



## Sensibilidad Fotorrefractiva en la Mezcla de Cuatro Ondas

**Rueda P Jorge Enrique, Guerra Luis Alfonso**

*Grupo Óptica Moderna, Departamento de Física, Universidad de pamplona, Pamplona-Colombia, A.A. 1046.  
[jorgeenriquerueda@gmail.com](mailto:jorgeenriquerueda@gmail.com)*

### Resumen

Uno de los parámetros de interés, en aplicaciones holográficas con materiales fotorrefractivos, corresponde a la evolución dinámica registro-borrado del holograma. A partir de la dinámica de registro nosotros determinamos la constante de sensibilidad fotorrefractiva de dos cristales de BSO.

**Palabras Clave:** Fotorrefractivos, Eficiencia de Difracción, Óptica No Lineal, Holografía.

### Abstract

One of the parameters of interest in applications holographic with photorefractive crystals, corresponds to the dynamic evolution of the hologram record-erasure. From the recorded dynamic we determined the sensitivity constant photorefractive two BSO crystals.

**Keywords:** Photorefractive, Diffraction Efficiency, Nonlinear Optics, Holography.

\*Para citar este artículo: Rueda P Jorge Enrique, Guerra Luis Alfonso.Sensibilidad Fotorrefractiva en la Mezcla de Cuatro Ondas .Bistua.2013.11(1):52-56

+ Autor para el envío de correspondencia y la solicitud de las separatas: Rueda P Jorge Enrique.Grupo Óptica Moderna, Departamento de Física, Universidad de pamplona, Pamplona-Colombia, A.A. 1046.  
[jorgeenriquerueda@gmail.com](mailto:jorgeenriquerueda@gmail.com)

Recibido: Octubre 30 de 2012    Aceptado: Febrero 26 de 2013

## Introducción

El efecto fotorrefractivo es un fenómeno óptico no lineal, el cual se manifiesta como un cambio local de índice de refracción en un material, cuando se ilumina con una intensidad de distribución espacial no homogénea (Ashkin,1966), (Solyar, 1996), (Yeh, 1993), (Kukhtarev, 1979). Los cristales de  $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$  (BSO), son un tipo de material fotorrefractivo perteneciente a la familia de las silenitas (Frejlich, 2007). En términos generales, los materiales fotorrefractivos se caracterizan por ser fotoconductores, electro-ópticos y altamente resistivos en ausencia de iluminación. Tienen la capacidad de grabar información óptica y permiten que dos o más ondas se mezclen en amplitud y fase. Así, es posible un buen número de aplicaciones, entre ellas, la que tratamos en este reporte, referido al registro de hologramas de volumen mediante mezcla de cuatro ondas (Frejlich, 2007), (Gunter, 1988).

El modelo holográfico es el de mayor uso en el estudio teórico y experimentalmente del fenómeno fotorrefractivo. En este propósito, la situación de menor complejidad es registrar en el material fotorrefractivo el patrón de interferencia que define la Ec.(1).

$$I(x, z) = I_o \exp\left(\frac{-\alpha_\omega z}{\cos \theta_\omega}\right) [1 + m \cos(Kx)] \quad (1)$$

Donde, son parámetros del material el coeficiente de absorción  $\alpha_\omega$ , el espesor "z" atravesado por la luz y el ancho "x" del cristal. El parámetro  $2\theta_\omega$  es el ángulo entre las ondas de luz que se superponen para generar el patrón  $I(x, z)$ , patrón responsable de activar la recombinación de portadores de cargas en el interior del

material, de tal forma que las características de fase y distribución espacial de la intensidad del patrón de interferencia, serán almacenadas como un holograma de volumen. Son parámetros del patrón de luz, los puntos de máxima intensidad  $I_o$  (Ec.(2)), el índice de modulación  $m$  (Ec.(3)), el número de onda  $K = \frac{2\pi}{\Lambda}$ , y el periodo espacial de patrón de luz  $\Lambda$  (Ec.(4)).

