

Registro holográfico de fase en colofonia con violeta de cristal sin necesidad de un proceso de revelado

D. Luna M.

*Centro de Investigaciones en Óptica, A.C.
Apartado postal 1-948, 37000 León, Gto., Mexico
e-mail: dluna@foton.cio.mx*

R. Ramos G. y J.J. Sánchez M.

*Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica
Apartado postal 51 y 216, 72000 Puebla, Pue., Mexico*

Recibido el 13 de agosto de 1999; aceptado el 21 de julio de 2000

En el presente trabajo se reporta el registro holográfico sobre una emulsión a base de la resina colofonia dopada con el colorante violeta de cristal, previamente disuelta en alcohol isopropílico. Esta mezcla probó ser fotosensible a 457.9 nm, mostrando que es posible un registro permanente de hologramas en la emulsión y sin necesidad de algún proceso de revelado.

Descriptores: Holografía; materiales de registro holográfico

In this work we report the holographic recording on an emulsion based on the rosin doped with the dye crystal violet, previous diluted in isopropil alcohol. This mix proved fotosensitivity at 457.9 nm showing a permanent hologram recording in the emulsion without need at any developing process.

Keywords: Holography optical; holography recording material

PACS: 42.40; 42.70.L

1. Introducción

Las aplicaciones de la holografía determinan las características del material fotosensible que se debe utilizar. Entre los materiales comunes, no hay uno que satisfaga las necesidades experimentales [1], tal que la búsqueda continúa hasta encontrar mejores materiales.

El uso de las resinas orgánicas aplicadas a registro de imágenes tienen sus principios en los trabajos de Nicéphore y Louis Mandé Daguerre en Francia en los años 1830 y 1831 [2]. Los inventores de la fotografía trabajaron juntos con más de diez diferentes clases de resinas orgánicas buscando una que pudiera dar el mejor blanqueado de la película cuando la fotorresina se seca, para después depositarla sobre una placa de plata o pieza de vidrio. Particularmente, la resina colofonia no solamente es sensible a la luz sino que sirve como base para otras sustancias sensibles a la luz, tal es el caso de la mezcla de colofonia dopada con el colorante violeta de cristal dando una sensibilidad espectral hacia el rojo.

La resina colofonia presenta como características alta resolución, fácil preparación, buena solubilidad en alcohol isopropílico y costos muy bajos. Por su parte, el colorante violeta de cristal es un polvo de apariencia verde oscuro. Es soluble en agua, cloroformo y alcohol isopropílico y es insoluble en éter y alcohol etílico. La mezcla de la resina colofonia dopada con el colorante violeta de cristal como material holográfico ha sido descrito previamente al igual que algunas posibles aplicaciones [3], tales como fabricación de rejillas [4] y conjugación de fase [5].

Durante la caracterización de la mezcla de la resina colofonia dopada con el colorante violeta de cristal se ha usado el

proceso de revelado para determinar la mezcla óptima, pero en este trabajo se muestra que utilizando un haz láser de alta potencia es posible grabar información óptica sin necesidad de un complicado proceso de revelado.

Durante la exposición, la fotorreducción del colorante origina un cambio de índice de refracción que hace que la emulsión se blanquee. Este fenómeno de blanqueado es muy parecido al que sucede en la gelatina dopada con azul de metileno [6]. Este fenómeno consiste en un proceso fotoquímico de tres niveles donde los electrones del violeta de cristal se excitan con un haz láser a un nivel más alto y posteriormente decae a un estado metaestable o estado leuco. En este estado leuco el violeta de cristal transforma su coloración azul a un material sin color y reacciona con la colofonia.

En el presente trabajo se hace un estudio del comportamiento de los espectros de absorbancia y de las curvas de eficiencias de difracción en función del tiempo de exposición. El registro holográfico se hace de manera permanente, en tiempo real y sin necesidad de un proceso de revelado.

2. Preparación de las placas fotosensibles

Antes de analizar la fotosensibilidad de la emulsión con un láser de argón para producir un registro holográfico sin necesidad de revelado, se hace una descripción del proceso de elección de la mezcla óptima de resina colofonia con el tinte violeta de cristal, mediante el uso de un láser He-Ne y un proceso de revelado.

