

LASER SINTONIZABLE DE FIBRA ÓPTICA BASADO EN DOS INTERFERÓMETROS FABRY-PEROT

Pérez López, Ricardo (1), Guzmán Chávez, Ana Dinora (2), Cervantes Meza, Hernando José (3), Montaña Parra, Daniel Ricardo (4), Vargas Rodríguez, Everardo (5)

1 [Licenciatura en Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica, Universidad de Guanajuato] | [rperezlopez@ugto.mx]

2 [Departamento de Estudios Multidisciplinarios, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [ad.guzman@ugto.mx]

3 [Ingeniería Electrónica, Corporación Politécnica de la Costa Atlántica, Barranquilla Colombia] | [hernando967@hotmail.com]

4 [Licenciatura en Física, Facultad de Ciencias Y Educación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia] | [drmontanap@correo.udistrital.edu.co]

5 [Departamento de Estudios Multidisciplinarios, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [evr@ugto.mx]

Resumen

En el presente trabajo se muestra un láser sintonizable de fibra óptica dopada con erbio basado en dos obleas de silicio, las cuales se comportan como interferómetros Fabry-Perot. Los picos máximos del espectro de interferencia producido por estos interferómetros gobiernan la longitud de onda de láser. Además, al aplicarle temperatura a las obleas de silicio, el espectro de interferencia se puede desplazar resultando en la sintonización de la longitud de onda de emisión del láser. Los resultados confirman la eficiencia del sistema laser planteado, de manera que el láser se puede sintonizar 0.57 pm aplicando temperatura de 10.9 a 17.8 °C.

Abstract

In this work, a tunable erbium doped fiber laser based on two silicon wafers which behave as Fabry-Perot interferometers is shown. The maximum peaks of the interference spectrum produced by these wafers govern the lasing wavelength. Besides, the interference spectrum can be shifted by applying temperature to the wafers, resulting in the lasing wavelength tuning. The results confirm the efficiency of the proposed laser system, so that such laser can be tuned 0.57 pm applying temperature from 10.9 to 17.8 °C can be obtained.

Palabras Clave

Fibra óptica; Temperatura; Oblea de silicio; Interferómetro Fabry-Perot; Sintonización;

INTRODUCCIÓN

Actualmente existe una gran variedad de láseres con propósitos y funcionalidades muy diversas, teniendo aplicaciones en casi todas las áreas de investigación científica, así como en el sector industrial, médico y militar; en campos tan variados como procesamiento de materiales, construcción, medicina, comunicaciones, producción de energía, soldadura, topografía, etc. Los láseres de fibra óptica dopada con erbio (LFDE), son utilizados debido a que poseen una región de emisión desde 1520 a 1570 nm [1].

Algunos LFDEs son sintonizables, es decir, son capaces de cambiar su longitud de onda de emisión. Desde su descubrimiento en 1966, se han publicado diferentes trabajos sobre técnicas de sintonización en LFDEs, en algunos de ellos se mencionan técnicas en las que utilizan rejillas de Bragg [2], filtros Fabry-Perot [3], filtro de Sagnac [4], etc.

Trabajar con LFDEs ha resultado ser muy ventajoso, debido a que se pueden sintonizar variando propiedades físicas tales como la temperatura, para ello se puede utilizar una oblea de silicio (Si) que actúa como un interferómetro Fabry-Perot (IFP) que desplaza su espectro de transmitancia o reflexión con una variación de temperatura [5].

