

EFECTO DE UNA PELÍCULA FINA DEPOSITADA SOBRE UN LPG EN LA MEDIDA DEL ÍNDICE EXTERNO

A. Quintela, D.A. González, S.W. James*, O.M. Conde, J. M. López Higuera

Grupo de Ingeniería Fotónica - Universidad de Cantabria
E.T.S.I.I. y Telecomunicación Avda. de los Castros s/n 39005 Santander
Tlfn: 942 200877 Ext: 16 Fax 942 200877

aquintela@teisa.unican.es

* Optical Sensors Group, Centre for Photonics and Optical Engineering, Cranfield University, Cranfield, Bedford MK43 OAL, UK

Abstract. Long period gratings (LPG) have a number of attractive properties that may be exploited for sensing applications. LPG's exhibit sensitivity to the refractive index of the medium surrounding the fibre, which has been exploited to form sensors capable of measuring the refractive index of a solution, allowing concentrations of sodium chloride and ethylene glycol. In this paper a technique to improve the answer of these sensors is presented. It consist on the deposition of a thin film on the fiber by the Langmuir Blodgett deposition technique.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha venido incrementando el uso de sensores ópticos en multitud de campos (química, ingeniería civil, biomedicina, etc). Este tipo de sensores presentan ciertas ventajas respecto a sensores convencionales como es el hecho de reducido tamaño, inmunidad a interferencias, posibilidad de interrogación a largas distancia, etc. Por otro lado tiene como inconveniente que, por norma general, los equipos necesarios para realizar medidas (fuentes de luz, fotodetectores, etc) tienen un coste elevado.

Muchas son las técnicas usadas en estos sensores (interferometría, espectrometría, redes de difracción, etc) pero de entre éstas cabe destacar, por su gran avance y evolución, las redes de difracción en fibra óptica. Estos dispositivos presentan adicionalmente la ventaja de ser totalmente compatibles con la fibra óptica además de poderse realizar una multiplexación en longitudes de onda, lo que se traduce en la posibilidad de conectar en serie de varios sensores consiguiendo de este modo una medida cuasidistribuida. Dentro de estas hay que distinguir entre las redes de difracción de periodo corto en (RDFO) y las redes de periodo largo (LPG), siendo la principal diferencia entre ellas el periodo de la red.

Los sensores basados en redes de difracción han sido usados para la medida de diversos parámetros (deformación, temperatura, presión, parámetros químicos, etc). En un primer

momento su uso se centró tan sólo en los de periodo corto pero con el paso del tiempo los de periodo largo han venido siendo utilizados con más asiduidad. En este artículo se presenta el uso de LPG's para la medida de la concentración de "Ethylene Glycol" basándose en la medida del índice de refracción externo al LPG. Para mejorar la sensibilidad del mismo se recubre con una fina capa película mediante la técnica de deposición Langmuir Blodgett.

II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A. Redes de difracción de periodo largo

Un LPG consiste en una variación periódica del índice de refracción del núcleo de una fibra óptica. El periodo de un LPG toma valores típicamente entre 100 μm y 1 mm. Como consecuencia de ello se produce un acoplo entre el modo fundamental de propagación y modos de cubierta. Este acoplo se rige por una condición de fase, que depende de la diferencia de índice de refracción efectivo entre los modos de cubierta y el modo fundamental, así como del periodo del LPG, de acuerdo a la siguiente expresión

$$\lambda_n = [n_{ef}(\lambda_n) - n_{cub}^{(n)}(\lambda_n)] \cdot \Lambda \quad (1)$$

donde λ_n es la longitud de onda de acoplo, n_{ef} es el índice efectivo de propagación en el núcleo, $n_{cub}^{(n)}$ es el índice efectivo de propagación del modo n en la cubierta y Λ es el periodo del LPG. Debido a que los modos de cubierta sufren una altísima atenuación, el espectro de transmisión de un LPG contiene una serie de bandas de atenuación centradas en las longitudes de onda en las cuales se ha producido un acoplo entre el modo fundamental y los modos de cubierta [1] (Fig1).

Espectro LPG

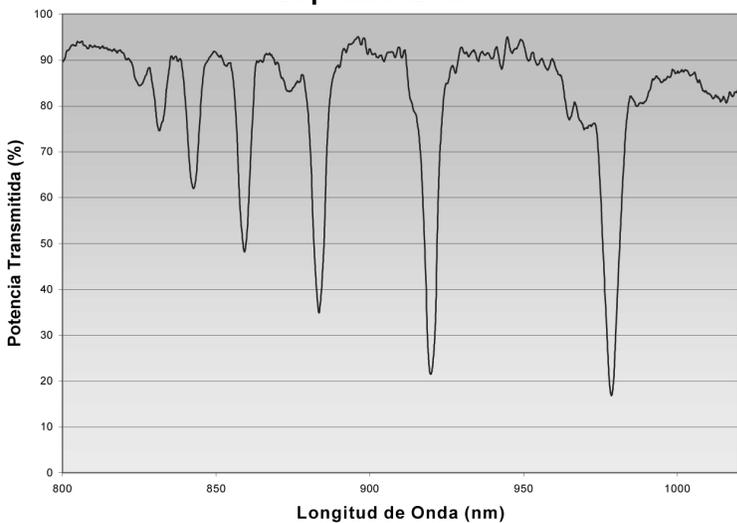


Figura 1. Espectro de un LPG usado durante las medidas

Gracias a la dependencia que existe entre el índice efectivo de los modos de cubierta y el índice de refracción exterior, cuando uno aumenta el otro también lo hace, se puede usar la estructura de un LPG como transductor para la medida del índice de refracción del medio externo. Una variación en el índice de refracción externo acarrea un cambio en el valor de las longitudes de onda de los picos de cada una de las bandas de atenuación de la respuesta espectral [2,3].

