

Fotopolímeros compatibles con cristales líquidos basados en pentilcianobifenilo

Manuel Ortuño^{1*}, Andrés Márquez¹, Sergi Gallego,¹ Augusto Beléndez¹ e Inmaculada Pascual²

¹*Departamento de Física, Ing. de Sistemas y T^a de la Señal, Universidad de Alicante*

²*Departamento de Óptica, Farmacología y Anatomía, Universidad de Alicante*

www.ua.es

1. Introducción

En la actualidad los materiales de registro holográfico [1] son de gran interés por las amplias perspectivas que presentan en aplicaciones como el almacenamiento óptico de información, lo que se conoce como memorias holográficas [2], o en el desarrollo de elementos ópticos [3].

Los fotopolímeros son uno de los muchos tipos de materiales de registro utilizables en aplicaciones holográficas debido a sus buenas cualidades: alcanzan un elevado rendimiento en difracción con una sensibilidad energética aceptable, son relativamente fáciles de preparar y tienen un coste reducido [4,5]. De entre los distintos tipos de materiales de registro fotopolimerizables, los fotopolímeros combinados con moléculas de cristal líquido han adquirido en los últimos años una importancia creciente a nivel mundial debido principalmente a que añaden una característica fundamental, la posibilidad de variar las propiedades electro ópticas de los dispositivos fabricados con estos materiales mediante la aplicación de un campo eléctrico gracias a la anisotropía óptica que introduce el cristal líquido. Esto implica la posibilidad potencial de diseñar elementos ópticos ajustables o sintonizables, sin partes móviles, al ser esta función realizada mediante la variación del campo eléctrico aplicado [6].

Para esto es necesario combinar moléculas de cristal líquido con fotopolímeros cuya matriz sea compatible. En este trabajo se ha diseñado un nuevo fotopolímero con estas características partiendo de los fotopolímeros de acrilamida con matriz de poli(alcohol vinílico) [5]. Se compara la absorción de luz del nuevo material con los polímeros convencionales basados en acrilamida. Se estudian las propiedades estáticas fundamentales del nuevo material, como la eficiencia en difracción y la respuesta angular.

2. Montaje holográfico

El dispositivo experimental utilizado para la fotopolimerización y el registro de las redes holográficas se representa en la Figura 1. La reconstrucción de las mismas se efectúa en tiempo real. Para el registro se utiliza la línea de longitud de onda de 514 nm de un láser de Argón. El haz láser se divide en dos haces secundarios mediante un divisor de haz, con una relación de intensidades 1:1, mediante un filtrado espacial y un sistema de lentes, diafragmas y espejos, se consiguen dos haces colimados que inciden sobre la placa de material de registro con un ángulo $\theta = 16.9^\circ$ respecto a la normal a la placa. La frecuencia espacial obtenida en estas condiciones es de 1131 líneas/mm de acuerdo con la ley de Bragg. La intensidad total de registro es de 5 mW/cm² para el fotopolímero de acrilamida y de 20 mW/cm² para el nuevo fotopolímero, la intensidad transmitida y difractada se monitoriza en tiempo real mediante un láser de lectura de He-Ne (633 nm, longitud de onda a la que el fotopolímero no es sensible) situado en ángulo de Bragg ($\theta' = 20.97^\circ$) con la normal a la placa. El rendimiento en difracción (RD) se calcula como la relación de la intensidad del haz difractado respecto a la intensidad incidente.

* e-mail: mos@ua.es

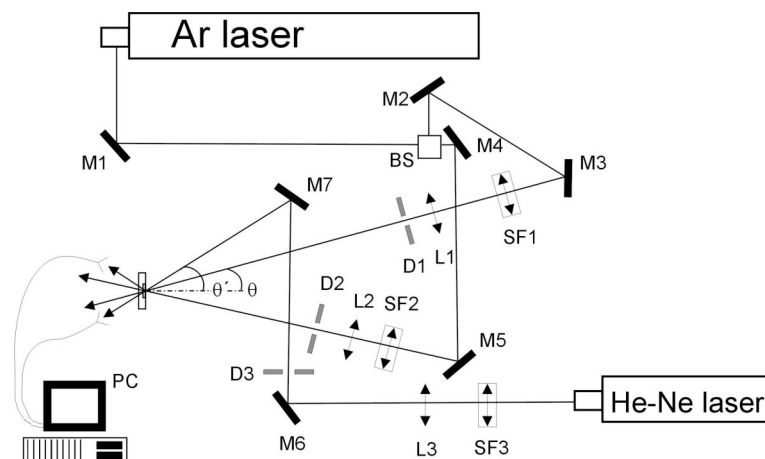


Figura 1: Montaje holográfico. BS: divisor de haz, SFi: filtro espacial, Li: lente, Di: diafragma, Mi: espejo, PC: captura de datos.

