

INFLUENCIA DE LA ENERGÍA DE EXPOSICIÓN EN EL PERFIL DE ÍNDICE DE UNA RED DE DIFRACCIÓN EN FIBRA ÓPTICA : APLICACIÓN PARA LA DISCRIMINACIÓN DE DEFORMACIÓN Y TEMPERATURA

J. Echevarría, A. Quintela, C. Jáuregui, M. Lomer, A.Cobo & J. M. López Higuera

Grupo de Ingeniería Fotónica. Universidad de Cantabria

ETSIT - Avda de los Castros s/n, 39005 Santander

Tlf. (942) 201495 Fax (942) 201873

e-mail: jeche@teisa.unican.es

Abstract

The resulting index profile of a uniform Fiber Bragg Grating (FBG) determines the amplitudes of its first and second diffraction order wavelengths. A controlled UV writing process can be done for optimizing the reflecting powers of both wavelengths. The optimization method and results of the simulations are reported for strain and temperature discrimination using a unique FBG transducer

1. Introducción

Las redes de difracción en fibra óptica o “Fiber Bragg Gratings” constituyen uno de los dispositivos más interesantes para la realización de transductores con fibra óptica. El pequeño tamaño de los transductores resultantes junto con las ventajas propias de la fibra óptica tales como la inmunidad a las interferencias electromagnéticas, poco peso, etc les proporcionan ventajas para la medida de magnitudes físicas tales como la temperatura y la deformación (strain). Sin embargo, debido a que el efecto de las magnitudes físicas de interés producen el mismo tipo de variación en la longitud de onda reflejada del FBG, no se puede realizar una medida simultánea utilizando una única magnitud. Para la medida simultánea de strain y temperatura con un transductor es necesario obtener datos de dos magnitudes observables. A continuación, se muestra la matriz de transferencia que relaciona las dos magnitudes observables (f_1 , f_2) con las magnitudes de interés (T , ϵ) [1]:

$$\begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{1T} & K_{1\epsilon} \\ K_{2T} & K_{2\epsilon} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T \\ \epsilon \end{bmatrix} \quad (1)$$

Donde K_{1T} y $K_{2\epsilon}$ son las sensibilidades al strain y a la temperatura y $K_{1\epsilon}$ y K_{2T} son las sensibilidades cruzadas. Para recuperar la información (T, ϵ) después de realizar una calibración de estas variables debe realizarse una inversión de la matriz de transferencia. Esto implica que el determinante no puede ser nulo y que para que la medida tenga un error pequeño la matriz debe estar bien condicionada. Se han propuesto varios sistemas para superar este obstáculo. Por ejemplo, utilizando dos FBG adyacentes grabados en fibras de diferente diámetro [2] o de diferente dopado [3].

Por otra parte, se pueden realizar transductores más simples y menos intrusivos utilizando un único FBG y realizando la medida de las

longitudes de onda correspondientes a su primer y segundo ordenes de difracción. La longitud de onda del segundo orden de difracción, que está aproximadamente a la mitad de la longitud de onda del orden principal de un FBG fue observado por primera vez por Xie et al. [4] y propuesto como un sistema factible para realización de medida simultánea de strain y temperatura por Kalli et al.[5]. Sin embargo, la potencia de la longitud de onda de segundo orden es general más pequeña que la potencia del primer orden, lo cual complica el proceso de detección. Este problema se puede solucionar controlando el proceso de grabado del FBG

2. Proceso de optimización

La hidrogenación de las fibras estándar de telecomunicación aumenta su fotosensibilidad haciendo posible que se pueda grabar en ellas FBG. La variación del índice de refracción del núcleo en función de la exposición a luz UV utilizada sigue en principio un incremento potencial hasta que alcanza un valor de saturación. El cambio en el índice de refracción se puede medir utilizando un interferómetro en fibra. Realizando una medida del desfase óptico entre los dos brazos del interferómetro y relacionándolo con la exposición se puede realizar una caracterización del sistema. Para la este proceso se utilizó un láser FRED-300 y un interferómetro Mash-Zehnder con el resultado que se muestra en la siguiente figura :

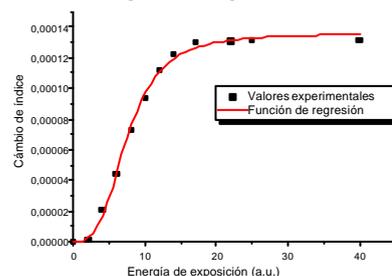


Fig. 1 Caracterización del cambio de índice de refracción en el núcleo de la fibra en función de la exposición.