$$I_o = \frac{I_{\omega 1} + I_{\omega 2}}{2} \quad (2)$$

$$m = \frac{2\sqrt{I_{\omega 1} I_{\omega 2}}}{I_{\omega 1} + I_{\omega 2}} \quad (3)$$

$$\Lambda = \frac{\lambda_\omega}{2n_o \sin \theta_\omega} \quad (4)$$

Siendo  $I_{\omega 1}$  e  $I_{\omega 2}$  las intensidades de las dos ondas de luz que producen el patrón de interferencia en el interior del cristal fotorrefractivo. Tal distribución periódica de la intensidad luminosa produce una variación periódica en el índice de refracción  $n(x)$  (Ec.(5)) (Yeh, 1993), cuya variación tiene la forma del patrón de luz; esta variación del índice de refracción se denomina holograma de volumen:

$$n(x) \approx n_o + \Delta n \cos(Kx + \phi) \quad (5)$$

Donde  $\Delta n$  es la birrefringencia local inducida en el cristal por efecto electro-óptico. Son parámetros de interés la respuesta temporal del cristal fotorrefractivo, tanto de la formación del holograma como de borrado del mismo. Nosotros implementamos un arreglo de mezcla de cuatro ondas para determinar la respuesta temporal holográfica de dos cristales fotorrefractivos de BSO y

54

determinamos la constante de sensibilidad fotorrefractiva (Yeh, 1987) para cada cristal, en términos de la energía total de la radiación de registro.

### Metodo Experimental

En la figura 1 se muestra el esquema del arreglo experimental implementado; se trata de un arreglo de mezclado de cuatro ondas (Yeh, 1993), donde utilizamos una fuente láser de Argón, sintonizado en la longitud de onda 514nm/45mW. Se utilizaron cristales de BSO de 2mm y 6mm de espesor, de cara principal  $(\bar{1}10)$  de  $10 \times 10 \text{mm}^2$  (Proveedor: *Del Mar Photonics Inc*). Los cristales se trabajaron en configuración transversal, es decir, vector de red perpendicular a la dirección  $\langle 100 \rangle$ . Mediante un sistema sensor de luz (*High Sensitivity Light Sensor, Pasco*) se midió la evolución dinámica de la intensidad de la onda difractada  $I_d$ , durante el registro del holograma y durante el borrado del mismo. La acción de borrado del holograma se ejecutó mediante un bloqueo del haz  $I_1$ .

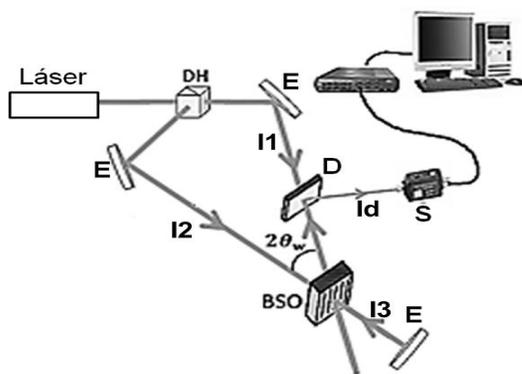


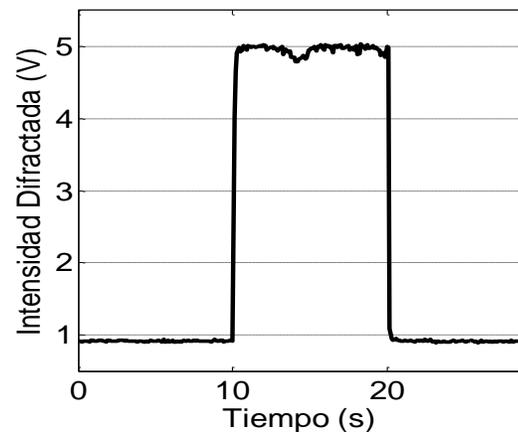
Figura 1. Arreglo experimental. E: espejos planos; DH: cubo divisor de haz 50%:50%, S: Sistema sensor de luz.  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  e  $I_d$ :

intensidad de las ondas mezcladas en el BSO;  $I_d$  onda autodifractada.

