

EFFECTO DEL TRATAMIENTO ENZIMÁTICO EN EL RELIEVE DE LA SUPERFICIE DE PELÍCULAS DE POLISACÁRIDOS

Cristina Solano y Geminiano Martínez-Ponce

Centro de Investigaciones en Óptica; Apdo. Postal 1-948; 37000 León, Guanajuato, México
Correo-e: csolano@cio.mx, geminis@cio.mx

RESUMEN

Se estudió la respuesta a la luz de películas de polisacáridos (pululan) con dicromato de amonio. Éstas se expusieron a un patrón de interferencia de baja frecuencia utilizando un láser de diodo de 532 nm. Después de revelarlas se observó la formación de una rejilla de relieve senoidal de 31 líneas/mm. Para incrementar el relieve de estas rejillas se estudió el efecto de modificar el proceso de revelado utilizando soluciones enzimáticas de papaína y tripsina. Los resultados muestran un incremento en la eficiencia de difracción alcanzando el 20%.

I. INTRODUCCIÓN

En los primeros experimentos para registrar hologramas realizados alrededor de 1948, Dennis Gabor¹ utilizó las placas de halogenuro de plata que aún representan el medio de registro convencional en la fotografía. Sin embargo, la cantidad de información que se registra en un holograma es mucho mayor a la resolución del material disponible comercialmente, ya que debe ser capaz de registrar hasta 5000 líneas/mm. Sólo es posible incrementar la resolución controlando el tamaño del grano del halogenuro de plata, tecnología que encarece el material. Este hecho ha llevado a la búsqueda de diferentes medios de almacenamiento de información por métodos ópticos que posean un alto rendimiento y, además, un bajo costo.

En 1830 se encontró que ciertos polímeros mostraban sensibilidad a la luz visible al incorporar dicromato de amonio², $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. La sal de $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ de color rojo-naranja favorece el fotoencruzamiento (reforzamiento de varias uniones entre las moléculas causadas por la absorción de luz) de la matriz orgánica en la cual se inserta al interaccionar con las partes polares de la molécula. Las partes del polímero que sufren un encruzamiento son menos solubles por lo que, en un tratamiento químico posterior a la exposición, es posible fijar la distribución de luz que incidió sobre la película. Entre las películas fotosensibilizadas reportadas en la literatura, la basada en gelatina dicromatada es la más común por su fabricación simple y gran eficiencia³. Este hecho a llevado al estudio de películas de polímeros, tales como proteínas o azúcares, como medios de registro holográfico pues cuentan con la resolución necesaria.

Recientemente se ha reportado al pululan, que es un homopolisacárido lineal de la glucosa, sensibilizado con $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. El pululan dicromatado (DCP) muestra propiedades ópticas muy adecuadas para el almacenamiento de información absorbiendo energía en la parte azul-verde del visible. El proceso de fijación del registro se logra mediante un tratamiento con soluciones de agua y alcohol isopropílico. Una característica del polisacárido es que, al revelar el material, la información registrada aparece como una modificación en la superficie del material. A diferencia de

los resultados anteriormente expuestos, en este trabajo se presentan los efectos de aplicar un proceso enzimático sobre las películas de DCP después de ser expuestas a un patrón de interferencia. Esto se realizó con el objeto de incrementar el relieve en la superficie del material^{6,7}. Las enzimas empleadas fueron tripsina y papaína, las cuales son sustancias proteolíticas. Lo anterior implica que el efecto es mínimo sobre los azúcares, sin embargo los resultados nos han motivado a utilizar las amilasas, que son un mejor agente de descomposición para el pululan.

II. LAS PELÍCULAS DE PULULAN DICROMATADO

La mezcla preparada durante la investigación consistió de pululan (Fluka, $M_w=118,400$) en una concentración del 8% por peso y dicromato de amonio (BDH Chemicals) en una concentración del 0.4% por peso, ambos disueltos en agua deionizada a temperatura ambiente mediante agitación. Para obtener las películas, la mezcla líquida de DCP se depositó sobre sustratos previamente nivelados y se dejó secar durante un periodo de 15 horas. Es importante mencionar que la cantidad de dicromato empleado es mucho menor que la posible reportada en las referencias^{4,5}. La cristalización a mayores concentraciones la asociamos al diferente peso molecular del pululan empleado en nuestros experimentos. El grosor nominal de las películas fue de 20 μm .

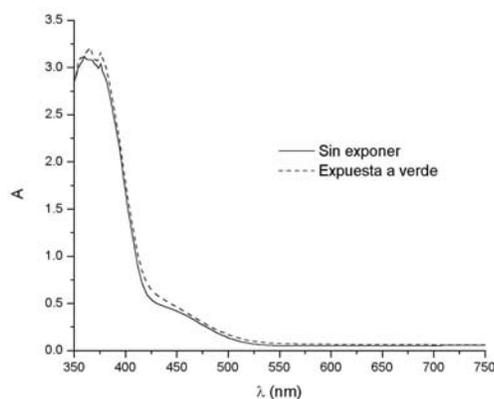


Fig. 1 Espectro de absorción de las películas de pululan antes y después de la exposición.

