

DESARROLLO DE TECNOLOGÍA DE PULIDO MECÁNICO PARA FABRICAR DISPOSITIVOS DE FIBRAS ÓPTICAS.

M. RODRÍGUEZ, M. LÓMER, J.M. LÓPEZ-HIGUERA.

Grupo de Ingeniería Fotónica, Dpto. TEISA,

E.T.S.I.I. y de Telecomunicación

Universidad de Cantabria

Av. de los Castros s/n, 39005 Santander

Tel. 942-201495, Fax. 942-201873, E-Mail : lomer@teisa.unican.es

ABSTRACT.

In this report is presented a study about polished fiber optic devices. There have been researched different aspects of polishing processes such as the degree of abrasion of the block containing the fiber with respect to the rotation disc speed, working time and different types of alumina powders. Finally, data of single-mode fiber optic couplers manufacturing are reported.

1. INTRODUCCIÓN.

Los acopladores de fibras ópticas comenzaron a desarrollarse a inicios de los años ochenta, en la actualidad constituyen los elementos esenciales en los sistemas de comunicaciones y sensores de fibras ópticas. En los últimos años se han realizado una gran variedad de acopladores con fibras especiales, mostrando cada vez un interés creciente en los acopladores mantenedores de polarización. Otro dominio de aplicación es también en los multiplexores en longitud de onda. Existen varios métodos para fabricar los acopladores de fibras ópticas, tales como los basados en la transferencia de energía por la extremidad y aquellos que lo hacen transversalmente. En la primera se encuentran los de micro-óptica, en λ y en cuchilla. En la segunda se encuentran los encapsulados, por fusión y estirado y por abrasión. De todas estas técnicas, dos son las principales : por fusión y estirado [1] y por abrasión [2].

En el caso de los acopladores realizados por abrasión, estos tienen la ventaja de poder controlar la región de interacción, que pueden permitir la inserción de capas intermedias especiales (selectivas en longitud de onda, birrefringentes, etc), así como la accesibilidad para la regulación del coeficiente de acoplamiento. Sus mayores limitaciones son lo delicado que resulta el proceso de fabricación y la dificultad para realizar acopladores multipuerto.

En el presente trabajo se presenta el desarrollo de tecnología de fabricación de acopladores de fibras ópticas monomodo por pulido mecánico. Se comienza por el control de los parámetros de pulido utilizando láminas de vidrio sodocálcico, tales como las velocidades de rotación del disco de la máquina pulidora, el diámetro de partículas abrasivas y el tiempo. A continuación se han realizado los acopladores y se ha procedido a su medida.

2. DESCRIPCIÓN DEL ACOPLADOR.

Un acoplador simple, es constituido por un par de fibras desnudadas que, al aproximarse los núcleos asegura la transferencia de potencia luminosa de un brazo a otro, si se cumplen las condiciones de acoplamiento. En la figura 1a se muestra la geometría del acoplador por abrasión. Si la inyección de luz es por P_1 la distribución será hacia P_3 y P_4 . La transferencia de potencia se realiza por intermedio de las ondas evanescentes asociadas a los núcleos que desbordan las cubiertas de las dos fibras.

Las pérdidas ideales de acoplamiento, entre la salida y la entrada, se calculan a través de las relaciones [3]:

$$\frac{P_3}{P_1} = \cos^2(\pi L / L_c) \quad \text{y} \quad \frac{P_4}{P_1} = \text{sen}^2(\pi L / L_c)$$

donde L es la longitud efectiva de interacción y L_c es la longitud de acoplamiento entre los modos simétricos y antisimétricos de los dos núcleos de la estructura. L_c es dado por $L_c = \pi/(2C)$, C es el coeficiente de acoplamiento calculado en la distancia mínima al núcleo d_0 . El coeficiente de acoplamiento y la

transferencia de potencia de una guía a otra se calculan por la aproximación de los campos transversales, según el método de Snyder [4]

El modelo teórico para el acoplador, del presente estudio, considera los radios de curvaturas de las fibras. El espacio $2d$, entre los núcleos de las fibras, en la dirección z es dado por [5] :

$$2d(z) = \left[\left\{ 2d_0 + 2R \left(1 + \cos\left(\frac{z}{R}\right) \right) \right\}^2 + \delta^2 \right]^{1/2}$$

δ considera un eventual descentrado de las fibras. Se puede observar la dependencia de $d(z)$ con el radio de curvatura R de la fibra y con el desplazamiento lateral d , siendo d_0 el valor de $d(z)$ en el centro de la estructura.

