

# Medida del incremento de índice en fibras fotosensibles usando un interferómetro Mach-Zehnder

A. Quintela, C. Jaúregui, J. Echevarría, J.M.López-Higuera  
Grupo de Ingeniería Fotónica-Dpto. TEISA Universidad de Cantabria  
TLFNO. 942201539 FAX 942201873  
Correo: aquintel@teisa.unican.es

*Abstract: The measures of UV induced refractive index changes in different photosensitive fibres with an interferometric method is presented.*

## 1. Introducción

En los últimos años se han venido desarrollando un gran esfuerzo en la investigación de la fabricación de redes de difracción en fibra óptica (RDFO). Eso ha sido así debido a las numerosas e importantes aplicaciones que presentan estos dispositivos (filtrado, sensores ópticos, multiplexación, etc). Para poder grabar una red de difracción en fibra es necesario disponer de una fibra a la que se le pueda modificar el índice de refracción de su núcleo de forma externa. Lo más común es usar fibra fotosensible, de tal forma que si se incide con luz UV sobre el núcleo de esta fibra se modificará su índice de refracción.

El saber cuanto de fotosensible es una fibra y como va a ser la evolución temporal del incremento del índice de refracción es muy importante para tener un control total sobre el proceso de grabación de una RDFO. Así, una vez totalmente caracterizada la fibra se podrá, por ejemplo, predecir el tiempo en el que se va a grabar una RDFO o buscar un perfil de variación de índice concreta para una determinada aplicación.

En esta comunicación se presentan los resultados obtenidos al medir la fotosensibilidad de diferentes fibras utilizando un interferómetro Mach-Zehnder. [1]

## 2. Esquema general de medida

El esquema de medida que se ha utilizado es el que se muestra en la Fig.1

El sistema está formado por un láser de ArKr, que es el encargado de suministrar la luz UV (244 nm), un espansor de haz, una lente cilíndrica y una ranura calibrada. Con esto se consigue acondicionar el haz del láser de tal forma que al núcleo de la fibra en la zona de interés le incide la máxima potencia posible. Finalmente se tiene un interferómetro Mach-Zehnder. Este último es el que va a permitir que una variación en el índice de refracción produzca una variación de una magnitud que se va a poder medir directamente con el analizador de espectros ópticos (OSA).

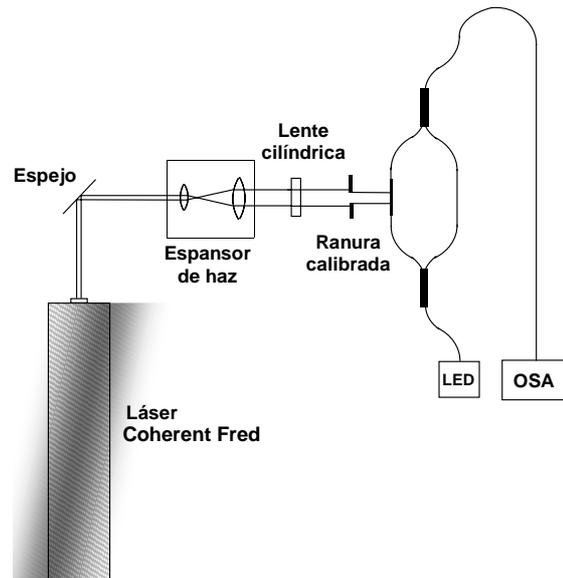


Fig.1 Esquema del montaje de medida.

Es bien sabido que la señal de salida de un interferómetro Mach-Zehnder viene dada por (1) [2].

$$I_{out} = I_o [I - V \cos(\phi_1 - \phi_2)] \quad (1)$$

Donde  $I_o$  es la irradiancia de la señal de entrada la interferómetro,  $V$  es la visibilidad y  $\phi_1 - \phi_2$  es la diferencia de fase entre las señales de cada uno de los brazos en el segundo acoplador. Es conocido que la fase de una señal óptica que viaja confinada en una fibra depende directamente del índice de refracción de la fibra. Por lo tanto una variación en el índice de refracción de un tramo de uno de los brazos del interferómetro se va a traducir en una variación en la diferencia de fase entre las señales de los dos brazos y, por lo tanto, en el valor de la irradiancia de la señal de salida. Todo esto es válido para una longitud de onda fija, pues la fase de la señal depende inversamente de la longitud de onda de trabajo. Lo mencionado se traduce en que si se observa la señal procedente de un interferómetro en

un OSA se va a obtener una señal senoidal cuyo periodo no es constante pero que se puede considerar constante en el rango de longitudes de onda en el que se va a estudiar la señal, unos 10 nm.

