

TÉCNICA DE MEDIDA DE LA BIRREFRINGENCIA LINEAL EN FIBRAS ÓPTICAS BASADO EN LAS MATRICES DE JONES

J.L. Arce Diego, R. López Ruisánchez, M. Lomer, A. Cobo, J.M. López Higuera
 Grupo de Ingeniería Fotónica. Dto. TEISA. Universidad de Cantabria. Avda. Los Castros s/n. 39005 Santander, España.

El método propuesto de medida de la birrefringencia inducida por perturbaciones en fibras ópticas monomodo estándar o de baja birrefringencia se basa en la obtención experimental de las matrices de Jones de unas determinadas secciones de la fibra óptica mencionada. A continuación y mediante un método matricial se determina la birrefringencia inducida por la perturbación, en este caso una curvatura, en una sección de fibra, a partir de las matrices de Jones previamente medidas. Finalmente se presentan y discuten los resultados obtenidos, comparando los resultados experimentales, con la correspondiente expresión que determina teóricamente la birrefringencia inducida por curvaturas en fibras ópticas.

El diagrama del montaje experimental empleado para la medida de la birrefringencia se muestra en la Fig 1

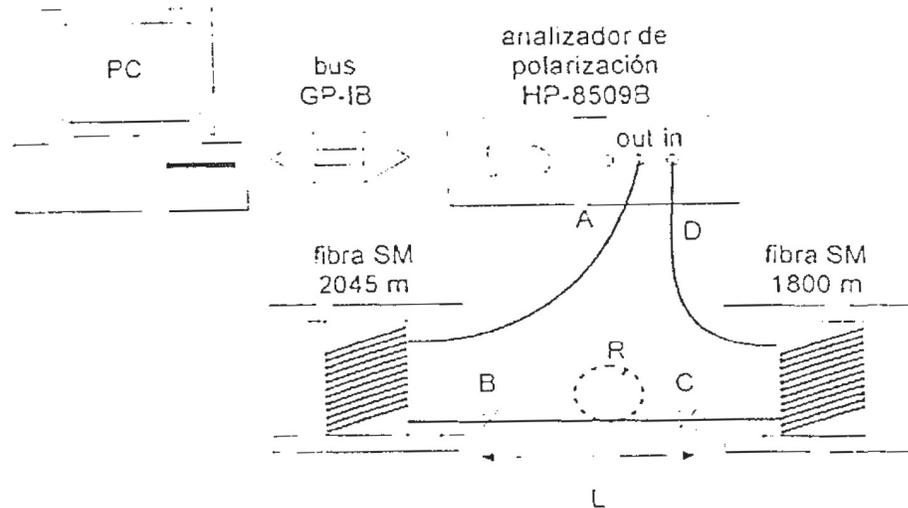


Figura 1

Un analizador de polarización comercial (Hewlett-Packard 8509B) se emplea para medir el estado de polarización (EdP) de la luz a la salida de la fibra óptica (FO) en el punto D. La fuente consiste en un diodo láser de 1530 nm, que emite luz casi circularmente polarizada y un conjunto de 3 polarizadores alineados a 60°, relativamente uno respecto a otro, que se mueven automáticamente para definir el EdP de entrada a la fibra óptica en el punto A. La fuente es una parte integral del analizador de polarización. Entre los puntos B y C la fibra se somete a curvaturas de diversos radios. Por medio de la medida del EdP en el punto D como una función de los diversos EdP posibles en el punto A se puede determinar la matriz de Jones de los puntos A y D. Estas medidas se efectuaron múltiples veces para cada uno de los radios de curvatura a medir.

