

MULTIPLEXADO DE HOLOGRAMAS EN UN CRISTAL BSO

Héctor Lorduy^{*a,b}, Ángel Salazar^a, Lucelly Reyes^c

^a *Grupo de Óptica y Espectroscopía (GOE), Centro de Ciencia Básica, Universidad Pontificia Bolivariana, A. A. 56006, Cq 1 70-01, Laureles, Medellín, Colombia*

^b *Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, A. A. 568, Calle 59A, 63-20.*

^{*} *hlorduy@upb.edu.co; teléfono 57 (4) 415 90 20; fax 57 (4) 411 87 79*

^c *Grupo de Instrumentación Científica y Microelectrónica, Instituto de Física, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.*

(Recibido 29 de Sep. 2005; Aceptado 21 de Abr. 2006; Publicado 16 de Jun. 2006)

RESUMEN

Se emplea un cristal fotorrefractivo BSO de la familia de las silenitas para registrar varios hologramas por multiplexado angular. Cada holograma es registrado en el cristal variando el ángulo de incidencia de los haces de registro. En el esquema experimental se emplea un microcontrolador que controla un motor de paso en donde se adapta un sistema en el que se posiciona el cristal fotorrefractivo BSO. El proceso de registro y lectura se realiza mediante un esquema holográfico tipo transmisión.

Palabras claves: Multiplexado, hologramas fotorrefractivos, cristal BSO.

ABSTRACT

A photorefractive cristal BSO of the sillenite family is used for registering several holograms by angular multiplexing. Each hologram is registered in the crystal modifying the incidence angle of the write-in beams. In the experimental arrangement, the photorefractive crystal BSO is rotated using a step by step motor controlled by a micro-controller. The rotation of the crystal allows to modify the write-in angle. The write-in and read out processes are implemented with a transmission scheme.

Keywords: Multiplexing, photorefractive holograms, BSO crystal.

1. Introducción.

El mecanismo más simple para registrar múltiples hologramas en un cristal fotorrefractivo es el multiplexado angular. En este esquema se usan ondas de referencia planas para registrar cada holograma de tal manera que cada onda plana incida sobre el cristal en un ángulo diferente [1], como se observa en la Figura 1. En el proceso de recuperación de la información registrada, cada holograma es leído con la respectiva onda de referencia con la que fue grabado. De esta manera, la red fotorrefractiva asociada a este holograma será la única que satisfaga la condición de Bragg. Variando el ángulo de registro lo suficientemente entre un registro y otro, los efectos de cross-talk podrán disminuirse apropiadamente. La separación angular requerida entre los

haces de referencia para que no exista el cross-talk, puede ser obtenida a partir de la teoría de Kogelnik [2] y está dada por,

$$\Delta\theta = \frac{3\lambda}{4\pi nd \sin\theta} \tag{1}$$

en donde λ es la longitud de onda de la fuente de luz utilizada, n es el índice refractivo del cristal, d es espesor del cristal y θ el ángulo medio entre los haces.

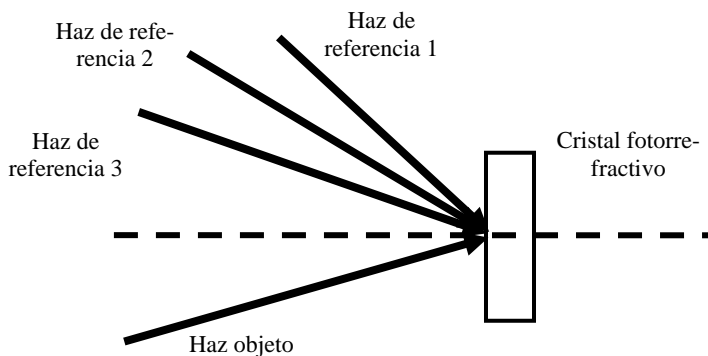


Figura 1. Multiplexado angular.

Como puede observarse de la ecuación (1), el aumento del ángulo inter-haz minimiza la separación angular necesaria que debe existir entre los haces de referencia para disminuir los efectos de cross-talk. Se ha reportado el almacenamiento de 5000 hologramas usando un ángulo inter-haz de 90° [3]. Así mismo, se han desarrollado sistemas que usan multiplexado espacial [4] y angular [5,6]. Sin embargo, en el multiplexado espacial, el registro de varios hologramas se realiza en regiones diferentes del cristal, de tal manera que realmente no podría considerarse propiamente como un multiplexado ya que en un multiplexado real, los hologramas registrados se solapan en alguna región del cristal.

