

**COMPARISON BETWEEN THE DIRECT METHOD AND THE
COPYING METHOD TO OBTAIN HOEs IN AZ-1350
PHOTORESIST MATERIAL**

**OBTENCION DE ELEMENTOS OPTICOS HOLOGRAFICOS
CON FOTORRESINAS AZ-1350. COMPARACION ENTRE
METODOS DIRECTO Y COPIA**

I. PASCUAL, A. BELENDEZ, F. MATEOS y A. FIMIA
*Departamento Interuniversitario de Optica.
Laboratorio de Optica. Universidad de Alicante.
Apdo. 99. Alicante 03080 (España).*

ABSTRACT

Two techniques for the fabrication of transmission holographic optical elements (HOEs) are compared. The one hand a direct technique with a laser as a coherent source at 488 nm, to those a method for copying holograms by using a high pressure mercury vapor lamp and a 12 nm bandwidth interferential filter with maximum transmission at 405 nm. In both methods AZ-1350 photoresist material are used to obtain HOEs. These techniques achieve diffraction efficiency around 40%.

RESUMEN

En este trabajo se comparan dos métodos para la obtención de elementos ópticos holográficos por transmisión. Uno de ellos es el método directo mediante una fuente coherente, un láser de argón, seleccionando la longitud de onda 488 nm; el otro es un método de copia con luz parcialmente coherente de una lámpara de mercurio seleccionando la longitud de onda 405 nm mediante un filtro interferencial de 12 nm de anchura de banda. En ambos casos se emplea como material de registro las fotorresinas AZ-1350. El rendimiento en difracción obtenido con ambos métodos es comparable y alcanza el 40%.

1. INTRODUCCION

Las fotorresinas positivas del tipo AZ-1350, en las que las zonas expuestas a la luz se solubilizan por la acción del revelador, (de forma más o menos significativa en función de la energía luminosa recibida), tienen gran interés práctico desde hace años en el campo de la holografía, y más recientemente en el de los elementos ópticos holográficos (1) (HOEs). El poseer alto poder resolutivo, permitir el registro de las modulaciones de luz en forma de variaciones de espesor, así como su resistencia a la acción de diversos agentes químicos, hacen de las fotorresinas positivas, materiales de registro

adecuadas para la obtención de hologramas de fase, y en particular los convierte en medios idóneos para su utilización como elementos ópticos holográficos, por transmisión.

En este trabajo se presentan y discuten fundamentalmente las pruebas realizadas en un registro interferencial holográfico convencional y las realizadas en un registro con luz parcialmente coherente mediante el método de copia (2). En primer lugar se realizan pruebas para la obtención de redes de difracción holográficas por transmisión que nos permitirán determinar las condiciones experimentales más óptimas para la obtención de HOEs.

2. CONDICIONES EXPERIMENTALES

La obtención de redes de difracción de fase de alta calidad por variaciones de espesor, requiere contar con un método que permita controlar el registro y la formación del perfil de las franjas que constituyen la red. El registro de las franjas se consigue mediante la utilización de un proceso interferencial que produzca la distribución de irradiancia deseada.

La distribución de irradiancia puede obtenerse de forma directa mediante un montaje holográfico convencional simétrico, o bien, como se aporta en el presente trabajo, a través de un método de copia.

En el primer método se hacen interferir dos haces provenientes de un láser de Argon como muestra la figura 1. La frecuencia espacial de las redes puede variarse al modificar el ángulo que forman entre sí los haces que interfieren en la placa. En las experiencias realizadas, la frecuencia registrada ha sido de unas 1000 líneas/mm utilizando la longitud de onda de 488 nm. Los haces objeto y referencia con una intensidad de 10 mW/cm^2 cada uno, iluminaban sobre la placa un área de 10 cm de diámetro. Si se impresionan placas de fotorresinas de $1.2 \mu\text{m}$ de espesor inicial, el tiempo de registro necesario no supera los dos minutos para una gama de exposiciones comprendida entre los 100 y los 2000 mJ/cm^2 .

Un segundo método que nos permite registrar las franjas de interferencia es el método de copia con luz parcialmente coherente (2).