Para preparar las placas fotosensibles se hizo una mezcla de colofonia con violeta de cristal disuelta en alcohol isopro-

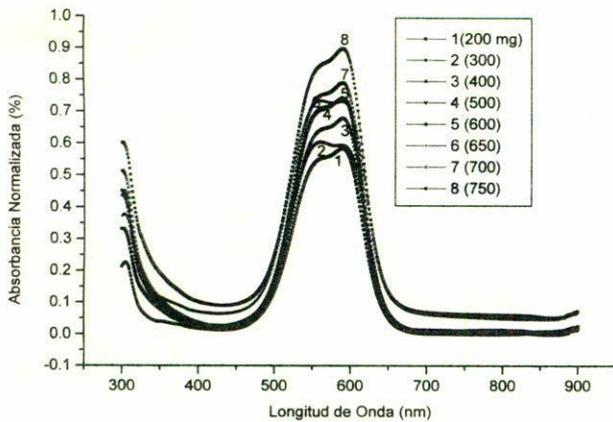


FIGURA 1. Curvas espectrales de absorción para emulsiones con 50 mg de violeta de cristal y diferentes cantidades de colofonia.

pífico. La colofonia se prepara de acuerdo a la técnica descrita por Marignier [2], la cual consiste en derretir la colofonia en un recipiente de pyrex hasta que adquiere una apariencia líquida viscosa de color ámbar; después de que enfría se muele en un mortero obteniendo un polvo muy fino.

Para determinar la mezcla óptima de colofonia con violeta de cristal disueltos en alcohol isopropílico se hicieron emulsiones con diferentes concentraciones, las cuales se expusieron a un patrón senoidal con una exposición de 900 mJ/cm^2 de un láser He-Ne (632.8 nm) y con un tiempo de revelado de 20 seg. (Como revelador se usó una solución de cloro con agua deionizado en una proporción de 1:10, una parte de cloro marca comercial "Cloralex®" en diez partes de agua deionizada). Después del proceso de revelado, a cada muestra se le midió la eficiencia de difracción a primer orden. La mayor eficiencia de difracción correspondió a la mezcla de 30 mg de violeta de cristal con 600 mg de colofonia disueltos en 5 ml de alcohol isopropílico.

El depósito de la emulsión se hizo sobre un sustrato de vidrio por el método de gravedad. Este método consiste en poner los sustratos de vidrio de $5 \times 5 \text{ cm}^2$ sobre una superficie bien nivelada, para luego vaciarle $250 \mu\text{l}$ de mezcla por placa. El espesor obtenido con dicha cantidad de mezcla fue de aprox. $10 \mu\text{m}$. Después del depósito, las placas se hornean durante 15 minutos a una temperatura de 950°C con el fin de volatilizar los solventes y endurecer la emulsión. Las emulsiones depositadas toman un color azul por lo que su máxima absorción está en la longitud de onda de 588 nm. El perfil de espectros de absorción se obtuvieron con un espectrofotómetro Perkin-Elmer lambda 3b (no se toman en cuenta pérdidas por reflexión en la superficie).

Esta mezcla óptima se obtuvo haciendo diferentes mezclas variando el violeta de cristal y después la colofonia, fijando la cantidad de alcohol isopropílico. De acuerdo a los espectros de absorción de la Fig. 1, se puede observar que variando la concentración de la resina colofonia y fijando la del violeta de cristal (50 mg), se observa poca diferencia en las curvas de absorción. La Fig. 2 presenta las curvas de absorción de las muestras variando la concentración de vio-

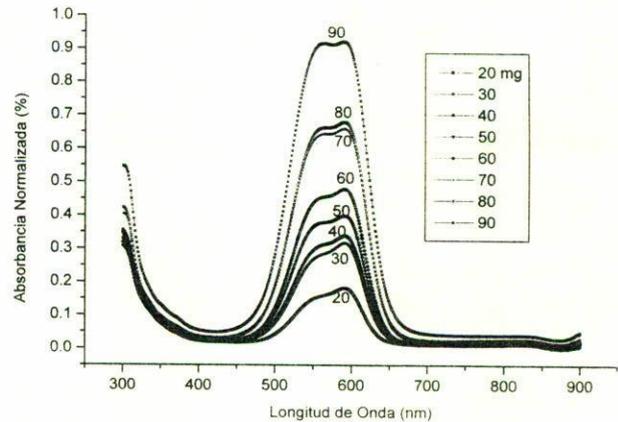


FIGURA 2. Curvas espectrales de absorción para emulsiones con 600 mg de colofonia y diferentes concentraciones de violeta de cristal.

