações bombeio-bombeio, bombeio-sinal, sinal-sinal e a curva do espectro Raman são os maiores desafios para a obtenção da melhor configuração de comprimentos de onda e potências de bombeio onde requerem um método eficiente de otimização: algoritmo genético.

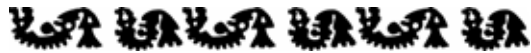
Fig. 1. Espectro de ganho de um sistema DWDM para uma largura de banda de 70 nm na banda O usando 8 bombeios.

O objetivo deste trabalho foi a otimização do espectro de ganho de um amplificador Raman discreto para uma largura de banda de 70 nm e variação de ganho de 0,5 dB. No início da simulação, foi definido os seguintes parâmetros de entrada: banda de otimização de comprimento de onda de bombeio (1190-1290 nm), largura de banda de ganho (1275-1345 nm) e ganho objetivo de 10 dB. Então, nós determinamos uma quantidade necessária mínima de bombeios. Verificou-se que com o número de bombeios sendo menor que quatro, não foi possível obter um espectro de ganho aceitável para o sistema DWDM com espaçamento de 200 GHz na banda O. No entanto, para cinco, seis e sete bombeios os melhores resultados de variação de ganho para cada caso foram 1,51, 1,34 e 0,66 dB. O menor valor de variação foi de 0,35 dB utilizando oito bombeios sendo mostrado na fig. 1. Os comprimentos de onda dos bombeios foram 1.196,66, 1.204,97, 1.221,77, 1.233,73, 1.244,34, 1.247,39, 1.260,83, 1.268,80 nm e as potências dos bombeios foram 335,59, 92,00, 41,84, 27,59, 15,09, 4,43, 1,00 e 10,58 mW, respectivamente.

Além disso, algumas simulações foram feitas para atingir a extensão inteira da banda O acrescentando bombeios até encontrar uma limitação determinada pelo

Besides, some simulations were made to achieve the O-band full extension adding pumps until find a limitation in shift frequency (70 nm) which would need to add pumps in the channel region, unacceptable in DWDM systems.

Keywords: Raman amplifier, O-band, genetic algorithm, DWDM



COMBINING BRAGG AND LONG PERIOD GRATINGS

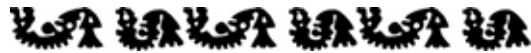
D. Sáez, J. Cruz, A. Díez, M. Andrés
Universidad de Valencia. Spain.
david.saez@uv.es

In-fiber intermodal coupling is a tool that can be exploited for a number of novel devices and applications. Bragg gratings permit to control the coupling between propagating and counterpropagating core modes, as well as, the coupling between propagating core mode and counterpropagating cladding modes. Likewise, long period gratings permit the coupling between copropagating core and cladding modes. Combining Bragg and long period gratings it is possible to design new devices in which the power transfer between modes is efficiently controlled. Thus, devices with new properties and new applications can be foreseen.

As an example, two Bragg gratings, defining a Fabry-Perot, and assisted by a long period grating give rise to a novel chemical sensor configuration in which the interaction of light with the external medium, characteristic of cladding modes, is combined with the narrow linewidth resonances, characteristic of the Fabry-Perot cavities. In this configuration, the long period grating is located inside the Fabry-Perot cavity and its length is adjusted to produce a complete coupling cycle between the fundamental core mode and one cladding mode. Thus, within the Fabry-Perot cavity the light is coupled from the core to a

deslocamento de frequência que seria o equivalente a 70 nm. Necessitaria desta forma, adicionar bombesios na região dos canais, sendo inaceitável em sistemas DWDM.

Palavras chave: Amplificador Raman, banda O, algoritmo genético, DWDM.



COMBINACIÓN DE REDES DE BRAGG Y DE PERIODO LARGO

El acoplo intermodal en una fibra óptica constituye una herramienta que puede explotarse para implementar nuevos dispositivos y aplicaciones. Las redes de Bragg permiten el control del acoplo entre los modos del núcleo de la fibra propagante y contrapropagante, así como el acoplo entre el modo del núcleo propagante y los modos contrapropagantes de la cubierta. Así mismo, las redes de periodo largo permiten acoplar el modo del núcleo con modos copropagantes de la cubierta. La combinación de redes de Bragg y redes de periodo largo permite diseñar nuevos dispositivos en los se controla de forma eficiente el trasvase de energía entre modos. De esta forma, podemos prever el desarrollo de dispositivos con nuevas propiedades y aplicaciones.

A modo de ejemplo, dos redes de Bragg formando un Fabry-Perot en combinación con una red de periodo largo intracavidad permite implementar un sensor químico en el se aprovecha la interacción propia de los modos de la cubierta con el medio exterior y el ancho de línea estrecho de las resonancias del Fabry-Perot. En esta configuración, la red de periodo largo ubicada dentro del Fabry-Perot se ajusta para que produzca un ciclo de acoplo completo entre el modo del núcleo y un modo de la cubierta. Así, en el

cladding mode and back to the core mode, in both directions. The interaction of the cladding mode with the external medium enables the use of the Fabry-Perot as a chemical sensor, since the resonances will be shifted as a function of the refractive index of the external medium.

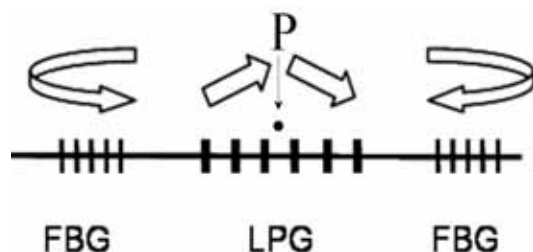


Diagram of the device. FBG: Fiber Bragg grating. LPG: Long period grating. At point P, located in the middle of the LPG, 100% of the power is coupled from the core mode to a cladding mode.

Keywords: Fiber Bragg gratings, long period gratings, chemical sensors, core and cladding modes.

seno del Fabry-Perot, la luz se transfiere a un modo de la cubierta y se reacopla completamente al modo del núcleo en ambas direcciones. La interacción del modo de la cubierta con el medio externo permite el uso del Fabry-Perot como sensor químico, ya que las resonancias sufrirán un cierto desplazamiento espectral en función del índice de refracción del medio externo.

Diagrama del dispositivo. FBG: red de Bragg. LPG: red de periodo largo. En el punto P, ubicado en el medio de la LPG, el 100% de la potencia se ha transferido desde el modo del núcleo a un modo de la cubierta.

Palabras clave: redes de Bragg en fibra, redes de periodo largo, sensores químicos, modos del núcleo y de la cubierta.



OPTICALLY COUPLED CAVITIES FOR WAVELENGTH SWITCHING

**P. Costazo-Caso^{1,2}, S. Granieri¹,
A. Siahmakoun¹**

¹Rose-Hulman Institute of Technology. USA.

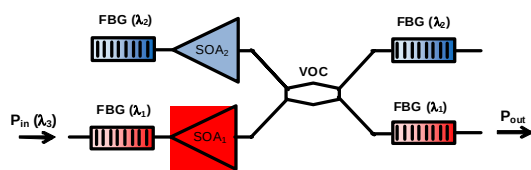
²CONICET-CIC. Argentine.

pcostanzo@ing.unlp.edu.ar

An optical bistable device which presents hysteresis behavior is proposed and experimentally demonstrated. The system is based on two optically coupled cavities, named master (1) and slave (2), as shown in the figure. Each cavity includes a semiconductor optical amplifier (SOA), acting as the gain medium of the laser, and two pair of fiber Bragg gratings (FBG) which define the lasing wavelength (being different in each cavity). Finally, a variable optical coupler (VOC) is employed to couple both cavities. The device operates on the

basis of the non linear effect known as gain quenching in the SOAs. When the master laser is lasing at λ_1 it reduces the gain in the slave cavity quenching its emission at λ_2 . In this state, the output power is high at λ_1 and low at λ_2 . When the master laser is turned off, the gain of the slave laser increases and starts to lase. At this point, the output power is high at λ_2 and low at λ_1 . The master laser is controlled with an external laser operating at the wavelength λ_3 . Because the cavities are asymmetrically excited and the coupling is bigger than 50%, the transition points are different. Thus, the device exhibits hysteresis behavior depending whether the output power switches from high to low level or from low to high.

Experimental characterization of the system performance is made analyzing the effects of the coupling coefficient between the two cavities and the driving current in each SOA. The properties of the hysteresis curve and switching can be controlled by adjusting these parameters and the loss in the cavities. By selecting the output wavelength (λ_1 or λ_2) with an external filter it is possible to choose either the invert or non-invert switched signal. The experiments show that for 8-meters-long cavities the maximum switching frequency is about 500 KHz. However, the switching time can be reduced up to ns range by shortening the cavity lengths.



Keywords: wavelength switching, optical bistability, SOA, FBG.



PULSE PROCESSING IN OPTICAL FIBERS USING THE TEMPORAL RADON-WIGNER TRANSFORM

**L. Bulus¹, P. Costanzo Caso¹,
R. Duchowicz¹, E. Sicre²**

¹CONICET – CIC y Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

²Univ. Argentina de la Empresa. Argentina.
lbulus@ing.unlp.edu.ar

The temporal Radon-Wigner transform (RWT), which is the squared modulus of the fractional Fourier transform (FRT) for a varying fractional order p , is here employed as a processing tool for pulses with FWHM of ps–tens of ps. To synthesize the processed pulse, a selected FRT irradiance is optically produced employing a photonic device that combines phase modulation and dispersive transmission. For analysis purposes, the complete numerical generation of the RWT with $0 < p < 1$ is proposed to select a particular pulse shape related to a determined value of p . To this end, the amplitude and phase of the signal to be processed should be known. In order to obtain this information we use a pulse characterization method and consider the amplitude and phase errors of the recovered signal to evaluate their impact on the RWT production. Numerical simulations are performed to illustrate the implementation of the proposed method. The technique is applied to compress signals commonly found in fiber optic transmission systems, such as chirped gaussian pulses, pulses distorted by group velocity dispersion and self-phase modulated pulses. The processing of pulses affected by polarization-mode dispersion is also explored by means of the proposed method.

Keywords: optical fiber devices, pulse compression, time-frequency analysis.



HYBRID OPTOELECTRONIC DEVICE WITH MULTIPLE BISTABLE OUTPUTS

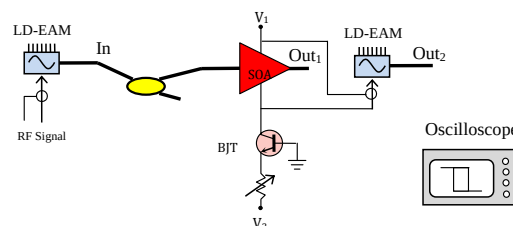
**P. Costazo^{1,2}, Y. Jin¹, M. Gelh¹,
S. Granieri¹, A. Siahmakoun¹**

¹ *Rose-Hulman Inst. of Technology. USA.*

² *CONICET-CIC and Univ. Nac. de La Plata. Argentina.*

pcostanzo@ing.unlp.edu.ar

An optoelectronic circuit which exhibits optical and electrical bistabilities with hysteresis behavior is proposed and experimentally demonstrated. The system is based on a semiconductor optical amplifier (SOA), a bipolar junction transistor (BJT) and a laser diode externally modulated with an integrated electro-absorption modulator (LD-EAM), as shown the figure. The device operates based on two independent phenomena leading to electrical bistability and optical bistability. The electrical bistability is due to the series connection of two PiN structures (SOA and BJT) in reverse bias. The optical bistability is result of the Quantum Confined Stark Effect (QCSE) in the Multi-Quantum Well (MQW) structure in the intrinsic region of the SOA. This effect produces the optical modulation of the transmitted light through the SOA. Finally, because the optical transmission of the SOA in reverse bias is so small, a LD-EAM, modulated by the voltage across the SOA, is employed to obtain a higher output optical power. Experiments show that the maximum switching frequency is in MHz range and the rise/fall times lower than 1 μ s. The temporal response is mainly limited by the electrical capacitance of the SOA and the parasitic inductances of the connecting wires. The effects of these components can be reduced in current integration technologies. Performed simulations confirm that for capacitance and inductance values in tens of femto-Farads and tens of nano-Henries respectively, the switching speed exceeds the GHz.



Keywords: optical switching, optical bistability, quantum confined stark effect, SOA.



DUAL SPECTRA MODULATION INSTABILITY INDUCED BY CROSS-PHASE-MODULATION IN LOSSLESS FIBER WITH DELAYED NONLINEAR RESPONSE

**A. Canabarro^{1,3}, B. Santos², I. Gleria¹,
M. Lyra¹, A. Sombra⁴**

¹ *Universidade Federal de Alagoas. Brazil.*

² *Observatório Nacional. Brazil.*

³ *UFAL. Brazil.*

⁴ *Universidade Federal do Ceará. Brazil.*

askery@gmail.com

We investigate the modulation instability (MI) of plane waves induced by cross-phase-modulation (XPM) for two co-propagating optical pulses in a lossless fiber with delayed nonlinear response. The non-instantaneous character of the nonlinear response was introduced through the Debye relaxation model. We calculate the exact dispersion relation for weak periodic perturbations over the stationary solution. Qualitative and quantitative aspects of this MI induced by both XPM and the non-instantaneous response time are discussed.

Keywords: modulation instability, cross-phase modulation, delayed nonlinear response, Debye relaxation model.



**ESTUDIO DE LA DEPENDENCIA DE
LA SEÑAL DE PHOTO-EMF
RESPECTO DEL ESTADO DE
POLARIZACIÓN DE LA LUZ EN
FIBRA ÓPTICA PARA SER
EMPLEADA EN UN SISTEMA DE
COMUNICACIÓN ÓPTICO
COHERENTE**

**A. Palma, J. Castillo, G. Beltrán,
S. Muñoz**

Ben. Univ. Autónoma de Puebla. México.

jcastill@fcfm.buap.mx

Los sistemas ópticos coherentes presentan mejoras importantes respecto de los convencionales sistemas de modulación y detección directa de intensidad convencionales que se emplean actualmente en los sistemas de comunicación óptica actuales. Entre estas ventajas pueden mencionarse su mayor densidad de capacidad de transmisión así como una mejor SNR. Sin embargo la construcción de tales sistemas requiere una serie de condiciones que por lo normal son complicadas o costosas de conseguir. Entre tales condiciones pueden mencionarse la estabilidad de fase y la nula dependencia de las fluctuaciones del estado de polarización de la luz típica de las fibras convencionales además de la necesidad de fuentes coherentes. Se ha demostrado que el empleo de los llamados detectores adaptivos puede de manera simple y económica compensar todas estas situaciones a excepción de la última. En este trabajo se propone el empleo de un sistema interferométrico desarrollado con fibras ópticas para ser empleado como sistema de comunicación óptico coherente. Se muestra un análisis de la dependencia de la señal de photo-EMF como función de las variaciones del estado de polarización de la luz en la fibra óptica. Los resultados de este análisis muestran que es posible emplear estos detectores y lograr una compensación efectiva de la fluctuación del estado de polarización en casi cualquier circunstancia y que solo serán necesarios pequeños ajustes en lapsos de tiempo típicos de un día.

Keywords: láser, cavidad láser, interferómetros.

**OPTICAL SPECTROSCOPY.
LIBS.**

**Espectroscopia Óptica.
LIBS.**

***Espectroscopia Óptica.
LIBS.***



DIAGNOSTICS AND TREATMENT OF TUMOURS USING LASER TECHNIQUES

K. Svanberg

Lund University. Sweden.

Katarina.Svanberg@med.lu.se

Applications of optical and laser spectroscopy to the medical field, including photodynamic therapy (PDT) and laser-induced fluorescence diagnostics (LIF) for cancer treatment and diagnostics, respectively, will be presented. Photodynamic therapy in conjunction with LIF for demarcation of the treatment target area will be discussed. To overcome the limited light penetration in superficial illumination interstitial delivery (IPDT) with the light transmitted to the tumour via optical fibres has been developed. Interactive feed-back dosimetry is of importance for optimising this modality and such a concept has been developed and will be presented. Special emphasis will be on prostate cancer therapy with interstitial PDT. The most important prognostic factor for cancer patients is early tumour discovery. If malignant tumours are detected during the non-invasive stage, most tumours show a high cure rate of more than 90 %. There is a variety of conventional diagnostic procedures, such as x

X-ray imaging. More advanced results are given in computerised investigations, such as CT-, MRI- or PET-scanning. Laser-induced fluorescence (LIF) for tissue characterisation is a technique that can be used for monitoring the biomolecular changes in tissue under transformation from normal to dysplastic and cancer tissue before structural tissue changes are seen at a later stage. The technique is based on UV or near-UV illumination for fluorescence excitation. The fluorescence from endogenous chromophores in the tissue alone, or enhanced by exogenously administered tumour seeking substances can be utilised. The technique is non-invasive and gives the results in real-time. LIF can be applied for point monitoring or in an imaging mode for larger areas, such as the vocal cords or the portio of the cervical area. The possibility to combine LIF and PDT will be discussed and illustrated with clinical examples from many

specialities, such as dermatology, gynaecology and laryngology.

A new method where free gas (oxygen or water vapour) in the human sinus cavities is detected will be described. The technique is based on gas absorption spectroscopy in scattering media. The method can also be used to study the gas exchange in between the nasal cavity and the different sinuses in the facial region.

Keywords: laser spectroscopy, photodynamic therapy, laser-induced fluorescence, malignant tumours, chromophores.



LASER SPECTROSCOPY APPLIED TO ENVIRONMENTAL AND MEDICAL RESEARCH

S. Svanberg

Lund University. Sweden.

sune.svanberg@fysik.lth.se

An overview of applied laser-based diagnostics as pursued at the Atomic Physics Division, Lund University, is given. The fields of application range from environmental monitoring including cultural heritage assessment to biomedical applications. General aspects of laser-based methods are non-intrusiveness, high spectral and spatial resolution, and data production in real-time. Different applications are frequently generically very similar irrespective of the particular context, which however, decides the spatial and temporal scales as well as the size of the optics employed. Thus, volcanic plume mapping by LIDAR and optical mammography are two manifestations of the same principle, as is fluorescence imaging of a human bronchus by an endoscope and the scanning of a cathedral using a fluorescence LIDAR system. Recent applications include remote laser-induced break-down spectroscopy (LIBS) and gas monitoring in scattering media (GASMAS).

Keywords: laser spectroscopy, LIDAR, LIBS, GASMAS.

**TIME RESOLVED IMAGING
SPECTROSCOPY APPLIED TO THE
ANALYSIS OF PLASMAS
GENERATED BY MICRO, NANO AND
FEMTOSECOND LASERS**

**F.C. Alvira¹, L. Ponce³, M. Arronte³,
G.M. Bilmes^{1,2}**

¹CONICET La Plata- CIC. Argentina.

²Univ. Nacional de La Plata. Argentina.

³CICATA-IPN. Mexico.

fcalvira@ciop.unlp.edu.ar

The spatial and temporal evolution of laser-generated plasmas are of interest not only for the study of plasma physics itself, but because it improves the application of techniques, such as LIBS, (Laser-Induced Breakdown Spectroscopy), that use the emission of these plasmas for the characterization of materials, products and processes. Time resolved hyperspectral spectroscopy is a tool for the study of these plasmas. Its implementation requires the use of spectrometers with both spectral and spatial resolution (imaging spectrometers), and time resolved detection.

With the aim to identify the best space-time conditions that optimize the spectral information obtained in LIBS, in this paper we have applied time resolved hyperspectral spectroscopy to the study of plasmas generated in copper and aluminum by lasers with pulses of different duration. Lasers with microsecond, nanosecond and femtosecond pulses as well as multipulse emission were used. We recorded the spatial and temporal distribution of the intensity of the main emission lines of atoms and ions of each species, as a function of the laser pulse duration. With these data we have determined plasma electron densities as a function of the laser pulse duration. Results show that the spatial and temporal evolution of the intensity of the main emission lines of each species depends on the excitation pulse duration.

**ESPECTROSCOPÍA
HIPERESPECTRAL RESUELTA EN EL
TIEMPO APLICADA AL ANÁLISIS DE
PLASMAS GENERADOS POR
LÁSERES PULSADOS DE MICRO,
NANO Y FEMTOSEGUNDOS**

La evolución espacial y temporal de plasmas generados por láser es de interés no solo por el estudio de la física del plasma en si mismo, sino porque permite mejorar las aplicaciones de las técnicas que como LIBS (laser-induced breakdown spectroscopy), utilizan la emisión de estos plasmas para la caracterización de materiales, productos y procesos. Para el estudio de estos plasmas una herramienta apropiada es la espectroscopía hiperespectral resuelta en el tiempo. Su implementación requiere por un lado el empleo de espectrómetros que posean simultáneamente resolución espectral y espacial (Imaging spectrometers) y detección resuelta en el tiempo.

En este trabajo, hemos aplicado la espectroscopía hiperespectral al estudio de plasmas generados por láseres con pulsos de diferente duración, en muestras metálicas de cobre y aluminio, con el objetivo de estudiar que configuraciones espacio temporales permiten optimizar la información espectral obtenida en LIBS. Se emplearon láseres con pulsos de microsegundos, nanosegundos y femtosegundos y láseres con emisión en multipulsos. Se registró la distribución espacial y temporal de la intensidad de las principales líneas de emisión de los átomos e iones generados durante el proceso de ablación, en función del tipo excitación empleado. Con estos datos se pudo determinar la variación de la densidad electrónica del plasma en función de la anchura del pulso láser de excitación. Los resultados muestran que la evolución espacial y temporal de la intensidad de las líneas de emisión características de cada especie depende de la duración del pulso de excitación.

Keywords: LIBS, imaging spectroscopy, plasma morphology

Palabras clave: LIBS, espectroscopia hiperspectral, morfología de plasmas.



LIBS AND LASER CLEANING APPLIED TO THE CONSERVATION OF RESCUED OBJECTS OF THE CORVETTE H.M.S. SWIFT

**G.M. Bilmes¹, N. Pérez Zoloza¹,
A.A. Orsetti²**

¹*Univ. Nacional de La Plata. Argentine.*

²*Museo Mario Brozoski. Argentine.*

gabrielb@ciop.unlp.edu.ar

On March 13, 1770, as a consequence of a storm the war corvette H.M.S. SWIFT strand and sink at the Patagonian coast in the Deseado Ria, Santa Cruz, Argentina, at 50 meters of the coast. It comes from a military base located in Puerto Egmont, at Malvinas islands. Its mission was the exploration of the Patagonian coast. The corvette was build by the british army in 1762 and it was a small and light ship of 27, 94 meters of length, with 14 canons and 12 “Pedreros” of small caliber. The ship was prepared to transport a crew of 125 men’s, but at the moment of the sink it has only 91, and three of them dyed during the storm.

On February 4, 1982 a group of enthusiastic young creates a commission for the search and rescue of the Swift objects. Since that time more than 500 objects were rescued and belong now to the Museo Municipal Mario Brozoki located in the city of Puerto Deseado, Provincia de Santa Cruz, Argentina, who is in charged of the rescue and conservation of the pieces, in collaboration with the Instituto Nacional de Antropología de la Argentina. Most of the objects have concretions and surface damage, and before restoration and conservation it must be necessary to identify the composition of the substrate.

In this work surface ablation with nanosecond lasers pulses was applied to the characterization and cleaning of objects rescued to H.M.S. SWIFT. They are a

LIBS Y LIMPIEZA CON LÁSER APLICADA A LA CONSERVACIÓN DE OBJETOS RESCATADOS DE LA CORBETA HMS SWIFT

El 13 de marzo de 1770, como consecuencia de una tormenta, la corbeta de guerra HMS SWIFT quedo encallada y se hundió en la costa patagónica de la Ría Deseado, en la Provincia de Santa Cruz, Argentina, a 50 metros de la costa. Provenía de una base militar ubicada en Puerto Egmont, en las Islas Malvinas. Su Misión era la exploración de las costas patagónicas Construida por el ejército británico en 1762, era pequeña y liviana, de 27,94 metros de eslora con 14 cañones y 12 “Pedreros” de pequeño calibre. El navío fue preparado para trasportar una tripulación de 125 hombres, pero en el momento que se hundió solo contaba con 91, de los cuales 3 murieron durante la tormenta.El 4 de febrero de 1982 un grupo de jóvenes estudiantes descubrió el pecio de la corbeta. Y creo una comisión para el rescate de los objetos hundido. Desde entonces más de 500 objetos fueron rescatados por arqueólogos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano y pertenecen ahora al Museo Municipal Mario Brozoski ubicado en la ciudad de Puerto Deseado, Provincia de Santa Cruz, Argentina, quien es el encargado de la conservación de los objetos. Una parte importante de los objetos rescatados presenta concreciones y alteraciones superficiales, por lo que antes de su restauración y conservación, es importante identificar la composición del sustrato.

collection of spoons, buckles and pieces of metal. By using LIBS- laser Induced Breakdown Spectroscopy- we identified silver, pewter and bronze objects. Laser cleaning of metal pieces, spoons and buckles were also performed. We discuss the advantages of LIBS for characterization of the composition of underwater objects, previous to restoration.

Keywords: LIBS, laser cleaning, underwater patrimony, corvette H.M.S. SWIFT.

En este trabajo se ha utilizado ablación láser para la caracterización y la limpieza de una parte de los objetos rescatados, tales como cucharas, hebillas, botones y otras piezas de metal. Utilizando la técnica LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy), se ha identificado la composición de diversas piezas de metal rescatadas de la corbeta, a fin de poder aplicarles los tratamientos de conservación adecuados. Asimismo se ha realizado la limpieza láser de algunos de esos objetos, en particular hebillas y piezas de plata.

Palabras clave: LIBS, limpieza con láser, patrimonio subacuático, corbeta H.M.S. SWIFT



²⁸Si ENRICHMENT BY INFRARED MULTIPHOTON DISSOCIATION OF SiF₄

A.N. Alcaraz¹, J. Codnia², M.L. Azcárate²

¹Universidad de Buenos Aires. Argentina.

²CEILAP (CITEDEF-CONICET). Argentina.

lazcarate@citefa.gov.ar

The use of different silicon isotopes has aroused interest in the semiconductor industry since it would improve the optical and electronic properties as well as the thermal conduction of the electronic devices. One of the main drawbacks in the production of isotopic pure semiconductors is the high cost of enrichment. Laser isotope separation (LIS) based on the Infrared Multiple-Photon Dissociation (IRMPD) is one of the most promising methods of enrichment due to its high selectivity. SiF₄ is a possible and not much studied precursor for laser isotope separation of Si.

The composition of SiF₄ is determined by the natural abundance of the three Silicon isotopes: ²⁸Si (92,23%), ²⁹Si (4,67%) y ³⁰Si (3,10%). The vibrational frequencies of the ν_3 mode of ²⁸SiF₄, ²⁹SiF₄ y ³⁰SiF₄ isotopic species are 1031.8, 1022.9 y 1015.4 cm⁻¹, respectively.



ENRIQUECIMIENTO EN ²⁸Si POR DISOCIACIÓN MULTIFOTÓNICA INFRARROJA DE SiF₄

Los diferentes isótopos de silicio han despertado gran interés en la industria de los semiconductores debido a que su utilización mejoraría las propiedades ópticas y electrónicas así como la disipación térmica de los dispositivos electrónicos. Uno de los principales obstáculos para la producción de semiconductores isotópicamente puros es el alto costo del enriquecimiento. La separación isotópica por láser (SIL) utilizando la técnica de Disociación MultiFotónica InfraRroja (DMFIR) es uno de los métodos de enriquecimiento más prometedores debido a su alta selectividad. El SiF₄ es un precursor posible y poco estudiado para la separación isotópica de Si por láser. La composición de SiF₄ está determinada por la abundancia natural de los tres isótopos del silicio: ²⁸Si (92,23%), ²⁹Si (4,67%) y ³⁰Si (3,10%). Las frecuencias

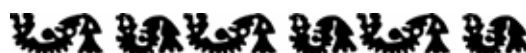
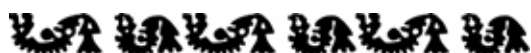
In this work the influence of laser fluence and wavelength as well as of the sample pressure on the IRMPD of SiF₄ and H₂ mixtures has been studied. Different lines of the 9.4 μm emission band of a TEA CO₂ laser have been used as excitation sources. The fraction of molecules dissociated per pulse, γ , has been determined by FTIR spectrometry following the disappearance of the precursor molecule, SiF₄, and the appearance of the product, SiF₃H. A power law dependence of the fraction of molecules dissociated per pulse on the laser fluence, $\gamma \sim \Phi^{2.4}$, was found. The optimization of the IRMPD of silicon tetrafluoride was performed by varying both SiF₄ and H₂ pressures. The IRMPD spectrum exhibits a red shift of ~12 cm⁻¹ produced by the anharmonicity of the molecular vibrations. Moreover, the isotopic selectivity of the IRMPD of SiF₄ has been determined with wavelengths shifted to the red and the blue of the 9P(36) line which is quasi-resonant with the ν_3 mode of the ²⁸SiF₄. The enrichment factors in the residual SiF₄ in the cell (^{29,30}α) and in the newly formed product SiF₃H (^{29,30}β) were determined by mass spectrometry. The maximum values were obtained with the 9P(32) emission line which has the least overlap with the absorption bands of the less abundant species.

Keywords: silicon, isotope separation, laser, infrared multiphoton dissociation.

vibracionales del modo ν_3 de SiF₄ correspondientes a las especies isotópicas ²⁸SiF₄, ²⁹SiF₄ y ³⁰SiF₄ son 1031,8, 1022,9 y 1015,4 cm⁻¹, respectivamente.

En el presente trabajo se estudió la influencia de la fluencia y la longitud de onda del láser así como de la presión en la DMFIR de mezclas de SiF₄ e H₂. Como fuentes de excitación se utilizaron diferentes líneas de emisión de la banda de 9,4 μm de un láser de CO₂ TEA. La fracción de moléculas disociadas por pulso, γ , se determinó por espectrometría FTIR siguiendo la desaparición de la molécula precursora, SiF₄, y la aparición del producto, SiF₃H. Se determinó que la fracción de moléculas disociadas por pulso presenta una dependencia potencial de la fluencia del láser, $\gamma \sim \Phi^{2.4}$. La optimización de la DMFIR de tetrafluoruro de silicio se realizó variando la presión tanto de SiF₄ como de H₂. Se obtuvo el espectro de DMFIR, el cual presenta un corrimiento de al rojo de ~ 12 cm⁻¹ respecto del máximo del espectro de absorción lineal, debido a la anarmonicidad de las vibraciones moleculares. Adicionalmente se determinó la selectividad isotópica de la DMFIR de SiF₄ con líneas corridas hacia el rojo y el azul respecto de la línea 9P(36), cuasi-resonante con la frecuencia vibracional del modo ν_3 de ²⁸SiF₄. Los factores de enriquecimiento en el SiF₄ remanente en la celda (^{29,30}α) y en el producto SiF₃H (^{29,30}β) se determinaron mediante espectrometría de masas. Los valores máximos se obtuvieron con la línea de emisión 9P(32) la cual presenta el menor solapamiento con las bandas de absorción de las especies minoritarias.

Palabras clave: silicio, separación isotópica, láser, disociación multifotónica infrarroja.



**INFLUENCE OF NANOSTRUCTURES
SIZE OF MANGANESE IONS IN NACL
MATRIX ON THE
PHOTOLUMINESCENCE**

**E.V. Mejía-Uriarte, O. Kolokoltsev,
M. Navarrete, V. Velásquez, E. Camarillo,
J. Hernández A., H. Murrieta S.**

Univ. Nac. Autónoma de México.Mexico.

elsi.mejia@ccadet.unam.mx

The nanostructures formed by manganese ions in matrix of sodium chloride present two emission band. It is known that the samples with green (508 nm) and red (605 nm) bands containing the Suzuki phase (SP) and for the samples with red band only, the SP is not present. The samples observation by Atomic Force Microscopy (AFM) reveals that this behaviour is related to effect to size of nanostructure and its interaction with the neighbour and the next neighbour according to configuration tetrahedral. Thus, the nanostructures in SP have around 100 nm diameter and they are isolated in the sample. For the samples without SP the nanostructures have approximately 20 nm diameter and they are forming several topologies as; coral like, island, etc. This relation of sizes and isolation is present in the green emission band that is in connection to the Suzuki phase with the excitation ${}^4T_1(G) + [{}^4A_1(G), {}^4E(G)]$.

Keywords: Optical spectroscopy, AFM, Suzuki phase.



**INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE LAS
NANOESTRUCTURAS DE LOS IONES
DE MANGANESO EN LA MATRIZ DE
NACL SOBRE LA
FOTOLUMINISCENCIA**

Las nanoestructuras formadas por iones de manganeso en matriz de cloruro de sodio presentan dos bandas de emisión. Es conocido que las muestras con banda verde (508 nm) y banda roja (605 nm) contienen la fase de Suzuki (FS) y las muestras con banda roja únicamente no presentan la FS. La observación de las muestras por microscopia de fuerza atómica (AFM) revela que este comportamiento está relacionado al efecto del tamaño de las nanoestructuras. Así, las nanoestructuras en FS tienen 100 nm de diámetro y están separadas entre ellas a lo largo de la muestra y para muestras sin FS las nanoestructuras tiene aproximadamente 20 nm de diámetro y ellas están formando diversas topologías como; formas de coral, islotes, etc. Esta relación de tamaños y aislamiento se manifiesta en la emisión de la banda verde que está relacionada a la presencia de la fase de Suzuki con la excitación ${}^4T_1(G) + [{}^4A_1(G), {}^4E(G)]$.

Keywords: Espectroscopia óptica, AFM, fase de Suzuki.



**DEVELOPMENT OF PULSED UV
LASERS AND THEIR APPLICATION IN
LASER SPECTROSCOPY**

**M.I. De la Rosa¹, M.C. Pérez¹,
K. Grützmacher¹, D. García¹, A. Bustillo²**

¹Universidad de Valladolid. Spain.

²Universidad de Burgos. Spain.

delarosa@opt.uva.es

The main goal of experimental plasma physics is to obtain a complete characterization of the plasma state; this means the determination of plasma parameters such as particle density, temperatures, electric field strength etc. One significant parameter in the physics of discharges is the local electric field strength (E-field), because it determines the charged particles fluxes and their energy distributions. The knowledge of this magnitude is relevant for controlling the plasma discharge and improving modeling. For this reason, many techniques have been developed for E-field determination, among these techniques non intrusive methods, like laser spectroscopy, are preferred. We have determined the E-field in the cathode fall region of a hollow cathode discharge, by two laser spectroscopy techniques: Doppler-free two-photon optogalvanic spectroscopy and Doppler-free two-photon polarization spectroscopy via the Stark splitting of the 2S level of atomic deuterium and hydrogen for a wide range of discharge conditions (currents from 50 to 200 mA and pressures from 400 to 1350 Pa). The Stark effect, i.e., changes in the structure of atomic spectra depending on the E-field, results in shifting and mixing of spectral components and variations in their intensities. Comparisons of the measured spectra with theoretical calculation provide the E-field. Measurements down to 400V/cm have been done. We plan to improve the two-photon optogalvanic spectroscopy as a simple tool to measure strong E-fields, and its further application for studying the cathode fall characteristics in hollow cathode discharges. The detection sensitivity can be improved by at least one order of magnitude, using Doppler-free two-photon optogalvanic spectroscopy applied to the 1S - 3S/3D transition of hydrogen isotopes. However, all

**DESARROLLO DE LÁSERES
PULSADOS EN EL UV Y SU
APLICACIÓN EN ESPECTROSCOPIA
LÁSER**

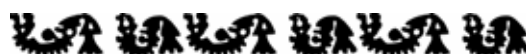
El objetivo principal de la física experimental de plasmas es obtener una completa caracterización del estado del plasma, es decir, la determinación de parámetros como: densidad de partículas, temperatura, campo eléctrico, etc. Uno de los parámetros más significativos en la física de las descargas es la intensidad del campo eléctrico local (E-field), ya que determina el flujo las partículas cargadas y su distribución de energía. Su conocimiento es relevante para el control de la descarga y la optimización de modelos teóricos. Por esta razón, se han desarrollado muchas técnicas para la determinación del campo eléctrico, entre ellas los métodos no intrusivos, como la espectroscopia láser, son los más extendidos,. En el trabajo que presentamos, hemos determinado el campo eléctrico en la zona de caída de cátodo en una descarga de cátodo hueco, mediante dos técnicas de espectroscopia láser libre de Doppler por excitación a dos fotones: espectroscopia optogalvánica y espectroscopia de polarización. Ambas se basan en la medida del desdoblamiento Stark del nivel 2S del átomo de hidrógeno y deuterio; se ha medido en un amplio intervalo de condiciones de la descarga (corrientes desde 50 a 200 mA y presiones de 400 a 1350 Pa). Como es bien sabido, el efecto Stark produce cambios en la estructura de los espectros atómicos que dependen del campo eléctrico, como consecuencia se producen desplazamientos y mezcla de las componentes espectrales y variaciones en sus intensidades, que pueden medirse experimentalmente. La comparación de los espectros medidos con los cálculos teóricos proporciona el campo eléctrico. Se han realizado medidas hasta 400 V/cm. En la actualidad estamos mejorando la técnica de espectroscopia optogalvánica como un método rápido para la medida del campo eléctrico, y su posterior aplicación al estudio

of these measurements require a tuneable single longitudinal mode (SLM) UV - laser spectrometer, providing pulse energy of about 5mJ in 3 ns at 243 nm for the 1S-2S transition or 205 nm for the 1S - 3S/3D, with a spectral bandwidth of 300 MHz. Because commercial laser systems can not provide such a radiation, we started more than one decade ago to develop advanced pulsed SLM UV-laser spectrometers, especially suited for laser-aided plasma diagnostic. Laser radiation of 243 nm is provide by of a 10 Hz injection-seeded Q-switched Nd:YAG laser (Continuum, Powerlite), a substantially modified OPO-OPA system (Continuum, Mirage 500), and SFG in a BBO crystal. The 205 nm radiation is generated by the Nd:YAG laser, a seeded KTP-OPO, two Ti:sapphire amplifiers, and by stepwise SFG via SHG, THG and FHG using BBO-crystals. The development of laser spectrometers and their application for E-field determination will be presented at the Conference.

Keywords: laser spectroscopy, plasma diagnostic, non-linear optics.

de la zona de caída de cátodo en una descarga de cátodo hueco. La sensibilidad en la detección puede ser mejorada al menos en un orden de magnitud, mediante espectroscopia optogalvánica libre de Doppler por absorción de dos fotones aplicada a la transición 1S - 3S/3D del hidrógeno y deuterio. Pero todas estas medidas requieren un láser de un solo modo longitudinal (SLM) sintonizable en el ultravioleta (UV - láser spectrometer) que proporcione pulsos de energía del orden de 5 mJ en 3 ns a 243 nm para la transición 1S-2S, y a 205 nm para la 1S - 3S/3D, con una anchura de banda de 300 MHz. No existen láseres comerciales que puedan proporcionar radiación de estas características, por lo que venimos, durante décadas, desarrollando espectrómetros láser en el UV (SLM) especialmente diseñados para el diagnóstico de plasmas. La radiación de 243 nm se obtiene mediante un láser Nd:YAG (Continuum, Powerlite) pulsado a 10 Hz con inyección de semilla más un sistema modificado OPO-OPA (Continuum, Mirage 500), y un cristal BBO (SFG). La radiación de 205 nm se genera mediante un láser Nd:YAG, un KTP-OPO, y dos amplificadores de Ti:sapphire, y SFG vía SHG, THG and FHG utilizando cristales BBO. El desarrollo de espectrómetros láser y sus aplicaciones para la determinación del campo eléctrico serán presentados en la Conferencia.

Palabras clave: espectroscopia láser, diagnosis de plasmas, óptica no lineal.



**DEVELOPMENT OF- AND SELECTED
EXAMPLES FROM A VERSATILE
MULTI-SPECTRAL IMAGER WITH
ANGULAR DISCRIMINATION**

**M. Brydegaard¹, A. Merdasa¹,
J. Ålebring¹, J. Zoueu², S. Svanberg¹**

¹Lund University, Sweden.

²National Polytechnic Institute, Ivory Coast.

Mikkel.Brydegaard@fysik.lth.se

We present the recent development of a flexible light emitting diode (LED) based multispectral imager. The equipment allow us to investigate in reflectance, transmittance and scattering properties of micro-scale samples in spatial and spectral domain – a complementary to integrating sphere methods typically used in bio-photonics. The system consists of three diffuse optical multiplexers with 13 sources ranging from UV 350 nm to NIR 1100 nm each. Additional two filter slots allows polarization and fluorescence analysis. In 2009 a international multispectral imaging workshop was held in Cape Coast, Ghana. A total of nine prototypes were constructed for a cost of 6000€ each and distributed among the participating countries (Sweden, Sri Lanka, Kenya, Ghana, Mali, Ivory Coast and Senegal). The two weeks workshop consisted of lectures and hands-on experience in the areas of theoretical spectroscopy, physics of LEDs and practical exercises in elastic and inelastic spectroscopy, multispectral image processing, satellite technology and remote sensing. The idea behind the event was to provide instrumentation at the disposal of the African physicist groups in order to approach the perceptively complicated concept involving images with higher dimensionality, a necessity also required for dealing with freely available multispectral satellite data. The workshop was the fifth of its kind and represents the collaboration between our group in Lund, Sweden, and Africa for promotion of applied spectroscopy in the African academia for improving the local understanding and support for physics. The workshop was sponsored by international science program (ISP), Uppsala. As a result of the workshop various research projects have been launched

**EL DESARROLLO Y EJEMPLOS DE
APLICACIONES DE UN SISTEMA
UNIVERSAL DE ADQUISICIÓN DE
IMÁGENES MULTI-ESPECTRALES
CON DISCRIMINACIÓN ANGULAR**

Contamos sobre el recién desarrollo de una sistema flexible de adquisición de imágenes multi-espectrales basado en diodos emisores de luz (LEDs). El equipo nos permite investigar propiedades de reflectancia, transmitancia y scattering en el dominio espectral e espacial en muestras de micro escala - un complemento al comparable método de esferas integradores típicamente aplicada en medidas biofotónicas. El sistema consiste en tres multiplexores difusos con cada 13 fuentes con bandas en el rango 350 nm en el UV hasta 1100 nm en el NIR. Además dos puertos de filtros permiten análisis de polarización y de fluorescencia. En total nueve prototipos de cada seis mil euros fueron construidos por los participantes estudiantes de postgrado durante de un taller de imágenes multi-espectrales en Cape Coast, Ghana 2009. Los prototipos fueron distribuidos a los siete países participantes (Suecia, Sri Lanka, Kenya, Ghana, Mali, Costa de Marfil y Senegal). El taller duraba dos semanas y consistió en charlas y prácticas sobre espectroscopia teórica, física de LEDs y ejercicios practicas en espectroscopia elástica e inelástica, procesamiento de imágenes multi-espectrales y la tecnología de satélites y teledetección. Esperamos que al tener los instrumentos en sus propio manos permiten los grupos africanos acercarse a los conceptos complejos sobre imágenes de mayor dimensionalidad, un conocimiento que es necesario para entender e interpretar por ejemplo data gratuito de satélites multi-espectrales. El taller fue el quinto de su tipo y representa la colaboración entre nuestro grupo en Lund, Suecia, y Africa para promocionar espectroscopia aplicada en la academia africana para mejorar la comprensión y soporte local. El taller fue financiado por la programa internacional de

in each country covering different topics such as parasitology, agriculture, textiles, the environment and atmospheric particles. We present examples of malaria parasite measurement carried out in Ivory Coast and ground truth investigation of bio aerosols for remote sensing in Sweden.

Keywords: multispectral imaging, elastic spectroscopy, microscopy

ciencia (ISP), Uppsala. Consecuentemente varios proyectos de investigación han sido iniciados en cada país en esferas tan diferentes como parasitología, agricultura, textiles, el medio ambiente y partículas atmosféricas. Mostramos ejemplos de medidas espectrales de parásitos de malaria hecho en Costa de Marfil y investigación de aerosoles biológicas con aplicaciones de referencia en teledetección en Suecia.

Palabras clave: imágenes multiespectrales, espectroscopia elástica, microscopia.



LASER GENERATED PLASMAS IN LIQUIDS. INTERFERENCE ON THE VOLTAGE – CURRENT CHARACTERISTIC OF THE CONDUCTION CELL

V. Espejo¹, D. Bertuccelli^{2,3}
H.F. Ranea-Sandoval^{2,3}

¹UNESCO. Argentine.

²UNCPBA, Argentine.

³CONICET. Argentine.

dbertucc@exa.unicen.edu.ar

At certain voltages the conduction in cells with very diluted aqueous solution enters a conduction regime that can be described as an avalanche, using an analogy with gaseous discharges. In this stage, the current increases limited only by the power source and the electrolysis became irreversible. This conduction stage is achieved at certain voltages depending on the conduction characteristics of the electrolyte, solute concentration, and pH of the solution. We have found that, focusing a Nd⁺³: YAG Q-Switch laser a plasma is generated and that it is possible to produce a severe change in this phase, that is: the voltage to which the avalanche is produced, decreases, in typical cases, more than 30%. There is evidence that this voltage depends on the anion of the electrolyte salt. We present a description of



PLASMAS GENERADOS POR LÁSER EN LÍQUIDO. INTERFERENCIA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS TENSIÓN – CORRIENTE DE LA CELDA DE CONDUCCIÓN

A ciertos voltajes, la conducción en celdas con soluciones acuosas muy diluidas, entran en un régimen que se puede describir como avalancha de conducción, usando una analogía con las descargas gaseosas, en las cuales la corriente sube en forma limitada solamente por la fuente de alimentación y la electrólisis se convierte en un proceso irreversible. Este tipo de conducción se logra a ciertos voltajes que dependen de las características de la conducción del electrolito, de las concentraciones de los solutos y del pH de las soluciones. Encontramos que, enfocando en el seno del líquido la radiación de un láser de Nd⁺³: YAG Q-Switch, se genera un plasma y es posible producir un cambio severo en esta fase, a saber: el voltaje para el cual se produce esta avalancha disminuye, en casos típicos, más del 30%. Hay evidencia de que

the experiment and the results of the changes produced in the conduction characteristics of a conduction cell subject to the laser radiation.

Keywords: laser, laser generated plasmas, electric conduction in liquids.



LASER GENERATED PLASMAS IN LIQUIDS. INTERFERENCE ON SOLUTION'S Ph

D. Bertuccelli, H.F. Ranea-Sandoval
UNCPBA, Argentine.
CONICET, Argentine.
dbertucc@exa.unicen.edu.ar

We present the results obtained by measuring the aqueous solution's pH in a conduction cell when irradiated with a high power laser. To evaluate these effects, we used two twin cells operating simultaneously, one in which the laser generates plasma and the other with no irradiation at all. An infrared high power Q-Switch Nd⁺³:YAG laser generates a plasma used in every experiment. The cell's pH was constantly monitored and registered as time proceeds. General conclusions are that the pH of the irradiated cells tends to increase while the pH of the non irradiated cell tends to decrease instead, as a consequence of the ambient CO₂ solution. Laser generated plasma interference on the pH was evaluated subtracting both pH data. The pH increment is opposite to the Cu oxide formation.

Keywords: laser, laser generated plasmas, electrical conduction in liquids.



este voltaje depende del anión de la sal en el electrólito. Se presentan una descripción del experimento y los resultados de los cambios que se producen en las características del electrólito después de una exposición al plasma generado por el láser.

Palabras clave: láser, plasmas generados por láser, conducción eléctrica en líquidos.



PLASMAS GENERADOS POR LÁSER EN LÍQUIDOS. INTERFERENCIA SOBRE EL pH DE LA SOLUCIÓN

Se presentan los resultados obtenidos en mediciones realizadas sobre la variación del pH de soluciones acuosas muy diluidas de una celda electrolítica, cuando es irradiada con un láser de alta potencia. Para evaluar los efectos del láser sobre el pH de la solución, se realizaron experiencias paralelas y simultáneas con dos celdas electrolíticas mellizas, en donde a una se la irradió con radiación infrarroja de un láser de Nd⁺³:YAG Q-Switch, generando un plasma y a la otra no. Se monitoreó constantemente el pH en ambas celdas, en tanto que se registró en función del tiempo de duración de la experiencia. En rasgos generales se observó que el pH en la celda irradiada sube, en tanto que el de la celda sin irradiar disminuye, producto de la disolución del CO₂ de la atmósfera en el líquido. La acción del láser sobre el pH se evaluó restando su variación en la celda irradiada del de la celda sin irradiar. La acción contrarresta la formación de óxidos de Cu.

Palabras clave: láser, plasmas generados por láser, conducción eléctrica en líquidos.



**LASER GENERATED PLASMAS IN
LIQUIDS. POSSIBLE INTERFERENCE
ON THE CONDUCTION CELL
ELECTRODES DIPOLAR LAYER**

V. Espejo¹, D. Bertuccelli^{2,3}

H.F. Ranea-Sandoval^{2,3}

¹UNESCO. Argentine.

²UNCPBA, Argentine.

³CONICET. Argentine.

dbertucc@exa.unicen.edu.ar

A Nd⁺³: YAG Q- Switch laser was focused on the bulk of a rectangular section glass cell, containing an diluted aqueous solution. When the plasma is generated, a luminous plume is observed near the center of the cell, several milimeters long and 1 to 2 mm in diameter, which is the plasma. If inside the cell a piece of material, such as an electrode is immersed, in the interface a dipolar layer is formed. We have found that if the plasma is near and parallel to the electrode, a 20 mV pulse is generated that could possibly be related to the destruction and a subsequent rearrangement of this layer. We have observed this pulse and registered in a digital oscilloscope, Tektronix modelo 3032B, arranging a probe in parallel between a single Cu electrode and a counter electrode made of a Pt thin wire. To prove the conjecture on the dipolar layer destruction, we investigated the dependence of the pulse on the distance to the electrode, the distance between the electrode and the plasma and the laser energy. Evidence suggest that the hypothesis is correct.

Keywords: laser, laser generated plasmas, electrical conduction in liquids.

**PLASMAS GENERADOS POR LÁSER
EN LÍQUIDOS. POSIBLE
INTERFERENCIA SOBRE LA CAPA
DIPOLAR DE LOS ELECTRODOS DE
LA CELDA DE CONDUCCIÓN**

Enfocamos el haz de un láser de Nd⁺³: YAG Q- Switch, en el seno de una celda de sección rectangular de vidrio, conteniendo una disolución acuosa diluida. Cuando esto ocurre observamos con claridad, en el centro de la celda, una pluma luminosa de varios milímetros de longitud y de 1 a 2 mm de diámetro, correspondiente al plasma generado. Si dentro de la celda se coloca una pieza de material, como un electrodo, en la interfase sólido – líquido se forma una capa dipolar. Hemos encontrado que si el plasma se encuentra en las cercanías y en forma paralela al electrodo, se genera un pulso de tensión del orden de 20 mV, que podría deberse a la destrucción y posterior reacomodamiento de la doble capa. Observamos este pulso en un osciloscopio digital Tektronix modelo 3032B, cuya punta se colocó en paralelo entre un único electrodo de cobre y un contra electrodo formado de alambre delgado de platino. Con el objeto de probar la conjetura sobre la destrucción de la doble capa, investigamos la dependencia de la señal obtenida con la ubicación espacial del contra electrodo; con la distancia a la que el plasma se encuentra del electrodo de Cu y con la energía del láser. La evidencia obtenida sugiere que la hipótesis es correcta.

Palabras clave: láser, plasmas generados por láser, conducción eléctrica en líquidos.



**APPLICATION OF LASER INDUCED
BREAKDOWN SPECTROSCOPY AND
NEURAL NETWORK TO OLIVE OILS
ANALYSIS**

**D. Marcos-Martínez¹, M. Del Valle¹,
F.C. Alvira², G.M. Bilmes^{2,3},
F.J. Manuel de Villena¹, J.O. Cáceres¹**

¹Univ. Complutense de Madrid. Spain.

²CONICET La Plata- CIC. Argentine.

³Univ. Nacional de La Plata. Argentine.

fcalvira@ciop.unlp.edu.ar

The adulteration and traceability of olive oils are still serious problem in the olive oil industry. In this work, we developed a system based on Laser Induced Breakdown spectroscopy (LIBS) and neural networks, for applications to identification; quality control; traceability and adulteration detection of extra virgin olive oils. Results demonstrated 100% reliable identification of both, known and unknown samples with similar matrix compositions. The equipment and the method used in this work can be developed for automatic real time, fast, reliable and robust measurements and can be packaged in portable systems for non-specialist users.

Keywords: laser breakdown spectroscopy, LIBS, neural networks. olive oils.

**ANÁLISIS DE ACEITES DE OLIVA
EMPLEANDO LIBS Y REDES
NEURONALES**

La adulteración y la trazabilidad de los aceites de oliva son problemas de importancia en la industrialización y comercialización de este producto en la mayoría de los países que lo producen. En este trabajo, hemos desarrollado un sistema basado en la espectroscopia de plasmas inducida por láser –LIBS- (Láser Induced Breakdown Spectroscopy) y en redes neuronales, para aplicaciones de identificación, control de calidad, trazabilidad y detección de la adulteración de aceites de oliva extra virgen. Los resultados muestran que este sistema es capaz de realizar una identificación fiable al 100% de muestras que tienen una matriz de similar composición, pero que han sido producidas en diferentes países y regiones, que provienen de diferentes partidas, o que tienen distintos niveles de adulteración. El sistema desarrollado puede ser implementado en instrumentos portátiles, manejables por usuarios no especializados, diseñados para realizar controles de calidad in situ, a tiempo real, en forma automática, rápida y fiable, en cualquiera de las etapas de producción, industrialización, o comercialización de este tipo de aceites.

Palabras clave: laser induced breakdown spectroscopy, LIBS, redes neuronales. aceites de oliva.



**MICROMAPPING OF STRONTIUM
TRACES IN HUMAN TEETH BY
FEMTO LIBS**

**F.C. Alvira¹, F. Ramirez Rozzi²,
G.A. Torchia¹, G.M. Bilmes^{1,3}**

¹CONICET La Plata -CIC.Argentine.

²UPR2147-CNRS. France.

³Univ. Nacional de La Plata. Argentine.

fcalvira@ciop.unlp.edu.ar

Femtosecond laser-induced breakdown spectroscopy (fs-LIBS) is an atomic emission spectroscopy based on laser ablation, which improves the possibilities of spatial localization and minimal sample requirements. It is a micro-destructive technique, especially useful for unique pieces analysis. It requires no previous sample preparation and it has no limitations in sample dimensions and shapes. These abilities are highly demanded not only in material science but also in cultural heritage applications. Spatial localization is an inherent attribute of laser ablation, which combined in LIBS, with spectral analysis, gives the possibility to provide chemical information confined to restricted areas of a sample (compositional maps). In this work we show the possibilities of fs-LIBS as a nearly non destructive tool in anthropology and paleontology for the measurements of the presence and distribution of trace elements in teeth. Particularly we have built compositional micro maps of the relative strontium calcium distribution (Sr/Ca) in the enamel of three modern human teeth. On the same samples we have also analyzed the Sr/Ca ratio along the striae of Retzius. Results show a non homogeneous distribution of Sr in the enamel of the teeth, as well as constant values along the striae of Retzius, but different between them. The variation in the Sr/Ca ratios shows that any cause which has produced a change in the pattern distribution from mineral density does not reflect chronological distribution of Sr/Ca ratio. These results can be useful for evolutionary anthropology studies, and particularly, put in doubts the use of changes in Sr/Ca ratio to reconstruct age-related changes in an individual's behaviour and/or environment.

**MICROPAPEADO DE TRAZAS DE
ESTRONCIO EN DIENTES HUMANOS
UTILIZANDO FEMTO LIBS.**

El empleo de láseres de femtosegundos como fuente de irradiación en la espectroscopia de plasmas inducidos por láser (femtosecond Laser-Induced Breakdown Spectroscopy-fs-LIBS) puede representar una mejora en la resolución espacial de la técnica LIBS y permite minimizar la cantidad de muestra requerida para el análisis. Se trata de una técnica micro-destructiva especialmente útil para el análisis de piezas únicas. No requiere preparación previa de las muestras y no está limitada por las dimensiones y forma de las mismas. La posibilidad de localización espacial, atributo inherente de la ablación por láser, combinada en LIBS con el análisis espectral, permite brindar información de la composición elemental de regiones muy restringidas de una muestra y realizar mapas de composición detallados. En este trabajo se muestran las posibilidades de fs-LIBS en antropología y paleontología, como una herramienta cuasi no destructiva para la determinación de elementos traza en dientes humanos. Se presentan mapas con resolución micrométrica de la distribución relativa de estroncio en el esmalte de tres dientes humanos modernos. En estas muestras también se analizó la micro distribución de la relación Sr / Ca a lo largo de las llamadas estrías de Retzius o líneas de crecimiento. Se obtuvo una distribución no homogénea del Sr en el esmalte de los dientes y valores constantes a lo largo de las estrías, pero distinto entre ellas. Estos resultados son útiles para estudios de antropología evolutiva humana y en particular ponen en duda el empleo de las variaciones en la relación Sr / Ca para explicar cambios en el comportamiento alimentario de un individuo y / o la influencia de su medio ambiente.

Keywords: LIBS, fs-LIBS, surface micro-mapping, teeth.

Palabras clave: LIBS, fs-LIBS, micro-mapeado de superficies, dientes.



STUDY OF THE KINETICS OF THE CCl₂ RADICAL REACTION

N.D. Gomez, V.M. Freytes, J. Codnia,
F. Manzano, M.L. Azcárate
CEILAP (CITEDEF-CONICET). Argentine.
lazcarate@citefa.gov.ar

The study of the reactions of the dichlorocarbene radical, CCl₂, with different acceptor gases (O₂, HCl) has been the objective of the present work. The Laser Induced Fluorescence (LIF) technique associated to an infrared multiple-photon dissociation facility (IRMPD) has been implemented for this purpose.

The CCl₂ radicals were generated by IRMPD of CDCl₃ with a pulsed TEA CO₂ laser operated at 1 Hz repetition rate and tuned to the 10P(48) emission line coincident with the ν₄ vibrational mode of CDCl₃. The radicals were then excited to the A¹B₁ electronic level with pulses of a dye laser (541 nm) pumped by a Nd:YAG laser. The fluorescence signal emitted by these radicals as they decay to the fundamental level (X¹A₁) was detected with a photomultiplier tube. The dependence of the fluorescence intensity on the time delay between both lasers enabled to monitor the concentration of CCl₂ radicals in the presence of different acceptor gases (O₂, HCl) and thus obtain the respective reaction rate constants.

The reaction of the CCl₂ radicals in mixtures with O₂ and O₂ and CHCl₃ has been investigated. The experiments in mixtures with CHCl₃ allowed to differentiate the chloroform consumption through the IRMPD selective process from the non-selective one produced by a catalytic cycle which takes place after the CDCl₃ IRMPD. This cycle is initiated by the oxygen atom produced in the reaction of CCl₂ with O₂ following the laser dissociation of CDCl₃.

ESTUDIO DE LA CINÉTICA DE REACCIÓN DEL RADICAL CCl₂

El objetivo del presente trabajo ha sido el estudio de las reacciones del radical diclorocarbeno, CCl₂, con diferentes gases aceptores (O₂, HCl). Para ello se implementó la técnica de Fluorescencia Inducida por Láser (FIL) asociada a una facilidad de disociación multifotónica IR (DMFIR).

Los radicales CCl₂ se generaron a partir de la DMFIR de CDCl₃ con un láser de CO₂ TEA pulsado a 1Hz y sintonizado en la línea 10P(48), coincidente con el modo vibracional ν₄ de la molécula de CDCl₃. Posteriormente los radicales CCl₂ se excitaron al nivel electrónico A¹B₁ con pulsos de un láser de colorante (541 nm) bombeado por un láser de Nd:YAG. La señal de fluorescencia emitida por estos radicales al decaer al nivel fundamental (X¹A₁), se detectó con un tubo fotomultiplicador. El estudio de la intensidad de fluorescencia de dichos radicales en función del tiempo de retardo entre los dos láseres permitió seguir la evolución temporal de los mismos en presencia de los diferentes gases aceptores (O₂, HCl), y obtener así las respectivas constantes de velocidad de reacción.

La reacción de los radicales CCl₂ en mezclas con O₂ y con O₂ y CHCl₃ ha sido investigada. Las experiencias en mezclas con CHCl₃ permitieron diferenciar el consumo de cloroformo a través del proceso selectivo de DMFIR del no-selectivo producido por un ciclo catalítico que tiene lugar luego de la DMFIR. Dicho ciclo es iniciado por el oxígeno atómico producido en la reacción del radical CCl₂ con O₂

The reaction rate constant of CCl_2 with O_2 has been determined.

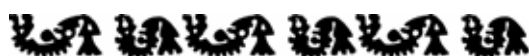
Moreover, the kinetics of the reaction of CCl_2 with HCl has been investigated in order to study the recombination process between the radicals generated in the IRMPD of CDCl_3 , CCl_2 and DCl . The reaction rate constant of CCl_2 with HCl has been determined.

Keywords: LIF, halocarbene radicals, IR multiple-photon dissociation, laser.

subsiguiente a la disociación de CDCl_3 . A partir de los resultados de estas experiencias se determinó la constante de velocidad de reacción de CCl_2 con O_2 .

Paralelamente, a fin de estudiar el proceso de recombinación de los radicales generados en la DMFIR de CDCl_3 , CCl_2 y DCl , se estudió la cinética de reacción del radical CCl_2 en presencia de HCl . Se determinó la constante de velocidad de reacción de la misma.

Palabras clave: LIF, radicales halocarbano, disociación multifotónica IR, láser.



INFLUENCE OF THE ENERGY EXCHANGE BETWEEN OXYGEN AND METHANE IN AN OPO-BASED PHOTOACOUSTIC SYSTEM

**N.L. Barreiro¹, A.S. Vallespi¹,
V.B. Slezak¹, A.L. Peuriot¹,
G.D. Santiago²**

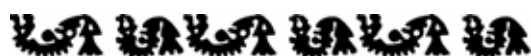
¹CEILAP (CITEFA-CONICET). Argentina.

²Universidad de Buenos Aires. Argentina.

nbarreiro@citefa.gov.ar

Methane, in an atmospheric concentration of 1.75 ppmV, forms the 18% of greenhouse effect gases and is 23 times more effective than carbon dioxide regards infrared radiation absorption. Its fast increment, due to many emission sources, gives rise to the importance of developing new methane monitoring systems. With this purpose, in this work we present a resonant photoacoustic system based on an optical parametric oscillator tuned at the infrared transition, corresponding to the methane ν_3 vibrational mode at 3.3 μm .

In methane-nitrogen mixtures we found a linear relation between the photoacoustic signal and the methane concentration, as expected in most photoacoustic systems. However, upon adding oxygen, a marked signal reduction takes place and the named relation stops being linear. This is a consequence of the vibrational quantum



INFLUENCIA DEL INTERCAMBIO DE ENERGÍA ENTRE METANO Y OXIGENO EN UN SISTEMA FOTOACUSTICO EXCITADO CON UN OPO

El metano actualmente alcanza en la atmósfera una concentración de 1,75 ppmV. Así constituye el 18% de los gases de efecto invernadero y es 23 veces más efectivo en la absorción de radiación infrarroja que el dióxido de carbono. Su acelerado incremento, debido a las múltiples fuentes de emisión, hace que su detección sea de sumo interés. Para su monitoreo, en este trabajo se presenta un sistema fotoacústico resonante modulado basado en un oscilador paramétrico óptico sintonizado en la transición infrarroja correspondiente al modo vibracional ν_3 (3,3 μm).

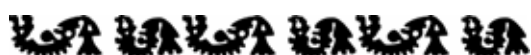
En calibraciones con mezclas de metano y nitrógeno se encuentra una relación lineal entre la señal fotoacústica y la concentración, como ocurre con la mayoría de los gases estudiados con sistemas fotoacústicos. Sin embargo, se observa que hay una marcada disminución de la señal y

interchange between the ν_4 (1306 nm) level of methane and the ν first vibrational level of oxygen at 1554 nm. The large V-T relaxation time of oxygen makes the energy to be lost at the cell walls by diffusion instead of being transferred to heat. With the objective of understand the influence of the energy exchanges on the system, a numerical kinetic model is performed, taking into account four levels for methane and two levels for oxygen. In this way, we build a system of four coupled differential equations, which consider all the vibrational and vibro-translational exchanges that occur between the molecules present in the system (N_2 , O_2 y CH_4). Moreover, it takes into account a diffusion term related to the deactivation of the oxygen molecules at the cell walls. The experimental results from prepared mixtures are fitted using a unique parameter, which corresponds to the diffusion term, with the objective of predicting the photoacoustic signal from methane in natural samples.

Keywords: Photoacoustics, OPO, Methane.

una pérdida de la linealidad como consecuencia del agregado de oxígeno. Esto se debe al intercambio de energía vibracional entre los niveles ν_4 (1306 nm) del metano y ν del oxígeno (1554 nm). Los largos tiempos de relajación vibración-traslación del oxígeno hacen que la energía acumulada se pierda por difusión contra las paredes de la celda en lugar de convertirse en calor. Con el objetivo de comprender la influencia en el sistema de estos intercambios de energía se realiza un modelo cinético numérico considerando cuatro niveles para el metano y dos niveles para el oxígeno. De este modo se obtiene un sistema de cuatro ecuaciones diferenciales acopladas, que tiene en cuenta todos los intercambios vibracionales y vibro-traslacionales que ocurren entre las tres moléculas presentes en el sistema (N_2 , O_2 y CH_4). Además se incluye un término de difusión que representa las pérdidas de energía del sistema debido a choques de moléculas de oxígeno contra las paredes. Se ajusta el modelo sobre mediciones en muestras realizadas en el laboratorio, utilizando un único parámetro que corresponde al término de difusión con el objetivo es predecir la amplitud de la señal fotoacústica proveniente de metano en muestras naturales.

Palabras clave: fotoacústica, OPO, metano.



AN ASSESSMENT THROUGH RADIATION TRAPPING OF THE DYNAMIC POPULATIONS IN NEON

V. D'Accurso, F.A. Manzano
CEILAP (CITEDEF-CONICET). Argentine.
vdacurso@citefa.gov.ar

We determined, by processing fluorescence signals, the population density of the atomic states pertaining to the first and second excited configuration of neon. Our measurements addressed the stationary state and the transient response when two levels



MEDICIÓN DE LAS POBLACIONES DINÁMICAS DEL NEÓN POR MEDIO DEL ATRAPAMIENTO DE RADIACIÓN

Por medio de un método de procesamiento de las señales de fluorescencia medimos las densidades de población de los niveles de la primera y segunda configuraciones excitadas del Neón estacionarias y sus evoluciones temporales al ser acoplados un par de niveles

are coupled through a laser pulse. Our method stems from the radiation trapping phenomenon that takes place between the two configurations and allows writing a set of equations on the population densities, solvable by the least square method. The coefficients of each equation are found by measuring the stationary and the induced transient fluorescence in transitions from a given upper level to a pair of states of the first configuration. This system, with more equations than unknowns, brings more accurate results because it is less sensitive to the unavoidable noise. This way, we obtained the absolute population densities of the first configuration with an approach simpler than the absorption method. From the computed values we estimate several coefficients related to processes that influence the population densities in low-pressure gaseous discharges.

Keywords: laser photophysics, induced fluorescence, gaseous discharges, neon.

de las configuraciones por un pulso láser. El método se basa en aprovechar el fenómeno de atrapamiento de radiación que ocurre entre ambas configuraciones y que posibilita establecer un sistema de ecuaciones cuya resolución por cuadrados mínimos permite determinar dichas densidades. Cada ecuación se establece con las medidas de intensidad de fluorescencia estacionaria e inducida de transiciones que se originan desde un mismo nivel superior a un par de niveles de la primera configuración. Utilizando un sistema de ecuaciones sobredeterminado se logra mejorar la precisión de las determinaciones al minimizar la influencia de la relación señal a ruido de las mediciones. De esta forma se obtuvieron los valores absolutos de las densidades de población de la primera configuración de una manera más sencilla que por el método de absorción.

A partir de los valores obtenidos se estiman diversos coeficientes que están asociados a procesos que afectan las densidades de población de los niveles en descargas eléctricas de baja presión.

Palabras clave: atrapamiento de radiación, fluorescencia inducida, descargas gaseosas, neon.



ANALYSIS Si/Al RATIO IN ZEOLITES TYPE FAU BY LASER INDUCED BREAKDOWN SPECTROSCOPY (LIBS)

**L. Muñoz, W.A. Contreras, S. Villamizar,
R. Cabanzo, E. Mejía-Ospino**
Univ. Industrial de Santander. Colombia.
emejia@uis.edu.co

Laser Induced Plasma Spectroscopy (LIPS or LIBS) is an alternative elemental analysis technology based on the optical emission spectra of the plasma produced by the interaction of high-power laser with gas, solid and liquid. The increasing popularity of this technique is due to the ease of the



ANÁLISIS DE LA RELACIÓN Si/Al RATIO IN ZEOLITAS TIPO FAU MEDIANTE LA ESPECTROSCOPIA DE PLASMA INDUCIDA POR LÁSER (LIBS)

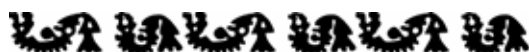
Las zeolitas son aluminosilicatos nanoporosos conformados principalmente por tetraedros de óxido de silicio y aluminio. Presentan estructuras cristalinas altamente simétricas con canales de dimensiones moleculares que le confieren a estos materiales propiedades fisicoquímicas apreciables. La actividad catalítica de las

experimental set-up and to the wide flexibility in the investigated material that does not need any pre-treatment of the sample before the analysis. In this work, Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) is used to determine the Si/Al ratio of Zeolite type FAU. The catalytic activity of zeolite is strongly dependent of the Si/Al ratio. We have used the spectral region between 250-266 nm to determine temperature of the plasma generated on pelletized sample of zeolite. This region, also, it was used to determine the Si/Al ratio.

Keywords: LIBS, Zeolites.

zeolitas es altamente dependiente de la relación Si/Al en su estructura cristalina, ya que la presencia de aluminio genera sitios ácidos de Bronsted con un alto grado de reactividad. Debido a esto, es de gran interés conocer dicha relación Si/Al; para esto, se utilizó la espectroscopia de emisión de plasma por acoplamiento inductivo (ICP), espectroscopia de absorción atómica (AAS) y espectroscopia de fluorescencia de Rayos-X (XRF). Estas técnicas proporcionan buenos resultados, sin embargo, son costosas. En este trabajo, mediante la espectroscopia de plasma inducida por láser (LIBS) se buscó determinar la relación Si/Al de una zeolita comercial tipo FAU aplicando el método de Boltzmann para el cálculo de la temperatura del plasma. Se utilizó como fuente de excitación un láser de Nd:YAG operando a 532nm y 10Hz de frecuencia. Las muestras de zeolitas fueron dispuestas como pastillas. El haz láser fue enfocado con un lente esférico y la emisión del plasma fue recolectada a 90°. El sistema de detección fue una cámara CCD (128 H, Princeton Instruments)

Palabras clave: LIBS, Zeolitas.



QUALITATIVE STUDY OF METAL CONTENT IN HONEY SAMPLES BY LASER INDUCED BREAKDOWN SPECTROSCOPY (LIBS)

C. Chacín, J. Guerrero, E. Mejía-Ospino,
R. Cabanzo
Univ. Industrial de Santander. Colombia.
rcabanzo@uis.edu.co

Honey has contents of many metals. Most of these metals came from soil and flower nectar used in honey production. Environmental pollution and other pollution sources introduced by man increase the presence of dangerous components. Elements like Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb and Zn pollutes honey and decreases its quality. In our country there is no legislation about



ESTUDIO CUALITATIVO DEL CONTENIDO DE METALES EN MUESTRAS DE MIEL MEDIANTE ESPECTROSCOPIA DE PLASMA INDUCIDO POR LÁSER - LIBS

La miel es un alimento producido por las abejas a partir del néctar de las flores y está compuesta principalmente por carbohidratos y en una menor proporción por proteínas, vitaminas y minerales. En la miel también están presentes varios metales a nivel de trazas. La mayoría de estos metales provienen del suelo y del néctar de las flores con las cuales se elabora la miel. La polución ambiental y otras fuentes de

allowed trace levels of these elements.

