

SENSOR DE DESPLAZAMIENTO CON FIBRAS OPTICAS PLASTICAS

M. Lomer, J. González, J. Echevarría, M. A. Quintela, R. Garcia, J.M. López-Higuera

GRUPO DE INGENIERÍA FOTÓNICA.
E.T.S.I.I. TELECOMUNICACIONES, UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
Avda. LOS CASTROS S/N, 39005 SANTANDER - SPAIN
E-mail : lomer@teisa.unican.es

Abstract. The principle of the branched fiber bundle sensor has been known for many years. The sensor which is described in this paper is distinguished by simple fabrication, low cost and high sensitivity. It is used for measuring the displacement of the back surface of an irradiated metallic target. Plastic optical fibers (POFs) it is used.

1/ Introducción

Las fibras ópticas plásticas (FOPs) están jugando un papel cada vez importante en las transmisiones de señales de corta distancia (LANs, ordenadores, automóviles, etc.), en aplicaciones industriales y en sensores ópticos^[1]. Las ventajas que presentan las FOPs respecto a las fibras de vidrio hacen que estas sean muy atractivas en diferentes dominios de aplicaciones. Sus principales ventajas son su flexibilidad, bajo peso, gran apertura numérica, gran diámetro y bajo coste. En el sensado óptico, las FOPs pueden ser utilizados en una gran variedad de configuraciones para medir parámetros físicos utilizando diferentes métodos de modulación de la luz^[2].

Basándonos en la modulación de intensidad de la luz, se presenta un conjunto de configuraciones para la medida de desplazamiento utilizando fibras ópticas plásticas. El análisis teórico de las diferentes posibilidades es comparada con los resultados experimentales obtenidos.

2/ Teoría y simulación

El principio de funcionamiento de los sensores de desplazamiento es simple (figura 1 a y b). La luz incidente, emitida sobre una superficie reflectora por una fibra óptica, puede ser recolectada por la misma fibra o por un paquete de fibras. La potencia óptica detectada depende de la separación fibra-superficie y de los parámetros optogeométricos de la fibra. Existen varios estudios teóricos que se han realizado para este tipo de estructura de sensado basado en fibras ópticas, una referencia se puede encontrar en el trabajo de P. Plaza^[3].

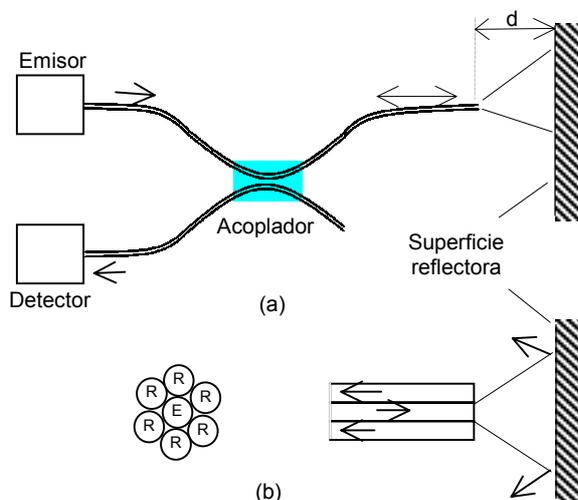


Figura 1. Senores de fibras ópticas de desplazamiento, (a) una sola fibra, y (b) con un paquete de fibras.

En el caso general, la eficiencia de la potencia óptica captada por las fibras receptoras es dado por:

$$\eta = R \frac{\text{Area de la fibra recolectora}}{\text{Sección del cono de emisión}}$$

donde R es el coeficiente de reflectividad en potencia de Fresnel de la superficie reflectora.

