

Caracterización de un holograma mediante el dopaje de un PDLC con violeta de genciana

Mauricio Ortiz Gutiérrez, Mario Pérez Cortés, Juan Carlos Ibarra Torres, Jorge Lugo Jiménez, Otilio Santos Aguilar, Maritza De Coss Gómez

Para citar este artículo: [Ortiz Gutiérrez Mauricio, Pérez Cortés Mario, Ibarra Torres Juan Carlos, Jiménez Jorge Lugo, Santos Aguilar Otilio, De Coss Gómez Maritza. 2021. Caracterización de un holograma mediante el dopaje de un PDLC con violeta de genciana. Ciencia Nicolaita, número 82, 81-88. DOI: <https://doi.org/10.35830/cn.vi82.562>.](#)

Ver material suplementario

Publicado en línea el 30 de septiembre de 2021

Envíe su artículo a esta revista: <https://www.cic.cn.umich.mx/cn/about/submissions>

Caracterización de un holograma mediante el dopaje de un PDLC con violeta de genciana

Mauricio Ortiz Gutiérrez^{1*}, Mario Pérez Cortés², Juan Carlos Ibarra Torres³,
Jorge Lugo Jiménez², Otilio Santos Aguilar², Maritza De Coss Gómez²

¹ Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

² Campus de Ciencias e Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán.

³ Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara

HISTORIAL DEL ARTÍCULO

Recibido: 5 de diciembre de 2019

Aceptado: 21 de junio de 2021

RESUMEN

Se propone la utilización de un dispositivo PDLC (Polymer Dispersed Liquid-Crystal) dopado con violeta de genciana para su utilización en el grabado de rejillas holográficas (H-PDLC). Se muestra el comportamiento de la eficiencia de difracción de rejillas holográficas grabadas en un H-PDLC con un espesor de 10 μm . El proceso de grabado se lleva a cabo por la modulación del índice de refracción del H-PDLC al ser expuesto a un patrón de luz. La eficiencia máxima que alcanza este dispositivo es del 5% medido en el orden 1 de difracción. Este dispositivo promete ser un buen material para funcionar como alternativa de las películas holográficas.

PALABRAS CLAVE: Rejillas holográficas, Cristal Líquido, PDLC.

ABSTRACT

We propose the use of a PDLC device (Polymer Dispersed Liquid-Crystal) doped with gentian violet for its use in the etching of holographic gratings (H-PDLC). The behavior of the diffraction efficiency of holographic gratings recorded on an H-PDLC with a thickness of 10 μm is shown. The etching process is carried out by modulating the refractive index when exposed to a pattern of light. The maximum efficiency that this device achieves is 5% measured in order 1 of diffraction. This device promises to be a good material to work as an alternative to holographic films.

KEYWORDS: Holographic gratings, Liquid Crystal, PDLC.

1. Introducción

La desaparición de las películas fotográficas por causa de la tecnología digital ocasionó que desaparecieran de las películas utilizadas en la holografía. La holografía es un campo importante en la actualidad debido a la importancia que tiene por su capacidad de almacenar enormes cantidades de datos de información, así como en la futura industria del entretenimiento.

Este trabajo presenta la utilización de polímeros como un sustituto para el grabado de rejillas holográficas, además de incrementar su sensibilidad a la luz mediante el dopaje por medio de otro material que ayude en el proceso de grabado. También se incorporó un cristal líquido para tener un dispositivo dinámico, a este tipo de dispositivos se les conoce como H-PDLC (Holographic Polymer Dispersed Liquid Crystal). Los PDLC se obtienen mediante la polimerización de separación de fase inducida (Ramanitra *et al.*, 2004).

Los PDLC se utilizan en tecnologías como sensores de voltaje (Scherschener *et al.*, 2006), en la realización de lentes de Fresnel (Ren *et al.*, 2003), en la construcción de filtros espaciales para el procesamiento de señales ópticas (Fuh y Lin 2004), y otras aplicaciones.

Los H-PDLC son una promesa tecnológica para su utilización en las redes de comunicación a base de fibras ópticas (Domash *et al.*, 1997), en el uso de almacenamiento de datos (Date *et al.*, 1998), sistemas para la captura de imagen (Fiske, 2000), y otras aplicaciones (Bunning, *et al.*, 2000; Bowley y Crawford, 2000).

