



XII CONGRESO NACIONAL DE MATERIALES

XII CONGRESO IBEROAMERICANO DE MATERIALES

Universidad de Alicante | 30 y 31 de Mayo y 1 de Junio de 2012

ISBN: 978-84-695-3316-1

 Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

 UIMA
UNIVERSITAT IBEROAMERICANA
DE MATERIALES

socio  mat

 GENERALITAT
VALENCIANA
CONSEJO DE FOMENTO,
INDUSTRIA Y COMERCIO

 MINISTERIO DE EDUCACION
Y CIENCIA

INFLUENCIA DEL ACPA EN EL ALMACENAMIENTO DE REDES HOLOGRÁFICAS EN FOTOPOLÍMEROS BASADOS EN PVA/ACRILAMIDA

E.Fernández^{1,3}, R.Fuentes^{1,3}, M.Ortuño^{2,3}, A.Beléndez^{2,3}, I.Pascual^{1,3}

¹ Dep. Óptica, Farmacología y Anatomía, Universidad de Alicante, Ap.Correos 99, E-03080 Alicante
elena.fernandez@ua.es

² Dep. Física, Ing. Sistemas y Tª Señal, Universidad de Alicante, Ap.Correos 99, E-03080 Alicante

³ Instituto Universitario de Física Aplicada a las Ciencias y las Tecnologías, Universidad de Alicante, Ap.Correos 99, E-03080 Alicante

Resumen: En este trabajo se exponen los resultados obtenidos al almacenar redes holográficas por transmisión con dos frecuencias espaciales diferentes, 950 y 2565 líneas/mm, en un material basado en PVA/AA. Además, con el fin de mejorar la resolución del material, se decidió incorporar a la composición estándar un agente acortador de cadenas, ACPA, para intentar mejorar el rendimiento en difracción de las redes almacenadas.

Palabras clave: Fotopolímeros, redes holográficas por transmisión, agente acortador de cadenas.

1. INTRODUCCIÓN.

En la última década, la holografía ha adquirido una gran importancia gracias a que se han podido crear dispositivos capaces de almacenar información no sólo en la superficie del material, como ocurre con los DVD's y CD's, si no en todo su volumen, aumentando así la capacidad de almacenamiento

Empresas pioneras en este campo, tales como Bayer MaterialScience e InPhase [1,2] se unieron para crear Tapestry™, el primer prototipo de sistema de almacenamiento holográfico óptico que está siendo utilizado por empresas líderes y es capaz de almacenar desde 200 Gbytes a 1,6 Tbytes en un disco de 130 mm de diámetro.

Una parte muy importante de estos dispositivos es el material en el cual se va a almacenar la información. Diferentes grupos de investigación de todo el mundo emplean todos sus esfuerzos en obtener un material adecuado para este propósito [3-5]. Se desea conseguir un material con una alta modulación de índice de refracción y una alta sensibilidad energética con una buena calidad óptica. Y más recientemente se está buscando que los materiales tengan una alta resolución [6].

Por este motivo, en este trabajo se va a modificar la composición de un fotopolímero basado en PVA-Acrilamida introduciendo un agente acortador de cadenas, en concreto el 4,4'-azobis(4-cyanopentanoico acid) (ACPA) que permita incrementar la resolución del fotopolímero y aumentar así el rendimiento en

difracción de las redes de difracción que se almacenen en él [7].

En concreto, se van a almacenar redes de difracción holográficas obtenidas con una geometría por transmisión simétrica con dos frecuencias espaciales diferentes, 950 y 2565 líneas/mm y en dos tipos de fotopolímeros basados en PVA/AA, uno que no contenga ACPA y el otro que sí contenga ACPA. De esta manera se podrá analizar la influencia del ACPA en las redes almacenadas con las dos frecuencias espaciales comparando su rendimiento en difracción.

2. DESARROLLO EXPERIMENTAL.

2.1. Preparación del material

Para obtener las composiciones de la Tabla 1 en primer lugar se prepara una disolución de poli (alcohol vinílico), PVA, en agua mediante calefacción a reflujo. Una vez disuelto todo el PVA se deja enfriar. Simultáneamente se elabora una disolución de acrilamida, AA, y trietanolamina, TEA, en agua. Estas dos disoluciones se mezclan en las proporciones necesarias para conseguir las concentraciones de la Tabla 1 (Composición 1). Finalmente se le añade la eosina amarillenta, EA, a la disolución bajo luz roja ya que el material no es sensible a esta longitud de onda.