En un primer cálculo se puede realizar considerando que la incidencia de la luz sobre la superficie reflectora es normal, por lo que la sección del cono de la luz reflejada será de base circular (figura 2). El radio de la base del cono viene dado por $r = a + 2d \tan \theta_a$, donde a es el radio de la fibra y $\theta_a = \arcsen(AN)$ es el medio ángulo del cono de aceptación de la fibra. Considerando que la recepción de la potencia óptica es a través de un paquete de fibras y que estas están separadas de una distancia r' de los ejes de las fibras, la distancia mínima, en la cual las fibras comienzan a captar luz, está dado por:

$$d = \frac{r' - a - b}{2 \tan(\arcsen(AN))}$$

b, es el radio de la fibra receptora y AN es la apertura numérica. Cuando la superficie de la luz reflejada no cubre por completo la fibra receptora, se tiene que integrar el área de intersección, hasta alcanzar una eficiencia máxima, posición en la cual las fibras quedan cubiertas totalmente por la reflexión. La distancia de eficiencia máxima es dado ahora por:

$$d_{\max} = \frac{r' - a + b}{2 \tan(\arcsen(AN))}$$

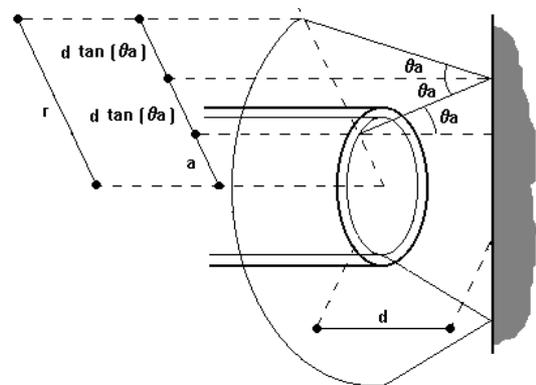


Figura 2. Modelo geométrico de la emisión de un haz de luz de una fibra sobre una superficie reflectora.

La eficiencia máxima de potencia recolectada es:

$$\eta_{\max} = R \frac{N b^2}{(r+b)^2}$$

donde N es la cantidad de fibras receptoras. Luego, en función de la distancia, la eficiencia a partir de este máximo es:

$$\eta(d) = R \frac{N b^2}{\{a + 2 d \tan(\arcsen(AN))\}^2}$$

En caso de que se considere una inclinación de la superficie reflectora (Figura 3), se puede tener una expresión de la eficiencia que considere otra variable. La sección de cono de reflexión es elíptica.

En los resultados de la simulación se han considerando una distribución homogénea de la potencia emitida por la fibra, reflectividad ideal de la superficie reflectora (R=1), pérdidas de atenuación y reflectividad de Fresnel de las fibras son despreciables. En la figura 4 se muestra la simulación de un sensor compuesto de un paquete de fibras, donde la fibra emisora se encuentra en el centro y la incidencia es normal frente a la superficie. Como se puede observar, la potencia captada por la fibras receptoras aumentan con la distancia a partir del contacto con la superficie hasta alcanzar un máximo para luego descender. En La figura 5, se muestra la variación de la potencia recolectada por las fibras en función de la distancia y de la inclinación de la superficie a 15°. La evolución de la potencia sigue la misma tendencia que la figura 4.

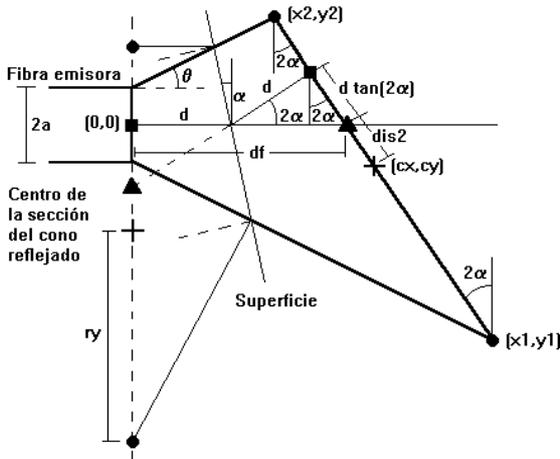


Figura 3. Esquema de la distribución de la luz emitida por la fibra en incidencia oblicua sobre la superficie reflectora.