A lo largo de dos décadas los dispositivos HPDLC muestran algunas evoluciones en la introducción de nuevos polímeros para aumentar la sensibilidad de la fase: se incorporan diversos elementos como en segmentos VTMOs para las cadenas de los polímeros ya que esto reduce la tensión de conmutación y obtiene una modifica-

ción en las interfaces (Jeong y Kim, 2009). Estos autores explican que la presencia de átomos de silicio en las interfaces de un polímero / LC debería disminuir la fuerza de la energía de anclaje de la superficie y, por lo tanto, influir en la orientación de la dirección de la gota de LC. También espera que los átomos de silicio aumenten la separación de fase polímero / LC como resultado de su incompatibilidad química, lo que conduce a una alta eficiencia de difracción.

En la última década los HPDLC se han incorporado al desarrollo de la óptica no lineal, tal es el caso de los cristales fotónicos. Este hecho ha atraído un interés considerable debido a sus importantes aplicaciones. Actualmente se está dedicando un estudio intensivo al control eléctrico, térmico y óptico de la propagación de la luz. Algunos de estos dispositivos están hechos de poliestireno, que es un tipo de conjugado orgánico no lineal, mientras que otros son estructuras artificiales infiltradas con moléculas orgánicas (Ming Shian Li *et al.*, 2011).

Kun Gui y colaboradores (2015) desarrollaron plasmón en una superficie localizada (LSPR) mediante nanopartículas de plata (NP) incrustadas en la interfaz de separación de fase de las rejillas de cristal líquido (H-PDLC) dispersadas en polímero utilizando el método de dominio de tiempo de diferencias finitas. Kun muestra que las NP exhiben un pico de doble resonancia en la interfaz, y estos picos están influenciados por el ángulo de la luz incidente (Kun Gui *et al.*, 2015).

La eficiencia de difracción, el voltaje de operación y los tiempos de respuesta son las características de rendimiento más importantes de los HPDLC. K. Moon y colaboradores incorporan dos tipos de isocianurato de trialilo (TI) con diferentes estructuras en la red de transmisión convencional de HPDLC. Reportan que la viscosidad de la premezcla disminuye en un 13–18% con hasta un 3% de TI (Moon *et al.*, 2015).

Es posible que, para la próxima década, la miniaturización de los láseres se pueda realizar a base de polímero contaminado y cristal líquido, esto es debido a los trabajos reportados en este año por grupos del área de fotónica (Maozhou Chen *et al.*, 2018). Esto es debido a que se ha logrado realizar en el HPDLC el efecto túnel; y esto representa un bajo costo y simple proceso de fabricación. Existen varios estudios en el proceso de creación y del manejo de polímeros, y diferentes cristales líquidos que podrían dar este tipo de elementos (Fernández *et al.*, 2018).

Se realizó una revisión bibliográfica de algunos trabajos previos donde se han grabado hologramas (Ortiz Gutiérrez *et al.*, 2016; Villa-Manríquez, 2012) en los cuales se basó la construcción básica del H-PDLC. En este trabajo se presenta la fabricación y caracterización de un dispositivo H-PDLC basado en la mezcla del cristal líquido E7, el polímero Norland Optical Adhesive No. 65 (NOA 65) y violeta de genciana (VG) en el que se registraron rejillas holográficas con un láser con línea de emisión en el rango visible.

2. Metodología

Los materiales empleados en fabricación del PDLC dopado son violeta de genciana (VG), el polímero Norland Optical Adhesive No. 65 y el cristal líquido nemático E7. El VG es una sustancia de color verde - azul que es utilizado con fines médicos en sanitización de heridas superficiales y presenta solubilidad en agua, alcohol isopropílico y cloroformo y tiene una línea de absorción en 575 nm que lo hace atractivo para mezclarse con polímeros y grabar en líneas de emisión cercanas. El polímero NOA 65 es un adhesivo que se emplea para unir componentes ópticas y tiene una absorción en el rango de 350-380 nm (Aparicio *et al.*, 2009). El cristal líquido nemático fue adquirido de la compañía Merck.