2. Criterio de registro para multiplexado angular.

Una derivación aproximada de la expresión anterior puede ser obtenida como se describe a continuación. Tomando un período de una red fotorrefractiva, como se observa en la Figura 2, cuando un rayo incide en el punto P haciendo un ángulo θ , parte de este haz es difractada y parte es transmitida hacia el punto Q. Los rayos difractados desde P y desde Q estarán en fase si la diferencia de trayectoria PQ-PR es igual a una longitud de onda en el medio, esto es,

$$PQ - PR = 2\Lambda \sin\theta = \lambda \tag{2}$$

o lo que es lo mismo, la diferencia de fase debe ser igual a,

$$\frac{2\pi}{\lambda} 2\Lambda \sin\theta = 2\pi \quad (3)$$

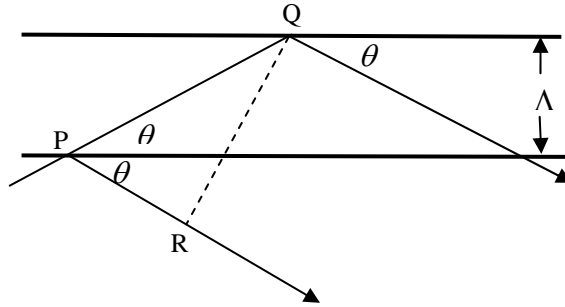


Figura 2. Proceso de difracción de la luz en un único período de la red fotorrefractiva.

La anterior expresión se conoce como la condición de Bragg. Si esta condición no es satisfecha, los rayos difractados no estarán en fase y la eficiencia de difracción disminuye.

Considerando un número N de períodos para la red fotorrefractiva, puede considerarse que la intensidad asociada con cada rayo difractado es la misma para todos los rayos y por tanto la intensidad total difractada es la suma de todas las contribuciones

Si la condición de Bragg no es satisfecha debido a una variación en el ángulo θ , puede mostrarse que la ecuación (3) se escribiría,

$$\frac{2\pi}{\lambda} 2\Lambda \sin(\theta + \Delta\theta) = 2\pi + \frac{2\pi}{N} \quad (4)$$

Si $\Delta\theta$ es muy pequeño comparado con θ , resulta que,

$$\Delta\theta = \frac{\tan\theta}{N} = \frac{\Lambda}{d} \quad (5)$$

En nuestro esquema experimental por transmisión, $d = 1\text{ cm}$ y $\Lambda \approx 2\mu\text{m}$, se obtiene, $\Delta\theta = 2 \times 10^{-4} \text{ rad}$. Esto quiere decir que para los valores de d y Λ dados, dos redes fotorrefractivas cuyas orientaciones difieran en $\Delta\theta = 2 \times 10^{-4} \text{ rad}$, podrán ser leídas sin cruce de información o cross-talk.

En la Figura 3 se muestran las lecturas de tres hologramas registrados mediante multiplexado angular. Para esto fue utilizado un motor de paso, accionado con un microcontrolador motorola GP32. El paso utilizado del motor, del orden de 2° , permite la lectura de la información sin efectos de cross-talk.



Figura 3. Lectura de hologramas multiplexados en un cristal BSO.

3. Conclusiones

Se ha empleado un cristal fotorrefractivo BSO de la familia de las silenitas para multiplexar angularmente tres hologramas, mediante un arreglo de mezcla de dos ondas tipo transmisión. Cada holograma se registró rotando el cristal posicionado en un motor de paso controlado con un microcontrolador GP32. La rotación del cristal permite el registro de las redes fotorrefractivas a diferentes ángulos dentro del volumen del cristal. El paso de rotación utilizado permitió la disminución del cross-talk o cruce de información de hologramas en el proceso de lectura.

Agradecimientos: A. Salazar y H. Lorduy agradecen a la Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, a su Centro de Ciencia Básica y al Centro Integrado para el Desarrollo de la Investigación, CIDI, el apoyo financiero a través del proyecto 640-11/04-27.

Referencias

- [1] Solymar L., Webb D. J., Grunnet-Jepsen A., *The Physics and Applications of Photorefractive Materials*, Oxford: Clarendon Press, 1996.
- [2] Kogelnik H., *Bell Syst. Tech. J.*, 48, 1969, 2909-2947.
- [3] Mok F. H., *Opt. Lett.* 18, 1993, 915-917.
- [4] Carson W. J., *Appl. Opt.* 13, 1974, 896-903.
- [5] Tao S., Selviah D. R., Midwinter J. E., *Opt. Lett.* 18, 1993, 912-914.
- [6] Heanue J. F., Bashaw M. C., Hesselink L., *Science*, 265, 1994, 749-752.