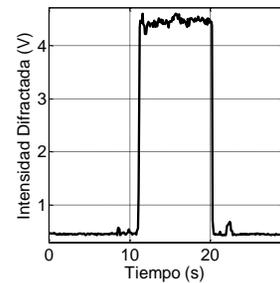
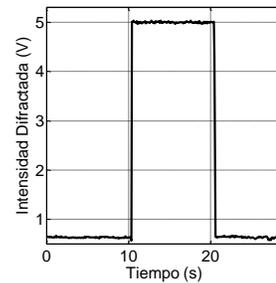
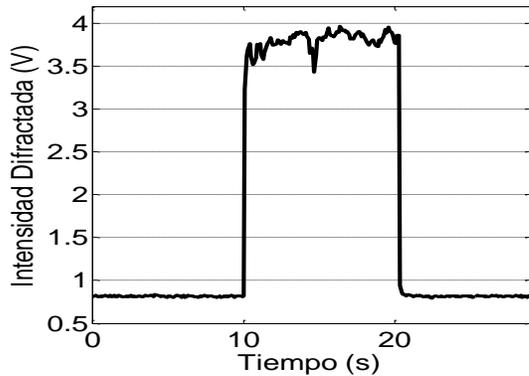
Las ondas de intensidad  $I_1$  e  $I_2$  generan el patrón de interferencia en el interior del cristal BSO; al mismo tiempo la onda reflejada de intensidad  $I_3$  provoca la difracción de la cuarta onda  $I_d$ . Las cuatro ondas mezcladas en el cristal son planas y con polarización elíptica.

### Resultados

En las figuras 2 y 3 se presentan los resultados de evolución registro-borrado de la red fotorrefractiva en los dos cristales de BSO, respectivamente. En cada cristal se registraron hologramas para cuatro valores de intensidad del haz láser a la entrada del DH (45mW, 33.75mW, 22.50mW y 11.25mW). Utilizamos un ángulo entre las ondas  $I_1$  e  $I_2$  de  $2\theta_{\omega} \approx 46^\circ$ , para producir una red de frecuencia espacial de 3801 Lín/mm. Esta frecuencia de red permite sintonizar el cristal en el régimen de transporte de portadores de carga por difusión. El sistema de sensado de la intensidad difractada se ajustó a una frecuencia de muestreo de 1Hz. El registro inicia a los 10s y el borrado a los 20s, aproximadamente.



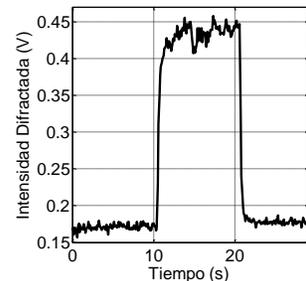
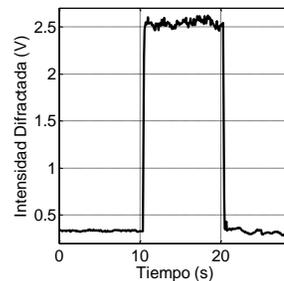
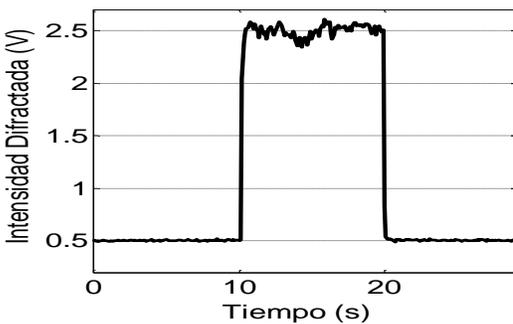
(a) 45mW.



(a) 45mW.

(b) 33.75mW.