Al depositar una fina película sobre el LPG se modifica el índice medio de la cubierta y por lo tanto también sufre un cambio la posición espectral de las bandas de atenuación así como su dependencia con las variaciones en el índice de refracción externo [4].

B. Técnica de deposición Langmuir Blodgett

La técnica Langmuir Blodgett permite la deposición de capas finas de un material orgánico sobre un sustrato, de forma que en cada pasada se deposita una capa de grosor igual al tamaño de la molécula, por lo que se consigue un elevado control sobre el grosor de la película depositada. El material a depositar se disuelve en agua pura y se ajustan unas barreras de manera que se consiga y se mantenga una determinada presión superficial. El sustrato se sumerge y se saca sucesivamente de tal forma que en cada paso se va depositando una nueva capa

El material que se depositó fue “Tricosenoic acid” [$\text{CH}_2=\text{CH}(\text{CH}_2)_{20}\text{CO}_2\text{H}$]. Para disolverlo en agua pura primero se disolvió en cloroformo (0,1 mg/ml), y una vez se vierte sobre el agua pura el cloroformo se evapora quedando sobre la superficie del agua las moléculas del material a depositar. Para conseguir una distribución uniforme de esas moléculas se van cerrando unas barreras hasta que se consigue una presión superficial igual a 30mN m^{-1} . El LPG se introdujo verticalmente en el agua a una velocidad de 10 mm min^{-1} . Para cada LPG se realizó una deposición de 200 capas, utilizando la máquina modelo 2410A de la casa Nima Technology.

III. PROCESO DE MEDIDA

Para la realización de las medidas se ha usado LPG's grabados en una fibra óptica fotosensible de sílice codopada con germanio y boro (Fibcore PS750) cuya longitud de onda de corte es 750 nm. Los LPG's se han fabricado exponiendo 40 mm de la mencionada fibra a un patrón de franjas de luz ultravioleta de 400 μm de periodo, obtenido iluminando una máscara de amplitud con luz UV de 266 nm de longitud de onda. Inyectando en el LPG la radiación óptica proveniente de una fuente de luz blanca el espectro de transmisión fue medido con un espectrómetro de CCD controlado por ordenador (Oceans Optics S2000), que tiene un rango de medida de 500 a 1100 nm (Fig. 3).

Para poder comprobar si al recubrir los LPG's con una fina película se logra una mayor influencia del índice de refracción externo, en el desplazamiento de las longitudes de onda de los picos de absorción, se realizaron medidas primero con los LPG's sin recubrir para posteriormente someter esos mismos al proceso de deposición y repetir así las medidas. Cada una de las medidas se hizo a temperatura estable y estando sometido el LPG a una cierta tensión, para evitar de este modo desplazamientos debidos a cambios de temperatura y/o deformación del LPG. Cada LPG, antes y después del proceso de deposición, fue introducido tanto en agua pura como en Ethylene Glycol. En cada una de las medidas se midió el espectro de transmisión, determinando en cada caso las longitudes de onda de los picos de atenuación. Por lo tanto para cada una de las medidas se obtuvo un valor de desplazamiento en la longitud de onda para cada uno de los picos de absorción, en relación con las obtenidas para un LPG sin sumergir. Una muestra de los resultados obtenidos se refleja en la figura 2 en la que se muestra el desplazamiento de cada uno de los picos de absorción para uno de los LPG con y sin película tanto en agua pura como en Ethylene Glycol.

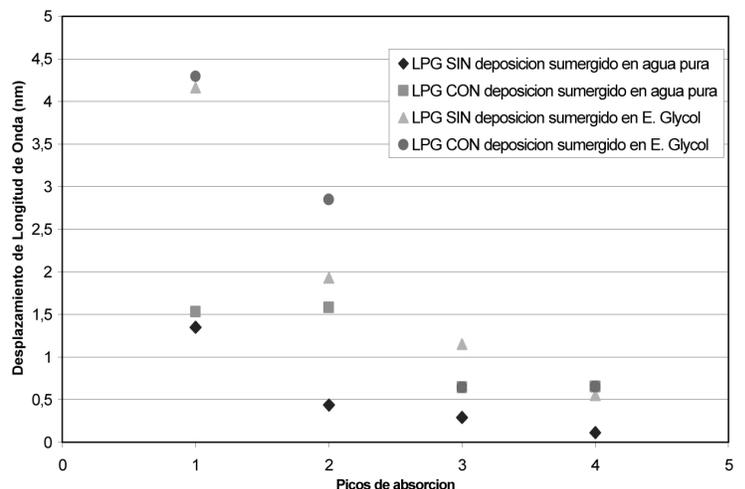


Figura 2. Desplazamientos en la longitud de onda de los picos para cada tipo de LPG sumergido en agua pura y en E. Glycol

