

CARACTERIZACIÓN DE LA SENSIBILIDAD DE REJILLAS DE BRAGG POR MEDIO DE VARIACIONES DE TEMPERATURA.

Manuel May Alarcón¹, Walter Ariel Silva Martínez¹, Jesús Alberto Cobá Ramos¹, Francisco Méndez Martínez¹, Rubén Alejandro Vázquez Sánchez², Héctor Hugo Cerecedo Núñez³.

¹Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR)

Facultad de Ingeniería, Av. Central S/N Esq. Con Fracc. Mundo Maya C.P. 24115

²Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. (UNICACH)

Escuela de Ingeniería Ambiental, Libramiento Norte, PTE, S/N, C.P.24000

³Universidad Veracruzana, (UV)

Facultad de Física. Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán S/N Zona Universitaria; CP. 91090

mmay@pampano.unacar.mx

Resumen— En este trabajo se presenta la caracterización de rejillas de Bragg de fibra óptica, sometidas a cambios de temperatura, con el objetivo de estudiar su comportamiento como sensores del tipo todo de fibra. Para este estudio se utiliza un amplificador de fibra óptica dopada con Erblio. Para caracterizar la sensibilidad de la rejilla de Bragg de fibra se usa el espectro de emisión espontánea amplificada y la reflexión de la rejilla de Bragg, la cual se encuentra a la longitud de onda 1548.4 nm, también llamada longitud de onda de Bragg, conforme se va variando la temperatura se presenta un desplazamiento espacial de este punto el cual se utilizó para determinar la sensibilidad de la rejilla a los cambios de temperatura. En este trabajo se presentan los resultados de someter a una rejilla de Bragg a diferentes temperaturas (26°C, 58°C y 90°C) encontrándose una sensibilidad de 12.5 pm/°C que está dentro de los parámetros reportados por la literatura.

Palabras clave: Sensores de fibra Óptica, rejilla de Bragg, EDFA.

I. INTRODUCCIÓN

El rápido desarrollo de la fibra óptica iniciada por la creciente demanda de información y el aumento en la capacidad de transmisión de esta, dio como resultado el desarrollo de nuevas tecnologías en otras áreas, principalmente: generación de láseres y sensores. Estos logros se basan en las propiedades únicas de las fibras ópticas, estas son: las bajas pérdidas ópticas en la propagación de la radiación en la fibra (~0.2 dB/km en la ventana de transmisión de 1550 nm), la disipación eficaz de calor debido a la geometría de la fibra, y la baja distorsión del haz de luz. Como resultado, una alta intensidad de luz puede propagarse a grandes distancias sin deterioro en la calidad del haz. Además, una característica importante de las fibras es la foto sensibilidad o la capacidad inherente de cambiar su índice de refracción por la acción de la radiación UV. Este efecto hace que sea posible construir un dispositivo controlador de luz directamente en el núcleo de la fibra. La rejilla de Bragg de fibra óptica (Fiber Bragg Grating, FBG) una estructura con índice de refracción periódico, es un ejemplo de tal dispositivo [1].

Los sensores basados en FBGs aprovechan las propiedades

proporcionadas por la fibra óptica, las cuales son: baja pérdida de transmisión, la inmunidad a las interferencias electromagnéticas, aislamiento eléctrico y peso reducido. Estas características las hacen atractivas para su uso en ambientes hostiles donde las corrientes eléctricas pudieran representar un peligro. Además, la ventaja intrínseca de las FBGs en sí debe considerarse también, como la alta relación de señal a ruido, tamaño compacto, alta linealidad, alta sensibilidad, inmunidad a los campos electromagnéticos, bajo ruido (como resultado de la codificación de información en el dominio de longitud de onda) [2]

En este trabajo se presenta la caracterización de una rejilla de Bragg sometida a cambios en su temperatura, con el objetivo de estudiar su comportamiento como sensor del tipo todo de fibra. En el sistema experimental propuesto se va monitoreando el desplazamiento de la longitud de onda de Bragg reflejada por la rejilla con los cambios de temperatura, de esta manera la medición queda codificada en términos de la longitud de onda, parámetro que no es afectado por cambios en la intensidad de la radiación, característica que hace útiles a estos sensores en mediciones remotas. En la literatura se presenta la caracterización de la rejilla de Bragg de fibra óptica [3]. En este trabajo se utiliza un amplificador de fibra dopada con erbio como fuente de emisión espontánea amplificada, de esta manera se determinará el punto de máxima reflexión, también llamado longitud de onda de Bragg y encontrando así su desplazamiento espectral se puede caracterizar la sensibilidad de la rejilla de Bragg que se utilizará para otras pruebas experimentales.