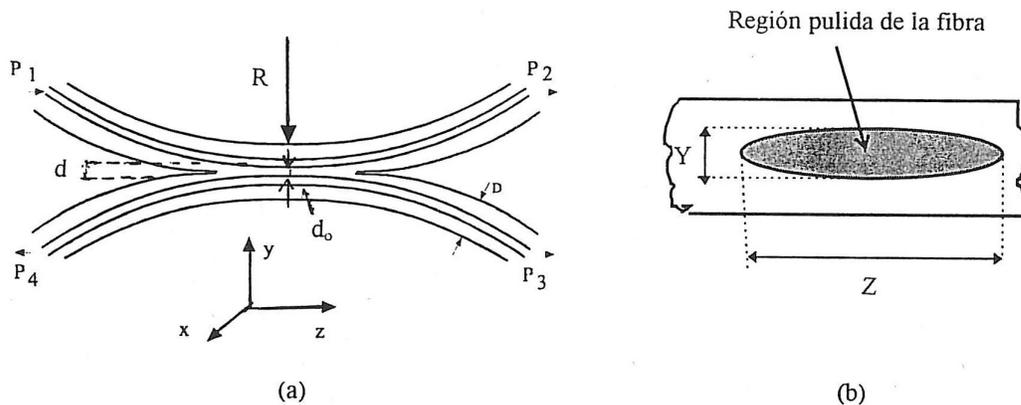


Fig. 1 : (a) Geometría de un acoplador obtenido por abrasión, b) región pulida de la fibra.

En la geometría, de la fibra pulida (figura 1b), existe una relación entre la elipse que se forma debido al radio de curvatura y la distancia al núcleo de la fibra. $2Z$ y $2Y$ son los diámetros del eje mayor y menor respectivamente. Por ejemplo, en una fibra monomodo 9/125 como las utilizadas en este trabajo, y posicionada con un radio de curvatura de 20 cm, cuando los semiejes de la elipse sean $Z = 4.647$ mm, $Y = 0.082$ mm, nos encontraremos a $4 \mu\text{m}$ del núcleo según la ecuación: $Z = \sqrt{2R}e$ y $Y = \sqrt{D}e$, siendo e el espesor pulido y D el diámetro de la fibra.

3. TÉCNICA DE PULIDO MECÁNICO.

La técnica del pulido mecánico consiste en ubicar sobre un plato metálico una lámina de vidrio, y por acción de rotación del plato, desgastar una parte del vidrio. Los parámetros del pulido son : la velocidad de rotación, el tiempo, presión que soporta la muestra y las dimensiones de las partículas alumina utilizadas. La primera parte de este trabajo ha consistido en controlar estos parámetros utilizando láminas de vidrio de $60 \times 2 \text{ mm}^2$ de superficie. En este trabajo se ha empleado la máquina pulidora Kent 3. En la caracterización de las muestras obtenidas, se han utilizado el microscopio óptico y la observación directa en pantalla de TV, que han permitido observar el estado de la superficie y medir las dimensiones de la elipse formada sobre la fibra curvada.

A continuación se ha procedido a realizar el pulido con fibras ópticas. Para esta operación, se ha pegado la fibra, con el radio de curvatura deseado, entre dos láminas de vidrio. Los radios de curvaturas ensayados han sido de 5, 10 y 20 cm. Los resultados, del espesor desbastado en función del tiempo y la velocidad son mostradas en la figura 2 y 3. La presión aplicada ha sido constantes en todos los casos.