Una vez conocido esto, se puede demostrar a partir de las ecuaciones del interferómetro que el incremento en el índice de refracción en un tramo de longitud  $x$  en uno de los brazos del interferómetro se va a traducir en un cambio de fase en la señal senoidal que se veía en el OSA. Ese cambio de fase viene dado por la expresión (2)

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot x \cdot \Delta n \quad (2)$$

Donde  $\lambda$  es la longitud de onda a la que se mide esa variación de fase,  $x$  es la longitud del tramo en el que se han producido el incremento de índice y  $\Delta n$  es el incremento de índice producido en esa zona. De esta forma queda demostrado como a partir del estudio de la variación sufrida en la señal antes y después de someter la fibra fotosensible a la radiación UV se puede obtener el incremento de índice producido.

### 3. Experimentos y resultados

Para poder realizar varias medidas y no tener que montar un interferómetro para cada una de estas se construyó un interferómetro tal que uno de sus brazos, el de referencia, permaneciera invariante mientras que el otro brazo estaba hecho de tal manera que permitía sustituir un trozo de fibra sin tener que hacer soldadura alguna. De esta forma antes de realizar una medida se pone en ese brazo un trozo de la fibra fotosensible que en ese momento se quiera estudiar. Una vez finalizada la medida el trozo era reemplazado por otro y así se tenía el sistema preparado para realizar otra.

Para poder tener datos de cómo va evolucionando el incremento de índice con el tiempo de exposición se van capturando las trazas con una periodicidad que dependerá de la velocidad de incremento del índice. Además se puede observar en tiempo real como se va desplazando la señal en el OSA, de tal forma que no es complicado saber cuando el incremento de índice empieza a saturar, momento a partir del cual se puede para la medida.

En la Fig 2 se muestra un ejemplo de las trazas obtenidas al realizar las medidas. En ella se puede observar, claramente, como la señal senoidal se va desplazando hacia la derecha con el paso del tiempo.

A partir de aquí solo queda calcular el desfase que ha sufrido la señal en cada instante de tiempo y haciendo uso de (2) se obtiene la gráfica de la evolución de la variación del índice de refracción.

Se realizaron medidas sobre tres tipos de fibras: fibra monomodo estándar de telecomunicación sometida a un proceso de hidrogenación, fibra dopada con erbio sometida a un proceso de hidrogenación y fibra fotosensible de QPS. Los resultados obtenidos quedan reflejados en la Fig. 3.

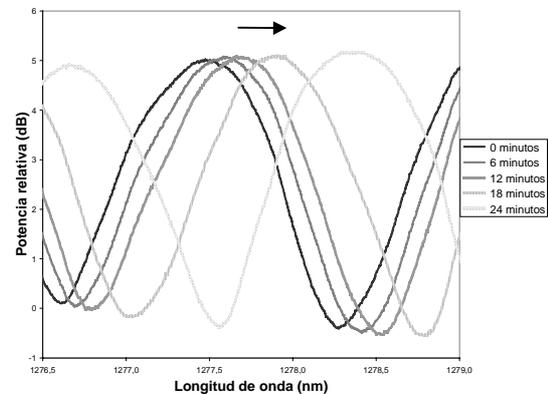


Fig. 2. Evolución del espectro

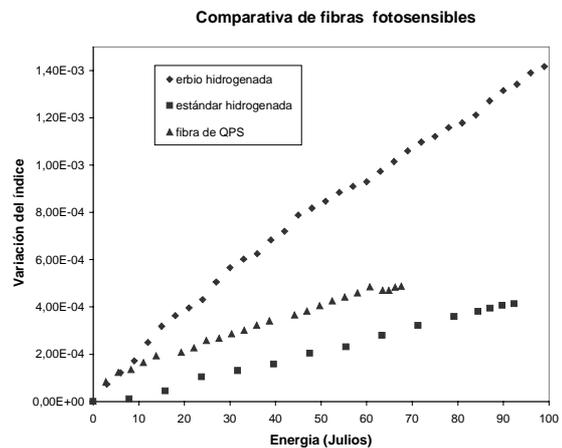


Fig.3 Comparativa de la evolución del incremento de índice

### 4. Conclusiones

El incremento de índice inducido en diferentes fibras fotosensibles sometidas a una radiación de UV continua ha sido exitosamente determinado utilizando un interferómetro construido al efecto.

### 5. Agradecimientos

Este proyecto se ha podido realizar en parte gracias a los medios aportados por el proyecto TIC98-0397-CO3-02 y al proyecto SISFOCDTIC 1FD97-0775 financiado con fondos FEDER.

### 6. Referencias

- [1] ARAÚJO, F. M., MARQUES, M. B., OKHOTNIKOV, O. G., "Flexible in-fiber Mach-Zehnder interferometer for measuring UV induced refractive-index change".
- [2] JACKSON, D. A., JONES, J. D. C., "Optical fiber sensors", Cap. 10. Artech House, 1989