En este trabajo se mezcla el tinte violeta de genciana (VG) con un PDLC sobre el que se grabaron rejillas holográficas de fase por modulación del índice de refracción de baja frecuencia, este dispositivo que contiene la mezcla del tinte con un PDLC se le conoce como H-PDLC (Holographic Polymer-Dispersed Liquid-Crystal). El proceso de fabricación de un H-PDLC se realiza al mezclar 0.15% de VG y 99.85% en peso de NOA 65. Después de esto, se incorpora el cristal líquido nemático E7 en proporción 1:2. La mezcla se deposita en una celda formada por dos portaobjetos recubiertos con ITO (Indium Tin Oxide), de la que se prepararon celdas con espesores de 10 micras.

Antes de que ocurra el proceso de polimerización, al PDLC dopado con el violeta de genciana se le introdujo un patrón de interferencia mediante la superposición de dos haces con lo que se obtuvo el registro de una rejilla holográfica de fase con perfil cosenoidal (Villa-Manríquez 2012). La longitud de onda del haz de luz procede de un láser de argón con 190 mW de potencia, con longitud de onda de 532 nm y el ángulo de interferencia entre dos haces se fijó en 3,6 grados. En estas condiciones, la rejilla holográfica tuvo un período de 8,5 micras y una frecuencia espacial de 118 líneas / mm.

Durante el proceso de grabación se midió la evolución de la eficiencia de difracción de la rejilla, en tiempo real, con la ayuda de un haz láser He-Ne con longitud de onda de 632,8 nm (llamado haz de lectura). Las intensidades de los haces incidentes y refractados se midieron con un medidor de potencia óptica modelo 2929-C de Newport. La eficiencia de difracción (DE) se define como la relación entre la intensidad del haz de orden difractado +1 y la intensidad del haz incidente y se expresa como porcentaje. El esquema del arreglo utilizado se muestra en la Figura 1.

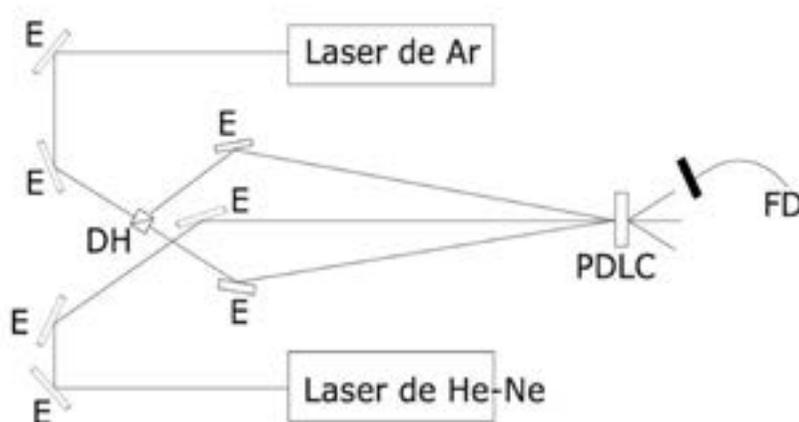


FIGURA 1. Esquema del arreglo óptico para la grabación de rejillas holográficas. El haz del láser de Ar genera dos haces debido al Divisor de haz (DH) que son reflejados por los espejos (E) e inciden en la celda del PDLC. Un segundo haz proveniente del láser He-Ne incide en la zona donde se graba la rejilla y se difracta; la intensidad del haz difractado en el orden +1 se mide con un fotodetector (FD).

Resultados

La Figura 2 muestra un patrón de difracción que se produce en la creación del holograma dentro del PDLC. La mancha más brillante central se llama orden cero y en el lado derecho de este punto se ven los órdenes difractados +1,

+2 y superiores. A la izquierda del punto central también se ven los órdenes difractados -1, -2 y superiores. Los puntos brillantes a cada lado del punto central pueden explicarse debido a la baja respuesta del material propuesto. La modulación en el índice de refracción inducida en el H-PDLC dopado corresponde a un patrón cuadrado en lugar de un patrón cosenoidal.



FIGURA 2. Fotografía del patrón de difracción producido por una rejilla holográfica registrada en el PDLC dopado cuando se ilumina con el haz de lectura (luz roja, 633 nm).

La Figura 3 muestra el comportamiento de la eficiencia de difracción de dos rejillas holográficas, donde se grabaron en un PDLC dopado con espesor de 10 micras. Se realizaron dos pruebas obteniendo resultados similares. Las

mediciones fueron tomadas con un medidor de potencia óptica de la marca Newport, modelo 2930C conectado a una computadora por medio del software LabView.