En la figura 2 se muestra el pulido realizado en un plato metálico en hierro y se han utilizado partículas de 1 y 14 mm de diámetro. Este proceso sirve para realizar los desbastes grandes, de algunas centenas de micras, que permiten llegar hasta la cubierta de la fibra en algunos minutos. A partir de ese momento, se procede a realizar un pulido más fino con la finalidad de controlar la distancia que separa al

núcleo (d_0), esto se puede obtener realizando el pulido con un plato en cobre y partículas muy finas. En la figura 3 se muestra el desbaste realizado en un plato de cobre con partículas de 1 micra de diámetro, para dos velocidades. En esta parte del trabajo, se puede observar nítidamente la elipse que se va formando en la fibra curvada a medida que avanza el desbaste.

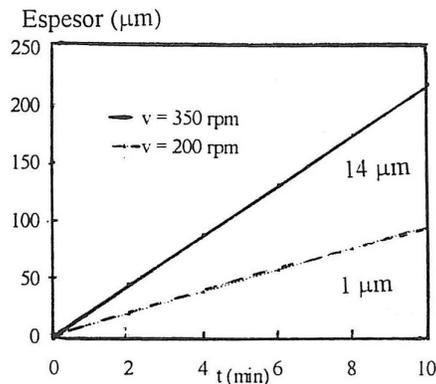


Fig. 2 : Espesor de vidrio desbastado en función del tiempo con plato de hierro.

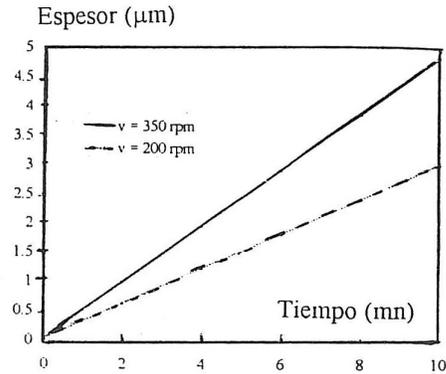


Fig. 3 : Desbaste fino con partículas de 1 µm de diámetro en plato de cobre.

Dadas las dimensiones de la fibra, la longitud de onda de trabajo y los parámetros del acoplamiento, se ha considerado la limpieza como un factor importante en el proceso de fabricación. Cualquier partícula de suciedad puede suponer una gran perturbación en el acoplamiento. Además, dada la fragilidad de la fibra resulta sencillo la rotura de las muestras.

Después de realizar el pulido de los bloques con las fibras, se procedió a realizar el acoplamiento por abrasión. Este proceso consiste en enfrentar dos bloques, con las caras pulidas, de las respectivas fibras. Como la operación es de gran precisión, se ubican los bloques de fibras sobre un sistema de micro posicionamiento (x,y,z,q), de manera que se pueda acoplar la energía deseada en los brazos de salida de las fibras. La utilización de un líquido de índice, en la zona de acoplo, mejora la transferencia de energía. La fijación definitiva de los dos bloques se hace con pegamento ultra violeta para facilitar el secado rápido. Finalmente, el acoplador es encapsulado.

4. Resultados

El montaje óptico, mostrado en la figura 4, ha permitido controlar el proceso de acoplamiento. La fuente de luz es un láser de Helio-Neón ($\lambda = 0.6328 \mu\text{m}$) de potencia 10 mw cuyo haz es focalizado en la fibra de entrada P_1 . La potencia acoplada en la experiencia ha sido de $18 \mu\text{W}$. En las otras puertas del acoplador las fibras se conectan a un detector o medidor de potencia óptica.

Los resultados obtenidos, según las condiciones de medida de la figura 4, son presentadas en el siguiente cuadro :

	Acoplador 1	Acoplador 2	Acoplador 3	Acoplador 4	Acoplador 5	Acoplador 6
P_3 (%)	0.2	49.4	2.3	74.2	2.3	76.4
P_4 (%)	99.7	50.5	98.7	25.7	97.6	23.6
EL (dB)	16.0	6.2	12.5	12.8	6.5	8.6
d_0 (µm)	9.2	8.5	5.6	2.5	4.2	13.4

P_3 y P_4 son los tantos por ciento de las potencias obtenidas en las puertas de salida 3 y 4, y EL son las pérdidas de exceso de los acopladores en dB. De estos resultados se puede verificar la buena potencia en P_4 , que puede tener valores aproximados al 25, 50 y 99 %.