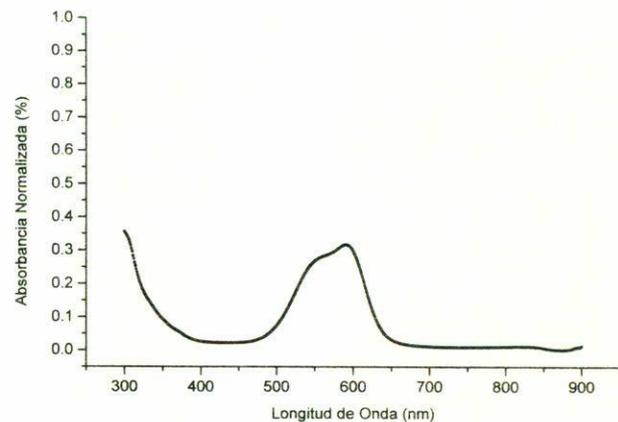


FIGURA 3. Espectro de absorción del violeta de cristal con colofonia disuelto en alcohol isopropílico para una concentración de 30 mg de violeta de cristal y 600 mg de colofonia, su máxima absorción está en la longitud de onda de 588 nm.

leta de cristal manteniendo fija la cantidad de colofonia (600 mg), en donde se puede observar que el pico de absorción aumenta conforme aumenta la concentración de violeta de cristal. En las Tablas I y II aparecen las eficiencias de difracción para cada concentración, de la cual se puede observar que la máxima eficiencia de difracción fue de 1.7%, que corresponde a la mezcla de 30 mg de violeta de cristal con 600 mg de la resina colofonia. La Fig. 3 muestra el espectro de absorción de la mezcla óptima. Cabe mencionar que las curvas espectrales de absorción fueron normalizadas a un valor de 5 unidades de absorción.

3. Resultados

Para caracterizar la fotosensibilidad de la mezcla de colofonia con violeta de cristal como un material holográfico, se grabaron rejillas de difracción senoidales con diferentes frecuencias espaciales. Tomando en cuenta la curva de absorción

TABLA I. Valores de eficiencias de difracción para emulsiones con 50 mg de violeta de cristal y diferentes concentraciones de colofonia donde la máxima eficiencia de 0.53%, corresponde a la mezcla de 50 mg de violeta de cristal y 600 mg de la resina colofonia.

Diferentes mezclas Violeta de cristal colofonia	Eficiencia de difracción (por transmisión)
50:200	0.11%
50:300	0.136%
50:400	0.16%
50:500	0.33%
50:600	0.53%
50:650	0.17%
50:700	0.17%
50:750	0.16%

TABLA II. Valores de eficiencias de difracción para emulsiones con 600 mg de colofonia y diferentes concentraciones de violeta de cristal donde la máxima eficiencia de 1.7%, corresponde a la mezcla de 30 mg de violeta de cristal y 600 mg de la resina colofonia.

Mezclas diferentes Violeta de cristal colofonia	Eficiencia de difracción (por transmisión)
20:600	0.52%
30:600	1.7%
40:600	1.1%
50:600	0.7%
60:600	0.44%
70:600	0.46%
80:600	0.5%
90:600	0.5%

cia de la mezcla de violeta de cristal con colofonia para saber el rango espectral de fotosensibilidad, se utilizó un láser de argón utilizando la línea 457 nm con una potencia de 200 mW. Para probar la eficiencia de la fotosensibilidad debido a la mezcla de violeta de cristal y la colofonia, se diseñó e implementó un arreglo simétrico, (Fig. 4). Con este arreglo se hicieron algunas rejillas de difracción holográficas senoidales (rejillas de fase por transmisión), con algunos ángulos y frecuencias diferentes. A cada una de las rejillas que se hicieron se les midió la eficiencia de difracción. Para medir el orden difractado, se bloqueó uno de los haces de interferencia y se midió la intensidad del haz difractado colocando la placa holográfica *in situ*. En la Fig. 5 se muestran cuatro gráficas de eficiencias de difracción que corresponden a rejillas con frecuencias de 2813, 2351, 1849 y 1497 líneas/mm (para cada una de las gráficas se hicieron cinco rejillas con diferentes exposiciones). En la Fig. 6 se muestra el espectro de absorbancia (normalizada a un valor de 5 unidades de absorbancia)

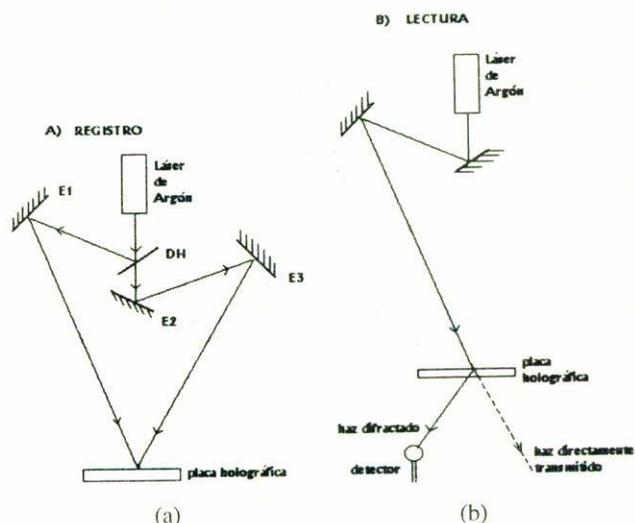


FIGURA 4. Arreglo experimental de registro y reconstrucción de rejillas de transmisión.

