

FIBRA OPTICA PLÁSTICA TERMINADA CON RED DE DIFRACCIÓN: COMPORTAMIENTO ESPECTRAL

M. Lomer, G. Chuan, J. Zubía*, J.M. López-Higuera

Universidad de Cantabria. ETSII y de Telecomunicación - Grupo de Ingeniería Fotónica
Av. de los Castros s/n, 39005 Santander. Tel. 942-201495, e-mail: lomer@teisa.unican.es

* ETSI Bilbao-Universidad del País Vasco, e-mail: jtpzuzaj@bi.ehu.es,

1. Introducción

Las redes de difracción en películas finas son empleadas por lo general en transmisión y se utilizan en diferentes dominios. En óptica integrada son utilizadas en el acoplamiento del haz incidente en una guía de onda óptica^[1]. En astronomía, las redes son utilizadas en los telescopios que hacen la función de espectrómetro para la visión directa^[2]. En fibras ópticas monomodos, pulidas lateralmente, son utilizadas para el acoplamiento con otras fibras o guías planas, estas han dado a una variedad de aplicaciones^[3]. redes ubicadas en el extremo de salida de fibras ópticas multimodos ha sido así mismo utilizadas^[4].

En este trabajo se presenta el estudio teórico experimental del empleo de redes de difracción en extremidad de fibras ópticas plástica multimodo y sus potenciales dominios de aplicación.

2. Red de difracción en fibra óptica plástica (FOP)

Las propiedades de una red de difracción pueden ser obtenidas a partir de la ecuación de la red. En efecto, si un haz de luz monocromática, de longitud de onda λ , es incidente sobre la superficie de una red, las direcciones de los ordenes de difracción son caracterizados por^[5]: $\text{Sen}\beta_m = \text{Sen}\theta \pm \frac{\lambda}{d}m$, (con $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$), donde θ es el ángulo de incidente, d el periodo de la red y m es el orden de difracción. La cantidad de ordenes de difracción dependen de λ y d , o de relación λ/d . Así, se pueden tener únicamente ordenes positivos o negativos seleccionando convenientemente el ángulo θ . De la ecuación de la red se puede deducir la separación espacial para dos ordenes consecutivos y una misma longitud de onda. Así, en incidencia ortogonal a la superficie de la red, la separación angular $\Delta\beta$ es dado por: $\Delta\beta = \text{Sen}\beta_m - \text{Sen}\beta_{m+1} = \lambda/d$. De esta relación se puede deducir que $\Delta\beta$ será mayor si d disminuye, o cuando λ aumenta. Eligiendo adecuadamente λ y d , se pueden obtener únicamente dos ordenes de difracción, 0 y -1 por ejemplo. La separación espectral entre dos longitudes de onda es obtenida diferenciando la ecuación de la red, asumiendo que el ángulo de incidencia es fijado, es dado por: $d\beta_d/d\lambda = m/(d \cdot \cos\beta_d)$. En consecuencia, la separación espectral será más importante si d es pequeño. Con estas relaciones se pueden deducir las diversas aplicaciones de la red en un medio guiado.

Las fibras FOP son conocidas por tener un diámetro mayor que las fibras convencionales de vidrio. Las FOPs comerciales a base de PMMA son de alrededor de 1 mm de diámetro, por lo que la cantidad de modos propagados pueden ser de varios millones. Si todos los modos son excitados, estos pueden estar presentes también en el extremo de salida de la fibra, llegando con diferentes velocidades y ángulos. Con la finalidad de reducir la cantidad de modos transmitidos se ha procedido a pulir la extremidad de la fibra en un ángulo α (Fig.1a). Eligiendo convenientemente el ángulo α , únicamente un grupo reducido, de los

“rayos” propagados, inferiores al ángulo límite dado por $\text{Sen}^{-1}(n_0/n_1)$ se transmitirán y el resto serán radiados hacia la cubierta. En la superficie de salida de la fibra FOP, en forma de elipse, se ha ubicado una red de difracción. La disposición de la fibra y la ubicación red proporciona la ventaja de difractar únicamente ordenes de un solo signo. Considerando una fibra óptica, de índices de núcleo y cubierta, n_1 y n_2 respectivamente, la ecuación de la red adaptada para este caso se escribe: $\text{Sen}\beta_m = n_1 \text{Sen}\alpha \pm (\lambda/d)m$. En estas condiciones, los rayos transmitidos y que serán difractados por la red deberán cumplir la condición impuesta por el ángulo límite entre n_0/n_1 , n_0 es el índice del medio exterior. En la Fig.1 se ilustra la estructura propuesta y su principio de funcionamiento.

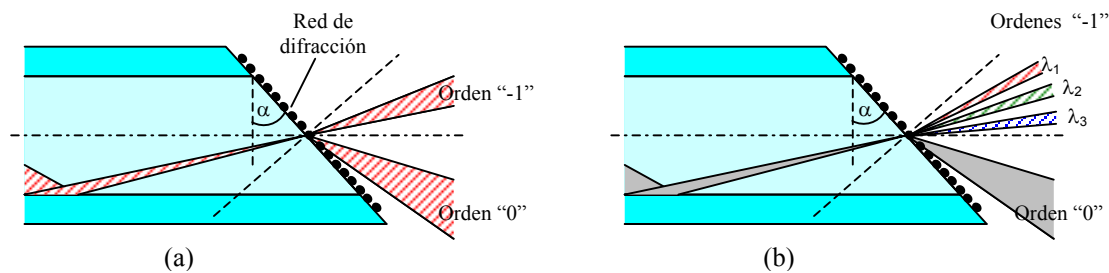


Figura 1. Principio de funcionamiento de la red de difracción en fibra óptica multimodo. a) difracción con luz monocromática, b) difracción de varias longitudes de onda.