Many emission and absorption spectroscopic techniques have been used for the analysis of honey metal content. In this study, for the first time, the Laser induced Breakdown Spectroscopy technique has been implemented for the qualitative analysis of honey metal content. This technique has the advantage of being fast and economic, because it almost doesn't need sample preparation.

The Atomic and Molecular Spectroscopy Laboratory of the Universidad Industrial de Santander have been developed an experimental system to use this technique in many materials of technological interest, in solid and liquid state. In this study we present an elemental qualitative analysis of many trade honey samples by this technique.

Keywords: honey, LIBS, metals.

contaminación introducidas por el hombre incrementan la presencia de elementos peligrosos para la salud. Elementos como Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb y Zn contaminan la miel y disminuyen la calidad de la misma. En nuestro país no hay legislación respecto a los niveles de trazas permitidos de estos elementos.

Se han utilizado diversas técnicas de espectroscopia atómica de absorción y emisión para el análisis del contenido metálico de la miel. En este estudio se implementó por primera vez la técnica de espectroscopia de plasma inducido por láser (LIBS) para el análisis cualitativo del contenido metálico de muestras de miel. Esta técnica espectroscópica presenta la ventaja de ser rápida y económica ya que requiere de poco procesamiento de la muestra.

El Laboratorio de Espectroscopia Atómica y Molecular de la Universidad Industrial de Santander ha desarrollado un sistema experimental para utilizar esta técnica en diferentes materiales de interés tecnológico en estado sólido y líquido. En este estudio se presenta un primer análisis elemental cualitativo de diferentes muestras de miel de abejas comerciales, mediante dicha técnica.

Palabras clave: miel, LIBS, metales,



LASER INDUCED BREAKDOWN SPECTROSCOPY WITH MULTIPULSE EXCITATION. PROTOTYPE AND APLICATIONS

**L. Moreira¹, L.V. Ponce¹, M.A. Arronte¹,
Y. Pérez¹, T. Flores¹, B. Lambert¹,
O. Cruzata¹, J.L. Cabrera¹, A. Borges¹,
A. Ponce¹, I. Ravelo²**

¹Havana University. Cuba.

²National Center for Conservation,
Restoration and Museology. Cuba.
moreira@fisica.uh.cu

The development of a portable and economical prototype that allows making atomic emission spectroscopy using a laser

ESPECTROSCOPIA DE PLASMA INDUCIDO POR LASER CON EXCITACIÓN MULTIPULSO. PROTOTIPO Y APLICACIONES.

Se presenta el desarrollo de un prototipo portátil, económico, que permita realizar espectroscopia de emisión atómica

like source is presented. The equipment, integrated by a burst-mode Q-Switched Nd:YAG laser, a stereoscope and a spectrometer brings about the ablation of the material by means of a pulse laser of short duration and high energy giving rise to the formation of a plasma. Analyzing the plasma is possible to obtain the characteristic spectra of the elements that constitute the studied material. A characterization of the equipment was made, that evidenced the increase of the signal-background ratio due to subsequent plasma excitation by high power short pulses. Some results, obtained under environmental conditions in the identification of elements of patrimonial objects, are exposed.



Keywords: laser spectroscopy.



APPLICATION OF LIBS AND THE TAGUCHI METHOD IN RECYCLING OF ALUMINUM JUNK BY MELTING

G. Tufiño Zúñiga¹, C. Costa Vera
Escuela Politécnica Nacional. Ecuador.
gabrielatufinio@gmail.com

In this work we present the application of qualitative elementary analysis by LIBS (Laser-induced Breakdown Spectroscopy)

utilizando como fuente un láser. El equipo, compuesto por un láser de Nd:YAG en régimen de Q-Switch que emite en modo multipulso, un estereoscopio y un espectrómetro, provoca la ablación del material mediante un pulso láser de alta energía y corta duración dando lugar a la formación de un plasma. Mediante el plasma es posible obtener espectros por medio de la emisión característica de los elementos presentes en la muestra. Una caracterización del equipo es realizada en la cual se evidencia el incremento de la relación señal-ruido debido a la excitación adicional de los multipulsos y se exponen algunos resultados obtenidos bajo condiciones ambientales en la identificación de la materia de objetos patrimoniales.

Palabras clave: espectroscopía láser.



APLICACIÓN DE LIBS Y EL MÉTODO DE TAGUCHI EN EL RECICLAJE DE CHATARRA DE ALUMINIO POR FUNDICIÓN

En este trabajo se presenta la aplicación del análisis elemental cualitativo por LIBS (Laser-Induced Breakdown Spectroscopy)

of different types of aluminum junk reused in the recycling industry through melting. The technique LIBS is an efficient method for the detection of trace elements or contaminants in solid materials. LIBS uses a laser pulse focused on the surfaces of the sample and upon impact, generates a plasma. The light emitted as this plasma cools down permits detecting through their characteristic peaks elements present in the sample and also defines unique spectral profiles for the whole sample. We investigated the spectral characteristics of five types of junk: structural profiles, beer cans, corrugate plates and boxes for electronic circuits in search of identifying the main impurities in the different aluminum alloys. Afterwards we utilized a statistic method of clustering on the spectral library of the spectra of the individual junk types to create a spectral reference frame. Later we used this framework to support meaningful classification and analysis of spectra from mixed probes after the melting process. In order of analyzing different combination ratios of junk types over an optimized number of tests, we used Taguchi's method with five factors (the junk types) which gave a total of thirteen experiments (mixer). The junk mixtures were melted in a gas oven in the proportions provided by the previous statistical analysis and were the poured in sand molds, which is the most used approach in the local recycling industry. It is shown that LIBS together with proper statistical tools permits controlling the quality of the final products, by means of the spectral comparison of the material before and after the melting process, with the mixing ratios indicated. Further we hope to be able of monitoring chemical elements that might be added or evaporated from the molten metal. In the industrial milieu the method hereby introduced will help reduce the time of analysis of the materials and detecting impurities before processing.

Keywords: aluminum junk, melting, aluminum recycling, LIBS, Taguchi method.

de diferentes tipos de chatarra de aluminio utilizados en la industria del reciclaje por fundición. La técnica LIBS es un método eficiente de detección de elementos de traza o contaminantes en materiales sólidos que utiliza un pulso láser focalizado sobre la superficie de una muestra. El impacto del laser genera un plasma que al enfriarse permite detectar por medio de picos espectrales característicos los elementos contenidos y definir perfiles espectrales únicos de las muestras. Investigamos las características espectrales de cinco tipos de chatarra: retazos de perfiles, latas de cerveza, planchas corrugadas y cajas de circuitería electrónica para identificar las impurezas principales en los diferentes tipos de aleaciones de aluminio. Luego se utilizó el método estadístico de clústeres para clasificar la librería espectral creando un marco referencial sobre el cual analizar el efecto de las mezclas y la fundición de la chatarra en los productos finales del proceso de reciclaje. Para optimizar el número y cantidades en el proceso de mezcla de chatarra previa a la fundición se usó el método de Taguchi con cinco factores para dar un total de hasta trece experimentos (mezclas). Para el proceso de reconversión de la chatarra utilizamos un horno de fundición a gas en donde se fundió el metal en proporciones dadas por los resultados estadísticos previos y se coló en moldes realizados en arena, que es el método de moldeo mas aplicado en la industria local de reciclaje. Se demuestra que la técnica LIBS sumada a las herramientas estadísticas permite controlar la calidad del producto final, al comparar el material antes y después de fundirlo, bajo las tasas de mezcla indicadas. Con esto se espera además obtener resultados cualitativos de los elementos que se incorporan o evaporan durante el proceso de conversión. La metodología introducida permitirá en el entorno industrial, disminuir el tiempo de análisis de las muestras y determinar impurezas antes de su fundición.

Palabras clave: chatarra de aluminio, fundición, reciclaje de aluminio, LIBS, método Taguchi.



**A BASIS OF PENCIL AS A
SUBSTRATE FOR ANALYSIS OF
DISSOLVED SALTS IN LIQUIDS BY
LIBS**

J.D. Jijón Valdivieso, C. Costa Vera
Escuela Politécnica Nacional. Ecuador.
judijival@hotmail.com

The use of laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) together with a pencil lead substrate for the quantitative analysis of salts dissolved in liquids provides is introduced as a very efficient and sensitive analytical method. In this work we have compared five substrates over which aqueous solutions of salts were left to dry, and then submitted for analysis with LIBS. These were silicon wafer, graphite, polycarbonate, compacted activated carbon, and a stainless steel surface scratched with HB pencil. The comparison was based in analytical parameters such as the sensitivity and linearity of each substrate. We found that from these, the surfaces of graphite and a steel surface scratched with pencil HB gave the best results. The last substrate is introduced for LIBS analysis for the first time at the best of our knowledge and provides an economical and sensitive solution for this problem. For this comparison we measured the cations of ten salts in total, of which only strontium nitrate, $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$, lithium sulphate, LiSO_4 , rubidium chloride, RbCl , and barium chloride, BaCl , were used for a final assessment. The concentrations investigated in this last case were 1, 3, 5, 10, 15, 25, 50, 75, and 100 ppm for the graphite and the HB substrate. The concentration of the salt (cation) in the solution was made to correspond to the areas of specific peaks for each corresponding atom. The correlation was linear but the brute averages often had high errors due to extensive fluctuation in the intensity of the spectra, typical from LIBS. In this work, a method for automatic spectra picking and outlier dismissal is also introduced which compares the results for a given concentration with those of the average from the lower and higher concentrations. The method is rationalized in that it permits averaging only spectra produced by medium size crystals in the deposit left by the drying

**UNA BASE DE LÁPIZ COMO
SUBSTRATO PARA ANÁLISIS DE
SALES DISUELTAS EN LÍQUIDOS
POR LIBS**

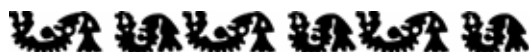
En este trabajo se introduce la aplicación de LIBS (Laser-Induced Breakdown Spectroscopy) junto con un substrato rayado con lápiz HB para el análisis cuantitativo de sales disueltas en líquidos provistas como un método analítico muy eficiente y sensitivo. Para esto, se han comparado cinco substratos sobre los cuales se dejaron secar soluciones en agua de sales, cuyos depósitos se analizaron posteriormente con LIBS. Las superficies fueron wáfer de silicio, grafito, policarbonato, carbón activado compactado, y una superficie de acero rayada con lápiz HB. Las comparaciones se basaron en parámetros analíticos tales como sensibilidad y linealidad. Se encontró que de éstas, las superficies de grafito y la de acero rayado con lápiz HB dieron los mejores resultados. En este trabajo, se introduce por primera vez en LIBS este último substrato, el mismo que constituye una solución económica y sensitiva para este problema. Para esta comparación se midieron los cationes de 10 sales en total, de las cuales únicamente el nitrato de estroncio, $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$, sulfato de litio, LiSO_4 , cloruro de rubidio, RbCl , y cloruro de bario, BaCl , fueron usados para la evaluación final. Las concentraciones usadas para este último caso con los substratos de grafito y lápiz HB fueron 1, 3, 5, 10, 15, 25, 50, 75, y 100 ppm. La concentración de la sal (catión) en la solución se hizo corresponder con áreas de picos específicos para cada átomo. La correlación fue lineal, pero los promedios en bruto a menudo mostraron errores grandes debido a la extensa fluctuación en la intensidad del espectro, típica de LIBS. Como parte adicional de este trabajo, se desarrolló un método para la selección automática de picos y la eliminación de outliers, el mismo que compara los resultados para una concentración dada con los promedios de las concentraciones superior e inferior inmediatas. El método se

of the liquid, leaving aside those coming from too big or too small crystals, that affect the average. This spectra selection method produces better linearity and much smaller errors that translate into correlation coefficients closer to 1. The results in this work demonstrate the analytical power of this technology for analytical applications in environmental or industrial applications.

Keywords: LIBS, quantitative analysis, liquid analysis, pencil lead, graphite.

puede racionalizar, al decir que permite promediar únicamente los espectros producidos por cristales de tamaño intermedio de los depósitos dejados por el secado del líquido, mientras que deja de lado los espectros de cristales muy grandes o muy pequeños que afectan al promedio. Este método de selección de espectros produce una mejor linealidad y errores más pequeños lo que a su vez permite tener coeficientes de correlación más cercanos a uno. Los resultados de este trabajo demuestran el poder analítico de esta tecnología para aplicaciones al medio ambiente o aplicaciones industriales.

Palabras clave: LIBS, análisis cuantitativos, análisis de soluciones, LIBS, lápiz HB, grafito.



OPTICAL SPECTROSCOPY OF SYNTHETIC AND NATURAL EMERALDS

**M.A. Sánchez-Alejo¹, H. Murrieta¹,
J.M. Hernández¹, E. Camarillo García¹,
T. Calderón²**

¹UNAM. Mexico.

²Univ. Autónoma de Madrid. Spain.

marco@fisica.unam.mx

Emeralds are appreciated in jewelry activities as a gemstone. This work deals with synthetic emeralds, in spite of the fact that they are depreciated into the jewelry industries. It would be a good purpose to know about their optical properties due to impurities; that on the other hand can be controlled during the growing process. The green color in emeralds arises because of the presence of trivalent ions, chromium, in a site of octahedral symmetry. Absorption spectroscopy is a good tool to study the optical properties of emeralds. Two broad bands being obtained in the visible range and two narrow bands at 682.4 and 684 nm, named R lines. The absorption spectra



ESPECTROSCOPIA ÓPTICA DE LA ESMERALDAS SINTÉTICA Y NATURAL

La esmeralda es muy apreciada dentro de la actividad de la joyería como gema preciosa. En el caso presente se trata de esmeraldas sintéticas que aunque de valor comercial bajo, es deseable conocer sus propiedades ópticas debido al control de impurezas que se da en el laboratorio. En la esmeralda el color verde tiene lugar por impurezas de iones de cromo trivalente en sitio de octaedro. El estudio óptico indica la existencia de dos bandas anchas -tal como la esmeralda natural- que permiten el paso de la parte verde del espectro visible y algunas líneas estrechas, en 682.4 y 684nm, llamadas líneas R. El espectro de absorción corresponde a Cromo trivalente en sitio

obtained for all samples correspond to trivalent Chromium ions at octahedral site, as chromium in ruby and alexandrite. Emission spectroscopy at room temperature results in a broad band arising at 640 to 840 nm being, the emission spectra, more complex when obtained at temperatures around 18K. The present work deals with natural and synthetic emeralds, respectively.

Keywords: absorption spectroscopy, emission spectroscopy.



COOPERATIVE EMISSION IN ION IMPLANTED Yb:YAG WAVEGUIDES

V. Vázquez¹, H. Desirena¹, E. De la Rosa¹,
E. Flores-Romero², H. Márquez³,
J. Rickards², R. Trejo-Luna²

¹CIO. Mexico.

²UNAM. Mexico.

³Centro de Investigación Científica y de
Educación Superior de Ensenada. Mexico.
gvvazquez@cio.mx

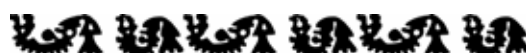
In this work we report the analysis of spectroscopic properties of waveguides fabricated by ion implantation in YAG doped with Yb³⁺ ions. Under 980-nm excitation, 3 emission bands were detected in the blue, green and red regions. The blue emission is predominantly strong which can be explained by a cooperative process between ytterbium ion pairs, leading to emission centered at 486 nm. The green and red emission bands are caused by Er³⁺ traces. The results include absorption and emission curves as well as decay rates.

Keywords: optical waveguides, Yb:YAG, cooperative emission, ion implantation



octaedral, como en el rubí o la Alejandrita. Por otro lado, la emisión tiene lugar desde 640 a 840 nm. (a temperatura ambiente) dicho espectro cambia radicalmente en estructura cuando la emisión tiene lugar a temperatura de 18 K. En el presente trabajo, se realiza el estudio de espectroscopia óptica entre las esmeraldas de origen natural y sintético, respectivamente.

Palabras clave: espectroscopía de absorción, espectroscopía de emisión.



EMISIÓN COOPERATIVA EN GUÍAS DE Yb:YAG FABRICADAS MEDIANTE IMPLANTACIÓN IÓNICA

En este trabajo hemos analizado las características espectroscópicas de guías de onda fabricadas mediante implantación iónica en YAG dopado con iones de Yb³⁺. Con una fuente de excitación de 980 nm, 3 bandas de emisión fueron observadas en el azul, verde y rojo. La emisión azul es predominantemente fuerte y este fenómeno se explica a través de un proceso cooperativo entre pares de iones de iterbio dando como resultado una emisión centrada en 486 nm. Las bandas de emisión en el verde y rojo son causadas por trazas de impurezas de Er³⁺. Las mediciones incluyen curvas de absorción y emisión así como tiempos de decaimiento.

Palabras clave: guías de onda, Yb:YAG, emisión cooperativa, implantación iónica.



**STUDY OF SiO₂ SPHERES BY LASER
NEPHELOMETRY**

**R.Y. Sato Berrú, J.O. Flores Flores,
A.R. Vásquez Olmos, J.M. Saniger**
UNAM, Mexico.
roberto.sato@ccadet.unam.mx

Nephelometry is a technique based on the principle that a dilute suspension of small particles will scatter light (usually a laser) passed through it rather than simply absorbing it. The amount of scatter is determined by collecting the light at an angle (usually about 70 or 90 degrees). This technique is widely used in clinical laboratories because it is relatively easily automated. In this work was developed a quantification method for SiO₂ spheres (600–10nm) in colloidal aqueous suspensions based on optical light scattering (nephelometry). Too, it can register in-situ the formation of the SiO₂ spheres. This technique shows a great expectation and can be done with a conventional spectrometer and with an excitation line at 632.8 nm.

Keywords: nephelometry, SiO₂ spheres.

**ESTUDIO DE ESFERAS DE SiO₂
SPHERES MEDIANTE LÁSER
NEFELOMETRÍA**

Nefelometría es una técnica basada en el principio que una suspensión diluida de partículas pequeñas esparcirá luz (usualmente un láser) que lo atraviesa en lugar de simplemente absorberlo. La cantidad esparcida es determinada colectando la luz a un ángulo (normalmente entre 70 a 90 grados). Esta técnica se usa ampliamente en los laboratorios clínicos porque se automatiza fácilmente. En este trabajo se presenta un método de cuantificación para esferas de SiO₂ (600 a 10nm) en suspensiones coloidales acuosas basadas en esparcimiento de luz (nefelometría). También, puede registrar in-situ la formación de las esferas de SiO₂. Esta técnica muestra una gran expectativa y puede hacerse con un espectrómetro convencional y con una línea de excitación en 632.8 nm.

Agradecimientos: Los autores desean agradecer al Fondo de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica del Gobierno del D.F., PAPIIT y CONACYT por los recursos brindados.

Palabras clave: nefelometría, esferas de SiO₂.



**OPTICAL INSTRUMENTATION FOR
THE LASER SPECTROSCOPY
SYSTEM LIBS**

R. Sánchez, M. Asmad, G. Baldwin

PUCP. Peru.

ruben.sanchez@pucp.edu.pe

The spectroscopy technique LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy) has demonstrated, in recent decades, its efficiency to perform real-time elemental analysis in various applications, for which, the adjustment of the optical systems plays an important role for each application. Among the stages of the optical system, we can mention: the focusing optical system for plasma generation and the optical collector system to capture the light from plasma.

This paper shows some criteria for designing and implementing both the focusing optical system, according to the required crater size on the surface of the sample under study; and the optical collector system, according to the numerical aperture of the spectrometer to be used to analyze the light and the space required to manipulate the sample, among others. In addition, we present the optical instrumentation for LIBS system applied to the analysis of archaeological samples.

Keywords: LIBS, spectroscopy, optical systems, light collector.

**INSTRUMENTACIÓN ÓPTICA PARA
UN SISTEMA DE ESPECTROSCOPIA
LÁSER LIBS**

La técnica de espectroscopia LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy) ha demostrado en estas últimas décadas su gran eficiencia para realizar análisis elemental en tiempo real en diversas aplicaciones, para lo cual es de gran importancia adaptar los sistemas ópticos de acuerdo a la aplicación deseada. Entre las etapas del sistema óptico podemos mencionar: el sistema óptico de focalización, para la generación del plasma, y el sistema óptico colector, para captar la luz proveniente del plasma.

En este trabajo se muestran algunos criterios a seguir para diseñar e instrumentar el sistema óptico de focalización, de acuerdo al tamaño de cráter, requerido sobre la superficie de la muestra en estudio; y el sistema óptico colector, de acuerdo a la apertura numérica del espectrómetro que se va a utilizar para analizar la luz y el espacio requerido para manipular la muestra, entre otros. Además se presenta la instrumentación óptica de un sistema LIBS aplicado al análisis de muestras arqueológicas.

Palabras clave: LIBS, espectroscopia, sistemas ópticos, colector luz.



**DETERMINATION OF METALIC
ALLOY COMPOSITION IN MOCHE
FUNERAL MASKS FROM
ELEMENTAL ANALYSIS TECHNIQUE
WITH LASER SPECTROSCOPY LIBS**

**R. Sánchez¹, M. Asmad¹, G. Baldwin¹,
A.C. Mauricio Llonto², L.J. Castillo²**

¹PUCP. Peru.

²Programa Arqueológico San José de Moro.

PUCP. Peru.

ruben.sanchez@pucp.edu.pe

Within the archaeological site of San José de Moro, northern Peru, have found tombs of the Moche culture, which contain valuable archaeological materials (ceramics, metal, bone, etc.) to investigate their society. One of the requirements of the archaeological program has been to find the type of alloy content in the funerary masks. Archaeologists working at this program have been aware of the efficiency of the spectroscopic technique LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy), and consider it as a non-destructive analysis. So have decided to analyze two metal masks using LIBS to determine the type of alloy in specific areas and determine the appropriate metal alloy.

In this paper, we present the experimental setup of LIBS, which was implemented in our Laboratory of Optics, besides the elemental analysis in certain areas of the two masks: eyes, cheeks, forehead and chin, indicating the alloy in each area and the difficulties in analyzing.

Keywords: LIBS, spectroscopy, funeral masks, elemental analysis, alloy.

**DETERMINACIÓN DE LA ALEACIÓN
METÁLICA EN MÁSCARAS
FUNERARIAS DE LA CULTURA
MOCHE A PARTIR DEL ANÁLISIS
ELEMENTAL CON LA TÉCNICA DE
ESPECTROSCOPIA LÁSER LIBS**

Dentro del sitio arqueológico de San José de Moro, norte del Perú, se han encontrado tumbas de la cultura Moche, las cuales contienen valioso material arqueológico (cerámicas, piezas metálicas, huesos, entre otros) para investigar esta sociedad. Uno de los requerimientos del programa arqueológico ha sido encontrar el tipo de aleación contenidos en las máscaras funerarias de la cultura Moche.

Los arqueólogos que trabajan en este programa han tenido conocimiento de la eficiencia de la técnica espectroscópica LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy), y la consideran como un análisis no destructivo. Por lo que han decido analizar dos máscaras metálicas mediante LIBS para conocer el tipo de aleación en zonas específicas y determinar la aleación metálica correspondiente.

En este trabajo, se presenta el arreglo experimental de LIBS, el cual fue implementado en nuestro Laboratorio de Óptica; además del análisis elemental en ciertas zonas de las dos mascarar: ojos, mejillas, frente y mentón; indicando la aleación de cada zona y las dificultades en el análisis.

Palabras clave: LIBS, espectroscopia, máscara funeraria, análisis elemental, aleación.



**STUDY AND IDENTIFICATION OF
SECRETED PROTEASES FROM
TAENIA SOLIUM ONCOSFERES IN
VITRO USING FLUORESCENCE
MICROSCOPY**

**D. Rueda¹, J. Rivero¹, M. Verastegui¹,
R. Gilman², M. Zimic¹**

¹Univ. Peruana Cayetano Heredia, Peru.

²Johns Hopkins Bloomberg School of Public
Health, USA.

ldrueda.raez@gmail.com

The Cysticercosis/Taeniasis is a disease caused by *Taenia solium* that affects humans and pigs. The cysticercosis is a disease caused by the larval stage of the *Taenia solium* and it is an endemic problem in Peru, being the neurocysticercosis one of the main causes of epilepsy in the world. It is known that the ingestion of *Taenia solium* eggs by humans, called oncospheres, develops in this the adult stage of the *Taenia solium*, being its mechanism of infection not very well known. Previous studies of our group reported that oncospheres of *Taenia solium* upon being activated and maintained to a temperature of 37°C under the same conditions found in the intestine secrete proteases (enzymes that degrade other proteins). We believe that these proteases would mediate the degradation of the intestinal wall permitting to the oncosphere to cross the intestinal wall, to arrive at the bloodstream and to be disseminated all over the body. Now, using a cell peltier we have designed a small humidity chamber and a electronic temperature controller that adapted to our fluorescence microscope permit us to study the oncospheres for long periods a controlled temperature of 37° C; to take pictures and videos of them. Thus, incubating the oncospheres with a medium containing specific fluorescent substrates for diverse families of proteasas for the first time we have found that the secretion of these proteasas in the oncospheres of *Taenia solium* is given by means of vesicles, that are small cell compartments that after being secreted by the oncosphere they free their content outside the it. We have observed and registered by means of images internal vesicles in the oncospheres as well as vesicles already secreted to the exterior

**ESTUDIO E IDENTIFICACION DE
PROTEASAS SECRETADAS POR
ONCOSFERAS DE *TAENIA SOLIUM*
IN VITRO USANDO MICROSCOPIA
DE FLUORESCENCIA**

La Cisticercosis/Taeniasis es una enfermedad causada por la *Taenia solium* que afecta humanos y chanchos. La cisticercosis es una enfermedad causada por el estado larval de la *Taenia solium* y es considerada una enfermedad endémica en el Perú, siendo la neurocisticercosis una de las principales causas de epilepsia en el mundo. Se conoce que la ingestión de huevos de *Taenia solium* por humanos, llamadas oncosferas, desarrolla en este el estadio adulto de la *Taenia solium*, siendo este mecanismo de infección no entendido completamente en la actualidad.

Estudios previos de nuestro grupo reportaron que oncosferas de *Taenia solium* al ser activadas y mantenidas a una temperatura de 37°C y bajo las mismas condiciones encontradas en el intestino secretan proteasas (enzimas que degradan otras proteínas). Nosotros creemos que estas proteasas mediarían la degradación de la pared intestinal permitiendo a las oncosferas atravesar el intestino, llegar al torrente sanguíneo y diseminarse por todo el cuerpo.

Ahora, utilizando una célula peltier hemos diseñado una pequeña cámara húmeda y un controlador de temperatura electrónico que se adapta a nuestro microscopio de fluorescencia permitiéndonos estudiar las oncosferas por períodos largos a una temperatura controlada de 37°; tomando fotos y videos de ella. Así, incubando las oncosferas con un medio conteniendo substratos fluorogenicos específicos para diversas familias de proteasas por primera vez hemos encontrado que la secreción de estas proteasas en las oncosferas de *Taenia solium* se da mediante vesículas, que son pequeños compartimiento celulares utilizados para secretar diversos compuestos

medium. Being the substrates we use degenerated, some different proteases could hydrolyze it, thus uses of specific protease inhibitors which will inhibit the fluorescence is helping us to determine the identity of this proteases. At present we have preliminary results and images of this study, but it is not finished yet.

Keywords: Taenia solium, oncosfera, proteasas, microscopía de fluorescencia.

y que liberan si contenido fuera de la oncosfera. Hemos observado y registrado mediante imágenes vesículas internas en la oncosferas así como vesículas ya secretadas al medio exterior. Siendo estos substratos utilizados degenerados, más de un tipo de proteasa podría hidrolizarlo, utilizamos inhibidores específicos para diferentes proteasas de tal manera que podemos inhibir la fluorescencia generada por ellas y así poder identificar la identidad de esta enzima. Actualmente tenemos resultados e imágenes preliminares de este estudio, el cual aun no está terminado.

Palabras clave: Taenia solium, oncosferas, proteasas, microscopia de fluorescencia.



MEASUREMENTS OF TWO-PHOTON ABSORPTION CROSS-SECTION OF Xe FOR LASER SPECTROSCOPIC TECHNIQUES CALIBRATION

M.C. Pérez, M.I. De la Rosa,
K. Grützmacher, L.M. Fuentes
Univ. de Valladolid. Spain.
delarosa@opt.uva.es

In the last years, the Laboratory of Laser Spectroscopy in Valladolid University (Spain) has been dedicated to the development of new spectroscopy techniques for the diagnosis of plasmas far off thermodynamic equilibrium, i.e. plasmas for technological application and combustion systems. In this field of plasma diagnostics, tools are demanded for quantitative measurements of atomic ground state density for species like hydrogen, carbon, nitrogen and oxygen. In our laboratory we have established a high precision two-photon polarization spectroscopy technique, which is not affected by quenching and allows measuring directly the two-photon absorption. It has been used e.g. to determine absolute atomic hydrogen density in quite different



MEDIDA DE LA SECCIÓN EFICAZ DE ABSORCIÓN A DOS FOTONES EN Xe PARA CALIBRACIÓN DE TÉCNICAS DE ESPECTROSCOPIA LÁSER

En los últimos años, el Laboratorio de Espectroscopia Láser de la Universidad de Valladolid (España) se ha dedicado al desarrollo de nuevas técnicas espectroscópicas para el diagnóstico de plasmas fuera del equilibrio termodinámico, es decir plasmas para aplicaciones tecnológicas y sistemas de combustión. En este campo de la diagnosis de plasmas, existe una demanda de medidas de la concentración de átomos en el estado fundamental, en especies tales como hidrógeno, carbono, nitrógeno y oxígeno. En nuestro laboratorio hemos establecido, con gran precisión, la técnica de espectroscopia de polarización a dos fotones que permite la medida directa de la absorción de dos fotones, y no se ve afectada por “quenching”. Se ha utilizado, por ejemplo, para la medida absoluta de la densidad de

environments with an uncertainty as low as 10%.

In general, one of the most extended methods in order to determine the absolute concentration of ground state atoms in plasmas is Laser-Induced Fluorescence (LIF) or, in general, Multi-photon Laser-Induced Fluorescence (MP-LIF). At low pressure, it is a sensitive and quantitative technique. However, with increasing pressure ($p > 1$ kPa) and temperature, the quantitative analysis is only possible if the thermodynamical state of the plasma and all interaction mechanisms are well known. At atmospheric conditions, collisions can be dominant and obtaining quantitative measurements is almost impossible. Nevertheless, different calibration methods have been described in the literature in order to obtain a quantitative interpretation of the LIF signal. Nowadays one of the most popular is the use of calibrated two-photon LIF signal in noble gases, like Xe and Kr, with a two-photon resonance spectrally close to the investigated atomic transition. This kind of comparisons needs a precise knowledge of several atomic parameters like radiative lifetimes of the excited states, their quenching coefficients for different collisions, and the relevant ratios of two-photon excitation cross sections. In this presentation, we will demonstrate the potential of two-photon polarization spectroscopy technique, developed in our laboratory, as a new calibration method for the determination of two-photon excitation cross-sections of the noble gases (Xe), which are commonly used for calibrations of MP-LIF techniques in many other laboratories.

Keywords: laser spectroscopy, plasma diagnostic.

átomos de hidrógeno en plasmas muy diferentes con una incertidumbre de solo el 10%.

En general, uno de los métodos mas extendidos para determinar la concentración del estado fundamental de átomos en plasmas, es la Fluorescencia Inducida por Láser (LIF) o en general Fluorescencia Inducida por varios fotones (MP-LIF). A bajas presiones es un método sensible, sin embargo cuando se incrementan la presión ($p > 1$ kPa) y la temperatura, el análisis cuantitativo solo es posible cuando el estado del plasma y los mecanismos de interacción son bien conocidos. En condiciones atmosféricas las colisiones son dominantes y la obtención de medidas cuantitativas se hace prácticamente imposible. No obstante, en la literatura se describen distintos métodos de calibración para obtener una interpretación cuantitativa de la señal LIF. Actualmente uno de los más extendidos es el uso de señales calibradas de dos fotones LIF en gases nobles, como Xe y Kr, con una resonancia espectral próxima a la transición atómica investigada. Esta clase de comparaciones necesita un conocimiento preciso de muchos parámetros atómicos como el tiempo de vida media de los estados excitados, los coeficientes “quenching” para las colisiones relevantes, así como las secciones eficaces de excitación a dos fotones. En esta presentación, vamos a mostrar el potencial de la técnica de espectroscopia de polarización por absorción a dos fotones desarrollada en nuestro laboratorio, como un nuevo método de calibración para determinar las secciones eficaces de excitación a dos fotones para gases noble como Xe, que son comúnmente usados para calibraciones de técnicas MP-LIF en muchos otros laboratorios.

Palabras clave: espectroscopia láser, diagnosis de plasmas.



**STRATEGIES FOR THE
QUANTITATIVE ELEMENTAL
ANALYSIS BY LASER INDUCED
BREAKDOWN SPECTROSCOPY**

R.J. Lasheras, C. Bello-Gálvez, J. Anzano
Univ. of Zaragoza. Spain.
rlmolina@unizar.es

The present work studies different strategies to quantitative elemental analysis by Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS). The elements analyzed are: Al, Ca, Fe, K, Mg and Si. Different types of sample (fertilizers, geological sample, etc.) are studied. Firstly, the laser-induced plasma plume is characterized at working conditions in order to verify the existence of LTE. Therefore, the plasma temperature and density electron are determined. Secondly, the strategies are evaluated and to obtain quantitative results: i) by using an external references and plotting the calibration curves using standards prepared, ii) by using internal standard's method, iii) and by applying Calibration Free Laser-Induced Breakdown Spectroscopy. In this study, the analytical matrix effects of powdered samples using LIBS, are compared to those observed for the same samples prepared as pressed pellets. Also, the use of argon as buffer gas for quantitative analysis is evaluated.

Keywords: LIBS, quantitative analysis.

**ESTRATEGIAS PARA EL ANÁLISIS
CUANTITATIVO ELEMENTAL
MEDIANTE ESPECTROMETRÍA DE
DESCOMPOSICIÓN INDUCIDA POR
LÁSER**

El presente trabajo se estudian diferentes estrategias para el análisis cuantitativo elemental mediante Espectrometría de descomposición inducida por láser (LIBS). Los elementos analizados son: Al, Ca, Fe, K, Mg y Si. Diferentes tipos de muestras son analizadas: fertilizantes, muestras geológicas, etc. El primer paso se caracteriza el plasma inducido por láser en las condiciones de trabajo para verificar las condiciones de equilibrio termodinámico local (LTE). Por lo tanto la temperatura del plasma y la densidad electrónica son determinadas. Posteriormente, las estrategias son evaluadas y se obtienen resultados cuantitativos: i) mediante un el uso de referencias externas y calcular la curva de calibración utilizando estándares preparados en el laboratorio, ii) mediante el empleo de estándares internos, iii) y aplicando la Calibración libre en la espectrometría de descomposición inducida por laser (CF-LIBS). En este estudio, el efecto matriz de muestras en polvo es comparado con muestras en forma de pastilla. Además, el uso de argón como gas regulador es evaluado.

Palabras clave: LIBS, análisis cuantitativo.



**DESIGN AND CHARACTERIZATION
OF A LASER INDUCED BREAKDOWN
SPECTROSCOPY MICROSCOPE IN
COLLINEAR DOUBLE PULSE
CONFIGURATION**

**V. Piscitelli^{1,2}, A. Fernandez¹,
J. Gonzalez², R. Russo²**

¹Univ. Central de Venezuela. Venezuela.

²Lawrence Berkeley National Lab. USA.

vpiscitelli@yahoo.com

The necessity of nondestructive or very little destructive been accustomed to chemical analyses of sample for the study of samples of high commercial or archaeological value, has forced to the development of new techniques or set of techniques of analyses that replace the conventional spectroscopic analyses. In the last years the Laser Induced Breakdown Spectrometry (LIBS), has led the field of the analysis of been accustomed to samples, by its great versatility of the analysis, as well as the fact that only a single very small portion of the sample is destroyed. On the other hand the Laser Induced Breakdown Spectrometry in the configuration collinear of double pulse (DP-LIBS) has shown to be able to increase the limits of detection of the analyses. It is by that in this work we seted out the design and construction of a confocal microscope of laser ablation that allowed to create craters of ablation in microscopic scale and to combine it with the versatility and improvements that offers the configuration of double pulse - LIBS. For this aim two lasers of Nd-YAG, one worked in their fundamental wavelength (1064 nm) and the other in their fourth harmonic (266 nm), were focused through an achromatic objective quartz lens on a metallic target and the radiation emitted by the plasma was collected axially through a monocromador connected with optical fiber and detected by iCCD camera. Some analytical figures of merit as sensitivity and limit detection were study in order to compare the analysis of micro-LIBS with the analysis with the analysis of micro-DP-LIBS. We found large improvements in these parameters when the analysis of micro-DP-LIBS was used.

**DISEÑO Y CARACTERIZACIÓN DE
UN MICROSCOPIO DE PARA LIBS EN
LA CONFIGURACIÓN COLINEAR DE
DOBLE PULSO**

La necesidad de análisis químicos de muestra solidas no destructivos o muy poco destructivos para el estudio de muestras de alto valor comercial o arqueológico, ha forzado al desarrollo de nuevas técnicas o conjunto de técnicas de análisis que sustituyan los análisis espectroscópicos convencionales. En los últimos años la espectroscopia de plasma inducido por láser (LIBS), ha liderado el campo del análisis de muestras solidas, por su gran versatilidad al momento del análisis de estas muestras, así como el hecho de que solo una porción muy pequeña de la muestra es destruida. Por otro lado la Espectroscopia de plasma inducido por láser en la configuración colinear de doble pulso (DP-LIBS) ha mostrado ser capaz de incrementar los límites de detección de los análisis. Es por esto que en este trabajo nos propusimos el diseño y construcción de un microscopio confocal de ablación laser que permitiera crear cráteres de ablación en escala microscópica y combinarlo con la versatilidad y mejoras que ofrece la configuración de doble pulso – LIBS. Para este fin dos láseres de Nd-YAG, uno trabajado en su longitud de onda fundamental (1064 nm) y el otro en su cuarto armónico (266 nm), fueron focalizados a través de una lente objetivo acromático de cuarzo sobre un estándar metálico y la radiación emitida por el plasma fue colectada axialmente a través de un monocromador acoplado con fibra óptica y detectada por medio de una iCCD. Se estudiaron algunas figuras de merito analíticas como la sensibilidad y los limites de detección a fin de comparar el análisis de micro-LIBS con el análisis con el análisis de micro-DP-LIBS, encontrándose notorias mejoras en estos parámetros cuando se empleaba el análisis de micro-DP-LIBS.

Keywords: laser, LIBS, plasma.

Palabras clave: láser, LIBS, plasma.



CHARACTERIZATION OF LASER – INDUCED PLASMAS BY ATOMIC EMISSION SPECTROSCOPY

**D.M. Díaz Pace, G. Bertuccelli,
C.A. D'Angelo**
UNCPBA. Argentine.
ddiaz@exa.unicen.edu.ar

In this work, the LIBS technique (*Laser-induced breakdown spectroscopy*) is applied to plasma characterization under different experimental conditions. The plasma was produced by focusing a pulsed Nd:YAG laser in air at atmospheric pressure on calcium hydroxide samples with known concentrations of Mg. A model of an homogeneous plasma was used, which reproduces the line profiles by using an algorithm that calculates the optical thickness of the spectral lines, since it contains all the necessary information to perform the analysis and takes into account the effects of self-absorption.

The results obtained showed that a qualitative interpretation of the involved physical processes can be carried out starting from the visualization of the plasma shape together with the features of the spectral lines and quantitative results can be obtained matching the computed profiles to the experimental ones.

Keywords: LIBS, plasma characterization, self-absorption.



CARACTERIZACIÓN DE PLASMAS PRODUCIDOS POR LÁSER MEDIANTE ESPECTROSCOPIA DE EMISIÓN ATÓMICA

En este trabajo se aplica la técnica LIBS (*Laser-induced breakdown spectroscopy*) para la caracterización de plasmas en distintas condiciones experimentales. El plasma fue producido enfocando un láser pulsado Nd:YAG en aire a presión atmosférica sobre muestras de hidróxido de calcio con concentraciones conocidas de Mg. Se utilizó un modelo de plasma homogéneo que reproduce los perfiles de las líneas espectrales mediante un algoritmo que calcula el espesor óptico, dado que contiene toda la información necesaria para el análisis y tiene en cuenta los efectos de la autoabsorción.

Los resultados obtenidos muestran que una interpretación cualitativa de los procesos físicos involucrados puede realizarse a partir de la visualización de la forma del plasma junto con las características de las líneas espectrales y que pueden obtenerse resultados cuantitativos ajustando los perfiles teóricos a los perfiles experimentales.

Palabras clave: LIBS, caracterización, absorción.



LUMINESCENCE FROM CONICAL BUBBLE COLLAPSE

**M. Navarrete, C. Sanchez,
E.V. Mejia-Uriarte, M. Villagran**
UNAM. Mexico.
mmm@pumas.iingen.unam.mx

A summary of experimental findings on the luminescence from bubble collapse, CBL, varying the gas content and perturbing the host liquid is presented. The temporal, spectral, and spatial characteristics of the luminescence long with dynamic features of collapse and the changes in the host liquid are investigated.

CBL was reproduced using Argon gas, (Ar), and 1, 2-propanediol (PD) as host liquid; to which was added small quantities of NaCl (0.6 mol L^{-1}) and H_2SO_4 (0.6 mol L^{-1}). Three systems were studied: PD/Ar, (I), (PD+ H_2SO_4)/Ar, (II), and (PD+ H_2SO_4 + NaCl)/Ar, (III). Temporally, single and multiple light emission events happen as a function of the driving pressure. In general, the pulse shape exhibits a large variety of profiles; even so, there is always a main maximum and up to two local maxima, one occurs before the main maximum and one after. These local maxima are similar to those generated by laser cavitation. Also, at unchanged experimental conditions, the light intensity sequence becomes weak and broad as the number of serial experiments is increased. The luminescence intensity was increased in the following order: III > II > I, and the pulse width exactly in inverse order. Spectrally, the Swan, CH and CN lines were observed at low volume of Ar gas and low driving pressure, lines of OH° , Na^* , K^* always appear superimposed on an underlying continuum background; which almost disappears when certain quantity of NaCl is incorporated into the host liquid. De-excitation of sodium atom at 589 nm and two satellites diffuse bands at ~554 nm and ~620 nm from alkali-metal-argon exciplexes are observed in the systems I, and II under certain conditions, but in the system III only the doublet line of sodium is observed. Spectra acquired from system II, show weak and diffuse emission lines from Ar atom in the near-IR.

All these findings point towards several sources of light emission that are generated

during the compression time line, resulting in temporally and spatially inhomogeneous pulse. The excitation /de-excitation mechanism resulting of analyzing our spectral data, pulse characteristics, changes in the host liquid, dynamic features of collapse and temperatures and pressures predicted by a model, involves: the kinetic energy absorption, chemiluminescence, photolysis and photoluminescence in essence.

Keywords: luminescence, conical bubble.



PHOTOTHERMAL LENS IMMUNOASSAY FOR SENSITIVE DETECTION OF PROTEINS

**N. Melikechi¹, Y. Markushin,
A. Marcano, F. Delima**
Delaware State University. USA.
nmelikechi@desu.edu

We report on a new kind of immunoassay based on the photothermal lens detection of gold nanoparticles and aimed at sensitive detection of proteins. We show that concentration of gold nanoparticles below 1 ppb can be detected using a pump-probe mode-mismatched photothermal lens experiment. Proteins tagged with the nanoparticles can be detected with a similar sensitivity. To demonstrate the efficiency of the proposed immunoassay we use the photothermal method to register small amount of a target protein. In the experiment, about 4 μg of biotin labelled gold nanoparticles in the phosphate buffered saline (with added 3.6% of bovine serum albumin to mimic blood conditions) are mixed with a solution of avidin of different concentration. The thermal lens is generated by 200 mW of second harmonic radiation from a Nd-YAG laser at 533 nm. The lens is tested using the probe light from a low power He-Ne laser at 632 nm. Photothermal lens signal changes according to the concentration of avidin evidencing different levels of aggregation in the complex avidin

and gold labelled biotin solution. The approach does not require complex separation and filtering techniques which are typical for usual immunoassay procedures allowing a direct analysis of the sample. We demonstrate limit of sensitivity of up to 10 ngr of avidin protein.

Keywords: photothermal lens spectrometry, laser based immunoassays, photothermal effects.



REMOTE SENSING OF STRATOSPHERIC O₃ AND NO₂ USING A PORTABLE AND COMPACT DOAS SPECTROMETER

**M. Raponi¹, R. Jiménez², E. Wolfram¹,
J.O. Tocho³, E. Quel¹**

¹CEILAP (CITEFA-CONICET). Argentine.

²Univ. Nacional de Colombia. Colombia

³Centro de Inv. Ópticas. Argentine.

mraponi@citefa.gov.ar

The development of passive and active remote sensing systems has largely contributed to advance our understanding of important atmospheric phenomena. We present the design and development of a compact and portable passive DOAS system for the measurement of the vertical column density (VCD) of multiple atmospheric trace gases. We highlight the main characteristics of the system components: a mini-spectrometer (HR4000, Ocean Optics), an optical fiber (400 μ m of core and 6 m of longitude), an external shutter, and the control and processing software. The VCD of NO₂ and O₃ are derived from solar spectra acquired during twilights (87°- 92° zenithal angles) using the DOAS (Differential Optical Absorption Spectroscopy) technique. The analysis is carried out by solving the Beer-Lambert (BL) law for the main atmospheric absorbers in the selected wavelength ranges. The algorithm minimizes the fitting residuals to the BL law, having as unknown the slant column density (SCD) of the species to

determine. We present measurements carried out at the Marambio Antarctic Base (64° 14' 25'' S; 56° 37' 21'' W, 197 m asl) during January - February 2008. In addition, we compare our results with co-located measurements performed with EVA, a visible absorption spectrometer of Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA, Spain) and the OMI instrument (AURA satellite).

El desarrollo de sistemas de sensado remoto pasivos y activos ha contribuido ampliamente al avance de nuestro entendimiento de importantes fenómenos atmosféricos. Presentamos en este trabajo, el diseño y desarrollo de un sistema DOAS cenital compacto y portátil capaz de determinar la densidad de columna vertical (VCD en inglés) de múltiples gases traza atmosféricos. Se describen las principales características de los componentes del sistema: un mini espectrómetro (HR4000, Ocean Optics), una fibra óptica (400 μ m de núcleo y 6 m de longitud), un obturador externo y el software de control y procesamiento. Las VCD de NO₂ y O₃ son derivadas a partir de espectros solares adquiridos durante los crepúsculos (ángulos cenitales entre 87° y 92°), empleando la técnica DOAS (Espectroscopía de Absorción Óptica Diferencial). El análisis se lleva a cabo resolviendo la ecuación de Beer-Lambert (BL), teniendo en cuenta los principales absorbentes atmosféricos en el rango de longitudes de onda seleccionado. El algoritmo minimiza los residuos del ajuste, teniendo como incógnitas la densidad de columna inclinada (SCD) de las especies a determinar. Se presentan mediciones realizadas en la Base Antártica Marambio (64° 14' 25'' S; 56° 37' 21'' O, 197 m snm) durante Enero y Febrero de 2008. Se comparan dichos datos con mediciones co-localizadas efectuadas con un espectrómetro de absorción en el visible (EVA) del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA-España) y con el instrumento OMI (satélite AURA).

Palabras clave: espectrómetro, DOAS.



**LASER-INDUCED BREAKDOWN
SPECTROSCOPY
ANALYSIS WITH MULTI-PULSE
EXCITATION FOR ABLATION
PROCESS OF TUNA AREOLAS**

**T. Flores¹, L. Ponce^{1,2}, E. Rodríguez,
E. De Posada, M. Arronte^{1,2}**

¹*CICATA-IPN, Unidad Altamira (México)*

²*IMRE-Universidad de La Habana (Cuba)*

manjuary@yahoo.com

The Laser-Induced Breakdown Spectroscopy technique (LIBS), has important advantages over other analytical techniques. For example, the sample requires no preparation may be in solid, liquid, or gas phase and have any shape and size, it requires a minimal amount of material and finally, the analysis is performed in real time. These advantages make possible real-time tracking of a laser ablation process, even for samples of complex composition. For monitoring an industrial process, this tool would be most appropriate if you have a calibration of equipment and a particular defined protocol. In this work, we show the results for LIBS analysis performed for the case of laser ablation of Tuna areolas (fruit of the *Opuntia ficus-indica*). The results shows that the laser excitation in pulse train form, understood as a particular form of Q: Switch regime, provides an intense plasma emission and efficient elements determination, with adequate signal to noise ratio. Moreover, it is possible to identify compositional differences between crust and areola, which can permits to track the laser ablation of areolas process in a simple way.

Keywords: plasma, laser, LIBS.



**LASERS.
QUANTUM OPTICS.
NON-LINEAR OPTICS.
LIGHT-MATTER INTERACTION.
OPTICAL TRAPS.**

**Láseres.
Óptica Cuántica.
Óptica No-Lineal.
Interacción Luz-Materia.
Trampas Ópticas.**

***Lasers.
Óptica Cuántica.
Óptica Não-Linear.
Interacção Luz-Matéria.
Armadilhas Ópticas.***



A KEY EXPERIMENT OF QUANTUM OPTICS: THE TRANSFER OF SPIN ANGULAR MOMENTUM FROM PHOTONS TO A BIREFRINGENT PARTICLE

W. Dultz

*University Frankfurt, Germany.
requavahanus@t-online.de*

The quantum properties of elementary particles have the reputation of being beyond any human experience and can only be conceived in an abstract theoretical way with the help of complex mathematical concepts. This is not true for the photon, the building block of light. With the naked eye we can see a few photons coming from a distant star and even their statistics can be determined in certain cases; we see the colour of light and Haidinger's brushes inform us about its polarization. In principle we can detect all the distinguishing features of the quantum state of the photon without any instrumental aid: the energy $\hbar\omega$ and the momentum vector $\vec{k}$, the spin $\vec{s}$ and the statistics of the arrival of a bunch of photons. The photon spin as a genuine quantum property seems to be less intuitive compared to energy and momentum, but it can be transferred to a mercury(I)iodide particle with simple equipment and then shows up as a wild rotation of this little crystal in a microscope. This demonstration shows the relation of the spin of the photon with angular momentum and with the polarization of light and can be called a *key experiment of quantum optics*.

In this talk the theoretical and experimental conditions to perform and explain this basic experiment are presented. Small birefringent particles held in optical tweezers rotate in an irregular way under the angular momentum transfer from the beam of a laser. The torque on birefringent platelets is shown to be not constant during one revolution, but varies in dependency of the platelet orientation, its retardation, and the ellipticity of the incident light. Clock- and counter clockwise rotation can be controlled by the polarization of the light in the tweezers. To calculate this impressive effect an illustrative quantum mechanical model on the Poincaré sphere is used and its results are tested by rotating small particles of highly birefringent

mercury(I)iodide and PTCDA under a microscope.

Keywords: quantum optics, polarization optics.



MANIPULATING THE CONTINUOUS QUANTUM VARIABLES OF LIGHT

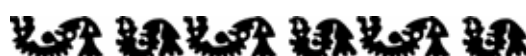
U. Lund Andersen

*Technical University of Denmark, Denmark.
ulrik.andersen@fysik.dtu.dk*

Quantum information processing based on continuous variables of light such as the amplitude and phase has attracted growing interest lately. In this talk, I will review some recent demonstrations on the manipulation of such quantum degrees of freedom. More specifically, I will 1) discuss a recent implementation on how to reduce the quantum phase fluctuations of a coherent state [1] and 2) discuss a recent protocol demonstrating fault-tolerant transmission of coherent states through a lossy channel [2].

- [1] M. A. Usuga, C. R. Muller, C. Wittmann, P. Marek, R. Filip, C. Marquardt, G. Leuchs and U. L. Andersen, Noise-Powered Probabilistic Concentration of Phase Information, To appear in Nature Physics (2010)
- [2] M. Lassen, M. Sabuncu, A. Huck, J. Niset, G. Leuchs, N. J. Cerf, and U.L. Andersen, Quantum optical coherence can survive photon losses a continuous-variable quantum erasure correcting code, To appear in Nature Photonics (2010)

Keywords: quantum optics, quantum information.



CAVITY OPTOMECHANICS

P. Mevstre

University of Arizona. USA.

pierre.mevstre@optics.arizona.edu

The coupling of coherent optical systems to micromechanical devices, combined with breakthroughs in nanofabrication and in ultracold science, has opened up an exciting new field of research, *cavity optomechanics*. Several groups have demonstrated very significant cooling of the vibrational motion of a broad range of moving mirrors, from nanoscale cantilevers to LIGO-class mirrors, and the quantum mechanical ground state of motion of at least one such system has now been reached. In a parallel “bottom up” development, Bose-Einstein condensates and other ultracold atomic gases trapped inside optical resonators have been shown to behave under appropriate conditions like moving mirrors driven by radiation pressure. Cavity optomechanics offers much promise both in addressing fundamental questions related to pushing quantum mechanics toward increasingly macroscopic systems, as well as in applications that span a variety of areas from the quantum detection of feeble forces to the coherent control of microscopic systems and/or of nanoscale devices.. After a general introduction the talk will discuss some of the recent developments of this emerging new field.

Keywords: cavity optomechanics, coherent optical, optical resonators.



THE HIDDEN SIDE OF THE LASER STORY

M. Bertolotti

University of Roma “La Sapienza”. Italy.

bertolotti@axrma.uniroma1.it

We all know very well which is the official path of development of the laser. The main steps being the introduction of the stimulated emission concept, its understanding and

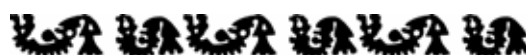
application to dispersion and absorption of radiation, the proof of its existence, and the sporadic understanding of its potentialities; the quiescent time during which the microwave side was developed and finally the bright idea of Townes to use it to make a microwave oscillator or the maser.

The laser resulted as a consequence, and the achievement of Maiman was felt by many people as a snub to all the skilled researchers who having read the Townes and Schawlow’s paper were trying to use it as a recipe to build a real device.

Is this that all?

I want to show in this brief presentation that a much more complex scenario appears when all facts are taken together and that as there were good reasons not to build the laser before Maiman, there were also very good reasons to do it when it happened.

Keywords: laser, maser.



OPTICAL TWEEZERS AND ANGULAR MOMENTUM OF LIGHT

T. Asavei, A. Stligoe, A. Maucort,

T. Nieminen, N. Heckenberg,

H. Rubinsztien

University of Queensland. Australia.

halina@physics.uq.edu.au

Optical tweezers can trap and move materials noninvasively at length scales ranging from tens of nanometers to tens of micrometers, and so have provided unprecedented access to physical, chemical and biological processes on microscale. In a vast majority of applications of optical tweezers it is linear momentum of light that is transferred to the trappable object. However a light beam can also carry angular momentum (AM). That would mean that it should be possible to use Optical Tweezers to exert torques to twist or rotate microscopic objects. Angular momentum of light comes in two varieties: spin and orbital angular momentum. “Spin” angular momentum depends on the degree of

circular polarisation of the light, and the orbital angular momentum depends on the spatial structure of the beam.

If either the spin or orbital angular momentum is altered when the trapping beam is scattered by the particle in the trap, an optical torque will result. We have demonstrated that it is relatively easy to simultaneously measure optically the torque being exerted, without the need for any elaborate calibration procedure. Based on this we can construct optical rotors that provide fine orientation control. These rotors can be produced in chemical way or by the use of two photon photopolymerization process. Two-photon photopolymerization of optically curable resins is a powerful tool for fabricating micrometer-sized objects of potentially any shape in three dimensions. The produced structures can be optimised to give the maximum of transferable angular momentum.

Using these techniques mechanical properties of cells can be studied and the methods could easily find applications in biotechnology and micromechanics. We use these methods to align and rotate microelements. We demonstrate the use of these types of rotation for microviscosity measurements and for design of all optical operation of micromachine elements.

Keywords: optical tweezers, momentum,.



VARIABLE COHERENCE SENSING

A. Dogariu

University of Central Florida USA.

adogariu@creol.ucf.edu

Even though most properties of optical fields such as wavelength, polarization, wavefront curvature or temporal waveform have been commonly manipulated in a variety of remote sensing procedures, controlling the degree of coherence of light did not find wide applications until recently with the emergence of optical coherence tomography. Since then, a growing number of scattering

techniques have relied on temporal coherence gating which provides efficient target selectivity in a way achieved only by bulky short pulse measurements. The spatial counterpart of temporal coherence, however, has barely been exploited for sensing. Nevertheless, a variety of inverse scattering problems can be approached based on varying the spatial coherence properties of an excitation field. In this presentation we will survey applications that relate primarily to the multiple scattering of electromagnetic waves. We will discuss how manipulating the statistical properties of radiation provide means for developing robust sensing techniques.

Keywords: polarization, wavefront, temporal coherence, sensing techniques.



GRADIENT-INDEX MATERIALS MANUFACTURING IN NATURE AND MANMADE

D.T. Moore

University of Rochester. USA.

moore@optics.rochester.edu

Gradient-index (GRIN) materials have long been known in the atmosphere and lead to mirages. In addition gradient-index materials are critical to the vision systems in both compound eyes (e.g. insects) and single lens systems (e.g. octopus, rats, humans). In some systems the index of refraction changes from the center of the lens to the edge are greater than 0.1. Humans have been able to manufacture GRIN materials in glass, polymers and IR materials. Commercially, these have been used in fiber couplers, endoscopes and copier arrays.

The presentation will describe design of optical lenses and manufacturing of GRIN materials which are naturally made and those made in the laboratory and in production.

Keywords: gradient-index materials, vision systems.

SPONTANEOUS PARAMETRIC DOWNCONVERSION: A VERSATILE TOOL FOR ENGINEERING QUANTUM LIGHT

J.P. Torres, M. Hendrych, A. Valencia
ICFO. Spain.
juan.perez@icfo.es

One of the goals of quantum optics is to implement new sources of quantum light that allow tunable control of the relevant photonic properties. For instance, the most appropriate type of frequency correlations between paired photons depends on the specific quantum information application under consideration. On the other hand, the use of different degrees of freedom besides polarization, i.e., space and frequency, allow encoding quantum information in multidimensional Hilbert space. Even when a specific degree of freedom is considered, distinguishing information coming from all other degrees of freedom should be conveniently erased to generate high-quality quantum entanglement.

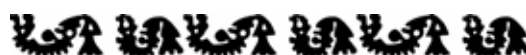
The most widely used method for the generation of pairs of entangled photons is spontaneous parametric down-conversion (SPDC). It is a nonlinear optical process where an intense pump impinges onto a nonlinear material and occasionally creates a pair of photons of lower frequencies. Under the appropriate circumstances, the paired photons can become entangled. The correlations of the photon pairs produced by SPDC are in this case of particular interest from both the fundamental and practical points of view.

In this talk we will review different techniques that can be used to control the frequency (bandwidth and the type of frequency correlations) and the spatial shape (spiral bandwidth and orbital angular momentum correlations) of paired photons generated in SPDC, and we will discuss under which conditions the amount of entanglement can be tailored and how. We will pay special attention to SPDC sources based on the use Bragg reflection waveguides (BRW), which show high efficiency and robustness, and interestingly, provide a route for realizing electrically pumped, monolithic photon pair sources on a chip with versatile characteristics. For

instance, it has been shown that this type of source offers unprecedented control over the process bandwidth, enabling bandwidth tunability between 1 nm and 450 nm.

Finally, we will present some experimental results concerning a quantum optics protocol that makes explicit use of the tunable control of the spatiotemporal properties of paired photons offered by SPDC sources, revealing the importance, usefulness and versatility of such sources for performing specific tasks, controlling the dimensionality of the Hilbert space of interest, and engineering the characteristics of the quantum states generated.

Keywords: nonlinear optics, quantum optics, entanglement, parametric interactions.



NONLINEAR OPTICAL PROPERTIES OF MOLECULAR SYSTEMS COUPLED TO THE SOLVENT: STUDY BASED IN FOUR-WAVE MIXING

J.L. Paz, A. Romero, A. Mendoza
Universidad Simón Bolívar. Venezuela.
jlpoz@usb.ve

Analytic approximations for the nonlinear absorption coefficient and nonlinear refraction index have been obtained for a two-level molecular system, interacting with a Four-Wave mixing signal and in presence of a heat reservoir. The molecular system is described using the Optical Stochastic Bloch equations (OSBE), where Bohr's frequency is considered as a stochastic variable due to the random collisions with the solvent. These stochastic collisions among solute-solvent molecules produce a broadening of the upper-level of energy. In this work, the resulting equations for the Fourier components associated to the coherence responsible of the nonlinear macroscopic polarization, are average over all the realizations of the stochastic variable. We have use a numerical technique based in the convolution of Four generalized Lorentzian

approximant of the Voigt's function as probability distribution, calculated by the two-points quasi-rational approximant method previously denoted as asymptotical Padé technique. In this model we were able to calculate the optical susceptibilities at different frequencies, depicted as numerical surfaces for the behavior of the optical properties. The innovation in the application and use of this type of distributions allow us, by taking appropriate limits, to find similar profiles of nonlinear optical properties as those using Gaussian and Lorentzian distribution functions.

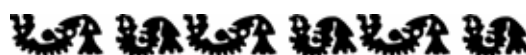
Keywords: absorption coefficient, refraction index, Voigt function.



MEASUREMENT OF THE GOUY PHASE SHIFT OF A TWO-PHOTON CORRELATION BEAM

M.V. Da Cunha, L. Pérez, C.H. Monken
Univ. Federal de Minas Gerais. Brazil.
monken@fisica.ufmg.br

It is well known that the two-point electromagnetic field correlations propagate according to wave equations, also known as the *Wolf equations* [1]. This means that the spatial profile of the correlations, once known in a certain region of space in a linear homogeneous medium, can be inferred in any other region. In two-photon quantum optics, the propagation of correlations have been studied in connection to the two-photon detection amplitude [2,3]. In two-photon states generated by spontaneous parametric down-conversion, it has been shown that the angular spectrum of the pump beam is transferred to the fourth-order correlation function of the down-converted field [4]. Because of this transfer, the two-photon detection amplitude reproduces the pump beam transverse profile in a suitable coordinate system, leading to a series of interesting effects and applications. In this



MEDIDA DO DESVIO FASE DE GOUY EM UM FEIXE DE CORRELAÇÃO DE DOIS FÓTONS

É sabido que as correlações de dois pontos do campo eletromagnético se propagam segundo equações de onda, também conhecidas como *equações de Wolf* [1]. Isso significa que o perfil das correlações espaciais, uma vez conhecido em uma determinada região do espaço em um meio linear homogêneo, pode ser inferida em qualquer outra região do meio. Em óptica quântica de dois fótons, a propagação das correlações tem sido estudada em conexão com a amplitude de detecção de dois fótons [2,3]. Nos estados de dois fótons gerados pela conversão paramétrica descendente espontânea, demonstrou-se que o espectro angular do feixe de bombeamento é transferido para a função de correlação de quarta ordem do campo convertido [4]. Devido a esta transferência, a amplitude de detecção de dois fótons reproduz o perfil

work we demonstrate experimentally that the propagation of the two-photon detection amplitude mimics the pump beam not only in its transverse amplitude, but also in its longitudinal phase structure. With the help of a two-photon interferometer, we measure the Gouy phase shift near the focal point of the two-photon detection amplitude. It is interesting to note that there is a focal point in the correlations, with the corresponding Gouy phase shift, although none of the down-converted beams is actually focused. We discuss the significance of this result to the understanding of the physical meaning of the Gouy phase shift, and possible applications in correlation optics.

- [1] L. Mandel and E. Wolf, *Optical Coherence and Quantum Optics*, Cambridge 1995.
- [2] Bahaa E. A Saleh, Malvin C. Teich, and Alexander Sergienko, Phys. Rev. Lett. **94**, 223601 (2005).
- [3] D. S. Tasca, Phys. Rev. A **79**, 03380 (2009).
- [4] C. H. Monken, P. H. Souto Ribeiro, and S. Pádua, Phys. Rev. A **57**, 3123 (1998).

Keywords: quantum optics, optical correlations.



CONTROL IN CAVITY QED

D.G. Morris¹, A.D. Cimarusti¹,
H.J. Carmichael^{1,2}, P. Barberis^{1,3},
L.A. Orozco¹

¹University of Maryland. USA.

²University of Auckland. New Zealand.

³Univ. Nac. Autónoma de México. Mexico.

lorozco@umd.edu

Cavity QED in the optical regime has two avenues for dissipation: spontaneous emission of the atoms and escape of the light from the cavity. Control of the dynamics in the cavity QED relies on both channels and in some cases permits the preservation of a quantum state a long time after the expected decay of the system. This talk presents

transversal do feixe de bombeamento em um sistema de coordenadas adequado, levando a uma série de efeitos interessantes e a aplicações. Neste trabalho, demonstramos experimentalmente que a propagação da amplitude de detecção de dois fótons imita o feixe de bombeamento, não só na sua amplitude transversal, mas também na sua estrutura longitudinal de fase. Com a ajuda de um interferômetro de dois fótons, medimos o desvio de fase de Gouy na região do ponto focal da amplitude de detecção de dois fótons. É interessante notar que há um ponto focal nas correlações, com o correspondente desvio de fase de Gouy, embora nenhum dos feixes convertidos seja focalizado. Discutimos a importância deste resultado para a compreensão do significado físico da fase de Gouy, e possíveis aplicações em óptica de correlação.

Palavras-chaves: óptica quântica, correlações ópticas.



CONTROL EN ELECTRODINAMICA CUANTICA DE CAVIDADES

La Electrodinámica Cuántica de cavidades en el régimen óptico tiene dos avenidas de disipación: emisión espontánea y el escape de la luz de la cavidad. El control de la dinámica del sistema se basa en ambos canales y en algunos casos permite la preservación de un sistema cuántico por un tiempo mucho mayor que el del decaimiento

experiments with Rb atoms in a cavity QED system where the single atom coupling and the decay rates are comparable. Single mode and two mode monitoring offer feedback possibilities to preserve atom-cavity oscillatory exchange and ground state superpositions.

Work supported by the Nacional Science Foundation of USA.

Keywords: cavity QED, quantum optics.

normal del sistema. Esta plática presenta experimentos con átomos de rubidio en electrodinámica cuántica de cavidades donde el acoplamiento de un átomo y las tasas de decaimiento son comparables. El monitoreo del escape por un modo ofrece posibilidades de retroalimentación para preservar el intercambio oscilatorio entre el átomo y la cavidad, mientras que la utilización de los dos modos ortogonales de polarización permite la retroalimentación a las superposiciones del estado fundamental. Trabajo apoyado por la National Science Foundation de Estados Unidos.

Palabras clave: Cavidad QED, óptica cuántica.

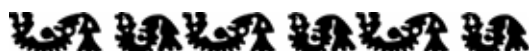


A NUMERICAL SOLUTION OF MULTICHANNEL PHOTOREFRACTIVE OPTICAL AMPLIFIERS

J.E. Rueda, L.J. Mendoza, L.M. Castro
Universidad de Pamplona. Colombia.
jorgeenriquerueda@gmail.com

The optical amplification is one of the many applications of wave mixing in photorefractive materials. In this consider, we developed a computer algorithm that allows modeling of photorefractive optical amplifiers of any number channels. The model is valid for a configuration of co-directional mixture. We present results for amplifiers from five to nine channels.

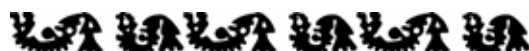
Keywords: photorefractive crystal, wave mixing, optical amplifiers.



SOLUCIÓN NUMÉRICA DE AMPLIFICADORES ÓPTICOS FOTORREFRACTIVOS MULTICANAL

La amplificación óptica es una de las muchas aplicaciones de mezcla de ondas en materiales fotorrefractivos. En este sentido, desarrollamos un algoritmo computacional que permite modelar amplificadores fotorrefractivos de cualquier número de canales. El modelo es válido para la configuración de mezcla co-direccional. Presentamos resultados para un amplificador de nueve canales.

Palabras clave: cristales fotorrefractivos, mezclado de ondas, amplificadores ópticos.



**ENHANCEMENT OF THE OPTICAL
KERR EFFECT EXHIBITED BY AN
INTEGRATED CONFIGURATION OF
SILICON QUANTUM DOTS AND
SILVER NANOPARTICLES**

**A. López¹, R. Rangel², C. Torres³,
A. Benami¹, L. Tamayo², J. A. Reyes¹,
J. C. Cheang¹, L. Rodríguez¹, A. Crespo¹,
A. Oliver¹**

¹Univ. Nac. Autónoma de México. Mexico.

²Centro de Investigación Científica y de
Educación Superior de Ensenada. Mexico.

³ESIME-Z. Mexico.

rrangel@cicese.mx

The nonlinear optical properties of metallic and semiconductor nanocrystals embedded in glassy matrices have been the subject of very active research, due mainly for their potential application in optical information processing systems. The systems studied include nanoparticles with different morphologies: nanorods, nanoshells, particles capped with organic materials, to name a few. However, there are few reports of the effect of the interaction of particles of different materials on the nonlinear properties of the composite.

In this work we present results for three different systems produced by ion implantation: high purity silica substrates with silicon quantum dots (Si-QDs), silver nanoparticles (Ag-NPs), and one sample containing both. We used a femtosecond optical Kerr gate (OKG) with 80 fs pulses at 830 nm to investigate the magnitude and response time of their nonlinear response. The Ag-NPs samples were prepared implanting 2 MeV Ag²⁺ ions at different fluences, A sample with 1×10^{17} ions/cm² showed no discernible Kerr signal, while for one with 2.4×10^{17} ions/cm² we measured $|\chi^{(3)}_{IIII}| = 5.1 \times 10^{-11}$ esu. The Si-QDs sample required irradiation with 1.5 MeV Si²⁺ ions, at a 2.5×10^{17} ions/cm² fluence, the OKG results for this sample yielded a similar $|\chi^{(3)}_{IIII}|$ value. The sample containing the Si-QDs was then irradiated by 1 MeV Ag²⁺ ions at a 4.44×10^{16} ions/cm² fluence and thermally treated, for which afterward we measured $|\chi^{(3)}_{IIII}| = 1.7 \times 10^{-10}$ esu. In all cases the response time was quasi-instantaneous.

**INCREMENTO DEL EFECTO KERR
OPTICO EXHIBIDO POR UNA
CONFIGURACION INTEGRADA DE
PUNTOS CUANTICOS DE SILICIO Y
NANOPARTICULAS DE PLATA**

Las propiedades ópticas no lineales de nanopartículas metálicas y semiconductoras embebidas en matrices vítreas ha sido un campo de investigación sumamente activo, debido principalmente a su potencial aplicación en sistemas de procesamiento óptico de información. Los sistemas estudiados incluyen nanopartículas con diferentes morfologías: nanobastones, nanocascarones, partículas recubiertas con materiales orgánicos, por mencionar algunas.