Los espectros de absorción mostrados en la Fig. 1 fueron obtenidos para películas de DCP antes (línea sólida) y después de ser expuestas a luz verde. Las películas fueron utilizadas antes de cumplir 24 horas de su depósito pues se observó que la fotorespuesta dependía del tiempo. El patrón de interferencia a registrar en el medio fotosensible se obtuvo al superponer dos frentes de onda planos provenientes de un diodo láser (532 nm). La potencia total sobre la región de interferencia fue de 2.7 mW/cm^2 . Se observó, además, que la zona expuesta cambiaba de un color amarillo-anaranjado a café, lo cuál indica la fotoreducción del dicromato.

III. RESULTADOS

Después de ser expuestas, las placas de DCP se revelaron con el propósito de fijar la información registrada. Uno de los mejores resultados obtenidos fue al revelar las placas con 30% de alcohol isopropílico y 70% de agua. En estas se obtuvo una rejilla de relieve con una profundidad promedio de 600 nm y un período de 120 μm . Sin embargo, este proceso da como resultado un elemento difractivo con una calidad no satisfactoria, ya que la película tiende a desprenderse del sustrato y presenta una apariencia lechosa que provoca la dispersión excesiva de la luz. Estos factores disminuyen drásticamente la eficiencia de difracción del holograma.

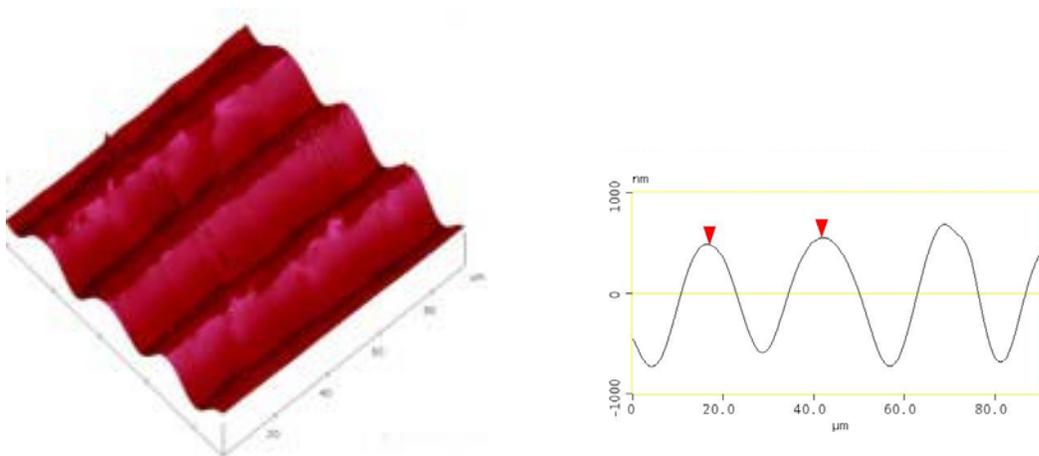


Fig. 3 Relieve superficial después de un tratamiento enzimático

Sin embargo, al revelar las películas solamente con agua deionizada la película resultante es transparente y homogénea. Es de particular interés mencionar que en las partes expuestas a la luz se obtuvo un buen encruzamiento pues no se disolvieron. No obstante, para incrementar la profundidad del relieve se incorporó un baño previo de agua deionizada en la que se disolvió alguna enzima (papaina ó tripsina). Las placas resultantes se dejaron secar a temperatura ambiente. Como resultado de este proceso, se obtuvieron placas transparentes homogéneas con alta eficiencia de difracción. La Fig. 2 muestra uno de los mejores resultados obtenidos en el que se muestra una rejilla con una profundidad de relieve de aproximadamente de 1 μm . Esta imagen se obtuvo con un microscopio de fuerza atómica para una rejilla en la que se registró un patrón de interferencia de 32 μm .

IV. CONCLUSIONES

El método enzimático empleado para incrementar la profundidad de relieve en rejillas grabadas holográficamente en películas de pululan dicromatado muestra mejores resultados que el tratamiento con base en soluciones de agua y/o alcohol isopropílico, a pesar de que la frecuencia espacial registrada del primer caso es mayor que la del segundo.

V. REFERENCIAS

1. J.D. Gabor "A New Microscopic Principle," *Nature*, **161**, 777 (1948).
2. R.G. Brandes, E.E. Francois, y T.A. Shankoff, "Preparation of Dichromated Gelatin Films for Holography," *Appl. Opt.*, **8**, 2346, (1969).
3. D. MeyerHoffer, "Dichromated gelatin" in *Holographic Recording Materials*, Ed. H. M. Smith, Springer-Verlag, New York (1977).
4. S. Savic, D. Pantelic, and D. Jakovijevic, "Dichromated pullulan as a novel photosensitive holographic material," *Opt. Lett.* **23**, 807-809 (1998).
5. S. Savic, D. Pantelic, and D. Jakovijevic, "Real- Time and postprocessing holographic effects in dichromated pullulan," *Appl.Opt.* **41**, 4484-4488 (2002).
6. J. Yao, F. Gao, Y. Guo, and Z. Cui, "Fabrication of refractive microlens array by etching dichromated gelatin with enzyme solution," *Opt. Eng.* **40**, 2022-2025 (2001).