3. Fabricación y caracterización

El trabajo experimental se ha desarrollado utilizando un trozo de fibra FOP-PMMA, de 0.49 mm de diámetro de núcleo, $A.N = 0.5$ y $n_1=1.492$, el extremo de salida se encuentra pulido en ángulo $\alpha=61^\circ$. Sobre la superficie elíptica se ha ubicado una red de difracción holográfica realizada sobre una película de acetato de $1,8 \mu\text{m}$ de periodo.

El montaje de medida ha consistido en ubicar el extremo de la fibra con red en el centro de un goniómetro. Utilizando una fibra óptica de plástico de 1 mm de diámetro y conectada a un radiómetro se ha procedido a medir la potencia óptica difractada, los resultados de esta medida se muestran en la figura 2. A continuación se ha procedido a medir la difracción producida para varias longitudes de onda utilizando diodos LEDs centrados a 430, 530 y 660 nm de longitud de onda respectivamente, los resultados se ilustran en la figura 3.

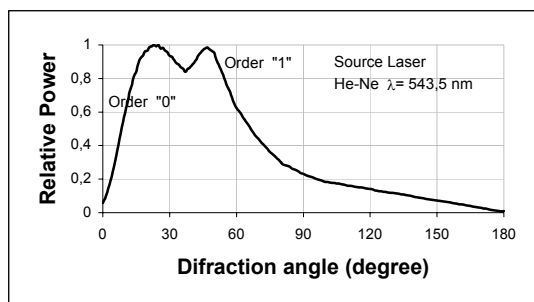


Figura 2. Difracción de los ordenes "0" y "-1" de una haz láser He-Ne.

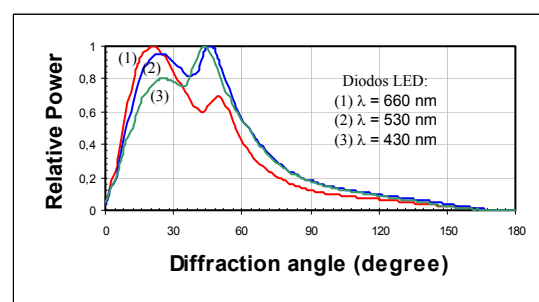


Figura 3. Difracción de los ordenes "0" y "-1" de los diodos LED de 430, 530 y 660 nm.

4. Dominios de aplicación

De los resultados experimentales obtenidos, las redes de difracción ubicadas en extremidad de una fibra multimodo, sugieren dos posibles dominios de aplicación:

Los sistemas ópticos guiados basados en múltiples longitudes de onda pueden ser un primer grupo de aplicación. En efecto, las longitudes de onda de interés pueden ser seleccionadas por emplazamiento apropiado de detectores en el patrón de radiación de campo lejano de la extremidad de salida de la fibra. La utilización de este sistema en sensores ópticos pueden permitir la medida simultánea de varios parámetros físicos^[6]. Este sistema pueden presentar ventajas sobre los sistemas existentes, las señales pueden ser demultiplexadas de manera sencilla y de bajo coste.

En el caso de utilizar únicamente la separación angular de dos ordenes de difracción, con una única fuente de luz, pueden dar lugar a un segundo grupo de aplicaciones. Uno de los ordenes de difracción (por ejemplo 0) puede ser empleada como medida de referencia y el otro orden (por ejemplo -1) sensible a la perturbación de un parámetro físico a medir. Un nuevo sensor de desplazamiento basado en este principio ha sido demostrado en laboratorio^[7]. El montaje introduce la ventaja de ser prácticamente insensible a las variaciones de la fuente de luz y a los problemas de curvatura de la fibra.

5. Conclusión

Se ha realizado una estructura a base de situar una red de difracción sobre el extremo de una fibra FOP pulida angularmente. Los resultados experimentales concuerdan con las predicciones teóricas, tanto en la separación angular entre los ordenes como en la separación espectral entre diferentes longitudes de onda. Se ha caracterizado su comportamiento encontrando una buena concordancia entre los resultados teóricos y experimentales, tanto en la separación angular de los ordenes de difracción como en la respuesta espectral. La estructura puede ser utilizada como base de un espectrómetro de baja resolución y en aplicaciones de bajo coste (empleo de fibras FOP y diodos LED), tales como en sistemas de múltiples longitudes de onda y en sensores ópticos.

Referencias

- [1] T. Tamir, and S.T. Peng, *Appl. Phys.* **14**, (1972) 235.
- [2] H. Dekker, S. D'Odorico, and R. Arsenault, *Astron. Astrophys.* **189**, (1988) 353.
- [3] P. St. Russell and R. Ulrich, *Opt. Lett.*, **10**, (1985) 291.
- [4] M. Lomer, J. Zubía, J.M. López-Higuera, 11th International POF Conference 2002, Tokio, Japan, (2002) 73.
- [5] E.C. Loewen and E. Popov, *Diffraction Grating and Applications*, M. Dekker, Inc. N.Y. 1997.
- [6] B.J.C. Deboux, E. Lewis, P.J. Scully, and R. Edwards, *Conference Proceeding OFS 11*, Sapporo Japan 1996.
- [7] Trabajo próximamente a publicar por los autores.

Agradecimientos: Se hace constar que este trabajo es soportado por la CICYT, a través del proyecto: CICYT.TIC2001-0877-CO2-01, razón por la que los autores muestran su agradecimiento.