II. ARREGLO EXPERIMENTAL.

En la figura 1 se muestra el arreglo experimental. Se utiliza un tramo de 10 m de fibra dopada con Erblio. Para bombear la fibra dopada con Erblio se utiliza un diodo láser de semiconductor de 980 nm de onda continua, un acoplador tipo WDM (Wavelength Division Multiplexer) se utiliza para acoplar la luz del diodo láser al sistema, por disponibilidad se uso un tramo de 1 km de fibra pasiva SMF-28 para unir la FBG al puerto dos del WDM, esta unión se realizó con un empalme por fusión, a su vez a la fibra dopada con Erblio se le empalma por fusión a un extremo del WDM. Con el diodo láser de semiconductor, el WDM la fibra dopada con erbio y

la fibra SMF-28 se tiene la construcción de un amplificador de fibra dopada con Erblio. Para caracterizar la sensibilidad de la rejilla de Bragg se necesita una fuente de emisión espontánea amplificada (Amplified Spontaneous Emission, ASE) la cual servirá como luz que dejará pasar o reflejara la FBG. El amplificador de fibra nos servirá como fuente de ASE, se conectará el extremo libre de la FBG a un conector FC, para que sea la salida de nuestro sistema y este se conectará a un Analizador de Espectros Ópticos (Optical Spectrum Analyzer, OSA) YOKOGAWA AQ7360C para medir las longitudes de onda a diferentes temperaturas para determinar el punto de operación de la rejilla y así obtener la señal de salida del sistema en términos de la longitud de onda contra potencia óptica, la resolución del OSA es de 0.2 nm. Primero se toma una muestra del ASE a temperatura ambiente (26°C). Se utilizó un dispositivo tipo Peltier controlado por voltaje, para variar la temperatura de la FBG el cual transfiere por contacto el aumento de temperatura, así mismo se coloca la sonda de temperatura en el Peltier junto a la FBG para el monitoreo de la temperatura y esto se realiza con un termómetro digital modelo DST-20 con resolución de de 0.1°C, precisión de +/- 1°C (+/- 2° F). Se cambia la temperatura hasta los 58°C, se toma otra muestra del espectro ASE para monitorear el desplazamiento de la longitud de onda de Bragg, después se varía hasta los 90°C y se toma otra muestra del espectro ASE.

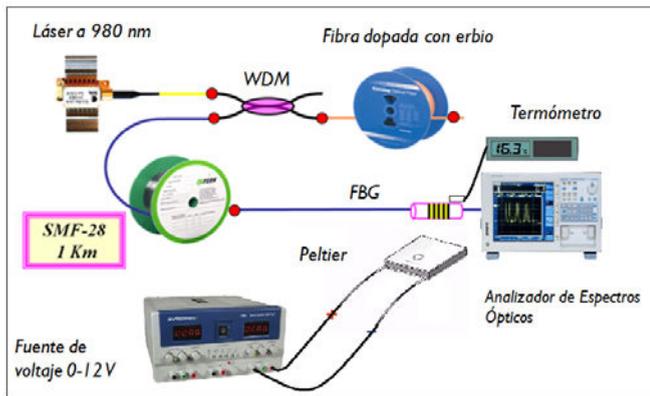


Figura 1. Diagrama del arreglo del láser de fibra óptica dopada con Erblio.