En este trabajo presentamos resultados para tres sistemas diferentes producidos por implantación de iones: substratos de sílice de alta pureza conteniendo puntos cuánticos de Si (Si-QDs), nanopartículas de plata (Ag-NPs), y una muestra conteniendo ambas. Usamos la técnica de compuerta óptica Kerr (OKG) con pulsos de 80 fs de duración a 830 nm, para investigar la magnitud y el tiempo de relajación de su respuesta no lineal. Las muestras con Ag-NPs se prepararon implantando iones de Ag²⁺ a 2 MeV a diferentes fluencias. Una muestra con 1×10^{17} iones/cm² no mostró ninguna respuesta Kerr apreciable, mientras que para 2.4×10^{17} iones/cm² medimos $|\chi^{(3)}_{IIII}| = 5.1 \times 10^{-11}$ esu. La muestra de Si-QDs requirió irradiación con iones Si²⁺ a 1.5 MeV, a una fluencia de 2.5×10^{17} iones/cm², los resultados de OKG para esta muestra dio un valor similar para $|\chi^{(3)}_{IIII}|$. La muestra conteniendo los Si-QDs fue después irradiada con iones de Ag²⁺ a 1 MeV y a una fluencia de 4.44×10^{16} iones/cm² y después tratada térmicamente, para la cual

These results imply that the inclusion of Ag-NPs at low fluence, enhances the nonlinearity of the composite by a factor of around three, and that this is purely electronic in nature. Pump-probe results show that there is not any nonlinear absorption present. We estimate that the confinement effect of the Si-QDs in the sample plays an important role for the excitation of the surface plasmon resonance related to the Ag-NPs. A theoretical model that describes the modification of the third order nonlinearity is also presented.

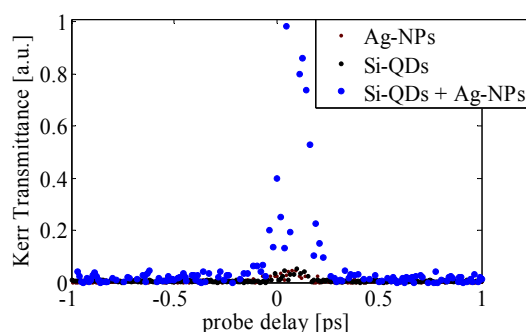
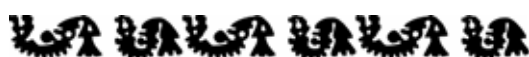


Figure 1. Time resolved optical Kerr gate signal for the three samples studied.

Keywords: optical Kerr effect, nanoparticles, ion-implanted materials.



NONLINEAR SPECTROSCOPY OF ISOTROPIC AND ANISOTROPIC METALLIC NANOCOMPOSITES

**R.C. Fernández¹, J.A. Reyes¹,
R. Gleason¹, C. Torres², R. Rangel³,
J.C. Cheang¹, A. Crespo¹, L. Rodriguez¹,
A. López¹, A. Oliver¹**

¹Univ. Nac. Autónoma de México. Mexico.

²ESIME-Z. Mexico.

³CICESE. Mexico.

roca@fisica.unam.mx

We have studied the third-order nonlinear optical response of isotropic and anisotropic ion-implanted nanocomposites consisting of Au and Ag nanoparticles embedded in SiO₂ matrices. These studies were made by means

medimos $|\chi^{(3)}_{1111}| = 1.7 \times 10^{-10}$ esu. En todos los casos el tiempo de respuesta fue cuasi-instantáneo. Estos resultados implican que la inclusión de Ag-NPs a una fluencia baja, aumenta la no linealidad del compuesto por un factor de alrededor de tres, y que ésta tiene un origen puramente electrónico. Resultados con la técnica de excitación-prueba muestran que no hay de absorción no lineal presente. Estimamos que el efecto de confinamiento de los Si-QDs en la muestra juega un papel importante para la excitación de la resonancia del plasmón de superficie relacionada con las Ag-NPs. Se presenta también un modelo que describe la modificación de la no linealidad de tercer orden.

Figure 1. Tiempo de respuesta de la compuerta óptica Kerr para los tres casos estudiados.

Palabras clave: efecto Kerr óptico, nanopartículas, materiales con implantación de iones.



ESPECTROSCOPIA NO LINEAL DE NANOCOMPOSITOS ISOTROPICOS Y ANISOTROPICOS DE Au Y Ag EMBEBIDOS EN MATRICES DE SiO₂

Mediante la técnica de Z-scan, se estudiaron la absorción y refracción no lineales de nanocompositos metálicos isotrópicos y anisotrópicos compuestos de nanopartículas de Ag y Au embebidas en matrices de SiO₂,

of the Z-scan technique at different wavelengths, in the picosecond regime, which allowed us to resolve the absorptive and refractive contributions to the nonlinearity. The polarization, as well as the incident angle, where varied during the Z-scan measurements in order to monitor the different components of the third order susceptibility tensor χ^3 for both the isotropic and anisotropic cases. The different wavelengths were selected according to the optical absorption spectra of the nanocomposites. The main criterion was selecting wavelengths exciting either the interband electronic region, the plasmon resonance (exciting then both the intraband region and hot-electrons contribution), and the transparent NIR region. The results show the importance of the hot-electrons contribution for higher fluences at this temporal regime.

Keywords: nonlinear optics, fast-nonlinear optical response, nanocomposites, ion-implanted materials.



ALL-FIBER LASERS ACTIVELY Q-SWITCHED AND MODELOCKED

C. Cuadrado¹, A. Díez², J.L. Cruz²,
M.V. Andrés²

¹Centro de Inv. Ópticas. Argentine.

²Universidad de Valencia. Spain.

claborde@ciop.unlp.edu.ar

All-fiber laser configurations are compact and robust systems. They provide a beam of high quality and can achieve high power efficiency. All-fiber pulsed lasers, either *Q*-switched, modelocked or simultaneously *Q*-switched and modelocked, require the development of low-loss in-fiber modulation techniques. The devices based on in-fiber acoustooptic interaction, with a time response between 0.1 and 10 microseconds, permit the implementation of this type of lasers.

Our experimental results demonstrate that it is possible to actively mode-lock a laser

como función de la longitud de onda y en el régimen de pico-segundos. Este estudio se llevó a cabo en función de la posición angular de la muestra y de la polarización de la luz incidente para encontrar la respuesta de las distintas componentes del tensor de la susceptibilidad de tercer orden χ^3 . Para los nanocompositos anisotrópicos, se determinó la magnitud de la anisotropía de la respuesta óptica no lineal cuando se explora el eje mayor o menor de la nanopartícula prolata, para longitudes de onda cercanas o lejanas de la resonancia de plasmón respectiva. Los resultados resaltan la importancia de la contribución de los “hot-electrons” en dicha respuesta para este régimen temporal.

Palabras clave: óptica no lineal, respuesta óptica no lineal rápida.

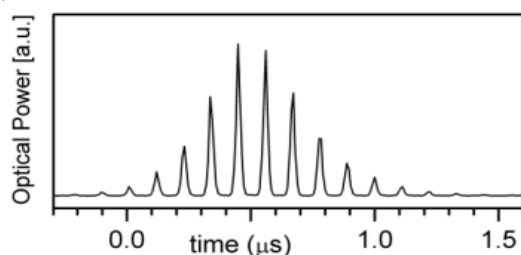


LÁSERES TODO-FIBRA Q-SWITCHED Y MODELOCKED ACTIVAMENTE

Las configuraciones láser todo-fibra son sistemas robustos y compactos. La emisión de estos láseres es un haz de alta calidad y pueden tener eficiencias energéticas muy altas. La implementación de láseres pulsados todo-fibra, ya sean *Q-switched*, *modelocked* o simultáneamente *Q-switched* y *modelocked*, precisa del desarrollo de técnicas de modulación en la propia de fibra óptica que tengan bajas pérdidas de inserción. Los dispositivos de fibra óptica basados en la interacción acusto-óptica, con un tiempo de respuesta entre 0.1 y 10 microsegundos, permite la implementación

through the perturbation of a uniform Bragg grating with an acoustic wave. When standing acoustic waves are used, then a 10 MHz amplitude modulation is obtained; whereas for travelling acoustic waves, it is induced on the reflected light a 5 MHz frequency shift. Such acoustooptic interactions have been exploited to actively mode-lock all-fiber lasers with a Fabry-Perot configuration. Furthermore, it is possible to include in the laser cavity another independent modulation technique in order to obtain simultaneous active *Q*-switching and mode-locking of the laser. This *Q*-switched modelocked laser produces trains of modelocked pulses with a peak power three orders of magnitude higher than peak power of the pulses emitted by the laser when it is operated in a continuous-wave modelocked regime.

Our results demonstrated that these flexible alternatives can be exploited in different cavity configurations, each one with some particular advantages.



Example of a Q-switched modelocked train of pulses. Each Q-switched pulse has 0.66 μJ energy and the central modelocked pulses have 250 W peak power.

Keywords: fiber lasers, *Q*-switch, mode-lock, acoustooptic.

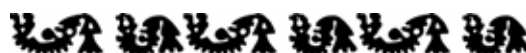
de este tipo de láseres.

Nuestros resultados experimentales demuestran que es posible sincronizar los modos de un láser de forma activa mediante la perturbación de una red de Bragg con una onda acústica. Mediante el empleo de ondas estacionarias, hemos sido capaces de modular la luz a 10 MHz; en el caso de emplear ondas propagantes, hemos alcanzado una modulación de 5 MHz, al mismo tiempo que se induce un desplazamiento en frecuencia por efecto Doppler. Estas interacciones acusto-ópticas pueden explotarse para implementar láseres todo-fibra en régimen *modelocked* activo, con una configuración tipo Fabry-Perot. Adicionalmente, la inclusión de una modulación independiente del factor *Q* de la cavidad permite el control activo simultáneo del láser en régimen *Q-switched modelocked*. Este último tipo de láseres proporciona trenes de pulsos *modelocked* con una potencia de pico tres órdenes de magnitud mayor que la que se obtiene en régimen *modelocked* continuo.

Nuestros resultados prueban que estas técnicas son flexibles y permiten implementar diferentes tipos de cavidad, cada uno con sus ventajas específicas.

Ejemplo de un tren de pulsos Q-switched modelocked. Cada pulso Q-switched tiene una energía de 0.66 μJ y los pulsos modelocked centrales tienen una potencia pico de 250 W.

Palabras clave: láseres de fibra óptica, *Q-switch*, *modelock*, acusto-óptica.



**TAILORING THE PLASMON
RESONANCE OF METAL
NANOPARTICLES SUPPORTED
WITHIN MESOPOROUS THIN FILMS**

**E. Martínez^{1,2}, M. Martínez², M. Bellino²,
G. Soler²**

¹*Univ. Nacional de San Martín. Argentine.*

²*Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas. Argentine.*

edmartin@cnea.gov.ar

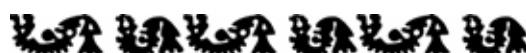
In this work we present the confinement of silver and gold nanoparticles (NPs) within the templated cavities of mesoporous TiO₂ thin films as a confident and controllable way to support metal NPs and exploit their physical properties. We analyze the optical response of these nanocomposites and its changes in different thermal and chemical conditions by following the plasmon band via Ellipsoriposimetry and UV-Visible Spectrophotometry. We explore the possibilities of designing specific configurations of these nanocomposites by tuning the structural parameters of the mesoporous framework, *i.e.* thickness, pore size and accessibility, and the position and shape of the plasmon band. Through the use of a lithographic technique it is possible, in addition, to localize the formation of NPs. The novel nanostructures presented here are excellent systems for the study of plasmonics and optoelectronics effects due to the versatility of the fabrication process and the multiple configurations that can be easily archived. The specific applications of these nanostructures include SERS active platforms as well as plasmon based sensors and related plasmonic devices.

Keywords: mesoporous thin films, metal nanoparticles, plasmon, SERS.

**TAILORING THE PLASMON
RESONANCE OF METAL
NANOPARTICLES SUPPORTED
WITHIN MESOPOROUS THIN FILMS**

En este trabajo presentamos el confinamiento de nanopartículas (NPs) de plata y oro en las cavidades moldeadas de películas delgadas mesoporosas de TiO₂ como una manera confiable y controlable de soportar NPs metálicas y hacer uso de sus propiedades físicas. Analizamos la respuesta óptica de estos nanocompuestos y sus cambios frente a diferentes condiciones térmicas y químicas a través del seguimiento de la banda plasmónica mediante Elipsoriposimetría y Espectrofotometría UV-Visible. Exploramos las posibilidades de diseñar configuraciones específicas de estos nanocompuestos mediante el ajuste de los parámetros estructurales de la matriz mesoporosa, *i. e.* espesor, tamaño de poro y accesibilidad, y de la posición y la forma de la banda plasmónica. Mediante el uso de una técnica de litografía es posible, además, localizar la formación de NPs. Las novedosas nanoestructuras que se presentan son sistemas excelentes para el estudio de efectos plasmónicos y optoelectrónicos debido a la versatilidad del proceso de fabricación y a las múltiples configuraciones que pueden lograrse con facilidad. Las aplicaciones específicas de estas nanoestructuras incluyen plataformas activas en SERS como así también sensores basados en plasmones y dispositivos plasmónicos relacionados.

Palabras clave: películas delgadas mesoporosas, nanopartículas de metal, plasmón, SERS.



RECONSTRUCTION OF PHOTONIC QUDIT STATES USING MUBs

G. Lima^{1,2}, L. Neves^{1,2}, R. Guzmán^{1,3},
E.S. Gómez^{1,2}, W. Nogueira^{1,2},
A. Delgado^{1,2}, A. Vargas^{1,3}, C. Saavedra^{1,2}

¹Universidad de Concepción. Chile.

²Universidad de Concepción. Chile.

³Univ. de La Frontera, Temuco. Chile.

carlos.saavedra@cefop.udec.cl

Quantum tomography (QT) is a process that allows the state reconstruction of physical systems. An arbitrary D -dimensional quantum system (qudit- D) is represented by a positive semidefinite, unit-trace Hermitian operator, which requires only D^2-1 independent real numbers for its specification. In the standard QT, when $D=2^N$, namely, a composite system of N qubits, these parameters are determined by projecting the density operator onto completely factorized bases. The projective measurements used form a convenient set from the point of view of experimental implementation but, unfortunately, it does not allow the optimal quantum state reconstruction. Even when only local projective measurements are considered, there is another set that provides better performance for the QT. However, as it was shown by Wootters and Fields, the optimal way for reducing the effects of the inherent statistical errors in the QT can only be achieved with measurements on mutually unbiased bases (MUBs), where any two vectors of different bases have the same overlap's absolute value. This has been demonstrated experimentally and we refer to it as MUB-QT.

We present a technique that allows the MUB-QT of photonic qudit states. The qudits are encoded using the linear transverse momentum of single photons transmitted through a diffractive aperture. Since the qudit dimension is defined in terms of the number of available paths for photon transmission at this aperture, we refer to them as spatial qudits. Our technique relies on the fact that spatial qudit states can be coherently modified by considering the capability of amplitude- and phase-modulation of programmable spatial light

RECONSTRUCCIÓN DE ESTADOS DE QUDITS FOTÓNICOS EMPLEANDO MUBs

Tomografía Cuántica (QT) es un proceso que permite la reconstrucción del estado de un sistema físico. Un estado cuántico arbitrario de un sistema D -dimensional (qudit- D) es presentado por un operador hermítico semi-definido positivo, de trace unitaria, el cual requiere de D^2-1 cantidades reales para especificarse completamente. En la versión estándar de QT, cuando $D=2^N$ (es decir, un sistema compuesto de N qubits) estos parámetros son determinados proyectando el operador sobre bases completamente factorizadas. Las mediciones proyectivas en bases factorizadas forman un conjunto atractivo desde un punto de vista experimental, sin embargo éstas no permiten la reconstrucción óptima al considerar el número total de mediciones. Aún cuando sólo se empleen mediciones proyectivas locales, existe otro conjunto que proporciona un mejor rendimiento para QT. Sin embargo, como fue mostrado por Wootters and Fields, la forma óptima de reducir los efectos de los errores estadísticos inherentes en QT pueden ser sólo obtenidos al proyectar sobre bases mutuamente imparciales (MUBs, en que dos vectores arbitrarios, en bases diferentes, poseen el mismo valor absoluto para el producto interno entre ellos). Esto ha sido experimentalmente demostrado y nos referiremos a esta reconstrucción como MUB-QT.

En este trabajo presentamos una técnica que nos permite implementar MUB-QT de estados de qudits fotónicos. Los qudits están codificados empleando el momentum lineal transversal de fotones individuales transmitidos a través de una apertura difractiva. La dimensionalidad del qudit está dada en términos del número de caminos disponibles para transmitirse en esta

modulators (SLM). This capability, combined with a spatial filtering, allows the projection of the initial state onto the MUBs vectors. As a figure of merit for the performance of our reconstruction, we use the fidelity of the obtained quantum states. For the 7-and 8-dimensional reconstructed qudit states, the fidelities obtained were greater than 90%.

Keywords: quantum state reconstruction, photonic spatial qudits, mutually unbiased basis.

apertura, nos referiremos a ellos como qudits fotónicos. Los qudits espaciales pueden ser modificados en forma coherente mediante la modulación de amplitud y de fase empleando moduladores espaciales de luz (SLM). Esta posibilidad de modificación combinada con filtraje espacial permiten la proyección del estado inicial sobre vectores de las MUBs. Como figura de mérito para el rendimiento de nuestro esquema de reconstrucción, empleamos la fidelidad de los estados cuánticos reconstruidos. Encontrándose que para qudits de dimensión 7 y 8 las fidelidades obtenidas fueron mayores que 90%.

Palabras clave: Reconstrucción de estados cuánticos, qudits fotónicos espaciales, bases mutuamente imparciales.



NON-CLASSICAL BEHAVIOUR OF SCALAR WAVE FIELDS IN ANY STATE OF SPATIAL COHERENCE AND POINT SOURCES IN THE PHASE-SPACE REPRESENTATION

G. Cañas, R. Castañeda, H. Vinck
Univ. Nacional de Colombia. Colombia.
gcanas@unal.edu.co

Scalar wave fields in arbitrary states of spatial coherence can be modelled as produced by radiant and virtual point sources in the framework of the phase-space representation. The first ones emit carrier rays that propagate the radiant energy of the field, which is an “observable” quantity. The second ones emit modulating $0-\pi$ rays, which propagate the “non-observable” modulating (positive and negative) energy. The union of the sets of radiant and virtual point sources provides a unified structure of point sources for the field. This model reveals some unexpected features in classical wave fields, morphologically similar to the quantum squeezed states and the Schrödinger cat states, without appealing to



COMPORTAMIENTOS NO-CLÁSICOS DE CAMPOS ONDULATORIOS ESCALARES EN ESTADOS ARBITRARIOS DE COHERENCIA ESPACIAL Y FUENTES PUNTUALES EN LA REPRESENTACIÓN DE ESPACIO-FASE.

Campos ondulatorios escalares en estados arbitrarios de coherencia espacial pueden ser modelados como si fuesen producidos por fuentes puntuales radiantes y virtuales, en el marco de su representación de espacio-fase. Las primeras emiten rayos portantes, los cuales propagan la energía radiante del campo, una cantidad “observable”. Las segundas emiten rayos moduladores $0-\pi$ los cuales propagan la energía moduladora (positiva y negativa) que no es un “observable”. La unión de estos conjuntos de fuentes puntuales aporta una estructura unificada de fuentes puntuales para el campo. Este modelo revela algunos aspectos inesperados de los campos ondulatorios clásicos, morfológicamente similares a los

explicit quantum constrains, but as consequences of the spatial coherence state of the field.

Keywords: The phase-space representation, Modulating $0-\pi$ rays, Radiant and Virtual point sources.

estados cuánticos comprimidos y a los estados gato de Schrödinger, sin apelar a condiciones cuánticas explícitas, sino como consecuencias del estado de coherencia espacial del campo.

Palabras clave: Representación espacio-fase, Rayos moduladores $0-\pi$, Fuentes puntuales radiantes y virtuales.



ONE-POT SYNTHESIS AND NONLINEAR OPTICAL PROPERTIES OF NOVEL ORGANIC CRYSTALS

**M. Rodríguez¹, G. Ramos¹,
J. Maldonado¹, M. Meneses¹, O. Barbosa¹,
R. Santillan², N. Farfán³**

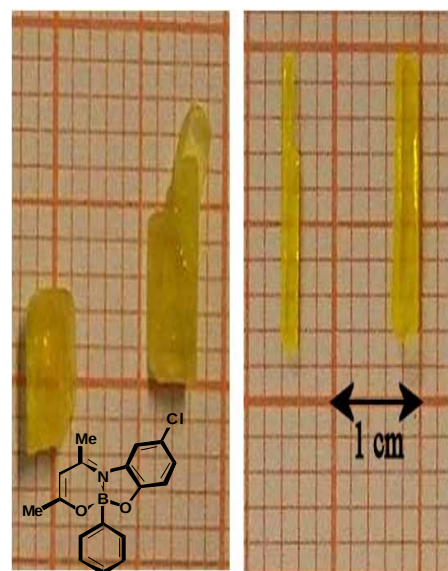
¹CIO. Mexico.

²Centro de Investigación y de Estudios
Avanzados del IPN. Mexico.

³Univ. Nac. Autónoma de México. Mexico.
mrodri@cio.mx

A new series of organo boron complex were obtained with good yields through one-pot reaction. The X-ray diffraction analysis for these compounds showed that they crystallize in noncentrosymmetric space groups ($P 2_12_12_1$) that belong to an orthorhombic system. This property was used for the growth of organic crystals with luminescent and nonlinear optical properties. For these compounds was possible to obtain single crystals in the scale of millimeters (Fig. 1) by slow evaporation of the solvent of a saturate organic solution. The crystals show good transparency from 550 to 1200 nm established by transmission spectra analysis. They exhibited efficient second-order nonlinearities (second-harmonic generation: SHG) and third-order nonlinearities (two-photon excited fluorescence: TPEF). In the case of SHG response was evaluated in solid state by the Kurtz-Perry powder test and in the crystal, the effect was four times larger compared to the one generated by urea, which was used as a standard. Additionally, these crystals

were employed to prepare aqueous colloidal nanocrystals by laser ablation process using third harmonic signal (355 nm) of a nanosecond Nd:YAG laser (38 mJ pulse⁻¹, 10 Hz repetition rate). The colloidal nanocrystals exhibited better fluorescence properties compared with those observed from the boronates dissolved in organic solvents. Finally, the thermal stability for single crystals was analyzed by TG and TGA methods showing that they are stable up to 220° and 240°C, respectively.



Keywords: NLO, crystals, organic nanocrystals.



**THEORETICAL AND
EXPERIMENTAL ANALYSIS OF A
SURFACE PLASMON POLARITON**

C. Hernando, J. Meneses

Universidad Industrial de Santander.

Colombia.

jaimen@uis.edu.co

Surface plasmon polaritons (SPP) are electromagnetic evanescent waves that propagate along a metal-dielectric interface. Mainly, the optical phenomenon used to analyse SPP is related to attenuated total internal reflection. In experimental conditions of optical excitation, the Kretschmann configuration is widely employed. In this configuration, coupling of photons is achieved using a prism to match the photon and surface plasmon wave vectors. The excited SPP is detected measuring the reflectance peak in the attenuated total reflection curve. In this work the relation dispersion, propagation length and skin depth are obtained according to classical electrodynamic theory for real relative dielectric functions of metal and dielectrics. Thus, theoretical conditions were found in order to optically excite a SPP along a metal-dielectric interface. Simulations and experimental results validate the theoretical conditions of SPP. Theoretical analysis and experimental results, using Kretschmann configuration with a BaK7 prism-gold-air interface and He-Ne laser, are shown.

Keywords: surface plasmon polariton, Kretschmann configuration.

**ANÁLISIS TEÓRICO
EXPERIMENTAL DE UN PLASMON
SUPERFICIAL POLARITON**

Plasmones superficiales polaritones (PSP) son ondas electromagnéticas evanescentes que se propagan en una interfase dieléctrico-metal. Principalmente, el fenómeno óptico usado para analizar un PSP está relacionado con la refracción total interna atenuada. En condiciones experimentales de excitación óptica, la configuración de Kretschmann es ampliamente utilizada. En esta configuración el acople de fotones es realizado usando un prisma para ajustar el vector de onda plasmónico. La presencia del PSP es detectada midiendo el pico de reflectancia en la curva de reflexión total atenuada. En este trabajo, la curva de dispersión, longitud de propagación y penetración de un PSP son encontrados a partir de la teoría de la electrodinámica clásica para funciones dieléctricas de metales y dieléctricos reales. Así, las condiciones teóricas fueron encontradas para excitar ópticamente un PSP a lo largo de una interfase Dieléctrico-metal. Simulaciones y resultados experimentales validan las condiciones teóricas de propagación de un PSP. Análisis teórico y resultados experimentales, usando la configuración de Kretschmann con una interfase prisma BaK7-oro-aire, y un láser He-Ne, son mostradas.

Palabras clave: plasmón superficial polariton, configuración de Kretschmann.



**TIME DEPENDENT DENSITY
FUNCTIONAL STUDY OF THE
ABSORPTION SPECTRA OF 1,3-
BENZOXAZOLE AND THREE
SUBSTITUTED BENZOXAZOLE IN
GAS PHASE AND LIQUID PHASE**

R. Carrasquilla, O. Neira

Universidad Popular del Cesar. Colombia.

rjcarrasquilla@yahoo.com

In this paper the results of a study of electronic structure of five derived molecules of the 1,3-Benzoxazole are presented in the fundamental state in gas phase and some solvents, what allowed to make a comparative study. For this end it was used as calculation tools the package of programs Gaussian 03, making use Density Functional Theory (DFT) approaches, where the functional hybrid B3LYP was used together with the functions base 6-31+G(d). They were also considered the vertical transition probabilities from the fundamental state to the excited states; obtained starting from TD-DFT, there being you obtained the electronic spectra associated to the phenomenon of absorption of these compounds by means of the use of the program GaussSum-2.2.0b. Several global molecular descriptors were considered such as the hardness, chemical potential, electronegativity and the dipole moment for each molecule and was determined the influence that has, about the values of these descriptors, the alteration of the main molecular chain of an initial structure (1,3 not substituted Benzoxazole).

Keywords: benzoxazole, Gaussian and the Density Functional Theory.

**TIME DEPENDENT DENSITY
FUNCTIONAL STUDY OF THE
ABSORPTION SPECTRA OF 1,3-
BENZOXAZOLE AND THREE
SUBSTITUTED BENZOXAZOLE IN
GAS PHASE AND LIQUID PHASE**

En este trabajo se realizó un estudio teórico de la estructura electrónica de tres moléculas derivadas del 1,3-Benzoxazole en el estado fundamental y en el primer estado singlete excitado, en fase gaseosa y algunos solventes, lo que permitió hacer un estudio comparativo con base en el cálculo de algunos descriptores moleculares. Como herramientas de cálculo se utilizó algunos métodos y algoritmos que ofrece el paquete computacional Gaussian 03, con base al enfoque de la Teoría de los Funcionales de la Densidad en sus versiones dependiente e independiente del tiempo, empleando como base de funciones a 6-31+G(d) y la funcional híbrida B3LYP. Se calcularon las probabilidades de transición verticales desde el estado fundamental a los primeros estados singletes excitados, lo que permitió estimar los espectros electrónicos asociados al fenómeno de absorción de dichos compuestos usando el programa GaussSum-2.2.0b, que permite obtener el espectro como una convolución de los perfiles de las líneas que lo integran y su correspondiente semianchura espectral.

Palabras clave: benzoxazole, Gaussiana, teoría de los funcionales de la densidad.



**A SIMPLE RANDOM WALK MODEL
FOR THE SCATTERING OF
PHOTONS IN POROUS MEDIA WITH
AN EXPERIMENTAL CALIBRATION**

**C. Costa¹, Y. Angulo², C. Santacruz¹,
E. Ayala¹**

¹*Escuela Politécnica Nacional. Ecuador.*

²*PUC-Rio. Brazil.*

Cesar.costa@epn.edu.ec

Photon propagation in porous media, where the scattering centers or pores contain gaseous molecular oxygen is characterized by elastic scattering (by impurities, bubbles or pores in the medium) and resonant absorption (in the gas in the pores) processes. A promising analytical technique called GASMAS has been developed to exploit the high sensitivity of the resonant absorption of the light from a suitable laser at the precise wavelength of a vibrational spectral line of molecular oxygen. GASMAS allows determining the relative oxygen concentration in the porous medium whereby the measured intensity of the transmitted signal depends on the effective path followed by the photons through the gas containing inclusions and pores. Unfortunately, absolute quantification is complicated by the fact that the output transmitted signal, or GASMAS signal, is the convolution of the absorption and scattering signals. In this work we propose a simple random walk model to account for photon transport through the porous medium where both resonant absorption and elastic scattering processes in, and at the scattering centers, respectively, are taken into account to decouple both processes from one another. The scattering centers are modeled randomly but uniformly distributed and different probability values for the scattering and absorption events are investigated. It is hypothesized that the lateral spread of the beam (the widening of the laser spot) as the light travels through the medium is directly related to the pure scattering, and the possibility is discussed to relate quantitatively the spot width at different depths, with the photon mean free path in between collisions. With the help of this parameter, it will be possible decoupling the above mentioned processes to achieve the

**UN MODELO SENCILLO DE CAMINO
ALEATORIO PARA LA DISPERSIÓN
DE FOTONES EN MEDIOS POROSOS
CON UNA CALIBRACIÓN
EXPERIMENTAL**

La propagación de fotones en medios porosos, donde los centros dispersivos o poros, contienen oxígeno molecular en estado gaseoso, está caracterizada por los procesos de dispersión elástica (con impurezas, inclusiones o poros) y de absorción resonante (en el gas dentro de los poros). Una técnica analítica muy prometedora llamada GASMAS ha sido desarrollada para explotar la alta sensibilidad de la absorción resonante de la luz de un haz láser adecuado con longitud de onda central coincidente con las líneas vibracionales de las moléculas de oxígeno. GASMAS permite dar cuenta de la concentración relativa de oxígeno dentro del medio poroso, pues la intensidad de la señal transmitida a través del medio depende del camino promedio efectivo seguido por los fotones a través de las inclusiones y poros que contienen el gas. Lamentablemente, la cuantificación absoluta de esta concentración se complica por el hecho de que dentro de la señal de salida, o señal GASMAS, el efecto de la dispersión de luz está convolucionado con la señal de absorción pura. En este trabajo se plantea una simulación del proceso de transporte de fotones a través del medio poroso con un modelo simple de camino aleatorio (random walk), donde se consideren los procesos de dispersión elástica y absorción resonante en los centros dispersivos para desacoplar ambos efectos. Los centros dispersivos se distribuyen aleatoria y uniformemente en el medio y se comparan diferentes valores de probabilidad de ocurrencia de los eventos de dispersión y absorción. Se plantea que la extensión de la dispersión lateral del haz luminoso (el ensanchamiento del haz láser) está básicamente relacionado con la dispersión pura y se discute la posibilidad de relacionar cuantitativamente el ancho del haz de luz a diferentes profundidades en el

absolute quantification of the average gas concentration in the inclusions. This model will be calibrated experimentally by measuring the width of the output laser profile on illuminated polystyrene plates with different thicknesses and the corresponding GASMAS signal.

Keywords: photon transport, random walk, photon scattering, resonant absorption, GASMAS, oxygen concentration, absolute quantification, porous media

material, con el camino libre promedio de los fotones entre colisiones. Obteniendo esta magnitud sería posible desacoplar los efectos mencionados para lograr la cuantificación absoluta de la concentración de oxígeno molecular en el medio. El modelo se calibrará mediante la medición experimental del ancho del perfil de luz transmitida a través de planchas de espuma de poliestireno de diferente grosor y la medida de la señal GASMAS a través del material.

Palabras clave: transporte de fotones, camino aleatorio, dispersión de fotones, absorción resonante, GASMAS, concentración de oxígeno, cuantificación absoluta, medios porosos.



LASER CLEANING OF GLASSWARE AND APPLICATIONS TO PRESERVATION OF PATRIMONIAL VALUE OBJECTS

J. Vallejo¹, C. Costa¹, G. Bilmes²

¹*Escuela Politécnica Nacional. Ecuador.*

²*CONICET-CIC and Universidad Nacional
de La Plata. Argentine.*

jdvrx@yahoo.es

Cleaning by laser ablation techniques have been widely used in various fields such as physics, chemistry, material processing, communications and restoration of art works and patrimonial objects. In the case of glasses and transparent objects it has been previously shown that removing layers of dirt or films is most effective when the laser impinges from the opposite side of the surface covered with the dirt. In this work, we studied the laser cleaning process of layers of black or white spray paintings deposited on either standard or frosted glass. We focused on determining laser cleaning efficiency when irradiation is done directly on the surface being cleaned and from the opposite side. For monitoring the advancement of the cleaning process we used the amplitude changes in the acoustic



LIMPIEZA DE VIDRIOS CON LASER Y SU APLICACION A LA CONSERVACIÓN DE OBJETOS DE VALOR PATRIMONIAL

Las técnicas de limpieza por ablación láser han sido utilizadas ampliamente en varios campos de la física y la química, en el procesamiento de materiales, en la tecnología de semiconductores y en la restauración y recuperación de objetos de valor patrimonial. En el caso de vidrios y objetos transparentes ha sido previamente demostrado que la eliminación de suciedad es más efectiva cuando se hace incidir el láser por la cara opuesta a aquella sobre la que está depositada la suciedad. En el presente trabajo se estudió el proceso de limpieza de capas de pintura negras y blancas de distinto espesor, depositadas sobre vidrios lisos y rugosos (esmerilados). El trabajo se centró en determinar cómo varía la eficiencia de la limpieza láser cuando la irradiación es realizada

signal generated by the ablation phenomena. For real time quality control of the cleanliness we used the transmission of a CW He-Ne laser through the glass.

We measured also the ablation threshold of both black and white paintings deposited onto the two types of glass substrates indicated. We found, that these threshold values are independent of the thickness of the layers of painting, and the characteristics of the substrate and depend only on the material and colour of the painting. One factor affecting in a general manner the efficiency of the cleaning process is the formation of a patina of organic layer on the irradiated surface, which absorbed part of the beam energy.

We found that for most of the paintings and dark dirt, optimal cleaning process involves backside laser incidence with fluences slightly over the threshold, and a number of shots depending on the thickness of the dirt, combined with a final mechanical remotion of the organics layer (wiping). We demonstrated the validity of this method by cleaning two real life samples. First, a piece of advertising glass, and second, the inside of a glass bottle belonging from archaeological excavations preformed in one of the oldest houses of the city of Buenos Aires.

Keywords: laser ablation, laser cleaning, material processing.

directamente sobre la superficie a ser limpiada y cuando se realiza desde la cara opuesta. Para controlar el progreso del proceso de limpieza láser, se monitorearon los cambios en amplitud de la señal acústica generada por la ablación. Para el control a tiempo real de la calidad de la limpieza se midió la intensidad de un láser continuo He-Ne transmitida a través del vidrio. Se determinaron las fluencias umbrales de ablación de las pinturas depositadas sobre los sustratos mencionados, encontrándose que estos valores no dependen del espesor de la pintura o del tipo de sustrato y que solo dependen del tipo y color del material. Un factor que afecta de manera general la eficiencia de limpieza es la formación de una pátina de material orgánico generada sobre la superficie irradiada, la cual absorbe parte de la energía del haz de limpieza.

Se encontró que en la mayoría de los casos el proceso de limpieza óptimo de vidrios cubiertos con pinturas involucra la combinación de dos procedimientos. Primero la ablación irradiando con el láser por la cara opuesta, con una fluencia ligeramente por encima del valor umbral y con un número de pulsos dependiente del espesor de la muestra. Finalizado este tratamiento, se procede a la remoción mecánica final de la capa orgánica (limpieza con un paño y agua y jabón o alcohol). La validez de este procedimiento se demostró en la limpieza de dos objetos de valor patrimonial: un vidrio de marquesina y, una botella de vidrio proveniente de excavaciones arqueológicas, realizadas en una de las casas más antiguas de la Ciudad de Buenos Aires.

Palabras clave: ablación láser, limpieza con láser, transformación de material.



**TRAPPING, MANIPULATION AND
RAPID ROTATION OF NBD-C8
FLUORESCENT SINGLE CRYSTALS
IN OPTICAL TWEEZERS**

**J. Galaup¹, M. Rodriguez^{1,2}, A. Augier³,
J. Lamère⁴, S. Fery⁴**

¹*Université Paris 11. France.*

²*CEADEN. Cuba,*

³*INTEC. Cuba.*

⁴*Université Paul Sabatier France.*

jean-pierre.galaup@lac.u-psud.fr

We have built an optical tweezers experiment based on an inverted microscope [1] to trap and manipulate single crystals with micro or sub-micrometer sizes made from fluorescent molecules of 4-octylamino-7-nitro-benzoxadiazole (NBD-C8).

These pure single crystals have parallelepiped shapes and reveal birefringence properties evidenced through optical experiments between crossed polarizers in a polarizing microscope. The crystals are uniaxial with their optical axis oriented along their largest dimension [2].

Trapped in the optical trap, the organic micro-crystals are oriented in such a way that their long axis is along the direction of the beam propagation, however their short axis follows the direction of the linear polarization. Therefore, with linearly polarized light, simply rotating the light polarization can orient the crystal.

When using circularly or only elliptically polarized light, the crystal can spontaneously rotate and reach rotation speed of several hundreds of turns per second. A surprising result has been observed: when the incident power is growing up, the rotation speed increases up to reach a certain maximum value and then decreases even then the power still grows up. Moreover, this evolution is irreversible. Different possible explanations can be considered. [3].

The development of a 3D control of the crystals by dynamical holography using liquid crystal spatial modulators will be presented and discussed on the basis of the most recent results obtained.

**ATRAPAMIENTO, MANIPULACIÓN Y
ROTACIÓN RÁPIDA DE
MONOCRISTALES FLUORESCENTES
DE NBD-C8 CON PINZAS ÓPTICAS**

Hemos construido un experimento de pinzas ópticas basado en un microscopio invertido [1] para atrapar y manipular monocristales con tamaños micro o sub-micrométricos hecho de moléculas fluorescentes de 4-octylamino-7-nitro-benzoxadiazole (NBD-C8).

Estos monocristales puros tienen una forma de paralelepípedos y revelan propiedades de birrefringencia a través de experimentos ópticos entre polarizadores cruzados en un microscopio de polarización. Los cristales son de tipo uniaxial con su eje óptico orientado a lo largo de su dimensión más grande [2].

Atrapados en la trampa óptica, el micro-cristal orgánico está orientado de tal forma que su eje más largo sea en la dirección de la propagación del haz, pero su eje corto sigue la dirección de la polarización lineal. Por lo tanto, con luz polarizada linealmente, se puede orientar el cristal con sólo rotar la polarización de la luz.

Cuando se utiliza un haz láser de atrapamiento circularmente o solamente elípticamente polarizado, el cristal se pone a girar espontáneamente y puede alcanzar a velocidades de rotación de varios centenares de vueltas por segundo. Un resultado sorprendente ha sido también observado: cuando la potencia incidente está creciendo, la velocidad de rotación aumenta hasta alcanzar un valor máximo determinado y luego disminuye mientras la potencia del haz incidente sigue aumentando todavía. Por otra parte, esta evolución es irreversible. Diferentes posibles explicaciones pueden ser consideradas [3].

- [1] M. Rodriguez-Otazo, A. Augier-Calderin and J.-P. Galaup, « *Nanometer gold-silica composite particles manipulated by optical tweezers* », Opt. Comm. **182** (2009) 2921.
- [2] M. Rodriguez-Otazo, « *Réalisation de pinces optiques pour la manipulation de nano et micro-objets individuels d'intérêt chimique et biologique* », PhD thesis, Paris 11 University, 2008 (in french).
- [3] M. Rodriguez-Otazo, A. Augier-Calderin, J.-P. Galaup, J.-F. Lamère and S. Féry-Forgues « *High rotation speed of single molecular crystals in an optical trap with elliptically polarized light* », Applied Optics **48** (2009) 2720.

Keywords: optical traps, single micro-crystals, polarization effects.



FABRICATION OF PDMS/SWCNT THIN FILMS AS SATURABLE ABSORBERS

I. Hernandez¹, D. May², J. Sánchez¹

¹INAOE. Mexico.

²Univ. Autónoma de Tamaulipas. Mexico.

hromano@inaoep.mx

In the last decade the use of Single Wall Carbon Nanotubes (SWCNT) for different applications has experienced a tremendous growth. Their use as fast saturable absorbers (SA) for the fabrication of mode-locked laser has also received a lot of attention. A key point for SA based on SWCNT is how to embed the SWCNT in a material that could be reliable, reproducible and that could be incorporated in all-fiber lasers. A simple way to do this is to embed the SWCNT in a polymer material. A variety of polymers have been used such as PMMA, P3HT, PVA, etc. However, a material that has proved to be very robust, easy to use, and also very cheap is Polydimethylsiloxane (PDMS). PDMS doped with SWCNT has been used before in a tapered fiber configuration [1], but having to produce a taper present reproducibility issues. Here we

Se está estudiando el desarrollo de un control 3D de la orientación de los cristales mediante un dispositivo de holografía dinámica basado en el uso de moduladores espaciales luz a cristales líquidos y se presentaran los resultados más recientes obtenidos.

Palabras clave: trampas ópticas, micro-cristales únicos, efectos de polarización.



FABRICACION DE PELICULAS DELGADAS DE PDMS/SWCNT COMO ABSORBEDORES SATURABLES

En la década pasada el uso de los Nanotubos de Carbón de Pared Simple (SWCNT) para diferentes aplicaciones ha tenido un crecimiento tremendo. Su uso como absorbedores saturables (SA) rápidos para la fabricación de láseres de amarre de modos ha recibido mucha atención. Un punto clave para SA basados en SWCNT es como incorporar los SWCNT en un material que sea confiable, reproducible y que pueda introducirse en un láser todo fibra. Una manera simple de hacer esto es incorporar los SWCNTs en un polímero. Una variedad de polímeros han sido usados tales como PMMA, P3HT, PVA, etc. Sin embargo, un material que ha probado ser muy robusto, fácil de manejar, y también muy barato es el Polydimethylsiloxane (PDMS). El PDMS dopado con SWCNT se ha usado antes en un taper de fibra [1], pero el fabricar un taper en

propose the fabrication of thin Films of PDMS-SWCNT that can be easily incorporated between two FC/APC connectors.

Our films were prepared by dispersing SWCNTs in a solvent (chloroform) by ultrasonication and stirring technique. After the SWCNT are well dispersed the solution is mixed with the PDMS with more sonication and stirring. A cell is fabricated using two acrylic layers with a specific thickness using two spacers. The PDMS/SWCNTs solution is poured in the cell and cured by heating the cell at 95°C by one hour. Since the PDMS does not stick on acrylic, we can separate the sandwich and the resulting film is equal to the thickness of the spacers. This allowed us to fabricate PDMS/SWCNT films with a well controlled thickness. A PDMS/SWCNT film with a thickness of 100 μm was inserted in a typical ring cavity Erbium doped fiber laser (EDFL). The pumping (980 nm wavelength) was slowly increased until the spectrum of the laser started to increase, and it was maximized by using a polarization controller within the cavity. Stable mode-locked pulses with a duration of 3.6 ps and spectral bandwidth of 1.6 nm were obtained without any dispersion compensation. This provides a time-bandwidth product of 0.405 assuming a hyperbolic secant pulse shape. The repetition rate of the laser was 22 MHz which matches the total cavity length. This demonstrates that the PDMS/SWCNT film is very useful for the development of fiber based mode-locked lasers.

- [1] Khanh Kieu and Masud Mansuripur, *Femtosecond laser pulse generation with a fiber taper embedded in carbon nanotube/polymer composite*, Opt. Lett. Vol. 32, No. 15, August (2007)

Keywords: fiber laser, single-wall carbon nanotube, SWCNT, mode-locking, saturable absorber, ultrafast pulses, pulsed laser.

fibra presenta problemas de reproducibilidad. Nosotros proponemos la fabricación de una película delgada de PDMS/SWCNT que pueda ser fácilmente incorporada entre dos conectores FC/APC.

Nuestra película se elaboró dispersando SWCNTs en un solvente (cloroformo) por medio de las técnicas de sonicación y agitación. Después de que los SWCNTs están bien dispersos la solución es mezclada con PDMS por medio de sonicación y agitación. Una celda es fabricada usando dos placas de acrílico con dos separadores de un grosor específico. La solución de PDMS/SWCNT se incorpora en la celda y la película se cura calentando la muestra a 95 °C durante una hora. Debido a que el PDMS no se pega en el acrílico, podemos separar la celda y la película obtenida tiene el grosor de los espaciadores. Esto nos permitió fabricar películas de PDMS/SWCNT con un grosor controlado. Una película de PDMS/SWCNT con un grosor de 100 μm fue colocada en un láser de fibra dopado de Erblio (EDFL) con configuración en anillo. El bombeo (longitud de onda de 980 nm) se fue incrementado lentamente hasta que el espectro del láser comenzó a hacerse ancho, y este fue maximizado usando un controlador de polarización dentro de la cavidad. Pulsos de amarre de modos estables con duración de 3.6 ps y ancho espectrales de 1.6 nm se obtuvieron sin ninguna compensación de dispersión. Esto nos da un producto ancho de banda-tiempo de 0.405 asumiendo la forma del pulso de secante hiperbólica. La razón de repetición del láser fue de 22 MHz la cual coincide con la longitud de la cavidad. Esto demuestra que la película de PDMA/SWCNT es muy útil en el desarrollo de láseres de fibra de amarre de modos.

Palabras clave: láser de fibra, nanotubo de carbón de barrera simple, SWCNT, mode-locking, absorbedor saturable, pulsos ultra rápidos, láser pulsado.



**DEPOSITION OF TITANIA
NANOTUBES ON OPTICAL FIBER
VIA OPTICAL MANIPULATION**

**P. Zaca¹, F. Chávez¹, T. Prutskij¹,
N. Morales¹, J. G. Ortega¹, C. Felipe²,
O. Goiz²**

¹*Ben. Univ. Autónoma de Puebla. Mexico.*

²*Instituto Politécnico Nacional. Mexico.*

placido.zaca@icbuap.buap.mx

Optical tweezers are commonly used for manipulation, trapping, selecting or optical levitation of micro and nanostructured materials either for organic or inorganic elements by using the laser beam radiation as a source. Commonly, these tweezers are dynamic systems that can include precision mechanisms or very expensive optical arrangements. In this work, we show a simple, novel and economic method for optical manipulation of nanostructured materials as well as for the deposition of these nanostructures on optical fiber by means of a low power laser source at 1550 nm. In this system, the infrared beam, with mode TEM₀₀, travels through a single-mode fiber optic up to the opposite side which is introduced in a solution containing the previously dissolve titania nanotubes (TiO₂). Preliminary studies about analytical results in the Rayleigh regime have shown the effects of dependence of some parameters which take place in similar process such as influence of gradient and dispersion forces with respect to its intensity, polarization, source exposition time in the solution, wavelength, nanostructures morphology and size, as well as the relation between solution and nanostructures refractive indices. On the other hand, experimental results carried out using titania nanotubes have shown the functionality of this system for optical manipulation and further deposition on a single-mode fiber optic; observed depositions with scanning electron microscope show both normal and periodic distribution of nanotubes on the fiber optic.

**DEPOSICION DE NANOTUBOS DE
OXIDO DE TITANIO SOBRE FIBRAS
OPTICAS MEDIANTE
MANIPULACION OPTICA**

Las pinzas ópticas son usadas comúnmente para la manipulación, atrapamiento, selección o levitación óptica de materiales micro y nanoestructurados, ya sea para elementos orgánicos o inorgánicos, usando como fuente la radiación de un láser. Por lo general, estos son sistemas dinámicos que pueden incluir mecanismos de precisión o arreglos ópticos muy costosos. En el presente trabajo se muestra un método novedoso, sencillo y económico para la manipulación óptica de materiales nanoestructurados así como para la deposición de estos sobre fibras ópticas mediante una fuente láser a 1550 nm de baja potencia. En el arreglo propuesto, el haz infrarrojo con modo TEM₀₀ viaja a través de una fibra óptica monomodo hasta el extremo opuesto que es introducido en una solución con los nanotubos de óxido de TiO₂ previamente disueltos. Los estudios preliminares sobre los resultados analíticos en el régimen de Rayleigh han mostrado sus efectos de la dependencia de algunos parámetros que toman lugar en procesos de este tipo como la influencia de las fuerzas de gradiente y dispersión con relación a su intensidad, polarización, tiempo de exposición de la fuente en el medio, longitud de onda, la morfología de los materiales, dimensiones, así como la relación entre los índices de refracción de la solución y las nanoestructuras. Por su parte los resultados experimentales llevados a cabo usando nanotubos de TiO₂ han mostrado la funcionalidad de este sistema mediante la manipulación óptica y su deposición en particular de este tipo de nanoestructuras sobre una fibra óptica monomodo; las deposiciones observadas a través de un microscopio electrónico de barrido muestran una distribución perpendicular de los nanotubos sobre la fibra arreglados en forma periódica.

Keywords: fiber optics, optical tweezers, Rayleigh particles.

Palabras clave: fibras ópticas, pinzas ópticas, partículas Rayleigh.



MEASUREMENT OF GEOMETRIC PHASES BY ROBUST INTERFEROMETRIC AND POLARIMETRIC METHODS

MEASUREMENT OF GEOMETRIC PHASES BY ROBUST INTERFEROMETRIC AND POLARIMETRIC METHODS

J. Loredó, O. Ortiz, A. Ballón, S. Chávez,
F. De Zela
PUCP. Peru.
fdezela@pucp.edu.pe

We present a novel interferometric arrangement that makes it possible to measure with great versatility Pancharatnam-Berry phases produced in polarization states of classical light. Our arrangement is robust against thermal and mechanical disturbances, allowing measurements whose accuracy is similar to the one currently achieved in polarimetry. Our interferometric arrangement can be set up in a Mach-Zehnder, a Michelson or a Sagnac configuration. We present results concerning not only the (total) Pancharatnam-Berry phase but the geometric phase as well. Last one is obtained by compensating the dynamical contribution to the total phase, so as to extract out of it a purely geometric phase. This can be achieved over trajectories on the Poincaré sphere that are not necessarily restricted to be great circles (geodesics). We thus demonstrate the feasibility of our method for dynamical extraction of the geometric contribution to the total phase, a prerequisite for building quantum gates that are based on geometric phases. Although our results correspond to polarization states of classical light, the same methodology can be applied in the case of polarization states of single photons.

Keywords: geometric phases, interferometry, polarimetry.

Presentamos un nuevo arreglo interferométrico que permite medir con gran versatilidad la fase de Pancharatnam-Berry generada en estados de polarización de luz clásica. Nuestro arreglo es robusto frente a perturbaciones mecánicas y térmicas, y puede montarse en la configuración de un interferómetro de Mach-Zehnder, Michelson, o Sagnac. Presentamos resultados relativos no sólo a la fase (total) de Pancharatnam-Berry, sino también relativos a la fase geométrica. Esta última se obtiene mediante la compensación de la contribución dinámica a la fase total, para así obtener una fase puramente geométrica. Ello es posible lograrlo a lo largo de trayectorias sobre la esfera de Poincaré que no sean necesariamente círculos máximos (geodésicas). Demostramos así la aplicabilidad de nuestro método para extraer dinámicamente la contribución geométrica de la fase total, lo que es un requisito para construir puertas cuánticas basadas en fases geométricas. Aun cuando nuestros resultados corresponden a estados de polarización de luz clásica, la misma metodología puede aplicarse al caso de estados de polarización de fotones.

Palabras clave: fase geométrica, interferometría, polarimetría.



**DELAY-COUPLED SEMICONDUCTOR
LASERS: DYNAMICS AND
APPLICATIONS**

**M. Cornelles¹, N. Oliver¹, X. Porte¹,
R. Vicente², I. Fischer¹, C. R. Mirasso¹**

¹*IFISC, CSIC-UIB. Spain.*

²*Max-Planck Institute. Germany.*

claudio@ifisc.uib-csic.es

Coupled semiconductor lasers are a paradigmatic example of collective behaviour. The study of their dynamical properties has led to the discovery of a variety of interesting phenomena including chaos synchronization, death by delay, stochastic and coherence resonance, etc. In this paper, we focus on the chaotic dynamics induced by coupling few semiconductor lasers with a fixed time delay. Delayed coupling is of particular interest as it is common in nature and technology and it was found to induce both instabilities and synchronization not only in laser systems but also in physiological and biological systems. To better understand in particular the properties of delay-coupled lasers, and in general of complex networks of delay-coupled oscillators, it is important to understand the dynamics of basic building blocks such as rings and chains.

In this talk we will present experimental and numerical results of the dynamics of delayed coupled semiconductor lasers in different motifs that include rings and chains, and highlight novel applications that include chaos based optical communications, chaos key distribution and pseudorandom numbers generation.

- [1] “Chaos Synchronization and Spontaneous Symmetry Breaking in Symmetrically Delayed Coupled Semiconductor Lasers”, T. Heil, I. Fischer, W. Elsasser, J. Mulet and Claudio R. Mirasso, *Phys. Rev. Lett.* **86**, 795 (2001).
- [2] “Zero-lag Long-Range Synchronization via Dynamical Relaying”, I. Fischer, R. Vicente, J. M. Buldú, M. Peil, Claudio R. Mirasso, M. C. Torrent and J. García-Ojalvo, *Phys. Rev. Lett.* **97**, 123902 (2006).

**LÁSERES DE SEMICONDUCTOR
ACOPLADOS COM RETRASO:
DINÁMICA Y APLICACIONES**

Los láseres semiconductores acoplados son un ejemplo paradigmático de comportamiento colectivo. El estudio de sus propiedades dinámicas ha llevado al descubrimiento de una variedad de fenómenos interesantes, entre ellos la sincronización del caos, la muerte por retraso, la resonancia estocástica y de coherencia, etc. En este trabajo, nos centramos en la dinámica caótica generada por el acoplamiento de unos pocos láseres de semiconductores con un tiempo de retraso fijo. El acoplamiento con retraso es de particular interés ya que es habitual en la naturaleza y en la tecnología; se ha encontrado que puede inducir tanto inestabilidades como sincronización no sólo en láseres, sino también en sistemas fisiológicos y biológicos.

Para entender mejor las propiedades dinámicas de los láseres acoplados con retraso en particular, y de las redes complejas de osciladores acoplados con retraso en general, es importante entender la dinámica de los bloques básicos que suelen conformar las redes, como anillos y cadenas. En esta charla vamos a presentar resultados experimentales y numéricos de la dinámica de láseres de semiconductor acoplados con retraso para diferentes bloques básicos, que incluyen anillos y cadenas, y poner de relieve las nuevas aplicaciones, que incluyen las comunicaciones ópticas caóticas, la distribución de claves y la generación de números aleatorios utilizando el caos.

- [3] "Dynamics, correlation scaling and synchronization behavior in rings of delay-coupled oscillators", G. van der Sande, M. Cornelles, I. Fischer and Claudio R. Mirasso, Phys. Rev. E Rapid Comm., 77, 055202R (2008).

Keywords: semiconductor laser dynamics, application of semiconductor lasers.

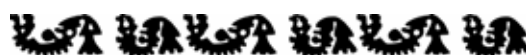
Palabras clave: dinámica del láser semiconductor, aplicaciones de láseres semiconductores.



MULTI FUNCTIONS ERBIUM-DOPED FIBER LASER

C. Barros, H.G. Rosa, E.A. De Souza
Univ. Presbiteriana Mackenzie. Brazil.
clau.b@mackenzista.com.br

Currently Erbium-doped fibre lasers (EDFL) are indispensable in telecommunications systems due to their 1550 nm emission at C band. The demand for high capacity transmissions made EDFLs attractive also for DWDM systems. One interesting application is to generate multi frequencies covering all Erbium emission bandwidth. In this work, we integrated two arrayed waveguide gratings (AWG) in an Erbium-doped fibre ring cavity laser that emits 40 different wavelengths. They can be simultaneously and individual controlled. The cavity has a 980 nm pump, a WDM coupler plugged at isolator to 1550 nm, ~1 m of EDF, a polarization controller and an output signal port of 16%. An advantage in utilizing AWGs is its low insertion loss, about 2 dB. The individual controller of 40 wavelengths, or channels, see fig.1, allow us insert different functions at cavity. At Fig. 2 a), for instance, we demonstrated CW and passive mode-locked regimes simultaneously. The CW channels was obtained with simple match between AWGs channels, for example, channel 21 of AWG 1 with channel 21 of AWG 2. The Mode-Locked channel was obtained with Single Walled Carbon Nanotubes (SWCNT) insert between AWGs channels too. SWCNT works as saturable absorbers forming pulse



LASER À FIBRA DOPADA COM ÉRPIO COM MÚLTIPLAS FUNÇÕES

Atualmente lasers à fibra dopada com Érbio (EDFL) são indispensáveis em sistemas de telecomunicações, devido sua baixa perda para emissão em 1550 nm, a banda O. A grande demanda por fontes de banda larga nas transmissões fizeram os EDFLs muito atrativos para Sistemas WDM (*Wavelength division Multiplex*). Com eles, a geração de múltiplos comprimentos de onda é possível para diversas aplicações, utilizando toda a banda de emissão do Érbio. Neste trabalho, integra-se duas grades com guias de onda matriciais, ou AWG (*Arrayed Waveguide Grating*) à cavidade laser, onde um único meio de ganho à temperatura ambiente emite laser em 40 diferentes comprimentos de onda, controlados simultânea ou individualmente. A cavidade é bombeada por um laser de diodo em 980 nm, tem um componente WDM integrado ao isolador do sinal em 1550nm, aproximadamente 1m de fibra dopada com Érbio, um controlador de polarização e um acoplador de saída de 16%. Uma vantagem no uso das AWGs é a baixa perda por inserção, aproximadamente 2 dB. O controle individual dos 40 comprimentos de onda, ou canais, veja na fig. 1, permite o uso de diferentes funções dentro da cavidade. Por exemplo, mostramos a possibilidade de emissão em regime contínuo, o CW (*Continuous wave*) e o

trains spaced by 150 ns (see Fig.2b). The channels were analyzed simultaneously by an optical signal analyzer and an oscilloscope. The DC level at the oscilloscope we believe is relative to CW channel. This configuration allows us to insert other functions into ring cavity such as active regimes modulated at different rates. Some challenges such as gain equalization should be achieved to allow the maximum number of channels and functions.



Fig. 1. Picture of the EDFA with two AWGs.

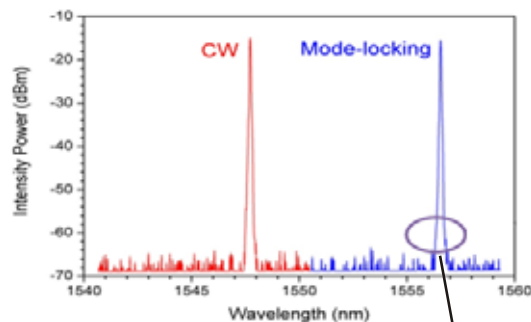


Fig. 2a

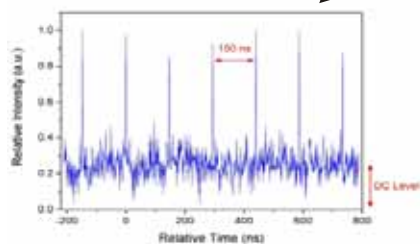


Fig. 2b

Fig. 2. a) EDFA operating simultaneously at CW and Mode-locked regime. b) Pulse train of the Mode-locking regime.

regime de acoplamento de modos passivo (*Passive mode-lock*), simultaneamente. O regime *CW* é obtido através do pareamento entre os canais das *AWGs*, por exemplo, canal 21 da *AWG* 1 com o canal 21 da *AWG* 2. O canal com *mode-locking* passivo foi obtido com a inserção de uma amostra de nanotubos de carbono com paredes simples (*SWCNT*) entre canais. Os *SWCNT* funcionam como absorvedores saturáveis e mostraram boa eficiência como moduladores passivos, formando trem de pulsos espaçados por 150 ns, veja fig. 2. Os canais com as duas funções, *CW* e *passive mode-lock*, foram analisados simultaneamente na porta de saída, acoplada ao analisador de espectro óptico e a um osciloscópio. O nível DC no osciloscópio, acredita-se deve-se ao canal *CW*, ver na fig. 2. O sistema mostrou-se eficiente e potencial para inserir outras funções a cavidade laser, como regime de acoplamento de modos ativo. Alguns desafios, como a diferença de ganho entre os canais, devido as transições não-homogeneas do Érbio devem ser estudados, para maximizar o numero de canais e de funções no experimento e verificar como se dá a interação entre os diferentes regimes intra-cavidade.

Fig. 1. Imagem do EDFA com dois AWGs

Fig. 2. a) EDFA funcionando simultaneamente nos *CW* e *passive mode-lock*. b) Pulsos do *passive mode-lock*.

Palavras-chave: EDFA, *AWG*, Laser com múltiplos comprimentos de onda, Laser com múltiplas funções.

Keywords: EDFL, Arrayed Waveguide Gratings, Laser Multi Frequency, Laser Multi Functions.



**TRANSVERSE MODE SELECTION
AND BIESTABILITY IN VERTICAL-
CAVITY SURFACE-EMITTING
LASERS INDUCED BY PARALLEL
POLARIZED OPTICAL INJECTION**

**M. Salvade¹, M.S. Torre¹, A. Valle²,
L. Pesquera²**

¹Univ. Nac.del Centro de la Pcia. de Bs. As.
Argentina.

²Universidad de Cantabria. Spain.
marita@exa.unicen.edu.ar

Transverse modal selection induced by parallel polarized optical injection in a Vertical-Cavity Surface-Emitting (VCSEL) is analyzed from a theoretical point of view. We find that the selection of the fundamental transverse mode can be achieved when the two transverse modes have parallel polarization. Moreover this selection is accompanied by locking of that mode to the optically injected signal for large enough values of the wavelength detuning between the fundamental mode and the externally injected signal.

In agreement with experimental results [1], the injected power needed to induced modal selection grows as the VCSEL bias current is increasing and exhibits a minimum with respect to the injection wavelength at a value λ_{min} that is slightly longer than the wavelength of the fundamental mode of the solitary VCSEL. We also find that the selection process exhibits a biestable behaviour and that the width of the biestable region increases in a linear way as the wavelength of the optically injected signal increases beyond λ_{min} .

[1] A. Quirce, A.Valle, A. Hurtado, C. Jiménez,L. Pesquera, and M. Addams, "Experimental Study of Transverse Mode



**SELECCION DE MODOS
TRANSVERSALES Y BIESTABILIDAD
EN VCSELs INDUCIDA POR
INYECCIÓN OPTICA POLARIZADA
PARALELA**

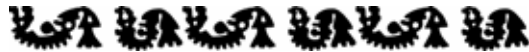
La selección de modos transversales inducida por inyección óptica polarizado paralela en un VCSEL es analizada teóricamente. Encontramos que la selección del modo fundamental transversal puede lograrse cuando los dos modos transversales tienen una polarización paralela. Además, esta selección es acompañada de bloqueo de ese modo a la señal óptica inyectado para grandes valores de la desintonía considerada como la diferencia entre las longitudes de onda del modo fundamental y de la señal externa inyectada.

En concordancia con los resultados experimentales [1], mostramos que la potencia inyectada necesaria para inducir la selección modal crece a medida que crece la corriente de inyección del VCSEL y exhibe un mínimo con respecto a la longitud de onda de inyección en un valor λ_{min} que es ligeramente más grande que la longitud de onda del modo fundamental del VCSEL solitario.

También encontramos que el proceso de selección exhibe un comportamiento biestable y que el ancho de la región aumenta de forma lineal como la longitud de onda de la señal inyectada aumenta más allá de λ_{min} .

Selection in VCSELs Induced by Parallel Polarized Optical Injection”, IEEE Journal Quantum Electronics, vol. 46, no. 4, pp. 467-473 (2010)

Keywords: injection locking, optical injection, transverse modes, VCSEL’s.



MODELING MUTUALLY COUPLED VCSEL’s VIA POLARIZATION-ROTATED OPTICAL COUPLING

M.S. Torre¹, C. Masoller²

¹Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Argentine.

²Univ. Politecnica de Catalunya. Spain.

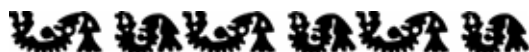
marita@exa.unicen.edu.ar

The dynamics of two VCSELs mutually coupled via polarization-rotated optical injection is studied numerically, based on the well know spin flip model. Both laser are identical and the coupling strength is symmetric.

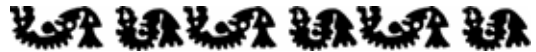
We analyzed the dynamic in the weak coupling regime, and consider two coupling schemes such that the lasers are coupled either before or after the polarization switching point.

In the first case(the lasers are mutually coupled before the polarization switching point) we find that both lasers display polarization oscillation; and in the second case (the lasers are coupled after the polarization switching point) we find that one laser dominates, and emits a polarization which is orthogonal to the polarization emitted by the other laser. These numerical results are confronted with recent experimental observations.

Keywords: semiconductor laser, optical injection, polarization.



Palabras clave: inyección óptica, modos transversales, VCSEL’s.

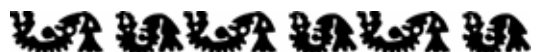


VCSEL’S ACOPLADOS MUTUAMENTE POR MEDIO DE INYECCION OPTICA CON POLARIZACION ROTADA

En este trabajo se estudia la dinámica de dos láseres tipo VCSELs mutuamente acoplados por medio de inyección óptica con polarización rotada. El análisis se realiza en el marco del modelo de spin-flip (SFM) asumiendo que ambos láser son idénticos y que el acoplamiento es simétrico.

Se consideran los dos esquemas posibles de acoplamiento; ya sea que ambos láseres se acoplen antes o después del punto de cambio de la polarización (PS). En el primer caso, donde los láser se acoplan mutuamente antes del PS, la polarización presenta una dinámica con oscilaciones, mientras que en el segundo caso, cuando ambos láseres se acoplan después del PS encontramos que un láser domina, y emite en una polarización que es ortogonal a la polarización emitida por el otro láser. Estos resultados numéricos se confrontan con recientes observaciones experimentales. La influencia de varios parámetros del modelo sobre la duración del transitorio son analizados.

Palabras clave: láser semiconductor, inyección óptica, polarización.



A NUMERICAL STUDY OF AN EDFL MODE-LOCKED BY SWCNT AS SATURABLE ABSORBERS

**P.G. Komninos, H.G. Rosa,
E.A. De Sousa**

*Mackenzie University. Brazil.
paulokomninos@gmail.com*

Mode-locked Erbium-doped fiber lasers (EDFL) have been studied by researchers in telecommunication and laser areas. Ultrashort pulses were generated in fiber lasers by passive mode-locking technique using single-walled carbon nanotubes (SWCNT) as saturable absorbers.

We present a numerical study to find the better output bandwidth in a passive mode-lock EDFL using SWCNT as saturable absorbers. The numerical study is based in the numerical solution of Ginzburg-Landau's equation (1),

$$\frac{\partial a}{\partial z} = \left[g \left(1 + \frac{1}{\Omega_g^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right) + iD \frac{\partial^2}{\partial t^2} - l + (\delta - i\gamma) |a|^2 \right] a \quad (1)$$

where a is the slowly varying envelope amplitude, g is the gain function, Ω_g is the gain bandwidth, D is the group velocity dispersion coefficient (GVD), l is the loss function, δ is the self amplitude modulation coefficient, γ self phase modulation coefficient (SPM), which describes the dynamics of laser cavities. To solve this equation, we used the split-step Fourier method.

As we have seeing in our experimental results, the light polarization state makes an important role in bandwidth optimization. However, we focused our study and simulations in the cavity length effect in the output bandwidth. By this method, we can approach our calculations without considering polarization effects and fibers birefringence. For this approach, we don't need to use the coupled Ginzburg-Landau's equation, which simplifies our method.

The simulations have an experimental support, validating our methods and approach. Our simulations have a focus to find the better configuration of laser cavity

ESTUDO NUMÉRICO DE UM LASER DE FIBRA DOPADA COM ÉRBIO COM MODOS ACOPLADOS POR NANOTUBOS DE CARBONO COMO ABSORVEDOR SATURÁVEL

Lasers de fibra dopada com Érbio (EDFL – *Erbium-Doped Fiber Lasers*) que utilizam a técnica de acoplamento de modos têm sido estudados por pesquisadores na área de telecomunicações e lasers. Pulsos ultracurtos têm sido gerados por lasers de fibra nanotubos de carbono de parede única (SWCNT – *Single-Walled Carbon Nanotubes*) como absorvedores saturáveis.

Apresentamos um estudo numérico para encontrar a melhor largura de banda em um EDFL pelo o uso da técnica de acoplamento passivo de modos utilizando SWCNT como absorvedores saturáveis. O estudo numérico é baseado na solução numérica da Equação de Ginzburg-Landau (GLE – *Ginzburg-Landau Equation*) (1) que descreve a dinâmica de uma cavidade laser,

$$\frac{\partial a}{\partial z} = \left[g \left(1 + \frac{1}{\Omega_g^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right) + iD \frac{\partial^2}{\partial t^2} - l + (\delta - i\gamma) |a|^2 \right] a \quad (1)$$

onde a é a amplitude da envoltória do campo elétrico que varia lentamente (SVEA – *Slowly Varying Envelope Amplitude*), g é a função de ganho, Ω_g é a largura de banda do ganho, D é o coeficiente de dispersão (GVD – *Group Velocity Dispersion*), l é a função de perdas, δ é o coeficiente do absorvedor saturável, γ é o coeficiente de auto modulação de fase (SPM – *Self-Phase Modulation*). Para resolver a GLE utilizamos o método Split-Step Fourier.

Como observamos em nossos resultados experimentais, o estado de polarização da luz tem uma função importante na otimização da largura de banda. Entretanto, focamos nossos estudos e simulações no efeito do comprimento da cavidade na largura de banda do laser. Por este método, podemos aproximar nossos cálculos sem considerar os efeitos de polarização e de

that give us the maximum output bandwidth for future experiments in the passive mode-lock EDFL using SWCNT as saturable absorbers.

Keywords: fiber lasers, mode-locking, carbon nanotubes, simulation.

birrefringência. Por esta aproximação, não precisamos usar as Equações Acopladas de Ginzburg-Landau, o que simplifica nosso método.

As simulações têm como suporte os resultados experimentais, validando nosso método e aproximações. O objetivo das simulações é encontrar a configuração da uma cavidade laser que produza a melhor largura de banda para futuros experimentos em um EDFL pelo o uso da técnica de acoplamento passivo de modos utilizando SWCNT como absorvedores saturáveis.

Palavras-chave: laser de fibra, acoplamento de modos, nanotubos de carbono, simulação.



PHOTOREFRACTIVE AXICON: STUDY OF LIGHT-INDUCED EFFECTS BY BESSEL BEAM IN PHOTOREFRACTIVE CRYSTALS

**T.A. Vieira¹, M.R.R. Gesualdi¹,
M.Z. Rached¹, M. Muramatsu²**

¹UFABC, Brazil.