3. Fotopolímero con matriz de acrilato orgánico polifuncional

Los fotopolímeros holográficos con moléculas de cristal líquido dispersas en la matriz son unos materiales novedosos cuya característica fundamental es que es posible variar ciertos parámetros como el índice de refracción gracias a la anisotropía óptica que introduce el cristal líquido. Para esto es necesario combinar moléculas de cristal líquido con fotopolímeros cuya matriz sea compatible. Se ha diseñado un nuevo fotopolímero con estas características partiendo de los fotopolímeros de acrilamida con matriz de poli(alcohol vinílico), que no son compatibles con los cristales líquidos basados en pentilcianobifenilo, como el licristal K15 de Merck.

Se prepara una capa de fotopolímero de 200 μm de espesor, con matriz de poli(alcohol vinílico) (PVA), acrilamida como monómero polimerizable (AA), trietanolamina (TEA) como iniciador de la polimerización y eosina amarillenta (YE) como colorante sensibilizador, siguiendo el método descrito en Ref. [7], con la siguiente composición de la disolución de partida: PVA= 6.75% m/v, $C_{YE}= 2.44 \times 10^{-4}$ M, $C_{AA}=0.45$ M, $C_{TEA}=0.2$ M. Este fotopolímero tiene un sistema iniciador formado por TEA y YE. Esta combinación se intentará utilizar en el nuevo fotopolímero por constituir un sistema iniciador de gran eficacia.

El fotopolímero compatible con el cristal líquido K15 se compone del monómero polifuncional dipentaeritritol penta/hexa acrilato (DPHPA) que actúa también de matriz soporte, N-vinil pirrolidona (NVP) como entrecruzante. Dado que YE no es soluble en DPHPA se ha sustituido por un colorante homólogo, eosina de etilo (YEt) que es soluble en disolventes orgánicos. Lo mismo sucede con la trietanolamina, que tampoco es soluble en DPHPA por lo que se ha sustituido por N-metil dietanolamina (NMDETA). Se prepara bajo luz roja una mezcla de los componentes con las siguientes proporciones: DPHPA= 2.5 g, NMDETA= 150 μL , NVP 300 μL , YEt 0.0014 g. Entre dos placas de vidrio de 2 mm de espesor se sitúan 100 μL de la disolución utilizando separadores para obtener un espesor de capa fotosensible de 30 μm . La capa de fotopolímero se prepara y seguidamente se expone al láser de registro sin necesidad de un período de secado como el que necesitan los fotopolímeros con matriz de PVA.

En la Figura 2 se representa el espectro de transmisión de las dos capas de fotopolímero. Fotopolímero convencional de acrilamida (YE) y del nuevo fotopolímero basado en acrilatos polifuncionales (YEt).

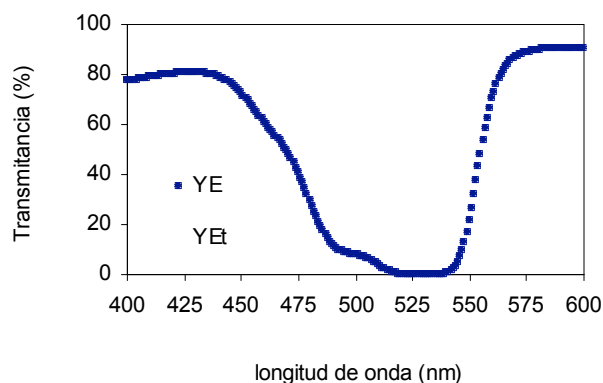


Figura 2: Espectro de transmisión del fotopolímero convencional de acrilamida (YE) y del nuevo fotopolímero basado en acrilatos polifuncionales (YEt).

