

Medidas experimentales de la variación del estado de polarización en una fibra dopada con Erblio con la potencia de bombeo

M. A. Quintela Incera, M. Lómer Barboza, C. Jáuregui Misas, F. J. Madruga Saavedra, J.M. López-Higuera

Grupo de Ingeniería Fotónica – Dpto. TEISA – Universidad de Cantabria

e-mail : quintela@teisa.unican.es

Abstract- Experimental measurements of the evolution of the optical signal polarisation state with shifts in pump power in Erbium doped fibers has been carried out. The results show that these fibers should be used in Michelson interferometer, for small pump power and wavelengths in which the absorption spectrum of the Erbium doped fiber is maximum,

I. INTRODUCCIÓN

La fibra dopada con Erblio se emplea para la amplificación de señales ópticas. Los átomos de Erblio contenidos en la fibra se excitan por medio de un diodo láser auxiliar que los «bombea» a un estado de energía superior, energía que pueden ceder al desexcitarse para amplificar la señal debilitada que pasa por la fibra. En el campo de sensado óptico, la fibra dopada con Erblio se puede utilizar para mejorar la sensibilidad y exactitud de los sistemas sensores aprovechando la capacidad de aumentar la potencia de la señal óptica.

Una técnica muy utilizada en los sistemas sensores en fibra óptica desarrollados hasta la fecha [1], es la interferometría. En particular, un interferómetro Michelson, tal y como se muestra en la figura 1, está formado por un brazo de señal y un brazo de referencia, donde en el extremo del brazo de señal se encuentra la superficie o dispositivo a medir. La visibilidad (V) de la señal detectada (P) cambiará en función de la potencia reflejada en el dispositivo a medir, como se muestra en las siguientes ecuaciones.

$$P = P_0 \cdot [1 + V \cdot \cos(\phi_A - \phi_B)] \quad (1)$$

$$V = \frac{2 \cdot m_a \cdot m_b}{m_a^2 + m_b^2} \cdot \gamma \quad (2)$$

donde P_0 es la potencia óptica de la fuente de luz, $(\phi_A - \phi_B)$ es la diferencia de fase entre los dos brazos, V es la visibilidad, m_a la reflectividad del brazo de señal, m_b la reflectividad del brazo de referencia, y γ el grado de coherencia de la fuente.

Si se asume una forma Lorentziana del espectro de la fuente, γ viene dado como $\gamma = \exp(-|\tau|/\tau_c)$ donde τ_c es el tiempo de coherencia de la fuente y τ es la diferencia del tiempo de propagación entre la señal que viaja por el brazo de señal y el brazo de referencia.[2] Por esta razón, la diferencia del camino óptico de los dos brazos se ajusta para que sea mucho menor que la longitud de coherencia de la fuente y así, la visibilidad sólo depende de los valores de reflectividad en los dos extremos, cuyo valor en un interferómetro perfecto debe ser igual a 1.

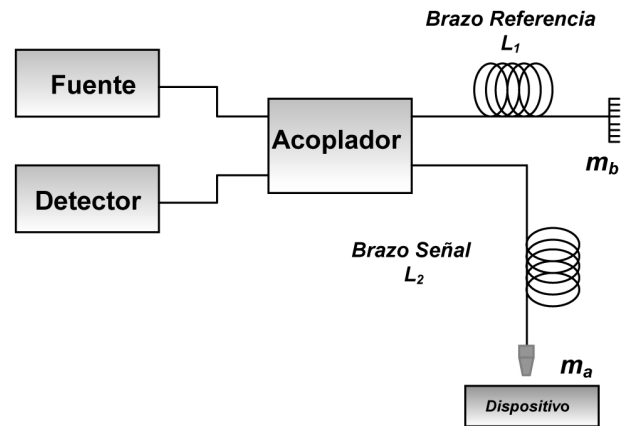


Figura 1. Diagrama de bloques de un Interferómetro Michelson

Si la potencia reflejada en el elemento a medir es muy baja, la visibilidad se ve fuertemente disminuida. Una opción es el empleo de fibra dopada con Erblio para equalizar la reflectividad y conseguir un valor de la visibilidad igual 1, lo que permite aumentar la sensibilidad del sensor.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que uno de los inconvenientes de los interferómetros es la dependencia de la visibilidad con la variación de la polarización de la señal de entrada y con posibles anisotropías presentes en el brazo de señal y de referencia. Este fenómeno es un problema importante que puede reducir la exactitud de las medidas a realizar.