Usando la hipótesis de que la longitud de onda de Bragg depende de la temperatura T , la dependencia funcional de la longitud de onda de Bragg en este parámetro, puede ser calculada como [4]:

$$\lambda_B = 2n_{eff} \Lambda, \quad \text{Ecu. (1)}$$

$$\begin{aligned} \frac{d\lambda_B}{dT} &= 2 \frac{d}{dT} (2n_{eff} \Lambda) = 2\Lambda \frac{dn_{eff}}{dT} + 2n_{eff} \frac{d\Lambda}{dT} \\ &= 2\Lambda \delta n_{eff} + 2n_{eff} \Lambda \alpha \end{aligned} \quad \text{Ecu. (2)}$$

$$\frac{1}{\lambda_B} \cdot \frac{d\lambda_B}{dT} = \frac{2\Lambda n_{eff}}{2n_{eff}\Lambda} + \frac{2n_{eff}\Lambda\alpha}{2n_{eff}\Lambda} = \frac{\delta n_{eff}}{n_{eff}} + \alpha$$

$$\Delta\lambda_B = \frac{d\lambda_B}{dT} \Delta T = \lambda_B \left(\frac{\delta n_{eff}}{n_{eff}} + \alpha \right) \Delta T \quad \text{Ecu. (3)}$$

donde n_{eff} es el índice de refracción efectivo del modo que se propaga en el núcleo de fibra y Δ es el período espacial de la red y $\delta n_{eff}/n_{eff}$ es la sensibilidad normalizada del índice efectivo modal y α es el coeficiente del cambio físico de longitud dependiente de la temperatura.

Para el cálculo de la sensibilidad de la rejilla de Bragg se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Sensibilidad} = \frac{\Delta\lambda_B}{\Delta T} \quad \text{Ecu. (4)}$$

III. RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSIÓN

Se sometió la FBG a un incremento de temperatura, 26°C, 58°C y 90°C. A una temperatura de 26°C el espectro de emisión espontánea presenta un valle a la longitud de 1548.4 nm como se observa en la figura 2, este punto representa la longitud de onda de Bragg λ_B , conforme se fue cambiando la temperatura se presentó un desplazamiento espacial de este punto.

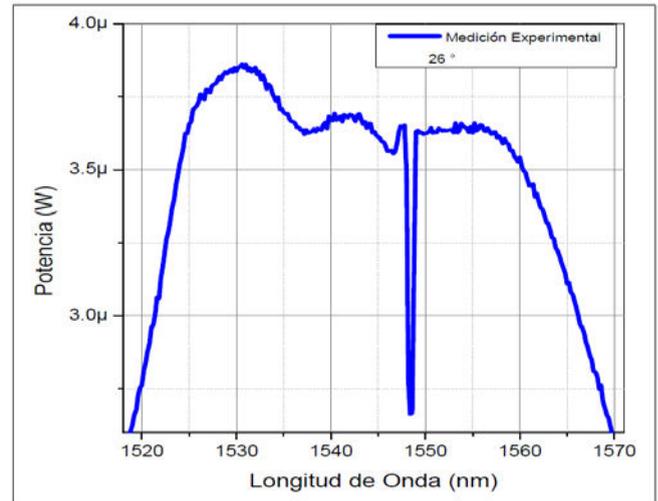


Figura 2. El valle representa la longitud de reflexión de la FBG a caracterizar a temperatura de 26°C, la cual está en la longitud de onda de 1548.4 nm.

En la figura 3, se observan los espectros ASE de cada una de las mediciones experimentales que se realizaron para poder comparar las diferentes longitudes de onda y su temperatura medidos con el OSA, se muestra en el rango de 1547.8 nm a 1549.9 nm, se observa que el espectro ASE presenta un valle y de este se toma el punto mínimo, el cual representa la longitud de onda de Bragg λ_B y se toma ese dato para compararlo a diferentes temperaturas. Obteniendo los siguientes datos:

- Temp. = 26°C → $\lambda_B = 1548.4$ nm
- Temp. = 58°C → $\lambda_B = 1548.6$ nm
- Temp. = 90°C → $\lambda_B = 1549.2$ nm

Tomando en cuenta estos desplazamientos y registrando la temperatura necesaria para producirlos, se determinó la sensibilidad de la rejilla, a la máxima temperatura a la que se

sometió a la rejilla se encontró una λ_B final a 1549.2 nm y como se tenía una λ_B inicial de 1548.4 nm de tal forma que

$$\Delta\lambda_B = 1549.2 \text{ nm} - 1548.4 \text{ nm}, \Delta\lambda_B = 0.8 \text{ nm}.$$

$$\Delta T = 90^\circ\text{C} - 26^\circ\text{C}, \Delta T = 64^\circ\text{C}$$

y por medio de la ecuación 4 se obtiene la Sensibilidad:

$$S = \frac{\Delta\lambda_B}{\Delta T} = (0.8 \text{ nm}) / (64^\circ\text{C}) = 12.5 \text{ pm}/^\circ\text{C}.$$