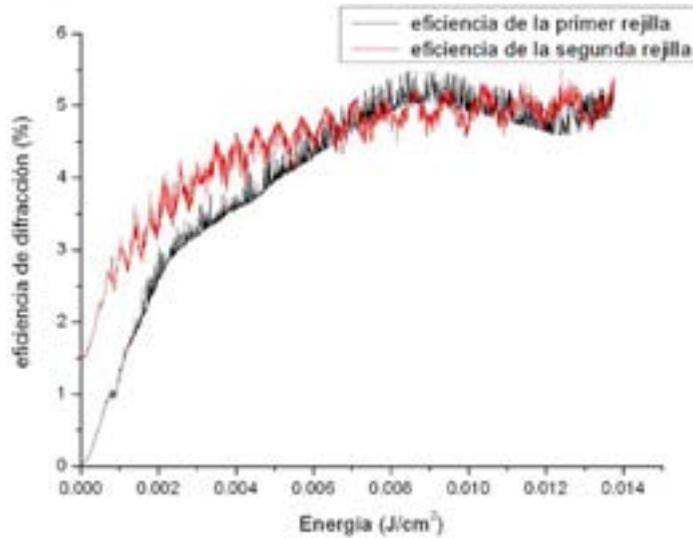


FIGURA 3. Gráfica de eficiencia de difracción vs tiempo para un PDLC de 10 μm .

En la Figura 4 se muestra la gráfica promedio de la eficiencia de difracción para cada rejilla holográfica de fase que fue grabada en el PDLC dopado con VG y con un espesor de 10 micras. El valor máximo es del 5% para la energía de

0.010J / cm^2 . Es importante tener en cuenta que la eficiencia de difracción medida es para el orden difractado +1 y no se tienen en cuenta las pérdidas de Fresnel por reflexión.

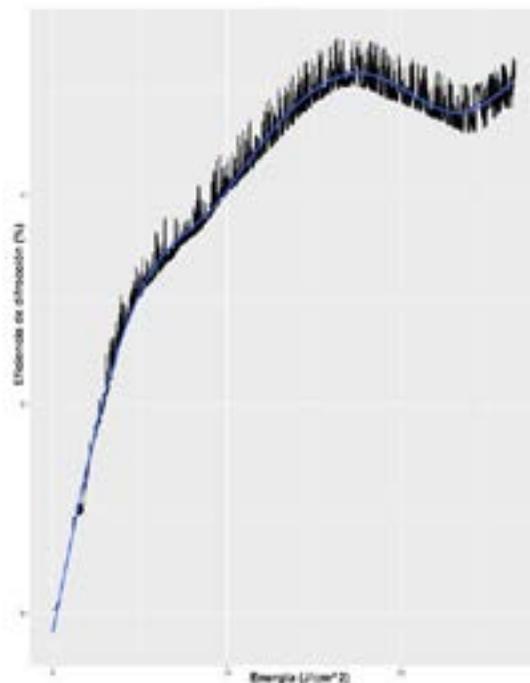


FIGURA 4. Comportamiento de la energía de exposición vs. eficiencia de difracción. La línea azul indica el promedio de los puntos indicados en la gráfica.

La baja eficiencia se debe a la consideración de dos factores: 1) el VG absorbe la longitud de onda de 570 nm, que es cercana a la longitud de onda de los láseres utilizados en este experimento para realizar el grabado y el análisis de la eficiencia de difracción; 2) la intensidad del haz de lectura se difracta y se distribuye en 9 órdenes de difracción claramente visibles (figura 2). Para mejorar la eficiencia de difracción lo conveniente es que solo aparecieran 3 órdenes de difracción correspondientes al patrón cosenoidal que se registra en el H-PDLC, esto indica que la respuesta en modulación del índice de refracción del material no tiene la resolución adecuada.

Conclusiones

Aunque este dispositivo muestra una baja eficiencia, promete ser un buen candidato para funcionar como material holográfico. En futuros trabajos se estudiará la formación del dispositivo cuando se exponga al proceso de polimerización, para buscar su máxima respuesta hacia la formación del grabado de rejillas, y así lograr obtener una máxima eficiencia de difracción en la medida de lo posible.