²USP, Brazil.

tarcio.vieira@ufabc.edu.br

In this work, we present our analysis of the light-induced effects generated by Bessel beam in photorefractive crystals and their implications in space-charge field shape and index refraction modulation. The Bessel beam or non diffractive beam is a monochromatic solution of the wave equation with cylindrical symmetry along the propagating axis, its proportional to an ordinary zero-order Bessel function and this property provides a non diffraction and non dispersion effect along the beam propagation. The Bessel beam can be obtained by wave plane incidence in ring slit narrow located in the focal plane of one lens or in axicon lens. Modern applications of these beams are: metrological applications, alignment of optical systems and mechanical devices; optical tweezers; optical spanners; non linear optics, optical frequency



AXICON FOTORREFRATIVO: ESTUDO DE EFEITOS FOTOINDUZIDOS POR FEIXES DE BESSEL EM CRISTAIS FOTORREFRATIVOS

Neste trabalho, apresentamos nossas análises do efeito de foto-indução geradas por um feixe de Bessel em um meio fotorrefrativo e da forma do campo e índice de refração foto-induzido. O feixe de Bessel é um feixe não difrativo descrito por uma solução monocromática exata da equação de Helmholtz com simetria cilíndrica, seu padrão transversal é descrito por uma função de Bessel de ordem zero de primeira espécie, isso gera um efeito não difrativo e não dispersivo ao longo da direção de propagação do feixe. O feixe de Bessel pode ser gerado a partir da difração de uma onda plana incidente numa abertura anelar que se localiza no foco de uma lente positiva ou a partir de lente Axicon. Há varias e modernas aplicações desses feixes como em: metrologia, alinhamento de sistemas ópticos e dispositivos mecânicos, pinças ópticas,

doubling; optical coherence tomography; optical communication; and others [1]. For other hand, the photorefractive crystals are very important materials for applications in non-linear optics, holographic storage, interferometry and optical information processing. The light-induced mechanisms that characterize these crystals are the photorefractive effect [2]. Then, the photorefractive axicon is, essentially, the light-induced index modulation in the photorefractive media generated by Bessel beam, with different sizes and intensity of the ring shaped index modulations. Additionally, we analyzed the potentialities of to produce a non diffractive beam with a plane wave propagation in this ring shaped index modulation in photorefractive crystals.

- [1] H. E. H. Figueroa, M. Z. Rached, E. Recami, Localized Waves, John Wiley, 2007.
- [2] M. R. R. Gesualdi, M. Muramatsu, E. A. Barbosa, Light-induced lens analysis in photorefractive crystals employing phase-shifting real time holographic interferometry, Opt. Comm. 281, 5739-5744 (2008).

Keywords: photorefractive effects, Bessel beam, axicon.



DESIGN AND PERFORMANCE OF A SEALED CO₂ LASER FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS

D. Gómez, D. Nisperuza, A. Bastidas

Univ. Nacional de Colombia. Colombia.

dagomezt@unal.edu.co

A large amount of materials processing is done using an industrial CO₂ laser operating in the mid-infrared (IR) spectrum. Their high efficiency and tremendous power output have made them one of the most commonly known transition wavelength at 10,6 microns facilitates laser cutting, drilling and marking of a wide variety of materials in the

spanner ópticos, óptica não linear, dobradores de frequência, tomografia de coerência óptica, comunicações ópticas, entre outros [1]. Por outro lado, os cristais fotorrefrativos são materiais muito importantes para aplicações em óptica não linear, armazenamento holográfico, interferometria e processamento óptico de informação, onde o efeito de foto indução característico é o efeito fotorrefrativo[2]. Portanto, o Axicon Fotorrefrativo é basicamente uma modulação do índice de refração no meio fotorrefrativo fotoinduzido por um feixe de Bessel com modulações de índice na forma de anéis de diferentes tamanhos e intensidades. Em adição, analisamos a possibilidade da geração de um feixe de Bessel através dos anéis fotoinduzidos no meio fotorrefrativo.

Palavras chave: Efeito fotorrefrativo, Feixe de Bessel, Axicon.



DISEÑO Y PUESTA A PUNTO DE UN LASER DE CO₂ SELLADO PARA APLICACIONES INDUSTRIALES

En la actualidad, gran cantidad materiales son procesados por medio de un laser industrial de CO₂ operado en el espectro del infrarrojo-medio. Su alta eficiencia y gran potencia de salida han hecho de ellos uno de los más conocidos, con longitud de onda de transición de 10,6 micrones, lo cual facilita el corte, perforado y marcado laser en una

electronics and medical industries. Because lasers are feedback systems, many of their design parameters strongly interact with one another, and arriving at an optimum design requires a really thorough understanding of just how they interact. We report the construction of a sealed CO₂ gas discharge laser with a glass laser tube design as well as clear acrylic housing makes this an excellent demonstrational tool. Sealed operation was characterized in mode, power, warm-up and stability over the period of weeks. The results indicate a good operation, optimum wavelength, powers and beam quality will remove material more efficiently in effective industrial applications.

Keywords: sealed CO₂ laser, power stability, optimum wavelength, industrial applications.

amplia variedad de materiales en diferentes áreas de la industria. Debido a que los láseres son sistemas retroalimentados, muchos de sus parámetros de diseño interactúan fuertemente entre ellos, por lo que conseguir un diseño óptimo requiere un entendimiento completo de su interacción. Reportamos la construcción de un laser de descarga de CO₂ sellado con un diseño de tubo laser de vidrio, así como un encapsulamiento de acrílico transparente que hace a este una excelente herramienta de demostración. La operación en sellado fue caracterizada en modo, potencia, calentamiento y estabilidad sobre un periodo de semanas. Los resultados indican una buena operación, optima longitud de onda, potencia, calidad del haz que eliminará material eficientemente en aplicaciones industriales.

Palabras clave: Láser de CO₂ sellado, estabilidad de potencia, longitud de onda óptima, aplicaciones industriales.



THIRD ORDER OPTICAL NON-LINEARITY IN METALLIC NANO-STRUCTURES

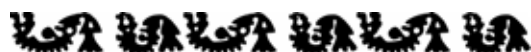
R. Domínguez¹, D. May¹, O. Baldovino¹, R. Selvas², O.V. Kharissova², M. Osorio²

¹Univ. Autónoma de Tamaulipas. Mexico.

²Univ. Autónoma de Nuevo León. Mexico.

rfdominguez@uat.edu.mx

The development of the photonics technology has driven growth in what concerns to research of new materials with nonlinear optical properties (NLO) [1]. Specially, the nanomaterials represent an attractive option due to their wide potential of applications such as medicine, industry and telecommunications. In this work, we present the preliminary results to obtain the magnitude and the sign of the third order nonlinear coefficient of a new kind of Bismuth oxide nanotubes, Bi₂O₃, which were synthesized by microwave irradiation heating [2]. These preliminary results are



NO-LINEALIDAD ÓPTICA DE TERCER ORDEN EN NANO-ESTRUCTURAS METÁLICAS

El desarrollo de la tecnología fotónica ha impulsado la investigación de nuevos materiales con propiedades ópticas no lineales (NLO) atractivas[1]. En particular, los nano-materiales representan una opción atractiva debido a su amplio potencial de aplicaciones que poseen tales como medicina, la industria y las telecomunicaciones. En este trabajo se presentan los resultados preliminares en la obtención de la magnitud y el signo del coeficiente no-lineal de tercer orden de un nuevo tipo de nano-tubos de Óxido de Bismuto, Bi₂O₃, los cuales fueron

based on Z-scan technique [3]. This method offers the chance to measure the sign and magnitude of the refractive nonlinearities with a single beam; giving simplicity as well as high sensitivity. The experimental array consists in a CW laser diode with linear polarization at $\lambda=532$ nm and FWHM= 0.45 mm as illumination source. The laser beam is divided by a beam splitter in two arms; one of them is used as reference incident beam. The second one passes through a positive lens $f=5$ cm that illuminates the Bi_2O_3 sample situated near to the focus. The intensity transmitted is monitored by the silicon photodetector provided with a small aperture. The nanotube sample was fixed in the laboratories of the FCFM of UANL. The experimental results are shown in the figure 1.

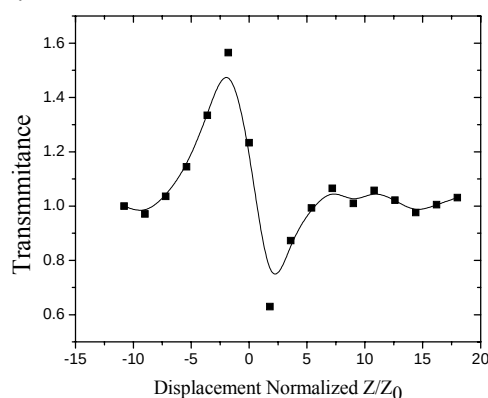


Figure 1. Experimental Z-scan trace for Bi_2O_3 sample.

These preliminary results are obtained using a simple CW low power diode laser (3 mW) at 532 nm, and shown a negative nonlinearity as well as an effect of self-diffraction, which are typical features of a Kerr media.

- [1] P.N. Prasad, D.J. Williams. Introduction to nonlinear optical effects in molecules and polymers, John Wiley and Sons. New York, 1991.
- [2] OV Kharissova, M Osorio, and M Garza. Synthesis of Bismuth Nanotubes by microwave Irradiation, in Proc. MRS Fall Meeting 2007, paper I15.42
- [3] M. Sheik-Bahae, A.A. Said, E.W.V. Stryland. Optics Letters. 14, (1989) 995

Keywords: Kerr effect, nanomaterials.

sintetizados por calentamiento a través de irradiación de microondas [2]. Estos resultados preliminares se basan en la Técnica de Barrido en Z (Z-scan)[3]. Este método ofrece la oportunidad de medir el signo y la magnitud de la no linealidad óptica con un sólo haz de manera simple así como un alta sensibilidad. El arreglo experimental consiste en un diodo láser de onda continua como fuente de iluminación, con polarización lineal en $\lambda = 532$ nm y FWHM = 0,45 mm. El haz láser es separado en dos brazos, uno de ellos se utiliza como haz de referencia incidente. El segundo pasa a través de una lente positiva $f = 5$ cm que iluminan la muestra Bi_2O_3 situado cerca del foco. La intensidad transmitida por la muestra es medida por un fotodetector de silicio provisto de una pequeña abertura. La muestra fue preparada en los laboratorios de la FCFM-UANL. Los resultados experimentales se aparecen en la figura 1.

Figura 1. Datos experimentales obtenidos por la Técnica de Barrido en Z para la muestra de Bi_2O_3 .

Estos resultados preliminares fueron obtenidos mediante un diodo láser en operación de CW de baja potencia (3 mW) a 532 nm, donde además se muestra una no-linealidad negativa así como un efecto de auto-difracción, que son características típicas de un medio Kerr.

Palabras clave: efecto Kerr, nanomateriales.



**IMPACT OF DYES ON THE
NONLINEAR OPTICAL RESPONSE OF
LIQUID CRYSTALS IMPLEMENTING
THE Z- SCAN TECHNIQUE**

**A.A. Rodríguez, R. Ortega,
O.G. Morales**

UNAM. Mexico.

arrosales@prodigy.net.mx

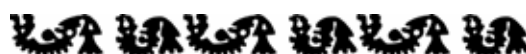
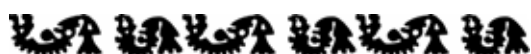
The study of the nonlinear (NLO) refractive index response γ of several dyes and their impact on the NLO-properties of nematic liquid crystals (LC) using a low power CW He-Ne laser ($\lambda = 633$ nm) was performed via Z-scan measurements. Studies were carried out at the low absorption spectroscopic region of the implemented samples (dyes, liquid crystals and mixtures at different ratios of these materials). Samples were prepared at 1% weight of the used solvent (THF) and were sandwiched in glass cells with a gap thickness of 100 μm . The implemented dyes have shown the largest optical nonlinearities and represent the main contributors to the cubic NLO-properties. In our particular studies, 5CB liquid crystal doped with methyl red-dye, resulted in the simultaneous exhibition of nonlinear refractive indexes γ positive and negative, depending on the polarization of the incoming laser beam. Experimental results, physical explanation of this peculiar behaviour based in Kerr-effects and experimental conditions are described in detail for several dyes and LC materials.

Keywords: nonlinear optics, Kerr effect, Z-scan, liquid crystals.

**IMPACTO DE COLORANTES
ORGÁNICOS EN LA RESPUESTA
ÓPTICA NOLINEAL DE CRISTALES
LÍQUIDOS APLICANDO LA TÉCNICA
DE Z-SCAN**

El estudio de la respuesta del índice de refracción no-lineal γ de varios colorantes orgánicos y su impacto en las propiedades óptica no-lineales (ONL) de cristales líquidos (CL) nemáticos con un láser CW de baja potencia He-Ne ($\lambda = 633$ nm), fue realizado a través de mediciones Z-scan (barrido en Z). Los estudios se llevaron a cabo en la región de baja absorción espectroscópica de las muestras utilizadas (colorantes orgánicos, cristales líquidos y mezclas en diferentes proporciones de estos materiales). Las muestras se prepararon al 1% en peso del disolvente utilizado (THF) mismas que se insertan en una celda de vidrio con un espesor de 100 μm . Los resultados muestran que los colorantes orgánicos utilizados muestran una gran no-linealidad óptica y representan la principal contribución de las propiedades cúbicas de ONL. En nuestro particular estudio del cristal líquido 5CB dopado con uno de los colorantes orgánicos utilizados, resultó en la exhibición simultánea de índices de refracción no lineal γ positivos y negativos, dependiendo del plano de polarización del haz de láser incidente. Los resultados experimentales, la explicación física de este peculiar comportamiento basado en el efecto Kerr así como las condiciones experimentales utilizadas se describen en detalle para diferentes colorantes orgánicos, cristales líquidos y dopaje entre ambos.

Palabras clave: óptica no-lineal, efecto Kerr, Z-scan, cristales líquidos.



**PROPERTIES OF THE WAVEGUIDES
GENERATED WITH SPATIAL
SOLITONS IN KERR MEDIA**

**D. Ramírez¹, M. Méndez¹, M.L. Arroyo¹,
M.D. Iturbe²**

¹Universidad Autónoma de Puebla. Mexico.

²INAOE. Mexico.

darama@hispavista.com

The propagation of a beam inside a nonlinear optical media is described with the nonlinear Schrodinger equation. It is well-known that for a (1+1)-Dimensional Kerr medium there are two analytical solutions for this equation: One for the positive nonlinearity and other for the negative. These solutions are known as solitons and can be considered as waveguides for another beam of different intensity or wavelength. In this work we present field distributions (besides the analytical solutions) that when are used as initial condition of the nonlinear Schrodinger equation, a soliton like behavior is obtained. A characterization of the waveguide properties of these distributions was made considering a probe beam with a Gaussian distribution and different relative separations between them (h). We observed that when $h < 1.5$, the probe beam is confined in the guide, and for $h > 1.5$, the behavior demonstrate that the waveguide induced by the soliton is not single mode. The soliton has the capacity to confine one mode more. The analytical expression of this mode is given.

Keywords: nonlinear optic, solitons.

**PROPIEDADES DE LAS GUÍAS DE
ONDA GENERADAS CON SOLITONES
ESPACIALES EN MEDIO KERR**

La propagación de un haz en un medio óptico no lineal es descrita con la ecuación de Schroedinger no lineal. Es bien conocido que para un medio Kerr (1+1)-D hay dos soluciones analíticas para esta ecuación: Una para la no linealidad positiva y otra para la negativa. Estas soluciones son conocidas como solitones y pueden ser consideradas como guías de onda para otro haz de diferente intensidad o longitud de onda. En este trabajo presentamos distribuciones de campo (además de las soluciones analíticas) que cuando son utilizadas como condición inicial a la ecuación de Schroedinger, se obtiene un comportamiento tipo solitón. Una caracterización de las propiedades de guía de estas distribuciones fue realizado considerando un haz de prueba con una distribución Gaussiana y diferentes separaciones relativas entre los dos haces (h). Observamos que cuando $h < 1.5$, el haz de prueba es confinado en la guía y para $h > 1.5$, el comportamiento demuestra que la guía de onda inducida por el solitón no es de modo único. El solitón tiene la capacidad para confinar más de un modo. La expresión analítica de este modo es dado.

Palabras clave: óptica no lineal, solitones.



EXPERIMENTAL OBSERVATION OF SELF-DIFFRACTION RINGS IN CUMARINE DERIVATES

**E. Alvarado, J.A. Andrade, M. Trejo,
E. Vargas, M.L. Sánchez,
M.A. Vázquez, Y. Alcaraz**
Universidad de Guanajuato. Mexico.
eealvarad@salamanca.ugto.mx

Ring formations in nonlinear optical medium are produced by high intensities of light. We report rings formation due to self-diffraction nonlinear optical effect in cumarine derivates using low intensities. The rings are observed with 50 mW of continuous wave of Ar laser. We show the dependence between power and formed rings. As a first approximation to value the nonlinear refractive index we use the number of the rings and power of laser in a cell of 2 mm of length.

Keywords: nonlinear optics, nonlinear materials.



STUDY OF LASER PRODUCED PLASMA EXPANSION

**E. De Posada¹, M. Arronte¹,
E. Rodríguez¹, L. Ponce¹, T. Flores¹,
J.G. Lunney²**

¹*Centro de Investigación en Ciencia
Aplicada y Tecnología Avanzada. Mexico.*

²*Trinity College Dublin. Ireland.*

edeposada@ipn.mx

Interaction of medium to high peak power laser pulses with solid materials produces a plasma that expands supersonically. Expansions of such plasmas have been studied and several models have been proposed to describe it. This work presents a study of the expansion of laser produced plasmas in both vacuum and gas environment by using Langmuir probe and photography. It compares some of the most used models to identify that which better describes the expansion process.

OBSERVACION EXPERIMENTAL DE ANILLOS DE AUTO-DIFRACCIÓN EN DERIVADOS CUMARINAS

La formación de anillos en medios no-lineales es debido a altas intensidades de luz. La formación de éstos anillos es debido al efecto óptico no lineal de auto-difracción en medios cumarinas. Observamos anillos a 50 mW de onda continua de un laser de Ar. Mostramos la dependencia entre la potencia y los anillos formados. Como una primera aproximación sobre una celda de 2 mm de longitud, aproximamos el valor del índice de refracción no-lineal.

Palabras clave: óptica no-lineal, materiales no-lineales.



ESTUDIO DE LA EXPANSIÓN DE PLASMAS PRODUCIDOS POR LÁSER

La interacción de pulsos laser, de mediana a alta potencia pico, con materiales sólidos, induce la formación de un plasma que se expande a velocidades supersónicas. La expansión de estos plasmas ha sido ampliamente estudiada y se han propuestos diversos modelos para su descripción. Este trabajo presenta un estudio de la expansión de los plasmas producidos por láser, tanto en vacío como en presencia de gases, utilizando la Sonda de Langmuir y fotografía. Se comparan varios de los modelos más

Keywords: laser produced plasma, plasma expansion, shock wave.

utilizados para identificar el que mejor describe el proceso de expansión.

Palabras clave: ablación láser, expansión de plasmas, ondas de choque.



RARE-EARTH ENHANCEMENT OF RAMAN FIBER LASERS

E. Mejia¹, L. De la Cruz²

¹*CIO. Mexico.*

²*Univ. Autónoma del Carmen. Mexico.*

emejiab@cio.mx

Preliminary results regarding Raman fiber lasers that contain pieces of Ytterbium-doped fiber are presented here. These results allow us to affirm that the amplified spontaneous emission (ASE) produced by an in-line rare-earth doped optical fiber “triggers” the stimulated Raman scattering before its natural appearance inside a laser cavity of this type. This scheme shortens the optical fiber required to produce the Stokes components and as a consequence, the overall efficiency increases because the hundreds of meters savings translate into lower cavity losses that would absorb the signals. For example, a 350-meter Raman laser pumped at 1064 nm that started delivering the first Stokes component at 3 W of pump power, lowered its threshold down to 1.3 W when a 1.27 m piece of doped fiber was inserted. Additionally, the “otherwise not present” second Stokes equalled the first Stokes power under this scheme. Several doped lengths were inserted to explore the limits of the approach and it was found that beyond one meter of Yb³⁺-doped fiber with concentration of 10 000 ppm, the improvement tended to saturate. Simulations of variations of the scheme are also presented to visualize other implications. The use of other rare earths or even an entirely doped (or co-doped) cavity would be useful for these systems. The main benefits of the approach are economical because shorter fibers and less powerful



MEJORAMIENTO DE LASERES RAMAN POR MEDIO TIERRAS RARAS

Presentamos resultados preliminares concernientes a láseres Raman de fibra que contienen piezas de fibra dopada con Iterbio. Estos resultados nos permiten afirmar que la emisión espontanea amplificada producida por una fibra dopada con tierra rara conectada a la fibra óptica activa, “dispara” el esparcimiento Raman estimulado antes de su aparición natural dentro de una cavidad de este tipo. Bajo este esquema, la fibra óptica necesaria para producir cualquier potencia de componentes Stokes se acorta y como consecuencia, la eficiencia total incrementa porque los cientos de metros ahorrados se traducen en pérdidas menores dentro de la cavidad. Por ejemplo, un láser Raman de 350 m excitado a 1064 nm que naturalmente comienza a emitir el primer Stokes a 3 W de bombeo, bajó su umbral hasta 1.3 W cuando se insertó a la cavidad 1.27 m de fibra dopada. Adicionalmente, el segundo Stokes que estaba ausente en la cavidad sin dopantes, ahora iguala a la potencia del primero bajo este esquema. Al sistema se insertaron varias longitudes de fibra dopada para explorar los límites del esquema y se encontró que usando fibra con concentración de 10 000 ppm de Yb³⁺, para longitudes mayores a un metro el mejoramiento dejó de ser importante. También se presentan simulaciones con variantes del esquema para visualizar otras implicaciones. El uso de otras tierras raras o incluso el hecho de usar una sola fibra dopada (o co-dopada) como medio de

pump sources are required.

Keywords: stimulated Raman scattering, fiber lasers.

ganancia sería muy útil en estos sistemas. El beneficio principal de esta aproximación es de tipo económico porque requiere fibras más cortas y láseres de bombeo menos potentes.

Palabras clave: esparcimiento Raman estimulado, láser de fibra.



STUDY OF SELF-PHASE MODULATION IN NONLOCAL NONLINEAR MEDIUM

**E.V. García¹, M.M. Méndez¹,
M.L. Arroyo¹, S. Chávez², M.D. Iturbe²**

¹*Ben. Univ. Autónoma de Puebla. Mexico.*

²*INAOE. Mexico.*

emma_vgr@yahoo.com.mx

The interaction between an intense laser beam and a nonlinear media give raise to many interesting nonlinear optical effects such as the spatial self-phase modulation. Which is characterized by an intensity pattern of concentric rings at far field, when a Gaussian beam cross the nonlinear medium. The appearance of the central region of the intensity pattern is related with the sign of the product of the additional phase shift induced in the medium and the wavefront curvature. Many researches had explained this phenomenon, from a qualitative and quantitative point of view, but they need one equation for the field and another for the physical mechanism of the nonlinear response of the media to be solved numerically in a coupled way.

In this work we propose a simple model where the nonlocality of the nonlinearity of the material is taking into account by considering that the transversal size of the phase change profile can be different from the incident beam. With our model is possible to reproduce the results reported for different materials in the literature, this is possible changing the position, nonlinearity and nonlocality of the medium. We present a numerical analysis of the different parameter

ESTUDIO DE LA AUTOMODULACIÓN DE FASE EN UN MEDIO NOLINEAL NOLOCAL

La interacción entre un haz láser y un medio nolineal da lugar a interesantes efectos ópticos nolineales tales como la modulación espacial de fase. La cual está caracterizada por un patrón de intensidad a campo lejano conformado por anillos concéntricos, cuando un haz Gaussiano cruza un medio nolineal. La apariencia de la región central del patrón de intensidad está relacionado con el signo del producto entre el cambio de fase adicional inducido en el medio y la curvatura del frente de onda. Muchos investigadores han estudiado este fenómeno desde un punto de vista cualitativo y cuantitativo, para lo cual necesitan una ecuación para el campo, otra para el mecanismo físico de la respuesta nolineal del medio y resolverlas de manera acoplada.

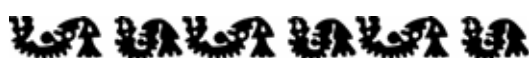
En este trabajo proponemos un modelo simple donde la nolinealidad de la nolinealidad del material es tomada en cuenta considerando que el tamaño transversal del perfil de cambio de fase puede ser diferente del tamaño transversal del perfil de intensidad incidente. Con nuestro modelo es posible reproducir los resultados reportados en la literatura para diferentes materiales, esto es posible cambiando la posición, la nolinealidad y la

than can affect the far field intensity patterns. Experimental results are obtained for a defocusing nonlinear medium (castor oil doped with methyl red), with different incident wavelengths and absorption coefficients. A good correspondence is obtained between numerical and experimental results.

Keywords: nonlinear effects, self-phase modulation, nonlocal medium.

nolocalidad del medio. Presentamos un análisis numérico de los diferentes parámetros que pueden afectar los patrones de intensidad a campo lejano. Se presentan resultados experimentales para un medio no lineal desenfocante (aceite de ricino dopado con rojo de metilo), con diferentes longitudes de onda y coeficientes de absorción, de los cuales puede observarse una buena correspondencia con los resultados experimentales.

Palabras clave: efectos no lineales, auto-modulación de fase, medio no local.



SHOCK WAVE VELOCITY MEASUREMENTS IN LASER INDUCED PLASMAS

M. Villagrán, C. Sánchez, M. Bolaños
Univ. Nac. Autónoma de México. Mexico.
mayo.villagran@ccadet.unam.mx

Three methods for measuring shock waves generated by expansion of laser induced plasmas are presented. These methods are general and they can be applied to measure the velocities of any shock wave with only few limitations. The one requiring more equipment is the shadowgraphy, which consists in synchronizing the generation of the shock wave with a pulse of light illuminating the region crossed by it and taking an image. Another simpler and cheaper method is based on the deflection of a light beam when it is crossed by the shock wave causing a local variation of the refractive index. In spite of its simplicity, this method demands a lot of work, since even when only two measurements are necessary to obtain the wave velocity; the shape of the wave can only be obtained by means of a scan of measurements across the zone of interest, which requires a new alignment each time.

The last method we have implemented consists in using a piezoelectric sensor for recording the pass of the wave by means of a



MEDIDA DE LA VELOCIDAD DE ONDAS DE CHOQUE EN PLASMAS INDUCIDOS POR LÁSER

Se presentan tres métodos para medir ondas de choque producidas por expansión de plasmas inducidos por láser. Estos métodos son generales y se pueden aplicar para medir las velocidades de cualquier onda de choque con solo algunas limitaciones. El que requiere más equipamiento es el método de sombras, que consiste en iluminar sincronizadamente con la generación de la onda de choque, la región donde esta pasa y registrar una imagen. Otro método más simple y económico de implementar se basa en la deflexión de un haz cuando el frente de la onda lo atraviesa y le varía el índice de refracción. Este método es simple pero laborioso, si bien para medir la velocidad de la onda son necesarias solo dos medidas, para obtener la forma de la onda se deben de realizar muchas medidas barriendo la zona de interés, lo que conlleva a una alineación diferente en cada medida. El último método que hemos implementado, consiste en utilizar un sensor piezoeléctrico que registra el paso de la onda dando una señal de voltaje. La ventaja con respecto al método

voltage signal. The advantage with respect to the former one is that it dispenses with the need of a new alignment for each measurement. With these methods, we have implemented laboratory training courses in Physics for both undergraduate and graduate levels.

Keywords: plasmas, shock waves, lasers.



m-MoO₂ GROWN IN MOLYBDENUM THIN FILMS THROUGH FEMTOSECOND LASER IRRADIATION

M. Cano¹, S. Camacho¹, M.A. Camacho²

¹ *Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Mexico.*

² *Univ. Autónoma del Estado de México. Mexico.*

mcano@cicese.mx

Experimental results on femtosecond laser irradiation of Molybdenum (Mo) thin films are presented. The Molybdenum thin films (thickness 500nm) were deposited on silicon and glass substrates by the DC-sputtering technique.

The irradiation of the samples was carried out in atmospheric air, using a computer controlled-XYZ linear stage and a pulsed femtosecond laser (Ti:sapphire @800 nm, pulses of 60fs time duration, delivery rate of 70MHz and energy per pulse 6.5nJ), the laser beam was focused on target using a NA=0.5 and f=6mm aspheric lens.

The laser irradiation of the Mo thin films was performed using the focused laser beam (elliptical beam waist with 3μm and 5μm, minor and major axes), a energy per pulse of $E_{pp} \sim 2.45\text{nJ}$ and a fluence per pulse $F_{pp} \sim 30\text{mJ/cm}^2$. This fluence was kept at such a fix value which stands below the ablation threshold fluence, as reported in the literature. The laser irradiation was made by scanning in the form of a series of straight line segments, exposing each segment to an increasing number of scans. The irradiated

anterior es que para cada nueva medida no es necesario volver a alinear. Con estos métodos hemos implementado prácticas de laboratorio a nivel licenciatura y posgrado en Física.

Palabras clave: plasmas, ondas de choque, láseres.



TRANSFORMACIÓN m-MoO₂ EN PELÍCULAS DELGADAS DE MOLIBDENO POR IRRADIACIÓN LÁSER DE FEMTOSEGUNDOS

Se presentan resultados experimentales de irradiaciones láser de femtosegundos en películas delgadas de Molibdeno (Mo). Las películas de Molibdeno con un espesor de 500nm fueron depositadas en sustratos de vidrio por la técnica de DC-sputtering.

Las irradiaciones en las muestras fueron desarrolladas en aire ambiental, utilizando una estación de microprocesado XYZ y un láser pulsado de fs (Ti: Zafiro a 800 nm, duración del pulso de 60 fs, frecuencia de repetición de 70MHz y Energía por pulso de 6.5nJ), además de usar una lente esférica de f= 6mm y NA=0.5.

Las películas de Molibdeno fueron irradiadas usando un haz láser enfocado (cintura del haz elíptico con 3μm de eje menor y 5μm de eje mayor), $E_{pp} \sim 2.45\text{nJ}$ y fluencia de 30mJ/cm^2 . Tal fluencia se mantuvo por debajo de la fluencia umbral de ablación del metal, como esta reportado en la literatura. Las irradiaciones láser se realizaron en forma de barridos, en series de segmentos de líneas rectas exponiendo cada segmento a un incremento de número de barridos. Los segmentos irradiados (pocos

(few millimetre long) segments showed transformation features across a $\sim 45\mu\text{m}$ wide strip.

Our results clearly indicate that it is possible to laser-induce a transition from cubic Molybdenum to the $m\text{-MoO}_2$ crystalline phase with the low energy-high repetition rate femtosecond laser pulses. This is optically shown as a color change of the material, which is accompanied by a modification on the surface texture.

Further characterization of the irradiated areas by Scanning Electron Microscopy (SEM) and Energy Dispersive Spectrometry (EDS) were used to study the laser-induced morphology and stoichiometric changes right on the exposed zone; Micro-Raman Spectroscopy was used to determine the phase change across the laser irradiated paths on the Mo film.

The above characterization reveals that phase changes occur in the irradiated areas of the thin film, specifically the transition from cubic Molybdenum to the $m\text{-MoO}_2$ crystalline phase. Among other interesting features this $m\text{-MoO}_2$ oxide presents electrochromic response, which adds up to the potential applications of this metallic oxide.

Keywords: femtosecond laser-induced processing, materials, thin-films, Molybdenum oxides.

milímetros de largo) mostraron características de transformación a través de una franja de $\sim 45\mu\text{m}$ de ancho.

Los efectos obtenidos de la interacción de los pulsos láser con la película delgada de Mo presentan oxidación y transformación de fase $m\text{-MoO}_2$. Tales transformaciones se manifiestan ópticamente en un cambio de coloración del material, cual es acompañado por una modificación sobre la textura de la superficie.

Finalmente se expone un estudio de caracterizaciones en las áreas irradiadas por medio de un Microscopio Electrónico de Barrido (SEM) y Espectrometría de Rayos X Dispersados (EDS) que fueron usados para estudiar los cambios morfológicos y estequiométricos inducidos por el láser en la zona expuesta; la Espectroscopia micro-Raman fue utilizada para determinar los cambios de fase a través del patrón irradiado en la película de Molibdeno. La caracterización anterior muestra que los cambios de fase ocurren en las áreas irradiadas de la película, específicamente la transición de Molibdeno cubico a la fase cristalina $m\text{-MoO}_2$. Entre otras características interesantes de este óxido de $m\text{-MoO}_2$ es que presentan respuesta electrocrómica, cual aumenta las posibles aplicaciones de este óxido metálico.

Palabras clave: Procesamiento inducido por láser fs, materiales, película delgada, óxidos de Molibdeno.



EMITTED FLUX IN THE PROCESS OF PHOTON-PAIR GENERATION BY SPONTANEOUS FOUR WAVE MIXING

K. Garay¹, R. Rangel¹, A.B. U'Ren²

¹CICESE. Mexico.

²Univ. Nac. Autónoma de México. Mexico.

rrangel@cicese.mx

Modern quantum-enhanced technologies require the availability of non-classical light sources with high brightness. In recent years,



FLUJO EMITIDO EN EL PROCESO DE GENERACIÓN DE PAREJAS DE FOTONES POR MEZCLADO DE CUATRO ONDAS ESPONTÁNEO

Tecnologías cuánticas modernas precisan de la disponibilidad de fuentes de luz no-clásica con alta brillantez. En los últimos años se ha

there has been a growing interest in developing photon-pairs sources based on optical fibers, where the generation mechanism is the spontaneous four-wave mixing (SFWM) process. One of the main motivations for developing such sources is that they are directly compatible with the telecommunications network, since light is produced into well defined spatial modes. Furthermore, the interaction length in optical fibers can be made very long, in principle without limits, which helps to improve the emission rate to useful levels. On the other hand, it has been shown that optical fibers with engineered dispersion properties constitute a flexible system that can generate two-photon states with different degrees of spectral correlation, particularly factorable states, and highly correlated states.

In this work we develop a theoretical calculation of the emitted flux in the process of SFWM, restricting it to configurations in which the four interacting fields have the same polarization and propagate in the same direction along the optical fiber. The study includes the photon pair generation process with monochromatic and pulsed pumps. From this, it is possible to analyze the dependence of the emitted photon number with parameters such as pump power and fiber length. Particularly, we find that the emission rate increases linearly when the fiber length is increased, provided that the pump photons come from the same spectral mode (see Figure 1A). In contrast, if the pump photons are frequency distinguishable, there is an effective interaction length (L_{eff}) for which the emission ‘saturates’, i.e. it does not get larger with increasing length. This limit is determined by the group velocity mismatch and bandwidth of the pump fields, as shown in Figure 1B. Additionally, for the pulsed pumps case, we study the dependence of the emitted flux with the degree of spectral correlation of the two-photon state, which is fundamentally determined by the pump central wavelength if the other parameters are fixed. Our results have been validated with experimental data reported in the literature.

suscitado un creciente interés en el desarrollo de fuentes de parejas de fotones basadas en fibra óptica, en las cuales el mecanismo de generación es el proceso de mezclado de cuatro ondas espontáneo (SFWM). Una de las principales motivaciones para desarrollar este tipo de fuentes es que son directamente compatibles con la red de telecomunicaciones, dado que la luz es producida en modos espaciales bien definidos. Igualmente, en fibras ópticas es posible acceder a longitudes de interacción en principio sin límites, lo cual contribuye a incrementos en la tasa de emisión. Por otro lado, se ha demostrado que fibras ópticas con propiedades de dispersión acondicionadas constituyen un sistema flexible que puede generar estados de dos fotones con diferentes grados de correlación espectral, en particular estados factorizables y estados altamente correlacionados.

Recientemente, hemos realizado un cálculo teórico del flujo emitido en el proceso de SFWM, restringiéndonos a configuraciones en las cuales los cuatro campos interactuando tienen la misma polarización y se propagan en la misma dirección a lo largo de la fibra. El estudio comprende el proceso de generación de parejas de fotones con bombeos monocromáticos y pulsados. A partir de esto, se ha podido analizar el comportamiento del número de fotones emitidos en función de parámetros tales como la potencia del bombeo y la longitud de la fibra. Particularmente, se ha encontrado que la tasa de emisión crece linealmente con incrementos en la longitud de la fibra, siempre que los fotones de bombeo provengan del mismo modo espectral (ver figura 1A). A su vez, si los fotones de bombeo son distinguibles en frecuencia, existe una longitud de interacción efectiva (L_{eff}) a partir de la cual la emisión se satura, determinada por la diferencia de velocidades grupo y el ancho de banda de los campos de bombeo, tal como se observa en la figura 1B. Adicionalmente, para el caso de bombeos pulsados estudiamos la dependencia del flujo emitido con el grado de correlación espectral del estado de dos fotones, lo cual es

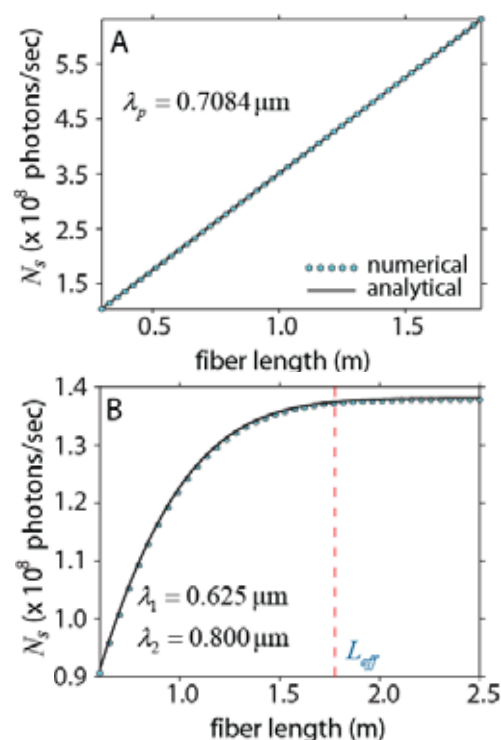
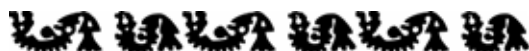


Figure 1. SFWM photon number emitted per second. A Case of frequency degenerate pumps. B Case of non-degenerate pumps.

Keywords: quantum entanglement, spontaneous four wave mixing, optical fiber.



SOLITON FILTERING FROM A SUPERCONTINUUM: A TUNABLE FEMTOSECOND PULSE SOURCE

J. Licea, K. Garay, R. Rangel

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Mexico.
rrangel@cicese.mx

Microstructured fibers, with widely controllable dispersion characteristics and small effective mode areas, have made possible the observation of strong nonlinear phenomena with the relatively modest peak powers obtained with conventional femtosecond laser oscillators. One of these effects is the generation of a

determinado por la longitud de onda central del bombeo cuando los demás parámetros se mantienen fijos. Nuestros resultados han sido validados con datos experimentales reportados en la literatura.

Figura 2. Número de fotones SFWM emitidos por segundo. A Caso de bombeos degenerados en frecuencia. B Caso de bombeos no-degenerados.

Palabras clave: enredamiento cuántico, mezclado de cuatro ondas espontáneo, fibras ópticas.



FILTRADO DE SOLITONES A PARTIR DE UN SUPERCONTINUO: UNA FUENTE DE PULSOS DE FEMTOSEGUNDOS SINTONIZABLE

Las fibras micro-estructuradas, cuyas características de dispersión controlable en un rango muy amplio y con áreas efectivas pequeñas, han hecho posible la observación de fenómenos no-lineales significantes con potencias pico relativamente modestas obtenidas de osciladores de femtosegundos convencionales. Uno de estos efectos es la

supercontinuum, ultrashort pulses with a spectrum spanning the whole visible and near infrared regions. Such a broadband pulsed source has several applications in the field of time resolved nonlinear spectroscopy, telecommunications, et cetera. In this work we report experimental results related with the generation of a supercontinuum in a microstructured fiber, from which the soliton with the longest wavelength is filtered out of the continuum and is used to construct a tunable ultrashort pulses source by varying the pump power.

Pulses of an 80 fs duration (FWHM) at 826 nm, and 94 MHz repetition rate from a mode-locked Ti:sapphire laser were input into a 2 m long fiber (NL-2.5-810, Blaze Photonics) to generate the continuum. The pulse length of solitons at the fiber output was preserved by using a zero dispersion filtering system, which selected the longest wavelength soliton, while avoiding temporal spreading of the solitons. We present a complete characterization of the filtered pulses that are continuously tunable in the 850-1100 nm range. We also present theoretical results to compare with the experimental ones and determine conditions under which it is possible to extend the infrared pulse tuning range or varying the soliton pulse characteristics such as the pulse duration. An important property of the proposed near-infrared pulsed source is that the soliton pulse energies obtained after filtering are large enough for applications in nonlinear microscopy.

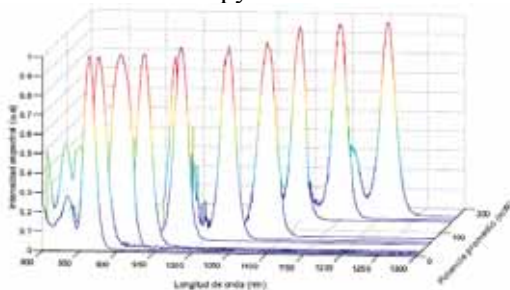


Figure 1. Infrared part of the spectrum of a supercontinuum generated by propagating femtosecond pulses in a microstructured fiber, for different input power values. The results clearly show a solitonic component that shifts toward the infrared for increasing input power.

generación de un supercontinuo, consistente en pulsos ultracortos con un amplio espectro que abarca todo la región visible y parte del infrarrojo cercano. Como fuente pulsada de banda espectral ancha, tiene varias aplicaciones en el campo de la espectroscopía no-lineal resuelta en el tiempo, telecomunicaciones, etcétera.

En este trabajo reportamos resultados experimentales relacionados con la generación de un supercontinuo en una fibra micro-estructurada, de donde el solitón con la mayor longitud de onda es filtrado del resto del continuo y usado para construir una fuente de pulsos ultracortos sintonizable variando la potencia de bombeo.

Pulsos de una duración de 80 fs (FWHM) a 826 nm, y frecuencia de repetición de 94 MHz provenientes de un láser de modos amarrados de Ti:zafiro se hacen incidir en una fibra de 2 metros de longitud (NL-2.5-810, Blaze Photonics) para generar el continuo. La duración de pulso de los solitones a la salida de la fibra fue conservada utilizando un sistema de filtrado de cero dispersión, con el cual se seleccionaron los solitones de mayor longitud de onda, evitando al mismo tiempo su ensanchamiento temporal. Presentamos una caracterización completa de los pulsos filtrados que son continuamente sintonizables en el rango de 850-1100 nm. También presentamos resultados teóricos para compararlos con los experimentales y determinamos condiciones bajo las cuales es posible extender hacia el infrarrojo el rango de sintonización del pulso o variando las características del solitón tal como la duración del pulso. Una propiedad importante de la fuente pulsada en el infrarrojo cercano propuesta, es que las energías por pulso obtenidas de los solitones filtrados son lo suficientemente grandes para aplicaciones en microscopía no-lineal.

Figura 1. Parte infrarroja del espectro de un supercontinuo generado por la propagación de pulsos de femtosegundos en una fibra microestructurada, para diferentes valores de la potencia incidente. Los resultados claramente muestran una componente solitónica que se corre hacia el infrarrojo al incrementar la potencia incidente.

Keywords: nonlinear optics, continuum generation, ultrashort pulses

Palabras clave: óptica no-lineal, generación del continuo, pulsos ultracortos.



SUPERCONTINUUM GENERATION IN GE-DOPED Y-SHAPED MICROSTRUCTURED TAPERED FIBER

**J. Cascante¹, A. Díez², J.L. Cruz²,
M.V. Andrés²**

¹*Universidad de Costa Rica. Costa Rica.*

²*Universidad de Valencia. Spain.*

jaime.cascante@uv.es

In order to achieve enhanced supercontinuum generation in the nanosecond pump regime, using specialty silica-based microstructured optical fibers (MOFs), we have investigated the use of tapered Y-shaped fibers. This fiber has, in addition, a Ge-doped core which enhances the nonlinearity of the material and the Raman gain. The fiber was pumped at 1064 nm in the ns pump regime (0.6 ns pulses and up to 3.2 kW peak power). The taper had a uniform waist of 0.9 μm diameter and 130 mm length, and the adiabatic transitions were 110 mm long. A flat spectrum spanning from 420 nm to 1870 nm was obtained using a single tapered fiber.

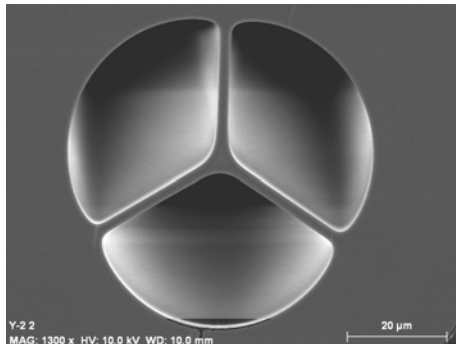
These tapered fibers are particularly efficient in the generation of a broadband supercontinuum spectrum, at both short and large wavelengths, thanks to a combination of two factors: First, the special dispersion properties along the transitions and the uniform waist and, second, a reduced radiation loss at long wavelength, due to the large air-holes. On the one hand, as the diameter of the fiber decreases along the transitions, the zero dispersion wavelength (ZDW) moves towards shorter wavelengths and, on the other hand, the uniform waist exhibits two ZDWs at 647 nm and 1127 nm. Thus an efficient cascaded four-wave mixing mechanism is enabled, which fills the short and large wavelength parts of the spectrum. At the same time, the reduced radiation loss

GENERACIÓN DE SUPERCONTINUO EN DISPOSITIVOS ESTRECHADOS DE FIBRA MICROESTRUCTURADA EN FORMA DE "Y" CON NÚCLEO DOPADO CON GE

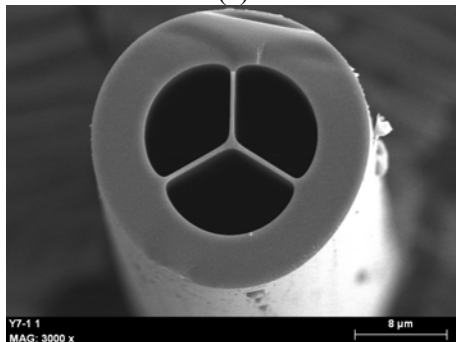
En este trabajo se investiga el empleo de fibras microestructuradas (MOF) en forma de "Y", estrechadas, con el objetivo de mejorar la generación de supercontinuo en régimen de bombeo de nanosegundos. La fibra empleada tiene, además, el núcleo dopado con Ge, lo que incrementa la no linealidad del material y la ganancia Raman. La fibra se bombeó a 1064 nm, con pulsos de 0.6 ns y una potencia de pico máxima de 3.2 kW. Los dispositivos de fibra estrechada preparados tienen un cuello uniforme de 0.9 μm de diámetro y 130 mm de longitud, y unas transiciones adiabáticas de 110 mm de longitud. Empleando simplemente uno de estos dispositivos de fibra estrechada, se ha obtenido un espectro que se extiende desde 420 nm hasta 2870 nm.

Estos dispositivos de fibra estrechada son particularmente eficientes en la generación de supercontinuo, tanto en las longitudes de onda cortas como largas, gracias a la combinación de dos factores: primero, las propiedades de dispersión especiales a lo largo de las transiciones y en el cuello uniforme y, segundo, las bajas pérdidas por radiación a longitudes de onda largas debido al gran tamaño de los agujeros de aire. Por una parte, a medida que el diámetro se reduce a lo largo de la transición, la longitud de onda del cero de dispersión (ZDW) se desplaza hacia longitudes de onda cortas y, por otra parte, en el cuello uniforme se tienen dos ZDW a 647 nm y 1127 nm. De

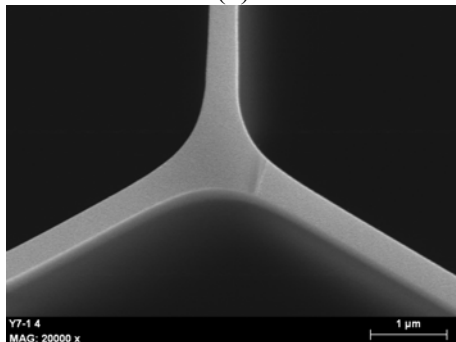
prevents the attenuation of solitons at large wavelengths and preserves the Raman self frequency shift of solitons mechanism, enabling the extension of the spectrum to longer wavelengths.



(a)



(b)



(c)

Scanning electron images of (a) the fiber used to fabricate the tapers, (b) the cross section of the taper waist and (c) a detail of the core at the taper waist.

Keywords: microstructured fibers; nonlinear optics, supercontinuum generation, fiber tapers.

esta forma, el dispositivo permite el desarrollo de un proceso eficiente de mezcla de cuatro ondas en cascada que llena tanto la parte del espectro de longitudes de onda cortas como largas. Al mismo tiempo, las bajas pérdidas por radiación evitan la atenuación de los solitones de longitudes de onda largas y preserva el mecanismo de autodesplazamiento en frecuencia de los solitones por amplificación Raman, lo que permite extender el espectro a longitudes de onda más largas.

Imágenes obtenidas con el microscopio electrónico de barrido: (a) la fibra microestructurada empleada en la fabricación de los dispositivos de fibra estrechada, (b) sección transversal de un dispositivo en el cuello y (c) detalle del núcleo de la fibra en el cuello del dispositivo.

Palabras clave: fibras microestructuradas, óptica no lineal, generación de supercontinuo, fibras estrechadas.



**OPEN LOOP CONTROL OF A
Nd:YVO₄ Q-SWITCHED SLAB LASER**

E. Sevilla, J. H. García, R. Jaimes
Universidad de Guadalajara. Mexico.
hugo@culagos.udg.mx

Open loop control of a Nd:YVO₄ acoustic-optic q-switched laser at high frequency (2KHz-2MHz) is studied. The study was done by a four level transition for an ideal solid state laser, where the principal variables to consider were the population inversion and the intensity of the laser. The control parameter for this work was the modulation of the loss into the cavity of the laser, generated for the acoustic-optic modulator, using a square function. The bifurcation diagram of local maxims of the laser intensity in the interval of 1.1-1.5 MHz showed coexistent attractors and different dynamic behaviors, such as, fixed point, periodic and chaotic orbits when the control parameter was change.

Keywords: Q-Switched, diode pumped, solid state laser.

**CONTROL DE LAZO ABIERTO DE UN
LASER Nd:YVO₄ CON Q-SWITCHING**

Se estudia la dinámica de un láser Nd:YVO₄ bombeado por un diodo láser de alta potencia con Q-Switching acusto-óptico a frecuencias altas (2KHz-2MHz). En este análisis se utilizó un modelo láser ideal de cuatro niveles, donde las variables a considerar son la inversión de población e intensidad laser. Las pérdidas en la cavidad laser son moduladas acusto-ópticamente, generados por una función cuadrada. La coexistencia de los diferentes comportamientos dinámicos; puntos fijos, orbitas periódicas y caóticas, es reportado por el diagrama de bifurcación de los picos de la intensidad laser en función de la amplitud y/o frecuencia de modulación de la señal del generador acusto-óptico. Se obtiene la intensidad laser promedio máximo (Régimen de Q-Switching) en el intervalo de 1.1 – 1.5 MHz, para frecuencias menores y mayores que este intervalo, la intensidad laser muestra comportamiento caótico (Régimen inestable) y ventanas periódicas de baja intensidad.

Palabras clave: Q-Switching, bombeo por diodo, láser de estado sólido.



**MODELING METAL
NANOPARTICLES IN MESOPOROUS
THIN FILMS**

**M. Martínez¹, E. Martínez^{1,2}, M. Bellino¹,
G. Soler¹**

¹Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas. Argentine.

²Univ. Nacional de San Martín. Argentine.
mricci@cnea.gov.ar

In recent decades, the study of metal nanoparticles confined in different matrices



**MODELAMIENTO DE PARTICULAS
DE METAL EN PELICULAS
DELGADAS MESOPOROSAS**

En las últimas décadas, el estudio de nanopartículas metálicas confinadas en

has gained great importance because of the interesting and promising optical properties they exhibit. In particular, the synthesis of mesoporous thin films by sol-gel techniques allows great versatility in the design of the mesostructure; ie thickness, pore size, accessibility; which leads to specific configurations of the metal nanoparticles grown inside, tailoring the shape and position of the plasmon band.

In this paper, we present a theoretical-numerical analysis based on effective index models from which it is possible to obtain information of the nanostructure configuration as well as predict and understand its optical-plasmonic behavior. The models proposed consider the system as a homogeneous medium where the interaction among nanoparticle neighbours becomes important to understand variations in the shape and position of the plasmon band. The presented results show good agreement with experimental measurements made by Elipsoporosimetry techniques and UV-Visible Spectroscopy of Ag nanoparticles located in mesoporous TiO₂ thin films made by sol-gel techniques.

Keywords: Mesoporous thin films, metal nanoparticles, plasmonics.

diversos sustratos ha adquirido gran importancia debido a las interesantes propiedades ópticas que presentan estas estructuras. En particular, la síntesis de películas delgadas mesoporosas por técnica sol-gel permite una gran versatilidad en cuanto al diseño de la mesoestructura; i.e. espesor, tamaño de poro, accesibilidad; lo que da lugar a su vez a configuraciones específicas de las nanopartículas metálicas crecidas en su interior, permitiendo variar la forma y posición de la banda plasmónica.

En este trabajo se presenta un análisis teórico-numérico basado en modelos de índice efectivo que permite obtener información sobre la conformación de la nano-estructura como así también de entender y predecir la respuesta óptico-plasmónica de la misma. El desarrollo teórico que se propone considera al sistema como un medio homogéneo en el cual la interacción entre nanopartículas vecinas cobra importancia para comprender las variaciones en forma y posición de la banda plasmónica. Los resultados que se presentan muestran buena concordancia con mediciones experimentales realizadas por técnicas de Elipsoporosimetría y Espectroscopia UV-Visible de nanopartículas de Ag localizadas en películas delgadas mesoporosas de TiO₂ realizadas por técnicas sol-gel.

Palabras clave: Películas delgadas mesoporosas, nanopartículas metálicas, plasmonica.



EXPERIMENTAL TESTS OF NON ERGODIC HIDDEN VARIABLE THEORIES BY TIME STAMPING

**M. Agüero, A. Hnilo, M. Kovalsky,
M. Larotonda**
CEILAP- CITEFA- CONICET. Argentine.
maquero@citefa.gov.ar

The Einstein-Podolsky-Rosen paradox involves strong contradictions between



PRUEBAS EXPERIMENTALES DE TEORÍAS DE VARIABLES OCULTAS NO ERGÓDICAS MEDIANTE “TIME STAMPING”

La paradoja de Einstein-Podolsky-Rosen (EPRB) implica fuertes contradicciones

Quantum Mechanics (QM) predictions and intuitive notions on realism and locality. However, QM predictions assume that the measurements are performed on identically prepared copies of the system. The differences on the observed results are then a consequence of the intrinsic randomness of the microscopic world. On the other hand, the non-ergodic theories assume that there is an interaction or memory between the consecutive observations. Therefore, the observed results are the consequence of some complex dynamics underlying that takes into account the system's history and/or the influence of the environment. If one considers theories in which a single polarization measurement depends of previous particle-polarizer interactions, then it is possible to manufacture local hidden variable theories that reproduce the QM predictions. These dynamics cannot be detected by measuring average magnitudes but they may be found through the analysis of the series formed by the time of observation of each single event (the detection of a photon, in our case). Our experiment records photon's arrival times in each detector ("time stamping") with a time resolution of 12.5 ns. The pairs are generated by spontaneous parametric down-conversion (SPDC) using a CW diode laser at 405 nm and type-I BBO crystals. The temporal series allow us to study if there exist some underlying dynamics (eventually chaotic) in contradiction with the QM predictions. From these time-resolved data we can measure the statistically average magnitudes involved in the Bell's inequalities (S_{CHSH}) and also to search for signs of a non-ergodic behavior of the system. Also, we present results of our numerical analysis of the time stamping measurements from the experiment performed in Innsbruck in 1998 with random variable polarizers.

Keywords: non-ergodic theories, spontaneous parametric down-conversion, EPR paradox, Bell's inequalities

entre las predicciones de la Mecánica Cuántica (QM) y las nociones intuitivas de realismo y localidad. Las predicciones de QM involucran probabilidades asumiendo que las mediciones se efectúan sobre copias idénticas del sistema, y que las diferencias observadas en los resultados es una consecuencia intrínseca del azar del mundo microscópico. En cambio, las teorías no ergódicas (NET) asumen que hay una interacción o memoria entre observaciones consecutivas. Por lo tanto los resultados observados son consecuencia de alguna dinámica compleja subyacente que tiene en cuenta la historia del sistema y/o la influencia del entorno. Si se consideran teorías en las cuales una medida de polarización depende de previas interacciones partícula-polarizador entonces es posible construir teorías de variables ocultas locales que reproducen las predicciones de QM. Esta dinámica no puede detectarse midiendo magnitudes promediadas pero puede encontrarse a través del análisis de las series formadas por el tiempo de observación de cada evento individual (en nuestro caso, la detección de un fotón). Nuestro experimento consiste en almacenar los tiempos de llegada de los fotones a cada uno de los detectores ("time stamping") con una resolución temporal de 12.5 ns. Estos pares de fotones se generan por conversión paramétrica descendente (spontaneous parametric down-conversion - SPDC) empleando un diodo láser continuo en 405nm y cristales BBO tipo I. Las series temporales nos permiten estudiar si existe una dinámica (eventualmente caótica) subyacente en contradicción con las predicciones de la Mecánica Cuántica. A partir de estos datos podemos medir las magnitudes promedio involucradas en las desigualdades de Bell (S_{CHSH}) y también buscar signos de un comportamiento no ergódico del sistema. También presentamos resultados de nuestro análisis de las mediciones del experimento con time stamping realizado en Innsbruck en 1998, en el que las orientaciones de los ejes de los polarizadores varían al azar.

Palabras clave: teorías no ergódicas, conversión paramétrica descendente, paradoja EPR, desigualdades de Bell.



**HOW “COLD” A MARKOVIAN
DISSIPATIVE CAVITY QUANTUM
ELECTRODYNAMICS SYSTEM CAN
BE**

A. Dodonov

Universidade de Brasília. Brazil.

adodonov@fis.unb.br

We consider the cavity QED system described by the Rabi Hamiltonian, composed of a two-level atom and a single cavity field mode, subject to Markovian damping and dephasing mechanisms. It is shown that without the rotating wave approximation the asymptotic mean photon number and the atomic excitation probability are above the thermal values due to the anti-resonant term in the Rabi Hamiltonian, and are always higher than zero. These quantities are evaluated approximately for two different master equations and compared to exact numerical results, showing good agreement. We discuss the origin of this phenomenon and show that it also persists for an empty dissipative cavity if one uses a quite general form of Markovian master equation.

These results are extended to two-atoms cavity QED system, and the probabilities of achieving asymptotically the cavity vacuum state and the atomic ground states are investigated.

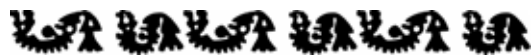
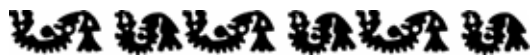
Keywords: quantum optics, cavity quantum electrodynamics.

**QUÃO “FRIO” UM SISTEMA DE
ELETRODINÂMICA QUÂNTICA DE
CAVIDADES MARKOVIANO PODE
SER**

Nós consideramos um sistema típico de Eletrodinâmica Quântica (EDQ) de cavidades descrito pelo Hamiltoniano de Rabi, composto de um átomo de dois níveis e um único modo de campo eletromagnético na cavidade, sujeitos a mecanismos de relaxação e defasagem Markovianos. É demonstrado que sem a Aproximação de Onda Girante os valores assintóticos do número médio de fótons e da probabilidade de excitação do átomo estão acima dos valores térmicos correspondentes devido ao termo anti-ressonante no Hamiltoniano de Rabi, e são sempre maiores que zero. Estas quantidades são calculadas aproximadamente para dois tipos diferentes de equação mestra e comparados a resultados numéricos exatos, mostrando-se uma boa concordância. As origens desse fenômeno são discutidos, e mostra-se que ele também persiste no caso de uma cavidade vazia se uma forma bastante geral de equação mestra Markoviana é utilizada.

Estes resultados são estendidos para o caso de dois átomos dentro da cavidade, e as probabilidades de obter-se assintoticamente o estado de vácuo na cavidade e os estados fundamentais dos átomos são investigadas.

Palavras chave: óptica quântica, eletrodinâmica quântica de cavidades.



**PHOTOACOUSTIC SPECTROSCOPY
WITH CO₂ LASER FOR DETECTION
OF GASEOUS MOLECULES**

**G. Lima, M. Sthel, M. Gomes,
D. Schramm, M. De Castro, H. Vargas**
Univ. Estadual do Norte Fluminense. Brazil
guiuenf@yahoo.com.br

The detection of trace gases is very important for a variety of applications, including the monitoring of atmospheric pollutants, industrial process control, measuring air quality in workplaces, research into fruits physiological processes and medical diagnosis of diseases through the analysis of exhaled gases.

The implementation of these and many other applications requiring gas sensors able to meet various requirements such as high sensitivity and selectivity, ability to multi-component gas detection, good temporal resolution and the possibility of in situ measurements.

Currently there are several methods used for trace gases detection. Among them, non-spectroscopic methods such as gas chromatography, flame ionization detectors (FID) and spectroscopic methods such as differential optical absorption spectroscopy (DOAS), the LIDAR technique, photoacoustic spectroscopy (PAS) and absorption spectroscopy in the infrared by Fourier transform (FTIR).

Photoacoustic spectroscopy has consolidated one of the most sensitive and versatile in the monitoring of gases. Detection limits in the bands of part per billion by volume (ppbv, 10⁻⁹) and part per trillion (pptv, 10⁻¹²), added the relative experimental simplicity, good selectivity, fast and non-destructive character of the sample are some aspects that make photoacoustic spectroscopy a great tool for the detection of trace gases.

In this paper, we focus on the calibration of a photoacoustic spectrometer using a CO₂ laser (Synrad), with emission in the infrared range (9.2 μ m to 10.6 μ m) and a multi-microphone resonant photoacoustic cell. The main objective was to estimate the detection limit of the spectrometer for ethylene molecules (C₂H₄) and ammonia (NH₃).

We obtain detection limits of 16 ppbV for ethylene and 42 ppbV for ammonia (see

**A ESPECTROSCOPIA
FOTOACÚSTICA A LASER DE CO₂ NA
DETECÇÃO DE MOLÉCULAS
GASOSAS**

A detecção de traços de gases é de grande relevância para uma série de aplicações, dentre elas, o monitoramento de poluentes atmosféricos, o controle de processos industriais, a aferição da qualidade do ar em locais de trabalho e em ambientes fechados, a investigação dos processos fisiológicos em frutos e o diagnóstico médico de doenças através da análise dos gases exalados.

A implementação destas e de várias outras aplicações exige sensores de gases capazes de preencher uma série de requisitos como alta sensibilidade e seletividade, capacidade de detecção de gases multicomponentes, boa resolução temporal e possibilidade de medidas *in situ*.

Atualmente existem diversos métodos empregados na detecção de traços de gases. Dentre eles, métodos não-espectroscópicos como a cromatografia gasosa, detectores por ionização em chama (FID) e métodos espectroscópicos como a espectroscopia diferencial de absorção óptica (DOAS), a técnica LIDAR, a espectroscopia fotoacústica (PAS) e a espectroscopia de absorção no infravermelho por transformada de fourrier (FTIR).

A espectroscopia fotoacústica vem se consolidando uma das técnicas mais sensíveis e versáteis no monitoramento de gases. Limites de detecção nas faixas de parte por bilhão em volume (ppbV, 10⁻⁹) e parte por trilhão em volume (pptV, 10⁻¹²), combinados a relativa simplicidade experimental, boa seletividade, rapidez e o caráter não destrutivo da amostra são alguns aspectos que tornam a espectroscopia fotoacústica uma grande ferramenta para a detecção de traços de gases.

Neste trabalho, enfocamos na calibração de um espectrometro fotoacústico utilizando um LASER de CO₂ (Synrad), com emissão na faixa do infravermelho (9,2 μ m a 10,6 μ m) e uma célula fotoacústica ressonante multimicrofonada. O objetivo principal foi

figures 1 and 2, respectively). These results demonstrate the feasibility of the photoacoustic spectroscopy with CO₂ laser enabling the sensitive and selective detection of trace gases.

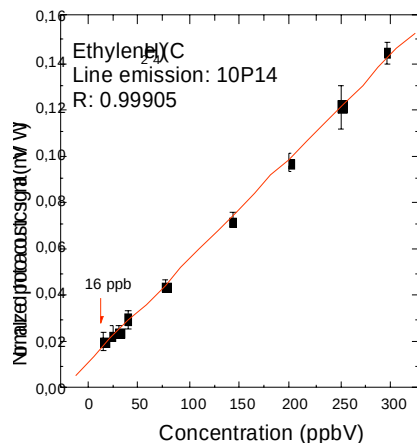


Figure 1: Calibration curve of ethilene.

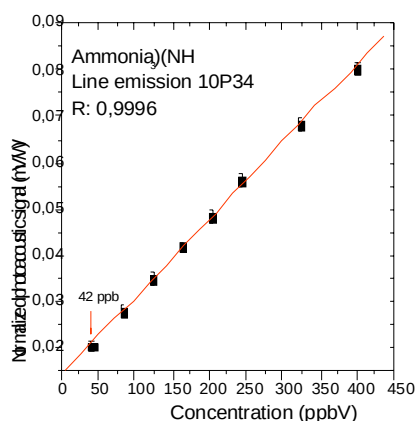


Figure 2: Calibration curve of ammonia.

Keywords: spectroscopy.

estimar o limite de detecção do espectrômetro para moléculas de etileno (C₂H₄) e Amônia (NH₃).

Obtemos limites de detecção de 16 ppbV para o etileno e 42 ppbV para a amônia (ver figuras 1 e 2, respectivamente). Esses resultados demonstram a viabilidade da espectroscopia fotoacústica a LASER de CO₂ que possibilita a detecção sensível e seletiva de traços de gases.

Figura 1: Calibração do etileno.

Figura 2: Calibração da amônia.

Palavras chave: espectroscopia.



**A PHOTOTHERMAL STUDY ON
PRASEODYMIUM DOPED LOW
SILICA CALCIUM ALUMINATE
GLASS**

M. Filadelpho, J. Aparecido,

A. Aparecido

*Univ. Estadual do Norte Fluminense Darcy
Ribeiro. Brazil.*

Univ. Federal de Uberlândia. Brazil.

milena@uenf.br

Rare earth ions have important characteristics that distinguish them from other optically active ions. They present emission and absorption bands over narrow ranges, whereas the wavelengths of the emission and absorption are relatively insensitive to host material. Besides, the intensities of the transitions are weak and the lifetime of metastable states is long, which make them candidates as active media for many optical applications. In light of this fact, doped rare-earth glasses are of interest because of their applications in photonics and optoelectronics. The rare earths ions are divided into two groups: lanthanides and actinides. Among the lanthanides, Pr^{3+} is for optical filters, up-conversion and optical amplifiers. In order to characterize the Pr doped calcium aluminate glass, the thermal lens (TL) technique has been used, which is very sensitive to study the properties of transparent samples. This technique provides the measurements of thermal and optical properties with high accuracy, as the thermal diffusivity (D) and the quantum efficiency of fluorescence, respectively. These properties are very important for choosing a good material to be used in solid-state lasers, since during the laser operation a variation of temperature can take place, which can distort the beam of the laser and therefore decrease its performance. In this context, this work reports the thermal diffusivity and the quantum efficiency of fluorescence of praseodymium doped low silica calcium aluminosilicate glasses (LSCAS). The experiments were performed using the two beams mode mismatched Thermal Lens (TL) technique.

Keywords: thermal diffusivity, quantum efficiency of fluorescence.

**ESTUDO FOTOTÉRMICO DE VIDROS
ALUMINATO DE CÁLCIO COM
BAIXA CONCENTRAÇÃO DE SÍLICA
DOPADOS COM PRASEODÍMIO**

Os íons terras raras possuem importantes características que os distinguem de outros íons opticamente ativos. Eles apresentam bandas de absorção e emissão em faixas estreitas, enquanto que, os comprimentos de onda de emissão e de absorção são relativamente insensíveis a matriz hospedeira. Além disso, as intensidades de transição são fracas e o tempo de vida dos estados metaestáveis é longo, tornando-os candidatos para serem usados como meio ativo em diversas aplicações óticas. Desta maneira, vidros aluminado de cálcio são de interesse devido a suas aplicações em fotônica, ótica e eletrônica. Os íons terras raras são divididos em dois grupos: lantanídeos e actinídeos. Entre os lantanídeos, o Pr^{3+} é excelente para filtros e amplificadores óticos. A fim de caracterizar os vidros aluminato de cálcio dopados com Pr, a técnica de lente térmica foi utilizada, esta é muito sensível para estudar propriedades de amostras transparentes. Essa técnica determina as propriedades térmicas com alta precisão, como a difusividade térmica (D) e a eficiência quântica de fluorescência. Essas propriedades são muito importantes na escolha de um bom material para ser usado como laser de estado sólido, uma vez que, durante a operação laser ocorrem variações de temperatura que podem distorcer o feixe do laser e, portanto, diminuir o seu desempenho. Nesse contexto, a difusividade térmica e a eficiência quântica de fluorescência (η) de vidros de cálcio de com baixa concentração de sílica foram medidas. Os experimentos foram realizados usando a técnica de Lente Térmica (LT) de feixe duplo de modo descasado.

Palavras chaves: difusividade térmica, eficiência quântica de fluorescência.

**REPORT ON A VERY STABLE
TRANSPORTABLE DIODE LASER
SYSTEM FOR LONG TERM
EXPERIMENTS WITH COOLED AND
TRAPPED CESIUM ATOMS**

**J. Chreim¹, E. Magnavita¹, A. Naves²,
L. Soares¹, R. Cavasso¹**

¹*Univ. Federal do ABC. Brazil.*

²*Univ. de Brasília. Brazil.*

reinaldo.cavasso@ufabc.edu.br

We report on a laser system composed of two external cavity diode lasers. The external cavities are of Littrow type and the diodes free-running output wavelength is close to 852 nm, in the near infrared range. The lasers diodes were chosen to access the Cesium hyperfine transitions $6^2S_{1/2}$ - $6^2P_{3/2}$. The design of the external cavity, mounted on a temperature controlled baseplate, allows a very good passive optical frequency stabilization. We precisely control the angle of the diffraction grating not only in the horizontal but also in the vertical plane with piezo-electric transducers (PZTs) which allow us a fine control of the lasers optical frequency. These lasers were applied to realize a magneto-optical trap (MOT) of Cesium atoms. To have a stable cloud of trapped atoms, the laser frequencies are adjusted and locked to the side of fringe of specific hyperfine resonances. The error signal for frequency locking is generated by saturation spectroscopy in a Cesium vapour cell. All the circuitry for temperature control, laser current control and frequency locking are homemade. Our specific design dispenses the use of high voltage piezo drivers. The achieved frequency stability of this laser system was such that we observe a stable cloud of trapped atoms for several hours. This level of long term stability is required in state of art experiments that analyses the photoionization of atoms using Synchrotron radiation as ionization source. Since the source of vacuum ultraviolet radiation in these experiments provides a low photon flux when compared to lasers, sometimes it can take hours to have a spectrum with a good signal to noise ratio – therefore a MOT with long term stability is essential. Another characteristic of experiments in Synchrotron experimental

**DESCRIÇÃO DE UM SISTEMA
MÓVEL ULTRA-ESTÁVEL DE
FONTES LASER DE DIODO PARA
EXPERIMENTOS DE LONGO TEMPO
ENVOLVENDO RESFRIAMENTO E
APRISIONAMENTO DE ÁTOMOS DE
CÉSIO**

Apresentamos aqui um sistema laser composto por dois diodos em cavidades ópticas externas. As cavidades são do tipo Littrow e os diodos apresentam um comprimento de onda de emissão próximo a 852 nm “free-running”, na região do infravermelho próximo. Os diodos foram escolhidos de modo a acessar as transições hiperfinas $6^2S_{1/2}$ - $6^2P_{3/2}$ do Césio. O projeto da cavidade externa, montada sobre uma base que possui controle de temperatura é proporcionar uma bom controle e boa estabilidade para da frequência óptica de emissão. Controlamos o ângulo da grade de difração não somente na horizontal, mas também no plano vertical com o auxílio de transdutores piezo-elétricos (PZTs) o qual nos permite um ajuste fino da frequência óptica. Esse sistema foi utilizado para a realização de armadilhas magneto-ópticas (MOT) de átomos de césio. De modo a se obter uma nuvem de átomos aprisionados estável, as frequências dos lasers são ajustadas e travadas ao lado das ressonâncias hiperfinas do césio. O sinal de erro para travamento da frequência é gerado por espectroscopia de saturação em uma célula de vapor de Césio. Todos os circuitos para controle de temperatura, controle da corrente do laser e travamento da frequência do laser foram desenvolvidos e construídos no laboratório. Nosso projeto dispensa o uso de drivers de PZT de alta tensão. A estabilidade em frequência desse sistema laser foi tamanha que observamos a nuvem de átomos aprisionados por várias horas sucessivas, sem necessidade de qualquer ajuste manual no sistema. Esse longo tempo de estabilidade é necessário para experimentos que envolvem fotoionização de átomos utilizando radiação Síncrotron como fonte de ionização. Como a fonte de

stations is that it is a very noisy environment as compared to standard optics laboratories. The laser system reported here is transportable, and kept the long term stability even in adverse environments such as the experimental halls of the Brazilian Synchrotron Light Laboratory, LNLS, and the Berlin Electron Storage Ring for Synchrotron Radiation, BESSY. The design and circuitry developed can be easily adapted to other wavelengths for trapping another atomic species as well used in any application that requires high stability or be transportable between different places without extra alignments or adjusts.

