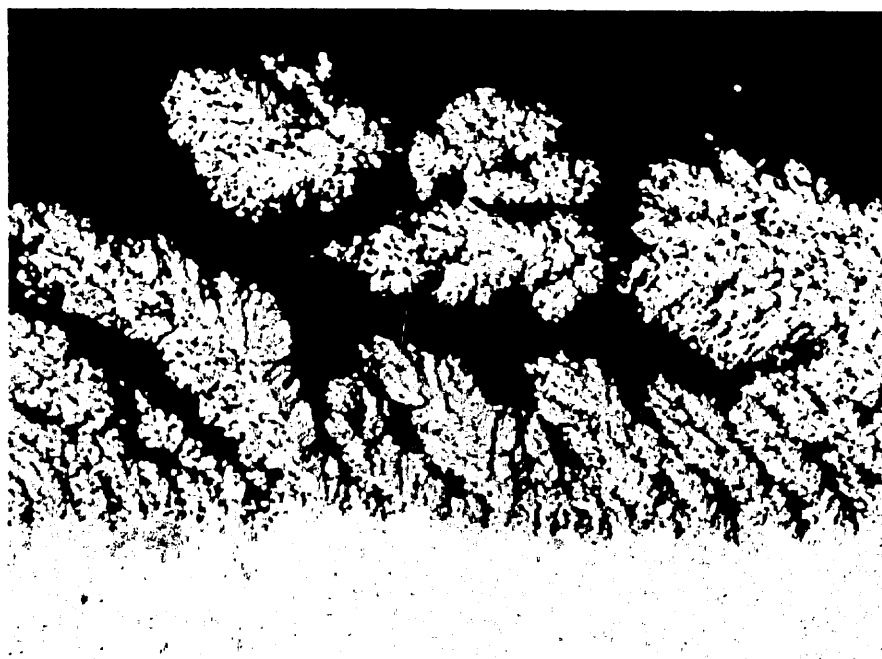


XI CONGRESO NACIONAL DE MATERIALES



LIBRO DE RESÚMENES

Zaragoza, 23 a 25 de junio de 2010



© Departamento de Ciencia y Tecnología de Materiales y Fluidos
Universidad de Zaragoza
2010

Edita: Universidad de Zaragoza
C/ Pedro Cerbuna, 12
50.009 Zaragoza

Coordinadores: Daniel Sola Martínez y María Antonieta Madre Sediles

ISBN: 978-84-92522-24-8
DL: Z-2235-10

Imprime: Servicio de Publicaciones. Universidad de Zaragoza

Foto portada: Daniel Sola Martínez y José Ignacio Peña Torre



MATERIALES TIPO H-PDLC PARA APLICACIONES DINÁMICAS

M. Ortuño¹, A. Márquez¹, S. Gallego¹, E. Fernández², M. L. Álvarez¹, D. Méndez¹, A. Beléndez¹

¹Universidad de Alicante, Dpto. Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal
mos@ua.es

²Universidad de Alicante, Dpto. de Óptica, Farmacología y Anatomía

Resumen: En la actualidad, los materiales fotopoliméricos son ampliamente utilizados en aplicaciones holográficas debido a sus excelentes propiedades entre las que destacan su buena sensibilidad energética y espectral, la facilidad de fabricación y su bajo coste [1]. La incorporación a estos materiales de moléculas con comportamiento de cristal líquido añade una característica especial, la capacidad de variación de las propiedades electroópticas mediante la aplicación de un campo eléctrico. Las moléculas de cristal líquido presentan una estructura molecular especial que confiere anisotropía óptica al fotopolímero, con lo que es posible cambiar su respuesta modificando el campo eléctrico aplicado [2,3]. En este trabajo se desarrolla un fotopolímero tipo H-PDLC basado en el penta/hexa acrilato de dipentaeritritol como monómero polimerizable al que se incorporan moléculas de cristal líquido nemático de la empresa Merck [4]. Se registran redes de difracción no inclinadas mediante un montaje holográfico que incorpora un láser de diodo sintonizado a 532 nm y un láser de reconstrucción de He-Ne a 632.8 nm. Se estudian los principales parámetros del nuevo material y sus características estáticas y dinámicas.

[1] M. Ortuño, E. Fernández, S. Gallego, A. Beléndez, I. Pascual., Opt. Express 15 (2007) 12425-12435.

[2] R. L. Sutherland, L. V. Natarajan , V. P. Tondiglia, Chem. Matter. 5 (1993) 1553.

[3] V. P. Tondiglia, L. V. Natarajan , R. L. Sutherland, Opt. Lett. 20 (1995) 1325.