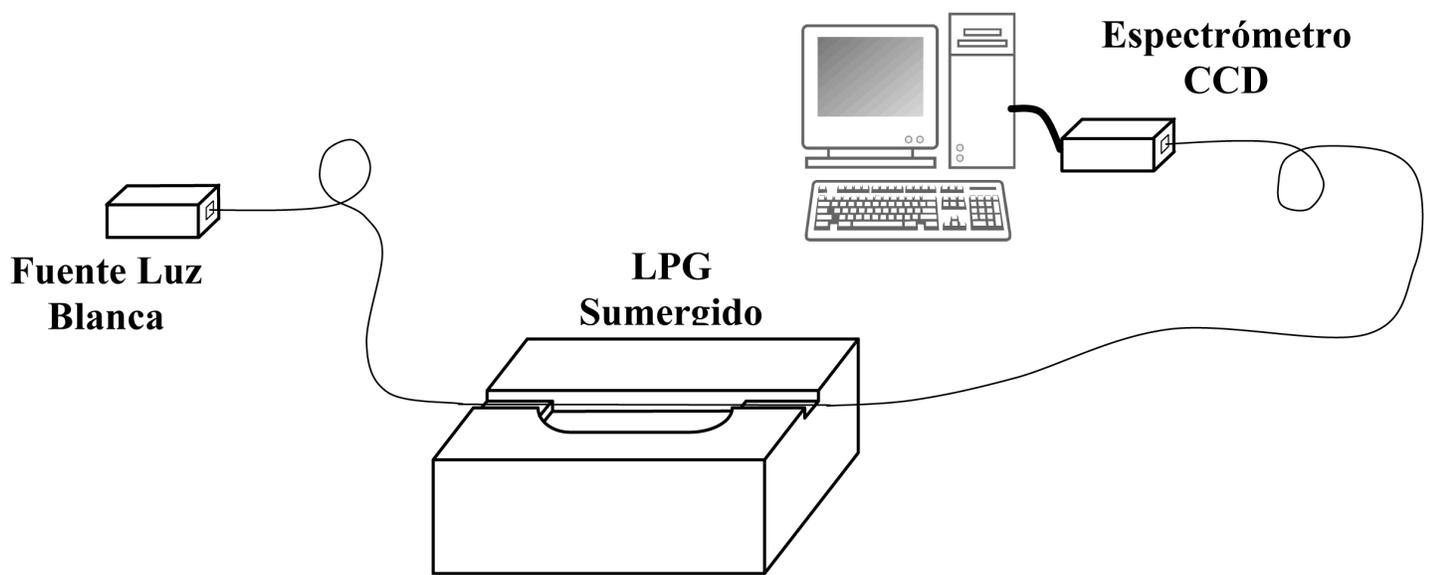


Figura 3. Montaje de medida

En la grafica anterior en el eje de abcisas se ha puesto cada uno de los picos de absorción, indicando el numero “1” el pico de absorción de mayor longitud de onda, el “2” el de segunda mayor longitud de onda y así sucesivamente.

Observando los resultados obtenidos se puede ver claramente como en el caso del LPG con deposición los desplazamientos de las posiciones de sus picos, tanto para el caso del agua pura como para el del E. Glycol, son mayores para cada unos de los picos. De esta manera se ha visto mejorada la respuesta de este tipo de sensores

IV. CONCLUSIONES

Se ha presentado y demostrado que con la deposición de una película fina apropiada sobre un LPG se puede mejorar la respuesta de las redes de difracción de periodo largo (LPG) como estructura transductora para la medida de la concentración de Ethylene Glycol en una solución acuosa, basándose en que el índice de refracción de la solución es función de la concentración de la misma. La técnica se ha comprobado experimentalmente.

AGRADECIMIENTOS

Los trabajos presentados en esta comunicación fueron en parte financiados por el Ministerio Español de Ciencia y Tecnología a través del Proyecto TIC-2001-0877-C02-01 SuGARUS. Los autores también quieren agradecer al “Optical Sensors Group” de la Cranfield University por su ayuda a la hora de la realización de las medidas.

REFERENCIAS

- [1] V.Bathia, A.M. Vengsarkar, Opt.Lett **21** (1996) 692
- [2] B.H. Lee, Y. Liu, S.B. Lee, S.S. Choi, J.N. Jang , Opt.Lett **22** (1997) 1769
- [3] H.J. Patrick, A.D. Kersey, F. Bucholtz, IEEE J. Lightw. Technol. **16** (1998) 1606
- [4] Stephen W. James, Nicholas D. Rees, Ralph P. Tatam,Geoffery J. Ashwell, OFS 2002,Portland (May 2002), 119