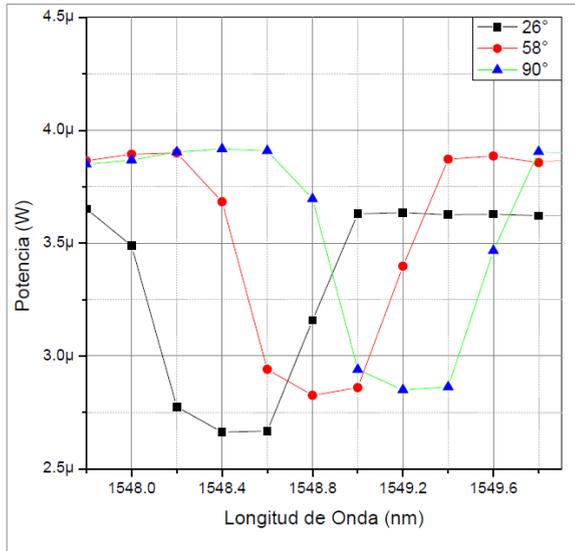


Figura 3. Espectros de Emisión Espontánea Amplificada donde se muestra como varía la longitud de onda de Bragg reflejada a diferentes temperaturas.

En la figura 4 se puede ver la relación entre la temperatura alcanzada por la rejilla y el punto a donde se desplazó la longitud de onda de Bragg, de esta manera se puede notar que en el rango de temperatura de 26°C a 90°C la rejilla presenta un comportamiento lineal en su desplazamiento de longitud conforme aumenta la temperatura.

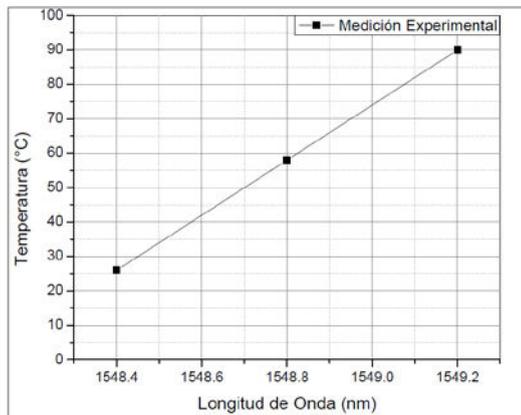


Figura 4. Variación de la longitud de onda de Bragg con los cambios de temperatura.

IV. CONCLUSIONES.

En este trabajo se presentaron los resultados de someter a una rejilla de Bragg a diferentes temperaturas y la medición del desplazamiento de la longitud de onda del espectro de emisión, se varió la temperatura con un dispositivo Peltier y se logró mantenerla estable para obtener una mejor medición. Obtuvimos una medida de la sensibilidad de la rejilla de 12.5 pm/°C, que es congruente con lo reportado en la literatura [4,5].

V. AGRADECIMIENTOS

Walter Ariel Silva Martínez y Jesús Alberto Cobá Ramos fueron apoyados por la beca CONACYT número 256855 y 256856 respectivamente.

REFERENCIAS

- [1]. S. A. Babin, A. A. Vlasov, and I. S. Fiber-Optic Sensors Based on Bragg Gratings, High Energy Chem. B., 2008, Vol. 42, No. 7, pp. 535-537
- [2]. P. Antunes, H. Lima et al, Optical Sensors Based on Fiber Bragg Gratings for Structural Health Monitoring, Lect. Notes Electr. Eng. Vol. 96, pp. 253-295
- [3]. H.H. Cerecedo-Núñez, L.A. Zenteno-Sánchez. Caracterización de rejillas de Bragg en fibra óptica, Rev. Mex. Fis. B., 45 (4) (2009), pp.364-369.
- [4]. Raman Kashyap, (1999) Fiber Bragg Gratings. Pp. 90.
- [5]. Andreas Othonos and Kyriacos Kalli. (1999). Fiber Bragg Gratings: Fundamentals and Applications in Telecommunications and Sensing. Pp 99.