

Filtro óptico sintonizable basado en el efecto Faraday sobre una red de Bragg en fibra óptica

J.L. Arce Diego*, M.A. Muriel**, R. López Ruisánchez*, J.M. López Higuera*

*Grupo de Ingeniería Fotónica. Dto. TEISA. Universidad de Cantabria Avda. Los Castros s/n. 39005 Santander, Spain.

**Dto. Tecnología Fotónica. Universidad Politécnica de Madrid. 28040 Madrid, Spain.

En el presente artículo se describe un novedoso filtro óptico sintonizable de aplicación en los sistemas de comunicaciones ópticas con multiplexación en el dominio de la frecuencia. Se analiza el desplazamiento en la condición de Bragg en una red de difracción de Bragg en fibra sin birrefringencia lineal debido a una birefringencia circular inducida mediante el efecto Faraday.

Las redes de difracción de Bragg en fibra se emplean habitualmente en los campos del sensado y de las comunicaciones ópticas. En este artículo se demuestra la posibilidad de realizar filtros ópticos sintonizables utilizando los mencionados dispositivos. Estos nuevos filtros se basan en el desplazamiento de la condición de Bragg de la red de difracción cuando se aplican campos magnéticos variables.

Los reflectores de Bragg se pueden analizar utilizando la teoría de modos acoplados. La reflexión de Bragg es un ejemplo típico del acoplo contradireccional [1].

Como los modos propios de los efectos rotacionales (efecto Faraday) son circulares, el campo eléctrico \vec{E} puede ser expresado en componentes ortogonales de polarización circular. Para analizar un FBG perturbado por campos magnéticos, es interesante comparar el comportamiento de la polarización de la luz que se propaga en direcciones opuestas. Para este propósito se considera el sistema de referencia natural de Tang, describiendo la geometría de la fibra (o el medio óptico multicapa) en el espacio, y dos conjuntos de modos fundamentales con polarización circular ortogonal, los cuales se propagan en direcciones opuestas.

Como todas las relaciones para los coeficientes de acoplo y las ecuaciones de ondas acopladas son lineales, cualquier superposición de esta perturbación puede ser obtenida mediante superposición lineal de los correspondientes coeficientes de acoplo.

Si el FBG está expuesto a una componente H_z del campo magnético en la dirección del eje z, para ambas direcciones de propagación de la luz, se pueden encontrar los coeficientes de acoplo, que en este caso son [2]

$$\vec{K}_F = \begin{pmatrix} VH_z & 0 \\ 0 & -VH_z \end{pmatrix}, \quad \overset{\leftarrow}{K}_F = \begin{pmatrix} VH_z & 0 \\ 0 & -VH_z \end{pmatrix} \quad (1a), (1b)$$

donde V es la constante de Verdet del medio óptico. Las dos polarizaciones circulares no se encuentran acopladas, pero se propagarán con diferentes velocidades.

Por tanto, en presencia de campos magnéticos aplicados al FBG, el índice de refracción se cambia para las dos polarizaciones circulares, y consecuentemente se observan dos condiciones de Bragg (fig. 1)

$$\lambda_{Bf}^+ = 2n_f^+ \Lambda \quad ; \quad \lambda_{Bf}^- = 2n_f^- \Lambda \quad (2a), (2b)$$

Donde los subíndices “+” y “-” representan el índice y la longitud de onda de Bragg para la luz polarizada circularmente a derechas e izquierdas en el FBG, y Λ es el período de la red de difracción.

La sintonía del nuevo filtro óptico sintonizable propuesto se basa en el cambio del índice de refracción inducido por un campo magnético aplicado al FBG, y viene dado por

$$n_f^+ - n_f^- = \frac{VH_z\lambda}{\pi} \quad (3)$$

donde n es el índice de refracción del medio sin perturbación.

El rango de sintonía, cuando se conoce Λ , es dependiente de los siguientes parámetros: V y H_z . Por lo tanto, modificando éstos es posible seleccionar la frecuencia central del filtro propuesto

$$|\lambda_{Bf}^+ - \lambda_{Bf}^-| = \frac{2\Lambda VH_z\lambda}{\pi} \quad (4)$$

En las fibras de silicio con $\lambda = 1.3 \mu m$, $V \approx 8 \times 10^{-5} \text{ rad / G.m}$, el FBG ($\Lambda \approx 1 \mu m$) se necesitan campos magnéticos elevados para un desplazamiento de la condición de Bragg de 1 nm., y su dependencia de H_z se representa para distintos períodos en la figura 2. Una solución es utilizar fibras ópticas dopadas con terbio con $V \approx 2.5 \times 10^{-4} \text{ rad / G.m}$ a la misma longitud de onda. Otra solución es utilizar redes de difracción de Bragg multicapa, cuyos períodos pueden ser mayores que los de los FBG y pueden estar compuestos de materiales ópticos paramagnéticos o ferromagnéticos con constante de Verdet mayor que en las fibras de silice.

Conclusiones

En el presente trabajo se ha estudiado y analizado un nuevo filtro óptico basado en el efecto Faraday en redes de difracción de Bragg en fibra. Estos dispositivos son útiles para sintonizado preciso de longitudes de onda en circuitos ópticos, para sensores y sistemas de comunicaciones ópticas. Los resultados muestran que su realización en FBG necesita campos magnéticos elevados. Sin embargo, mediante la utilización de materiales ópticos con mayor constante de Verdet y estructuras multicapa con mayor período su desarrollo es posible.

Reconocimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia a través del proyecto CICYT TIC95-0631-C04-01.

Referencias

- [1] A.Yariv, and P. Yeh, *Optical Waves in Crystals.Propagation and Control of Laser Radiation*, Wiley-Interscience publications, 1984.
- [2] J.L.Arce, J.M.López-Higuera, M.A.Muriel, "A new tunable optical filter based on the Fraday effect on a Bragg grating", Conference proceedings LEOS96, Vol. 2, pp. 307-308, Nov. 96.

Figuras

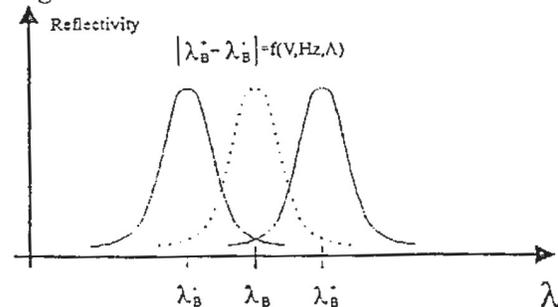


Fig. 1
Influencia del efecto Faraday en FBG

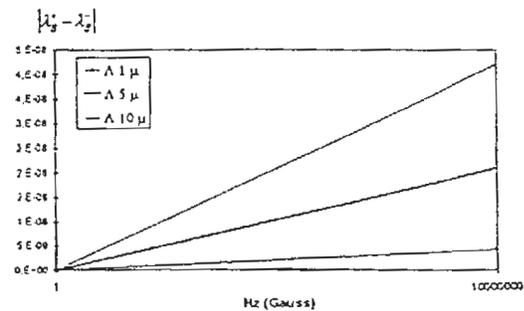


Fig. 2

en función del campo magnético