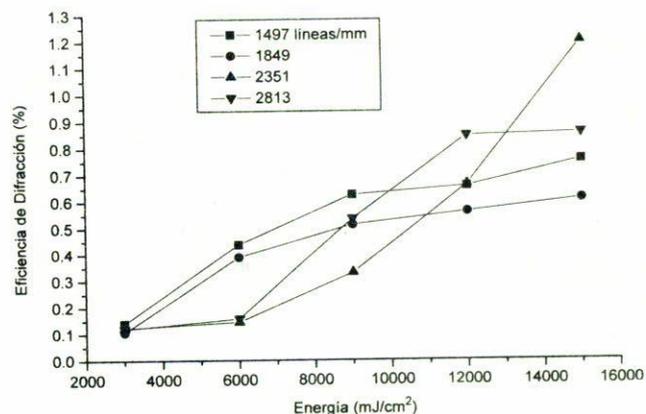


FIGURA 5. Curvas de eficiencias de difracción de rejillas de difracción senoidales de diferentes frecuencias (2813, 2351, 1850 y 1497 l/mm).

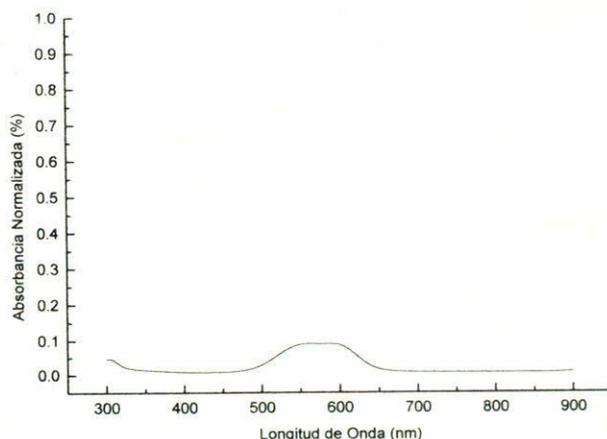


FIGURA 6. Espectro de absorbancia de la muestra de la resina colofonia dopada con el colorante violeta de cristal blanqueada bajo la exposición de radiación de un láser de Argón.

de la emulsión de colofonia con violeta de cristal expuesta a una radiación de un láser de Argón emitiendo en una longitud de onda de 457.9 nm, en la que se puede observar una disminución en el pico de absorbancia comparada con la Fig. 3, debido al blanqueado de la emulsión cuando se expone a dicha radiación.

4. Conclusiones

En el presente trabajo se presentó el aspecto físico del comportamiento de fotosensibilidad de la emulsión de colofonia con violeta de cristal, pero se deja un campo de investigación de la fotoquímica, ya que conociendo el cambio estructural atómico durante el proceso fotoquímico, se podría deducir la posibilidad de incrementar su fotosensibilidad. Además, se

ha mostrado que la mezcla de violeta de cristal con colofonia muestra fotosensibilidad en la región espectral del rojo usando una fuente láser de He-Ne, así como también una fotosensibilidad en la región del azul utilizando un láser de argón emitiendo en una longitud de onda de 457.9 nm, presentando en este caso una característica importante de que el elemento holográfico registrado puede leerse instantáneamente, ya que no es necesario ningún proceso de revelado ni fijado.

Entre las características principales de este material se encuentran; la facilidad de fabricación, alta resolución, disponibilidad y bajo costo. La principal desventaja radica en su depósito, ya que si se hace éste en un ambiente húmedo, el alcohol isopropílico en la mezcla se evapora violentamente produciendo burbujas en la emulsión.

-
1. H.J. Caulfield, *IEEE Spectrum* **18** No. 19 (1982) 39.
 2. J. Louis-Marignier and Michle Miñana, *Le Photographe* **1524** (1995) 36.
 3. D. Luna Moreno, A. Olivares Pérez, L.R. Berriel Valdos, and F. Osorio Alarcón, *Optical Materials* **11** (1998) 95.
 4. D. Luna Moreno, A. Olivares Pérez, and L.R. Berriel Valdos, "Diseño de rejillas de difracción holográficas de fase", (XXIX Congreso Nacional de Física, Oaxaca, Oax., 1996).
 5. R. Ramos García, "Optical Phase Conjugation in Methylene Blue Films", (OSA Annual Meeting, Long Beach, C.A. USA, 1997).
 6. N. Capolla and R. Lessard, *Appl. Opt.* **27** No. 14 (1988) 3008.