La matriz de Jones T_{DA} se relaciona con la matriz de Jones de la sección curvada de la fibra T_{CB} mediante la relación:

$$T_{DA} = T_{DC} \cdot T_{CB} \cdot T_{BA} \quad (1)$$

Cuando la sección BC está recta y es mucho más corta que la de batido de la fibra considerada se puede hacer la suposición simplificadora de $T_{CB}(\text{recta})=I$, donde I es la matriz identidad. Luego para una fibra recta la Ec. (1) se convierte en $T_{DA}(\text{recta})=T_{DC} \cdot T_{BA}$



Multiplicando por la derecha ambos lados de la Ec. (1) por $T_{DA}^{-1}(\text{recta})$ obtenemos la siguiente expresión: $T_{DA}(\text{curva})T_{DA}^{-1}(\text{recta}) = T_{DC}T_{CB}(\text{curva})T_{DC}^{-1}$ (2)

Como se muestra en [1] los autovalores Λ_1 y Λ_2 , soluciones de

$$\det[T_{DA}(\text{curva})T_{DA}^{-1}(\text{recta}) - \Lambda I] = 0 \quad (3)$$

son idénticos a los autovalores de $T_{CB}(\text{curva})$, suponiendo que la sección BA presenta solamente birrefringencia lineal. El valor de pico de la birrefringencia Δn de la sección de fibra curvada puede calcularse a partir de la expresión:

$$\Delta n = \frac{\lambda}{2\pi L} [f_{ase}(\Lambda_1) - f_{ase}(\Lambda_2)] \quad (4)$$

donde λ es la longitud de onda de la luz de prueba (1530 nm) y L es la longitud de la sección de fibra BC. A partir de Δn podemos calcular el retardo de fase por unidad de longitud: $\Delta\beta = \Delta n 2\pi/\lambda$.

La Ec. (4), supone que la magnitud de la diferencia de fase es menor que 2π . Lo que se puede verificar en tiempo real sobre la esfera de Poincaré durante la curvatura. Como los análisis anteriores no tienen en cuenta birrefringencia intrínseca de la sección BC de la fibra recta, la precisión de los resultados medidos se espera que estén limitados por su birrefringencia intrínseca, aproximadamente 10^{-6} .

Los resultados experimentales se han comparado con los obtenidos teóricamente mediante la expresión que permite determinar de forma analítica la birrefringencia inducida sobre una fibra óptica monomodo standard por curvaturas, y que esta dada por

$$\Delta\beta = \frac{\pi}{\lambda} EC \frac{r^2}{R^2} \text{ rad / m} \quad (5)$$

donde E es el módulo de Young, C es el coeficiente óptico de fatiga, r es el radio de la fibra óptica, R es el radio de la curvatura y λ es la longitud de onda de trabajo.

En la tabla siguiente se comparan los resultados teóricos con los experimentales para diversos diámetros y número de vueltas del bucle de fibra. En la misma se observa que existe una gran concordancia entre ambos resultados. El error relativo de medida es menor en el caso del bucle pequeño debido a que la birrefringencia inducida es comparativamente mayor que la intrínseca de la fibra recta anteriormente citada.

Nº vueltas	Bucle pequeño $\phi = 22,20$ mm	Bucle mediano $\phi = 34,62$ mm	Bucle grande $\phi = 55$ mm
2	$\Delta n = 4,51 \cdot 10^{-6}$ $\Delta\beta = 0,018$	$\Delta n = 2,4737 \cdot 10^{-6}$ $\Delta\beta = 0,010$	$\Delta n = 9,79094 \cdot 10^{-7}$ $\Delta\beta = 0,0039689$
3	$\Delta n = 3,92965 \cdot 10^{-6}$ $\Delta\beta = 0,015929$	$\Delta n = 2,17235 \cdot 10^{-6}$ $\Delta\beta = 0,008806$	$\Delta n = 1,18661 \cdot 10^{-6}$ $\Delta\beta = 0,004810$
Birrefringencia teórica (rad/mm)	$\Delta\beta = 0,01627$	$\Delta\beta = 0,00669$	$\Delta\beta = 0,00265$

Tabla 1

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

Referencias:

[1] T. Erdogan and V. Mizradhi, "Characterization of UV-induced birefringence in photosensitive Ge-doped silica optical fibers", J. Opt. Soc. Am. B, Vol. 11, No. 10, pp.