[4] Y. Liu, B. Zhang, Y. Jia, K. Xu, Opt. Commun. 218 (2003) 27-32.

MATERIALES TIPO H-PDLC PARA APLICACIONES DINÁMICAS

M. Ortuño¹, A. Márquez¹, S. Gallego¹, E. Fernández², M. L. Álvarez¹, D. Méndez¹, A. Beléndez¹

¹Universidad de Alicante, Dpto. Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal, mos@ua.es

²Universidad de Alicante, Dpto. de Óptica, Farmacología y Anatomía

Resumen: En este trabajo se desarrolla un fotopolímero tipo H-PDLC basado en el penta/hexa acrilato de dipentaeritritol como monómero polimerizable al que se incorporan moléculas de cristal líquido nemático. Se registran redes de difracción no inclinadas mediante un montaje holográfico que incorpora un láser de diodo sintonizado a 532 nm y un láser de reconstrucción de He-Ne a 632.8 nm. Se estudian los principales parámetros del nuevo material y sus características estáticas y dinámicas.

Palabras clave: H-PDLC, fotopolímero, material de registro holográfico.

1. INTRODUCCIÓN.

En la actualidad, los materiales fotopoliméricos son ampliamente utilizados en aplicaciones holográficas debido a sus excelentes propiedades entre las que destacan su buena sensibilidad energética y espectral, la facilidad de fabricación y su bajo coste [1]. La incorporación a estos materiales de moléculas con comportamiento de cristal líquido añade una característica especial, la capacidad de variación de las propiedades electroópticas mediante la aplicación de un campo eléctrico. Las moléculas de cristal líquido presentan una estructura molecular especial que confiere anisotropía óptica al fotopolímero, con lo que es posible cambiar su respuesta modificando el campo eléctrico aplicado [2,3].

En este trabajo se desarrolla un fotopolímero tipo H-PDLC basado en el penta/hexa acrilato de dipentaeritritol como monómero polimerizable al que se incorporan moléculas de cristal líquido nemático de la empresa Merck. Se registran redes de difracción no inclinadas mediante un montaje holográfico que incorpora un láser de diodo sintonizado a 532 nm y un láser de reconstrucción de He-Ne a 632.8 nm.

La fotopolimerización del monómero en las zonas expuestas a la luz produce un efecto de separación inducida por polimerización en el que la red polimérica tridimensional altamente reticulada de las zonas expuestas a la luz induce la separación espacial de las moléculas de cristal líquido que quedan situadas preferentemente en las zonas no expuestas, donde no se forma red polimérica. Esta distribución periódica de las moléculas de cristal líquido produce una modulación espacial de índice de refracción adicional a la producida por la distribución periódica de las cadenas de polímero que se sitúan en las zonas expuestas a la luz [4].

Se estudian los principales parámetros del nuevo material y sus características estáticas y dinámicas.

2. EXPERIMENTAL.

El fotopolímero se compone de penta/hexa acrilato de dipentaeritritol (DPHPA) como monómero

polimerizable y N-vinil pirrolidona (NVP) como entrecruzante. El sistema fotoiniciador lo forman el colorante eosina de etilo (YEt) y el iniciador de radicales libres N-metil dietanolamina (NMDETA).

El cristal líquido nemático licristal® BL087 de la empresa Merck, que es una mezcla de cianobifenilos que se diferencian en la longitud de la cadena alifática, impartirá las características dinámicas al material [5]. Se realiza una mezcla de los componentes mediante un agitador magnético, requiriendo etapas de calefacción de la disolución a 40 °C junto con la utilización de un baño ultrasónico con el fin de obtener una mezcla homogénea evitando la separación de fases.

La composición de la disolución en porcentaje en peso es la siguiente: DPHPA= 54.84%, NMDETA= 15.18%, NVP 3.82%, YEt 0.37%. BL087= 25.80%.

La disolución (50 µL) se sitúa entre dos vidrios conductores, utilizando microesferas huecas de vidrio de un tamaño máximo de 13 µm de diámetro para evitar el contacto de las superficies conductoras de ambos vidrios. Este material es expuesto a la interferencia de dos haces láser de registro ($\lambda=532$ nm) en un montaje holográfico con el que se registran redes de difracción no inclinadas. La reconstrucción se realiza mediante un láser de He-Ne a una longitud de onda de 633 nm. Con el fin de evaluar las características dinámicas del H-PDLC se aplica un campo eléctrico variable entre los dos vidrios conductores mediante un generador con función de onda cuadrada bipolar conectado a un amplificador de voltaje.