La utilización de YEt como colorante, aunque su estructura molecular es muy similar al YE introduce cambios sustanciales en el fotopolímero. El material que contiene YE tiene un mínimo de transmisión próximo a la línea del láser de argón (514 nm), mientras que el mínimo para el fotopolímero conteniendo YEt está desplazado a una longitud de onda mayor. Debido a esto, el nuevo fotopolímero tiene una transmisión muy grande a 514 nm ($T=78\%$), lo que supondrá una menor sensibilidad energética. Por otra parte, el material conteniendo YEt tiene mayor transmisión para la zona entre 400-450 nm donde ambos fotopolímeros presentan una sensibilidad mínima: 87% (fotopolímero conteniendo YEt) frente a 79% (fotopolímero conteniendo YE). Esto es debido al pequeño espesor de capa de este material y supone una ventaja al ser menos sensible a otras longitudes de onda diferentes a la utilizada en el registro del holograma.

En un fotopolímero YEt se registra una red de difracción mediante el montaje holográfico descrito. Se requieren 500 mJ/cm^2 para alcanzar el máximo rendimiento en difracción. En la Figura 3 se representa la respuesta angular del holograma. El máximo rendimiento en difracción es del 6.7% , quedando comprendido en un intervalo angular de 10 grados.

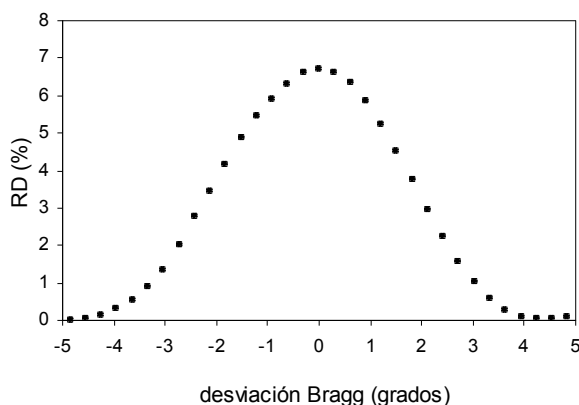


Figura 3: Respuesta angular del fotopolímero YEt

A modo de conclusión cabe comentar que se ha conseguido desarrollar un fotopolímero compatible con las moléculas de cristal líquido comerciales, manteniendo un sistema iniciador similar al utilizado en los fotopolímeros de PVA/AA. Esto permite una mejor optimización del material, que se está realizando actualmente. El nuevo fotopolímero presenta la ventaja de un espesor de capa muy pequeño, necesario

para el desarrollo de dispositivos sintonizables mediante la aplicación de un campo eléctrico. El máximo rendimiento en difracción obtenido es del 6.7% con una exposición energética de 500 mJ/cm².

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (FIS2008-05856-C02-01, FIS2008-05856-C02-02) y por la Generalitat Valenciana (GVPRE/2008/274).

Bibliografía

- [1] R. A. Lessard, G. Manivannan, "Holographic Recording Materials: An Overview", in *Holographic Materials*, Proc. SPIE **2405**, p. 2 (1995).
- [2] E. Fernández, M. Ortuño, S. Gallego, C. García, A. Beléndez, I. Pascual, "Comparison of peristrophic multiplexing and a combination of angular and peristrophic holographic multiplexing in a thick PVA/acrilamide photopolymer for data storage", *Appl. Opt.* **46**, p. 5368 (2007).
- [3] A. Márquez, C. Neipp, A. Beléndez, S. Gallego, M. Ortuño, and I. Pascual, "Edge-enhanced imaging with polyvinyl alcohol/acrylamide photopolymer gratings," *Opt. Lett.*, **28**, 1510-1512 (2003).
- [4] M. Ortuño, E. Fernández, S. Gallego, A. Beléndez, I. Pascual, "New photopolymer holographic recording material with sustainable design", *Opt. Express* **15**, p. 12425 (2007).
- [5] M. Ortuño, S. Gallego, C. García, C. Neipp, A. Beléndez, and I. Pascual, "Optimization of a 1 mm thick PVA/acrylamide recording material to obtain holographic memories: method of preparation and holographic properties" *Appl. Phys. B* **76**, 851–857 (2003).
- [6] T. J. Bunning, L. V. Natarajan, V. P. Tondiglia, R. L. Sutherland, "Holographic polymer-dispersed liquid crystals (H-PDLCs)", *Annu. Rev. Mater. Sci.*, **30**, p. 83 (2000).
- [7] M. Ortuño, S. Gallego, C. García, I. Pascual, C. Neipp, A. Beléndez, "Holographic characteristics of an acrylamide/ bisacrylamide photopolymer in 40-1000 μm thick layers" *Phys. Scr.* **T118**, p. 66 (2005).