En el caso de la composición 2 (Tabla 1), además se añade el ACPA a la disolución y se agita hasta que se disuelva completamente.

Una vez mezclados todos los componentes de la disolución, se deposita sobre una placa de vidrio que

hará de soporte, y se deja secar aproximadamente 24h a una temperatura $T = 20^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa $HR = 40\%$ para obtener capas con un espesor de unos $70\ \mu\text{m}$.

Tabla 1. Concentraciones de la composición de fotopolímero empleada.

	Composición 1	Composición 2
Poli (alcohol vinílico) (PVA)	8.26% m/v	8.26% m/v
Acrilamida (AA)	0.44M	0.44M
Trietanolamina (TEA)	0.20M	0.20M
Eosina amarillenta (EA)	$2.4 \times 10^{-4}\text{M}$	$2.4 \times 10^{-4}\text{M}$
4,4'-Azobis(4-cyanopentanoic acid) (ACPA)	----	0.015M

2.2. Montaje holográfico

En la Figura 1 se ha representado un esquema del dispositivo experimental. El láser utilizado en la etapa de registro es un láser Nd:YVO4 (Coherent Verdi V2) que emite un haz de luz con una longitud de onda de $532\ \text{nm}$, a la cual es sensible el material. El láser utilizado en la etapa de reconstrucción es un láser He-Ne de $633\ \text{nm}$, longitud de onda a la que el material no es sensible.

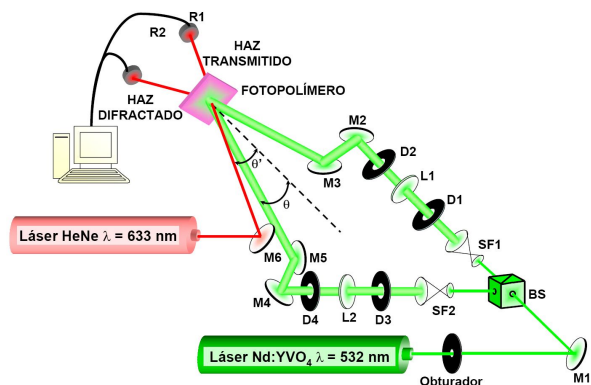


Figura 1. Dispositivo holográfico. Mi: espejos, BS: divisor de haz, Li: lentes, SFi: conjunto de filtro espacial y objetivo de microscopio, Di: diafragmas, Ri: radiómetros.

En la etapa de registro se hacen interferir dos haces, el haz objeto y el haz de referencia formando un ángulo θ con la normal para formar el holograma, que en este caso es una red de difracción, ya que los dos haces se pueden considerar ondas planas. Para ello, el haz emitido por el láser se divide en dos mediante un divisor de haz. Una vez que se tienen los dos haces, cada uno de ellos se hace pasar por un objetivo de microscopio y un pinhole, para expandir y filtrar el haz. A continuación los haces se pasan por una serie de lentes y diafragmas para colimarlos y hacer que tengan el diámetro deseado.

Por último, mediante una serie de espejos se dirigen los haces para que incidan, con el ángulo deseado, sobre el material de registro donde finalmente interfieren.

Para conseguir las dos frecuencias espaciales mencionadas en la introducción se modificará en el montaje experimental el valor del ángulo de registro, obteniéndolo a partir de la ecuación 1:

$$\text{sen}\theta = \frac{\lambda}{2\Lambda} \quad (1)$$

donde $1/\Lambda$ representa a la frecuencia espacial y λ la longitud de onda en aire.

3. RESULTADOS.

Después de ajustar el montaje experimental, se registraron redes de difracción con dos frecuencias espaciales diferentes, 950 y 2565 líneas/mm en placas de fotopolímero con dos composiciones (ver Tabla 1). La única diferencia entre estas dos composiciones es que a la composición 2 se le ha añadido un agente acortador de cadenas, el ACPA, para intentar mejorar la resolución del material.

En primer lugar se almacenaron las redes con la frecuencia espacial de 950 líneas/mm. Los resultados obtenidos se muestran en las figuras 2 y 3.

En la figura 2 se muestra el rendimiento en difracción, RD, en función del ángulo de reconstrucción una vez que la red ya está almacenada. La red de la figura 2 se registró con una exposición de $120\ \text{mJ}/\text{cm}^2$, que es la exposición para la cual se obtuvo el máximo rendimiento en difracción. Y se almacenó en el fotopolímero con la composición 1 de la Tabla 1, que es la que no tenía el ACPA. Como se puede observar el RD obtenido es de un 84% .