La utilización de una máscara de fase es el sistema más sencillo y repetitivo para la fabricación de FBG. El sistema, se basa en la exposición a luz UV de la fibra óptica a través de la máscara de fase. Los ordenes de difracción "+1" y "-1" de la máscara se optimizan para que tengan la mayor fracción de potencia posible mientras la potencia del orden "0" se minimiza. El perfil de índice resultante en la fibra es el resultado del patrón de franjas que proporciona la interferencia de los dos ordenes de difracción "+1" y "-1".

Para pequeñas energías de exposición el perfil de índice resultante sigue la variación senoidal proporcionada por el patrón de franjas, pero a medida que se aumenta la energía de exposición el efecto de la saturación de índice deforma esta forma de onda y pierde su forma senoidal. Esta función resultante se puede desarrollar en serie de Fourier calculando los coeficientes correspondientes a cada armónico. El primer coeficiente corresponde a la amplitud de reflexión de la longitud de onda principal del FBG, mientras que el segundo coeficiente corresponde a la amplitud de reflexión de la longitud de onda del segundo armónico. En la figura siguiente se muestra la variación de las amplitudes del primer y segundo armónico en función de la exposición.

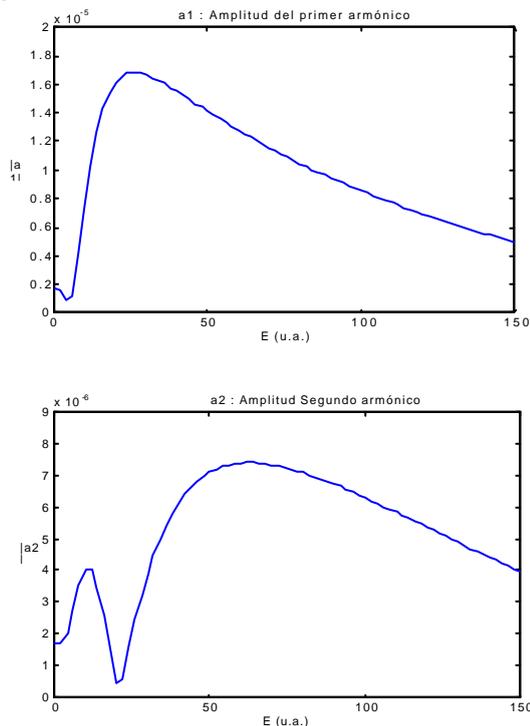


Fig. 1 Variación de las amplitudes del primer y segundo armónico de un FBG en función de la energía de exposición.

Se puede observar en la figura que existe un valor de exposición que maximiza la amplitud del primer armónico y otra que maximiza la amplitud del segundo armónico.

3. Conclusiones

La medida de strain y temperatura utilizando un transductor construido con un único FBG resulta muy interesante para realizar dispositivos más pequeños y con menos gasto de ancho de banda óptico en redes de sensores. Este tipo de transductores se puede realizar grabando FBG uniformes de perfil no senoidal.

Mediante un control adecuado del tiempo de exposición se puede realizar una maximización de la potencia reflejada a la longitud de onda correspondiente al segundo orden de difracción de un FBG grabado en una fibra estándar de telecomunicación hidrogenada.

4. Agradecimientos

Este trabajo ha sido cofinanciado por la CICYT a través de su proyecto TIC'98-0397-C03-02 y por la UE a través de su proyecto FEDER "SISFOCDETC" 1FD97-0775.

5. Referencias

- [1] Wei Jin, W. Craig Michie, Graham Thursby, Maria Konstantaki and Brian Culshaw, "Simultaneous measurement of strain and temperature: error analysis", *Optical Engineering*, Vol. 36, No. 2, pp. 598-609, 1997.
- [2] S. W. James, M.L. Dockney and R.P. Tatam, "Simultaneous independent temperature and strain measurement using in-fibre Bragg grating sensors", *Electronics Letters*, Vol. 32, No. 12, pp. 1133-1134, 1996
- [3] P.M. Cavaleiro, F.M. Araújo, L.A. Ferreira, J.L Santos and F. Farahi, "Simultaneous measurement of strain and temperature using Bragg gratings written in germanosilicate and boron-codoped germanosilicate fibers", *IEEE Photonics Technology Letters*, Vol. 11, No.12, pp.1635-1637, 1999.
- [4] W.X. Xie et al. "Second order diffraction efficiency of Bragg gratings written within germanosilicate fibers", *Opt. Communications*. Vol. 101, No, 1, 2, pp. 85-91, 1993.
- [5] G.P. Brady, K. Kalli, D.J. Webb, D.A. Jackson, L. Reekie & J.L. Archambault, "Simultaneous measurement of strain and temperature using the first-and second-order diffraction wavelength of Bragg gratings", *IEE. Proc.-Optoelectronics*. Vol. 44, No. 3, pp. 156-161,1997.