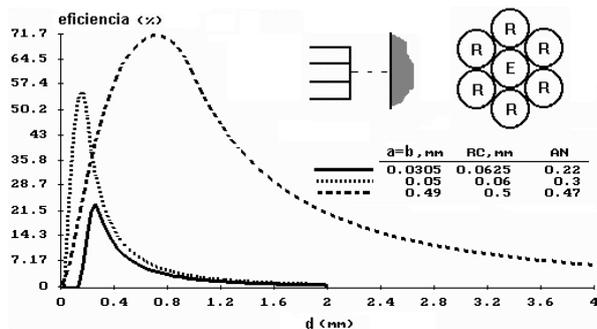


Figura 4. Resultados de la simulación para incidencia normal a superficie reflectora.

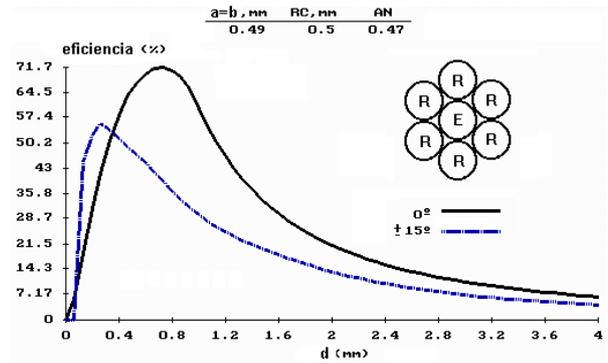


Figura 5. Evolución de la potencia en función de la distancia y de la inclinación de la superficie reflectora.

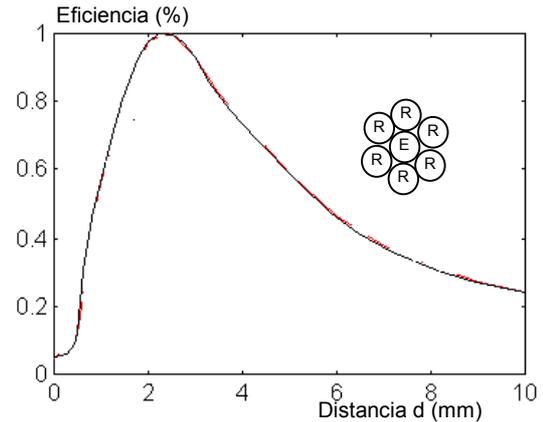


Figura 6. Resultados experimentales de la eficiencia de acoplamiento en función de la distancia de desplazamiento.

3/. Resultados experimentales

El sensor de prueba consiste en un paquete de siete fibras ópticas plásticas (en PMMA) idénticas, de 1 mm de diámetro (diámetro del núcleo 2a=0.98 mm), una fuente de luz láser He-Ne ($\lambda=0.6328 \mu\text{m}$) y una superficie reflectora de aluminio. Los resultados experimentales son mostrados en la figura 6. Como se puede observar, el máximo de la eficiencia acoplada se obtiene a una distancia aproximada de 2 mm, mientras que en la simulación alrededor de 1 mm. Esto es debido a que en los cálculos se consideraron condiciones ideales. Pero en lo fundamental, la forma de las curvas teóricas concuerdan bastante bien con las obtenidas experimentalmente.

4/. Conclusión

Se ha desarrollado un estudio teórico-experimental de sensores ópticos de desplazamiento basados en una o varias fibras ópticas plásticas. Estos sensores muestran una alta sensibilidad, bajo costo y pueden tener un rango dinámico de medida de varios cm. Estos sensores pueden adoptarse en múltiples aplicaciones, como por ejemplos, robots.

Agradecimientos: Se hace constar que este trabajo es soportado por la CICYT, a través del proyecto: CICYT.TIC98-0387-CO3-02, razón por la que los autores muestran su agradecimiento.

Referencias

- [1] The International POF Technical Conference, Proceeding POF-2000 Boston, USA, September 2000.
- [2] 14th International Conference on Optical Fiber Sensor, Proceeding OFS, Venice, Italy, October 2000.
- [3] P.Plaza et al., "Simulation et Optimisation des capteurs a fibres optiques adjacentes", Applied Optics, Vol. 25, n° 19, october 1986.