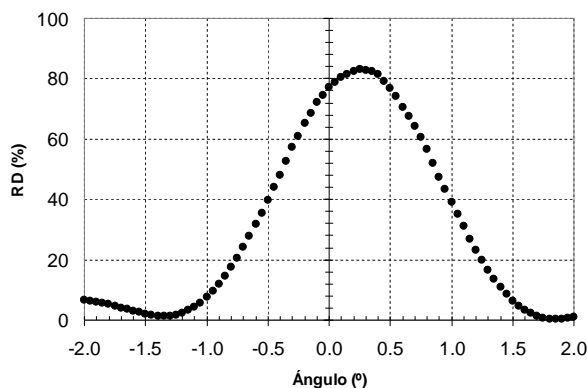


Figura 2. RD frente al ángulo de una red de difracción almacenada con una exposición de $E=120\ \text{mJ}/\text{cm}^2$ y una frecuencia espacial de 950 líneas/mm sin ACPA.

En la figura 3 se ha representado el RD frente al ángulo para una red almacenada con una exposición de $100\ \text{mJ}/\text{cm}^2$ en el fotopolímero con la composición 2 de la Tabla 1 que es la que sí tenía incorporado el ACPA. En este caso el RD obtenido es de un 90% .

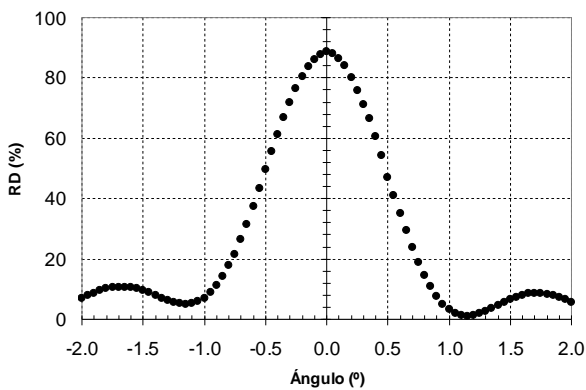


Figura 3. RD frente al ángulo de una red de difracción almacenada con una exposición de $E=100 \text{ mJ/cm}^2$ y una frecuencia espacial de 950 líneas/mm con ACPA.

Ya en redes con una frecuencia espacial no muy elevada como son 950 líneas/mm se nota el efecto del ACPA, incrementando el RD de las redes almacenadas con este componente. Sin embargo, dado que el material sin ACPA ya funcionaba bien para esta frecuencia (obteniéndose un RD superior al 80%), el efecto del ACPA aun no es muy considerable.

Para ver con mayor claridad si el ACPA mejora la resolución, en segundo lugar se almacenaron las redes con la frecuencia espacial de 2560 líneas/mm. El efecto del ACPA sobre las redes almacenadas con esta frecuencia se muestra en las figuras 4 y 5.

En la figura 4 se representa el RD frente al ángulo de reconstrucción para una red almacenada con una exposición de 350 mJ/cm^2 en una placa de fotopolímero sin ACPA (composición 1). De nuevo, la exposición es aquella con la que se obtuvo el máximo RD. Como se observa el RD obtenido es un 41%. Para esta frecuencia espacial, que es mayor que en el caso anterior, el material sin ACPA ya no funciona tan bien, ya que se ha obtenido un RD inferior (aproximadamente la mitad que para las 950 líneas/mm).

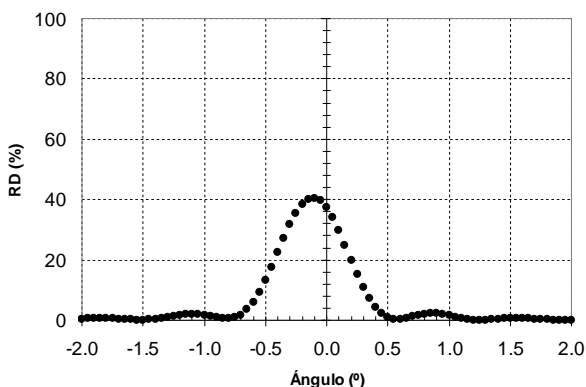


Figura 4. RD frente al ángulo de una red de difracción almacenada con una exposición de $E=350 \text{ mJ/cm}^2$ y una frecuencia espacial de 2565 líneas/mm sin ACPA.

