

Verificación experimental de la dependencia de la visibilidad en sensores interferométricos Michelson de fibra compensados con la temperatura

J.L. Arce Diego, Aida de Uzquiano, D. Pereda Cubián,
J. Echevarría Cuenca, A. Cobo García, J.M. López Higuera
Grupo de Ingeniería Fotónica, Departamento de TEISA, Universidad de Cantabria,
Avda. Los Castros s/n, 39005 Santander, España.
Teléfono. +34-942-201545, Fax. +34-942-201873, E-mail: jlarce@teisa.unican.es.

Abstract: Influence of imperfections of commercial Faraday rotator mirror due to the large temperature dependence of its Faraday rotator angle on visibility limits of polarization-insensitive fibre-optic Michelson interferometric sensor configurations have been demonstrated. Theoretical and experimental results are compared.

1. Introducción

En un sensor interferométrico de fibra óptica que emplee fibras convencionales de baja birrefringencia se producen una serie de fluctuaciones aleatorias en el estado de polarización (EdP) de los haces interferentes que dan lugar a variaciones de la visibilidad de salida, y como resultado, una disminución de la señal interferente. Kersey y col. [1], han presentado la primera demostración de un interferómetro Michelson de fibra óptica insensible a la polarización (IMFOIP) basado en una técnica de compensación de birrefringencia que emplea un espejo rotador de Faraday (ERF) en el extremo final de cada brazo del interferómetro. Pero los rotadores de Faraday de los ERF se fabrican con materiales ferromagnéticos YIG y BIG, cuya constante de Verdet es altamente dependiente de la temperatura. En esta comunicación se presenta el análisis y la verificación experimental, no realizada hasta la fecha, de la influencia de la temperatura en los límites de la visibilidad de un IMFOIP.

2. Modelo teórico

La Fig.1 muestra la configuración del IMFOIP, cuyos brazos tienen en su extremo ERF reales. De acuerdo a la teoría [1,2], para un sistema con rotadores de 45° ideales, una entrada con EdP horizontal produce una salida con un EdP vertical en los dos brazos del interferómetro, siendo estables e independientes de las birrefringencias recíprocas de las fibras. Ambos brazos del IMFOIP se pueden considerar circuitos fotónicos reflexivos recíprocos (CFRR) acabados en un ERF real, similares al presentado en [2]. En los CFRRs acabados con un ERF ajustado el EdP resultante es ortogonal al EdP de entrada. Se asume que las variaciones en la birrefringencia de los CFRRs son lo suficientemente lentas como para que los cambios durante el tiempo de transmisión por el mencionado circuito óptico puedan despreciarse. La matriz de Jones de un ERF real, incluyendo el desajuste del ángulo de rotación, al que se denota por $\pm\Delta\phi$ y que es debido a la dependencia con la temperatura del rotador de Faraday realizado con los materiales ferromagnéticos YIG y BIG, está dada en [2]. La matriz de Jones del CFRR completo se calcula, y

para un EdP de entrada $E_{//}$, se calcula el EdP de salida.

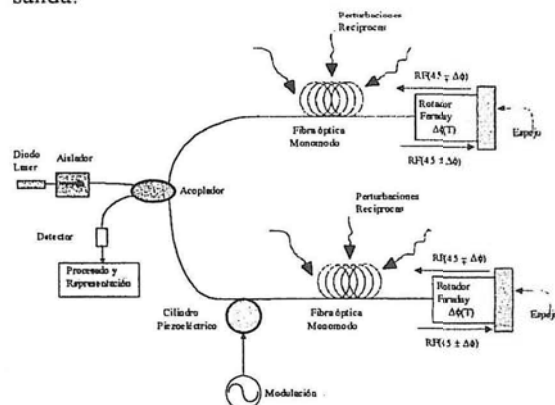


Fig.1 Sensor interferómetro Michelson de fibra óptica en configuración insensible a la polarización con espejos rotadores de Faraday con ángulo de desajuste dependiente de la temperatura.

El vector de Jones de salida está compuesto por dos términos: el primero ortogonal a $E_{//}$ (ERF ideal), y el segundo que se puede expresar como una combinación lineal de dos vectores uno ortogonal ($E_{\perp}$) y otro paralelo a $E_{//}$. Entonces, el EdP de salida de cada rama del IMFOIP en el caso más desfavorable se convierte en:

$$E_{out} = C_{\perp} E_{\perp} \pm C_{\parallel} \tan(\pm 2\Delta\phi) E_{//},$$

donde $C_{\perp}$ es la amplitud en el peor de los casos de $E_{\perp}$. En el caso peor, teniendo en cuenta el EdP de salida de cada brazo, la dependencia con la temperatura de la visibilidad de la señal interferente se puede expresar como

$$V(\Delta T) = V(\Delta T = 0) \frac{1 - \tan^2 \left(\pm 2 \left(\frac{d\phi}{dT} \right)_{mat} \Delta T \right)}{1 + \tan^2 \left(\pm 2 \left(\frac{d\phi}{dT} \right)_{mat} \Delta T \right)}$$

La dependencia del ángulo de rotación con la temperatura en un rotador de Faraday $(d\phi/dT)_{mat}$ es 0.04 grados/°C para un ERF de YIG comercial, y 0.11 grados/°C en un ERF de BIG, en 45°, para una longitud de onda de 1.5 μm . Por lo que la dependencia con la temperatura de la visibilidad (V) y su error relativo (E) para el IMFOIP de la Fig.1. serán de $V(50^{\circ}C)=0.98$ y $E(50^{\circ}C)=1\%$ para el ERF

de YIG, y 0.91 y 8%, respectivamente, para el ERF de BIG [3].

