

DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE BATIDO BIRREFRINGENTE DE LA FIBRA OPTICA EN UN SENSOR DE PRESION

J.L. Arce, M^a.A. Quintela, M. Lomer, J. Echevarría, M.A. Morante, J.M. López-Higuera
Grupo de Ingeniería Fotónica. Departamento TEIS.A,
E.T.S.I Industriales y de Telecomunicación
Universidad de Cantabria
Avda de Los Castros s/n. 39005 Santander
Tfno.942-201545 Fax 942-201873 E-mail jlarce@teisa.unican.es

ABSTRACT

One of the most important parameters of high birefringent optical fibers is the beat length. Because of its shortness, the measurement of the beat length is very critical. Here, an accurate measurement method that relies on a pressure polarimetric fiber optic sensor is proposed, and the theoretical analysis and discussion about the measurement theory is given. Its temperature dependence is considered, and the intrinsic and extrinsic linear birefringence of the optical fiber under multiple reciprocal perturbations are evaluated.

1. INTRODUCCION

Uno de los parámetros más importantes de una fibra óptica de alta birrefringencia lineal (FOABL), es la longitud del batido. La longitud del batido se define, como la longitud de la fibra óptica en la que el cambio de fase debido a la birrefringencia es 2π , y su valor está habitualmente en el rango de los milímetros.

La medida precisa de la longitud de batido de una fibra óptica es un problema que ha ocupado a gran número de investigadores durante los últimos años, y presenta dos dificultades principales: La primera, porque el diámetro del núcleo de la fibra está comprendido entre de 2 y 9 mm., y es muy difícil el efectuar su medida por métodos ordinarios. En segundo lugar, debido a que se necesita una resolución elevada, debido a la pequeña dimensión de la longitud de batido.

Los métodos de medida existentes, presentan gran número de problemas. El método del scattering de Rayleigh, uno de los más utilizados, necesita un láser de elevada potencia, no puede emplearse en la región no visible o con fibras de bajas pérdidas, y es destructivo ya que se necesita eliminar la cubierta de la misma. Recientemente se ha desarrollado un nuevo método para la medida del mencionado parámetro, y que basado en la modulación magnetoóptica, evita los problemas anteriores y permite medir longitudes de batido muy cortas con gran precisión [1].

El método que aquí se propone, emplea como esquema básico el de un sensor polarimétrico de presión, que además de permitir la medida de la presión hidrostática o axial del entorno de la fibra, posibilita la determinación de la longitud de batido de la fibra de alta birrefringencia lineal de forma precisa.

2. PRINCIPIOS TEORICOS Y SISTEMA DE MEDIDA PROPUESTO

El empleo del cálculo de Jones, definido en una base de polarización lineal, va a permitir determinar el campo de salida del sensor, para un campo de entrada E_0 dado. Ambos están relacionados por la matriz de Jones de la fibra sensora, que debe de incluir los tramos de fibra de entrada y salida a la parte sensora. El vector de Jones del campo de salida, estará modelado por el parámetro de la presión (a a medir) y permitirá además determinar la longitud de batido de la fibra empleada, mediante el correspondiente procesado electrónico de la señal.

En la Fig.1, se muestra el montaje básico propuesto, para la medida conjunta de la presión y la longitud de batido de una FOABL, y que corresponde básicamente al de un sensor óptico polarimétrico. En el mismo, la presión hidrostática proporcionada por la cámara de presión [2], puede reemplazarse por una presión uniaxial. La fuente a utilizar es un láser de He-Ne, y la radiación óptica que proporciona, se acopla a la fibra, previo paso por un polarizador, cuya matriz de Jones es