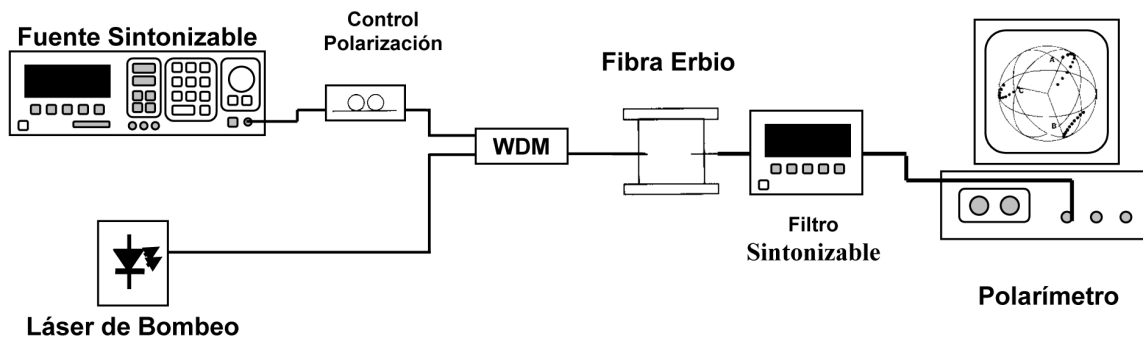


Figura 2. Montaje del sistema de medida

Por esta razón y ante la opción de emplear fibra dopada con Erblio en interferómetros, en esta comunicación se presenta medidas experimentales del cambio de polarización de la señal óptica a la salida de una fibra dopada con Erblio, la cual es bombeada por una fuente láser a una longitud de onda adecuada para conseguir la amplificación de la señal.

II. TRABAJO EXPERIMENTAL

El estudio de la variación del estado de polarización de la señal en función de la corriente de bombeo se llevó a cabo con el montaje que se muestra en la figura 2. La señal óptica a amplificar se obtiene de un láser sintonizable en la banda de 1470 nm a 1570 nm, lo que permite tener señales dentro de la banda de amplificación de la fibra. A la salida del láser sintonizable se ha dispuesto un control de polarización para fijar la polarización de la señal de entrada.

El láser de bombeo cuya longitud de onda es de 1480 nm, presenta una corriente umbral de 35 mA y una potencia máxima de salida de 300 mW para una corriente de inyección de 1163 mA, y es introducida en la fibra activa a través de un WDM (multiplexor de longitud de onda)

En el extremo final de la fibra se colocó un filtro paso banda sintonizable en la banda de 1530 a 1570 nm, con la finalidad del filtrar la potencia ASE (emisión espontánea amplificada) generada en la fibra de Erblio, que es una señal no polarizada de gran ancho de banda

Para la realización de las medidas se empleó 26 metros de fibra dopada con Erblio en baja concentración (300 ppm) de tal manera que presenta una absorción en la longitud de onda de pico ($\lambda_p=1530$ nm) en el entorno de 5 dB/m. La ganancia que presenta esta fibra en función de la corriente de inyección del láser de bombeo se muestra en la figura 3