En este método se reconstruye un holograma original y se utiliza su haz difractado y transmitido para obtener el patrón de interferencia sobre el medio de registro secundario, para lo cual será necesario situar el holograma original y la futura copia juntos, emulsión contra emulsión e iluminar el conjunto en el ángulo de Bragg, figura 2. Esta manera de trabajar no permite variar fácilmente la relación de intensidades entre los haces objeto y referencia en la copia salvo que se elija otro original.

En las experiencias realizadas por nosotros se ha utilizado una lámpara de Hg de alta presión seleccionando la longitud de onda 405 nm mediante un filtro interferencial de 12 nm de anchura de banda. De esta forma se consigue un haz de 0.03 mW/cm^2 de intensidad que iluminaba sobre la placa un área de 10 cm de diámetro. Por tanto las condiciones de uniformidad en la zona expuesta a la luz son similares a las del primer método. El método de copia es especialmente útil cuando se emplean medios de registro de baja sensibilidad, ya que es la elevada estabilidad del dispositivo lo que permite obtener hologramas con tiempos de exposición muy largos y con un montaje simple.

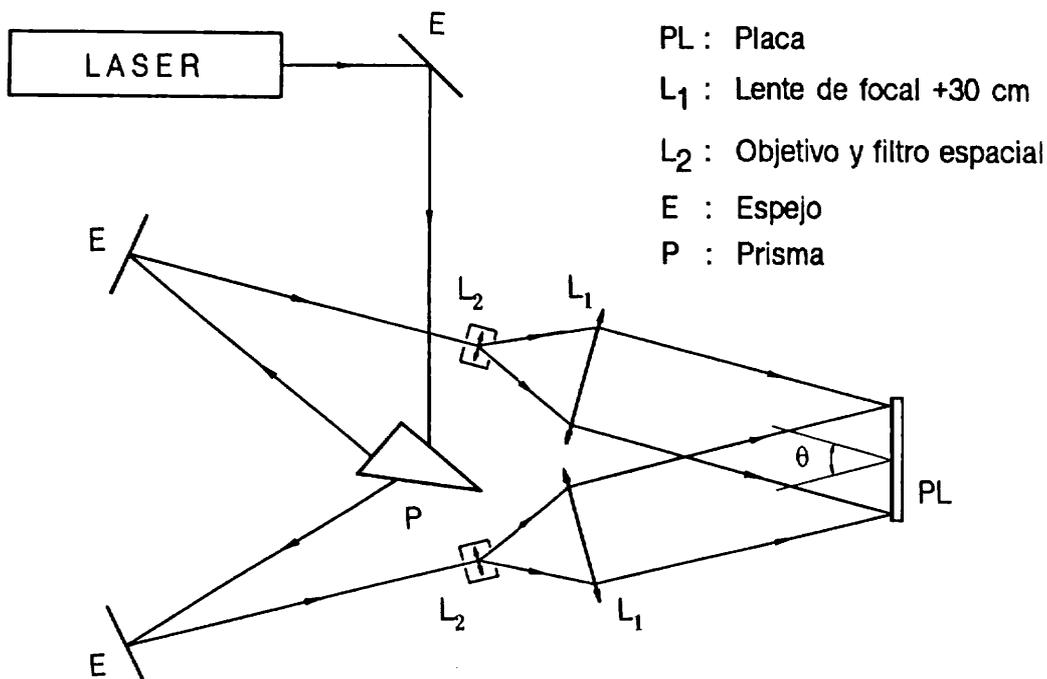


Fig. 1.— Esquema del montaje holográfico empleado en la impresión de una red de difracción simétrica con una fuente coherente (frecuencia espacial = 1000 líneas/mm, $\lambda = 488 \text{ nm}$, $\theta = 28^\circ$).