Keywords: external cavity diode laser, frequency stability, laser cooling and trapping, Cesium.

radiação ultravioleta desses experimentos proporciona um fluxo de fótons muito baixo quando comparada a fontes laser no visível, por vezes pode-se levar horas para se obter um único espectro com uma boa relação sinal-ruído – por esta razão, uma MOT com alta estabilidade é essencial. Outra característica de experimentos em estações experimentais de luz Síncrotron é o ambiente de trabalho altamente ruidoso quando comparado a laboratórios ópticos padrões. O sistema laser aqui apresentado é transportável e mantém longa estabilidade até mesmo em ambientes adversos, como nos saguões do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) e do Anel de Armazenamento de Elétrons para Radiação Síncrotron de Berlin (BESSY). O esquema e circuitos desenvolvidos podem ser facilmente adaptados para outros comprimentos de onda e utilizados para aprisionamento de outras espécies atômicas, bem como utilizado em outras aplicações que requeiram alta estabilidade ou facilidade de transporte para diferentes locais, sem necessidade de alinhamento extra ou outros ajustes.

Palavras chave: diodo laser de cavidade externa, estabilidade em frequência, resfriamento e aprisionamento a laser, Césio.



ADVANCES ON SYNCHROTRON SPECTROSCOPY OF LASER COOLED AND TRAPPED ATOMS

E. Magnavita¹, J. Chreim¹, A. Naves²,
R. Cavasso¹

¹Univ. Federal do ABC. Brazil.

²Univ. de Brasília. Brazil.

reinaldo.cavasso@ufabc.edu.br

A few years ago we demonstrated the potentialities of using laser cooled and trapped atoms in ionization experiments with Synchrotron radiation. The use of laser cooling techniques allows that the initial sample temperature be far below the room



AVANÇOS NA ESPECTROSCOPIA SÍNCROTRON DE ÁTOMOS RESFRIADOS E APRISIONADOS A LASER

Há alguns anos atrás, foi demonstrada a potencialidade do uso de átomos aprisionados e resfriados a laser em experimentos de fotoionização com radiação Síncrotron. O uso da técnica de resfriamento laser permite que a temperatura inicial da amostra seja muito mais baixa do que a

temperature, some hundreds of micro-Kelvin. With this cold samples, the angular distribution of the photoelectrons can be precisely determined by measuring the diminute ion recoil momentum using a high resolution time of flight spectrometer. In the first experiment, performed at the Brazilian Synchrotron Light Laboratory, LNLS, using Cs atoms we observed strong variations of the β asymmetry parameter related with relativistic and interchannel coupling effects. Here, we report on the results of new experiments with Cs cold samples performed at the Berliner Electron Storage Ring for Synchrotron Radiation, BESSY. Thanks to the BESSY high photon flux it was possible to investigate the angular distribution of the ions even at regions very far from resonances. We observed some resonances present at the cold atoms spectrum that do not appear on the hot atoms spectrum. The explanation for the appearance of this new feature is that at the magneto-optical-trap, the lasers induce electronic transitions to keep the atoms trapped. Depending on the intensity and frequency of the trap laser beams, the atoms stay part of the time on the ground state and part of the time on the excited states. One can understand this in another fashion as well, when a bunch of photons strike the atomic cold cloud, it will find some portion of the atoms in the ground state and some portion on the excited state. In this way we could perform ionization studies not only from ground state but also from excited state atoms. The photoelectron angular distribution for a specific photon energy is determined by the experimental ion time of flight spectrum through a numerical simulation that takes into account the particularities of the spectrometer, the cold atoms cloud, the atomic and ionic energy levels and the characteristics of the vacuum ultraviolet ionizing radiation.

Keywords: laser cooling and trapping, synchrotron, photoionization, Cesium.

temperatura ambiente, chegando a cerca de centenas de micro-Kelvin. Com as amostras resfriadas, a distribuição dos fotoelétrons pode ser precisamente determinada pela medida do momento de recuo dos íons usando um espectrômetro de tempo de voo (TOF) de alta resolução. No primeiro experimento, realizado no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), usando átomos de Césio (Cs) foram observadas fortes variações do parâmetro de assimetria β relacionado com efeitos relativísticos e acoplamento de intercanais. Neste trabalho, relatamos novos experimentos com amostras de Cs resfriadas a laser realizadas no “Anel de Armazenamento de Elétrons para Radiação Síncrotron de Berlin” (BESSY). Graças ao alto fluxo de fótons disponíveis no laboratório BESSY, foi possível investigar a distribuição angular dos íons mesmo em regiões muito distantes de ressonâncias. Ainda, observamos que algumas ressonâncias presentes nos espectros dos átomos frios não aparecem nos espectros de átomos quentes. A explicação para o aparecimento dessas ressonâncias é que, na armadilha magneto-óptica (MOT), os lasers induzem transições eletrônicas para manter os átomos aprisionados. Dependendo da intensidade e frequência do feixe laser de aprisionamento e do de rebombeio, o átomo fica parte do tempo no estado fundamental e parte do tempo no estado excitado. Pode-se entender isso de uma outra forma também, quando um de fóton incide na nuvem de átomos frios, este encontrará uma parte de átomos no estado fundamental e outra parte de átomos no estado excitado. Dessa forma, abre-se a possibilidade de estudarmos o processo de fotoionização não somente para os átomos no estado fundamental, mas também para átomos no estado excitado. A distribuição angular dos fotoelétrons para uma determinada energia do fóton é extraída do espectro de tempo de voo experimental através de uma simulação numérica que leva em conta as particularidades do espectrômetro, da nuvem de átomos frios, dos níveis de energia atômico e iônico, bem como das características da radiação ionizante ultravioleta no vácuo.

Palavras chave: resfriamento e aprisionamento laser, fotoionização, síncrotron, Césio.



**THERMO-OPTICAL
CHARACTERIZATION OF SPECIAL
OPTICAL GLASSES USING THE
THERMAL LENS SPECTROSCOPY**

S. Barreto, D. Ribeiro, J. Aparecido

*Univ. Estadual do Norte Fluminense Darcy
Ribeiro. Brazil.*

silviamarciauenf@yahoo.com.br

The Thermal Lens Spectroscopy (TL) is used to measure the thermo-optical properties of transparent materials. The experimental setup that is more sensitive is the two-beam mode-mismatched. Here, the sample is placed in the waist of the excitation laser beam and in the confocal position of the probe laser beam. Part of the energy of the excitation beam is absorbed by the sample and converted into heat that spreads by producing a temperature gradient in the sample and therefore a refractive index gradient. The wave fronts of the probe beam are slightly shifted when the beam passes through the sample, what causes a phase change. The intensity of the probe beam in the far field is detected and the aberrant theoretical model used for get the thermo-optical properties such as thermal diffusivity and the quantum efficiency of fluorescence, of the sample. This technique was used to study the thermo-optical properties of calcium aluminate glasses doped with Nd^{3+} . These glasses are considered good candidates for solid-state laser media because they have a good transmittance in the infrared region and excellent mechanical and thermo-optics properties. Measurements of properties of interest were made as a function of dopant concentration in the glass matrix for concentrations above 5 wt %. In the experimental apparatus of TL used excitation laser was an Ar^+ laser emitting at 514.5 nm and probe laser, a laser He-Ne at 632.8 nm. This apparatus was used to measure the transmittance from which we calculated the optical absorption coefficient of calcium aluminate glasses. The results show that the thermal diffusivity of the glass decreases from ~ 5.2 to ~ 4.3 and that the quantum efficiency decreases ~ 0.6 to ~ 0.3 as the concentration of Nd^{3+} increases glass

**CARACTERIZAÇÃO TERMO-ÓTICA
DE VIDROS ÓTICOS ESPECIAIS
USANDO A ESPECTROSCOPIA DE
LENTE TÉRMICA (LT)**

A Espectroscopia de Lente Térmica (LT) é utilizada para medir as propriedades termo-óticas de materiais transparentes. A configuração experimental que apresenta maior sensibilidade é a de duplo feixe no modo descasado. Nela, a amostra é colocada na cintura do feixe de excitação e na posição confocal do feixe de prova. Parte da energia do feixe de excitação é absorvida pela amostra e convertida em calor que se difunde produzindo um gradiente de temperatura na amostra e consequentemente um gradiente de índice de refração. As frentes de onda do feixe de prova são levemente desviadas quando esse feixe passa pela amostra, o que provoca uma mudança de fase. A intensidade do feixe num campo distante é detectada e usando o modelo teórico aberrante as propriedades termo-óticas, tais como a difusividade térmica e a eficiência quântica de fluorescência, da amostra podem ser obtidas. Essa técnica foi utilizada para estudar as propriedades termo-óticas dos vidros aluminato de cálcio dopados com Nd^{3+} . Esses vidros são considerados bons candidatos a meio ativo de laser do estado sólido, já que apresentam uma boa transmitância na região do infravermelho e excelentes propriedade mecânicas e termo-óticas. As medidas das propriedades de interesse foram realizadas em função da concentração de dopante na matriz vítrea para concentrações acima de 5% em peso. No aparato experimental de LT usado o laser de excitação foi um laser de Ar^+ emitindo em 514,5 nm e o laser de prova, um laser de He-Ne em 632,8 nm. Esse aparato foi empregado para medir a transmitância a partir da qual calculou-se o coeficiente de absorção ótica dos vidros aluminato de cálcio. Os resultados encontrados mostram que a difusividade térmica do vidro diminui de $\sim 5,2$ a $\sim 4,3$

network. Furthermore, we observed that the optical absorption coefficient increase $\sim 3.1 \text{ cm}^{-1}$ to $\sim 5.2 \text{ cm}^{-1}$. These results indicate that the doping of the glass matrix, ie, the Nd^{3+} behaves as a network modifier. The results of this work to high concentrations of Nd^{3+} added to in the literature for concentrations below 5% Nd^{3+} indicate that glasses with low dopant concentration are the most suitable for use as solid-state laser media.

Keywords: calcium aluminate glasses, thermo-optical properties, thermal lens spectroscopy.

cm^2s^{-1} e que a eficiência quântica de fluorescência diminui de $\sim 0,6$ para $\sim 0,3$ à medida que a concentração de Nd^{3+} aumenta na rede vítrea. Por outro lado, observou-se que o coeficiente de absorção ótica aumenta de $\sim 3,1 \text{ cm}^{-1}$ para $\sim 5,2 \text{ cm}^{-1}$. Esses resultados apontam que o dopante da matriz vítrea, ou seja, o Nd^{3+} se comporta como um modificador de rede. Os resultados encontrados nesse trabalho para altas concentrações de Nd^{3+} somados aos presentes na literatura para concentrações abaixo de 5% Nd^{3+} apontam que os vidros com baixa concentração de dopante são os mais indicados para serem usados como meio ativo de laser do estado sólido.

Palavra chave: vidros aluminato de cálcio, propriedade termo-ótica, espectroscopia de lente térmica.



FAST ENTANGLEMENT DETECTION OF TWO SPATIAL QUTRITS

**G. Lima¹, E. Gómez¹, A. Vargas²,
R. Vianna³, C. Saavedra¹**

¹Universidad de Concepción. Chile.

²Universidad de La Frontera. Chile.

³Univ. Federal de Minas Gerais. Brazil.

gustavo.lima@cefop.udec.cl

One of the main goals of quantum information theory is to find general and simple procedures that determine whether a composite system is entangled or not. The simplest example is the entanglement detection of pure bipartite states of two dimensional quantum states. In this case, the entanglement of the compound state can be determined directly from the reduced density matrixes. This approach can be generalized for distinct types of quantum states, and they all rely on state dependent nonlinear functions that characterize entanglement quantitatively. These functions can be evaluated once one has the knowledge of the compound density operator.

We investigate the practicality of the method



DETECCION RAPIDA DE ENTRELAZAMIENTO DE DOS QUTTRITS ESPACIALES

Uno de los principales objetivos en Información Cuántica es encontrar procedimientos generales y simples para determinar si un sistema compuesto se entrelazado o no. El ejemplo más simple es la detección de entrelazamiento de estados puros bipartitos en el caso de sistemas cuánticos bidimensionales. En este caso, el entrelazamiento del sistema compuesto puede ser determinado directamente mediante la matriz densidad reducida. Este esquema puede ser generalizado para distintos tipos de estados cuánticos los cuales, en general, serán funciones no lineales que permiten caracterizar el entrelazamiento en forma cuantitativa. Estas funciones pueden ser evaluadas una vez que

proposed by Maciel and Vianna [Phys. Rev. A. 80, 032325 (2009)] for detecting the entanglement of two spatial three-dimensional quantum systems, qutrits, which are encoded in the discrete transverse momentum of single photons transmitted through a multi-slit aperture. The method is based on the acquisition of partial information of the quantum state through projective measurements, and a data processing analysis done with semi-definite programs. This analysis relies on generating gradually an optimal entanglement witness operator, and numerical investigations have shown that it allows for the entanglement detection of unknown states with a cost much lower than full state tomography.

Keywords: entanglement detection, entanglement witness, composite quantum systems.

se conoce el operador densidad del sistema compuesto.

En este trabajo se estudia la factibilidad de emplear el método propuesto recientemente por Maciel and Vianna [Phys. Rev. A. 80, 032325 (2009)] para detectar el entrelazamiento de dos sistemas cuánticos tridimensionales, qutrits, los cuales han sido codificados en momentum transversal discreto de fotones individuales transmitidos a través de una apertura múltiple. El método está basado en la adquisición de información parcial de los estados cuánticos mediante mediciones proyectivas y el posterior procesamiento de los datos empleando programación semi-definida. Este análisis permite ir construyendo gradualmente un testimonio de entrelazamiento, y estudios numéricos han mostrado que la detección de entrelazamiento requiere de un número mucho menor de mediciones que la reconstrucción tomográfica total del estado.

Palabras clave: detección de entrelazamiento, testimonio de entrelazamiento, sistemas cuánticos compuestos.



PROPAGATION CHARACTERISTICS OF BEAM LASER WITH AMPLITUDE MODULATIONS AND PHASE FLUCTUATIONS ON SYSTEM APERTURED FRACTIONAL FOURIER TRANSFORMING SYSTEM

D. Jiménez, C. Torres, L. Mattos

Univ. Popular del Cesar. Colombia.

cesartorres@unicesar.edu.co

The apertured fractional Fourier transforming system is introduced and applied to treat the propagation of Gaussian beams with amplitude modulations and phase fluctuations. Based on the treatment that a rectangular function can be expanded into an approximate sum of complex Gaussian functions with finite numbers, the analytical expressions for the mutual



CARACTERISTICAS DE PROPAGACIÓN DE HACES LASER CON MODULACIONES DE AMPLITUD Y FLUCTUACIONES DE FASE EN SISTEMAS DE TRANSFORMACIÓN FRACCIONAL DE FOURIER APERTURADOS

Sistemas de transformación Fraccional de Fourier aperturados son introducidos y aplicados para estudiar la propagación de haces Gaussianos con modulaciones de amplitud y fluctuaciones de fase. Teniendo en cuenta que en el tratamiento de una función rectangular puede ser expandida en una suma aproximada de funciones gaussianas complejas con números finitos,

intensity distribution of laser beams with amplitude modulations and phase fluctuations passing through the apertured fractional Fourier transforming system are obtained. Some numerical simulations are illustrated for their propagation properties.

Keywords: fractional Fourier transform, beam, modulation.

las expresiones analíticas para la distribución de intensidad mutua de los haces láser con modulaciones de amplitud y fluctuaciones de fase que pasan a través del sistema de transformación fraccional de Fourier aperturado se obtienen. Algunas simulaciones numéricas se ilustran mostrando características de la propagación.

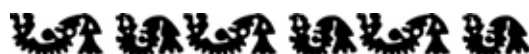
Palabras clave: transformada fraccional de Fourier, láser, modulación.



STUDY OF ELECTRONIC STRUCTURE OF 1,3- BENZIMIDAZOLE AND SOME MOLECULES DERIVED IN THE CONTEXT OF THE FUNCTIONAL THEORY OF THE DENSITY

H. Posada, O. Neira, R. Carrasquilla
Univ. Popular del Cesar. Colombia.
holgerposada@hotmail.com

In the present paper was made from a theoretical point of view, a comparative study of the electronic properties of organic molecules of 1,3benzimidazole's family in ground and first excited singlet state in both gas phase and liquid phase. The basic structure of the molecule consists of a benzene ring fused to one imidazole and its derivative molecules are altering the molecular chain of this structure through the addition of any type of ring to change the length of its chain of pi-conjugated bonds or by replacing one of the hydrogens on the same side by a halogen substituent. To this end was used as a tool for calculating the Gaussian 03 program package, using the Theory of Density Functional (DFT), For the case was used DFT hybrid functional B3LYP with the basis functions 6-31 + G (d). The results are given in terms of the quantification of some global molecular descriptors such as the chemical potential, softness, hardness and electronegativity, among others.



ESTUDIO DE ESTRUCTURA ELECTRÓNICA DE 1,3- BENZIMIDAZOLE Y ALGUNAS MOLECULAS DERIVADAS EN EL MARCO DE LA TEORÍA DEL FUNCIONAL DE LA DENSIDAD

En el presente trabajo se hizo un estudio comparativo, desde el punto de vista teórico, de las propiedades electrónicas de tres moléculas orgánicas sustituidas de la familia de 1,3Benzimidazole en estado fundamental y en el primer estado singlete excitado, tanto en fase gaseosa como en fase líquida. La estructura de la molécula base está constituida por un anillo de benceno fundido a uno de imidazol y sus moléculas derivadas se encuentran alterando la cadena molecular de esta estructura a través de la adición de algún tipo de anillo que cambie la longitud de su cadena de enlaces pi-conjugados o mediante la sustitución de uno de los hidrógenos laterales de la misma por un sustituyente halógeno. Para este fin se utilizó como herramientas de cálculo el paquete de programas Gaussian 03, haciendo uso de los enfoques de la Teoría del Funcional de la Densidad (DFT) en sus versiones dependiente e independiente del tiempo, Para el caso DFT se empleó la funcional híbrida B3LYP junto con las

Keywords: Benzimidazole, pi-conjugated bonds, Gaussian, Hartree-Fock, Theory of Density Functional.

funciones base 6-31+G(d). Los resultados se dan en términos de la cuantificación de algunos descriptores moleculares globales tales como: el potencial químico, la blandura, la dureza y la electronegatividad, entre otros.

Palabras clave: Benzimidazole, enlaces pi-conjugados, Gaussian, Hartree-Fock, Teoría de los Funcionales de la Densidad.



ESTIMATE OF THE OPTICAL-GAP THROUGH OF TRANSMISSION MEASURES USING OPTOELECTRONIC DEVICE OF LOW COST

K. Beleño, I. Torres

Universidad de Pamplona. Colombia.
ivaldo.torres@unipamplona.edu.co

This work deals with the characterization of the substrate of crystalline silicon (c-Si) and the determination of the optical-gap through of measures transmission and reflection using a optical measurement equipment with LED's conventional of low cost designed in the University of Pamplona.

The equipment designed for optical transmission measures used five conventional LED of low purchase price with wavelengths spectrum ranging from violet (300nm) to infrared (900 nm).

To experiments we used wafers of crystalline silicon (c-Si) p-type 200 and 300 μm -thick, polished on both sides with crystallographic orientation <100>.

With transmission and reflection measurements the absorption of semiconductor material was calculated and optical-gap values are estimated and compared with results obtained by other authors.

Proving that you can use conventional elements of low power consumption and low cost of acquisition in the manufacture of characterization systems that involve complex optical measurements combining variables such as temperature.



ESTIMACIÓN DEL GAP ÓPTICO A TRAVÉS DE MEDIDAS DE TRANSMISIÓN MEDIANTE EL USO DE DISPOSITIVOS OPTOELECTRÓNICOS DE BAJO COSTO DE ADQUISICIÓN

Este trabajo trata de la caracterización del substrato de silicio cristalino (c-Si) y la determinación del Gap óptico a través de medidas de transmisión y reflexión utilizando un equipo de medida óptica que emplea Led's convencionales de bajo costo de adquisición diseñado en la Universidad de Pamplona.

En el equipo diseñado para realizar las medidas transmisión óptica se utilizaron cinco LED convencionales de bajo costo de adquisición de espectros de longitudes de ondas que varían entre el violeta (300nm) hasta el infrarrojo (900 nm).

Para realizar los experimentos se utilizaron obleas de silicio cristalino (c-Si) tipo p de 200 y 300 μm de grosor pulida por ambas caras con orientación cristalográfica <100>. Con medidas de transmisión y reflexión se calculó la absorción del material semiconductor y se estimó el valor del Gap óptico comparándose con resultados obtenidos por otros autores.

Demostrando que es posible utilizar elementos convencionales de bajo consumo de energía y bajo coste de adquisición en la fabricación de sistemas de caracterización que involucran medidas ópticas complejas

Keywords: crystalline silicon, absorption, reflection, optical-gap, conventional LED.

combinando variables como la temperatura.

Palabras clave: silicio cristalino, absorción, transmisión, reflexión, gap óptico, LED convencional.



ENHANCEMENT OF THE STIMULATED RAMAN SCATTERING OF BENZENE, ACETONITRILE AND PYRIDINE

**L. Muñoz, W. Contreras, R. Cabanzo,
E. Mejía**

*Univ. Industrial de Santander. Colombia.
emejia@uis.edu.co*

Raman spectroscopy is a technique used in vibrational studies; this method gives complementary information to FTIR. Raman spectroscopy is limited by very low intensity of normal Raman scattering, however, when is used laser sources focused on the sample, it is possible to observe Stimulated Raman scattering (SRS) is another well-known nonlinear Raman phenomenon in which photon energy is transferred from an anti-Stokes (AS) pulse to a Stokes (S) pulse when the frequency difference matches a Raman vibrational mode. Stimulated processes, nonlinear phenomena amplify the ordinarily weak Raman effect to the point where it is easily visible to the eye. By observing this process, it is possible to examine some details about the vibrational energy levels of the scattering molecules and gain insight into the special ways that a very intense radiation field can interact with a molecule.

In this work we used the second harmonic (532 nm, 10Hz) of Nd:YAG laser (Indi, Spectra Physics). The laser was focused with a short (50 mm) focal length lens into a cell containing benzene, acetonitrile or pyridine. The Raman spectra were observed using compact spectrometer Ocean Optics HR4000.



ENHANCEMENT OF THE STIMULATED RAMAN SCATTERING OF BENZENE, ACETONITRILE AND PYRIDINE

La espectroscopia Raman es una técnica de análisis vibracional complementaria al análisis convencional por espectroscopia IR. El principal inconveniente de la espectroscopia Raman es la baja intensidad que presentan las señales. Sin embargo, existen diferentes variantes de esta técnica que permiten obtener señales con una mayor intensidad y más información contenida en estas. La espectroscopia de Raman estimulado, permite obtener señales muy intensas e información sobre estados vibracionales excitados superiores al primer estado excitado.

Mediante la aplicación de la espectroscopia Raman estimulada, se buscó realizar un análisis del comportamiento vibracional de diferentes modos normales en las moléculas de acetonitrilo, benceno y piridina, logrando observar en algunos casos, hasta el cuarto estado excitado de un determinado modo, así como la dispersión Raman anti-Stokes de algunos de estos modos.

Se utilizó como fuente de excitación un láser de Nd:YAG operando a 532nm y 10Hz de frecuencia. Las muestras se encontraban contenidas en una celda de cuarzo sobre la cual se enfocaba el haz láser con un lente esférico. A la salida de la celda se recolectó la radiación con otro lente esférico que se enfocó sobre la entrada de una fibra óptica. El sistema de detección que se utilizó fue un espectrómetro Ocean Optics HR4000.

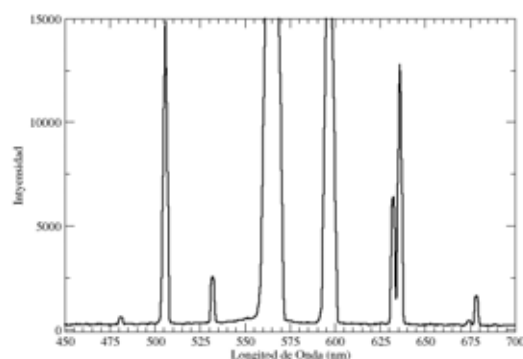


Fig. 1. Benzene Raman spectra.

Keywords: stimulated Raman, Raman spectroscopy.

La figura 1 muestra la dispersión Raman Stokes y anti-Stokes del benceno. En el espectro se pueden observar las señales de estados excitados superiores al primer estado excitado.

Fig. 1. Espectro Raman del Benceno

Palabras clave: Raman estimulado, espectroscopia Raman.



TIME DEPENDENT DENSITY FUNCTIONAL STUDY OF THE ABSORPTION AND EMISSION SPECTRA OF 1, 2-BENZOPYRONE AND SEVERAL SUBSTITUTED COUMARINS

T. Mercado¹, O. Neira¹, R. Carrasquilla¹, O. Ventura², M. Kieninger²

¹Univ. Popular del Cesar. Colombia.

²Univ. de la República. Uruguay.

tomasdj22@hotmail.com

Time dependent density functional (TD-DFT) calculations were performed on 1, 2-benzopyrone and substituted coumarins using the B3LYP functional and the 6-31+G(d) basis sets. The geometry of the $S_0 \rightarrow S_1$ singlet ground and excited states were optimized in gas phase, toluene and ethanol, and the vertical $\pi \rightarrow \pi^*$ absorption and emission largest wavelength transitions were determined. Coumarin 1, 6, and 422 were studied and good agreement to experiment was found for the absorption, transitions in all cases. Excellent agreement was observed for the emission transition also in coumarin 6, but not in the case of coumarins 1 and 422, where a discrepancy of tenths of nanometers was observed.

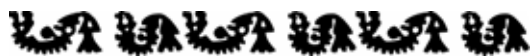


ESTUDIO DE LOS ESPECTROS DE ABSORCIÓN Y EMISIÓN DE LA 1,2 BENZOPIRÓNA Y ALGUNOS DERIVADOS DE LAS CUMARINAS UTILIZANDO LA TEORÍA DE LOS FUNCIONALES DE LA DENSIDAD DEPENDIENTE DEL TIEMPO

Los cálculos se realizaron utilizando la teoría de los funcionales de la densidad dependiente del tiempo, de la 1,2 Benzopiróna y algunas moléculas derivadas, usando el funcional B3LYP y la base 6-31+G (d). La geometría del estado fundamental y del primer estado excitado singlete se realizó en fase gas, en etanol y tolueno. Se estimó las transiciones verticales y las longitudes de onda más largas para la absorción y la emisión. Para las Cumarinas 1,6 y 422 los estudios para las transiciones de absorción concuerdan con los datos experimentales en todos los casos. Para las transiciones de emisión para la cumarina 6 los resultados son excelentes pero en el caso de las Cumarinas 1 y 422, existen discrepancias en el orden de décimas de nanómetros.

Keywords: Absorption spectrum, emission spectrum, TD-DFT methods, coumarin, laser spectroscopy.

Palabras clave: espectro de absorción, espectro de emisión, métodos TD-DFT, cumarinas, espectroscopia láser.



**STIMULATED EMISSION ON
SPECIFIC VIBRONIC TRANSITIONS
OF TETRA-PYRROLIC PIGMENTS IN
THIN FILMS OF RARE GAS OR
NITROGEN MATRICES AT 8K**

**C. Crépin¹, N. Shafizadeh¹, W. Chin¹,
J. Galaup¹, S. Arabei², J. McCaffrey³**

¹*Université Paris 11, France.*

²*Belarussian Agricultural Technical
University. Belarus.*

³*National University of Ireland. Ireland.*

jean-pierre.galaup@lac.u-psud.fr

We investigated the spectroscopy of phthalocyanines embedded in low temperature solids by means of emission-excitation spectra using a tunable dye laser. The free base (H₂Pc) and zinc (ZnPc) phthalocyanines are trapped in thin films of rare gas and nitrogen matrices at 8K. We report on an unexpected phenomenon observed in the emission spectra of both species in all rare gas matrices except Xe and in the nitrogen matrix, i.e. a huge enhancement of the emission intensity on one vibronic band under some conditions of the pulsed laser excitation (see figure). The band involved corresponds to the transition from the lowest electronic state to a vibrational level at approximately 1550 cm⁻¹ of the ground state. We propose that the drastic enhancement observed of the emission intensity on this specific vibronic transition is due to the occurrence of stimulated emission (SE) [1].

We have recently confirmed that this observation is not specific to phthalocyanine species as similar results were obtained with the parent porphyrin molecules from the benzoporphyrin family [2]. Stimulated emission was observed with free-base tetra-benzoporphyrin (H₂TBP) in Ar or N₂ matrices, but not in Xe matrices. Persistent burnt

**EMISIÓN ESTIMULADA DE
TRANSICIONES VIBRÓNICAS
ESPECÍFICAS EN PIGMENTOS
TETRA-PIRRÓLICOS DILUIDOS EN
PELÍCULAS DELGADAS DE GAS
RARO O DE NITRÓGENO A 8K**

Se investigó la espectroscopia de ftalocianinas diluidas en sólidos a baja temperatura por medio de sus espectros de emisión-excitación con un láser a colorante sintonizable. Las ftalocianinas base libre (H₂Pc) y la de zinc (ZnPc) están atrapadas en películas delgadas de gas raro y de nitrógeno a 8K. Se presenta un fenómeno inesperado observado en los espectros de emisión de ambas especies en todas las matrices de gases raros, salvo Xe y en la de nitrógeno, es decir, un aumento enorme de la intensidad de emisión en una banda vibrónica bajo algunas condiciones de la excitación por láser pulsado (véase la figura). La banda que participa corresponde a la transición desde el estado electrónico el más bajo hacia un nivel vibratorio a 1550 cm⁻¹ del estado fundamental. Proponemos que el aumento drástico observado de la intensidad de emisión de esta transición vibrónica específica se debe a la aparición de la emisión estimulada (SE) [1].

Recientemente, hemos confirmado que esta observación no es específica a solas las ftalocianinas y resultados similares se obtuvieron con moléculas de porfirina de la familia emparentada a la benzoporfirina [2]. La emisión estimulada se observó con la base-libre de tetra-benzoporphyrin (H₂TBP) en

spectral holes were observed, although the low efficiency of this process is not competitive with stimulated emission and no decrease of the stimulated emission with time was observed. With ZnTBP, no stimulated emission could be recorded; however the appearance of rather strong phosphorescence was noticed. Similar studies focusing on the stimulated emission phenomenon is that they should allow new insights into site effects and site selectivity.

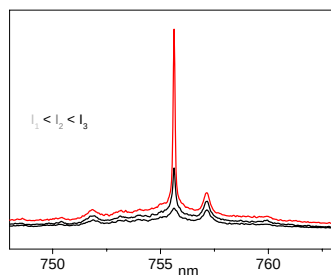


Figure: Emission following laser excitation at 676 nm of H_2Pc in solid N_2 with increasing laser intensity: I_1 below intensity threshold (I_{th}) – light grey-, I_2 around I_{th} – grey-, I_3 above I_{th} – black-. As reported in the figure, only one specifically vibronic band is strongly enhanced.

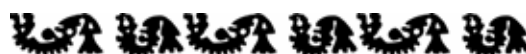
- [1] N. Dozova, C. Murray, J. G. McCaffrey, N. Shafizadeh and C. Crépin, “Amplified emission of phthalocyanine isolated in cryogenic matrices”, *Phys. Chem. Chem. Phys.* **10** (2008) 2167.
- [2] C. Crépin, N. Shafizadeh, W. Chin, J.-P. Galaup, J. G. McCaffrey and S. M. Arabei, “Unveiled optical properties of tetrapyrrolic pigments in cryogenic environments”, *Low Temperature Physics*, in press (2010).

Keywords: Tetrabenzoporphin, cryogenic matrices, stimulated emission, fluorescence, phosphorescence, spectral hole-burning.

matrices de argón o de N_2 , pero no en matrices de Xe. Efectos de “hole-burning” espectral persistente fueron observados, aunque la baja eficiencia de este proceso no le permite competir con la emisión estimulada y no se observó ninguna disminución de la emisión estimulada. Con ZnTBP, ninguna emisión estimulada ha podido ser registrada, sin embargo la aparición de una fosforescencia bastante fuerte se notó. Estudios similares centrados en el fenómeno de emisión estimulada permitirán nuevos conocimientos sobre los efectos de sitio en lo sólidos.

Figura: emisión siguiendo la excitación láser a 676 nm de H_2Pc en N_2 sólido con un aumento de la intensidad del láser: I_1 por debajo del umbral de intensidad (I_{th}) - gris claro, I_2 alrededor de I_{th} - gris, I_3 por encima de I_{th} - negro. Como se puede ver en la figura, sólo una banda vibrónica específica está fuertemente reforzada.

Palabras clave: Tetrabenzoporphin, matrices criogénicas, emisión estimulada, fluorescencia, fosforescencia, “hole-burning” espectral.



OPTICAL PROPERTIES AND LASER PROCESSING OF THE YSZ CERAMIC

**G. Castillo¹, S. Camacho¹, E. Penilla²,
J. Alaniz², F. Pérez², G. Aguilar², J. Garay²**

¹*Centro de Investigación Científica y de
Educación Superior de Ensenada. Mexico.*

²*Univ. of California Riverside. USA.*

gcastill@cicese.mx

It has been demonstrated that polycrystalline materials like ceramics own desirable characteristics in different technologic applications such as high hardness, high melting points chemical stability, features that make them materials of choice in demanding environments. In this work we present a study of laser microprocessing of the Yttria Stabilized Zirconia (YSZ) ceramic whose composition is ZrO_2 -8 mol. % Y_2O_3 . This ceramic possesses properties like grain size and porosity (<50 nm) being much smaller than the wavelength of visible light, allowing minimal interaction with light (scattering free) producing a transparent ceramic. The laser-induced refractive index change by nanosecond and femtosecond pulsed laser irradiation was studied in the YSZ ceramic. The magnitude of the refractive index change depends on several laser parameters as the delivered fluence, pulse width and repetition rate. The ceramic used in this work was obtained by the plasma spark sintering technique. Optical characterization of the ceramic shows a transmittance (400-900nm range) of ~30% for sintering conditions of 1200^oC and 140 MPa and ~35% when the ceramic is annealed in air at 750 ^oC. The post-irradiation characterization of the laser-processed regions in the sample was carried out by scanning electron microscopy (SEM), phase contrast microscopy and Raman microscopy. The results of the electron scanning microscopy and phase contrast microscopy show that it is feasible to fabricate waveguide-like structures in the YSZ ceramic, by means of single or multiple laser scanning using fluence below the ablation threshold. The magnitude of the laser-induced refractive index change in the ceramic was determined for various exposure conditions at the waveguide-like structures; this was done by applying a

PROPIEDADES OPTICAS Y PROCESAMIENTO LASER DE LA CERAMICA YSZ

Se ha demostrado que los materiales policristalinos como las cerámicas poseen características deseables en diversas aplicaciones tecnológicas como lo son alta dureza, puntos de fusión elevados y gran estabilidad química lo que los hace materiales de elección para ambientes exigentes. En este trabajo presentamos un estudio de microprocesado láser de la cerámica YSZ (Yttria Stabilized Zirconia) con composición ZrO_2 -8 mol. % Y_2O_3 . Esta cerámica posee propiedades como tamaño de grano y porosidad menores a 50nm, siendo esto de menor tamaño que la longitud de onda de la luz visible, lo que permite tener un material libre de dispersión. Se estudió el cambio de índice de refracción inducido por irradiación láser pulsada de nanosegundos y femtosegundos en la cerámica YSZ. La magnitud de la modificación en el índice de refracción depende de distintos parámetros láser como la fluencia, la duración del pulso y frecuencia de repetición. La cerámica utilizada en este trabajo se obtuvo mediante la técnica de sinterizado. La caracterización óptica de la cerámica muestra una transmitancia (en el rango de 400-900nm) de ~30% para condiciones de sinterizado de 1200 ^oC y 140 MPa y ~35% cuando la cerámica es horneada en aire a 750 ^oC. La caracterización post-irradiación de las regiones en la muestra sometidas a procesamiento láser consistió en microscopía electrónica de barrido, microscopía de contraste de fase y microscopía Raman. Los resultados de microscopía electrónica de barrido y contraste de fase muestran que es factible realizar estructuras tipo guía de onda en la cerámica YSZ, mediante uno o múltiples barridos a una fluencia láser por debajo del umbral de ablación. La magnitud de cambio de índice de refracción en las cerámicas fue determinada para distintas condiciones de

measurement technique that uses the numerical aperture (NA) of the written waveguides.

Keywords: ultrafast laser processing, laser-induced waveguides, transparent ceramics.

irradiación, mediante la escritura de guías de onda en las cerámicas y la medición de la apertura numérica (NA) de estas guías de onda.

Palabras clave: procesado láser ultrarápido, escritura láser de guías de onda, cerámicas transparentes.



NONLINEAR COHERENT STATES FOR GENERAL POTENTIALS

O. De los Santos, J. Récamier

UNAM. Mexico.

pepe@fis.unam.mx

In this work we construct nonlinear coherent states for Morse and Pöschl-Teller potentials within the framework of *f-deformed* algebras. These states are defined as (a) eigenstates of the deformed annihilation operator and (b) as those states generated by the application of the generalized displacement operator upon the vacuum state. We show that the latest can be obtained in an exact form whenever the deformed creation, annihilation operators and its commutator are elements of a Lie algebra. In addition, we evaluate the temporal evolution of the average value of the position and momentum operators between these nonlinear coherent states, analyze the phase space trajectories, the existence of squeezing and their statistical properties.

Keywords: nonlinear optics.



ESTADOS COHERENTES NO LINEALES PARA POTENCIALES GENERALES

En este trabajo construimos estados coherentes no lineales para potenciales de Morse y Pöschl-Teller en el marco de las álgebras deformadas. Estos estados son definidos como (a) estados propios del operador de aniquilación deformado (b) aquellos estados que se obtienen tras la aplicación del operador de desplazamiento generalizado al estado de vacío. Mostramos que estos últimos pueden obtenerse en forma exacta cuando los operadores de creación, aniquilación y su conmutador son elementos de un álgebra de Lie. Además calculamos la evolución temporal de los operadores de posición y momento entre estos estados, analizamos las trayectorias en el espacio fase, la existencia de compresión y sus propiedades estadísticas.

Palabras clave: óptica no lineal.



KONDO EFFECT IN NANOPARTICLES ARRAYS

J. Juárez, J. Munoz, G. Martínez

INAOE. Mexico.

jcjuarezm@susu.inaoep.mx

We describe electric dipole moment propagation in a lineal nanoparticles array when the array is doped with magnetic nanoparticles randomly distributed. The analysis is described by analogy with the Kondo effect, where thermal effects can control the reflective properties of the wave dipole when this incident with a magnetic particle.

Keywords: Kondo effect, nanoparticles, dipole moment.



ANALYSIS OF THE ABSORPTION COEFFICIENT BY ANNEALING IN CARBON IMPLANTED Nd:YVO₄

**E. Sánchez¹, G. Vázquez², G. Lifante³,
E. Cantelar⁴, J. Rickards⁴, R. Trejo¹**

¹*Univ. de Guadalajara. Mexico.*

²*CIO. Mexico.*

³*Univ. Autónoma de Madrid. Spain.*

⁴*Univ. Nac. Autónoma de México. Mexico.*

eugenia.sanchez@cuci.udg.mx

Low loss in optical waveguides is very important in order to achieve high laser efficiency. Waveguide fabrication by ion implantation generates color centers, leading to absorption losses which can be reduced by annealing; however, this process may eliminate the waveguide and hence in it is necessary to consider both the optimum annealing time and temperature. This work reports the behavior of the absorption coefficient by successive annealing steps in Nd:YVO₄ implanted with a dose of 5×10^{14} iones/cm².

EFFECTO KONDO EN ARREGLOS DE NANOPARTICULAS

Se describe la propagación del momento dipolar eléctrico en arreglos lineales de nanopartículas cuando el sistema es dopado con nanopartículas magnéticas distribuidas de manera aleatoria. El análisis describe de manera análoga al efecto Kondo, en donde los efectos térmicos permiten controlar las propiedades reflectivas de la onda dipolar cuando esta incide con una partícula magnética.

Palabras clave: efecto Kondo, nanopartículas, momento de dipolo.



ANÁLISIS DEL COEFICIENTE DE ABSORCIÓN POR RECOCIDOS EN Nd:YVO₄ IMPLANTADO CON CARBONO

La disminución de las pérdidas dentro de las guías es muy importante para lograr una buena emisión láser. Al hacer implantación iónica se generan centros de color, lo cual provoca una absorción que puede ser disminuida realizando recocidos en las guías; sin embargo, también se corre el riesgo de perder la guía generada por la implantación, por lo que es importante tener en consideración tanto el tiempo del recocido como la temperatura a la que se debe efectuar. En este trabajo reportamos el comportamiento del coeficiente de absorción en dependencia de la exposición a altas temperaturas en un cristal de Nd:YVO₄.

Keywords: absorption coefficient, ion implantation, Nd:YVO₄, annealing.

implantado con C²⁺ a una dosis de 5×10^{14} iones/cm².

Palabras clave: coeficiente de absorción, implantación iónica, Nd:YVO₄, recocidos.



ANALYSIS OF THE EFFECT OF THE MAGNETIC FIELD IN TWO COLLIDING LASER – PRODUCED PLASMAS BY EMISSION SPECTROSCOPY AND FAST PHOTOGRAPHY

**M. Valverde, T. García, C. Sánchez,
M. Villagrán**

*Univ. Nac. Autónoma de México. Mexico.
azbmiguel@gmail.com*

The effect of the magnetic field in two colliding laser – induced plasmas (LIP) on Cu and C were studied by means of time resolved emission spectroscopy and fast photography. The plasmas were produced by laser ablation, using two synchronized ns lasers (KrF and Nd-YAG). The experiments were performed using two opposing parallel targets of Cu and C in high vacuum. Magnetic fields were created by permanent magnets, which were placed in different positions in relation with the targets. During experiments the targets were rotated to prevent an excessive surface damage. By optical emission spectroscopy the different species of the plasmas were determined. Temporal evolution analysis of the corresponding spectral lines [Cu II (368.65, 490.97, 493.16, 495.37 and 630.10 nm), Cu III (374.47 and 379.08 nm), C II (426.70 nm), C III (406.99 and 464.74 nm) and C IV (465.83 nm)] was performed. Combining imaging and the time resolved emission diagnostics a comparison between the individual plasmas and their collision, under the presence and absence of magnetic field, was carried out.



ANALISIS DEL EFECTO DEL CAMPO MAGNETICO EN DOS LASERES EN COLISION- PLASMA PRODUCIDA POR EMISION ESPECTROSCOPICA Y FOTOGRAFIA RAPIDA

En éste trabajo se estudia, mediante espectroscopia óptica de emisión y fotografía rápida, el efecto del campo magnético en dos plasmas de Cu y C que colisionan. Los plasmas fueron inducidos por ablación láser utilizando dos láseres de nanosegundos, uno de KrF y otro de Nd-YAG, sincronizados entre sí. Los experimentos se realizaron al alto vacío utilizando dos blancos de Cu y C paralelos y opuestos. Los campos magnéticos fueron creados por imanes permanentes los cuales se ubicaron en diferentes posiciones con relación a los blancos. Durante los experimentos se hicieron rotar los blancos para prevenir el excesivo daño de la superficie. El estudio de la intensidad de emisión óptica contra longitud de onda permitió determinar las líneas de emisión correspondiente a las diferentes especies. De igual forma se realizó el análisis temporal de emisión óptica de las líneas espectrales de Cu II (368.65, 490.97, 493.16, 495.37 y 630.10 nm), Cu III (374.47 y 379.08 nm), C II (426.70 nm), C III (406.99 y 464.74 nm) y C IV (465.83 nm). Combinando los análisis de imágenes y los análisis resueltos en tiempo, se realiza una comparación de los resultados obtenidos con plasmas individuales y durante sus colisiones, así como con y sin la presencia del campo magnético.

Keywords: laser ablation, magnetic field.

Palabras clave: ablación laser, campo magnético.



DETERMINATION OF NONLINEAR OPTICAL PROPERTIES IN IONIC LIQUIDS

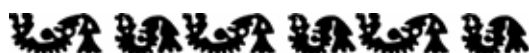
M. Trejo, E. Alvarado, J. Andrade, C. Valencia, K. Barrera
Universidad de Guanajuato. Mexico.
mtrejo@salamanca.ugto.mx

We study de nonlinear optical properties of six ionic liquids. The ionic liquids are:

- 1-buthyl-3-methylimidazolium tetrafluoroborate ([BMIM][BF₄])
- 1-ethyl-3-methylimidazolium Bis((trifluoromethyl)sulfonyl)imide ([EMIM][TF₂N])
- 1-ethyl-3-methylimidazolium trifluoroacetate ([EMIM][CF₃COO])
- 1-buthyl-3-methylimidazolium trifluoroacetate ([BMIM][CF₃COO])
- 1-ethyl-3-methylimidazolium tetrafluoroborate ([EMIM][BF₄])
- 1-buthyl-3-methylimidazolium Bis((trifluoromethyl)sulfonyl)imide ([BMIM][TF₂N])

The effect of the focal length of the photoinduced lens in a nonlinear material in the z-scan technique is determinate considering the focal length as dependent on the incident beam radius $w(z)$ to some integer power m . This integer power was determinate by adjust the characteristic curves of nonlinear refraction index and indicate the presence of thermal and electronic effects.

Keywords: z-scan, ionic liquids, nonlinear optical properties



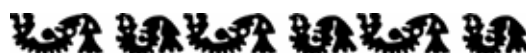
DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES OPTICAS NO LINEALES EN LIQUIDOS IONICOS

Estudiamos las propiedades ópticas no lineales de seis líquidos iónicos. Los líquidos iónicos son:

- Tetrafluoroborato de 1-butil-3-metilimidazolio ([BMIM][BF₄])
- Bis((trifluorometil)sulfonyl)imida de 1-etil-3-metilimidazolio ([EMIM][TF₂N])
- Trifluoroacetato de 1-etil-3-metilimidazolio ([EMIM][CF₃COO])
- Trifluoroacetato de 1-butil-3-metilimidazolio ([BMIM][CF₃COO])
- Tetrafluoroborato 1-etil-3-metilimidazolio ([EMIM][BF₄])
- Bis((trifluorometil)sulfonyl)imida 1-butil-3-metilimidazolio ([BMIM][TF₂N]).

Se determina el efecto de la longitud focal de la lente fotoinducida en un material no lineal con la técnica de barrido en z considerando la longitud focal como dependiente del radio del haz incidente $w(z)$ a alguna potencia entera m . Esta potencia entera fue determinada ajustando la curva característica del índice de refracción no lineal e indica la presencia de efectos térmicos y electrónicos.

Palabras clave: barrido en z, líquidos iónicos, propiedades ópticas no lineales



**PIEZOELECTRIC PHOTOACOUSTIC
DETECTION DURING LASER
CLEANING**

**W. Aldama¹, E. Mejía², Z. Ramírez²,
M. Villagrán²**

¹ Univ. Nacional de Trujillo. Peru.

² Univ. Nac. Autónoma de México. Mexico.

wilderaldama@hotmail.com

In this work, we carried out a protocol of laser cleaning by sensing photoacoustic response of painted glasses and Peruvian coins.

The first step was to determine the parameters involved in laser ablation, like threshold fluence, pulse numbers and optimal wavelength. We used a calibrated sample consisting of acrylic paint films on glass substrate of known thickness produced by spin coating. These samples were exposed to laser pulses of Nd: YAG (1064nm, 532nm and 355nm) with laser fluences of up to 6 J/cm².

Three acoustic transducers were tested. Two of them were piezoelectric sensor, one was positioned on the surface of the sample and the other was attached behind the substrate. The third transducer is an electret microphone used to follow the noise of ablation process.

We developed different acoustic couplings for the piezoelectric transducers. In the case of glass substrate the coupling is easy because the surface is plane, but for samples with irregular shapes (like art objects of cultural heritage) we used different experimental setups depending on the shape. We performed different signal analysis of photoacoustic experiments. In Fig.1a, we present the result for the autocorrelation coefficient of acrylic paint signals, clearly showing that the surface was cleaned after 11 shots. In Fig. 1b, we cleaned a Peruvian coin with 5 shots.

Photoacoustic signals represent an excellent alternative for monitoring laser surface cleaning that could be used simultaneously with other monitoring techniques.

**DETECCION FOTOACUSTICA
PIEZOELECTRICA DURANTE
LIMPIEZA LASER**

En este trabajo, hemos desarrollado un protocolo de limpieza laser mediante el sensado de la respuesta fotoacústica de vidrios pintados y monedas peruanas.

El primer paso fue determinar los parámetros involucrados en la ablación láser, tal como la fluencia umbral, numero de pulsos y longitud de onda optima. Nosotros usamos una muestra calibrada que consiste de películas de pintura acrílica sobre sustratos de vidrio de espesor conocido producido por la técnica del plato giratorio. Estas muestras fueron expuestas a pulsos láser de Nd:YAG (1064nm, 532nm y 355nm) con fluencias láser de hasta 6 J/cm².

Fueron probados tres transductores acústicos. Dos de ellos fueron sensores piezoeléctricos, uno fue posicionado en la superficie de la muestra y el otro fue adherido detrás del sustrato. El tercer transductor es un micrófono electreto usado para seguir el ruido del proceso de ablación.

Nosotros desarrollamos diferentes acoplamientos acústicos para los transductores piezoeléctricos. En el caso del sustrato de vidrio el acoplamiento es fácil debido a que la superficie es plana, pero para muestras con formas irregulares (tal como objetos de arte de valor cultural) usamos diferentes arreglos experimentales dependiendo de la forma.

Realizamos diferentes análisis de señales de experimentos fotoacústicos. En la Fig. 1(a), presentamos el resultado para el coeficiente de auto correlación de señales de pinturas acrílicas, claramente se muestra que la superficie fue limpiada después de 11 disparos. En la Fig. 1(b), limpiamos una moneda peruana con 5 disparos.

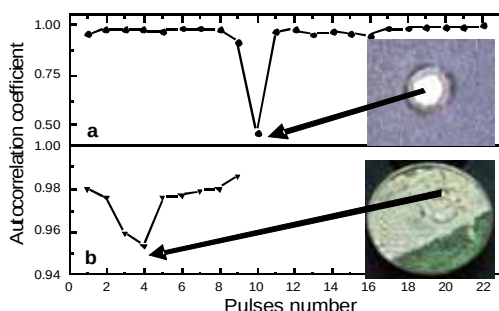


Figure 1.(a) Autocorrelation coefficient of laser cleaning of black acrylic paint with a wavelength of 532 nm at fluence of 2.5J/cm². Figure 1(b) Peruvian coin cleaned with 1064 nm at fluence of 3J/cm².

Las señales fotoacústicas representan una excelente alternativa para monitorear la limpieza de superficies con láser y que pueden ser usadas simultáneamente con otras técnicas de monitoreo.

Figura 1(a). Coeficiente de auto correlación de la limpieza láser de pintura acrílica negra con una longitud de onda de 532nm a una fluencia de 2.5 J/cm². Figura 1(b) Moneda peruana limpiada con 1064nm a una fluencia de 3J/cm².

Palabras clave: foto-acústica, limpieza láser.

Keywords: photoacoustic, laser cleaning.



RAMAN SPECTROSCOPY AMPLIFIED BY PLASMONS ON ORDERED SILVER NANOSTRUCTURES

E. Zegarra¹, N. Tognalli²

¹Univ. Nacional de Ingeniería. Peru.

²Instituto Balseiro. Argentine.

ezegarav@uni.pe

Raman Spectroscopy is a highly applied technique on material characterization; it brings information about structure features from molecular binding. This spectroscopy is based on Raman Effect, which deals with light inelastic scattering on matter. When light is scattered by an atom or a molecule, the frequency (energy, wavelength) of most of the photons scattered remains the same as the incident photons. Nevertheless, one of 10 million photons approximately will be scattered with a different frequency (inelastic light scattering, or Raman scattering). Because of that, Raman signal intensity is very low, it is indispensable to use high gain devices to detect these signals. A method to amplify Raman signal is through metallic nanostructures used as a substrate, which present optic response due

ESPECTROSCOPIA RAMAN AMPLIFICADA POR PLASMONES EN NANOESTRUCTURAS DE Ag ORDENADAS

La espectroscopía Raman es una técnica muy utilizada en caracterización de materiales ya que brinda información acerca de características estructurales de los enlaces moleculares. Esta espectroscopía se basa en el efecto Raman, que consiste en la dispersión inelástica de la luz. Cuando la luz es dispersada por un átomo o una molécula la mayoría de los fotones son dispersados a la misma frecuencia (energía, longitud de onda) que el fotón incidente; sin embargo un fotón de cada 10 millones aproximadamente será dispersado a una diferente frecuencia (dispersión inelástica de la luz o dispersión Raman). Es por este motivo que las amplitudes de las señales Raman son muy débiles, siendo indispensable utilizar dispositivos de alta ganancia para poderlos detectar.

to the interaction with surface plasmons, which coupled with light act like nano-antennae that allow the signal amplification on several magnitude order. This technique is known as Surface Enhanced Raman Scattering (SERS).

On previous developments, SERS effective action was highly proved on gold nano-cavities. The objective with this work is to obtain silver nano-cavities, in order to take advantage from its optical properties compared with gold. Besides the optical amplification obtained with a silver substrate, it was possible to optimize a procedure that allows obtaining an ordered nanostructure formed by semispherical cavities.

The following development is divided in two parts. In the first one, the nanostructure acquisition method is described, which begins with the deposition (by evaporation) of polystyrene spheres, which had 1 μ m diameter, on a gold substrate. Then, the electrochemical deposition of silver between cavities is achieved by voltamperometric processes. The second part consists on structure characterization by Scattered Electron Microscopy (SEM), as well as the optical characterization with reflectivity measures and Raman spectroscopy of the metallic ordered nano-cavities made of silver.

Morphological and optical response measures show that it is possible to use silver in order to produce substrates with this kind of nanostructures. Also, it has been demonstrated that it is possible to find optimal dimensions for the cavities that maximize the scattered light amplification. This initial data will allow establishing resonance models for surface plasmon and obtain an improved comprehension of the amplification phenomena on these spectroscopies.

Un método para amplificar la señal Raman es por medio de nanoestructuras metálicas usadas como sustrato, las cuales presentan respuesta óptica por la interacción con plasmones superficiales, los cuales al acoplarse con la luz actúan como nano-antenas que permiten amplificar la señal varios órdenes de magnitud. A esta técnica se la conoce como Surface Enhanced Raman Scattering (SERS).

En anteriores trabajos se ha demostrado la efectividad de SERS en nanocavidades de Au. El objetivo del presente trabajo es obtener nanocavidades de Ag, para aprovechar sus ventajas ópticas respecto al Au. Además de la amplificación óptica obtenida con un sustrato de Ag, se ha podido optimizar un procedimiento que permite obtener la nanoestructura formada por cavidades semi-esféricas ordenadas.

El presente trabajo, se divide en dos partes. En la primera se describe el método de obtención de la nanoestructura, que se inicia con la deposición (por evaporación) de nanoesferas de poliestireno de 1 μ m de diámetro sobre un sustrato de Au. Luego, la electrodeposición de plata entre las cavidades llevada a cabo por procesos voltamperométricos. La segunda parte consiste en la caracterización estructural por microscopía electrónica de barrido (SEM), y la caracterización óptica con mediciones de reflectividad y espectroscopía Raman de las nanocavidades metálicas ordenadas de Ag. Tanto las medidas de morfología como la respuesta óptica demuestran que es factible utilizar plata para la fabricación de sustratos con este tipo de nanoestructuras. Asimismo, se ha demostrado que es posible encontrar las dimensiones óptimas de las cavidades que maximicen la amplificación de la luz dispersada. Estos datos iniciales permitirán establecer modelos de resonancia de plasmón superficial y obtener una mejor comprensión del fenómeno de amplificación en este tipo de espectroscopías.

Keywords: Raman spectroscopy.

Palabras clave: espectroscopía Raman.



**INVESTIGATION AND
DEVELOPMENT OF AN ERBIUM-
DOPED FIBER LASER**

J. Villarreal, M. Yarlequé, R. Coello

PUCP. Peru.

Villarreal.jp@pucp.edu.pe

The main objective of this project is the investigation of different techniques for laser design, focusing particularly on erbium-doped fiber laser. In this project, a rapid review of the physical theory about light sources and energy levels is realized. Likewise, the characteristics of laser components and their corresponding functions are analyzed; additionally the spectral width is estimated based on the information and characteristics of the components. The implementation of this laser is obtained by using the resources available in the laboratory, and in agreement to the steps and design techniques defined in our investigation.

For the implementation of our laser, we count on a pump laser, whose spectral width of emission is centred in 960nm and exhibits an output power of 400mW. This pumping source is connected the laser active region (the erbium-doped fiber), whose resonant cavity is obtained by utilizing two Bragg gratings. With this arrangement we obtain a beam of coherent light in a spectral range about 1500nm.

In Peru, research and development of optical communication technology is not very common; and particularly, design of lasers and optical amplifiers is not often realized, therefore this project aims to encourage young people to investigate in this area. In this way, optical communications technology could have a greater development and growth in our country.

Keywords: laser.

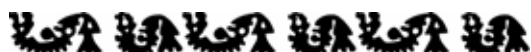
**INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
DE UN LÁSER DE FIBRA DOPADA
CON ERBIO**

El objetivo principal de este trabajo es la investigación de diversas técnicas para el diseño de láseres, centrándonos, en particular, en el diseño del láser de fibra dopada de erbio. En este trabajo, se realiza una rápida revisión de la teoría física acerca de las fuentes de luz y los niveles de energía de los iones de los átomos de erbio. Asimismo, se analiza las características de los componentes de un láser y sus respectivas funciones; adicionalmente se estima el ancho espectral según los datos y características de los componentes. La implementación de este láser, se realiza utilizando los recursos disponibles en el laboratorio, y de acuerdo a los pasos y técnicas de diseño definidas en nuestra investigación.

Para la implementación de nuestro láser se cuenta con una fuente láser de bombeo, cuyo ancho espectral de emisión se encuentra centrado en 960nm y exhibe una potencia de 400mW. Esta fuente de bombeo se conecta con la región activa del láser que es la fibra dopada con erbio, la misma que se encuentra dentro de una cavidad resonante, para nuestro caso, formada por dos rejillas de Bragg. Con este arreglo obtenemos un haz de luz coherente en un rango espectral centrado en 1500nm.

En el Perú la investigación en el campo de las comunicaciones óptica no es muy frecuente, y sobre todo, en el diseño de láseres y amplificadores ópticos; por lo cual, también se busca incentivar el compromiso de jóvenes con la investigación en esta área. De esta manera las comunicaciones ópticas tendrán un mayor desarrollo y crecimiento en nuestro país.

Palabras clave: láser.



MEASUREMENT OF
PANCHARATNAM'S PHASE BY
ROBUST INTERFEROMETRIC AND
POLARIMETRIC METHODS

**J. Loredo, O. Ortiz, R. Ballón,
S. Chávez, F. De Zela**
PUCP. Peru.
jloredo@pucp.edu.pe

We report theoretical calculations and experimental observations of Pancharatnam's phase originating from arbitrary $SU(2)$ transformations applied to polarization states of light. We have implemented polarimetric and interferometric methods which allow us to cover the full Poincaré sphere. As a distinctive feature, our interferometric array (Fig. 1) is robust against mechanical and thermal disturbances, showing that the polarimetric method is not inherently superior to the interferometric one, as it is widely assumed. Our strategy effectively amounts to feed an interferometer with two co-propagating beams that are orthogonally polarized with respect to each other, and measure the shift between the two patterns at the output of the interferometer. Furthermore, we have also carried out measurements of the polarization states at different parts of the array, in order to assess the influence of polarization changes on Pancharatnam's phase, due to the action of beam-splitters and mirrors.

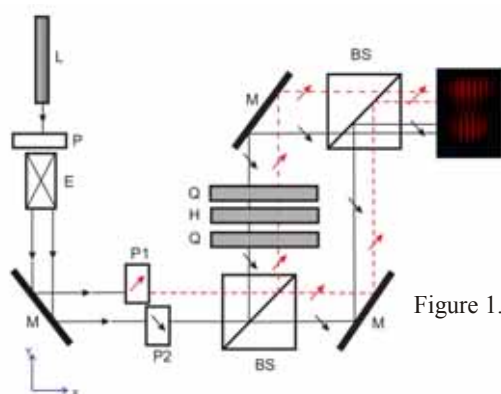


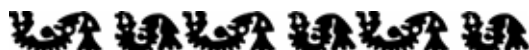
Figure 1.

MEDIDA DE LA FASE DE
PANCHARATNAM MEDIANTE
MÉTODOS INTERFEROMÉTRICOS Y
POLARIMÉTRICOS ROBUSTOS

Reportamos cálculos teóricos y observación experimental de la fase de Pancharatnam originada por transformaciones $SU(2)$ arbitrarias aplicadas a estados de polarización de la luz. Hemos implementado métodos tanto polarimétricos como interferométricos que nos permiten cubrir toda la esfera de Poincaré. Como rasgo distintivo, nuestro arreglo interferométrico (Fig. 1) es robusto ante perturbaciones mecánicas y térmicas, mostrando que el método polarímetro no es inherentemente superior al interferométrico, como se asume con frecuencia. Nuestra estrategia se basa en usar dos haces que se propagan conjuntamente en el interferómetro, los que además están ortogonalmente polarizados uno respecto del otro. Se procede entonces a medir el desfase entre los dos interferogramas, lo que permite obtener la fase de Pancharatnam. Además hemos llevado a cabo mediciones de los estados de polarización en diferentes partes del interferómetro, a fin de evaluar la influencia que pueden tener los cambios de polarización producidos por espejos y divisores de haz sobre la fase de Pancharatnam.

Keywords: Pancharatnam's phase, dynamic phase, geometric phase.

Palabras clave: Fase de Pancharatnam, fase dinámica, fase geométrica.



SEMICLASSICAL TIME-INDEPENDENT DESCRIPTION OF RAPIDLY OSCILLATING FIELDS ON A LATTICE IN THE KAPITZA APROXIMATION

L. Martínez, J. Gallinar

Univ. Simón Bolívar. Venezuela.

luisalfredo@usb.ve

We investigate a semiclassical dynamics driven by a high-frequency (ω) field, plus a static arbitrary potential on a one-dimensional tight-binding lattice. We find – in the spirit of the Kapitza pendulum- an effective, time-independent potential $U_{eff}(x)$ that describes the average motion to order ω^2 . This effective potential depends on the static external potential $U(x)$, on the lattice constant “ a ” and on the applied high-frequency field $f(x, t)$. One obtains that

$$\frac{U_{eff}(x)}{m} = \frac{a^2}{2} U^2(x) - a^2 U(x) E(t_*) + a^4 \int dx (U(x) - E(t))^2 \frac{\partial}{\partial x} \left[\sum_{n=1}^{\infty} \frac{f_n^2(x)}{n^2 \omega^2} \right]$$

with

$$E(t) = -2t \cos k_0 a + U(x_0), t_* = t \cos \eta_0 a \text{ and}$$

$$\cos \eta_0 a = 1 - a^2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{f_n^2(x_0)}{n^2 \omega^2}$$

Where “ m ” and “ E ” are, respectively, the effective mass and unperturbed energy of the particle’s average motion, given by initial conditions (x_0, k_0), $f_n(x)$ is the n -th Fourier component of the driving field, “ t ” is proportional to gap band and finally, $\cos \eta a$ is the reduction factor of effective gap band “ t_* ” imposed by external driven field. As many semiclassical electronic motion on the lattice as well atomic motion in an optical one, are possible applications of our formula for effective potential $U_{eff}(x)$.

Keywords: rapid forcing, Kapitza pendulum, effective potential, semiclassical approach.

DESCRIPCIÓN SEMICLÁSICA INDEPENDIENTE DEL TIEMPO DE CAMPOS RÁPIDAMENTE OSCILANTES EN LA RED, BAJO LA APROXIMACIÓN DE KAPITZA

Se investigó la dinámica semiclásica forzada por un campo de alta frecuencia (ω), más un potencial estático arbitrario sobre un retículo unidimensional. Se encontró -en el espíritu del péndulo de Kapitza- un potencial efectivo $U_{eff}(x)$ independiente del tiempo que describe el movimiento hasta el orden de ω^2 . Este potencial efectivo depende del potencial estático externo $U(x)$, de la constante de la red “ a ” del retículo y del campo oscilante de alta frecuencia $f(x, t)$. Se obtiene que:

$$\frac{U_{eff}(x)}{m} = \frac{a^2}{2} U^2(x) - a^2 U(x) E(t_*) + a^4 \int dx (U(x) - E(t))^2 \frac{\partial}{\partial x} \left[\sum_{n=1}^{\infty} \frac{f_n^2(x)}{n^2 \omega^2} \right]$$

con

$$E(t) = -2t \cos k_0 a + U(x_0), t_* = t \cos \eta_0 a \text{ y}$$

$$\cos \eta_0 a = 1 - a^2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{f_n^2(x_0)}{n^2 \omega^2}$$

Donde “ m ” y “ E ” son, respectivamente, la masa efectiva y la energía no perturbada del movimiento promedio de la partícula, dadas por las condiciones iniciales (x_0, k_0), $f_n(x)$ es la n -ésima componente de Fourier del campo oscilante, “ t ” es proporcional al ancho de banda y finalmente, $\cos \eta a$ es el factor de reducción del ancho de banda efectivo “ t_* ” impuesto por el campo oscilante externo. Tanto el movimiento electrónico semiclásico en un retículo cristalino como también el atómico en un retículo óptico, constituyen posibles aplicaciones de la fórmula obtenida para el potencial efectivo $U_{eff}(x)$.

Palabras clave: fuerza rápidamente oscilante, péndulo de Kapitza, potencial efectivo, aproximación semiclásica.



**ELECTROMAGNETICALLY-
INDUCED CONICAL EMISSION**

E. Becerra, L.E.E. De Araujo

Univ. Estadual de Campinas. Brazil.
araujo@ifi.unicamp.br

Conical emission (CE) appears when laser light propagates through a nonlinear optical medium. Several distinct physical mechanisms leading to CE share the common feature that intense light fields are required to observe the phenomenon [1]. CE's key signature is the generation of an annular ring centered on the propagation axis.

We describe theoretically an excitation scheme through which conical emission can be observed with *weak* light fields. The scheme is based on the giant Kerr nonlinearity experienced by an atomic vapor under the conditions of Electromagnetically Induced Transparency [2]. Figure 1a shows the atomic system studied: a four level atom excited by three weak laser beams. Absorption of the resonant probe field (α) is cancelled by the coupling field ($\Omega_c \gg \alpha$). The signal field (Ω) disturbs the fragile destructive quantum interference that cancels the probe absorption. A large phase shift of the probe signal field is induced by the signal field, even at low light levels [2]. A signal field with a non-homogeneous transverse profile will lead to a probe phase shift that depends on the transverse distance from the beam's axis. Radiation fields at the probe wavelength will be emitted that interfere, creating a ring in the far-field region. The CE pattern is obtained by numerically integrating the Fresnel-Kirchhoff diffraction integral. Figure 1b shows the input and far-field probe intensity patterns in the transverse x direction. The input beam consists of a Gaussian field with a 1 mm diameter. In the far field, a significant amount of light is redistributed from the central spot to adjacent lobes, forming an annular ring in the probe's two-dimensional, transverse spatial profile. Here, $\Omega = 4 \Omega_c$. In the limit that the decay rate of level $|b\rangle$ can be neglected, Ω_c can be arbitrarily weak. Therefore, the diffraction pattern shown in Figure 1b, should be

**EMISIÓN CÓNICA INDUCIDA
ELECTROMAGNETICAMENTE**

La emisión cónica (CE) aparece cuando luz láser se propaga a través de un medio óptico no lineal.

Son varios los mecanismos físicos que conducen para CE, por tanto el hecho común entre ellos, es que campos de luz intensos son requeridos para poder observar estos fenómenos [1]. CE está relacionado con la formación de un anillo anular centrado en el eje de propagación.

Nosotros describimos teóricamente un esquema de excitación a través del cual emisión cónica puede ser observada con campos de luz *débil*. El esquema es basado en no linealidades Kerr gigantes experimentado por un vapor atómico sobre la condición de Transparencia Inducida Electromagnéticamente [2]. A Figura 1a muestra el sistema atómico estudiado: un átomo de cuatro niveles es excitado por tres haces laser débiles. Absorción del campo de prueba resonante (α) es cancelada por el campo de acoplamiento ($\Omega_c \gg \alpha$). El campo de la señal (Ω) perturba la interferencia cuántica destructiva frágil que cancela la absorción de prueba. Un cambio de fase grande en el campo de prueba es inducido por el campo de la señal, incluso a bajos niveles de luz [2].

El campo de la señal con perfil transversal no homogéneo dará lugar a un cambio de fase del haz de prueba que depende de la distancia transversa del eje del haz. Campo de radiación en la longitud de onda del haz de prueba puede ser emitido, el cual interfiere, creando anillos en la región del campo lejano. Patrón de CE es obtenido integrando numéricamente la integral de difracción de Fresnel-Kirchhoff. La figura 1b muestra la entrada y el patrón de intensidad de campo lejano del haz de prueba en la dirección transversal x . El haz de entrada consiste de un campo gaussiano con un diámetro de 1mm. En el campo lejano, una cantidad significativa de luz es redistribuida del spot central para lóbulos

observable under very weak signal fields, possibly even at the few photon level. In the work to be presented, we will discuss the influence of propagation distance, signal Rabi frequency and detuning (Δ) in the CE pattern.