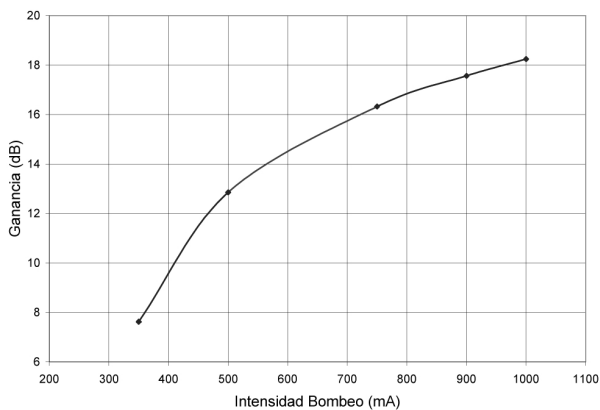
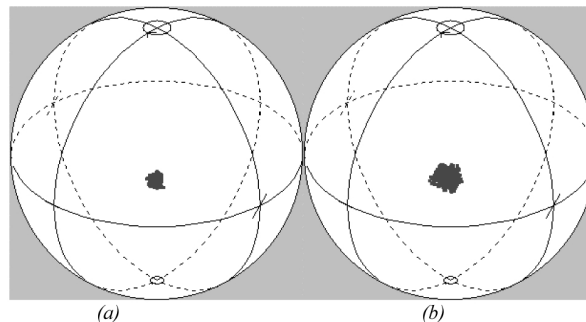


Figura 3. Ganancia (dB) de 26 m de fibra dopada con Erblio en función de la corriente de bombeo.

III. RESULTADOS

En la figura 4 se representa gráficamente la evolución del estado de polarización de la señal óptica a la salida de la fibra dopada de Erblio en la esfera de Poincaré del Polarímetro para diferentes corrientes de bombeo (I_p): 350 mA, 450 mA, 700 mA y 1000 mA a las longitudes de onda de señal de 1550 nm.



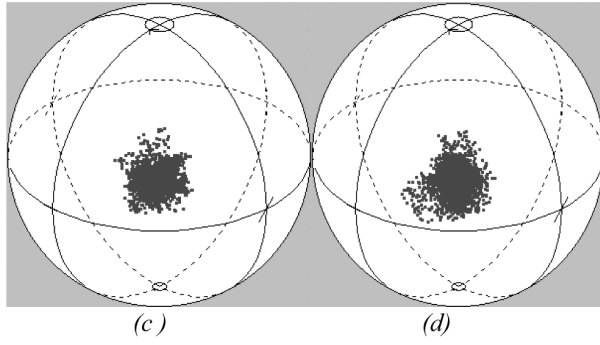


Figura 4. Evolución del estado de polarización a la salida de la fibra dopada de Erblio para $\lambda=1550$ nm a) $I_p=350$ mA b) $I_p=450$ mA c) $I_p=700$ mA d) 1000 mA

El campo óptico que viaja por la fibra describe de manera genérica una elipse que se define según el azimut (orientación del eje mayor de la elipse) y la elipticidad. En la figura 5a y 5b se ha representado la evolución con el tiempo de la elipticidad y el azimut del estado de polarización para dos corrientes de polarización ($I_p=350$ mA, $I_p=1000$ mA) respectivamente.

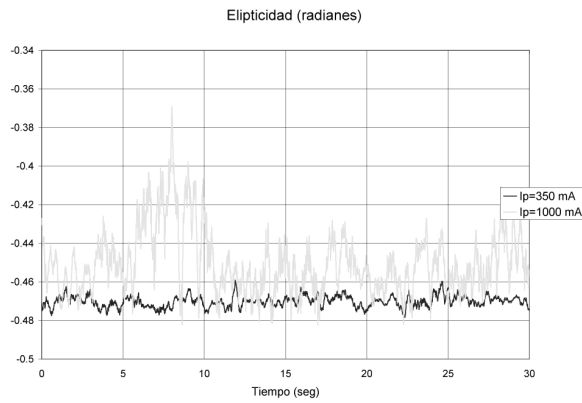


Figura 5a. Evolución de la elipticidad con el tiempo para dos corrientes ($I_p=350$ mA, 1000 mA)

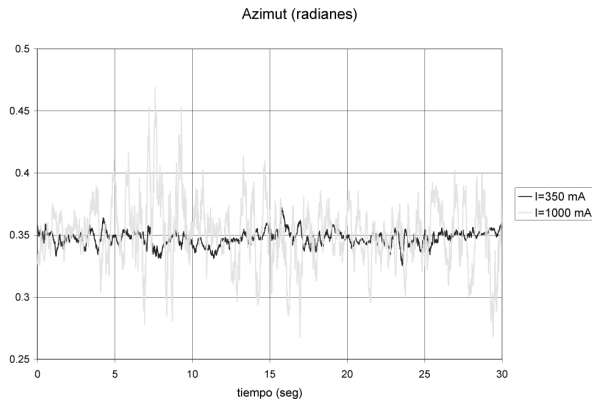


Figura 5b. Evolución del azimut con el tiempo para dos corrientes ($I_p=350$ mA, 1000 mA)

