

SENSORES ÓPTICOS CON BIO-APLICACIONES: Fibras Ópticas

Emma Berenice Mosqueda Zavala¹, M. Torres-Cisneros, I². Hernández Romano³

Física Aplicada y Tecnologías Avanzadas, División de Ingenierías, CIS, Universidad de Guanajuato.
hromano@ugto.mx³

Resumen

Se presenta un estudio, donde se propone una técnica para mejorar la sensibilidad de curvatura de un sensor de fibra óptica de 1 cm basado en la guía de ondas ópticas reflectantes anti-resonantes. La estructura de detección se ensambla empalmado un segmento de fibra capilar de núcleo hueco (CHCF) de 25 micras entre dos fibras monomodo (SMF), y el dispositivo se coloca sobre una lámina de acero para medir diferentes curvaturas, así como de temperatura. Sin ningún tratamiento de superficie, el sensor presenta un rango de curvatura de 0 a 4 mm. Al recubrir cuidadosamente la mitad de la longitud del CHCF con *elastómero de silicio* (PDMS), la sensibilidad de curvatura del sensor aumenta, aunque de manera marginal. Estas características hacen que esta técnica sea atractiva para aplicaciones de detección reales.

Palabras clave: Sensibilidad de Curvatura, PDMS, Fibra capilar de núcleo hueco.

Introducción

Los sensores de fibra óptica (FOS) son atractivos para la comunidad científica y la industria debido a sus propiedades intrínsecas, como tamaño pequeño, peso ligero, resistencia a la corrosión, inmunidad a la interferencia electromagnética y alta sensibilidad. Se han ensamblado varios FOS utilizando fibras especiales como la fibra de cristal fotónico (PCF) [1,2], fibra capilar de núcleo hueco (CHCF) [3]. Recientemente, la fabricación de FOS utilizando CHCF se ha incrementado debido a su fácil fabricación y bajo costo. Usando esta fibra especial ha sido posible implementar Mach-Zehnder [4]. La fabricación del sensor es bastante simple y solo requiere el empalme de una sección de CHCF entre dos fibras monomodo (SMF). Dado que el mecanismo del sensor exhibe un espectro de transmisión con caídas periódicas, podemos usarlo para seguir los cambios de longitud de onda o los cambios de intensidad (según el diseño de FOS). Aquí, presentamos una técnica simple para mejorar la sensibilidad de un sensor de curvatura basado en la estructura ARROW. Nuestro enfoque se basa en el hecho de que al reducir el contraste del índice de refracción (IR) entre el núcleo y el revestimiento de una guía de ondas, las pérdidas ópticas inducidas aumentan cuando se dobla la guía de ondas. Lo anterior también es cierto en el caso de las guías de onda ARROW, como las fabricadas con CHCF, ya que el revestimiento del anillo experimentará algunas pérdidas cuando se doble. Por lo tanto, cuando cubrimos el CHCF con (PDMS), esto reducirá significativamente el contraste de RI, lo que debería aumentar las pérdidas inducidas en función de la curvatura aplicada. En el resultado se muestra una sensibilidad de curvatura mínima mejorada.

Materiales y Métodos

Se utilizó una fibra óptica CHCF con un diámetro de 25 μm , como se muestra en la Fig. 1, tomada con un microscopio óptico.

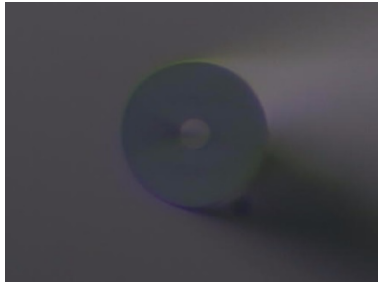


Figura 1. Fibra capilar CHCF.



Figura 2. Sensor con PDMS.

Se inició el sensor empalmado un segmento de 1 cm de largo de CHCF entre dos fibras monomodo (SMF). Al utilizar la longitud de 1cm en el CHCF se encontró un mejor contraste de las caídas con pérdida que el utilizar 0.5cm, que fue lo que se hizo inicialmente. Debido a su diferente geometría, el empalme de CHCF y SMF con un programa de empalme estándar presenta grandes pérdidas. Se utilizó un programa particular utilizando un empalmador comercial marca: *Fitel*, para optimizar el empalme entre CHCF y SMF y reducir las pérdidas de empalme. El programa primero realiza una alineación automática del revestimiento antes del empalme. Después de la fabricación de la estructura de detección, el CHCF se limpió con acetona con la ayuda de algunos hisopos. Posteriormente, se procedió a preparar el PDMS con una concentración de 0.9151 gramos de base de PDMS y 0.1016 gramos del reactivo de PDMS, se mezcló por 10 minutos y pasó después a la bomba de vacío para eliminar las burbujas. Al tener el PDMS listo, se cubrió la mitad del sensor (0.5 cm) en medio, como se muestra en la Fig. 2.