Referencias

- APARICIO Ixta, L., Ortíz Gutiérrez, M., Valdez de Anda A. A., Ponce de León Y. R. 2009. Hologramas de Fourier en el polímero NOA 65 y violeta de cristal. *Ciencia Nicolaita*. 51: 207-219.
- BOWLEY C. C., Crawford G. P. 2000. Improved reflective displays based on polymer-dispersed liquid crystals. *J. Opt. Technol. C/C Opticheskii Zhurnal* 67 (8):717-722.
- BUNNING T. J., Natarajan L. V., Sutherland R. L., Tondiglia V. P. 2000. Switchable reflective displays formed from holographic polymer-Dispersed liquid crystals (HPDLC). Blackwell Publishing Ltd. *SID Symposium Digest of Technical Papers* 31 (1): 121-123.
- DATE M., Takeuchi Y., Kato K. 1998. A memory-type holographic polymer dispersed liquid crystal (HPDLC) reflective display device. *J. Phys. D: Appl. Phys* 31 (18): 2225.
- DOMASH L. H., Chen Y. M., Gozewski C. M., Haugsjaa P. O., Oren M. 1997. Electronically switchable Bragg gratings for large-scale NXN fiber optic crossconnects. *Photonics West 97*, International Society for Optics and Photonics, 214-228.
- JEONG, E. H., and Kim, B. K. 2009. Holographic polymer dispersed liquid crystals using vinyltrimethoxysilane. *Optics Communications* 282: 1541-1545.
- FERNÁNDEZ, S. Gallego, A. Márquez, J. Francés, F.J. Martínez, I. Pascual, A. Beléndez. 2018. Analysis of holographic polymer-dispersed liquid crystals (HPDLCs) for tunable low frequency diffractive optical elements recording. *Optical Materials* 76: 295-301.
- FISKE T. G., Silverstein L. D., Colegrove J., Yuan H. 2000. H-PDLC color separation device for image capture systems. Blackwell Publishing Ltd. *SID Symposium Digest of Technical Papers* 31 (1): 1134-1137.
- FUH A. Y. G., Lin T. H. 2004. Electrically switchable spatial filter based on polymer-dispersed liquid crystal film. *J. Appl. Phys.* 96 (10): 5402-5404.
- KUN G., Zheng, J., Wang, K., Li, D., Zhuang, S. 2015. FDTD Modelling of Silver Nanoparticles Embedded in Phase Separation Interface of H-PDLC, Hindawi Publishing Corporation *Journal of Nanomaterials*: 298913.
- MOON, K. R., Bae, S. Y., Kim B. K. 2015. Electro-optical properties of low viscosity driven holographic polymer dispersed liquid crystals. *Optical Materials* 42: 160-166.
- MAOZHOU C., Haitao D, Dongshuo W, Yue Yang, D. L., Xiaodong Z., Changlong L. 2018. Thermally and optically tunable lasing properties from dye-doped holographic polymer dispersed liquid crystal in capillaries. *Journal of Applied Physics* 123: 103105.
- MING S. L., Andy Y. G. F., Shing T. W. 2011. Optical switch of diffractive light from a BCT photonic crystal based on HPDLC doped with azo component. *Optics Letters* 36 (19): 3864-3866.
- ORTÍZ Gutiérrez, M., Ibarra Torres, J. C., Salgado Verduzco, M. A., Pérez Cortés, M., Orozco Muñoz, R. 2016. Caracterización de la gelatina de pescado dicromatada como material fotosensible. *Ciencia Nicolaita* 67: 84 - 95.
- RAMANITRA H., Chanclou P, Dupont L., Vinouze B. 2004. Polymer-dispersed liquid crystal structure for

variable optical attenuator application, *Optical Engineering* 43 (6): 1445–1453.

REN H., Fan Y. H., Wu S. T. 2003. Tunable Fresnel lens using nanoscale polymer-dispersed liquid crystals, *Applied Physics Letters* 83 (8): 1515–1517.

SCHERSCHENER E., Perciante C. D., Dalchiele E. A, Frins E. M., Korn M., Ferrari J. A. 2006. Polymer-dispersed liquid-crystal voltage sensor, *Applied Optics* 45 (15): 3482–3488.

VILLA-MANRÍQUEZ, José Fabián. 2012. Construcción y caracterización de un PDLC. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Tesis de Licenciatura.