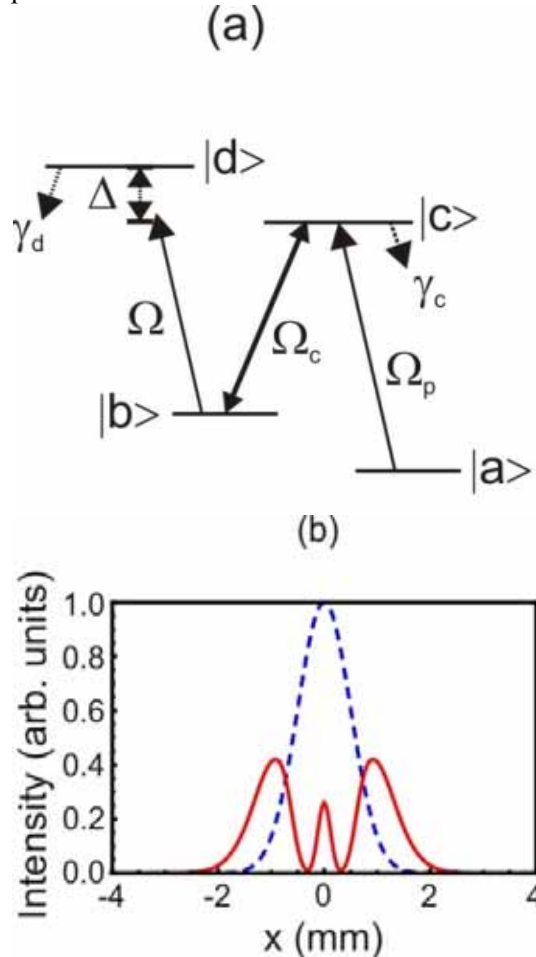


Figure 1. (a) The open four-level atomic system. (b) Probe's input (dashed blue line) and far-field (solid red line) intensity.

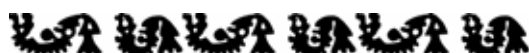
- [1] M. Kauranen et. al., *Opt. Lett.* **16**, 943 (1991).
- [2] H. Schmidt and A. Imamoglu, *Opt. Lett.* **21**, 1936 (1996).

Keywords: electromagnetically induced transparency, nonlinear optics.

adyacentes, formando un anillo anular en el perfil espacial transversal bidimensional de prueba. Aquí, $\Omega = 4 \Omega_c$. En el límite en el cual el radio de decaimiento del nivel $|b\rangle$ puede ser negado, Ω_c puede ser arbitrariamente débil. Por lo tanto el patrón de difracción mostrado en la Figura 1b, puede ser observado sobre campos de señal muy débiles, posiblemente en el nivel de pocos fotón. En el trabajo a ser presentado, vamos a discutir la influencia de la distancia de propagación, la frecuencia de la señal de Rabi y la desintonía (Δ) en el patrón de CE.

Figure 1: (a) El sistema atómico estudiado: un átomo de cuatro niveles excitado por tres haces laser débiles. (b) Entrada (línea azul discontinua) e intensidad de campo lejano (línea roja continua).

Palabras clave: transparencia inducida electromagnéticamente, óptica no lineal.



**MODIFICATION TO THE Z-SCAN
TECHNIQUE THROUGH OF THE
MENSURATION OF WIDTH**

J. Dávila, E. Reynoso, A. Balbuena

Ben. Univ. Autónoma de Puebla. Mexico.

mararge@yahoo.com

The z-scan technique it is a popular method for the mensuration of optics nonlinearities, particularly the coefficients refraction and non lineal absorption [1]. It has been used to measure the optic properties not lineal of semiconductors, dielectrics, organic molecules and liquid crystals. In this technique, the sample to be characterized is displaces along the optic axis (direction z) of a beam laser Gaussian focused. The high intensity of the optic field in the region of the focal plane induces in the sample a behavior of lens of longitude focal variable [2]. A lens placed in the trajectory of a Gaussian beam tends to produce changes in the beam, in particular in its width $W(z)$, since it is considered that the sample acts like a lens of longitude focal variable, we expect changes in the beam dependent of the position in that is found the sample.

If we take to the transmittance normalized as the reason among the non lineal intensity (I_{NL}) and the lineal intensity we can find a relationship among the lineal width (the width without the sample) and the non lineal width (the width with the sample) thus measurement transmittance and the beam width is related by the following equation :

$$T = \frac{I_{NL}}{I_L} = \frac{W_L^2}{W_{NL}^2} \quad (1)$$

Where W_L is the lineal width and W_{NL} it is the non lineal width of the beam. Therefore if these variations are measured directly in width we will find curved of z-scan. In this work we developed an automated system of z-scan that contrary to the traditional technique where powers are measured, we will measure the variation of the widths of the Gaussian beam caused by the non lineal sample, with the purpose of to improve the sensibility and to increase the relationship signal to noise.

**MODIFICACIÓN A LA TÉCNICA DE Z-
SCAN POR MEDIO DE MEDICIÓN DE
ANCHOS**

La técnica de barrido en z (z-scan) es un método popular para la medición de no linealidades ópticas, particularmente los coeficientes refracción y absorción no lineal [1]. Se ha utilizado para medir las propiedades ópticas no lineales de semiconductores, dieléctricos, moléculas orgánicas y cristales líquidos. En esta técnica, la muestra a caracterizar se desplaza a lo largo del eje óptico (dirección z) de un haz láser Gaussiano enfocado. La alta intensidad del campo óptico en la región del plano focal induce en la muestra un comportamiento de lente de longitud focal variable [2]. Una lente colocada en la trayectoria de un haz Gaussiano tiende a producir cambios en dicho haz, en particular en su anchura $W(z)$, dado que se considera que la muestra actúa como una lente de longitud focal variable, esperamos entonces modificaciones en el haz dependientes de la posición en que se encuentra la muestra.

Si tomamos a la transmitancia normalizada como la razón entre la intensidad no lineal (I_{NL}) y la intensidad lineal podemos encontrar una relación entre el ancho lineal (el ancho producido sin la muestra) y el ancho no lineal (el ancho producido por la muestra) así la transmitancia medida y la anchura del haz está relacionada mediante la siguiente ecuación:

$$T = \frac{I_{NL}}{I_L} = \frac{W_L^2}{W_{NL}^2} \quad (1)$$

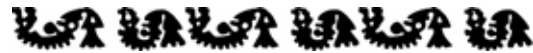
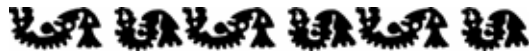
Donde W_L es el ancho lineal y W_{NL} es el ancho no lineal del haz. Por lo tanto si se miden directamente estas variaciones en anchura encontraremos curvas de z-scan. En este trabajo se desarrollo un sistema automatizado de z-scan, que a diferencia de la técnica tradicional, en donde se miden potencias, mediremos la variación de los anchos del haz Gaussiano provocados por la muestra no lineal, con la finalidad de

- [1] M. Sheik Bahae, A.A. Said, E.W. Van Stryland, Opt. Lett. 14, pp-955 (1989).
[2] M. Sheik Bahae, A.A. Said, T.H. Wei, D.J. Hagan, Van Stryland. IEEE J. Quant. Electrón. QE-26, pp760 (1990).

Keywords: Z-scan, self- focus, non lineal optics.

mejorar la sensibilidad y aumentar la relación señal a ruido.

Palabras clave: z-scan, auto y desenfocamiento, óptica no lineal.



LASER-ASSISTED EXPERIMENTS ON THE DYNAMICAL CASIMIR EFFECT

V. Dodonov

Universidade de Brasilia. Brasil.

vdodonov@fis.unb.br

I intend to give a brief summary of main theoretical ideas and experimental achievements related to the laser-assisted schemes of the observation of the Dynamical Casimir Effect (DCE). The main emphasis will be made on the MIR experiment, where a fast motion of the cavity wall is imitated by fast changes of the conductivity in a thin semiconductor slab excited by periodical pico-second laser pulses of the micro-Joule energy. However, another perspective scheme, based on the periodic laser illumination of thin superconducting films, will be also considered, since it requires much less energy of each pulse (but a bigger total number of pulses). The optimal values of parameters for which the effect of photon generation from vacuum could be observed (the power and the shape of the laser pulse, the recombination time and the mobility of carriers, the shape and dimensions of the cavity) will be discussed. Still unsolved theoretical problems will be also posed.

Keywords: dynamical Casimir effect, picosecond laser pulses, semiconductors, superconducting films.



TWO PHOTON ACTIVITY IN NANOPARTICLE COLLOIDS SYNTHESIZED FROM ORGANIC MOLECULES

**G. Ramos¹, M. Rodríguez¹,
J. Maldonado¹, C. Jim², M. Häußner²,
M. Meneses¹, O. Barbosa¹, B. Tang²**

¹CIO. Mexico.

²The Hong Kong University of Science & Technology. China.

garamoso@cio.mx

The interest to design and synthesize organic molecules with ever larger two-photon absorption (TPA) cross sections at desirable wavelengths is constantly growing for applications such as fluorescence microscopy, 3D optical memory, microfabrication, optical power limiting and photodynamic therapy. However, the majority of research reported in the literature on this topic is related to the TPA properties of single molecules in solution, while the TPA features of organic nanoparticles and molecular aggregates have received less attention. In this work we present the preparation of aqueous colloids of organic nanoparticles obtained from novel organic hyper-branched polymers, as well as the characterization of the fluorescence induced in these colloids by two-photon activity. Through the use of the reprecipitation method, typical nanoparticles of 50 – 100 nm were obtained, with maximum TPA cross sections in the order of ~ 1000 GM ($1 \text{ GM} = 10^{-50} \text{ cm}^4 \text{ s}$) for both nanosecond and femtosecond laser excitation in the wavelength range of 700 – 800 nm. Nanoparticle colloids synthesized from the studied materials were stable for months. When compared with their corresponding single organic molecules, we found that for some nanoparticles the fluorescence quantum yield was enhanced more than one order of magnitude. As an example, Figure 1 shows the fluorescence induced by the two-photon absorption in a hyper-branched polymer in THF solution and the corresponding spectrum from an aqueous colloid of nanoparticles synthesized from the same hyper-branched polymer. As these nanoparticles offer the advantage of being soluble in water and exhibit large TPA

absorption in the optical window of biomedical interest, some applications in this field can be envisaged for these nanoparticles, i.e., markers for multiphoton microscopy.

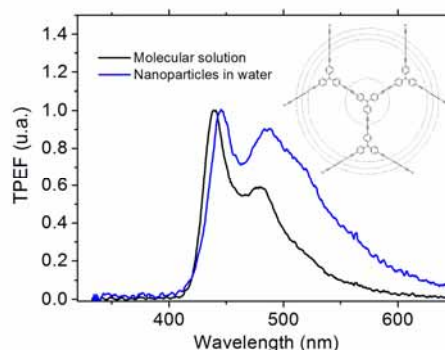


Figure 1. Two-photon excited fluorescence (TPEF) from a hyper-branched polymer in solution and from aqueous colloid of nanoparticles. Concentration of solution and colloid $\sim 10^{-6}$ mol/L. Excitation: femtosecond laser pulses at 800 nm. Inset: molecular structure of *hyper-branched Polyene*. Circles denote repetition of triphenylamine moieties.

Keywords: organic nanoparticles, hyper-branched polymers, two-photon absorption.



IMAGING THE SPATIAL MODE OF SINGLE PHOTONS

E. Gálvez, L. Coyle
Colgate University. USA.
egalvez@colgate.edu

We study experimentally the spatial modes of single photons and pairs of correlated photons (biphotons). We do this interferometrically. The source of light consists of correlated photon pairs produced by spontaneous parametric down conversion (SPDC). In a series of experiments we investigate the spatial modes of heralded photons, where one photon is sent directly to a detector and its partner is sent through an interferometer. The interferometer has a spiral phase plate in one of its arms that puts the light in a helical spatial mode – a Laguerre-Gauss mode – with a topological

charge or phase winding number of 1. The other arm of the interferometer leaves the mode of the light intact. The output of the interferometer consists of an asymmetric mode pattern that rotates as a function of the interferometer phase. By measuring the probability distribution one photon at a time as a function of the interferometer phase we show that individual photons carry the entire spatial helical-mode information. Currently under way is the study of the joint modes of photon pairs. In this case both photons produced by SPDC are sent through the interferometer. It is expected that the common modes of the two photons is different than the mode carried by each individual photon.

En este trabajo presentamos un estudio de los modos espaciales de fotones únicos y de fotones ligados (cofotones). La fuente de luz produce pares de fotones ligados mediante conversión paramétrica espontánea (SPDC). Nosotros investigamos los modos espaciales de fotones únicos en varios tipos de experimentos donde uno de los dos fotones es enviado a un detector y el otro es pasado a través de un interferómetro. Uno de los brazos del interferómetro tiene un desfase angular que pone a la luz transmitida en el modo espacial Laguerre-Gauss con carga topológica 1. El otro brazo del interferómetro deja a la luz en el mismo modo espacial. La luz que sale del interferómetro tiene un patrón modal asimétrico que rota en proporción a la fase introducida por el interferómetro. La medición del patrón de interferencia producida fotón por fotón en función de la fase demuestra que cada fotón en un haz de luz contiene toda la información del modo-hélico espacial. Actualmente estamos estudiando los modos conjuntos dos fotones producidos por SPDC que pasan por el interferómetro. En este caso se espera que los dos fotones ligados lleven un modo común que es distinto al modo que cada uno de ellos lleva.

Keywords: photons, spatial modes, quantum optics.



MODELING MUTUALLY COUPLED VCSEL's VIA POLARIZATION-ROTATED OPTICAL COUPLING

M. Torre¹, C. Masoller²

¹*Universidad Nacional del Centro de la Pcia. de Bs. As. Argentine.*

²*Univ. Politecnica de Catalunya. Spain.*
marita@exa.unicen.edu.ar

The dynamics of two VCSELs mutually coupled via polarization-rotated optical injection is studied numerically, based on the well known spin flip model. Both lasers are identical and the coupling strength is symmetric.

We analyzed the dynamic in the weak coupling regime, and consider two coupling schemes such that the lasers are coupled either before or after the polarization switching point.

In the first case (the lasers are mutually coupled before the polarization switching point) we find that both lasers display polarization oscillation; and in the second case (the lasers are coupled after the polarization switching point) we find that one laser dominates, and emits a polarization which is orthogonal to the polarization emitted by the other laser. These numerical results are confronted with recent experimental observations.

Keywords: semiconductor laser, optical injection, polarization.



IMPACT OF DYES ON THE NONLINEAR OPTICAL RESPONSE OF LIQUID CRYSTALS IMPLEMENTING THE Z- SCAN TECHNIQUE

A. Rodríguez, R. Ortega, O. Morales

*Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo
Tecnológico, UNAM. Mexico.*

arrosales@prodigy.net.mx

The study of the nonlinear (NLO) refractive index response γ of several dyes and their impact on the NLO-properties of nematic liquid crystals (LC) using a low power CW He-Ne laser ($\lambda = 633$ nm) was performed via Z-scan measurements. Studies were carried out at the low absorption spectroscopic region of the implemented samples (dyes, liquid crystals and mixtures at different ratios of these materials). Samples were prepared at 1% weight of the used solvent (THF) and were sandwiched in glass cells with a gap thickness of 100 μm . The implemented dyes have shown the largest optical nonlinearities and represent the main contributors to the cubic NLO-properties. In our particular studies, 5CB liquid crystal doped with methyl red-dye, resulted in the simultaneous exhibition of nonlinear refractive indexes γ positive and negative, depending on the polarization of the incoming laser beam. Experimental results, physical explanation of this peculiar behaviour based in Kerr-effects and experimental conditions are described in detail for several dyes and LC materials.

Keywords: nonlinear optics, Kerr effect, Z-scan, liquid crystals.



HYBRID TITANIUM-SAPPHIRE:DYE LASER

C. Treviño, O. Zapata, M. Iturbe

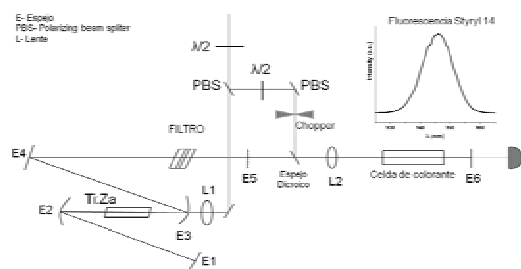
INAOE. Mexico.

carlost@inaoep.mx

On this work we present a titanium-sapphire laser with an intracavity dye amplifier operating in different regimes depending on the pump power. The pump source is a 5W Verdi laser (Nd:YVO₄) with a 532 nm wavelength. The dye amplifier uses a 2-[8-(p-dimethylaminophenyl) - 2, 4 - neopentylene - 1, 3, 5, 7 - octatetraenyl] - 3 - ethyl- (6,7 -benzo)benzothiazolium perchlorate (styryl 14) dye on a ethylene glycol/propylene carbonate solution. The system is tuned using a three stages birefringent filter. We observe the system laser and tuning. Depending on the pump power the system has different distinctive operations: (a) Fluorescent system, (2) laser-amplifier system, (3) laser with an optical limiter and (4) hybrid laser. In particular the hybrid laser system is relevant because it generates laser emission through both gain mediums simultaneously. This work was supported by Mexican grant CONACYT-SALUD-2005-01-14012.

En este trabajo se presenta un láser de Titanio-Zafiro con un amplificador de colorante intracavidad trabajando en diferentes regímenes dependiendo de la potencia de bombeo. La fuente de bombeo es un láser Verdi V-5 (Nd:YVO₄) con una potencia de 5 W y una longitud de onda de 532 nm, para el amplificador se utiliza una celda con una mezcla de colorante 2-[8-(p-dimethylaminophenyl) - 2, 4 - neopentylene - 1, 3, 5, 7 - octatetraenyl] - 3 - ethyl- (6,7 - benzo)benzothiazolium perchlorate (styryl 14) con solventes glicol de etileno y carbonato de propileno. Como medio de sintonización se utiliza un filtro birrefringente de tres etapas. Observamos el comportamiento del sistema y su sintonización. De acuerdo a la potencia de bombeo, el sistema se comporta de forma diferente: (1) Como sistema fluorescente, (2) sistema laser-amplificador, (3) laser con limitador óptico y (4) láser híbrido. En particular la configuración del sistema híbrido es interesante ya que se genera emisión láser a través de ambos medios de

ganancia simultáneamente. Este proyecto fue financiado por el proyecto de salud CONACYT-SALUD-2005-01-14012.



Keywords: laser, gain configuration.



**OPTOELECTRONICS MATERIALS.
OPTICAL THIN FILMS.
OPTOELECTRONICS DEVICES.
PHOTONIC CRYSTALS.**

**Materiales Optoelectrónicos.
Películas Delgadas Ópticas.
Dispositivos Optoelectrónicos.
Cristales Fotónicos.**

***Materiais Optoelectrónicos.
Filmes finos Ópticos.
Dispositivos Optoelectrónicos.
Cristais Fotónicos.***



TOWARDS MAGNETO-OPTICAL LASING MEDIA

A.M. Grishin, S.I. Khartsev

*Royal Institute of Technology, Sweden.
grishin@kth.se*

We survey our most recent results on synthesis and properties of all-garnet heteroepitaxial magneto-optical photonic crystals (MOPCs). We work with completely substituted bismuth iron garnet $\text{Bi}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ (BIG) which does not exist in the bulk form and, being grown onto gallium garnet single crystal, shows the record value of Faraday rotation (FR) as high as $\theta_F = -8.4$ deg/ μm @633nm and a peak value of -28 deg/ μm @537nm. [1] Broken time inverse $t \rightarrow -t$ symmetry in ferromagnet leads to the nonreciprocal character of MO interaction thus enables further improvement of MO properties in nanoengineered photonic crystals. First time this was realized by M. Inoue localizing light in 1D MOPC. [2] Currently, magnetron sputtered heteroepitaxial all-garnet $[\text{Bi}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}/\text{Sm}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}]^m$ MOPCs at the resonance wavelengths 750 (980) nm demonstrate FR $\theta_F = -20.5$ (-7.3) deg/ μm and quality factor $Q = 2|\theta_F|/\text{absorption} = 66$ (43.6) deg that are the highest MO-performance achieved so far [Ref. 3 and references therein]. This is, respectively, 470 (810) % and 30 (190) % enhancement compared to a single layer high MO-performance BIG film. [1] Employing atomic layer deposition (ALD) we sintered $[\text{Bi}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}/\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}]^m$ nanostructured superlattices with a strong perpendicular magnetic anisotropy to fabricate latching type (nonvolatile) MO-memory [4]. Growth induced magnetic anisotropy can be tailored in a wide range in Fe-deficient garnet films [5]. Theoretical modeling of experimental MO-spectra yields complete set of microscopic parameters that define diagonal and off-diagonal components of the dielectric permittivity tensor $\hat{\epsilon}(\lambda)$ in MO-garnets. The introduction of those quantities into the 4×4 matrix formalism without any additional fitting parameters led to the successful simulation of transmittance and FR of MOPCs [6]. The absorption edge around 520 nm is a common feature of the

ferric ion in oxide crystals. This continuous and intense absorption strongly hinders practical application of MOPCs. To compensate the absorption we engineered Er-doped all-garnet MOPCs. They take advantage of photoluminescence enhancement due to the light localization [7] as well as sensitizing effect since Er^{3+} and Fe^{3+} ions states excited at 980 nm are nearly resonant in energy [8]. Luminescent MOPCs promise built-in intelligence: ability to simultaneously recognize, process and store optical data, make color filtering, and amplify optical signals.

- [1] "Synthesis of New Magneto-optical material, bismuth iron garnet" *T. Okuda, N. Koshizuka, K. Hayashi, K. Satoh, H. Taniguchi, H. Yamamoto*, IEEE Transl. J. Magn. Jpn. **3**, 483 (1988).
- [2] "One-dimensional magnetophotonic crystals" *M. Inoue, K. Arai, T. Fujii, M. Abe*, J. Appl. Phys. **85**, 5768 (1999).
- [3] "High performance $[\text{Bi}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}/\text{Sm}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}]^m$ magneto-optical photonic crystals" *S.I. Khartsev, A.M. Grishin*, J. Appl. Phys. **101**, 053906 (2007).
- [4] "Low field driven latching-type $\text{Bi}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}/\text{Sm}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ magneto-optical display" *A.M. Grishin, S.I. Khartsev, S. Bonetti*, Appl. Phys. Lett. **88**, 242504 (2006).
- [5] "Pulsed laser deposited $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ films: Nature of magnetic anisotropy I" *S.A. Manuilov, S.I. Khartsev, A.M. Grishin, J. Appl. Phys.* **106**, 123917 (2009).
- [6] "Fitting transmission and Faraday rotation spectra of $[\text{Bi}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}/\text{Sm}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}]^m$ magneto-optical photonic crystals" *D.O. Dzibrou, A.M. Grishin, J. Appl. Phys.* **106**, 043901 (2009).
- [7] "Enhanced photoluminescence in $[\text{Er}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2]^m$ photonic crystals" *A.M. Grishin, S.I. Khartsev, D.O. Dzibrou, J. Appl. Phys.* **105**, 113122 (2009).
- [8] "Highly luminescent garnets for magneto-optical photonic crystals" *A.M. Grishin, S.I. Khartsev*, Appl. Phys. Lett. **95**, 102503 (2009).

Keywords: magneto-optics, rare earth garnets, photonic crystals, photoluminescence.

MAGNETO- AND MULTIFERROIC PHOTONICS AND THEIR APPLICATION TO SPATIAL LIGHT MODULATORS

M. Inoue

Toyohashi University of Technology, Japan.
inoue@ee.tut.ac.jp

Introduction of artificial nano-scaled structures to magnetic materials provides us a variety of opportunities for controlling light traveling in the structured materials. Magnetophotonic crystals (MPCs) [1, 2] can be classified into such materials, where optical-order periodic structures composed of magnetic and/or dielectric materials are introduced so as to create photonic band gap and to confine light in the vicinity of additional defects in the periodic structures. The dimension of the nano-structured artificial materials, MPCs, range from 1D to 3D. Among them, due to easiness of their preparations, one- and two-dimensional MPCs have already found their optoelectronic applications such as magneto-optic (MO) spatial light modulator (MOSLM) [3] and optical waveguide isolator [4]. MOSLM exhibits very fast operation for intensity, polarization or phase modulation of light. Use of MPCs for such optical devices is very attractive because larger optical efficiency and higher magneto-optical responses are fulfilled at the same time. Combination of other material such as PZT thin film and MO film also extend the potential of the devices.

Enhancement of MO Faraday and Kerr effects can be achieved by utilizing the surface plasmon resonance [5]: For instance, when Au nano-particles are embedded in magnetic garnet thin film, the Faraday rotation angle of film shows considerable enhancement at the wavelength of plasmon resonance. This is also the case for Kerr rotation, suggesting that the MO responses can be manipulated by the use of localized evanescent field associated with the plasmon resonance. More sophisticated structures for the plasmon- assisted magnetophotonics have been also proposed and discussed based upon the theoretical calculations [6, 7].

At the conference, overall description on the fundamental properties of magnetophotonic

crystals and multiferroic crystals as well as their representative applications in spatial light modulators will be discussed in detail.

The work has been supported in part by the Grant-In-Aid Type S (No.17106004) from the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Japan, the MEXT Key Technology Program (Super Optical Memory Project), and MEXT Intelligent Cluster Formation Program (Optronics Cluster Project).

- [1] M. Inoue et al., *J. Phys. D: Appl. Phys.* (2006), **39**, No.8, pp.R151-R161.
- [2] M. Inoue et al., "Magnetic Nanostructures", eds. B. Aktaş, L. Tagirov and F. Mikailov, *Springer Series in Materials Science*, (2007), pp.29-43.
- [3] K. H. Shin et al., *J. Appl. Phys.*, 10th Joint MMM/Intermag Proc., (2007) in press.
- [4] Z. Wang et al., *Appl. Phys. B*, (2005), **81**, pp.369-375.
- [5] R. Fujikawa, et al., *J. Appl. Phys.*, **103**, (2008) 07D3011-3.
- [6] A. Fedyanin et al., *Proc. Plasmonics 2006*, Singapore, (2006), 76.
- [7] A. Khanikaev et al., *Proc. Plasmonics 2006*, Singapore, (2006), 77.

Keywords: magnetophotonic crystals, optoelectronic applications, magneto-optical, plasmon resonance.



ABERRATIONS IN RESONANT OPTICAL ELEMENTS

G. Boreman¹, J. Ginn¹, J. A. Gómez²,
J. Alda²

¹University of Central Florida. USA.

²University Complutense of Madrid. Spain.

boreman@creol.ucf.edu

Reflectarrays have been recently demonstrated at infrared frequencies. They consist of a geometrical arrangement of subwavelength resonant elements that work cooperatively to produce a phase change in the reflected wavefront. These resonant elements are formed by a plane metallic structure placed on a dielectric layer over a reflective ground plane. The resonant elements are placed following a Fresnel zone lay-out. Reflectarrays are able to focus light using both the diffraction principles and the phase shift induced by the resonances on the individual elements. The response of the resonant element depends on its geometry and material characteristics. It can be modelled as a complex reflectivity that has an angular dependence, and a polarization-sensitive spectral dispersion. The magnitude of the complex reflectivity modifies the reflected energy, and the phase is added to the phase of the incoming wavefront. This phase shift is tailored, by changing the dimensional or material parameters of the resonant elements, to produce the desired results. Then, besides the aberrations related with the diffractive effects of the Fresnel arrangement, the resonant elements introduce some terms that need a specific treatment. The monochromatic aberrations are treated for an on-axis situation and their dependence with the aperture and the polarization state of the incoming light is analyzed here. The chromatic aberration takes into account the combined contributions of the diffractive effects and the dispersive properties of the resonant elements. The results of the numerical computation are compared with experimental data for the monochromatic case.

Keywords: reflectarrays, diffractive optics.

ABERRATIONS IN RESONANT OPTICAL ELEMENTS

Los reflectarrays han sido recientemente probados con éxito en el infrarrojo. Consisten en una agrupación geométrica de elementos resonantes con rasgos menores que la longitud de onda. Estos elementos trabajan cooperativamente para producir un cambio de fase en el frente de onda reflejado. Los elementos resonantes están formados por una estructura metálica plana que se graba sobre una capa de dieléctrico que a su vez se crece sobre un plano de tierra que actúa como reflector. Estos elementos se distribuyen siguiendo el esquema dado por las zonas de Fresnel. Los reflectarrays son capaces de focalizar la luz utilizando principios difractivos y los desfases introducidos por las resonancias de los elementos individuales. La respuesta de estos elementos depende de su geometría y de las propiedades ópticas de los materiales. Se puede modelar mediante una reflectividad compleja que depende del ángulo, de la longitud de onda, y del estado de polarización. El módulo de esta reflectividad compleja modifica la energía reflejada, y su fase se añade a la fase del frente de onda incidente. Esta fase de la reflectividad se adapta, mediante el ajuste de la geometría y de los materiales utilizados para fabricar los elementos resonantes, para producir los resultados deseados. En estos elementos, además de las aberraciones derivadas de la difracción producida por la configuración de zonas de Fresnel, los elementos resonantes introducen un término adicional que requiere de un tratamiento específico. Las aberraciones monocromáticas son tratadas para condiciones de incidencia en eje, analizándose su dependencia con la apertura del elemento y con el estado de polarización de la luz incidente. El tratamiento de la aberración cromática incluye las contribuciones combinadas de los efectos difractivos y de las propiedades dispersivas

de los elementos resonantes. Los resultados obtenidos en las simulaciones numéricas se han comparado con datos experimentales para el caso monocromático.

Palabras clave: reflectarrays, óptica difractiva.



SENSOR OF DISPLACEMENT WITH AXIAL AND/OR TRANSVERSE DISPLACEMENT OF OPTICAL FIBERS

**M. Lomer¹, G. Gutierrez¹, V. Muñoz¹,
R. Coello², J.M. López¹**

¹Universidad de Cantabria. Spain.

²PUCP. Peru.

lomer@teisa.unican.es

In this document we presented the theoretical and experimental study of a sensor of reflecting displacement based on multimode optical fibers, consisting of an emitting fiber and two or more receiving fibers. The receiving fibers are moved in relation to the emitting fiber, axial and/or transverse, with the aim of obtaining a range of measurement of adaptable displacement (shown in Fig. 1). This configuration of the sensor has the advantage to increase the dynamic range in relation to the conventional assemblies based on optical fibers and can adapt better in the industrial applications. The principle of measurement of the proposed sensor is based on the intensity modulation. That is to say, the intensity of light collected by receiving fibers is function of the distance of fibers and the reflecting surface and the axial and/or transverse displacement of the fibers. Due to the large diameter of the optical fibers, the theoretical model of the sensor is analyzed using the arguments of the geometric optics.

The receiving fiber collected the reflected light from the target, which the total amount of light power can be evaluated by integrating the intensity light over the core



SENSOR DE DESPLAZAMIENTO CON FIBRAS DESPLAZADAS AXIAL O TRANSVERSALMENTE

En este trabajo se presenta el estudio teórico y experimental de un sensor reflexivo de desplazamiento con fibras ópticas multimodo consistente en una fibra emisora para la iluminación de la superficie y dos o más fibras receptoras. Las fibras receptoras son desplazadas con relación al eje de la fibra emisora con la finalidad de variar el rango y adaptarlas a las condiciones de medida, tal como es mostrada en la figura 1. Esta configuración del sensor tiene la ventaja de aumentar el rango dinámico con relación a los montajes convencionales a base de fibras ópticas y pueden adaptarse mejor a las aplicaciones industriales. El principio de medida del sensor propuesto se basa en la modulación de intensidad. Es decir, la intensidad de luz recolectada por las fibras receptoras son función de la distancia de desplazamiento de la superficie reflectante, ya sea en desplazamiento axial o transversal de las fibras. Debido al gran diámetro de las fibras multimodo, el modelo teórico del sensor es analizado utilizando los argumentos de la óptica geométrica.

La luz recolectada por la fibra receptora, proveniente de la superficie reflejante, puede ser calculada a partir de la potencia total reflejada y presente en el área de entrada de

area of receiving fiber end. The results of the simulation are represented by the efficiency of the collected intensity of light by the receiving fibers based on the opto-geometric parameters of the fibers (Fig. 2).

The experimental assembly of the sensor uses plastic optical fibers of 1 mm of diameter of core, light source LED and diodes PIN. Experimental measures with different types of target have been realised and arrays of 3 and 7 optical fibers. The proposed sensor is easy to construct, to adapt to the measurement and of low cost. Finally the theoretical and experimental results are compared and discussed.

la fibra receptora mediante la integración. Se presentan los resultados de la simulación mediante la eficiencia de acoplamiento en función de la distancia a partir de los parámetros opto-geométricos de la fibra (Fig. 2). El montaje experimental utiliza fibras ópticas de plástico de 1 mm de diámetro, fuente de luz láser o diodos LED, y fotodiodos de tipo PIN. Los resultados experimentales con diferentes tipos de superficies reflejantes y paquetes de 3, 7 y 41 fibras son presentados.

Palabras clave: fibras ópticas, LED, superficie reflejante.

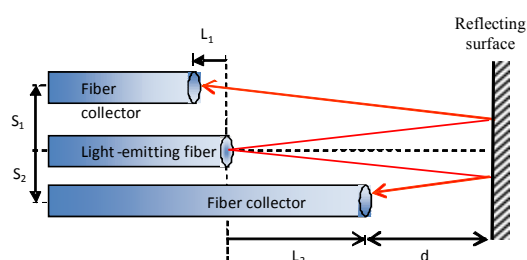


Figure 1. Schematic of a basic optical fiber displacement sensor.

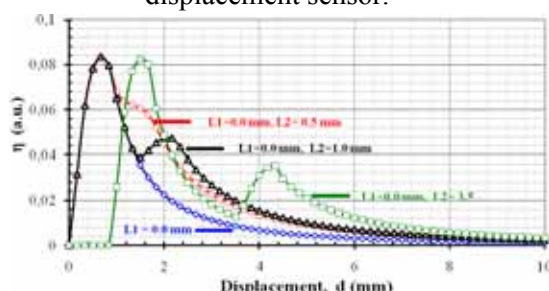
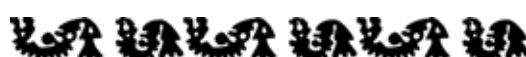


Fig. 2. Curves of simulation for sensor of displacement based in three optical fibers with axial displacements of receiving fibers.

Keywords: optical fibers, LED, reflecting surface.



**STUDY ON THE INFLUENCE IN THE
FLUORESCENCE IN ER³⁺-DOPED
TELLURITE TRANSPARENT GLASS
CO-DOPED AG NANO-PARTICLES**

**V. Rivera¹, Y. Messaddeq², L. Nunes¹,
E. Marega¹**

¹USP. Brazil.

²UNESP. Brazil.

garcia@ursa.ifsc.usp.br

We study of optical characteristics of tellurite glass (whose composition is: 75TeO₂ – 2GeO₂ – 10Na₂O – 12ZnO – 1Er₂O₃, mol%) doped with Er³⁺ and co-doped with Ag nano-particles on the emission spectrum of Er³⁺. The Er³⁺-doped tellurite glasses are playing important role as amplifiers optics and lasers due to the variety of their potential applications; they have attracted interest for optoelectronic and photonic applications because the emission in the windows the telecommunication optical is due the 4f ↔ 4f transitions, spatiality ⁴I_{13/2} → ⁴I_{15/2} involving process of upconversion. These intensities of transitions depend strongly on the nature and the structure chemical environment around the rare-earth ion. The fact that these lines forbidden by Laporte's rule and therefore their intensities are subjected to second-order mechanisms. On the other hand, Ag nanoparticles embed in the host material results a significant enhancement in their fluorescence due long-range electromagnetic interaction between the plasmons on the Ag particles and the host medium.

The preparation of glasses was made by the conventional technique of fusing at the temperature of 750 °C and glasses of great thermal stability were obtained characterization DTA and TMA. The effective refraction index was measured by the coupled prism technique using the Metricom equipment. Furthermore, a direct coupling between the excited states of the Er³⁺ ions and the surface of plasmons (from of Ag nanoparticles) increase the fluorescence is verified for measurements of fluorescence spectrum and lifetime.

**ESTUDIO SOBRE LA INFLUENCIA DE
LA FLUORESCENCIA EN VIDRIOS
TELURITOS DOPADOS CON ER³⁺ Y
CO-DOPADOS CON NANO-
PARTÍCULAS DE AG**

Estudiamos las características de vidrios teluritos (con composición 75TeO₂ – 2GeO₂ – 10Na₂O – 12ZnO – 1Er₂O₃, mol%) dopados con Er³⁺ y co-dopados con nano-partículas de Ag que reforzaran el espectro de emisión del Er³⁺. Vidrios teluritos dopados con Er³⁺ juegan un rol importante: como amplificadores ópticos e laser's debido a sus variadas aplicaciones; estos vidrios tienen un atractivo interés por sus aplicaciones en optoelectrónica e fotónica ya que su emisión en la ventana de las telecomunicaciones ópticas se debe a las transiciones 4f ↔ 4f de los niveles de energía ⁴I_{13/2} → ⁴I_{15/2} la cuales envuelven procesos de conversión ascendente. Las intensidades de estas transiciones dependen intensamente de la naturaleza y estructura del ambiente químico próximos a los iones de las tierras raras. Por otro lado, estas líneas son prohibidas a partir da regla de Laporte y, por tanto las intensidades de transición son sujetas a mecanismos de segundo orden. Nano-partículas de Ag embutidas en el material hospedero resultan en un significativo reforzamiento en la fluorescencia debido a las interacciones electromagnéticas de largo-rango entre el plasmón creado por las nano-partículas y el material hospedero.

La preparación de los vidrios es realizada por la técnica convencional de fusión a una temperatura de 750 °C, vidrios con gran estabilidad térmica son obtenidos y caracterizados a través de análisis térmico diferencial y análisis termo-mecánico. El índice efectivo de refracción es medido por la técnica de acoplamiento de prisma. Un acoplamiento directo en los estados excitados de los iones de Er³⁺ y la superficie de plasmones (criados a partir de las nano-partículas) incrementa la fluorescencia, esto es verificado por medidas del espectro de fluorescencia y tiempo de vida medio

Keywords: fluorescence, photonic, optical telecommunication, nanoparticles.

Palabras clave: fluorescencia, fotónica, telecomunicaciones ópticas, nano-partículas.



**REFRACTION INDEX
MEASUREMENT OF A LENS WITH
HELP OF AN UNFOCUSED RONCHI
GRATING**

**MEDIDA DEL INDICE DE
REFRACCION DE UNALENTE CON
AYUDA DE UNA RED DE RONCHI
DESENFOCADA**

R. Tapia R., C. Torres, L. Mattos
Univ. Popular del Cesar. Colombia.
cesartorres@unicesar.edu.co

This report describes a Ronchi-grating shearing interferometric collimation method for determining the refractive index of a lens. A new formula has been deduced for the refractive index of the lens, which is independent of lens parameters. This newly developed device has two lenses. One of them collimates the light from a point source while the other acts as a decollimator. The point source acting as a test target is situated in the front focal plane of the collimator. The test lens is placed inside a glass cell in the back focal plane of the collimator. The Ronchi grating is exactly placed in the back focal plane of the decollimator, and a fringe-free space is observed in the common region. When the test lens is immersed in a liquid cell, it disturbs the focal point and hence interference fringes are observed. The combined system consisting of the test lens and the decollimator is moved to bring the focal point on the Ronchi grating. Thus, the difference between the two settings gives the amount of defocusing.

Keywords: refractive index, lens; Ronchi grating.

Se describe un método de colimación interferométrico de cizalla que utiliza una red de Ronchi para determinar el índice de refracción de una lente. Una nueva fórmula para obtener el índice de refracción de una lente es deducida, la cual es independiente de los parámetros convencionales de la lente. Este dispositivo desarrollado recientemente utiliza dos lentes. Uno de ellos enfoca la luz dentro de una fuente puntual mientras que el otro actúa como decolimador. La lente de prueba se coloca dentro de una célula de cristal en el plano de focal trasero del colimador. La rejilla de Ronchi se ubica exactamente en el plano focal trasero del decolimador, y un espacio franja-libre se observa en la región común. Cuando la lente de prueba se sumerge en la célula líquida, se modifica el punto focal y por lo tanto las franjas de interferencia se observan. El sistema combinado que consiste en la lente de prueba y el decolimador se mueve para traer el punto focal hacia la rejilla de Ronchi. Así, la diferencia entre los ajustes permite calcular la cantidad de desenfocamiento.

Palabras clave: índice refractivo; lentes; red de Ronchi.



**CHARACTERIZATION AND
OPTIMIZATION OF A SPATIAL
LIGHT MODULATOR**

**M. Álvarez, A. Arias, N. Correa,
R. Castañeda**

*Univ. Nac. de Colombia, Colombia.
mialvar1@unal.edu.co*

Spatial light modulators (SLM) have taken great importance because of its ability to modulate phase and amplitude of a wavefront in real time. Because of this, are of great interest in experimental realization of diffractive optical elements, optical processing and adaptive optics. In this paper, we present the characterization of an SLM Holoeye LC- R 720 composed by a twisted nematic liquid crystal cells. The characterization technique allows establish the physical properties of liquid crystal through transmittance measures to achieve its optimization through the incorporation of retarders. The modulation of the wave front is evaluated by studying the shift of the interference fringes and the intensity changes in a Michelson interferometer, displaying by computer two levels of gray on the modulator. Finally, we propose an optimal experimental setup for pure phase and amplitude modulation.

Keywords: spatial light modulators, liquid crystal displays, twisted nematic liquid crystal.

**CHARACTERIZATION AND
OPTIMIZATION OF A SPATIAL
LIGHT MODULATOR**

Los moduladores espaciales de luz (SLM, *Spatial Light Modulators*) han tomado gran importancia debido a su capacidad de modular fase y amplitud de un frente de onda en tiempo real. Debido a esto, son de gran interés en la realización experimental de elementos ópticos difractivos, procesamiento óptico y óptica adaptativa. En este trabajo, se presenta la caracterización de un SLM Holoeye LC-R 720 compuesto por una celda de cristal líquido nemático con giro. La técnica de caracterización usada permite determinar las propiedades físicas del cristal líquido por medio de medidas de transmitancia, para lograr la optimización de sus propiedades ópticas a través de la incorporación de placas de retardo. La modulación del frente de onda se evalúa, al estudiar el corrimiento de las franjas de interferencia y el cambio de intensidad con un interferómetro Michelson, al desplegar vía ordenador dos niveles de gris sobre el modulator. Finalmente, proponemos una configuración experimental óptima para obtener modulación pura de fase y amplitud.

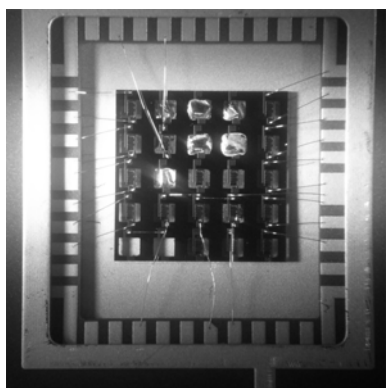
Palabras clave: moduladores espaciales de luz, pantallas de cristal líquido, cristal líquido nemático, matrices de Jones.



**DESIGN AND FABRICATION OF A
BIDIMENSIONAL
MICROBOLOMETER ARRAY FOR
TERAHERTZ DETECTION
CHARACTERIZED AT DIFFERENT
TEMPERATURES**

**A. Orduña, E. Castillo, A. Torres,
F. De la Hidalga-Wade, C. Treviño**
INAOE. Mexico.
abdu@inaoep.mx

On this work we present the design, construction and characterization of a bidimensional bolometer array operating in the 0.7-1.5 THz frequency range. The detector is based on an amorphous silicon film doped with boron (a-Si-B:H) at 500 sccm flux. The film has a thickness of 95 nm, optimized to enhance the sensitivity of the film, which were deposited on 0.45 μm thick silicon nitride membrane sustained by a micromachined frame made on crystalline silicon. The design consists of four 5x5 bolometer array made by conventional lithography. The active area of the bolometer of 660 μm x 420 μm and the detector will operate as a focal plane array. The figures of merit: thermal conductance (G_{th}), temperature coefficient of resistance (TCR), responsivity and electrical noise equivalent power (NEP), were obtained by measuring the bolometer performance from room temperature down to liquid nitrogen temperature. This work was supported by Mexican grant CONACYT-SALUD-2005-01-14012.



Keywords: microbolometer, amorphous silicon, micromachining.

**DESIGN AND FABRICATION OF A
BIDIMENSIONAL
MICROBOLOMETER ARRAY FOR
TERAHERTZ DETECTION
CHARACTERIZED AT DIFFERENT
TEMPERATURES**

En este trabajo se presenta el diseño, construcción y caracterización de un detector bolométrico bidimensional en el rango de 0.7-1.5 THz de frecuencia de la luz. El detector se basa en una película de silicio amorfo hidrogenada dopada con boro (a-Si-B:H) con un flujo de 500 sccm. teniendo un espesor de 95 nm, optimizado para aumentar la sensibilidad de la película, depositada sobre esta película de nitruro de silicio con un espesor de 0.45 μm soportada en silicio cristalino micromaquinado. El diseño consta de un arreglo de 5x5 grabados mediante litografía convencional para ser utilizados como detectores de plano focal. Cada bolómetro tiene un área efectiva de 660 μm x 420 μm . Se caracterizó el desempeño de los bolómetros desde temperatura ambiente hasta temperatura de nitrógeno líquido en la que se midieron como figuras de mérito la conductancia térmica (G_{th}), el coeficiente térmico de resistencia (TCR), la responsividad y la potencia equivalente al ruido (NEP). Este proyecto fue financiado por el proyecto de salud CONACYT-SALUD-2005-01-14012.

Palabras clave: microbolómetro, silicio amorfo, micromecanizado.



REFRACTIVE INDEX PLANAR OPTICAL SENSOR BASED ON THE MIRAGE EFFECT

C. Sánchez

Univ. Nac. Autónoma de México. Mexico.
celia.sanchez@ccadet.unam.mx

The so called “mirage effect” has been widely used for the thermal characterization of materials. The configurations already proposed use the measurement of the variation of a photothermal signal in an interferometric [1] or in an angle beam deflection schemes [2]. These systems have a high theoretical sensitivity, but its implementation is usually bulky and the experimental arrangements are delicate. Planar integrated optics, on the other hand, has demonstrated to be a reliable candidate for the development of devices with good performance for optical sensing applications. In this work, we investigate an optical integrated device for a 2D laser beam deflection modulation upon a refractive index change of the superstrate. It is based on the mirage effect where the deflection of the 2D beam in a planar waveguide is caused by a gradual change in the propagation constant of the optical signal. This change is originated when a laser beam propagates along a waveguide with a gradient depth ($\nabla_T e$) transversal to the direction of propagation (z). In this way the effective refractive index (n_{eff}) of a propagating mode has a gradient given by:

$$\nabla_T n_{eff} = \frac{dn_{eff}}{de} \nabla_T e$$

If the change of n_{eff} is small across the beam’s cross section, the angle of deflection of a slab guided 2D beam can be calculated by:

$$\theta = \frac{1}{n_{eff}} \frac{\partial n_{eff}}{\partial e} \int_S |\nabla_T e| \cdot dS$$

Finally one may calculate the deflection-angle sensitivity, at certain distance L along the propagation axis, due to superstrate refractive index changes as [3]:

SENSOR DE INDICE DE REFRACCION EN OPTICA PLANAR BASADO EN EL EFECTO MIRAGE

El llamado “efecto mirage” ha sido muy utilizado en la caracterización térmica de materiales. Las configuraciones propuestas usan la medición de la variación de una señal fototérmica en esquemas interferométricos [1] o de deflexión de un haz [2]. Estos sistemas tienen una alta sensibilidad teórica pero su implementación es robusta y los montajes experimentales son delicados. La óptica integrada planar, por otro lado, ha demostrado ser un candidato confiable para el desarrollo de dispositivos con buenas características para aplicaciones de sensado.

En este trabajo investigamos un dispositivo óptico integrado para la modulación de la deflexión de un haz láser en 2D producido por cambios en el índice de refracción del superestrato. Este dispositivo está basado en el efecto mirage en el cual la deflexión del haz en 2D en una guía de onda planar es causado por un cambio gradual en la constante de propagación de la señal óptica. Este cambio es originado cuando un haz láser se propaga en una guía con un gradiente de espesor ($\nabla_T e$) transversal a la dirección de propagación (z). De esta manera, el índice de refracción efectivo (n_{eff}) de un modo propagándose tiene un gradiente dado por:

$$\nabla_T n_{eff} = \frac{dn_{eff}}{de} \nabla_T e$$

Si el cambio de n_{eff} es pequeño a través de la sección transversal del haz; el ángulo de deflexión del haz en 2D dentro de la guía planar puede ser calculado por:

$$\theta = \frac{1}{n_{eff}} \frac{\partial n_{eff}}{\partial e} \int_S |\nabla_T e| \cdot dS$$

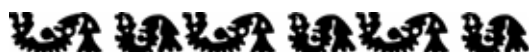
Finalmente uno puede obtener la sensibilidad del ángulo de deflexión a una

$$\frac{\partial \theta_{out}}{\partial n_{sup}} = \left(\frac{1}{n_{eff}} \frac{\partial^2 n_{eff}}{\partial n_{sup} \partial e} - \frac{1}{n_{eff}^2} \frac{\partial n_{eff}}{\partial n_{sup}} \frac{\partial n_{eff}}{\partial e} \right) \nabla_T e$$

We consider that the waveguide is fabricated by a standard K⁺ ion-exchange process in a soda-lime glass substrate using an aluminum thin film with a gradient depth over the substrate surface. A numerical analysis of the deflection as well as some experimental results to demonstrate the capabilities of this device to function as a refractive index sensor will be present.

- [1] E Corona-Organiche, E López-Cruz, *et al*, "The interferometric mirage effect method: The determination of the thermal diffusivity of CdMnTe", *Microelec. Journal* vol. 36, 2005, pp. 917-921.
- [2] G E Sandoval-Romero, A García-Valenzuela, C Sánchez-Pérez, "Device for characterization of thermal effusivity of liquids using photothermal beam deflection", *Rev. Sci. Instr.*, vol. 78, 2007, pp. 104901-1/104901-7.
- [3] C Sánchez-Pérez, A García-Valenzuela, "Planar integrated optical sensors based on the mirage effect", *Measurement Science and Technology*, 2010, in press.

Keywords: planar integrated optics, beam deflection, refractive index sensors.



QD OBTAINED BY LPE FROM SUBSATURATED IN-AS LIQUID PHASES ON GAAS SUBSTRATE

**F. Ortiz¹, V. Michournyi¹,
A. Gorbatchev¹, F. De Anda¹, T. Prutskij²**
¹*Inst. Inv. en Comunicación Óptica. Mexico.*
²*Ben. Univ. Autónoma de Puebla. Mexico.*
fcoe_ov@prodigy.net.mx

In this work we inform about quantum dots (QD) obtained by Liquid Phase Epitaxy (LPE) on the GaAs substrates from subsaturated In-As liquid phases. The usual,

cierta distancia L a lo largo del eje de propagación, debida a cambios del índice de refracción del superestrato como [3]:

$$\frac{\partial \theta_{out}}{\partial n_{sup}} = \left(\frac{1}{n_{eff}} \frac{\partial^2 n_{eff}}{\partial n_{sup} \partial e} - \frac{1}{n_{eff}^2} \frac{\partial n_{eff}}{\partial n_{sup}} \frac{\partial n_{eff}}{\partial e} \right) \nabla_T e$$

En este caso consideramos una guía de onda fabricada por un proceso estándar de intercambio iónico K⁺ en un sustrato de vidrio sodocálcico utilizando una película delgada de aluminio con un gradiente de espesor sobre la superficie del sustrato. Un análisis numérico de la deflexión; así como resultados experimentales que demuestran la capacidad de este dispositivo para ser utilizado como sensor de índice de refracción serán presentados.

Palabras clave: óptica integrada planar, deflexión óptica, sensor de índice de refracción.



QD DE INAS CRECIDOS MEDIANTE LPE DESDE FASES LÍQUIDAS SUBSATURADAS SOBRE SUBSTRATOS DE GAAS

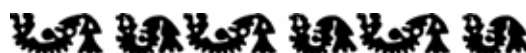
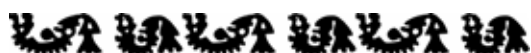
En este trabajo reportamos los resultados de haber crecido puntos cuánticos (QD) mediante la técnica de Epitaxia en Fase Líquida (LPE) a partir de una fase líquida de

well-known, method of LPE consists in growing the epitaxial layers from supersaturated liquid phases, i. e. when the growth temperature is lower than the liquidus temperature for given composition of liquid phase. In our case, before each epitaxial process, we have prepared the saturated In-rich liquid phase by dissolving an InAs wafer at one of the temperatures in interval from 450 to 414 C during 30 minutes. In all our processes the contact between the In-As liquid phase and the GaAs substrate was realized always at a constant temperature of 444 C during 5 seconds. Thus, the growth temperature for the majority of samples was higher than the liquidus temperature. So in the first moment of contact the subsaturated liquid solution is not in equilibrium with the GaAs substrate. We think that the growth driving force is related to a transient process that occurs when the system is trying to reach equilibrium. Under the atom force microscope (AFM) we have observed the nano-islands on the surfaces of the samples obtained from subsaturated liquid phases prepared at 438, 432 and 426 C. A highest density of $4 \cdot 10^9$ QD-cm⁻² was achieved from a In-As liquid phase whose liquidus temperature was 426 C. The 25 K photoluminescence spectrum of that sample shows a peak at a wavelength of 924 nm, in addition to the GaAs related line,

Keywords: quantum dots, InAs, LPE.

InAs sub-saturada sobre substratos de GaAs. Como es sabido, el proceso común en LPE consiste en crecer capas epitaxiales desde fases líquidas súper-saturadas, p.e. cuando la temperatura de crecimiento es menor que la temperatura liquidus para una composición determinada de la fase líquida. En nuestro caso, antes de cada proceso experimental, hemos preparado una fase líquida con alto contenido de In al disolver una oblea de InAs en un rango de temperatura que va de los 450 a los 414 C durante 30 minutos. En todos nuestros procesos el tiempo de contacto entre la fase líquida previamente preparada y el sustrato de GaAs fue de 5 segundos a una temperatura de 444 C. De esta manera, la temperatura de crecimiento para la mayoría de las muestras era mayor que la temperatura liquidus. Así pues, durante los primeros momentos del contacto, la solución líquida sub-saturada se encuentra en un estado de desequilibrio con el sustrato de GaAs. Hasta ahora, suponemos que lo que genera el crecimiento está relacionado con un proceso transitorio que toma lugar al momento de que el sistema intenta alcanzar su estado de equilibrio. Al observar bajo Microscopia de Fuerza Atómica (AFM), hemos observado nanoislas sobre la superficie de las muestras crecidas con fases líquidas sub-saturadas a 438, 432 y 426 C. La mayor densidad de $4 \cdot 10^9$ QD-cm⁻² se encontró en la muestra crecida con temperatura liquidus de 436 C. Los espectros de fotoluminiscencia a 25 K nos dejan ver un pico en una longitud de onda de 924 nm aparte del relacionado al GaAs del sustrato.

Palabras clave: puntos cuánticos, InAs, LPE.



**DETERMINATION OF THE OPTICAL
BANDGAP AND DISORDER
ENERGIES OF THIN AMORPHOUS
SiC AND AlN FILMS PRODUCED BY
RADIO FREQUENCY MAGNETRON
SPUTTERING**

**J. Guerra¹, O. Erlenbach², G. Gálvez¹,
F. De Zela¹, A. Winnacker²,
R. Weingärtner R.^{1,2}**

¹PUCP, Peru.

²University of Erlangen, Germany.

guerra.jorgea@pucp.edu.pe

Mono-crystalline films of the wide bandgap material silicon carbide (*c*-SiC) or aluminum nitride (*c*-AlN) are of increasing interest in research and development [1]. This fact is mainly caused by the extraordinary properties of SiC and AlN, like their higher breakdown voltage and thermal conductivity, in contrast to usual semiconductors like GaAs and Si [2]. Their amorphous counterparts (*a*-SiC and *a*-AlN) have the advantage to be produced rather simple and inexpensive without the drawback of losing those important properties. In addition, there are further aspects which are missing in the crystalline state. For example, the indirect character for optical transitions in *c*-SiC is absent in the amorphous state, so that applications in optoelectronics seem promising. In the case of *a*-AlN even applications in the near ultraviolet region are possible, due to the wide optical bandgap of 5.61 eV [3].

We present the variation of the bandgap of thin *a*-(SiC) and *a*-(AlN) films versus annealing temperatures by means of optical absorption measurements. The films were produced on CaF₂ and AlO₂ substrates by radio frequency magnetron sputtering from highly pure SiC and AlN targets of one inch diameter in an argon and nitrogen process atmosphere respectively.

The optical absorption measurements have been performed using a photospectrometer from the company Perkin Elmer. In order to calculate the absorption spectra from the transmission data we used a modified method of Swanepol [4]. This method is based on the iterative simulation of the interference fringes in the transmission data giving the possibility to extract film

**DETERMINACIÓN DEL ANCHO DE
BANDA ÓPTICO Y ENERGÍAS DE
DESORDEN DE PELÍCULAS
DELGADAS AMORFAS DE SiC Y AlN
PRODUCIDAS POR PULVERIZACIÓN
POR MAGNETRÓN DE RADIO
FRECUENCIA**

Las películas mono-cristalinas de los materiales con un amplio ancho de banda como carburo de silicio (*c*-SiC) o nitruro de aluminio (*c*-AlN) son de creciente interés en investigación y desarrollo [1]. Este hecho es causado principalmente por las extraordinarias propiedades del SiC y el AlN, como su alto voltaje de ruptura y conductividad térmica, en contraste con los semiconductores usuales como GaAs y Si [2]. Sus contrapartes amorfas (*a*-SiC y *a*-AlN) tienen la ventaja de ser producidas de manera simple y menos costosa sin la desventaja de perder esas importantes propiedades. Adicionalmente, hay aspectos que no están presentes en el caso cristalino. Por ejemplo, el carácter indirecto de las transiciones in *c*-SiC está ausente en el caso amorfo, por lo que las aplicaciones en optoelectrónica parecen prometedoras. En el caso de *a*-AlN incluso aplicaciones cerca a la región ultravioleta son posibles, debido a su amplio ancho de banda de 5.61 eV [3].

Presentamos la variación del ancho de banda obtenido por medio de medidas de absorción óptica de películas delgadas de *a*-(SiC) y *a*-(AlN) versus la temperatura de recocido. Las películas fueron producidas sobre sustratos de CaF₂ y Al₂O₃ por pulverización por magnetrón de radio frecuencia de objetivos de SiC y AlN de alta pureza de una pulgada de diámetro en procesos con atmósferas de argón y nitrógeno respectivamente.

Las medidas de la absorción óptica fueron realizadas usando un espectrofotómetro de la compañía de Parkin Elmer. Con el fin de calcular el espectro de absorción de las datos de transmisión, utilizamos un método modificado de Swanepoel [4]. Este método está basado en una simulación iterativa del

thickness, refraction index and absorption coefficient to a high accuracy. From the absorption coefficient versus photon energy data, the optical bandgap of the films is determined for several samples using two common representations and one model. The variation of the optical bandgap is plotted versus the annealing temperature in Fig. 1.

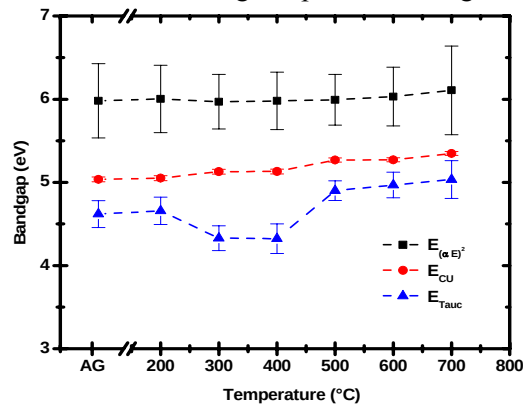


Figure 1. Optical bandgaps using the two common representations $(\alpha E)^2$ -plot and Tauc-plot and the Cauchy-Urbach model of a typical a-AlN film with a thickness of 330 nm.

- [1] R. Roucka, J. Tolle, A.V.G. Chizmeshya, P.A. Crozier, C.D. Poweleit, D.J. Smith, J. Kouvetakis, I.S.T. Tsong, Applied Surface Science **212-213** (2003) 872.
- [2] M.E. Levinshtein, S.L. Rumyantsev, M.S. Shur, John Wiley & Sons, Inc., New York, 2001.
- [3] K. Gurumurugan, H. Chen, G.R. Harp, W.M. Jadwisienczak, H.J. Lozykowski, Applied Physics Letters **74**, (1999) 3008.
- [4] R. Swanepoel: J. Phys. E: Sci. Instrum. Vol. **16** (1983) 1214.

Acknowledgements: This research is funded by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) and the Bundesministerium für Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) under contract number WI393-20-1,2, WI393/21-1,2,3 and is supported by the German Academic Exchange Service (DAAD) under contract number D08-09227.

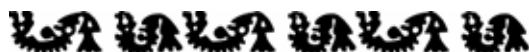
Keywords: bandgap, amorphous, film, disorder energy, rf magnetron sputtering.

patrón de interferencia en los datos de transmisión dando la posibilidad de extraer el espesor, índice de refracción y coeficiente de absorción de la película con una alta precisión. De los datos del coeficiente de absorción versus la energía de los fotones, el ancho de banda óptico de las películas es determinado para varias muestras utilizando dos representaciones comunes y un modelo. La variación del ancho de banda es graficado versus la temperatura de recocido en la Fig. 1.

Agradecimientos: Esta investigación está fundada por la Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) y el Bundesministerium für Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) bajo el contrato con número WI393-20-1,2, WI393/21-1,2,3 y es apoyada por el Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD) bajo el contrato con número D08-09227.

Figura 1. Anchos de banda ópticos usando dos representaciones comunes, el gráfico de $(\alpha E)^2$ y el gráfico de Tauc y el modelo de Cauchy-Urbach de una película típica de a-AlN con un espesor de 330 nm.

Palabras clave: ancho de banda, amorfo, película delgada, energía de desorden, pulverización por magnetron de radio frecuencia



**AMORPHOUS CARBON NITRIDE
THIN FILM AS BUFFER LAYER IN
OLED WITH GADOLINIUM
COMPLEX**

**R. Reyes¹, M. Cremona², C. Achete³,
H. Brito⁴**

¹Univ. Nacional de Ingeniería. Peru.

²PUC-Rio. Brazil.

³UFRJ. Brazil.

⁴USP. Brazil.

rreyes@uni.edu.pe

Thin films of a-C:N deposited by diode rf sputtering were used as buffer layers in organic light emitting diodes (OLEDs). The devices consist of the heterojunction structure: indium tin oxide (ITO)/a-C:N/Hole Transport Layer (HTL)/ Emitting Layer (EL)/Electron Transport Layer (ETL)/Al. As hole transporting layer (HTL) was used a thin film of 1-(3-methylphenyl)-1,2,3,4 tetrahydroquinoline - 6 - carboxyaldehyde - 1,1'- diphenylhydrazone (MTCD), while the tris(8-hydroxyquinoline aluminum) (Alq3) is used as electron transport layer (ETL). The used emitting layer (EL) was the gadolinium complex [Gd(TTA)₃(TPPO)₂]. For all produced devices with a-C:N as buffer layer a significant increase in the electroluminescence intensity compared to the conventional ITO/MTCD/EL/Alq3/Al structure was observed. The results are interpreted in terms of a highly efficient balanced electron-hole injection into the emitting layer, because of an increase in the barrier height for the hole injection from the ITO.

Keywords: OLED, electroluminescence, gadolinium complex, amorphous carbon.

**PELICULA DELGADA DE NITRURO
DE CARBONO AMORFO COMO CAPA
BUFFER EN OLED CON COMPLEJO
DE GADOLINIO**

Películas delgadas de a-C:N depositados por diodo rf sputtering fueron usados como capas buffer en diodos organicos emisores de luz (OLEDs). Los dispositivos consisten de la estructura de heterojunction: oxido de estaño e indio (ITO)/a-C:N/Capa Transportadora de Huecos (HTL)/ Capa Emisora Layer (EL)/Capa Transportadora de Electrones (ETL)/Al. Como capa transportadora de huecos (HTL) fue usada una pelicula delgada de 1-(3-methylphenyl)-1,2,3,4 tetrahydroquinoline - 6 - carboxyaldehyde - 1,1'- diphenylhydrazone (MTCD), mientras el tris(8-hydroxyquinoline aluminum) (Alq3) fue usada como capa transportadora de electrones (ETL). La capa emisora (EL) usada fue el complejo de gadolinio [Gd(TTA)₃(TPPO)₂]. Fue observado que todos los dispositivos producidos con una capa de a-C:N como buffer mostraron un significante incremento en la intensidad de electroluminescencia comparado con la estructura convencional ITO/MTCD/EL/Alq3/Al. Los resultados son interpretados en terminos de una eficiente inyección electron-hueco altamente balanceada dentro de la capa emisora, a causa de un increment en la altura de la barrera para la inyección desde el ITO.

Palabras clave: OLED, electroluminescencia, complejo de gadolinio, carbón amorfo.



**PROPAGATION OF GAUSSIAN
BEAMS THROUGH ACTIVE GRIN
MATERIALS**

**C. Gómez, A. Gómez, C. Bao, M. Pérez,
X. De la Fuente, M. Flores**
Universidad de Santiago, Spain.
carlos.gomez-reino@usc.es

We discussed light propagation through an active GRIN material that exhibits loss or gain. Effects of gain or loss in GRIN materials can be phenomenologically taken into account by using a complex refractive index in the wave equation. This work examines the implication of using a complex refractive index on light propagation in an active GRIN material illuminated by a non-uniform monochromatic wave described by a Gaussian beam. Classification of active GRIN materials with gain or loss is given in accordance with the sign of the real and imaginary parts of the complex refractive index profile. We analyze how a Gaussian beam is propagated through the active material in order to characterize it by the beam parameters. The z-invariant condition does not hold for the complex ray describing the Gaussian beam propagation.

Keywords: active GRIN material, complex rays, Gaussian beam propagation.



**FUNCTIONAL GYROTROPIC
PHOTONIC CRYSTALS**

**M. Levy¹, N. Dissanayake¹, Z. Wu¹,
A. Jalali¹, V. Fratello²**

¹Michigan Technological University, USA.

²Integrated Photonics, Inc. USA.

mlevy@mtu.edu

Functional photonic crystals fabricated in iron garnet films are shown to provide magnetically-controllable optical switching

**PROPAGACION DE HACES
GAUSSIANOS A TRAVES DE
MATERIALES ACTIVOS GRIN**

Se discute la propagación de luz en un medio de gradiente de índice (GRIN) activo con ganancia o pérdida. Los efectos que producen la ganancia o pérdida en los materiales GRIN se pueden, fenomenológicamente, tener en cuenta, utilizando un índice de refracción complejo en la ecuación de onda. El trabajo, analiza las implicaciones del uso de este índice de refracción complejo en el estudio de la propagación de la luz en medios GRIN activos iluminados con un haz gaussiano monocromático. Se realiza una clasificación de los materiales GRIN activos con ganancia o pérdida atendiendo al signo de las partes real e imaginaria del perfil del índice de refracción. Se analiza la propagación de un haz gaussiano en un material activo con el fin de caracterizarlo a través de los parámetros del haz. La condición de invariancia axial no se cumple para rayos complejos que describen la propagación del haz gaussiano.

Palabras clave: medios GRIN activos, rayos complejos, propagación de un haz gaussiano.



**CRISTALES FOTONICOS
GIROTROPICOS FUNCIONALES**

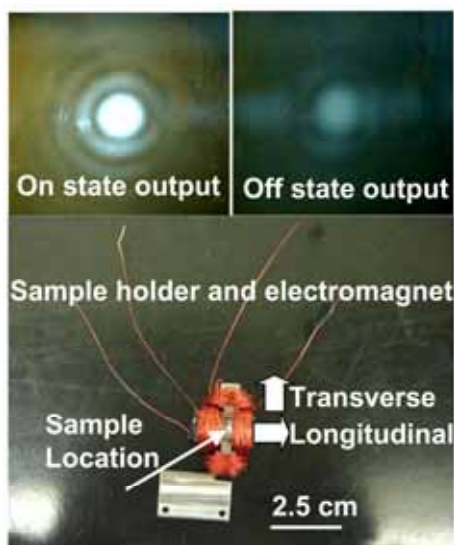
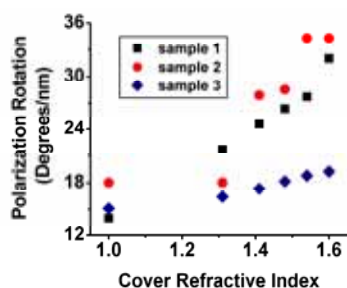
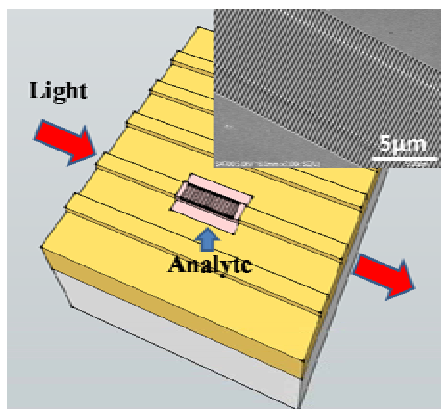
Se demuestra aquí la fabricación y el funcionamiento de cristales fotónicos funcionales fabricados en películas de

and to serve as a platform for optical sensing. Transverse-electric and transverse-magnetic stop band separation in conjunction with optical gyrotropy are utilized to selectively block and transmit near-infrared light in waveguide geometries. Geometrical birefringence allows the simultaneous low- and high-birefringence in different modes necessary to create transverse-electric and transverse-magnetic band gap separation and effective magneto-optic switching in a single device. One-dimensional magneto-phonic crystals are fabricated by standard photolithography and plasma etching. The one-dimensional photonic crystal is formed by focused ion beam milling of the waveguide ridge. These band gap structures are also shown to provide a platform for optical sensing based on refractive index detection. Strong near-band gap-edge polarization rotations serve as a sensitive probe to cover-index changes in birefringent magneto-optic waveguides. A wide index range from air to $n=1.6$ is explored. Device sensitivity is found to improve with cover index increase. A theoretical analysis of Bloch mode polarization state shows large near stop-band edge rotations and strong sensitivity to cover index. These Bloch mode polarization states are found to vary strongly with cover index and to track the changes in experimentally-measured polarization rotations. The combined effects of geometrical waveguide birefringence and Faraday rotation is shown contribute to the strength of the sensor response. Strong polarization rotation sensitivity near the stop band edges to cover index is demonstrated.