El dispositivo experimental utilizado para la fotopolimerización y el registro de las redes holográficas se representa en la Figura 1. El haz láser de 532 nm 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 $\theta= 16.8^\circ$ respecto a la normal a la placa. La frecuencia espacial obtenida en estas condiciones es de 1125 líneas/mm de acuerdo con la ley de Bragg. La

intensidad total de registro es de 5 mW/cm^2 , 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 ($\theta' = 20.8^\circ$) 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.

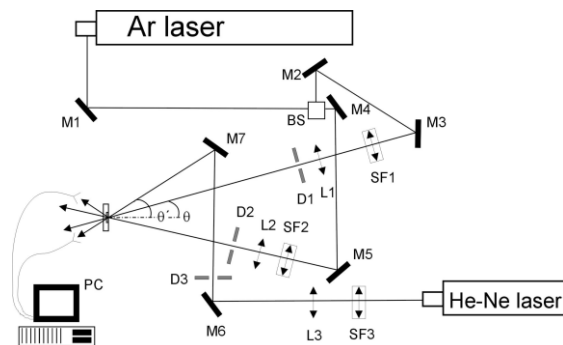


Figura 1. Montaje holográfico. BS: divisor de haz, SFi: filtro espacial, Li: lente, Di: diafragma, Mi: espejo, PC: captura de datos.

3. RESULTADOS.

En la Figura 2 se representa el rendimiento en difracción durante la fase de registro de la red.

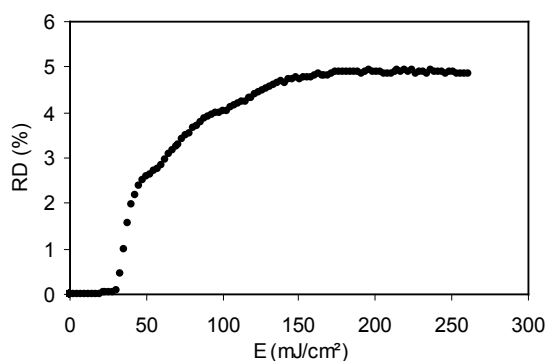


Figura 2. Rendimiento en difracción frente a la exposición energética durante la fase de registro de la red.

Se obtiene un RD máximo del 5% a una exposición energética de 200 mJ/cm^2 .

La reconstrucción de la red ofrece el resultado mostrado en la Figura 3 en la que se representa el rendimiento en difracción en función del ángulo de reconstrucción.

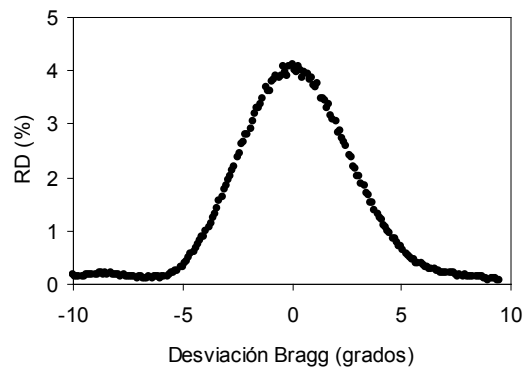


Figura 3. Respuesta angular en la reconstrucción de la red.

El máximo rendimiento en difracción es menor del 5% obtenido durante el registro como consecuencia de los procesos de difusión de especies que tienen lugar en el interior de la capa de fotopolímero tras el registro.

A continuación se aplica un campo eléctrico variable entre las placas de vidrio conductor para evaluar sus características dinámicas. La luz del láser utilizado en la reconstrucción está linealmente polarizada a lo largo de la vertical del laboratorio y no se utiliza analizador a la salida. En la Figura 4 se representa la intensidad difractada I_d en función del voltaje RMS aplicado.

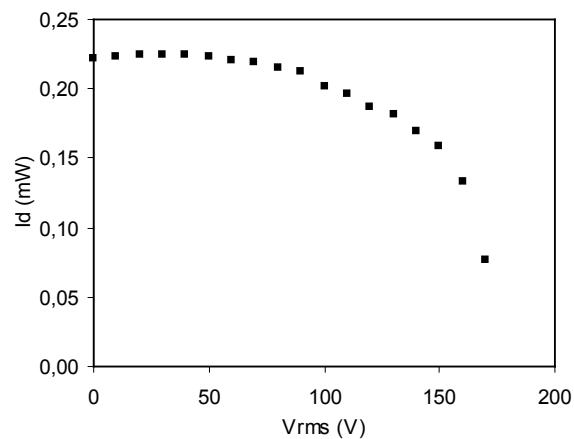


Figura 4. Respuesta dinámica del H-PDLC.

Al aumentar el voltaje aplicado la intensidad difractada disminuye como consecuencia del reordenamiento de las moléculas de cristal líquido presentes en las zonas no expuestas.