$$P = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

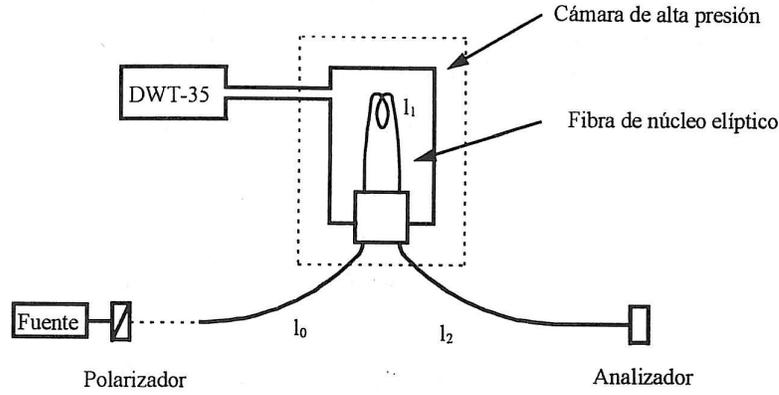


Figura 1

La FOABL seleccionada es de núcleo elíptico, debido a que presenta una sensibilidad térmica de 1,1 rad/m°C, mucho menor que la de las PANDA y bow-tie [3] . Para su modelado matricial se supone dividida en tres partes (l_0, l_1, l_2) . La presión se ejerce sobre el tramo l_1 , y sus respectivas matrices de Jones son

$$J_0 = \begin{pmatrix} \exp\left(j \frac{\delta\beta_c l_0}{2}\right) & 0 \\ 0 & \exp\left(-j \frac{\delta\beta_c l_0}{2}\right) \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$J_1 = \begin{pmatrix} \exp\left(j \frac{(\delta\beta_c + \delta\beta_p) l_1}{2}\right) & 0 \\ 0 & \exp\left(-j \frac{(\delta\beta_c + \delta\beta_p) l_1}{2}\right) \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$J_2 = \begin{pmatrix} \exp\left(j \frac{\delta\beta_c l_2}{2}\right) & 0 \\ 0 & \exp\left(-j \frac{\delta\beta_c l_2}{2}\right) \end{pmatrix} \quad (4)$$

donde las diferentes birrefringencias que presentan los mencionados tramos de fibra, $\delta\beta_c, \delta\beta_c + \delta\beta_p, \delta\beta_c$, birrefringencias intrínseca y debida a la presión sobre la fibra sensora ,se han calculado en función de la elipticidad del núcleo de la fibra y de la presión aplicada, para funcionamiento monomodo, aplicando la teoría de modos acoplados a fibras sometidas a perturbaciones múltiples [4].

El analizador de polarización de salida se orienta de forma que su matriz de Jones sea :

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Si los ejes propios de la fibra forman un ángulo ϕ respecto a los asociados al polarizador y al analizador, la matriz de Jones del conjunto J_T se puede expresar como sigue

$$J_T = A \cdot R^{-1}(\phi) \cdot J_2 J_1 J_0 R(\phi) \cdot P \quad (6)$$

donde R es la matriz de Jones de rotación definida como

$$\mathbb{R} = \begin{bmatrix} \cos \phi & \text{sen } \phi \\ -\text{sen } \phi & \cos \phi \end{bmatrix} \quad (7)$$

Aplicando la matriz \mathbb{J}_x al campo óptico genérico proporcionado por la fuente láser, se obtiene el campo de salida del sensor, y cuya expresión es

$$E_{\text{salida}Y} = E_{\text{entrada}X} \cdot \cos \phi \cdot \text{sen } \phi \cdot \left\{ \text{sen} \left[\frac{\delta\beta_c (l_0 + l_1 + l_2)}{2} + \frac{\delta\beta_p l_1}{2} \right] \right\} \quad (8)$$

luego la irradiancia P , se puede expresar como

$$P = |E_{\text{salida}Y}|^2 = |E_{\text{entrada}X}|^2 \cdot \cos^2 \phi \cdot \text{sen}^2 \phi \cdot \left[1 - \cos(\delta\beta_c (l_0 + l_1 + l_2) + \delta\beta_p l_1) \right] \quad (9)$$

Que depende del ángulo ϕ , de la presión p a determinar a través de $\delta\beta_p$ Fig. 2, y que además va a permitir determinar la longitud de batido intrínseca de la fibra empleada.