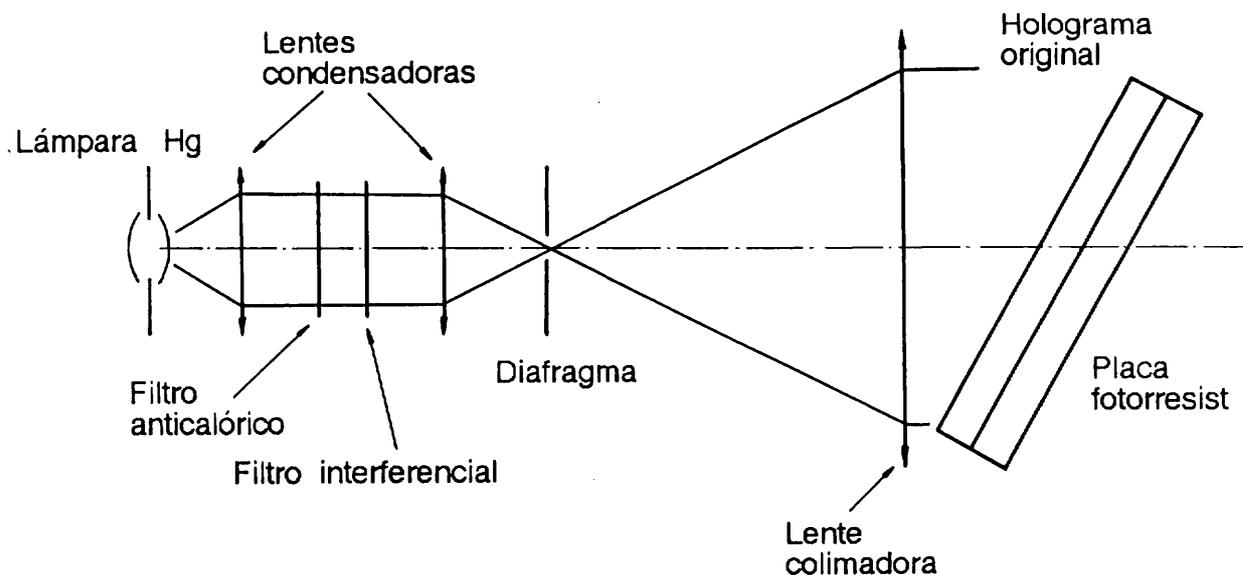


Fig. 2.— Esquema del montaje holográfico empleado en el método de copia con luz parcialmente coherente.

Para realizar la copia se necesita el original a copiar, que en nuestra experiencia era una red de unas 1000 líneas/mm, realizada con la longitud de onda 514 nm de un láser de argón, en gelatina sensibilizada de haluro de plata (3) lo cual permite que el original tenga gran transparencia, y con un rendimiento en difracción del 50%, de forma que se tenga modulación 1 en las franjas a grabar, igual que en el método directo.

3. PROCESADO QUIMICO

Las zonas que reciben luz en las fotorresinas positivas, modifican sus enlaces produciendo radicales ácidos. Después de la exposición, el proceso de revelado permite eliminar de manera selectiva, dichos radicales a través de una reacción ácido-base. Por tanto, las variaciones de espesor son consecuencia, por una parte, de la energía recibida y de las condiciones de registro, y por otro lado dependen en gran manera del revelado. Para conseguir las variaciones de espesor que constituirán las franjas de la red de difracción, sólo hace falta revelar la capa de fotorresina expuesta en un revelador fuertemente alcalino.

Existen varios reveladores comerciales adecuados para utilizar con el AZ-1350 empleado; entre estos se

encuentra el AZ-303, que se presenta comercialmente en forma de disolución alcalina muy concentrada. Este revelador se emplea habitualmente diluido. Las concentraciones utilizadas en bibliografía oscilan entre el 5% y el 20% en volumen de revelador en agua destilada.

Para elegir la concentración más adecuada a las condiciones de trabajo elegidas y teniendo en cuenta experiencias previas realizadas, se han efectuado pruebas con el revelador AZ-303 diluido al 5%, 10% y 15% en volumen para el primer método, figura 3, y diluciones al 5% y 10% para el segundo, figura 4.

El proceso de revelado se lleva a cabo durante 30 segundos para la impresión con láser y durante 45 segundos para la impresión con luz parcialmente coherente, ambos a una temperatura de 21°C, agitando suavemente y de forma constante durante todo el proceso para mejorar en lo posible la señal-ruido. Sigue un lavado en agua destilada abundante y corriente, para arrastrar los restos de los productos químicos formados durante el revelado, ya que cualquier resto que permanezca sobre la capa revelada afectará posteriormente de forma negativa a la calidad de la red, aumentando el ruido. El secado de las placas se efectuará en lugar protegido y a temperatura ambiente. Para terminar el proceso y aumentar su resistencia mecánica, hay que secar las redes sometiéndolas a temperaturas comprendidas entre 80° y 90°C durante 20 minutos.