Resultados

La respuesta espectral de salida del dispositivo cubierto con PDMS, se analizó utilizando la configuración que se muestra en la Fig. 3. En la configuración, se utilizó un diodo super luminescente (SLD) como fuente de banda ancha (SLD-1550S-A40, Thorlabs, Newton, NJ, EE. UU.), que está centrado en 1550 nm y con un ancho de banda medible de 100 nm. La señal óptica transmitida a través del sensor de curvatura ARROW es adquirida por un OSA (MS9740A, Anritsu, Kanagawa, Japón) para estudiar los efectos del PDMS aplicado al CHCF. El experimento comenzó caracterizando primero el dispositivo sin el polímero, y se prosiguió a caracterizarlo con el polímero y los resultados se presentan en las Figs. 4 y 5, donde se tiene el sensor sin polímero [S] y con polímero [C]. Observando que el sensor exhibe pequeñas pérdidas cuando se aumenta la curvatura.

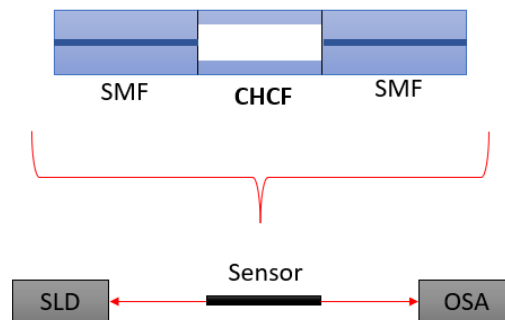


Figura 3. Configuración experimental para medir la respuesta espectral del sensor ARROW.

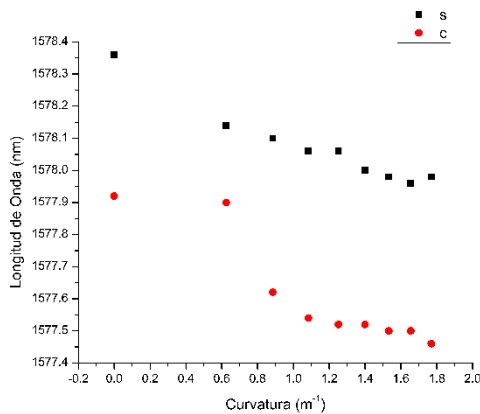


Figura 4. Sensor de curvatura en nm.

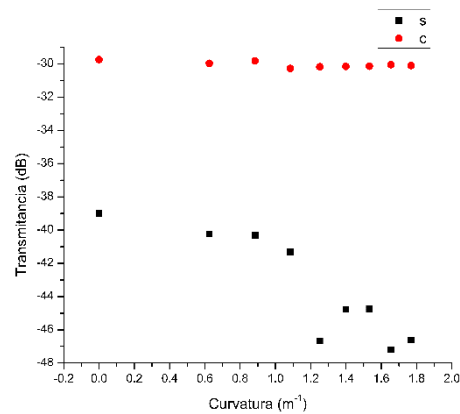


Figura 5. Sensor de curvatura en dB.

Conclusión

Se presentó experimentalmente una técnica rentable y reproducible para mejorar la sensibilidad a la curvatura de un sensor de curvatura basado en la guía ARROW. El proceso de fabricación del sensor de curvatura es relativamente simple ya que solo tenemos que empalmar un segmento de CHCF entre dos SMF. Primeramente, se presentaron complicaciones al momento de la longitud para la elaboración del sensor. Por el tiempo, se prosiguió a continuar con el sensor de 1 cm de largo en CHCF. Se mostró un pequeño aumento en la sensibilidad, pero no de acuerdo con lo esperado. Con la misma técnica, nos dimos cuenta de que es necesario dedicar más tiempo a la caracterización experimental con el objetivo de mejorar la respuesta sensible del sensor.

Referencias

- Zhao, L.; Liu, B.; Wu, Y.; Mao, Y.; Sun, T.; Zhao, D.; Liu, Y.; Liu, S. Photonic crystal all-fiber Mach-Zehnder interferometer sensor based on phase demodulation. *Opt. Fiber Technol.* 2019, 53, 102059.
- Silva, S.; Roriz, P.; Frazão, O. Refractive index measurement of liquids based on microstructured optical fibers. *Photon* 2014, 1, 516–529.
- Wu, Y.; Yang, Y.; Jin, W.; Shen, Y.; Jian, S. Compact Mach-Zehnder interferometer-based no-core fiber hollow-core fiber no-core fiber structure. *Opt. Eng.* 2017, 56, 030501.
- Wu, Y.; Wang, S.; Meng, F.; Canción, Y.; Zhu, L. Interferómetro compacto Mach-Zehnder basado en fibra de núcleo hueco procesada para detección de presión de gas. *J. Nanofotónica* 2019, 13, 036013.