En la figura 5 se muestra el RD de una red almacenada en una placa con ACPA (composición 2) y con una

exposición de 320 mJ/cm^2 . El RD obtenido en este caso es un 66%.

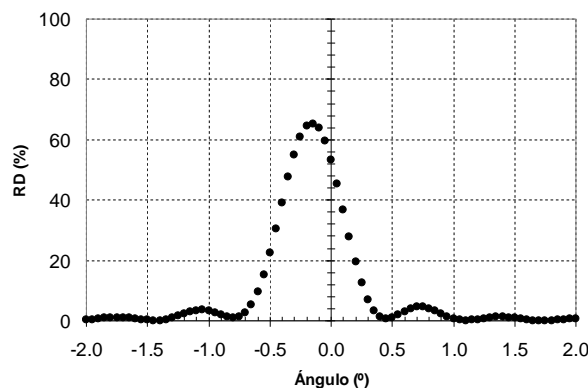


Figura 5. RD frente al ángulo de una red de difracción almacenada con una exposición de $E=320 \text{ mJ/cm}^2$ y una frecuencia espacial de 2565 líneas/mm con ACPA.

Por tanto, al introducir el ACPA la resolución del material ha mejorado, obteniéndose un RD considerablemente superior que sin ACPA. Por tanto, el ACPA es un componente de gran utilidad a la hora de obtener materiales con una mayor capacidad de resolución.

4.- CONCLUSIONES.

En este trabajo se ha demostrado la validez en la utilización de los acortadores de cadenas, en concreto del ACPA, para incrementar la resolución espacial de los fotopolímeros.

En concreto el ACPA ha conseguido incrementar el RD en redes de difracción almacenadas con dos frecuencias espaciales diferentes, 950 y 2565 líneas/mm. En las redes con la frecuencia de 950 líneas/mm se obtiene solamente un ligero incremento en el RD porque el material sin ACPA ya es capaz de resolver esa frecuencia espacial, obteniéndose un 84% para redes sin ACPA y un 90% para redes con ACPA.

Sin embargo, para la frecuencia espacial de 2565 líneas/mm, se observa que el efecto del ACPA es más considerable, dado que el RD aumenta de un 41% sin ACPA a un 66% con ACPA. El fotopolímero sin ACPA tiene más dificultades para resolver redes con esta frecuencia espacial, hecho que se traduce en un RD bajo. Al incorporarle el ACPA, la resolución del material aumenta obteniéndose un RD considerablemente mayor. Por tanto, el ACPA mejora la resolución del material que lo incorpore en su composición.

5.- AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado por el Ministerio de Ciencia e Innovación bajo los proyectos FIS2011-29803-C02-01 y FIS2011-29803-C02-02, y por la Universidad de Alicante bajo el proyecto GRE09-10.

6.- REFERENCIAS

- [1] L. Dhar, K. Curtis, and T. Fäcke, "Holographic data storage: Coming of age", *Nat. Phot.* **2**, 403-405 (2008).
- [2] D. Graham-Rowe, "The drive for holography", *Nat. Phot.* **1**, 197-200 (2007).
- [3] V. A. Barachevskii, "Photopolymerizable recording media for three-dimensional holographic optical memory", *High Energy Chem.* **40**, 131-141 (2006).
- [4] R. C. Fontanilla-Urdaneta, M. P. Hernandez-Garay, A. Olivares-Perez, G. Paez-Trujillo, and I. Fuentes-Tapia, "Diffraction efficiency study of holographic gratings in dichromated poly(vinyl alcohol) NiCl₂ center dot 6H(2)O doped - art. no. 691206", *Practical Holography Xxii: Materials and Applications* **6912**, 91206-91206 (2008).
- [5] S. H. Lin, P. L. Chen, Y. N. Hsiao, and W. T. Whang, "Fabrication and characterization of poly(methyl methacrylate) photopolymer doped with 9,10-phenanthrenequinone (PQ) based derivatives for volume holographic data storage", *Opt. Comm.* **281**, 559-566 (2008).
- [6] J. Guo, M. R. Gleeson, S. Liu, and J. Sheridan, "Non-local spatial frequency response of photopolymer materials containing chain transfer agents: II. Experimental results", *J. Opt.* **13**, 095602 (2011).
- [7] R. Fuentes, E. Fernandez, C. Garcia, A. Belendez, and I. Pascual, "Study of influence of ACPA in holographic reflection gratings recorded in PVA/AA based photopolymer", in *Proc. of SPIE*, **7717**, 77170Q-1-77170Q-11 (2010).