Para corrientes de bombeo pequeñas, el estado de polarización se mantenía prácticamente invariable, sin embargo, conforme la corriente de bombeo aumentaba el

estado de polarización comenzaba a hacerse mas inestable y variaba aleatoriamente entorno a una superficie (S) de la esfera de Poincaré. En la representación temporal del azimut y elipticidad se observa que para la corriente de 1000 mA estos parámetros presentan una fuerte variación entorno a los valores para la corriente de 300 mA

Se repitieron las medidas para las mismas corrientes de bombeo pero para una longitud de onda de la señal igual a la longitud de onda del pico de absorción de la fibra dopada con Erblio (figura 6).

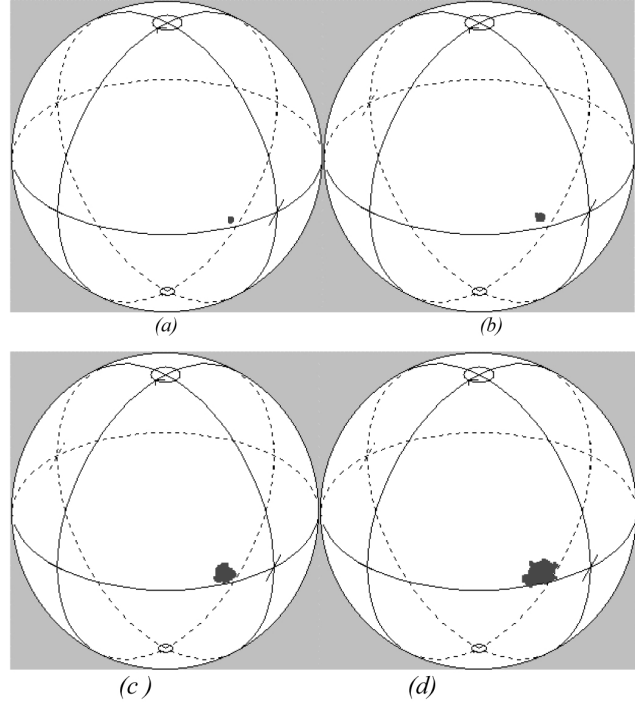


Figura 6. Evolución del estado de polarización a la salida de la fibra dopada de Erblio para $\lambda=1530$ nm. a) $I_p=350$ mA b) $I_p=450$ mA c) $I_p=700$ mA d) 1000 mA

El estado de polarización de la señal para esta longitud de onda es mas estable ante incrementos de la corriente de polarización.

IV. CONCLUSIONES

En esta comunicación se presenta medidas experimentales de la evolución del estado de polarización de una señal amplificada por fibra dopada con Erblio. Un aumento de la corriente de inyección a la longitud de onda de bombeo induce inestabilidades aleatorias del estado de polarización. Sin embargo, estas variaciones quedan reducidas si la longitud de onda de la señal amplificada se encuentra próxima a la longitud de onda del pico del espectro de absorción de la fibra dopada con Erblio. El empleo de fibra dopada con Erblio en un brazo del interferómetro para mejorar la sensibilidad de las medidas evitando variaciones de la visibilidad por efectos de la polarización parece adecuado para corrientes de bombeo reducidas o para longitudes de onda de la señal interferente próximas a la longitud de onda del pico de absorción.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto se ha podido realizar en parte gracias a los medios aportados por el proyecto TIC01-0877-C02-01

REFERENCIAS

- [1] J.M. López-Higuera, Editor, "Handbook of Optical Fiber sensing Technology", Ed. Wiley & Sons, pp. 800. Marzo 2002
- [2] Eric Udd, Editor, "Fiber Optic Sensors, an introduction for Engineers and Scientists, Ed. Wiley & Sons, 1991