The figure on the top shows a schematic depiction of gyrotropic photonic band gap optical sensor, with a scanning-electron micrograph of the Bragg grating region as inset. The medium plot displays measured polarization rotation from various samples as a function of cover index, displaying significant change as a function of index. The figure on the bottom shows the transmitted light through the magneto-phonic crystal optical switch for longitudinal magnetization (left) and transverse magnetization (right) at 1522.8 nm wavelength. The electromagnet on sample holder used to switch the applied

granate de hierro como interruptores ópticos controlables magnéticamente y como plataformas para sensores ópticos. Se utiliza la separación del band gap entre modos transverso-eléctricos y transverso-magnéticos conjuntamente con la girotropía óptica para bloquear y transmitir luz infrarroja en guías de onda. La birrefringencia geométrica permite el establecimiento simultáneo de bajas y altas birrefringencias en modos ópticos distintos necesaria para generar separación de band gap y la formación de interruptores (switching) magneto-ópticos en un dispositivo único. Se fabrican estos cristales fotónicos magneto-ópticos unidimensionales mediante la fotolitografía y plasma *etching*. El cristal fotónico se forma mediante *focused ion beam milling* (haz de iones enfocado) sobre la guía de onda. Se demuestra también que estas estructuras de band gap sirven como plataformas para sensores ópticos basados en la detección mediante cambios en índice de refracción. Fuertes rotaciones del plano de polarización cerca de los bordes del band gap sirven como sondas sensibles a variaciones en el índice de refracción de la cubierta de la guía de onda magneto-óptica. Exploramos un amplio rango de índices desde el aire hasta $n=1.6$. Se halla que la sensibilidad de estos dispositivos mejora a medida que se incrementa el índice de la cubierta. Un análisis teórico de los estados de polarización de los modos de Bloch evidencia una fuerte rotación en el plano de polarización cerca del band *edge* y gran sensibilidad a los índices de cubierta. Estos estados de polarización en los modos de Bloch varían notablemente con el índice de la cubierta y siguen la trayectoria de los cambios experimentales en las rotaciones de polarización. El efecto combinado de la birrefringencia geométrica y la rotación de Faraday contribuyen a la potencia del sensor. Se demuestra una fuerte sensibilidad por parte de las rotaciones de polarización a los índices de cubierta cerca de los band gaps. La figura de la izquierda muestra un esquema del sensor cristal-fotónico conjuntamente con una micrografía de microscopio electrónico de la región de la rejilla. La figura central grafica la rotación de polarización medida en varios

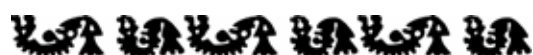
magnetic field from collinear to transverse relative to the ridge waveguide axis is also shown.



Keywords: optical gyrotropy, photonic crystals, Bloch mode, magneto-photonic.

dispositivos en función al índice de cubierta y evidencia fuerte sensibilidad a este índice. La figura de la derecha muestra la luz transmitida a través del interruptor cristal-fotónico para una magnetización longitudinal (izquierda) y transversal (derecha) para la longitud de onda de 1522.8 nm. El electroimán usado para cambiar el campo magnético de longitudinal a transversal también se muestra en la fotografía.

Palabras clave: girotropía óptica, cristal fotónico, modos de Bloch, magneto-óptico.



**LATTICE PARAMETER OF ALGASB
THIN FILMS AS A FUNCTION OF
GROWTH TIME IN PREPARED
LAYERS BY LIQUID PHASE EPITAXY
AT LOW TEMPERATURES**

**P. Prieto¹, M. Rojas², R. Delgado²,
A. Orduña², V.L. Gayou²,
A.G. Rodríguez³**

¹Ben. Univ. Autónoma de Puebla. Mexico.

²Instituto Politécnico Nacional. Mexico.

³Univ. Aut. de San Luis Potosí. Mexico.

marlonrl@yahoo.com.mx

It is analyzed the perpendicular lattice parameter of $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ thin layers and its dependence on the growth time and on the temperature of the substrate. The ternary $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ layers were grown on (001) GaSb substrates by liquid phase epitaxy technique at low temperatures, with all the samples having an aluminum composition value of $x \approx 0.065$. Until now, there are no previous reports on the growth of this alloy at temperatures lower than 400 °C. During the growth a supercooling process of 10 °C and a cooling rate of 0.5 °C/min were used. In addition to that, ternary $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ layers were prepared at 250 °C for several contact times 1, 5, 10, 40 and 80 minutes. In a similar form ternary samples were prepared at 300 °C with contact times of 10, 20 and 40 minutes. Rocking curves obtained from high resolution x-ray diffraction measurements show two peaks, one of them associated to the GaSb substrate and the other associated to the ternary layer. Angular positions of these peaks and the Vegard's Law allow estimate the perpendicular lattice parameter. For layers grown at 250 °C this parameter is near to the respective lattice parameter of a layer with composition $x \approx 0.065$ in bulk.

On the other hand, the layers grown at 300 °C show a perpendicular lattice parameter that increases from its corresponding bulk value to its pseudomorphic value with the growth time. In the first case is suggested an almost relaxed layer, whereas in the second case the ternary layer is stressed. The last can be observed in Fig. 1.

**EFEECTO DEL TIEMPO DE
CRECIMIENTO SOBRE EL
PARÁMETRO DE RED EN
PELÍCULAS DELGADAS DE ALGASB
SINTETIZADAS MEDIANTE
EPITAXIA EN FASE LÍQUIDA A
BAJAS TEMPERATURAS**

Se analiza el parámetro de red perpendicular de películas delgadas de $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ y su dependencia con el tiempo de crecimiento y con la temperatura del sustrato. Las capas ternarias de $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ fueron crecidas sobre sustratos de GaSb (001) por la técnica de epitaxia en fase líquida a bajas temperaturas, teniendo todas las capas un valor de composición $x \approx 0.065$. Hasta ahora, no existen reportes previos del crecimiento de este tipo de capas a temperaturas menores a 400 °C. Durante el proceso de crecimiento epitaxial, un proceso de super-enfriamiento a 10 °C, a una razón de 0.5 °C/min fue aplicado, para obtener capas ternarias depositadas a 250 °C para varios tiempos de contacto 1, 5, 10, 40 y 80 minutos. Las curvas de rotación obtenidas del análisis de difracción de rayos-X de alta resolución muestran dos picos, uno de los cuales está asociado a la presencia del sustrato de GaSb y el otro a la capa ternaria de $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$. La posición angular de estos picos y la ley de Vegard permiten estimar el parámetro de red perpendicular al plano de crecimiento. Para capas crecidas a 250 °C este parámetro es muy cercano al parámetro de red de una capa en bulto con composición $x \approx 0.065$. Por otro lado, las capas crecidas a 300 °C muestran un parámetro de red perpendicular que crece desde su valor en bulto hasta su valor pseudomórfico con el tiempo de crecimiento. En el primer caso se sugiere una capa casi relajada, mientras que en el segundo caso, la capa ternaria se encuentra bajo deformación tetragonal. Lo anterior puede observarse en la Fig.1.

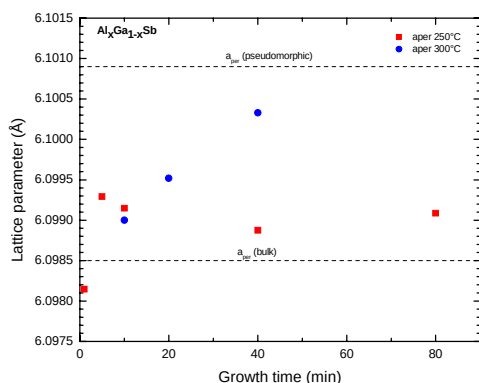


Fig. 1. Parámetro de red perpendicular al plano de crecimiento de capas de AlGaSb como función del tiempo de crecimiento.

Palabras clave: Películas delgadas, AlGaSb, epitaxial en fase líquida, parámetro de red.

Fig. 1. Perpendicular lattice parameter of the AlGaSb layers as a function of the growth time.

Keywords: thin films, AlGaSb, liquid phase epitaxy, lattice parameter



EFFECT OF AU NANOPARTICLES AND RHODAMINE 6G CONCENTRATIONS ON THE THERMO-OPTICAL PROPERTIES OF RHODAMINE 6G IN DISTILLED WATER

U. Silva¹, L. Armas¹, C. Jacinto¹, J. Jimenez², J. Sanchez², A. Cruz³

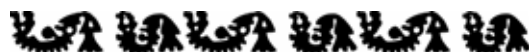
¹Universidade Federal de Alagoas, Brazil.

²UPIITA-IPN, Mexico.

³CINVESTAV-IPN, Mexico.

cjacinto@if.ufal.br

Fluorescence quantum efficiency is defined as the fraction of the photons number emitted after direct excitation by a light source. This is one of the most important parameter of luminescent materials, both from the theoretical and practical viewpoint [1,2]. For instance, it provides information on radiationless processes in molecules and solids, and, in the assignment of electronic transitions. Other important properties are the thermal diffusivity/conductivity and the temperature coefficient of the refractive index [3]. It is very expected that nanoparticles change these properties, but



EFFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE NANOPARTICULAS DE ORO Y RODAMINA 6G EN LAS PROPIEDADES TERMO ÓPTICAS DE RODAMINA 6G EN AGUA DESTILADA

La eficiencia cuántica de fluorescencia se define como la razón entre el número de fotones emitidos y absorbidos después que una muestra ha sido excitada en forma directa por una fuente de luz. Esta razón es uno de los parámetros más importantes en materiales luminiscentes desde el punto de vista teórico y experimental [1,2]. Por ejemplo, provee información de procesos no radiactivos en moléculas y sólidos, así como, la asignación de transiciones electrónicas. Otras propiedades importantes son la difusividad/conductividad térmica y el coeficiente de temperatura del índice de

these changing are still little known and in many cases unknown. For this reason, currently nanoparticles have been used for several purposes, exactly because they generally have a variety of unique spectroscopic electronic and chemical properties due to their small size and high surface to volume ratios [4]. In the particular case of gold nanoparticles, the surface plasmon absorption band appears in the visible region. In this work, we measure the effect of gold (Au) nanoparticles on the fluorescence quantum efficiency and thermal optical properties of Rhodamine 6G (Rh6G) dissolved in distilled water. It is important to note that, in this particular case, the Au nanoparticles' absorption band overlaps with the Rh6G absorption band. The effect of nanoparticles and Rh6G concentrations were explored on the thermal optical properties of the solvent and dye. The thermal lens and fluorescence techniques were used in these investigations.

- [1] C. Jacinto, D. N. Messias, A.A. Andrade, S.M. Lima, M.L. Baesso, and T. Catunda, *Journal of Non-Crystalline Solids* 352 (2006) 3582.
- [2] C.V. Bindhu, S.S. Harilal, V.P.N. Nampoori, and C. P. G. Vallabhan, *Modern Physics Letters B* 13 (1999) 563.
- [3] J.F. Sánchez Ramírez, J.L. Jiménez Pérez, R. Carbajal Valdez, A. Cruz Orea, R. Gutiérrez fluentes, and J.L. Herrera-Pérez, *International J. Thermophysics*, 27 (2006) 1181.
- [4] A. Santhi, M. Umadevi, V. Ramakrishnan, P. Radhakrishnan, and V. P.N. Nampoori, *Spectrochimica Acta Part A* 60 (2004) 1077.

Keywords: nonlinear optics, optoelectronic materials, nanoparticles.

refracción [3]. Se espera que las nanopartículas muden estas propiedades, pero estas mudanzas son aún muy poco conocidas y en muchos casos desconocidas. Por ésta razón, actualmente nanopartículas han sido usadas para varios propósitos, porque estas generalmente poseen una variedad única de propiedades electrónicas y químicas debido a su pequeño tamaño y alta superficie a razones de volumen [4]. En el caso particular de nanopartículas de oro la banda de absorción por plasmones de superficie aparece en la region visible. En este trabajo, se mide el efecto que nanopartículas de oro (Au) tienen sobre la eficiencia cuántica de fluorescencia y las propiedades termo ópticas de la rodamina 6G (Rh6G) diluida en agua destilada. Es importante notar que, en este caso particular, la banda de absorción de las nanopartículas de Au se sobrepone con la banda de absorción de la Rh6G. los efectos de la concentración de nanopartículas de Au y Rh6G fueron estudiadas en las propiedades termo ópticas de solventes y colorantes. Para estas investigaciones, las técnicas de lente térmica y fluorescencia fueron usadas.

Palabras clave: óptica no lineal, materiales optoelectrónicos, nanopartículas.



SIMPLE TECHNIQUE FOR OPTICAL CHARACTERIZATION OF TWISTED NEMATIC LIQUID CRYSTAL DISPLAYS

C. Rickenstorff, A. Ostrovsky

Universidad Autónoma de Puebla, Mexico.
284700727@alumnos.fcfm.buap.mx

Twisted nematic liquid crystal displays (TN-LCDs) have found many applications in optical data processing and adaptive optics. The TN-LCD can provide independent amplitude and phase modulation of an optical signal [1]. Usually TN-LCD is sandwiched between two polarizers so that the amplitude transmittance of a whole system can be described by the position-dependent matrix

$$\mathbf{T}(V; \lambda, d, n_0, \phi_D, \phi_0, \psi_{in}, \psi_{out}) = \mathbf{J}_P(\psi_{out}) \mathbf{J}_{LCD}(V; \lambda, d, n_0, \phi_D, \phi_0) \mathbf{J}_P(\psi_{in}) \quad (1)$$

where: $\mathbf{J}_P$ and $\mathbf{J}_{LCD}$ are the Jones matrices of polarizer and TN-LCD, respectively; V is the applied control (electrical) signal; λ is the wave length of illumination; n_0 and d are the ordinary refractive index and the thickness of the crystal, respectively; ϕ_D is the azimuth angle of LCD front director; ϕ_0 is the so-called twist angle; ψ_{in} and ψ_{out} are the azimuth angles of extraordinary polarizer axes. The so-called system parameters d, n_0, ϕ_D, ϕ_0 must be known *a priori*, and the parameters ψ_{in} and ψ_{out} , so-called control parameters, have to be chosen to provide the desired operational mode (amplitude-only or phase-only modulation) of the TN-LCD. Unfortunately, the system parameters, as a rule, are not provided by the manufactures of commercially available TN-LCDs so that the problem of their experimental determination arises. Several methods have been proposed for measuring the system parameters of TN-LCDs (see, e.g., bibliography in [2]). However, these methods prove to be very complicated (and, hence, rather expensive) in view of the ambiguity originated by the trigonometric functions being the members of matrix (1) [3] and of the edge effects at the bounding surfaces of TN-LCD [4]. Here we propose an alternative technique of TN-

UNA TÉCNICA SENCILLA PARA LA CARACTERIZACIÓN ÓPTICA DE LA PANTALLA DE CRISTAL LÍQUIDO NEMÁTICO CRUZADO

La pantalla de cristal líquido nemático cruzado (PCL-NC) ha encontrado múltiples aplicaciones en el procesamiento óptico de datos y óptica adaptativa, debido a que puede proveer independientemente modulación de amplitud y modulación de fase de la señal óptica [1]. Generalmente la PCL-NC se inserta en medio de dos polarizadores, de tal modo que la transmitancia de todo el sistema se describe por medio de la matriz dependiente de la posición

$$\mathbf{T}(V; \lambda, d, n_0, \phi_D, \phi_0, \psi_{in}, \psi_{out}) = \mathbf{J}_P(\psi_{out}) \mathbf{J}_{LCD}(V; \lambda, d, n_0, \phi_D, \phi_0) \mathbf{J}_P(\psi_{in}) \quad (1)$$

donde: $\mathbf{J}_P$ y $\mathbf{J}_{LCD}$ son las matrices de Jones del polarizador y la PCL-NC, respectivamente; V es la señal de control (voltaje) de la PCL-NC; λ es la longitud de onda de iluminación; n_0 y d son el índice de refracción ordinario y el grosor del cristal líquido, respectivamente; ϕ_D es el ángulo director de entrada en la PCL-NC; ϕ_0 es el llamado ángulo de torsión; ψ_{in} y ψ_{out} son los ángulos azimutales de los ejes extraordinarios de los polarizadores. Los llamados parámetros del sistema d, n_0, ϕ_D, ϕ_0 deben de ser conocidos *a priori*, mientras los parámetros ψ_{in} y ψ_{out} , llamados parámetros de control deben de ser elegidos a fin de proveer el modo operacional deseado (modulación sólo de amplitud o modulación sólo de fase) de la PCL-NC.

Desafortunadamente por regla general, los parámetros del sistema no son proporcionados por los fabricantes de PCL-NC comerciales y el problema de su determinación experimental surge. Algunos métodos han sido propuestos para medir los parámetros del sistema de la PCL-NC (véase por ejemplo, la bibliografía en [2]). Sin embargo, estos métodos resultan muy

LCD characterization that permits to determine the optimum values of the controlled parameters Ψ_{in} and Ψ_{out} without the necessity of measuring the system parameters [5]. This technique is based on easy measurements of the output intensity distribution in a specially organized Young's interference experiment. We illustrate the efficiency of the proposed technique by an example of characterization of a specimen of TN-LCD (Holoeye model LC2002).

- [1] K. Lu, B.E.A. Saleh, *Opt Eng.* **29**, 240—246, 1990.
- [2] I. Moreno, N. Bennis, J.A. Davis, C. Ferreira, *Opt. Comm.* **158**, 231-238, 1998.
- [3] M. Yamauchi, *Opt Eng.* **41**, 1134-1141, 2002.
- [4] M. Yamauchi, *Appl. Opt.* **44**, 4484-4493, 2005.
- [5] C. Rickenstorff-Parrao, *Optical characterization of liquid crystal displays*, Master Degree Thesis, Universidad Autónoma de Puebla, Mexico, 2010.

Keywords: liquid crystal display, amplitude modulation, phase modulation.



FROM MULTICOLOR TO WHITE LIGHT BY UPCONVERSION IN Tm^{3+} - Ho^{3+} - Yb^{3+} CO-DOPED TELLURITE GLASSES

H. Desirena, E. De la Rosa, O. Meza, L. Díaz
CIO, Mexico.
elder@cio.mx

Several Yb^{3+} - Tm^{3+} - Ho^{3+} co-doped transparent TeO_2 - ZnO - Na_2O - La_2O_3 glasses were prepared and luminescence properties characterized. Simultaneous red (660 nm), green (546 nm) and blue (480 nm) (RGB) emission were obtained after excitation of 970 nm. The blue emission was produced by Tm^{3+} ($^1\text{G}_4 \rightarrow ^3\text{H}_6$), green by Ho^{3+} ($^5\text{F}_4 + ^5\text{S}_2 \rightarrow ^5\text{I}_8$) and red by both codopants ($^1\text{G}_4 \rightarrow ^3\text{F}_4$, $^5\text{F}_5 \rightarrow ^5\text{I}_8$) as a result of the energy

complicados (y por tanto, costosos) en vista de la ambigüedad originada por las funciones trigonométricas presentes en la matriz (1) [3] y los efectos de borde en las paredes de la PCL-NC [4]. En este trabajo se propone una técnica alternativa para la caracterización de la PCL-NC que permite determinar los valores óptimos de los parámetros de control Ψ_{in} and Ψ_{out} donde ocurre modulación de amplitud y modulación de fase, sin necesidad de medir los parámetros del sistema [5]. Esta técnica se basa en mediciones sencillas de la distribución de intensidad a la salida de un interferómetro de Young modificado. La eficiencia de la técnica desarrollada se demuestra por medio del ejemplo de caracterización de un espécimen comercial de PCL-NC (LC2002 de la marca Holoeye).

Palabras clave: pantalla de cristal líquido, modulación de amplitud, modulación de fase.



GENERACION DE LUZ BLANCA POR CONVERSION HACIA ARRIBA EN VIDRIOS DE TELURIO CONTAMINADOS CON Tm^{3+} - Ho^{3+} - Yb^{3+}

Vidrios con la composición TeO_2 - ZnO - Na_2O - La_2O_3 fueron contaminados con Yb^{3+} - Tm^{3+} - Ho^{3+} y varias de sus propiedades luminiscentes fueron caracterizadas. Dichas muestras fueron excitadas a 970 nm y de manera simultánea fue generada emisión en azul (480 nm), verde (546 nm) y roja (660 nm). La emisión azul fue producida por el Tm^{3+} ($^1\text{G}_4 \rightarrow ^3\text{H}_6$), la verde por el Ho^{3+} ($^5\text{F}_4 + ^5\text{S}_2 \rightarrow ^5\text{I}_8$) y la roja por ambos iones ($^1\text{G}_4$

transfer process from Yb^{3+} . Color was tuned from multicolor to white light by varying the intensity ratios between emission bands. Such tunability were produced by both changing the dopant concentration and the excitation pump power. The calculated color coordinate for white emission is $x=0.31$ and $y=0.33$ that match the reference white in 1931 CIE chromaticity diagram ($x=0.33$, $y=0.33$). Color tunability and high intensity of the signal emitted promise potential application in the photonics field.

Keywords: tellurite glasses, upconversion, white light, rare earth.



HOMOGENEITY DETERMINATION OF SPIROPYRAN SELF-ASSEMBLED FILMS AS OPTICAL TRANSDUCTERS

A. Ortiz¹, R. Delgado¹, M. Rojas¹,
V. López¹, A. Orduña¹, V. Camacho²

¹IPN. Mexico.

²Univ. Politécnica de Puebla. Mexico.

rdelgadam@ipn.mx

The design of optical devices has had a great development at world-wide level. Some of these devices are based on photocromic materials like spiropyran polymers, since it presents advantages by his several processes of conversion-reconversion and that it has shown to have a great effectiveness in the generation of devices such as: ophthalmic lenses, filters of camera, visualizers of flow, optical storage of information, among others [1, 2]. In the present work the homogeneity of spiropyran self-assembled films was analyzed by UV/VIS spectroscopy and vibrational Infrared spectroscopy. The spiropyran 1',3'-Dihydro-8-methoxy-1',3',3'-trimethyl-6-nitrospiro[2H-1-benzopyran-2,2'-(2H)-indole]) and the (3-Aminopropyl) trimethoxysilane as linker were used. A new deposition reactor was design to assure

$\rightarrow {}^3\text{F}_4, {}^5\text{F}_5 \rightarrow {}^5\text{I}_8$). La variedad de los colores y la luz blanca fueron obtenidas cambiando la concentración de contaminantes y la potencia de excitación. Los cálculos realizados para ubicar la coordenada de color de luz blanca, arrojo un valor de $x=0.32$ y $y=0.33$. Dichos valores están muy cercanos al punto de referencia en el diagrama de cromaticidad CIE 1931 ($x=0.33$, $y=0.33$). La sintonización del color y la alta intensidad de emisión son potenciales candidatos para aplicaciones el campo de la fotónica.

Palabras clave: vidrios de telurio, conversión hacia arriba, luz blanca, tierras raras.



DETERMINACION DE LA HOMOGENEIDAD DE PELICULAS AUTOENSAMBLADAS DE ESPIROPIRANOS COMO TRANSDUCTORES OPTICOS

El diseño de dispositivos ópticos ha tenido un gran desarrollo a nivel mundial. Algunos de estos dispositivos están basados en materiales fotocromicos tales como el espiropirano, debido a las ventajas que presenta por su proceso de conversión-reconversión y que ha mostrado gran eficacia en el desarrollo de dispositivos tales como: lentes oftálmicos, filtros de cámara, visualizadores de flujo, memorias ópticas, etc. [1, 2]. En el presente trabajo se analiza la homogeneidad de las películas autoensambladas de espiropirano por medio de las técnicas espectroscópicas de UV/Vis y vibracional de infrarrojo. El espiropirano utilizado fue 1',3'-Dihydro-8-methoxy-1',3',3'-trimethyl-6-nitrospiro[2H-1-benzopyran-2,2'-(2H)-indole]) y como elemento de unión entre el sustrato y el

homogeneity in functionalized and self-assembled films, experimental deposition parameters could be fitter for this purpose; these parameters are: flows, pH, temperatures and times. Initially pH and temperature in the reactor stayed stable and the flows and times of deposit were varied. The films were analyzed in their entire surface exposure to silane and spiropyran solutions to observe the films homogeneity. The UV/VIS and Infrared spectra show that better films were obtained to higher flow speeds and times. In UV/VIS spectra, the absorption in functionalized films was increased in the UV region and this absorption was increase, in the same region, when the spiropyran polymer is present. The infrared absorption of Si-O and Si-Si bonds, below 1200 cm^{-1} , was increased in functionalized films. For self assembled spiropyran films, the peaks associated to spiropyran polymer were present in infrared spectra, the peaks that present the higher intensity are associated to C=O, C=C and C-C bonds.

- [1] J. Crano y R. Guglielmetti, "Organic Photochromic and Thermochemical Compounds", Vol 2. Kluwer Academic, New York. Chapters 1-2, 1999.
- [2] R. Ramos García, R. Delgado Macuil, M.D. Iturbe Castillo, E. González de los Santos, F. soriano Corral, "Optical and Quantum Electronics", 35, 641 (2003).

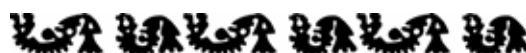
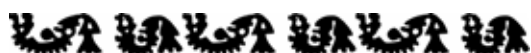
Acknowledgements: CONACyT CB-83227 and SIP20101341.

Keywords: infrared spectroscopy, optical transducers, spiropyran polymer.

espiro (linker) el silano (3-Aminopropyl) trimethoxysilane. Se diseñó un reactor para asegurar la deposición homogénea en la generación del sustrato funcionalizado y del autoensamble del espiro, los parámetros experimentales de deposición fueron ajustados para este propósito; estos parámetros fueron: flujo, pH, temperatura y tiempo. Inicialmente el pH y la temperatura dentro del reactor se mantuvieron constantes y se varió el flujo y el tiempo de depósito. Las películas fueron analizadas en toda la superficie expuesta al silano y al espiro para observa la homogeneidad de las películas generadas. Los espectros de UV/VIS e infrarrojo muestran que las mejores películas se obtuvieron a las velocidades de flujo y tiempos más altos. En UV/VIS la absorción de las películas funcionalizadas se incrementó en la región del UV y un nuevo incremento en la intensidad de absorción fue observado cuando la molécula de espiropirano estuvo presente. La absorción en el infrarrojo medio asociada a los enlaces Si-O y Si-Si, por debajo de los 1200 cm^{-1} , se incrementó en las películas funcionalizadas. Para las películas autoensambladas de espiropirano, los picos asociados al polímero espiro se hicieron presentes en el espectro, los picos que presentaron la mayor intensidad están asociados a los enlaces C=O, C=C y C-C.

Agradecimientos: CONACyT CB-83227 y SIP20101341.

Palabras clave: espectroscopia de infrarrojo, transductores ópticos, espiropiranos.



LOW COST, SINGLE-USE PLASTIC OPTICAL FIBER SENSOR BASED ON SURFACE PLASMON RESONANCE IN METAL-DIELECTRIC INTERFACES: THEORY AND EXPERIMENTS

**V. Muñoz¹, A. López¹, A. García²,
J. Costa², B. Alèn², M. Lomer¹, J. López¹**

¹*Universidad de Cantabria. Spain.*

²*IMM-CNM CSIC. Spain.*

lomer@teisa.unican.es

In this paper we study the excitation of surface plasmon resonance using a modified Kretschmann configuration, based on light confinement inside an optical fiber instead of the Kretschmann prism. Much has been done in this field using single-mode fiber, but we study the behavior of light coupling inside a plastic optical fiber, and the possibility of taking advantage of the many modes propagated to excite surface plasmons at multiple wavelengths. Apart from the possibility of multiple resonances, plastic optical fiber is a low cost solution, so we can build low cost, single-use sensors. First we propose an U-shaped geometry, based on the idea of radiating modes to the cladding so that they can interact with the metallic layer; then an alternative shape is proposed in order to avoid the difficulties imposed by the first configuration while still maximizing the coupling of light into the structure. After discussing the various geometries used to build the sensor we propose a straightforward modification of a well-known theoretical model (the transfer matrix formalism) to study the behavior of the structure. Calculating the transfer matrix of the multilayer structures formed by the optical fiber core, the gold nanolayer possibly the analyte and the air above them, and taking into account a roughness term for the gold layer, we calculate the light transmitted through the optical fiber, both with and without the surface plasmon excitation, thus obtaining the loss induced by the resonance, through $\Delta T(\lambda)$. After the theoretical model is exposed we introduce the samples used to experimentally verify the phenomenon, showing both theory and practical results. An experimental result is

SENSORES DE FIBRAS ÓPTICAS DE PLÁSTICO DE BAJO COSTO BASADO EN RESONANCIA PLASMON DE SUPERFICIE EN LA INTERFACE DIELECTRICO-METAL: TEORIA Y EXPERIENCIA

En este trabajo se estudia la excitación de resonancia de plasmones superficiales (SPR) utilizando una versión simplificada de la configuración de Kretschmann basado en el confinamiento de la luz en la fibra óptica en lugar del prisma. Por lo general, se han realizado estudios sobre RSP en fibras ópticas monomodales, en fibras multimodo han sido poco tratadas. Particularmente, en fibras ópticas de plástico se pueden aprovechar la gran cantidad de modos propagados para excitar los plasmones de superficie en varias longitudes de onda. Aparte de la posibilidad de multiresonancia, la fibra de plástico es una solución de bajo costo, porque se pueden construir sensores baratos y de un solo uso. En primer lugar se propone una geometría en forma de U con la finalidad de irradiar modos en la cubierta de manera que puedan interactuar con la capa metálica, a continuación, se propone una solución alternativa a la dificultad presentada en la primera configuración sin dejar de incrementar al máximo el acoplamiento de la luz en la estructura. Luego de discutir las diferentes geometrías utilizadas para construir el sensor, se propone una modificación del modelo teórico (formalismo de la matriz de transferencia) para estudiar el comportamiento de la estructura. Se realiza el cálculo de la matriz de transferencia de la estructura multicapa formada por encima del núcleo de la fibra, la nanocapa de oro y el aire. Teniendo en cuenta un periodo de rugosidad para la capa de oro, se calcula la luz transmitida a través de la fibra óptica, con y sin excitación de plasmones de superficie, obteniéndose las pérdidas inducidas por la resonancia a través de

shown in Fig. 1. Finally we compare our results with those obtained in related literature, studying the possibility of introducing some of the structures proposed in order to improve the sensitivity, durability or precision of the sensor. With the theory, the experiments and the open possibilities exposed we define a future line of work in this topic, thus providing a solid basis in which to continue our work.

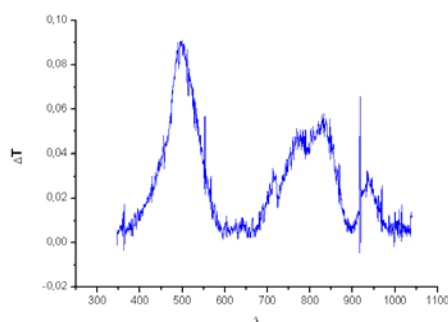


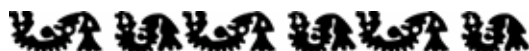
Fig. 1. Variation of transmitted power as a function of wavelength in plastic optical fiber U-shaped bended and side polished.

Keywords: optical fibers, Kretschmann configuration, surface plasmon resonance.

$\Delta T(\lambda)$. Se presentan, el proceso experimental, la verificación del fenómeno físico y los resultados. En la Fig. 1, se muestra el resultado preliminar obtenido. Se observa bien la excitación del plasmón en la fibra curvada en forma de U, con un radio de curvatura de 5mm. Así mismo se observan dos picos de resonancia debidos al débil radio de curvatura. Aumentando el radio de curvatura se elimina el efecto de resonancia y se mejora la relación señal/ruido.

Palabras clave: fibras ópticas, configuración de Kretschmann, resonancia de plasmones superficiales.

Fig. 1. Variación de la potencia transmitida en function de la longitud de onda en la fibra curvada en forma de U.



CHARACTERIZATION AND CONTROL OF A MICRODISPLAY AS A SPATIAL LIGHT MODULATOR

A. Burman¹, M. Garea¹, A. Lutenberg¹, F. Pérez^{2,3}

¹ Universidad de Buenos Aires. Argentine.

² Universidad del Comahue. Argentine.

³ CONICET. Argentine.

arielburman@gmail.com

Spatial light modulators (SLM) are optic systems that allow to modify in real time, the amplitude and phase of the light passing through them. Usually, the heart of these systems is a matrix of liquid crystal pixels called *microdisplay*. These microdisplays are also used in commercial products such as video projectors and televisions, and other scientific application like digital holography,



CARACTERIZACIÓN Y CONTROL DE UN MICRODISPLAY COMO MODULADOR ESPACIAL DE LUZ

Los moduladores espaciales de luz (SLM) son sistemas ópticos que permiten modificar en tiempo real, la amplitud y la fase de la luz que los atraviesa. Habitualmente el elemento central de estos sistemas es una matriz de píxeles de cristal líquido llamada *microdisplay*. Estos microdisplays también se utilizan en productos comerciales como proyectores de video y televisores, y en otras

wavefront correction, etc.

The high cost of SLM, around tens of thousand dollars, is often prohibitive for optical laboratories, being this the reason why usually SLM are made from the cannibalization of video projectors, what implies the need to adapt the video projector's electronic circuit and a issue when several microdisplay with similar characteristics are needed.

This work presents the development of a prototype of a SLM based on a commercial available microdisplay, which costs less than 100 dollars. In addition, it introduces the design of the electronic control subsystem, also of low cost, obtaining in this way a prototype that is significantly cheaper than commercial SLMs. Furthermore, because manufacturers generally do not provide microdisplays optical properties, this work presents a set of experiments that were carried out to reveal the optical characteristics of the microdisplays, and also to verify the feasibility of the prototype to provide a phase modulation between 0 and 2π without modifying the amplitude of light passing through the device, which is called "*Phase Only - SLM*", and is one of the most difficult features to achieve in these systems and also one of the most handful in terms of scientific applications.

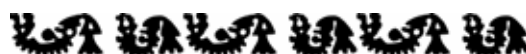
Keywords: spatial light modulator, SLM, microdisplays, liquid crystals.

aplicaciones científicas como holografía digital, corrección de frentes de onda, etc.

El alto costo de los SLM, del orden de decenas de miles de dólares, muchas veces resulta prohibitivo para los laboratorios de óptica, razón por la cual frecuentemente se suelen armar SLM precarios, a partir del desguace de proyectores de video, lo que implica la necesidad de adaptar el circuito electrónico de control de los proyectores y la dificultad para contar con varios microdisplays de características similares.

En este trabajo se presenta el desarrollo de un prototipo de un SLM a partir un microdisplay de venta comercial, cuyo costo es inferior a 100 dólares. También se presenta el diseño de su subsistema electrónico de control, también de bajo costo, de modo que el prototipo resulta significativamente más económico que los SLM comerciales. Además, debido a que los fabricantes de microdisplays generalmente no publican sus características ópticas, en este trabajo se presenta un conjunto de ensayos con los que se relevaron las características ópticas de los microdisplays utilizados, y así se determinó la factibilidad del prototipo para obtener modulaciones de fase entre 0 y 2π sin alterar la amplitud de la luz que atraviesa al dispositivo, lo que se denomina "*Phase Only - SLM*" que es una de las prestaciones más difíciles de obtener en estos sistemas y una de las más útiles en cuanto a las aplicaciones científicas.

Palabras clave: modulador espacial de luz, SLM, microdisplays, cristales líquidos.



**SURFACE PLASMON RESONANCE
TECHNIQUE APPLIED TO
MEASUREMENT
OF Ag₂O THIN FILMS**

**J. Santillán¹, L. Scaffardi^{1,2}, D. Schinca^{1,2},
F. Videla^{1,2}**

¹*CIOP, Argentine.*

²*Univ. Nacional de La Plata, Argentine.*

lucias@ciop.unlp.edu.ar

There is a continuing need for measuring nanometric film thicknesses for a wide variety of industrial and scientific purposes. Kretschmann type sensors are well known multilayer nanometric sensing devices. This paper is devoted to the study of specific characteristics of the reflectivity curves in a particular Kretschmann design for determining silver oxide thickness grown on top of a thin silver film by direct oxidation at the expense of a decrease in the initial silver thickness.

The dependence of these relevant characteristics with silver oxide thickness may be represented by different continuous functions defined for successive ranges that can be used as calibration curves. The particular characteristics of the reflectivity curves of this multilayer structure are studied for both p- and s-wave polarization as a function of the incidence angle. In the former, surface plasmon resonance (SPR) dip position as well as its FWHM depends strongly on silver oxide thickness. For s-wave polarization, a broad dip due to optical waveguide mode coupling is observed for angles larger than the total internal reflection (TIR) angle when sufficiently large silver oxide thickness are studied. Besides, reflectivity at fixed angles for both polarizations was studied as a function of silver oxide layer. Taking into account all these features, a measurement protocol is proposed for determining silver oxide thickness when a 45 nm initial silver film is gradually converted into silver oxide by exposure to an oxygen rich atmosphere.

**TÉCNICA BASADA EN RESONANCIA
DE PLASMÓN SUPERFICIAL
APLICADA A MEDICIÓN DE
ESPESORES DE FILMS DELGADOS
DE Ag₂O**

El desarrollo de películas delgadas es un área de gran interés en aplicaciones referidas a una amplia variedad de propósitos industriales y científicos, lo que conlleva una creciente necesidad de medición de espesores nanométricos. Los sensores de tipo Kretschmann son conocidos como dispositivos de detección nanométrica multicapa. Este trabajo estudia las características de las curvas de reflectividad a partir de un diseño de Kretschmann específico para determinar el espesor de óxido de plata, crecido en la parte superior de una fina película de plata por oxidación directa a expensas de una disminución en el grosor de plata inicial. La dependencia de estas características relevantes en función del espesor de óxido de plata, puede ser representada por diferentes funciones continuas definidas para intervalos sucesivos, que pueden utilizarse como curvas de calibración. Se estudian las características particulares de las curvas de reflectividad de esta estructura multicapa para ambos estados de polarización (*p* y *s*) en función del ángulo de incidencia. En la superficie, la posición del dip de la resonancia del plasmon superficial (SPR), así como su ancho medio (FWHM) depende fuertemente del espesor del óxido de plata. Para grandes espesores de óxido de plata, el estado de polarización *s* presenta un amplio dip debido al acoplamiento de modo de guía de onda para ángulos más grandes que el ángulo de reflexión total interna (TIR). Además, se estudió la reflectividad en función de la capa de óxido de plata para determinados ángulos considerando ambas polarizaciones. Teniendo en cuenta todos estos comportamientos, se propone un protocolo de medición para determinar el espesor de óxido cuando una película de plata de espesor inicial de 45 nm es

Keywords: Kretschmann sensor, thin films, plasmonics, nanometric Ag₂O thickness.

convertida gradualmente en óxido de plata al estar expuesta a una atmósfera rica en oxígeno.

Palabras clave: sensor tipo Kretschmann, films delgados, plasmónica, espesores nanométricos de Ag₂O.



USING PHOTSENSITIVE DYE TO IMPROVE MULTI WALLED CARBON NANOTUBES DISPERSION

G. Costanzo, S. Goyanes, S. Ledesma
Universidad de Buenos Aires, Argentine.
ledesma@df.uba.ar

Multi walled carbon nanotubes (MWCNT) are unique one-dimensional structures in terms of their structural and electronic properties. One of the possibilities to exploit these properties is to use them to design optical nanodevices architectures making use of their electrical and photoconductive performance. Moreover, the capability of carbon nanotubes to interact with a photosensitive dye molecule, render them very useful to develop novel optical storage nanodevice in the visible region. In particular, both dye molecules and MWCNT could be immersed into a polymer matrix. Optimization of the optical induced properties will be achieved only for well dispersed MWCNT in the composite material.

In the present work, we show that the addition of an azobenzene derivative, Disperse Orange 3 (DO3) to dispersions of MWCNT in the organic solvent tetrahydrofuran (THF) in specific quantities efficiently helps debundling MWCNT making dispersions stable for days. We report UV-Vis optical absorption experiments that suggest an interaction between MWCNT and DO3 molecules following the behavior qualitatively observed. Dispersions with MWCNT and DO3 in THF were observed qualitatively



UTILIZACIÓN DE COLORANTE FOTSENSIBLE PARA MEJORAR LA DISPERSIÓN DE NANOTUBOS DE CARBONO DE PAREDES MÚLTIPLES

Los nanotubos de carbono de paredes múltiples (MWCNT) pueden considerarse como estructuras unidimensionales en términos de sus propiedades electrónicas y estructurales. Una de las posibilidades de explotar estas propiedades consiste en utilizarlos para el diseño de nanodispositivos ópticos haciendo uso de sus funciones eléctricas y fotoconductoras. Además, la capacidad de los nanotubos de carbono para interactuar con moléculas fotosensibles de colorante los convierte de gran utilidad para el desarrollo de dispositivos de almacenamiento óptico en la región del visible. En particular, las moléculas de colorante y los MWCNT podrían ser inmersos en una matriz polimérica. La optimización de las propiedades ópticas inducidas en los nanotubos de carbono se alcanza sólo cuando los nanotubos de carbono estén bien dispersos en el material compuesto.

En este trabajo mostramos cómo la adición de un derivado del azobenceno, Disperse Orange 3 (DO3) en dispersiones de MWCNT en el solvente orgánico tetrahydrofurano (THF) en cantidades específicas ayuda a la dispersión de MWCNT haciendo que las dispersiones sean estables por días. Reportamos experimentos de absorción en el UV-Visible que sugieren

over time. Successful suspensions (for the higher DO3 concentrations studied) were stable for several days.

Keywords: photosensitive material, UV-Vis optical absorption, multi walled carbon nanotubes.

una interacción entre MWCNT y moléculas de DO3 siguiendo el comportamiento observado cualitativamente. Las dispersiones de MWCNT y DO3 en THF se observaron cualitativamente durante días. Obtuvimos suspensiones (para las mayores concentraciones de DO3 estudiadas) que fueron estables por varios días.

Palabras clave: Material fotosensible, absorción UV-Vis, nanotubos de carbono de paredes múltiples.

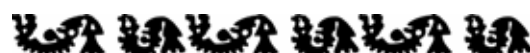
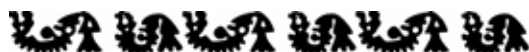


ANALYSIS OF THE WAVELENGTH DEPENDENCE OF A SPATIAL LIGHT MODULATOR FOR OPTIMIZE THE PHASE-ONLY MODULATION DEPTH

A. Arias, M. Álvarez, R. Castañeda
Univ. Nac. de Colombia. Colombia.
aarias0@unal.edu.co

The performance of a spatial light modulator (SLM) is affected by the limited depth of phase modulation, and the coupled induced changes of phase and amplitude on the wavefront. With the goal of to find the best setup for to get phase only modulation with the largest depth, we evaluate the dependence between wavelength and the optical characteristics of Holoeye LC-R720 SLM. The performance's optimization is made in a computational model based in Jones matrix. Experimentally, the outcomes are verified calibrating the SLM by the Fresnel images, displaying a binary grating with variable contrast. Furthermore, the visualization of some computer generated holograms (CGHs) allow us to show the achieved improvement.

Keywords: spatial light modulator, liquid crystal devices, phase modulators, Talbot effect.



ANALYSIS OF THE WAVELENGTH DEPENDENCE OF A SPATIAL LIGHT MODULATOR FOR OPTIMIZE THE PHASE-ONLY MODULATION DEPTH

El desempeño de un modulador espacial de luz (SLM, Spatial Light Modulator) se ve afectado por su limitada profundidad de modulación de fase, y el acople entre los cambios de fase y amplitud inducidos en el frente de onda. Con el fin de encontrar la mejor configuración que permita obtener modulación pura de fase con mayor profundidad, evaluamos la dependencia entre la longitud de onda de la iluminación y las características de ópticas del SLM Holoeye LC-R720. La optimización del desempeño se realiza con un modelo computacional basado en las matrices de Jones. Los resultados son verificados experimentalmente calibrando el SLM mediante sus imágenes de Fresnel, al proyectar una red binaria con contraste variable. Adicionalmente, mediante la visualización de algunos hologramas generados por computador (CGHs, Computer Generated Holograms) se evidencia el mejoramiento alcanzado.

Palabras clave: Modulador espacial de luz, dispositivos de cristal líquido, moduladores de fase, efecto Talbot.

LOCALIZATION OF PHOTONIC STATES IN ONE-DIMENSIONAL PHOTONIC CRYSTALS DUE TO APPLIED MAGNETIC FIELDS

J. Mejía, N. Porras

Universidad del Valle, Colombia.

jrmejia3146@gmail.com

We have performed a theoretical study of the magnetic field effects on the photonic band structure in a one-dimensional photonic crystal comprised of two alternate layers characterized by different refractive indexes, which may take on positive as well as negative values. Numerical calculations are performed by using the transfer matrix technique, including the Faraday and Voight magneto-optical effects by means of the dielectric function. As a result, we have found that in this type of arrangement the magnetic field modifies the symmetry of the photonic band structure and tends to localize photonic states around the center or at the boundaries of the Brillouin zone, depending on the ratio of the sizes of the constituent materials.

Keywords: photonic crystals, photonic band structure.



CONTROL MECHANISM OF THE COUPLING BETWEEN CRYSTAL-PHOTONIC CAVITIES

**A. Gonçalves¹, J. Vasco², P. Guimaraes¹,
H. Vinck³**

¹*Univ. Federal de Minas Gerais, Brazil.*

²*Univ. de Antioquia, Colombia.*

³*Univ. Nacional Bogotá, Colombia.*

hvinckp@unal.edu.co

A study of the coupling between L1, L2 and L3 cavities is made in a two-dimensional photonic crystal with triangular network consisting of holes in a GaAs slab. Gaussian modulation of the refractive index between

LOCALIZACION DE ESTADOS FOTONICOS EN UN CRISTAL FOTONICO UNIDIMENSIONAL DEBIDO A CAMPOS MAGNETICOS APLICADOS

Hemos realizado un estudio teórico de los efectos de campo magnético sobre la estructura de bandas fotónicas en un cristal fotónico unidimensional comprendido por dos capas alternantes caracterizadas por diferentes índices refractivos, los cuales pueden tomar valores positivos y negativos. Los cálculos numéricos son realizados usando la técnica de matriz transferencia, incluyendo los efectos magneto-ópticos Faraday y Voight por medio de la función dieléctrica. Como un resultado, hemos encontrado que en este tipo de arreglo el campo magnético modifica la simetría de la estructura de bandas fotónicas y tiende a localizar los estados alrededor del centro o en las fronteras de la zona de Brillouin, dependiendo de la relación de tamaños de las capas de materiales constituyentes.

Palabras clave: cristales fotónicos, estructura de bandas fotónicas.



MECANISMO DE CONTROL DEL ACOPLAMIENTO ENTRE CAVIDADES CRISTALFOTÓNICAS

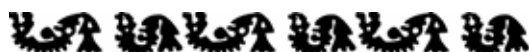
Se realiza un estudio del acoplamiento entre cavidades tipo L1, L2 y L3 en un cristal fotónico bidimensional de red triangular compuesto de huecos en un slab de GaAs. Una modulación Gaussiana del índice de

cavities is introduced into the system. We find that the excited modes of the cavities are strongly delocalized by the introduction of modulation, while the base state remains confined cavities. We obtain that the degree of delocalization of the excited modes can be controlled through the parameters of the Gaussian modulation.

Keywords: photonic crystal, cavity, Gaussian modulation.

refracción intercavidades es introducida en el sistema. Se encuentra que los modos excitados de las cavidades son fuertemente deslocalizados por la introducción de la modulación, mientras que el estado base de las cavidades se mantiene confinado. Obtenemos que el grado de deslocalización de los modos excitados puede ser controlado a través de los parámetros de la modulación Gaussiana.

Palabras clave: cristal fotónico, cavidad, modulación Gaussiana.



ANALYSIS OF BEHAVIOR PALLADIUM THIN FILMS ON PRESENCE HYDROGEN

**K. Salcedo¹, H. Riascos¹, C. Rodríguez¹,
F. Pérez²**

¹Univ. Tecnológica de Pereira. Colombia.

²West Virginia University. USA.

lizeth_c@utp.edu.co

The big changes to environmental levels and measurements every time highest of control by polluting agents emissions, has been produced a change too, in the production ways energy. If well, actuality the energy supply is given by fossil oil, it is incrementing the development of renewable sources of energy; some examples are the eolic, hydric and solar energy, between others. It for this research of alternate sources energy that the hydrogen will be the next energetic carrier and, the palladium with a tool used by the storage, due that he separates atom by atom like a matrix controlled the explosive properties of the hydrogen. In this work we presented the behavior of hydrogen in thin films Pd and the changes in his properties with the object of given to know this elements like a option to future in the solution by this energetic problem, moreover like a introduction to, will be a part of solution in the implementation of new energetic sources application to fuel cell system based in Pd.



ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE PELÍCULAS DELGADAS DE PALADIO EN PRESENCIA DE HIDRÓGENO

Los grandes cambios a nivel ambiental y las medidas cada vez más altas de control de emisión de sustancias contaminantes para el medio ambiente, han producido un viraje en las formas de producción de energía. Si bien en la actualidad el abastecimiento de energía se da por medio de combustibles fósiles, cada vez se avanza hacia el desarrollo de nuevas fuentes renovables de energía, algunos de estos ejemplos son la energía eólica, hídrica y solar, entre otras. Es por esta búsqueda de fuentes alternas de energía que el hidrógeno se perfila como un vector energético para el futuro, dada su gran abundancia y, el Paladio como una herramienta muy útil en cuanto almacenamiento seguro, al separar los átomos de hidrógeno en forma de matriz controlando el carácter altamente explosivo del hidrógeno. En este trabajo se presenta el comportamiento del hidrógeno en películas delgadas de Pd y los cambios en algunas de sus propiedades, como estructurales, morfológicas, químicas, y ópticas; con el

The Pd thin films were deposited by Sputtering, preferentially orientated in the $\langle 111 \rangle$ direction, with variations in the temperature, the palladium was deposited on zafiro substrate. The Pd thin films were characterized using X-ray diffraction (XRD), atomic force microscopy (AFM) resistance to acids and bases. The optical properties like the reflectivity are detailed in the paper.

Keywords: palladium, hydrogen, optics properties, fuel cell.

propósito de dar a conocer estos dos elementos como una opción a futuro en la solución del problema energético actual y cada vez en aumento y, además como una introducción a lo que más adelante podría ser parte de la solución en la implementación de nuevas fuentes energéticas aplicables a sistemas de celdas de combustible basadas en Pd. Las películas de Pd fueron depositadas por medio de la técnica Sputtering y, con una dirección preferencial $\langle 111 \rangle$, con variación en la temperatura, en un sustrato de zafiro. La pureza del blanco de Pd fue de 99.99%. Las películas de Pd se caracterizaron usando las siguientes técnicas: Difracción de Rayos X (DRX); Microscopia de Fuerza Atómica (MFA), Resistencia a Ácidos y Bases.

Palabras clave: Paladio, hidrogeno, propiedades ópticas, celdas de combustible.



MODELING AND CALCULATION OF LIGHT ABSORPTION IN SILICON/METAL NANOCOMPOSITES

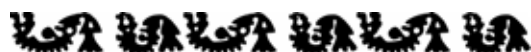
L. Santacruz¹, E. Solarte¹, H. García²

¹Universidad del Valle. Colombia.

²Southern Illinois University. USA.

landress18@gmail.com

Silicon thin film over a glass substrate has been considered to be an economical and viable alternative for the photovoltaic industry. Implementation of this technology will contribute and help a clean environment sustainable future. Nevertheless, by their nature, Silicon thin films present small light absorption and its electrical energy conversion mechanisms, besides not ideal, is not completely understood. The inclusions of metal nanoparticles in semiconductors can modify and improve the light absorption properties of these materials through the use of surface plasmon interaction. It is well known that metal nanoparticles deposited on the surface of Si-Solar cells improve considerably the efficiency of the cell, and it



MODELAMIENTO Y CÁLCULO DE LA ABSORCIÓN DE LUZ EN NANOCOMPUESTOS SILICIO/METAL

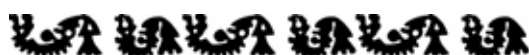
Las películas delgadas de silicio sobre sustratos de vidrio son consideradas como una alternativa económica y rentable para la industria fotovoltaica. La implementación de esta tecnología contribuirá a mantener un medio ambiente limpio y sostenible. Sin embargo, debido a su naturaleza, las películas delgadas de silicio presentan poca absorción de luz y su mecanismo de conversión a energía eléctrica, además de no ser ideal, no es completamente entendido. Las inclusiones de nano-partículas metálicas en semiconductores pueden modificar y mejorar las propiedades de la absorción de luz de estos materiales por medio de la interacción de plasmones superficiales. Es bien conocido que las nano-partículas

has been shown that there is a strong correlation between the surface plasmon excitation frequency and that of the exiting light. To study the light interactions on such material, we have developed a theoretical model that takes into account the incorporation of metallic nano-particles over silicon thin films. We have obtained an analytical expression for the effective permittivity of the Semiconductor/Nano-particles system ϵ_{eff} . Using this result we have analyzed the light absorption process in the case of Silicon with two types of metallic inclusions.

Keywords: optoelectronics materials. optical thin films. optoelectronics devices. photonic crystals.

depositadas sobre la superficie de celdas solares de silicio aumentan considerablemente la eficiencia de las celdas, y esto demuestra que existe una fuerte correlación entre la frecuencia de excitación de los plasmones superficiales y la de la luz excitante. Con el fin de estudiar la interacción de la luz sobre tales materiales, hemos desarrollado un modelo teórico que toma en cuenta la incorporación de nano-partículas metálicas sobre películas delgadas de silicio. Obtuvimos una expresión analítica para la permitividad efectiva ϵ_{eff} para el sistema Semiconductor/Nano-partículas. Usando estos resultados analizamos los procesos de absorción de luz en el caso de Silicio con dos tipos de inclusiones metálicas.

Palabras clave: materiales optoelectrónicos, películas delgadas ópticas, dispositivos optoelectrónicos, cristales foto voltaicos.



PHOTONIC BAND STRUCTURE OF A 2D HONEYCOMB LATTICE UNDER THE ACTION OF TEMPERATURE AND APPLIED HYDROSTATIC PRESSURE

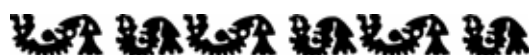
N. Porras¹, C. Duque²

¹Universidad del Valle. Colombia.

²Universidad de Antioquia. Colombia.

nelsonporra.montenegro@gmail.com

We have used a standard plane-wave expansion method to look for the temperature and applied hydrostatic pressure effects on the photonic band structure of a two-dimensional honeycomb lattice composed by cylindrical rods of GaAs, embedded in air. We have found that the role of the increment of hydrostatic pressure and temperature not only shifts the photonic band gaps, but diminish the energy width of the second and upper band gaps for H-polarization, while for E-polarization the first band gap is shifted to higher energies,



ESTRUCTURA DE BANDAS DE UNA RED HONEYCOMB BIDIMENSIONAL BAJO LA ACCIÓN DE TEMPERATURA Y PRESIÓN HIDROSTÁTICA APLICADA

En este trabajo usando el método de expansión en ondas planas examinamos el efecto de la temperatura y la presión hidrostática aplicada en la estructura de bandas de una red bidimensional, compuesta por cilindros de GaAs embebidos en aire. Encontramos que el papel del incremento de la temperatura y de la presión hidrostática es desplazar la estructura de bandas hacia mayores frecuencias, como también disminuir los bandas de frecuencias prohibidas, cuando se trata de la polarización H, mientras que para la polarización E la

leaving unmodified the width of the other band-gaps, changing by this reason the electromagnetic response of this system.

Keywords: photonic crystals, photonic band structure, pressure, temperature.

primera banda de energías prohibidas es corrida hacia mayores frecuencias, dejando igual el ancho de banda de las otras bandas prohibidas, modificándose de esta manera la respuesta electromagnética de este sistema.

Palabras clave: cristales fotónicos, estructura de banda fotónica, presión, temperatura.



OPTOELECTRONICS CHARACTERISTICS OF InP PHOTODETECTORS IN THE NEAR INFRARED

**A. Muñoz¹, J. Campos², A. Pons²,
A. Shcherbakov³**

¹Univ. Autónoma de Coahuila. Mexico.

²IFA-CSIC. Spain.

³INAOE. Mexico.

anamunozzurita@uadec.edu.mx

The InP-photodiodes from different manufacturers have got rather low noise level, good response uniformity over the sensitive surface and a wide dynamic range. Therefore they are good devices to built radiometers in the NIR spectral region. As in any photodiode, the spectral short-circuit responsivity is determined by the wavelength and the photodiode's reflectance and internal quantum efficiency. Then if these quantities were known, the photodiode's responsivity would be known without being compared to another standard radiometer; i. e. the photodiode would be an absolute radiometer for optical radiation measurements. This idea was firstly developed for silicon photodiodes in the eighties, once the technology was able to produce low defects photodiodes. Following this reference, the reflectance could be approached from a superimposed thin layers model. By knowing the thicknesses of the layers and the optical constants of the materials, it is possible to determine the device reflectance. However, this information is not completely available for

CARACTERISTICAS OPTOELECTRONICAS DE FOTODETECTORES DE InP EN EL INFRARROJO CERCANO

Los fotodetectores de InP de diferentes fabricantes tienen nivel de ruido bastante bajo, una buena uniformidad, así como como un amplio rango dinámico. Por lo tanto son buenos dispositivos de radiometría usándolos en la región NIR del espectro. Como en cualquier fotodiodo, la responsividad espectral de cortocircuito está determinada por la longitud de onda y la reflectancia de fotodiodos y la eficiencia interna cuántica. Entonces, si estas cantidades son conocidas, la responsividad del fotodetector será conocida sin ser comparado con otro radiómetro estándar; i.e. el fotodetector sería un radiómetro absoluto para las mediciones de las radiaciones ópticas. Esta idea fue desarrollada originalmente para los fotodiodos de silicio en los años ochenta, cuando la tecnología era capaz de producir defectos en los fotodiodos. Tras esta referencia, la reflectancia puede ser abordada desde un modelo superpuestas capas delgadas. Al conocer los espesores de las capas y las constantes ópticas de los materiales, es posible determinar la reflectancia dispositivo. Sin embargo, esta

InP photodiodes: the actual thickness of the layers is not known and optical constants of materials are only approximately known for bulk. Nevertheless it's possible to measure reflectance at some wavelengths and to fit the thicknesses of a layer model that would reproduce those experimental values. The internal quantum efficiency cannot be determined as in [1], since InP photodiodes are hetero-junctions rather than homo-junctions as silicon photodiodes are. In the other hand, since the internal structure is not accurately known, it is not possible to model the internal quantum efficiency without having experimental values for it. Therefore the attainable scope at present is just to obtain a model to be able to calculate spectral responsivity values at any wavelength. To get this, a model has been developed to calculate reflectance values from experimental ones at some wavelengths and another model has been developed to interpolate spectral internal quantum efficiency values from some values got from reflectance and responsivity measurements at some wavelengths. Both models will be presented in this communication.

Keywords: InP photodetectors, responsivity, reflectance.

información no está completamente disponible para fotodiodos InP: el espesor real de las capas no se conoce y las constantes ópticas de los materiales sólo se conocen, para productos a granel. Sin embargo, es posible medir la reflectancia en algunas longitudes de onda y ajustar el espesor de un modelo de capa que se reproducen los valores experimentales. La eficiencia cuántica interna no puede ser determinada como en [1], ya que fotodiodos InP son hetero-uniones como lo son los fotodiodos de silicio. Por otro lado, ya que la estructura interna no se conoce con precisión, no es posible modelar la eficiencia cuántica interna sin tener valores experimentales de la misma. Por lo tanto el alcance en la actualidad es sólo para obtener un modelo para poder calcular los valores espectrales responsividad en cualquier longitud de onda. Para conseguir esto, un modelo ha sido desarrollado para calcular los valores de reflectancia de los experimentales en algunas longitudes de onda y otro modelo ha sido desarrollado para interpolar los valores espectrales eficiencia cuántica interna de algunos valores de reflectancia y obtuvo de las mediciones de la responsividad en algunas longitudes de onda. Ambos modelos serán presentados en este trabajo.

Palabras clave: fotodetectores de inp, responsividad, reflectancia.



CHARACTERIZATION OF AMORPHOUS SIGE THIN FILMS FOR APPLICATIONS IN MICROSTRUCTURE MEMS

M. Galindo¹, R. Palomino¹, C. Zuñiga²

¹BUAP. Mexico.

²INAOE. Mexico.

mgalindo@fcfm.buap.mx

At the moment, the micro electro-mechanical systems (MEMS) use materials based on polysilicon, which is manufactured



CARACTERIZACIÓN DE PELÍCULAS DE SIGE AMORFOS PARA APLICACIONES EN MICROESTRUCTURAS MEMS

Actualmente, los sistemas micro electro mecánicos (MEMS) usan materiales basados en polisilicio, el cual es fabricado usando

using compatible processes with the technology of integrated circuits (CI's). The process includes deposits of dielectric, sacrifice and polysilicon layers to form the suspended mechanical structures.

The polysilicon is deposited 650 °C of temperature and has excellent mechanical properties for applications in microsystem. However, in several cases, the additional thermal treatments for polysilicon and doped temperature are very high for the current circuits integrated.

Because of the reasons mentioned above, intends to use amorphous materials, which could be obtained at low temperature (200-300°C) when it is deposited by the method of plasma (PECVD) and it is also compatible with the process of C.I. In this work, we present the results of the optic characterization of the SiGe:H, microraman and photoluminescence spectrum, for the application in microstructure MEMS.

Keywords: optoelectronics materials, thin films.



DESIGN, FABRICATION AND CHARACTERIZATION OF OPTICAL WAVEGUIDES USING COMBINATION OF HYDROGENATED AMORPHOUS SILICON GERMANIUM AND HYDROGENATED AMORPHOUS SILICON NITRIDE FILMS

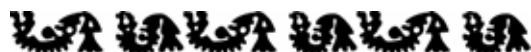
W. Hernández, I. Zaldívar, C. Zuñiga, A. Torres, A. Itzmoyotl
INAOE. Mexico.
wwhm@inaoep.mx

Currently, silicon optoelectronic integrated circuits have the advantage of using well-developed silicon technologies to achieve optical waveguides (OWG). Waveguides are appropriate structures fabricated by deposited dielectric layers with suitable refractive indices, for example, Si₃N₄/SiO₂/Si or doped SiO₂/SiO₂/Si.

procesos compatibles con la tecnología de circuitos integrados (CI's). El proceso incluye depósitos de capas dieléctricas, sacrificio y polisilicio para formar las estructuras mecánicas suspendidas.

El polisilicio es depositado a 650 °C de temperatura, tiene excelentes propiedades mecánicas para aplicaciones en microsistemas. Sin embargo, en varios casos la temperatura de dopado y tratamientos térmicos adicionales del polisilicio, resultan demasiado altas para los circuitos integrados actuales. Por lo anterior, se propone utilizar materiales amorfos, cuya obtención es a baja temperatura (200-300°C) al depositarse por el método de plasma y también es compatible con el proceso de Circuitos Integrados (C.I.). En este trabajo se presentan los resultados la caracterización óptica de las películas de SiGe:H, microraman y espectro de fotoluminiscencia para la aplicación en microestructuras MEMS.

Palabras clave: materiales optoelectrónicos, películas delgadas.



DISEÑO, FABRICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE GUÍAS DE ONDA ÓPTICAS UTILIZANDO UNA COMBINACIÓN DE PELÍCULAS DE SILICIO-GERMANIO AMORFO HIDROGENADO Y NITRURO DE SILICIO AMORFO HIDROGENADO

Actualmente, los circuitos integrados optoelectrónicos fabricados en silicio tienen la ventaja de utilizar una tecnología altamente desarrollada para fabricar guías de onda ópticas (OWG, Optical Waveguides). Las OWG's son estructuras obtenidas mediante el depósito de películas cuyos índices de refracción sean los adecuados, por ejemplo,

However, currently technological efforts are focused into optical waveguides operating in the infrared region due to its compatibility with the optical transmission windows (1.3 and 1.55- μm). In this way, the use of Hydrogenated Amorphous Silicon Germanium (a-SiGe:H), and Amorphous Silicon Nitride (a-Si₃N₄:H) as materials for the realization of OWG is an attractive option because of presents transparency on IR region, are a direct gap materials, also electrical, optical, and structural properties such as, refractive index, energy gap can be tailored by varying fabrication processes. In this paper, we report the conditions to obtain a-SiGe:H and a-Si₃N₄:H films with the refractive index between 3.6 and 4.1. By means of numerical simulations we propose a planar optical waveguide structure using the films previously obtained. Finally, OWG are fabricated and optically characterized. a-SiGe:H films were deposited on crystalline silicon by Low Frequency Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition (LF-PECVD) technique in a planar reactor. The gases used were SiH₄, GeH₄ and hydrogen as dilutor gas. The ratio germanium content was varied from 0.25, 0.33, and 0.66. Under these conditions, we have obtained films with 1 μm of thickness. The a-Si₃N₄:H film was deposited by using the same technique LF-PECVD using SiH₄ and N₂, obtaining a thickness of 0.5 μm and a refraction index of 2.0 approximately. Thickness and refractive indices were measured using a Ellipsometer. Because OWG must to satisfy some requirements such as: low-losses, monomodal propagation, and high coupling efficiency to optical fibers we propose the design of a simple step-index planar optical waveguides and a RIB waveguide using these films. In all the cases we are using silicon as substrate whereas a-SiGe:H and a-Si₃N₄:H films play the role of core and cladding, respectively (Fig. 1).

We have used ATLAS device simulation package from SILVACO in order to calculate the guided modes over the parameters expected from fabrication process. Fig. 2 shows the fundamental mode simulation for the planar optical waveguide, the strong light confining due to high index contrast (HIC) is enough, there is no

Si₃N₄/SiO₂/Si o SiO₂(dopado)/SiO₂/Si. Actualmente los esfuerzos tecnológicos se enfocan a OWG's que operen en la región del infrarrojo (IR) debido a su compatibilidad con las ventanas de transmisión (1.3 y 1.55- μm). En este sentido, el uso de Silicio-germanio-amorfo-hidrogenado (a-SiGe:H), y Nitruro de silicio-amorfo (a-Si₃N₄:H) como materiales para la fabricación de OWG's es una opción atractiva debido a su transparencia en la región del IR, su banda directa, y a que el índice de refracción y banda prohibida pueden ser ajustados por medio de la variación de proceso. Se reportan las condiciones para obtener películas de a-SiGe:H y a-Si₃N₄:H cuyos índices de refracción estén entre 3.6 y 4.1. Mediante el uso de simulaciones numéricas, se propone una estructura de OWG's planar utilizando las películas obtenidas. Las OWG's son fabricadas y caracterizadas ópticamente. Las películas de a-SiGe:H se depositan en silicio cristalino mediante el uso de la técnica LF-PECVD (Low Frequency Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) en un reactor planar. Los gases utilizados fueron SiH₄, GeH₄ e Hidrogeno como gas diluyente. El contenido de germanio fue de 0.25, 0.33 y 0.66. Se obtuvieron películas de 1- μm de grueso. La película de a-Si₃N₄:H fue depositada utilizando SiH₄ y N₂, obteniendo un grueso de 0.5- μm e índice de refracción de 2.0. Los gruesos e índices de refracción fueron medidos mediante un elipsómetro. Las OWG's deben poseer bajas pérdidas, propagación monomodal, y alta eficiencia de acoplamiento a las fibras ópticas, por lo que se propone el diseño de OWG's planares de índice a pasos así como del tipo RIB utilizando estas películas. Se usa silicio como sustrato, y el a-SiGe:H y a-Si₃N₄:H son el núcleo y recubrimiento, respectivamente (Fig. 1).

El paquete de simulación ATLAS de SILVACO permite calcular los modos guiados sobre los parámetros esperados del proceso de fabricación. La Figura 2 corresponde al modo fundamental para una OWG planar, la luz es confinada debido al alto valor de contraste de índices (HIC, High Index Contrast), no existen pérdidas radiativas debido a las películas de la parte

radiative losses due to the top and low films, regions 1, 2, and 3 are a-Si₃N₄:H/a-SiGe:H/a-Si₃N₄:H with refractive index of 2.0, 3.90, and 2.0, respectively.

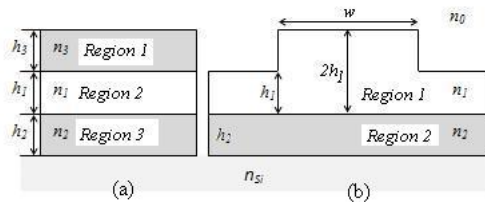


Fig. 1. (a) Simple step-index planar OWG structure, (b) RIB structure

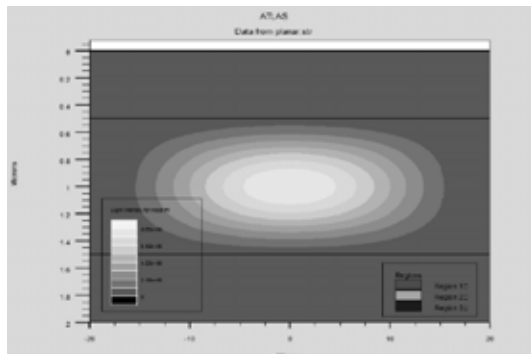


Fig. 2. HIC Planar structure, from top to bottom the materials are a-Si₃N₄:H/a-SiGe:H/ a-Si₃N₄:H.

Keywords: integrated optical, optical waveguides, amorphous silicon germanium, silicon nitride.



PREPARATION OF GaP NANOWIRES USING CSV T TECHNIQUE

C. Felipe¹, P. Zaca, F. Chávez², O. Goiz³, R. López⁴, K. Sapag⁴, M. Nazzarro⁴

¹CIEMAD-IPN. Mexico.

²ICUAP-BUAP. Mexico.

³CINVESTAV-IPN, Mexico.

⁴INFAP-UNSL. Argentine.

cfelipe98@gmail.com

Recently, many efforts are devoted to the study of gallium phosphide materials (GaP) due to their unique physical and chemical properties that can be applied in nano-

superior e inferior. Las regiones 1, 2, y 3 son a-Si₃N₄:H/a-SiGe:H/a-Si₃N₄:H con índices de refracción de 2.0, 3.90, y 2.0, respectivamente.

Fig. 1. (a) Estructura planar OWG simple de índice a pasos, (b) Estructura RIB.

Fig. 2. Estructura planar HIC, de arriba a abajo los materiales son a-Si₃N₄:H/a-SiGe:H/ a-Si₃N₄:H.

Palabras clave: óptica integrada, guías de onda ópticas, silicio-germanio amorfo, nitrato de silicio.



PREPARACIÓN DE NANOALAMBRES DE GaP USANDO LA TÉCNICA CSV T

Recientemente se realizan esfuerzos por estudiar el fosforo de galio (GaP) debido a sus propiedades físicas y químicas únicas, que pueden ser aplicadas en dispositivos

electronics, nano-optoelectronics, nano-sensors, and nano-magneto-optical devices. GaP is an essential material within the III–V group of semiconductor elements, with an indirect energy-band gap of 2.26 eV at room temperature. Under this context, in the present work, we have employed the close-spaced vapor transport technique (CSVST) in order to produce GaP. The morphologies of GaP nanostructures generated through this simple CSVST method are discussed. The formation and growth of the foregoing nanostructures were monitored by means of scanning electron microscopy (SEM), energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS), X-ray diffraction (XRD), and solid-state nuclear magnetic resonance (NMR).

Keywords: nanowires, GaP, semiconductor.

nano-electrónicos, nano-óptoelectrónicos, nano-sensores y nano-magneto-ópticos. El GaP es un material semiconductor perteneciente al grupo III-V con una energía de banda prohibida indirecta de 2.26 eV a temperatura ambiente. En este contexto, en el presente trabajo, hemos empleado la técnica de transporte de vapor a distancia cercana (CSVST, por sus siglas en inglés) con la finalidad de sintetizar GaP. Las morfologías de las nanoestructuras de GaP sintetizadas por éste simple método CSVST son discutidas. La formación y crecimiento de las nanoestructuras anteriores fueron monitoreadas por medio de microscopía electrónica de barrido (SEM), espectroscopía de dispersión de energía de rayos-X (EDS), difracción de rayos-X (XRD) y resonancia magnética nuclear de estado sólido (NRM).

Palabras clave: nanowires, GaP, semiconductor.



SYNTHESIS OF POLYMER DISPERSED MATERIAL BY USING SU-8 PHOTORESIST AND 5CB LIQUID CRYSTAL

M. Torres^{1,2}, P. LiKamWa¹, D. May³,
O. Ibarra²

¹CREOL. EUA.

²Universidad de Guanajuato. Mexico.