4. DISCUSION Y CONCLUSIONES

Obtener una red de difracción holográfica de buena calidad exige tomar en consideración muchos parámetros como se desprende de todo lo dicho anteriormente.

Estos, intervienen en mayor o menor grado en la formación del perfil de la red, o sea en su calidad final. Como se puede observar en las figuras 3 y 4 el rendimiento alcanzado en ambos casos es el mismo 40% aunque para cada método, las condiciones de impresión

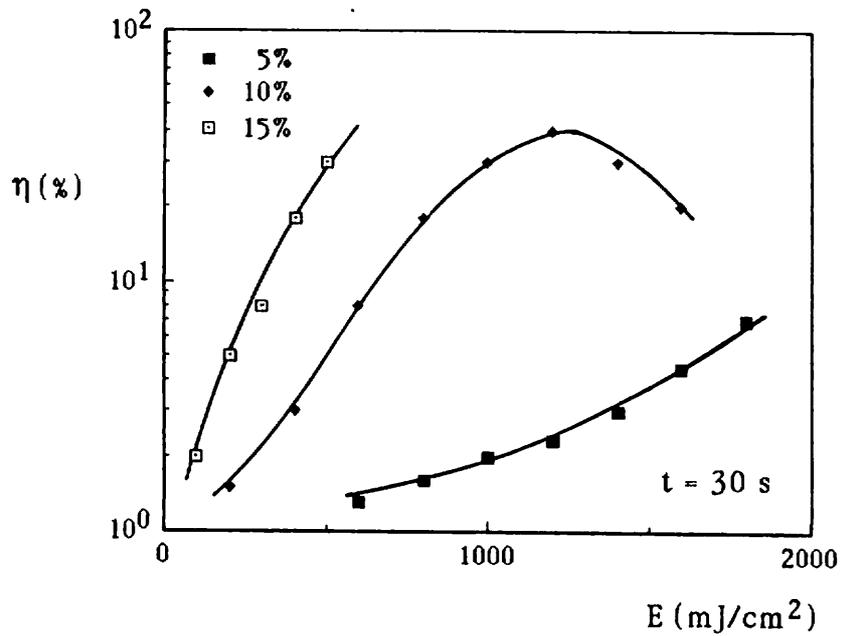


Fig. 3.— Rendimiento en difracción de las redes obtenidas mediante el método directo con luz coherente para distintas concentraciones del revelador AZ-303.

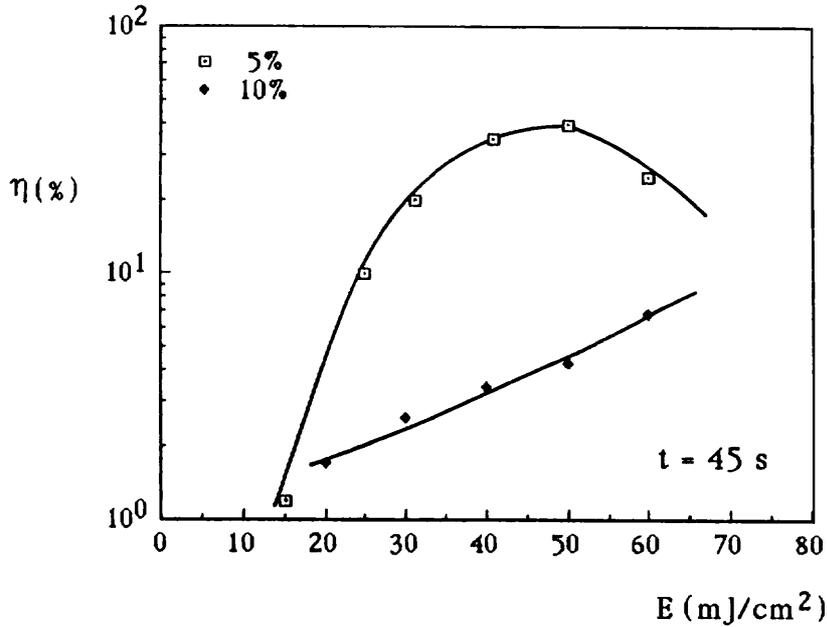


Fig. 4.— Rendimiento en difracción de las redes obtenidas mediante el método de copia con luz parcialmente coherente para distintas concentraciones del revelador AZ-303.