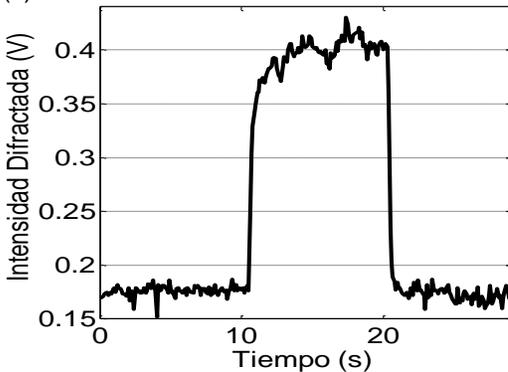
b) 33.75mW.



c). 22.5mW.

d). 11.25mW.

(c) 22.50mW



(d) 11.25mW

Figura 2. Dinámicas de registro-borrado de la red fotorrefractiva para diferentes valores de energía de registro; cristal de 6mm de espesor.

Figura 3. Dinámicas de registro-borrado de la red fotorrefractiva para diferentes valores de energía de registro; cristal de 2mm de espesor.

El cambio en escalón obedece a la acción de pasar de un estado de registro de la red a uno de borrado cuando se bloquea el haz I1. El risado que se observa en el estado de saturación de la dinámica de registro se debe a la inestabilidad de la mesa de trabajo.

El resultado de la figura 4 es la correlación entre el tiempo de registro y la energía total de registro del holograma; el coeficiente de correlación entre estos dos parámetros lo denominamos constante de sensibilidad fotorrefractiva. De los datos experimentales determinamos las constantes de sensibilidad para cada cristal:  $16.165\text{mW}\times\text{s}$  sensibilidad del BSO de 6mm y  $15.196\text{mW}\times\text{s}$  sensibilidad del BSO de 2mm.

56

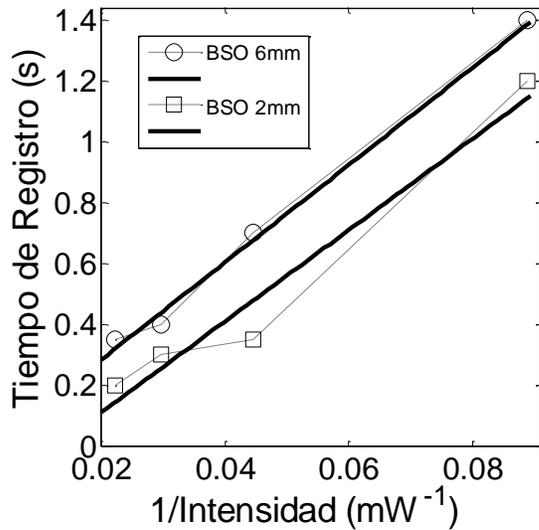


Figura 4. Sensibilidad fotorrefractiva

### Conclusiones

Se implementó un arreglo de mezcla de cuatro ondas para determinar las dinámicas registro-borrado de dos cristales de BSO. De la dinámica de grabado determinamos la constante de sensibilidad fotorrefractiva de cada cristal. Los resultados obtenidos son relevantes para aplicaciones holográficas con estos cristales. En este trabajo solo evaluamos la dependencia con el volumen del cristal, sin embargo, podría ser de interés un estudio detallado de la constante de sensibilidad en términos de la frecuencia de la red y la configuración del cristal.

### Referencias

Ashkin, A., Boyd, B., Dziedzic, J.S. Optically-Induced Refractive index inhomogeneities in LiNbO<sub>3</sub> and LiTaO<sub>3</sub>, Appl. Phys, 9, 72, 1966.

Solymar, L, et al, The physics and applications of photorefractive materials. New York: Oxford University Press Inc, 1996.

Yeh, P, Introduction to photorefractive nonlinear optics. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1993.

Yeh, P, Fundamental limit of the speed of photorefractive effect and its impact on device applications and material research, App. Opt., 26, 602, 1987.

Kukhtarev, N, et al, Holographic storage in electrooptic crystals, I. steady state, Ferroelectrics, Vol. 22, (1979), p. 949.

Frejlich, J., Photorefractive Materials, Fundamental Concepts, Holographic recording and Materials Characterization, John Wiley & Sons, Inc. USA, 2007

Gunter, P. and Huignard J. P., Photo Refractive Materials and their Applications, vol. I. Springer-Verlag, Berlin,1988.