³ UAM Reynosa Rodhe. Mexico.

mtorres@salamanca.ugto.mx

Discovered more than 100 years ago, the properties of liquid crystals (LC) have been extensively investigated for different applications [1]. The non linear properties of LC have been widely investigated [2] and practically all non linear optical phenomena have been observed [3]. Nevertheless, there is a kind of material where LC are involved which we are particularly interested, mainly because of its potential application in micro-fabrication. We are talking about Polymer Dispersed Liquid Crystals (PDLC). The PDLC are materials made of liquid crystal



SÍNTESIS DE POLÍMEROS DISPERSOS MEDIANTE EL USO DEL FOTORRESIST SU-8 CON EL CRISTAL LÍQUIDO 5CB

Descubiertas hace más de 100 años, las propiedades de los cristales líquidos (LC) han sido extensamente investigadas para diferentes aplicaciones [1], incluyendo las no lineales [2], en donde ya prácticamente la mayoría de los fenómenos ópticos no lineales han sido observados [3]. Sin embargo, existe una clase distinta de material donde los LC están involucrados y en el cual nosotros tenemos un particular interés, principalmente por su potencial aplicación en micro-fabricación. Nos referimos a los polímeros con cristal líquido

mixed with a polymer. Depending on the fabrication method and the type of polymer used, it results on a polymeric matrix hosting Liquid Crystals droplets with diameters ranging from micron, submicron or nanometer. They are a very peculiar composite materials made out of a usually isotropic solid binder and embedded anisotropic liquid droplets. The inclusion of transparent electrodes on the PDLC generates more interesting properties about the reorientation of the droplets which can be accomplished with either light or external voltage. Although Displays are the most recurrent topic of PDLC research, nonlinear properties in PDLC have been also investigated over the last decade. Our work focus on other possibilities about this topic which could be used to obtain enhanced nonlinear phenomena, observation of previously obtained non linear phenomena but using less laser intensity, and the use of these novel materials to build new integrated devices. In this work we report for first time, to our best knowledge, the synthesis of a PDLC by using the polymer SU-8 and the 5CB liquid crystal. We have characterized the droplets size formation, depending on different variables during the synthesis, Fig. 1. The advantage of PDLC synthesized by this method rely on the fact that integrated waveguides can be easily fabricated on top of Si wafers (Fig. 2), which can pave the way or the design of novel integrated photonic devices.

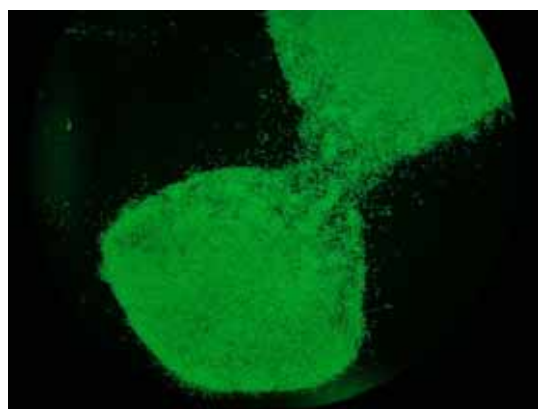


Fig.1. Droplets formation in the PDLC.

disperso (PDLC). Los PDLC son materiales hechos de cristal líquido mezclados con un polímero. Dependiendo del método de fabricación y del tipo de polímero usado, se produce una matriz polimérica que contiene gotas de cristal líquido cuyo tamaño puede variar desde micras hasta nanómetros. Este peculiar tipo de materiales usualmente están constituidos de una base sólida e isotrópica que tiene embebidas gotas líquidas de cristal líquido anisotrópicas. La inclusión de electrodos transparentes en ellos, abre la puerta a una mayor cantidad de interesantes propiedades al considerar la reorientación de las gotas, lo cual puede ser llevado a cabo por medio de un haz de luz o por la aplicación de voltaje externo. A pesar de que las pantallas representan el tópico más recurrente en las investigaciones de PDLC, las propiedades no lineales en PDLC han sido también ampliamente investigadas en la última década. Nuestro trabajo se enfoca sobre otras posibilidades existentes acerca de este tópico el cual pudiera ser utilizado para amplificar fenómenos no lineales, para observar fenómenos no lineales previamente observados, pero utilizando menor potencia, así como el usar estos nuevos materiales para la construcción de nuevos dispositivos integrados. En este trabajo reportamos por primera vez, a nuestro mejor entender, la síntesis de un PDLC usando el polímero SU-8 con el cristal líquido 5CB. En él hemos caracterizado el tamaño de las gotas formadas en el proceso, el cual depende de distintas variables durante la síntesis, Fig. 1. La ventaja de sintetizar PDLC por este método radica en el hecho que implica la gran facilidad de fabricación de guías de onda integradas sobre obleas de Silicio (Fig. 2), lo que podría abrir la opción de diseñar nuevos dispositivos fotónicos integrados.

Fig.1. Formación de gotas en el PDLC.

Fig. 2. Guiado de luz en el PDLC.

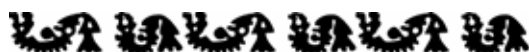
Palabras clave: polímeros dispersos, síntesis, microfabricación, cristales líquidos, PDLC.



Fig. 2. Light waveguide in a PDLC planar waveguide.

- [1] P. G. de Gennes and J. Prost, *The physics of Crystal Liquids*: Oxford Press, 1974.
- [2] F. Simoni, *Nonlinear Optical Properties of Liquid Crystals* vol. 2. Signapure, 1979.
- [3] I. C. Khoo, "Nonlinear optics of liquid crystalline materials," *Physics Reports-Review Section of Physics Letters*, vol. 471, pp. 221-267, Feb 2009.

Keywords: polymer dispersed, synthesis, microfabrication, liquid crystal, PDLC.



PRINCIPAL COMPONENTS ANALYSIS APPLICATION TO A PH SENSOR BASED ON LONG PERIOD GRATINGS IN OPTICAL FIBER

S. Rosete¹, G. Beltrán², J. Castillo²,
S. Muñoz²

¹Ben. Univ. Autónoma de Puebla. Mexico.
smunoz@fcfm.buap.mx

Spectrometry requires the use of a special measurement system; however, such system can be substituted by using a conventional photodetector coupled with a tunable laser diode and together with the use of some multivariate techniques such as principal components analysis, which allows obtaining information of the complete



APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES A UN SENSOR DE PH CON REJILLAS DE PERIODO LARGO EN FIBRA ÓPTICA

El uso de espectrometría requiere de la aplicación de un sistema especial de medición, sin embargo, esto se puede sustituir utilizando un fotodetector convencional acoplado con un diodo sintonizable en conjunto con diversas técnicas de multivariables tales como el análisis de componentes principales, lo cual

spectrum losing the least amount of information. In the present work, pH level measurements in an aqueous solution by a sensor based on a long period grating (LPG) in optical fiber fabricated by the electric arc technique. The portion of the fiber where the LPG is located was covered with a organic dye:TiO₂ sensing film deposited by the sol-gel method. Results for the organic dyes coumarin and rhodamine 6G in the ranges of pH levels from 2 to 12 are presented.

Keywords: principal components analysis, pH sensor, long period grating.

permite obtener información del espectro completo y con lo que se puede realizar dicho análisis sin gran pérdida de información. En el presente trabajo se realizaron mediciones de niveles de pH en una solución acuosa por medio de un sensor a base de una rejilla de periodo largo en fibra óptica, la cual se fabrica por la técnica de arco eléctrico. La región de la fibra donde se encuentra la rejilla se recubre con una capa sensible de TiO₂ dopada con un colorante orgánico por medio de la técnica de sol-gel. Se presentan resultados para los colorantes coumarin y rodamina 6G para rangos de pH de 2 a 12.

Palabras clave: análisis de componentes principales, sensor de pH, rejilla de periodo largo.



OBTAINING OF SEMICONDUCTOR LAYERS FOR ITS APPLICATION IN POLLUTION ATMOSPHERIC DETECTION

Y. Bravo^{1,3}, P. Rodríguez², J. Mendoza², J. Herrera¹, E. Reynoso³, J. Dávila³, E. Molina³

¹CICATA-IPN. Mexico.

²CINVESTAV-IPN.Mexico.

³BUAP. Mexico.

ybravog0900@ipn.mx

The polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH's) are atmospheric pollutants, and has been in special attention for the possible adverse effect on human health. The PAH's are present in the atmosphere in form gaseous; PAHs known for their carcinogenic and mutagenic properties; between the species more dangerous for the health were the benz[a]anthracene, the methylbenzene, the benzo[a]pyrene and others. The PAH's belong to organic pollutants with functional groups containing aromatic rings that relies in absorption bands in the infrared range around 3 microns.

In this work we propose study and



OBTENCIÓN DE PELICULAS SEMICONDUCTORAS PARA SU APLICACIÓN EN DETECCIÓN DE CONTAMINANTES ATMÓSFERICOS

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH's) son contaminantes atmosféricos y han sido intensamente estudiados porque algunos de esos componentes son altamente cancerígenos. Los PAH's se presentan en la atmósfera en forma gaseosa; entre las especies más nocivos para la salud se encuentran el benzoantraceno, el tolueno, la benzopirina, entre otras. Los PAH's pertenecen a los contaminantes orgánicos con grupos funcionales que contienen anillos aromáticos que absorben radiación en el infrarrojo alrededor de 3 micras.

En este trabajo se propone el estudio y desarrollo de nuevos materiales

development new semiconductors materials in form of layers with capacity of detecting in the infrared region of interesting. We focus on films semiconductors of InAsSb, with adequate composition these can absorb light in range between 0.8 to 4.3 microns; these layers will be used to fabricate infrared photodetectors at room temperature, which give advantages with respect to detector based in HgTeCd. From an examination of an absorption spectrum, can be identified the PAH's

The layers growth was carried out with the technique liquid phase epitaxy (LPE) with temperature around to 610 C. For the characterization its optical properties we have used the techniques diffraction ray-X, Raman spectroscopy, photoacoustic, scattering electron microscopy (SEM) and atomic force microscopy (AFM); for all growth conditions.

Keywords: InAsSb, semiconductor, optical properties, LPE.

semiconductores en forma de película capaces de detectar gases atmosféricos en la región infrarroja de interés. Nos enfocamos en películas semiconductoras de InAsSb, con la composición adecuada estas películas pueden absorber luz en el rango que va de 0.8 a 4.3 micras; lo que nos permitirá desarrollar un detector semiconductor en infrarrojo a temperatura ambiente, lo cual presenta ventajas con respecto a los tradicionales detectores basados en TeCdHg. A partir del examen de un espectro de absorción, es posible identificar los PAH's. Las películas fueron crecidas por la técnica de epitaxia en fase líquida (LPE) a una temperatura alrededor de 610 C. Para caracterizar sus propiedades ópticas, estructurales y la calidad de la interface entre la película y el sustrato se emplearon las técnicas de difracción de rayos X, espectroscopia Raman, fotoacústica, microscopía electrónica de barrido (SEM) y de fuerza atómica (AFM); todo ello bajo las diversas condiciones de crecimiento usadas.

Palabras clave: InAsSb, semiconductor, propiedades ópticas, LPE.



DETERMINATION OF THE EMISSION PATTERN OF AN ALUMINUM NITRIDE TARGET FOR RADIO FREQUENCY DUAL MAGNETRON SPUTTERING

**G. Gálvez^{1,2}, S. Zitzlsberger²,
R. Weingärtner^{1,2}, J.A. Guerra¹,
O. Erlenbach^{1,2}, F. De Zela¹,
A. Winnacker²**

¹PUCP. Peru.

²University of Erlangen. Germany.

películas@fisica.pucp.edu.pe

The wide bandgap semiconductors silicon carbide (SiC) and aluminum nitride (AlN) are of increasing interest in research and development due to their potential for example in optoelectronic device applications. In addition, it is highly



DETERMINACIÓN DEL PATRON DE EMISIÓN DE UN TARGET DE NITRURO DE ALUMINIO PODUCIDO POR RADIO FRECUENCIA MAGNETRÓN SPUTTERING

Los semiconductores de banda prohibida amplia como el carburo de silicio (SiC) y nitruro de aluminio (AlN) son de creciente interés en la investigación y el desarrollo debido a su potencial. Por ejemplo, en aplicaciones de dispositivos opto

desirable to control the bandgap of a semiconductor which can be achieved with semiconductors solid solutions. For instance, the band-gap of the pseudobinary amorphous compound $(\text{SiC})_{1-x}(\text{AlN})_x$ covers the range from 1.2 eV to 3.5 eV by varying the composition x from zero to one. The amorphous state has the advantage to relax optical selection rules and furthermore its production is more convenient.

In this context we produce thin AlN films by radio frequency magnetron sputtering from highly pure AlN target. The target is mounted below the substrate holder such that their position can be adjusted almost arbitrarily inside the vacuum chamber. We present the details of our film production procedure, i. e. the determination of the emission pattern of the AlN target as a function of the process parameters like target-sample distance, RF power, sputtering rate and process gas pressure. The emission pattern is determined by means of the thickness distribution of the deposited material obtained from optical transmission measurement. Holding a set of process parameters constant and only varying the target-sample distance a three dimensional emission pattern of each target can be determined which allows us to predict the thickness distribution for any process parameter and target geometry.

Keywords: semiconductors, aluminum nitride, band-gap, magnetron sputtering, emission pattern.

electrónicos. Así también, es muy conveniente controlar el bandgap de un semiconductor lo cual puede lograrse con semiconductores de estado sólido. Por ejemplo, el compuesto seudo binario amorfo $(\text{SiC})_{1-x}(\text{AlN})_x$ cubre el rango de 1,2 a 3,5 eV, mediante la variación de la composición x de cero a uno. El estado amorfo tiene la ventaja de flexibilización de las normas de selección óptica, además de ser su producción más conveniente.

En este contexto, producimos películas delgadas de AlN por magnetron sputtering de radio frecuencia a partir de un target de alta pureza de AlN. El target está montado debajo del substrato de tal manera que su posición se puede ajustar casi arbitrariamente dentro de la cámara de vacío. Se presentan los detalles del procedimiento de producción de las películas, como la determinación del comportamiento de la emisión del target de AlN en función de los parámetros del proceso, como la distancia al blanco-muestra, la potencia de RF, la tasa de pulverización y la presión de gas de proceso. El patrón de emisión es determinado por medio de la distribución del espesor del material depositado, obtenidos de la medición de la transmisión óptica. Manteniendo un conjunto de parámetros del proceso constante y solo variando la distancia del target a la muestra se puede determinar el patrón de emisión tridimensional lo que nos permite predecir la distribución del espesor para cualquier parámetro del proceso y geometría dada.

Palabras clave: semiconductores, nitrato de aluminio, bandgap, patrón de emisión, magnetron sputtering.



A CLASSICAL INTERPRETATION OF THE THEORY OF LINES ON THE NONLINEAR REFRACTIVE INDEX

K. Yukimitu, W. Alves

*Univ. Estadual Paulista Julio de Mesquita
Filho, Brazil.*

keizo@dfq.feis.unesp.br

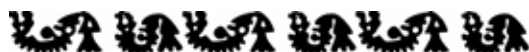
The subject of this work is to present a review of the statement made by Lines to obtain the nonlinear refractive index n_2 . Specifically, from the relation between the first and third order susceptibilities obtained by Lines it was shown that the expression for n_2 can be obtained no need to use the quantum expression of the first order susceptibility. This expression can be formulated taking into account a correction due to the local field f in the classical equation for the polarization given by:

$$P = \chi^{(1)} E_0 \cos(\omega t - k z) \chi^{(3)} E_0^3 \cos^3(\omega t - k z)$$

and obtaining the equation for the nonlinear index:

$$n_2 = \left(\frac{3}{8} \frac{c \mu_0}{n_0^2} \right) \left(\frac{e^2 f^3 d^2 (n_0^2 - 1)}{E_s^2} \right) \left(\frac{D}{2(1 - S^2)} \right)$$

Keywords: refraction index, polarization.



OPTICAL RECORDING MECHANISMS IN PHOTOREFRACTIVE SILLENITE CRYSTALS

**J. Frejlich¹, V. Jerez², R. Montenegro¹,
I. De Oliveira¹**

¹*Univ. Estadual de Campinas, Brazil.*

²*Univ. Industrial de Santander, Colombia.*
frejlich@ifi.unicamp.br

Holographic recording and erasure in Vanadium-doped titanosillenite crystals at room temperature showed a fast and a slow component, that are related to hole-electron competition of photosensitive nature. Same experiments carried out in the 30-120°C

temperature range but on undoped titanosillenite crystals showed the presence of a fast photosensitive electron-based hologram and a slower non-photosensitive ionic-based one. The activation energy associated to the fast hologram is 0.87 eV whereas the slow ionic-based hologram showed two activation energies (0.72 eV and 1.2 eV) in two different temperature ranges. We believe that the participation of photosensitive hole- and electron-donor centers together with non-photosensitive positive ions in the recording process is a general feature common to all sillenites whether doped or not, with differences arising from their different nature and from the nature of the doping elements.

Keywords: optoelectronic materials.



OPTICAL AND MAGNETO-OPTICAL RESPONSES OF PLASMONIC COMPOSITE STRUCTURES WITH GOLD PARTICLES AND GARNET THIN FILM

H. Uchida¹, Y. Mizutani², M. Inoue²

¹*Tohoku Institute of Technology, Japan.*

²*Toyohashi University of Technology, Japan.*
uchida_hn@tohotech.ac.jp

Localized surface plasmon resonance (LSPR) is excited by coupling between light and electron wave in noble metal particles. A bismuth-substituted yttrium iron garnet (Bi:YIG) is a magneto-optical (MO) material for visible and infrared light regions, however, MO response is not that large for application of MO thin film devices. In the past, we demonstrated enhancement of MO effects by the Bi:YIG composite films with randomly arranged Au particles [1, 2], which are associated with the LSPR. In this study, we prepared periodically arranged Au particles by using the electron beam lithography and measured optical and magneto-optical responses of plasmonic composite structure with Au particles and Bi:YIG.

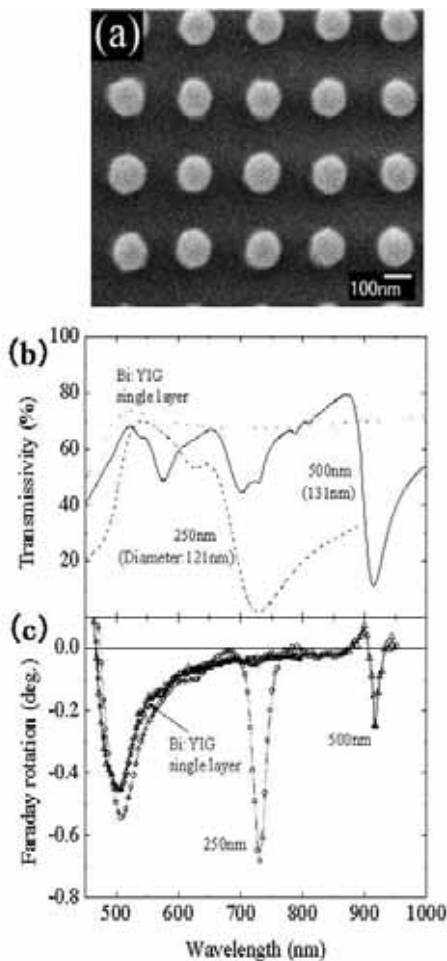


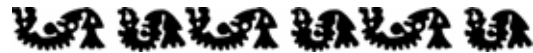
Fig. 1 (a) SEM image of square-arranged Au particles. (b) Transmissivity and (c) Faraday rotation spectra of square-arranged Au particles / Bi:YIG composite films.

Fig. 1(a) shows an example of square-arranged Au particles on a quartz substrate: periodicity of 250 nm and Au diameter of 121 nm. The Au particles on the substrate were covered by a Bi:YIG thin film deposited by the RF magnetron sputtering method. Fig. 1 (b) shows transmittance spectrum of plasmonic composite films with squarely arranged Au particles with periodicities of 250 and 500 nm. In the spectra there were several absorption bands induced by the LSPR. At the large absorption bands appeared at a wavelength of 730 nm for the periodicity of 250 nm and at 920 nm (periodicity: 500 nm), Faraday rotation angles were enhanced to -0.68 deg. and -0.25 deg., comparing with Faraday rotation of 0.04 deg. for a single Bi:YIG film with same film thickness of 60 nm as shown in Fig. 1(c).

In plasmonic composite structures with rectangular arranged Au particles, enhancement of Faraday rotation were observed at LSPR wavelengths. Furthermore, larger enhancement was observed at between two resonant wavelengths corresponding to short and long sides of rectangular structures.

- [1] H. Uchida, Y. Masuda, R. Fujikawa, A. V. Baryshev, and M. Inoue, *J. Mag. Mag. Mat.* 321, 843-845 (2009).
- [2] Y. Mizutani, H. Uchida, Y. Masuda, A. V. Baryshev and M. Inoue, *J. Mag. Soc. Jpn.* 33, 481-484 (2009).

Keywords: localized surface plasmon resonance, magneto-optical effect.



EFFECTIVE OPTICAL RESPONSE OF NANOSTRUCTURED METAMATERIALS

B.S. Mendoza¹, G. Ortiz²,
B.E. Martínez-Zérega^{1,3}, W.L. Mochán⁴

¹CIO, Mexico.

²Univ. Nac. del Nordeste, Argentina.

³Univ. de Guadalajara, Mexico.

⁴Univ. Nac. Autónoma de México, Mexico.
bms@cio.mx

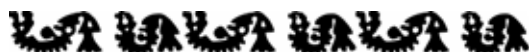
We use a homogenization procedure for Maxwell's equations in order to obtain in the local limit the frequency dependent macroscopic dielectric response tensor $\epsilon_{ij}^M(\omega)$ of a nanostructured metamaterials made of a matrix with inclusions of any geometrical shape repeated periodically with any lattice structure [1]. We illustrate the formalism calculating $\epsilon_{ij}^M(\omega)$ for several structures. For dielectric rectangular inclusions within a conducting material we obtain an anisotropic response which may change from conductor-like at low ω to dielectric-like with resonances at large ω , attaining a very small reflectance at intermediate frequencies which can be tuned through geometrical tailoring. A simple explanation allowed us to predict and

confirm similar behavior for other shapes, even isotropic, for metamaterials close to the percolation threshold.

We acknowledge inspiring discussions with Peter Halevi and Felipe Pérez-Rodríguez. This work was partially supported by DGAPA-UNAM grant IN120909 (WLM), by CONACyT grants 48915-F (BMS) and J49731-F (BEMZ) and by ANPCyT grant 190-PICTOUNNE (GPO).

- [1] G. Ortiz, B. Martínez, B. Mendoza and W.L. Mochán, Phys. Rev. B 79, 245132 (2009).

Keywords: optical properties, meta-materials, nanosystems.



HOLOGRAPHIC CHARACTERIZATION AND APPLICATIONS OF PHOTOREFRACTIVE ORGANIC POLYMERS BASED ON CYANO AND NITRO NON-LINEAR CHROMOPHORES

V. Herrera¹, J. Maldonado¹,
M. Rodríguez¹, G. Ramos¹, D. Rodríguez²,
M. Meneses¹, O. Barbosa¹, R. Santillán³,
N. Farfán⁴

¹CIO. Mexico

²Universidad de Guanajuato. Mexico.

³CINVESTAV- IPN. Mexico

⁴UNAM, Mexico.

jlmr@cio.mx

Photorefractive (PR) polymers have been investigated intensively for potential applications in dynamic volume holography, phase conjugated mirrors, image amplification, etc.^{1,2} We report new highly efficient organic photorefractive polymers based on aryl-cyano and aryl-nitro non-linear chromophores [(4-(diethylamino)-2-hydroxybenzylideneamino]benzonitrile (CN-C-OH) and [4-(diethylamino)benzylideneamino]benzonitrile (CN-S-OH) as well as the arylimine derivative [4-

(diethylamino)benzylideneamine]-4-nitrobenzene (I6). The PR polymer blends are composed by the photoconductor poly(9-vinylcarbazole) and plasticizer 9-ethylcarbazole PVK:ECZ matrix, as well as the sensitizers C₆₀ or Alq₃. PR samples with concentrations of 20, 25, and 30 wt. % of chromophores were prepared. Holographic experiments in a tilted four wave mixing geometry (FWM) were carried out by using a 10 mW He-Ne laser (632.8 nm). The experiments were performed at room temperature to measure the electric field steady-state diffraction efficiency dependence of the PR composites. High diffraction efficiency up to 80 % was observed for polymers based on cyano substituents at 25 wt. % doping level and an external applied electric field around 62 V/μm. Demonstrations of fast reversible holographic imaging and optical phase conjugation are presented.

- [1] S. Tay et al., *Nature* **451**, 694-698 (2008).

- [2] J.L. Maldonado et al., *J. Phys. D: Appl. Phys.* **42**, 075102 (2009).

Acknowledgments: CONACyT.

Keywords: photorefractive polymers, dynamic holographic, NLO chromophores.



**PREPARATION AND
CHARACTERIZATION OF LOW-
CARBON IRON ULTRA-THIN FILMS
PRODUCED BY PULSED LASER
DEPOSITION**

**B. Cruz¹, H. Riascos², J. Torres¹,
A. García², J. Muñoz², L. Tirado³**

¹Univ. Tecnológica de Pereira. Colombia.

²Centro de Investigación y Estudios
Avanzados del I.P.N. Mexico.

³Universidad del Quindío. Colombia.

bacruz@utp.edu.co

We present structural and magnetic properties of carbon-iron ultra-thin films grown by Pulsed Laser Deposition (PLD) with varying C-Fe ratios. These ultra-thin films were grown with a Nd:YAG laser of $\lambda=1064$ nm on a substrate of Si/Si₃N₄ with a crystallographic orientation (400)/(101) using an elemental mixture of Fe and C of varying content (0, 2, 4, 6 and 8 at. %). The prepared thin films were characterized by Atomic Force Microscopy (AFM) on the surface and cross section revealing high quality ultra-thin films with an average thickness and roughness of 65 nm and 3 nm, respectively. No traces of oxidation were found from the chemical analysis by Energy Dispersion Spectroscopy during the analysis by Scanning Electron Microscopy in any of the films. By using Grazing Incidence X-Ray Diffraction (GIXRD) the C-Fe bcc structure in (110) orientation was identified. A growth of the lattice parameter from (0.2866 ± 0.0001) nm to (0.2874 ± 0.0001) nm was observed for C-Fe 2 at. % prepared film in comparison to pure iron. This increase in the lattice parameter is the evidence of the formation of interstitial solid solution of carbon atoms introduced to the iron structure. XRD and GIXRD analysis showed the existence of residual stresses on the film/substrate interface. The films showed ferromagnetic behavior as measured by Magneto Optical Kerr Effect (MOKE) at room temperature, having an average coercive magnetic field of 15 mT. The sample prepared with the 2 at. % of C showed a remarkable increase of the coercive field reaching values of about 29 mT.

Keywords: C-Fe, Pulsed Laser Deposition, Magneto Optical Kerr Effect.



**OPTICAL PROPERTIES
DEPENDENCE AS FUNCTION OF THE
TEMPERATURE IN AlN FILMS
DEPOSITED BY PLD**

**J. Pérez¹, H. Riascos¹, J. Caicedo²,
L. Yate³**

¹ Univ. Tecnológica de Pereira. Colombia.

²Universidad del Valle. Colombia.

³Universitat de Barcelona. Spain.

jaimeandres@ingenieros.com¹

Amorphous AlN films were deposited by laser ablation technique (PLD) using Nd:YAG laser ($\lambda = 1064$ nm). The films were deposited in nitrogen atmosphere as working gas, aluminum target using high purity (99.99%), films were deposited with laser fluence of 7 J/cm² for 10 minutes on silicon substrates with orientation (100), the working pressure was 7 mTorr and substrate temperature was varied from 200°C to 630°C. The thicknesses of the films were measured by profilometer; with 100 nm for all films, nitrogen pressure was 7 mTorr. The morphology and composition of the films were studied using scanning electron microscopy (SEM) and Energy Dispersive X-ray analysis, respectively. The optical reflectance spectra and color coordinates of the films were obtained by spectral reflectometry technique in the range of 400-900 cm⁻¹ by an Ocean Optics 2000 spectrophotometer. In this work, a clear dependence of the reflectance, dominant wavelength and color purity in terms of the applied temperature to the substrate. Therefore was observed a reduction in reflectance with 30% when the temperature is increased from 200°C to 630°C.

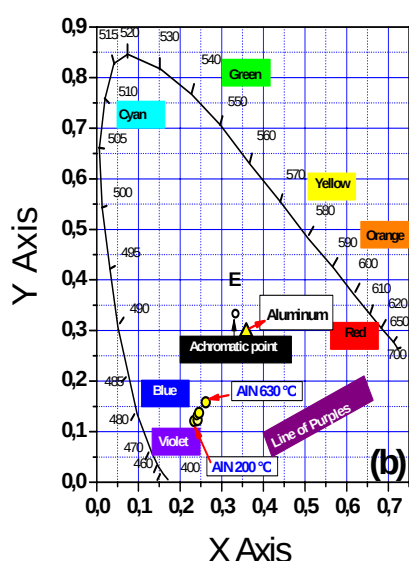
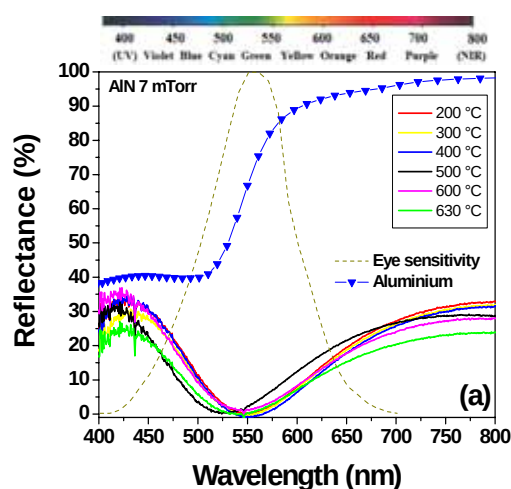
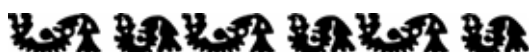


Figure1. Results dominant wavelength and color purity: (a) optical reflectance of AlN films deposited on Si (100) for different temperatures of substrate, optical reflectance of aluminum and the sensitivity of the eye is also represented as references. (b) Color diagram in X, Y coordinates for reflectivity in AlN films.

Keywords: Aluminum nitride, laser ablation, optical reflectance, color purity.



WOODS METAL AS A CATHODE AND XE LIGHT SOURCE FOR TESTING ORGANIC SOLAR (OPVs) CELLS SENSITIZED WITH FULLERENE PC₆₁BM

J. Salinas¹, J. Maldonado², M. Rodríguez¹, G. Ramos¹, M. Meneses¹, O. Barbosa¹, R. Santillan², N. Farfán³

¹CIO. Mexico.

²CINVESTAV del IPN. Mexico.

³UNAM. Mexico.

jlmr@cio.mx

The search for inexpensive and renewable energy sources is one of the most important challenges that the mankind is confronting^{1,2}. In this work we report on plastic solar devices (OPVs) of *bulk heterojunction* structure that were fabricated and tested following an approach that allows for easy and quick device implementation. OPVs cells were prepared by blending 6-Nitro-3-(E)-3-(4-dimethylaminophenyl)allylidene)-2,3 dihydrobenzo[d][1,3,2]oxazaborole (M1) and (E)-3-(4-Dimethylaminophenyl)allylidene)-2,3-dihydrobenzo[d]-[1,3,2]oxazaborole (M2), which are conjugated and non-linear molecules with low molecular weight, the well known photoconductor polymer MEH-PPV, and fullerene PC₆₁BM was employed as the sensitizer. The morphology and surface topography of thin polymer films prepared by using the spin coating technique was analyzed by Atomic Force Microscopy (AFM) and Scanning Electron Microscopy (SEM). For the electric contact, commercial and transparent indium tin oxide (ITO) deposited on glass slides was used, and a metal alloy of Pb/Bi/Cd/Sn as cathode (Woods metal), was easily deposited on the polymer film by melting the alloy at 75 °C. By using this simple, fast and inexpensive method of preparation with Woods metal as cathode instead of evaporated aluminum, the electrical performance of these OPVs cells is very acceptable considering the fast evaluation of promising materials: For those based on mixtures of M1 and MEH-PPV an open circuit voltage (V_{oc}) of ~ 700 mV and a short circuit current density (J_{sc}) of ~ 2.3 mA/cm² were measured.

- [1] Hoppe, H. et al., *Adv. Polym. Sci.*, **214**, 1-86 (2008)
[2] J.L. Maldonado et al., *Am. J. Phys.* **76**, 1130-1136 (2008).

Acknowledgments: CONACyT

Keywords: organic photovoltaics, organic semiconductors, bulk heterojunction, woods metal cathode.



AUTHOR INDEX

- Acedo Barbosa, E. 30, 56
Achete, C. 511
Acosta, M. 343
Aguayo, G. 343, 346
Agüero, M. 458
Aguilar Valdez, J.F. 83
Aguilar, G. 476
Aguilar, J. 354
Aguilar, J.F. 218, 296
Aguilar-López, J.C. 83
Aguirre-Aguirre, D. 295
Åkersson, S. 317
Akhmedzhanov, I.M. 113, 137
Alamo, N. 286
Alanís, E. 40
Alaniz, J. 476
Alcaraz, A.N. 372
Alcaraz, Y. 446
Alda, J. 499
Aldama, W. 481
Alean Vanegas, Á. 62
Ålebring, J. 377
Alejandro, D. 287
Alèn, B. 522
Alieva, T. 202, 226
Altamar, H. 236
Alvarado, E. 267, 268, 446, 480
Alvarado-Méndez, E. 279
Álvarez, M. 504, 527
Álvarez, N. 46
Álvarez-Borrego, J. 178, 201
Alves, W. 543
Alvira, F.C. 370, 381, 382
Amaya, D. 176, 201
Amaya, F. 351
Amézquita, R., 15, 74, 75
Anaice, R. 166
Andrade, J. 480
Andrade, J.A. 446
Andrade-Lucio, J.A. 279
Andrea, C. 287
Andrés, M.V. 362, 418, 455
Andrés, P. 95, 115, 141
Ángel, L. 104, 105, 225
Anguiano, M. 25, 134
Anguiano-Morales, M. 220, 220
Angulo, Y. 426
Antonio, J. 354
Anzano, J. 400
Aparecido, A. 463, 467
Apolinar Iribe, A. 276
Arabei, S. 474
Araiza, M. 115
Arasa, J. 264
Araujo M. 267
Araujo-Marcano M. 269
Arenas, G. 349
Argüello H. 175
Arias H., N.A. 19, 71, 72
Arias, A. 13, 16, 151, 504, 527
Arias, N.A. 19
Arismendi, F. 321
Arista, E. 309
Arizaga, R. 212, 250, 252, 254
Armas, I. 356
Armas, L. 516
Arriaga Petrona, J. 274
Arronte, M. 370, 388, 405, 446
Arroyo Carrasco, M.L. 145
Arroyo, M.L. 445, 448
Arteche Díaz, J. 259, 260
Arteche, J. 279, 309
Arteche, R. 279
Asavei, T. 410
Asenjo, A. 226
Asmad, M. 102, 395, 396
Aucallanchi, M. 179
Augier, A. 429
Augier, A.G. 76
Avendaño-Alejo, M. 85, 86
Avila, L.F. 49, 50, 52
Ayala, E. 426
Ayes de Campos, J. 228
Azcárate, M.L. 372, 383
Balbuena, A. 489
Balderas-Navarro, R.E. 284, 285, 297
Baldovino, O. 442
Baldwin, G. 102, 298, 299, 300, 395, 396
Ballarín, V. 198
Ballón, A. 433, 485
Baly, L. 279
Bañares, L. 35, 38
Bao, C. 512
Bará, S. 151
Baranov, D.V. 113, 137
Barba J., L. 190, 191
Barba, J. 179
Barba, L. 200
Barberis, P. 414
Barbosa, O. 423, 491, 545, 547
Barojas, E. 130
Barreda, C. 179
Barreiro, J.C. 217
Barreiro, N.L. 384
Barrera, J.F. 63, 185, 188, 197
Barrera, K. 480
Barrero, J. 350
Barrero, J.G. 34, 58, 168
Barreto, S. 467

- Barrientos, B. 130
Barros, C. 435
Bastiaans M.J. 202, 226
Bastidas, A. 331, 441
Basurto, M. 359
Batista, L.R. 213
Baumgardner, J. 318
Becerra, E. 487
Beleño, K. 471
Bellino, M. 420, 457
Bello-Gálvez, C. 400
Beltrán, A. S. 366
Beltrán, G. 356, 358, 539
Beltrán, J. 136
Beltrán-Pérez, G. 146, 146, 237
Benami, A. 416
Benítez, P. 283
Bernhardt, R. 246
Berriel Valdós, L.R. 83, 218
Berriel, L.R. 160
Bertolotti, M. 410
Bertuccelli, D. 378, 379, 380
Bertuccelli, G. 402
Bianchetti, A. 152, 310
Bilmes, G.M. 242, 247, 370, 371, 381
Bilmes, G.M. 382, 427
Blanco, J. 36, 98, 215
Blotta, E. 198
Bolaños M. 449
Bolognini N. 39, 174, 176, 177, 181, 182
Bolognini N. 188, 192, 197, 201
Boreman, G. 499
Borges, A. 388
Borges, B.V. 52
Bozhevolnyi, S.I. 113
Braga, R.A. 143
Bravo, K. 267, 328, 540
Brito, H. 511
Brito, I.V. 122
Brito, J.M. 33, 57
Bruce, N. C. 112, 135, 160, 311
Brydegaard, M. 317, 377
Bugarín, J. 36, 98
Bulus, L. 364
Burman, A. 523
Bustillo, A. 375
Cabanzo, R. 386, 387, 472
Cabrera, J. L. 388
Cáceres, J.O. 381
Caetano M. 235
Caetano, D.P. 144
Caicedo, J. 546
Calatayud, A. 95, 266
Calderón T. 392
Calderón, F. 326
Calvo, M. L. 38, 35, 226
Camacho, M.A. 450
Camacho, S. 450, 476
Camacho, V. 520
Cámara, A. 226
Camarillo García, E. 392
Camarillo, E. 374
Camas Anzueto, J. 261
Campos, J. 89, 93, 96, 532
Campos-García, M. 295
Canabarro, A. 365
Canales, B. 107
Cano, M. 450
Cantelar, E. 478
Cañas, G. 6, 422
Cañas-Cardona, G. 16, 20, 145
Cap, N. 212, 286
Capeluto, M.G. 9, 44
Carbone, N.A. 243
Cárdenas, A. 351
Cariñe J. 255
Carmichael, H.J. 414
Carneiro J.A.O. 275
Carranza Gallardo, J. 156
Carrasquilla, R. 425, 470, 473
Carrillo, S.I. 194
Carvalho, J.F. 117
Casaballe, N. 316, 321
Casanova, C. 266
Cascante, J. 455
Casillas, F.J. 86
Castaneda, B. 240
Castañeda, R. 6, 13, 16, 20, 127, 145, 208
Castañeda, R. 422, 504, 527
Castaño Galviz, W. 166
Castillo Butters, L.J. 280
Castillo, E. 505
Castillo, G. 476
Castillo, G. A. 366
Castillo, J. 234, 329, 356, 358, 539
Castillo, L.J. 396
Castillo-Mixcóatl, J. 146, 237
Castro L.M. 415
Castro-García, R. 284
Castro-Ramos, J. 81
Causado, J. 342
Causado-Buelvas, J.D. 6
Cavalcanti, S.B. 207, 211
Cavasso, R. 464, 465
Cebrián, P. 303
Cepero, T. 279, T. 309
Ceragioli, F. 336
Cervantes Petersen P.R. 156
Cescato, L. 49, 50, 52
Chacín, C. 387

- Chacón, C. 59, 60, 68, 184
Chau, J. 319
Chaves J. 283
Chaves, M.J. 143
Chávez Cerda, S. 144, 145
Chávez, F. 432, 433, 448, 485, 536
Cheang, J. C. 416, 417
Cheben, P. 35, 38
Chin, W. 474
Chirinos, J. 234
Chiu-Zarate, R. 86
Chreim, J. 464, 465
Cimmarusti, A.D. 414
Ciocci Brazzano, L. 310
Clemente, E. 141
Climent, V. 115
Codnia, J. 372, 383
Coello V. 296
Coello, R. 304, 484, 500
Colombo, E. 264
Comastri, S.A. 152, 310
Combarro Romero, A.M. 259, 260
Contreras, K. 23
Contreras, R. 65
Contreras, W. 472
Contreras, W.A. 386
Contreras-Tello, H. 82
Corcho Corcho, C.A. 259, 260
Cordeiro C.M.B. 144
Cordero, J. 171
Cordero-Dávila, A. 24, 28, 261, 262
Córdova, D. 102
Cornejo, A. 107, 110, 303
Cornelles, M. 434
Correa, N. 504
Correa, N.A. 6
Corregidor, D. 264
Cortés, R. 296
Costa Vera, C. 389, 391
Costa, C. 426, 427
Costa, J. 522
Costa, M.F.M. 196, 228, 275
Costanzo Caso, P. 363, 364
Costanzo, P. 341, 365, 526
Courjal, N. 346
Coyle, L. 491
Cremona, M. 511
Crépin, C. 474
Crespo, A. 416, 417
Criado, C. 286
Criollo, W. 256
Crossa Archiopoli, U. 277
Cruz Martínez, V.M. 274
Cruz, A. 516
Cruz, B. 289, 546
Cruz, J. 362
Cruz, J.L. 418, 455
Cruzata, O. 388
Cruz-Martínez, V.M. 293
Cuachitl Huitzil, J.Á. 274
Cuadrado, C. 418
Cuautle-Cortés, J. 262
Cucho, G. 179
Cunill Rodríguez, M. 260
Cuppo, F.L.S. 26
Cywiak, M. 295
D'Accurso, V. 385
D'Angelo, C.A. 402
D'Elia, R. 323, 325
Da Costa, W. 278
Da Cunha, M.V. 413
Dager, F. 234
Darias, J.G. 292
Dary Morantes M., L. 67
Dávila, A. 328
Dávila, J. 489, 540
Daza, A. 291
De Almeida, J.R. 143
De Anda, F. 507
De Araujo, L.E.E. 487
De Carvalho, C.A.A. 207
De Castro, M. 461
De Castro, M.P. 278
De la Cruz, L. 447
De la Fuente Carballo R. 301
De la Fuente, R. 90, 92
De la Fuente, X. 512
De la Hidalga-Wade, F. 505
De la Rosa Miranda, E. 83
De la Rosa, E. 393, 519
De la Rosa, M.I. 375, 398
De los Reyes-Rodríguez M. 292
De los Santos, O. 477
De Oliveira, G.N. 119, 125
De Oliveira, I. 120, 543
De Oliveira, J.B.B. 47
De Oliveira, M.E. 119
De Posada, E. 405, 446
De Sousa, E.A. 435, 439
De Souza, E. 335, 336, 360
De Zela, F. 433, 485, 509, 541
Del Valle, M. 381
Delgado, A. 421
Delgado, R. 515, 520
Delima, F. 403
Depine, R.A. 41
Desdín, L.F. 292
Desirena, H. 393, 519
Di Rocco, H.O. 243, 244, 247
Dianov, E. 339

- Días, C. 335
Díaz Pace, D.M. 402
Díaz R. 136, 303
Díaz, A. 151
Díaz, C. 350
Díaz, L. 519
Díaz, X. 291
Díaz-González, G. 81, 293
Díez, A. 362, 418, 455
Dissanayake, N. 512
Dodonov, A. 460, 490
Dogariu, A. 411
Domínguez, A. 135
Domínguez, R. 442
Domínguez-Guzmán, G. 146
Dorantes-García, V. 84, 88
Dorrío, B.V. 36, 98, 228, 275
Dos Santos P.A.M. 119, 125, 273
Dos Santos P.V. 117
Dos Santos, R.R. 211
Duchowicz, R. 341, 349, 364
Duisterwinkel, E. 44
Dultz, W. 278, 409
Duplaá, M.C., 42
Duque C. 531, 62
Durand, P.E. 22
Dvoyrin, V. 339
Echarri, R. 310
Eliçabe, G.E. 8
Endo, V. 235
Erlenbach, O. 509, 541
Escalona, R. 101
Escobar Romero, J.F. 274
Escobedo, M. 54
Escofet, J. 195, 214
Espejo, V. 378, 380
Estrada-Silva, F.C. 311
Estudillo-Ayala, J.M. 279
Facon J. 166
Fajer, V. 309
Farfán, N. 423, 545, 547
Felipe, C. 358, 432, 536
Fernández Yanes, S. 259, 260
Fernández, A. 234, 401
Fernández, H. 309
Fernández, R.C. 417
Ferreira, C. 30, 216
Fery, S. 429
Filadelpho, M. 463
Fimbres-Castro, C. 201
Fischer, I. 434
Flores Flores, J.O. 394
Flores, A. 179
Flores, M. 512
Flores, T. 388, 405, 446
Flores-Arias, M.T. 151
Flores-Romero, E. 393
Fonfría, C. 309
Fonseca, D. 267, 268
Fonseca, K.M. 73
Font, O. 53, 54
Fontanilla-Urdaneta, R.C. 147
Forget, E. 22
Forno, R. 326
Forte, G. 177
Francisco, D. 44
Francisco, Y. 234
Franco, S. 228
Fratello, V. 512
Frejlich J. 120, 543
Freytes, V.M. 383
Frins, E. 316, 321, 330
Frontini G.L. 8
Fuentes L.M. 398
Fuentes-Tapia, I. 8488, 147
Furlan, W.D. 41, 95, 176, 217, 266
Gabriel Valdivieso, L. 59
Galaup, J. 429, 474
Gale, D.M. 270
Galeano, J.A. 5
Galindo, M. 533
Gallinar, J. 486
Gálvez, E. 491
Gálvez, E.J. 230
Gálvez, G. 509, 541
Garay, J. 476
Garay, K. 451, 453
García I., A.F. 239
García Lara, C. 261
García Pérez, J. 261
García, A. 343, 346, 522, 546
García, D. 375
García, E.V. 448
García, H. 530
García, J. 30, 127, 357
García, J. H. 457
García, M. 279
García, M.A. 292
García, T. 479
García-Juárez, A. 294
García-Martínez, M. 297
García-Martínez, P. 216
García-Pérez, A. 279
García-Sucerquia, J. 15, 16, 18, 20, 21, 60
García-Sucerquia, J. 64, 70, 75, 208
García-Valenzuela, A. 26, 80, 82
Garduño-Mejía, J. 311
Garea, M.T. 42, 183, 310
Garzón, J. 62, 171, 172
Gaspar-Armenta, J.A. 27

- Gayou, V.L. 515
Gelh, M. 365
Gentil F., A.F. 272
Gesualdi, M.R.R. 10, 32, 53, 54, 56, 122
Gesualdi, M.R.R. 123, 440
Gharbi, T. 19, 62, 71, 72
Giacometto, F. 189, 257, 258, 350
Gilman, R. 397
Giménez, M.H. 217
Ginn, J. 499
Gishitomi Fujimoto, T. 223
Gleason, R. 417
Gleria, I. 365
Goiz, O. 432, 536
Gomes, M. 461
Gómez Cardona N.D. 222, 235
Gómez, A. 512
Gómez, C. 151, 512
Gómez, D. 331, 441
Gómez, E. 155, 239, 468
Gómez, E.S. 421
Gómez, G. 30
Gómez, J.A. 12, 17, 66, 499
Gómez, N. 339, 342
Gómez, N.D. 383
Gómez, R. 343
Gómez-Rosas, G. 86, 238
Gonçalves, A. 528
González García, J. 261
González, A.I. 14
González, J. 145, 401
González, J.F. 252
González, M. 246
González-Galicia, M.A. 311
González-García, J. 24, 28, 262
González-Laprea, J. 101
González-Núñez, H. 90, 92, 301
González-Utrera, D.M. 85, 86
Gonzalo, C. 287
Gorbachev, A. 507
Gordillo, E. 179
Gordo, V. 47
Goyanes, S. 526
Granados Agustín, F. 274
Granados, F. 107
Granados, F.S. 110, 303
Granados-Agustín, F. 295
Grande-Grande, A. 87
Granieri, S. 363, 365
Grishin, A.M. 497
Grondona, P. 247
Grützmacher, K. 375, 398
Guang, Z. 317
Guel Sandoval, S. 79
Guerra, J. 509
Guerra, J.A. 541
Guerra, L.A. 117
Guerrero González N. 222
Guerrero, J. 387
Guerrero, J.E. 236
Guerrero, R.D. 73
Guimaraes, P. 528
Gutarra, A. 209
Gutiérrez O. 256
Gutiérrez, G. 304, 500
Gutiérrez-Martínez C. 306
Guzmán, M. 252, 254
Guzmán, R. 39, 126, 255, 421
Haber, V. 278
Häußer, M. 491
Heckenberg, N. 410
Henao, R. 185
Hendrych, M. 412
Henstridge, M. 278
Hernández A., J. 374
Hernández Díaz, A. 259, 260
Hernández, F. 329
Hernandez, I. 430
Hernández, J.M. 392
Hernández, W. 534
Hernández-Garay, M. P. 35, 38
Hernández-Tabares, L. 292
Hernando, C. 424
Herold, S. 54
Herrera, J. 540
Herrera, N. 131
Herrera, V. 545
Herrera-Jasso, R. 284
Hickmann, J.M. 144
Hinojosa, A. 291
Hnilo, A. 458
Hogert, E. 43, 45
Horrillo, S. 201
Huerta, G. 357
Ibarra, J. C.30
Ibarra, O. 537
Ibarra-Manzano, O.G. 279
Ibarra-Torres, J.C. 238
Ibrahim, O. 321
Iemmi, C. 89, 96
Iemmi, C.C. 9, 44
Infante, J. 283
Inoue, M. 498, 543
Iriarte, D. 308
Iriarte, D.I. 243, 244, 247
Iturbe Castillo M.D. 145
Iturbe M.D. 445, 448
Iturbe, D. 328
Itzmoyotl, A. 534
Izazaga-Pérez, R. 24, 262

- Izquierdo, J. G. 35, 38
Jacinto, C. 516
Jaén, M. 264
Jaimes, R. 357, 457
Jalali, A. 512
Jaroszewicz, Z. 151, 233
Javidi, B. 115
Jerez A., M.I. 67, 68, 69
Jerez, V. 543
Jiayao, L. 283
Jijón Valdivieso, J.D. 391
Jim, C. 491
Jiménez A.F. 176
Jiménez, C. 170
Jiménez, D. 469
Jiménez, J. 516
Jiménez, L. E. 133
Jiménez, R. 404
Jin, Y. 365
Joseth, Y. 287
Juárez, J. 478
Kelly Pérez, I. 160
Kharissova, O.V. 442
Khartsev, S.I. 497
Kieninger, M. 473
Kir'yanov, A. 339
Kolodziejczyk, A. 151
Kolokoltsev, O. 374
Komninos, P.G. 439
Korneev, N. 303
Kovalsky, M. 458
Ladera, C.L. 100
Lambert, B. 388
Lambert, C. 341
Lamère, J. 429
Lancis, J. 115, 141
Landau, M. 45
Landgrave, J.E.A. 218
Lara O., L. 67, 68, 69
Lara, F. 109
Larger, L. 346
Larotonda, M. 458
Larrea Cox, P.J. 259, 260, 292
Lasheras, R.J. 400
Lasprilla, M.C. 67, 174
Lasprilla, M.C.M. 192
Lastras Martínez, L.F. 285, 284, 297
Lastras-Martínez A. 284, 285, 297
Lastras-Montaña, M.A. 297
Ledesma, S. 526
Ledesma, S.A. 44
Lemus, J.B. 224
Lencina, A. 33, 39, 57, 177
León A., M. 190, 191
León Tellez, J. 61
Levy, M. 512
Licea, J. 453
Lifante, G. 478
LiKamWa, P. 359, 537
Lima, G. 126, 421, 461, 468
Liporace, F.A. 7
Lira, M. 228
Lizana, Á. 89, 96
Lizarazo, Z. 60, 74, 352
Loayza, H. 179
Lobato, L. 96
Lomer, M. 304, 500, 522
López Lago, E. 301
López, A. 416, 417, 522
López, D. 353, 357
López, J. 522
López, J.M. 304, 500
López, R. 536
López, V. 520
López-Hernández, J.M. 279
López-Lago, E. 90, 92
Lorduy G., H. 12, 17, 66
Loredo, J. 433, 485
Lubian H. 279
Lugo Pérez, L.I. 79
Lunazzi, J.J. 51
Lund Andersen, U. 409
Lundin, M. 317
Lunney, J.G. 446
Lutenberg, A. 523
Lyra, M. 365
Magalhães, D.S.F. 224
Magnavita, E. 464, 465
Malacara, D. 283
Maldonado, J. 423, 491, 545, 547
Manuel de Villena, F.J. 381
Manzano F.A. 385
Manzano, F. 383
Marcano, A. 403
Marconi, M.C. 9
Marcos-Martínez, D. 381
Marega, E. 502
Mares, C., 130
Margulis, W. 353
Marín-Mireles, L. 269
Markushin, Y. 403
Márquez, A. 96, 101,
Márquez, H. 393
Martín, G. 152
Martínez Yáñez, L. 274
Martínez, A. 25, 29
Martínez, E. 420, 457
Martínez, G. 478
Martínez, G.A. 7
Martínez, L. 115, 141, 486

- Martínez, M. 420, 457
Martínez, O. 226
Martínez, O.E. 277
Martínez, R. 115, 141
Martínez-Matos, O. 35, 38
Martínez-Zérega, B.E. 544
Martinis, C. 318
Martins, A. 278
Mashinsky, V. 339
Masoller, C. 438, 492
Matioli da Silva, F. 223
Matsuda, K. 123
Mattenet, M. 250, 251, 254
Matteo, C.L. 42
Matteucci, G. 208
Mattos L. 170, 187, 189, 193, 194, 200
Mattos L. 257, 258, 469, 503
Maucort, A. 410
Mauricio Llonto, A.C. 396
May, D. 353, 354, 359, 430, 442, 537
Mazzaferri, J. 139
McCaffrey J. 474
Medina, F. 63, 157, 208
Mejía Romero, S. 218
Mejía, E. 447, 472, 481
Mejía, J. 528
Mejía, Y. 14, 176, 194
Mejía-Ospino, E. 386, 387
Mejias-Brizuela, N. 87
Mejía-Uriarte, E.V. 374, 403
Melikechi, N. 403
Mellado, G. 30
Melo da Silva, M. 143
Méndez Otero, M.M. 145
Méndez, M. 445
Méndez, M.M. 448
Méndez-Zepeda, O. 237
Mendillo M. 318
Mendoza Hernández, J. 145
Mendoza Vázquez, S. 261
Mendoza, A. 412
Mendoza, B.S. 544
Mendoza, J. 540
Mendoza, L.J. 415
Mendoza, O. 141
Mendoza-Suárez, A. 27
Meneses F., J.E. 34, 58, 168
Meneses F., J.E. 108, 109, 111, 128, 130
Meneses, C. 131, 133
Meneses, J. 19, 62, 65, 68, 71, 72, 424
Meneses, M. 423, 491, 494, 545, 547
Meneses, N. 19
Menezes, J.W. 49, 50, 52
Mercado, T. 473
Merdasa, A. 377
Meriwether, J. 315, 319
Merlo R., J.M. 296
Mesa, G. 309
Messaddeq, Y. 502
Mestre, G. 187
Meystre, P. 410
Meza, O. 519
Michournyi, V. 507
Mico, V. 30
Miguel Simon, J. 310
Millán, M. S. 97, 195, 201
Milleri, L.F. 278
Mingolo, N. 277
Mínguez, G. 141
Miñano, J. C. 283
Miranda Díaz, L.J. 78
Miranda, M. 36, 98
Mirasso, C. R. 434
Mitjà, C. 214
Mizutani, Y. 543
Mochán, W.L. 544
Mogilevtsev, D. 207, 211
Molina Prado, M. 174, 192
Molina, E. 540
Molpeceres, C. 238
Monaldi, A. 40,
Monica, D. 286
Monken, C.H. 413
Monroy Ramírez, F.A. 64
Monroy, F. 15, 75
Monsoriu J.A. 41, 95, 176, 217, 266
Monteiro, A.A. 47
Montenegro, R. 120, 543
Montero-Orille, C. 301
Montes, A. 108
Montoya, F. 328
Moore, D.T. 411
Mora, W. 309
Mora-González, M. 86
Morales Valdés, O. 259, 260
Morales, A. 295
Morales, M. 238
Morales, N. 432
Morales, O. 493
Morales, O.G. 444
Morales, Y. 193, 194
Morantes M., L.D. 68, 69
Moreira, L. 388
Morel, E.N. 7, 242
Moreno Yeras, A. 224
Moreno, I. 96, 126, 216
Moreno, L. 131, 136
Morris, D.G. 414
Morrison, W. 288
Mosquera, L. 144

- Mosso, F. 181, 182
Moura, A.L. 117
Mouriz Cereijo, M.D. 301
Múnera, N. 70
Munoz, J. 478
Munoz-López, J. 81, 293
Muñoz P., A.F. 34, 58, 168
Muñoz, A. 267, 268, 280, 366, 532
Muñoz, H. 127
Muñoz, J. 546
Muñoz, L. 386, 472
Muñoz, S. 356, 358, 539, 500
Muñoz, V. 522
Muñoz-Aguirre S. 146, 146, S. 237
Muñoz-Maciel, J. 86
Muñoz-Morales, A. 269
Muramatsu M. 10, 32, 53, 54, 56, 122, 123
Muramatsu M. 213, 223, 224, 440
Murialdo, S., 252
Murrieta S., H. 374
Murrieta, H. 392
Nanco, P. 328
Naranjo, S. 309
Narea, F. 280
Nava, R. 135
Navarrete, M. 374, 403
Navarro Belsué R. 158
Navarro, L. 319
Navarro, R. 139
Navarro, Y. 350
Naves, A. 464, 465
Nazzarro, M. 536
Neira O. 291, 425, 470, 473
Neves, L. 421
Nicolas, J. 93
Nieminen, T. 410
Nisperuza, D. 331, 441
Nogueira, A. 135
Nogueira, W. 421
Noriega, S. 349
Noris-Suárez, K. 101
Nunes, L. 502
Nunes, L.C.S. 273
Núñez-Olvera, O.F. 285
Ocaña, J.L. 238
Olivares, J.A. 26
Olivares-Pérez, A. 84, 87, 88, 147
Oliveira Steinicke, G. 223
Oliveira, G.N. 273
Oliveira, L. E. 207
Oliver, A. 416, 417
Oliver, N. 434
Olvera, M. 106, 128
Ontibón G., J.M. 239
Ordóñez Urbano, C.F. 61, 186
Ordóñez-Padilla, M. J. 84, 88
Orduña, A. 505, 515, 520
Orellana Molina, A.A. 259, 260
Orlando Guerrero, I.J. 218
Ormachea, O. 154, O. 286, 287, 288, 308
Orozco, E. 267
Orozco, L.A. 414
Orozco-Guillen, E. 269
Orsetti, A.A. 371
Orte, F. 325
Ortega, J. G. 432
Ortega, R. 444, 493
Ortega-Gallegos, J. 285
Ortega-Martínez, R. 311
Ortiz, A. 520
Ortiz, F. 507
Ortiz, G. 544
Ortiz, M. 30
Ortiz, O. 433, 485
Ortiz Uriburu, S.G. 186
Orzi, D.J.O. 242
Osorio, C. 59, 184
Osorio, J.H. 144
Osorio, M. 316, 321, 442
Ostrovsky, A. 106, 128, 518
Otero, F.A. 8
Otero, L. 322, 323
Paes Leme, N. 325
Palacios, D. 54
Palácios, F. 10, 53, 54
Palacios, G. 54
Pallotta, J. 322, 323
Palma, J. A. 366
Palomino, R. 533
Parker, K. 240
Parra-Michel, J. 25
Passoni, I. 252
Patiño, A. 22
Pauliat, G. 23
Pavlov, A. V. 147
Pawelko, E. 322, 323
Paz, J.L. 412
Pedraza Chávez, J. 274
Peinado, A. 89
Pellat-Finet P. 22, 352
Penilla, E. 476
Peña, E. 235
Peña-Lecona, F.G. 86
Percino Zacarías, E. 274
Pereira J.C. 267
Pereira, A.F. 117
Pérez Cabré, E. 97
Pérez L.I. 183
Pérez Quintián, F. 46
Pérez Zoloza, N. 371

- Pérez, A. 30
Pérez, F. 476, 523, 529
Pérez, G.D. 152, 183
Pérez, J. 546
Pérez, J.R. 53, 54
Pérez, L. 413
Pérez, L.I. 42, 152, 310
Pérez, M. 30, 512
Pérez, M.C. 375, 398
Pérez, Y. 388
Pérez-Cabré, E. 201
Pérez-Centeno, A. 238
Pesquera, L. 437
Peuriot, A. 246, 249, 384
Piedrahita, C.C. 236
Pinheiro, F.A. 211
Pisarchik, A. 357
Piscitelli, V. 401
Plata Gómez, A. 59, 67, 68, 69
Plata, A. 184
Platt, U. 316, 321
Pomarico, J.A. 243, 244, 247
Ponce, A. 388
Ponce, L. 370, 405, 446
Ponce, L.V. 388
Pons, A. 217, 266, 532
Porras, N. 528, 531
Porro, J.A. 238
Porrúa García, A. 259, 260
Porte, X. 434
Portugal R. 308
Posada, H. 470
Posadas, A. 179
Prieto, P. 515
Prieto-Blanco, X. 301
Prutskij, T. 432, 507
Queirós de Melo, F.J. 275
Quel, E. 322, 323, 325, 404
Quesada, I. 279
Quintero, W. 100
Quiroz, R. 179
Quispe, J. 179
Rabal, H. 143, 198, 212, 250, 251, 252
Rabal, H. 254, 286
Rached, M.Z. 440
Raffa, G. 310
Ralló, M. 195
Ramírez Flores, G. 79
Ramírez R., J.C. 34, 58, 168
Ramírez Rozzi, F. 382
Ramírez, D. 445
Ramírez, Z. 481
Ramírez-Flores, G. 297
Ramos, G. 423, 491, 545, 547
Ramos, J. 330, 358
Ramos, M. 292
Ranea-Sandoval, H.F. 243, 244, 247, 378
Ranea-Sandoval, H.F. 379, 380
Rangel, R. 416, 417, 451, 453
Rao, D.V.G.L.N. 202
Raponi, M. 404
Ravelo, I. 388
Rayas, J.A. 25, 29
Reátegui, D. 179
Récamier, J. 477
Rehman, S. 123
Remón, L. 95, 266
Rendón, I. 329
Restrepo, J. 18
Restrepo, J.F. 21
Reyes, J. A. 416
Reyes, R. 511
Reyes-Gómez, E. 207
Reynoso, E. 328, 489, 540
Riascos, H. 529, 546
Ribas F. 36, 98
Ribas F.A. 215
Ribeiro, D. 467
Ricardo J. 10, 122
Rickards, J. 393, 478
Rickenstorff, C. 518
Rincon, A. 289
Rincón, O., 15, 74
Ríos de Molina, M.C. 251
Ríos, C. 185, 188
Ríos-Martínez, M.E. 276
Ríos-Velasco M.A. 147
Ristori, P. 322, 323
Rivera, N.I.R. 51
Rivera, V. 502
Rivero, J. 397
Rocha, M.N. 223
Rodrigo, A. 226
Rodrigo, J.A. 38
Rodrigues, D.M.C. 125
Rodríguez Cobos, A. 79
Rodríguez Rivera, E. 274
Rodríguez, A. 493
Rodríguez, A.A. 444
Rodríguez, A.G. 515
Rodríguez, C. 529
Rodríguez, C.W. 309
Rodríguez, D. 545
Rodríguez, E. 405, 446
Rodríguez, E.J. 302
Rodríguez, G. 108, 109, 111, 128, 130
Rodríguez, G. 131, 133
Rodríguez, J. 343, 346
Rodríguez, L. 416, 417
Rodríguez, M. 423, 429, 491, 545, 547

- Rodríguez, P. 234, 540
Rodríguez-Zurita G. 228, 229
Rojas, A. 343
Rojas, H. 234
Rojas, M. 515, 520
Rojas-Cortéz, L. 146, 146
Rojas-Hernández, A.G. 294
Rojas-Laguna, R. 279
Romero A.L. 117
Romero, A. 412
Romero, G. 40
Romero, L.A. 97
Romero, S. 102
Roquetta, I. 251
Rosa, H.G. 435, 439
Rosete, S. 539
Rosete-Aguilar, M. 311
Roviglione, A.N. 242
Rubens, D.J. 240
Rubinsztien, H. 410
Rubio-Gonzalez, C. 238
Rueda, D. 397
Rueda, E. 63, 110, 185, 188
Rueda, J.E. 117, 415
Ruiz Gale, M.F. 43
Ruiz, V. 359
Runemark, A. 317
Russo, N. 349, 401
Saavedra, C. 126, 421, 468
Saavedra, G. 95
Sáez, D. 362
Saito, L. 360
Salas, D. 134
Salas-Peimbert, D.P. 220, 221
Salazar, Á. 12, 17, 66
Salcedo, K. 529
Salinas, J. 547
Salinas-Luna, J. 86
Salvador J., J. 325
Salvide, M. 437
Sánchez R.B. 76
Sánchez, C. 403, 449, 479, 506
Sánchez, E. 478
Sánchez, J. 353, 354, 359, 430, 516
Sánchez, M.L. 446
Sánchez, R. 298, 299, 300, 395, 396
Sánchez-Alejo, M.A. 392
Sánchez-Pérez, C. 80
Sandoz, P. 5, 71
Saniger, J.M. 394
Santacruz, C. 426, 530
Santacruz-Vázquez, C. 84
Santacruz-Vázquez, V. 84
Santana, T. 135
Santana-Aranda, M.A. 238
Santiago G.D. 384
Santiago, G. 246, 249
Santiago-Alvarado, A. 81, 293
Santiago-Bernal, M. 306
Santillán, J. 525
Santillán, R. 423, 545, 547
Santos, B. 365
Santos-Aguilar, J. 306
Sapag, K. 536
Sato Berrú, R.Y. 394
Sausmikat Fortes, S. 223
Scaffardi, L. 525
Schinca, D. 525
Schmiegelow, C. 44
Schmit, J. 3
Schmitzer, H. 278
Schramm, D. 461
Selvas, R. 442
Sendra, H. 252
Serna D. 154
Serna, S. 208, 21
Serpa Imbett, C.M. 222, 235
Serra Toledo, R. 224
Sevilla, E. 457
Sevilla, R. 357
Shafizadeh, N. 474
Shcherbakov, A. 532
Siahmakoun A. 363, 365
Sicre E. 364
Sierra, D. 104, 105, 225
Silva, U. 516
Skigin, D.C. 41
Slezak, V. 246, 249, 384
Soares, L. 464
Soares, W.C. 144
Solano, P. 33, 57
Solarte, E. 155, 235, 239, 256, E. 530
Soler, G. 420, 457
Solorza, S. 178, 201
Sombra, A. 365
Staforelli, J.P. 33, 57
Steinberg, D. 360
Sthel, M. 278, 461
Stligoe, A. 410
Suárez, M.A. 19, 71, 72
Suárez-San Pedro, C.E. 292
Susskind, S. 336
Sustaita-Narváez, A. 297
Svanberg, K. 369
Svanberg, S. 317, 369, 377
Sylman, D. 30
Tafur, I. 351
Tajahuerce, E. 95, 141, 115
Tamayo, L. 416
Tang, B. 491

- Tapia R., 503
Tebaldi, M. 39, 174, 176, 177, 181
Tebaldi, M. 182, 188, 192, 197, 201
Téllez, X. 135
Tierney, D. 278
Tíjaro, O. 175
Tirado, L. 546
Tocho, J.O. 302, 404
Tognalli, N. 482
Toledo, M.F. 62
Tomilin, 165
Torchia, G.A. 382
Torga, J.R. 7, 242
Torre, M. 492
Torre, M.S. 437, 438
Torres M.C. 190, 191
Torres Moreno, Y. 166
Torres, A. 505, 534
Torres, C. 189, 193, 194, 200, 257, 258
Torres, C. 350, 416, 417, 469, 503
Torres, C.O. 170, 187, 187
Torres, F. 255
Torres, I. 471
Torres, J. 289, 546
Torres, J.P. 412
Torres, M. 74, 537
Torres, P. 339, 342
Torres, R. 60, 74, 352
Torres, Y. 67, 69, 175, 236, 350, 352
Torres, Y.M. 75
Torroba, R. 176, 181, 182, 185, 188,
Torroba, R. 197, 201
Toto, N.I. 111, 133
Toxqui-López, S. 84
Trejo, M. 446, 480, 478
Trejo-Duran, M. 279
Trejo-Luna, R. 393
Treviño, C. 328, 493, 505
Trivi, M. 212, 250, 251, 252, 254
Trujillo, C. 60
Trujillo, G. 134
Trujillo-Schiaffino, G. 220, 221
Tsygankov, P. 69
Tufiño Zúñiga, G. 389
U'Ren, A.B. 451
Uchida, H. 543
Ulloa-Castillo, R. 284
Urquidí, O. 287
Useche, J. 187
Valdés, C.P. 155, 235, 239, 256
Valencia, A. 412
Valencia, C. 480
Valin, J. 54
Valin, J.L. 10, 53
Valle, A. 437
Vallejo, J. 427
Vallespi, A.S. 384
Valverde, M. 479
Vargas Q., I. 190, 191
Vargas, A. 126, 255, 421, 468
Vargas, C. 197
Vargas, E. 446
Vargas, H. 278, 461
Vargas, L. 200
Vargas-Rodríguez, E. 279
Vasco, J. 528
Vásquez Olmos, A.R. 394
Vaveliuk, P. 35, 38
Vázquez S. 157
Vázquez Sánchez, R. 261
Vázquez y Montiel, S. 274
Vázquez, G. 478
Vázquez, J. 111, 133
Vázquez, M.A. 446
Vázquez, V. 393
Vázquez-Cano, A. 292
Vazquez-Montiel, S. 293
Vega, F. 214
Veiras, F.E. 183
Velásquez, V. 374
Velez Hoyos, F.J. 235
Veliz, O. 319
Veloz Savino, N. 101
Ventura, O. 473
Vera, E. 33, 57
Vera-Marquina, A. 294
Verastegui, M. 397
Vianna, R. 468
Vicente, R. 434
Vidal, J. 89, 93
Videla, F. 525
Vieira, T.A. 440
Vilardy, J. 189, 257, 258
Vilardy, J.M. 187
Villagrán, M. 403, 449, 479, 481
Villalobos Mendoza, B. 24, 261
Villamizar, S. 386
Villarreal, J. 484
Villa-Villa, F. 27, 29
Vinck, H. 422, 528
Vinck-Posada H. 73, 145
Virgen-Ortiz, A. 276
Vitta, Y. 234
Wagner, H.P. 278
Wagner, T. 316, 321
Weber, L.C. 302
Weigand, R. 38
Weingärtner R., R. 509, 541
Wellenreuther, M. 317
Winnacker, A. 509, 541

Wolfram, E. 325, 404
Wu, Z. 512
Wyant, J. C. 3
Yarlequé, M. 484
Yate, L. 546
Yukimitu, K. 47, 543
Yzuel, M.J. 96
Zaca, P. 356, 358, 432, 536
Zajarevich, N. 249
Zaldívar, I. 343, 346, 534
Zalevsky, Z. 30
Zapata, J. 172
Zapata, O. 493
Zegarra, E. 209, 482
Zemliak, A. 106
Zhabon, V. 67
Zimic, M. 397
Zitzlsberger, S. 541
Zolotov E.M. 137, 113
Zoueu, J. 377
Zuñiga, C. 533, 534



web: <http://www.pucp.edu.pe/conferencia/riao-optilas>
e-mail: riao-optilas@pucp.edu.pe