y de revelado que nos permiten alcanzar los resultados óptimos son distintas ya que varían la cantidad de luz que llega a la placa, así como la sensibilidad de la fotorresina a la longitud de onda empleada. Eligiendo adecuadamente el método de impresión y consecuentemente el revelador se influye decisivamente no sólo en la calidad de las redes de difracción sino también sobre la sensibilidad de respuesta de la fotorresina.

Para obtener redes de difracción de alto rendimiento y buena calidad el método directo emplea tiempos de exposición más cortos, energías mayores y un proceso de revelado donde la concentración de revelador del 10% requiere un tiempo de 30 s. En el método de copia, los tiempos de exposición son mayores ya que se dispone de menor cantidad de luz sobre la placa a impresionar, solo 0.03 mW/cm^2 frente a los 10 mW/cm^2 que se tienen en cada haz del método directo. Sin embargo la fotorresina es más sensible a la longitud de onda 405 nm que a la 488 nm del láser de argón (4), aproximadamente unas 25 veces más sensible con las condiciones experimentales con las que estamos trabajando, lo cual permite que el proceso de revelado se produzca en condiciones menos drásticas, menor concentración de revelador 5% y mayor tiempo de revelado 45 segundos, lo que permite conseguir una buena calidad óptica de la red obtenida al mejorar la señal—ruido.

Por otra parte y como ya hemos mencionado antes el dispositivo de copia posee una alta estabilidad lo que no afectará a la obtención de hologramas con tiempos de exposición largos.

Finalmente podemos decir que las condiciones de coherencia de la fuente empleada en la copia, lámpara de Hg seleccionando la longitud de onda del 405 nm, vienen dadas por el factor de coherencia espacial y el factor de coherencia temporal, ya que esta fuente no es monocromática ni puntual. Sin embargo estudios previos nos muestran que para una lámpara de Hg de alta presión

con una intensidad de 0.03 mW/cm^2 el factor de coherencia es ≥ 0.8 (2) y en estas condiciones se pueden copiar redes de difracción cuyos rendimientos son comparables con los obtenidos empleando como fuente de luz un láser.

Una vez realizado el estudio anterior, hemos utilizado el método de copia para obtener lentes holográficas con la fotorresina.

Para ello y empleando el mismo dispositivo experimental hemos elegido como original una lente realizada con la longitud de onda 514 nm de un láser de argón, en gelatina sensibilizada de haluro de plata de 6 cm de diámetro y 12 cm de focal. El tiempo de exposición ha sido de 25 minutos adecuado para obtener los mejores rendimientos en difracción. En cuanto a la uniformidad de la lente copiada, ésta se encuentra en función de la uniformidad del original de forma que cualquier falta de uniformidad en el original puede perjudicar a la uniformidad de la copia. En cualquier caso las lentes copiadas por este procedimiento poseen buena calidad óptica así como una buena señal—ruido, obteniéndose un mapa de rendimiento en difracción uniforme sobre toda la apertura de la lente.

Concluimos señalando que, es posible la obtención de elementos ópticos holográficos de transmisión de alto rendimiento en difracción en materiales de registro como la fotorresina, mediante el método de copia empleando luz parcialmente coherente.

BIBLIOGRAFIA

1. R.C. ENGER y S.K. CASE: *J. Opt. Soc. Am.*, **73**, 1113 (1983).
2. J. OLIVA, A. FIMIA y J.A. QUINTANA: *Opt. Pur. Apl.*, **13**, 129 (1980).
3. A. FIMIA, I. PASCUAL, C. VAZQUEZ y A. BELENDEZ: *Proc. SPIE*, **1136**, 53 (1989).
4. R.A. BARTOLINI: "Holographic Recording Materials" (*Springer Verlag*, Berlin, 1977).

★ ★ ★