3. Medidas Experimentales

Para finalizar el estudio se ha efectuado la verificación experimental del IMFOIP dado en la Fig.1. La finalidad de los experimentos es conocer como las posibles perturbaciones ambientales, en especial la temperatura, pueden afectar a la estabilidad de la visibilidad del interferómetro, y comparar los resultados obtenidos en la práctica con los demostrados a través de estudios teóricos. Para implementar el circuito fotónico de la Fig.1 se han elegido los componentes que forman el interferómetro de manera que la visibilidad no dependa de cualquier otro parámetro que no sean las posibles perturbaciones ambientales. Así se ha elegido una fuente de luz cuya longitud de coherencia sea lo suficientemente grande, de tal manera que se pueda despreciar la dependencia de la visibilidad del IMFOIP respecto a ella. La diferencia de los caminos ópticos entre los brazos del interferómetro en nuestro montaje es de 12m, frente a la longitud de coherencia de la fuente utilizada de unos 120m, por lo que se pueden considerar nulos sus efectos en la degradación de la visibilidad. Todos los caminos ópticos, tanto del láser al interferómetro, como los propios brazos de este o el camino óptico hacia el detector emplean fibras ópticas monomodo. El acoplador (50:50) se ha elegido de manera que sus coeficientes de acoplo sean muy poco dependientes del EdP de la radiación óptica de entrada. Se emplean ERF de YIG ya que las posibles desviaciones del ángulo ideal de 45° frente a posibles cambios de temperatura es menor que los ERF de BIG.

La Foto 1 muestra su montaje en el laboratorio.

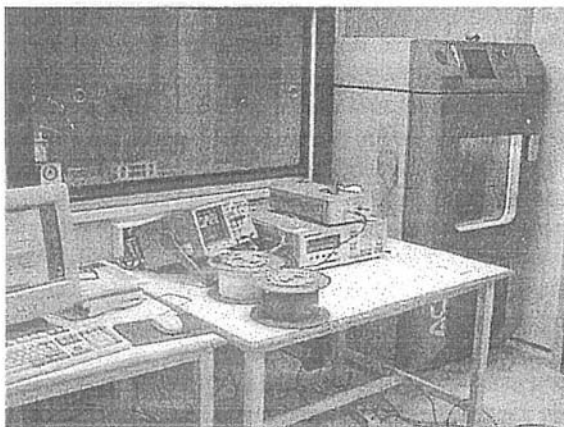


Foto 1. Montaje experimental

En la mesa central se encuentra el IMFOIP (fuente de luz, acoplador, bobinas que forman brazos del interferómetro, ERF, y detector) junto con un osciloscopio que estará conectado a la salida del detector y que utilizaremos para visualizar la señal de salida del interferómetro y medir su visibilidad. A la derecha de la foto se observa la cámara climática

(Hygros-15), que será utilizada para someter a los ERF a ciclos ascendentes y descendentes de temperatura. Se ha analizado el peor de los casos, sólo uno de los ERF es expuesto al cambio de temperatura, mientras que el otro se mantiene a temperatura ambiente. El sistema de medida se controla por ordenador (izquierda de la foto), que trabaja automáticamente como unidad de adquisición de datos, mediante el bus GPIB, al que se conectan la fuente, el osciloscopio, y la cámara climática, y se ha realizado un programa que almacena en una base de datos los distintos valores de la visibilidad para un rango de temperatura indicado. Los resultados de las medidas se muestran en la Fig 2, en la que se observa los valores experimentales de la visibilidad se mantienen siempre por encima del 99% para un rango de temperatura de 10 a 45 °C, de acuerdo con los estudios teóricos realizados.

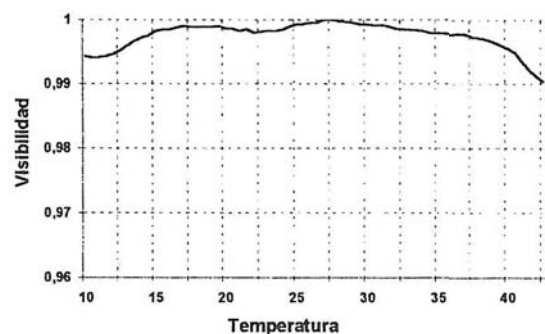


Fig. 2 Medidas experimentales de la visibilidad en IMFOIP compensado con ERF de YIG en función de la temperatura.

4. Conclusiones

Se ha realizado la verificación experimental de la dependencia con la temperatura de la visibilidad en un sensor interferométrico tipo Michelson de fibra con compensación de la birrefringencia. Los resultados obtenidos están de acuerdo con los análisis teóricos previos, y la visibilidad toma siempre valores por encima del 99% para rangos de temperatura entre 10 y 45 °C cuando se emplea un ERF de YIG.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido soportado por el proyecto CICYT TIC'98-0397-C03-02.

Referencias

- [1] Kersey, A.G., Marrone, M.J., and Davies, M.A., *Electron. Lett.*, **27**, p.518 (1991).
- [2] Arce-Diego, J.L., López-Ruisánchez, R., Muriel, M.A., and López-Higuera, J.M., *Optical Fiber Technology*, **3**, pp. 347-355 (1997).
- [3] Arce Diego, J.L., Echevarría Cuenca, J., Cobo, A., López Higuera, J.M., *Proceedings CLEO 98*, pp.241-242 Glasgow, Sept. 1998.