La máxima intensidad difractada es $I_{dmax} = 0.221 \text{ mW}$, la mínima es $I_{dmin} = 0.076 \text{ mW}$, siendo la relación entre ellas $I_{dmax}/I_{dmin} \cong 3$ para $V_{rms} = 170 \text{ V}$.

La respuesta del H-PDLC es reversible, aunque la velocidad de respuesta está limitada por la viscosidad de la matriz del fotopolímero. En la Figura 5 se representa el aumento de la intensidad difractada con el tiempo tras suprimir el voltaje aplicado.

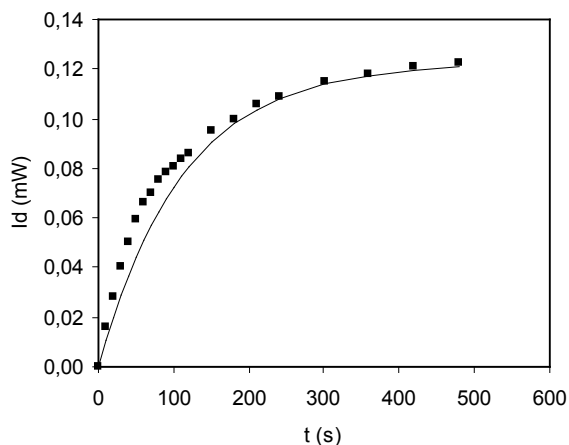


Figura 5. Aumento progresivo de I_d al suprimir el voltaje aplicado.

La evolución de I_d es de tipo exponencial como muestra el ajuste realizado a los datos experimentales, de acuerdo a la expresión (1), en la que I_{df} es la máxima intensidad difractada.

$$I_d = I_{df} \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \right] \quad (1)$$

El tiempo de relajación obtenido en el ajuste es $\tau = 112$ s.

A voltajes superiores a 100 V se observa una disminución de la impedancia efectiva de la placa ($Z_{efectiva}$), lo que se relaciona con un proceso de degradación del material que afecta al número efectivo de ciclos. En la Figura 6 se aprecia la disminución de $Z_{efectiva}$.

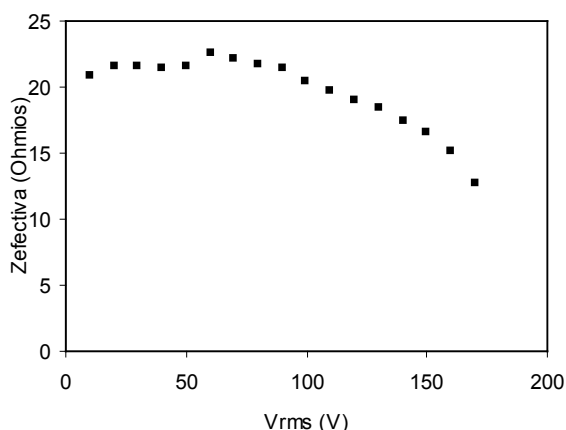


Figura 6. Variación de la impedancia efectiva del H-PDLC con el voltaje aplicado.

4. CONCLUSIÓN.

Se ha diseñado un material H-PDLC con un espesor de tan solo 13 μm , cuyo sistema iniciador y concentraciones relativas de sus componentes permiten una adecuada separación de las moléculas de cristal líquido durante la fase de registro de la red de difracción. El material permite la variación de la

intensidad difractada por la red de difracción mediante la aplicación de un campo eléctrico alcanzando valores de $V_{rms} = 170$ V. Se ha observado que las características de la matriz influyen en el tiempo de recuperación del material tras la supresión del campo eléctrico obteniendo un valor del tiempo de relajación $\tau = 112$ s. Por último, se ha comprobado que a $V_{rms} > 100$ V se producen fenómenos de degradación que hacen disminuir la impedancia efectiva del H-PDLC con la consiguiente limitación del número efectivo de ciclos.

AGRADECIMIENTOS.

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación del Ministerio de Ciencia e Innovación a través de los proyectos FIS2008-05856-C02-01 y FIS2008-05856-C02-02.

REFERENCIAS

- [1] M. Ortuño, C. Neipp, S. Gallego, A. Beléndez, *Opt. Express* 17 (2009) 13193-13201.
- [2] R. L. Sutherland, L. V. Natarajan, V. P. Tondiglia, *Chem. Matter.* 5 (1993) 1553.
- [3] V. P. Tondiglia, L. V. Natarajan, R. L. Sutherland, *Opt. Lett.* 20 (1995) 1325.
- [4] Y. Liu, B. Zhang, Y. Jia, K. Xu, *Opt. Commun.* 218 (2003) 27-32.
- [5] www.merck-chemicals.com/lcd-emerging-technologies/