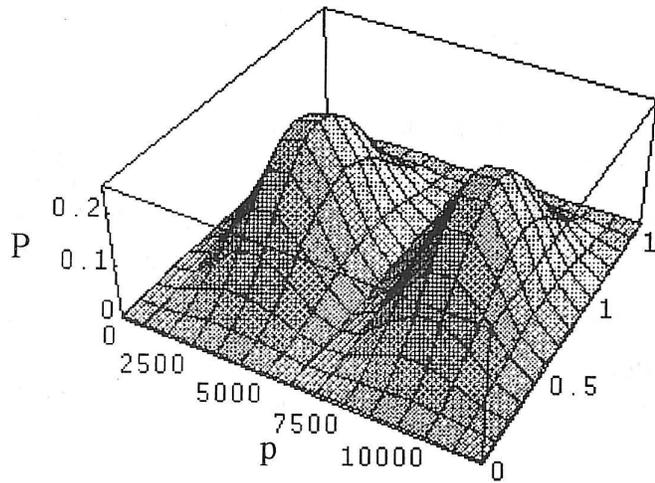


Figura 2

La longitud de batido L_B se define como

$$\delta\beta_c = \frac{2\pi}{L_B} \quad (10)$$

Por lo tanto la ec. (9) depende también de L_B , quedando

$$P = |E_{\text{entrada}X}|^2 \cdot \cos^2 \phi \cdot \text{sen}^2 \phi \cdot \left[1 - \cos \left(\frac{2\pi}{L_B} (l_0 + l_1 + l_2) + \delta\beta_p l_1 \right) \right] \quad (11)$$

fijado ϕ , a un valor concreto, por ejemplo, a 45° para obtener una visibilidad máxima, se puede determinar la longitud de batido aplicando a la fibra una presión constante, y manteniendo invariables las longitudes de los tramos l_0 y l_2 , ya que el periodo de la ec. (11) respecto a l_1 , es el parámetro L_B de la fibra buscado, Fig. 3.

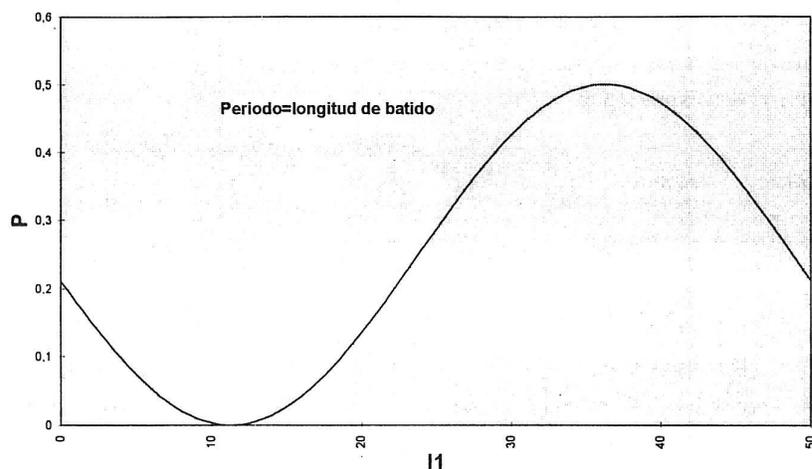


Figura 3

3. CONCLUSIONES

El método aquí propuesto, para la medida de la longitud de batido de una fibra óptica mantenedora de polarización, emplea los elementos básicos de un sensor de fibra óptica polarimétrico de presión. Debido a la sensibilidad de la birrefringencia intrínseca de dichos tipos fibras a las variaciones de temperatura, será más preciso cuando se aplica a las fibras de núcleo elíptico. Aplicando la teoría de los modos acoplados se han calculado los parámetros que componen la matriz de Jones de dicha fibra. El proceso teórico seguido, demuestra que la idea presentada se puede extender a sensores de fibra óptica polarimétricos, de parámetros que induzcan birrefringencias lineales en las fibras a caracterizar.

4. RECONOCIMIENTO

Este trabajo ha sido soportado en parte gracias a la aportación del proyecto CICYT TIC'95-0631-C04-01.

5. REFERENCIAS

- [1] P. Zhang, and D. Irvine-Halliday, *Measurement of the Beat Length in High-Birefringent Optical Fiber by Way of Magneto-optic Modulation*, Journal of lightwave Technology, Vol.12, No.4, 1994.
- [2] W.J. Bock, A.W. Domanski, and T.R. Wolinski, *Influence of High Hydrostatic Pressure on Beat Length in Highly Birefringent Single-mode Bow-tie Fibers*, Applied Optics, Vol.29, No. 24, 1990.
- [3] R.B. Dyott, *Elliptical Fiber Waveguides*, Artech House, 1995.
- [4] J. Sakai, and T. Kimura, *Polarization Behavior in Multiply Perturbed Single-Mode Fibers*, IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol. Qe-18, No. 1, January 1982.