Los acopladores 1 al 3 fueron realizados con muestras de radio de curvatura 20 cm, mientras que el acoplador 4 se realizó con muestras de 10 cm de radio. Los acopladores 5 y 6, realizados con muestras de diferentes radios de curvatura podrían ser la base de un estudio sobre multiplexores en longitud de onda, dado que el coeficiente de acoplo depende de la longitud de interacción y consecuentemente del radio de curvatura.

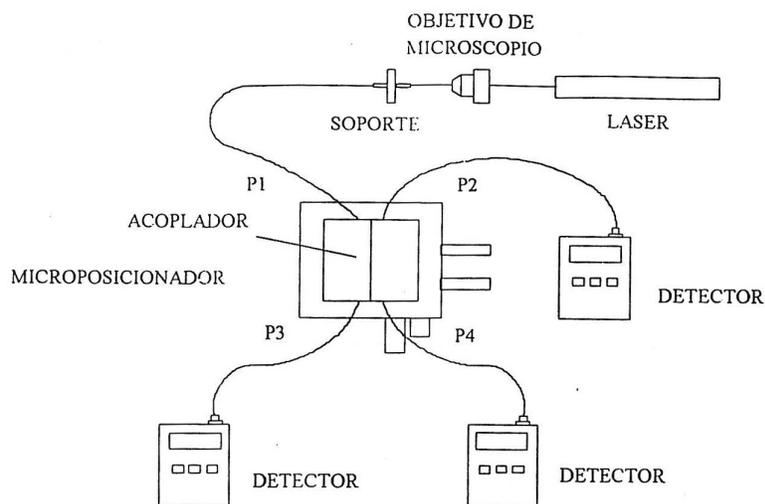


Fig. 4 : Banco de medida de los acopladores.

5. CONCLUSIONES

Se ha desarrollado una técnica de fabricación de acopladores de fibras ópticas por pulido mecánico. Se han controlado los parámetros de pulido, obteniéndose la repetitividad de las muestras realizadas. Así mismo se ha observado una buena relación entre las dimensiones de la elipse y la profundidad hacia el núcleo.

Los acopladores realizados por ésta técnica presentan pérdidas de exceso del orden de 6 dB a 16 dB. Pérdidas relativamente elevadas que pueden tener una explicación en el débil radio de curvatura empleado en presente trabajo, que afecta a su vez a la longitud de interacción. Con radios de curvatura superiores a 1 m las pérdidas deben reducirse notablemente.

La posibilidad de realizar pulido con diferentes radios de curvatura y diferentes tipos de fibras permitirán realizar los multiplexores de fibras ópticas en longitud de onda.

Los autores de este trabajo quieren hacer constar que trabajo se ha realizado dentro del proyecto CICYT. TIC'95-0631-C04-01.

REFERENCIAS.

- [1] R.A. Bergh, G. Kotler y H.J. Shaw, "Single-mode fiber optic directional coupler", Elec. Lett., Vol. 16, nº 7, pp. 260-261 (1980).
- [2] Y. Tsujimoto et al., "Fabrication of low-loss 3 dB couplers with multimode optical fibers", Elec. Lett. 14, nº 5, pp. 157-158 (1978)
- [3] J. Straus, et al. "Passive optical components in : Optical Fiber Transmission" Ed. By E.E. Basch, H. Sams-Macmillan, Indianapolis 1987.
- [4] A.W. Snyder and P.D. McIntyre, J. Opt. Soc. Am. 63, p. 1518, 1973.
- [5] O. Parriaux, S. Gidon, and A.A. Kuznetsov, "Distributed coupling on polished single-mode optical fiber". Applied Optics, Vol. 20, Nº 14, July 1985.