En el presente trabajo, se muestra un láser sintonizable con fibra óptica dopada con erbio basado en dos obleas de silicio (Si), las cuales actúan como dos interferómetros Fabry-Perot. Dichas obleas permiten tener una sintonización muy fina al momento de aplicarles un pequeño cambio de temperatura. Los resultados confirman la eficiencia de sintonización al obtenerse una sintonización de 0.57 pm cuando se aplica temperatura de 10.9 a 17.8 °C.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la figura 1a se muestra el arreglo experimental del láser sintonizable de fibra óptica dopada con erbio basado en dos IFPs. Para este arreglo, un diodo láser de bombeo (BL976-SAG300 Thorlabs) con longitud de onda de emisión de 976nm y una potencia de 300mW se empalmó a la entrada de 980nm de un multiplexor por división de longitud de onda (WDM, WD202A-FC Thorlabs). La entrada 1550nm-WDM se empalmó a un espejo de Faraday (EF) y al común del WDM se le empalmó una fibra óptica dopada con erbio (ER80- 4/125) de 60 cm de largo. El otro extremo de la fibra dopada se empalmó a un acoplador 50/50 de 4 colas (TW1064R5A2A Thorlabs). El 50% de la señal del espectro de luminiscencia de la fibra dopada se acopló a una oblea de Si y el otro 50% a otra oblea de Si con diferente grosor a la anterior. La señal obtenida por estas dos obleas es analizada por la punta restante del acoplador (siendo esta la salida del láser sintonizable) y es analizada utilizando un analizador de espectros ópticos (OSA, AQ6370C Yokogawa).

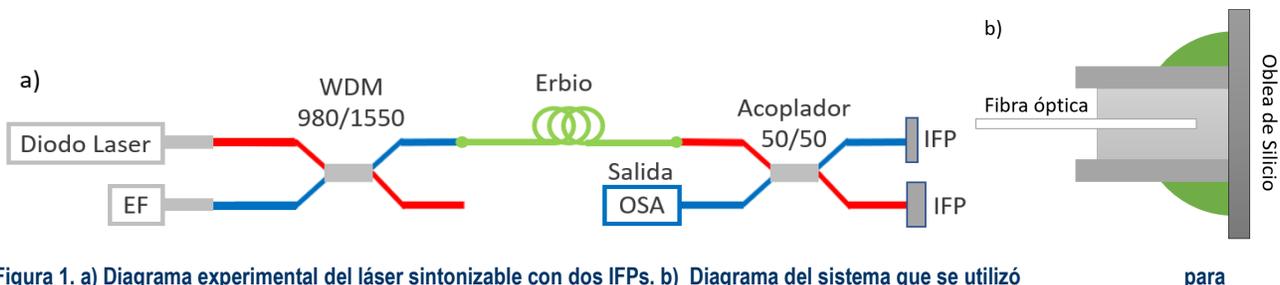


Figura 1. a) Diagrama experimental del láser sintonizable con dos IFPs. b) Diagrama del sistema que se utilizó para acoplar luz a la oblea de Si.

En la figura 1b se muestra el diagrama del sistema que se utilizó para acoplarle luz a la oblea de Si. Es importante mencionar que se utilizaron adhesivos con propiedades termo-ópticas y de expansión térmica, lo

que provoca un cambio en el espectro de interferencia generado por un interferómetro Fabry-Perot (oblea de Si).

La longitud de onda de emisión de laser está gobernada por uno de los picos máximos del espectro de interferencia generado por las dos obleas. La separación entre dos picos máximos del espectro de interferencia (FSR) del IFP está descrita por [6]:

$$FSR = \frac{\lambda^2}{2nd} \quad (1)$$

que para el caso de una oblea de Si, λ es la longitud de onda de uno de los picos máximos del espectro de interferencia generado por una oblea de Si, n es el índice de refracción del Si y d es el grosor de la oblea. Para lograr la sintonización de la longitud de onda de emisión del LFDE es necesario desplazar los picos máximos del espectro de interferencia generado. Como se puede observar en la ecuación anterior, una forma de desplazar dichos picos es cambiando el índice de refracción del Si. Gracias a las propiedades termo-ópticas del Si, su espectro de interferencia puede ser desplazado al aplicarle temperatura. El valor del índice de refracción en función de la temperatura (T está descrito por [7]):

$$n = 3.4169 + \frac{0.13849}{\lambda^2 - 0.028} + \frac{0.1392}{(\lambda^2 - 0.028)^2} - 2.09 \times 10^{-5} \lambda^2 + 1.48 \times 10^{-7} \lambda^4 + 1.5 \times 10^{-4} (T - 293)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 3 se muestran los resultados obtenidos de la caracterización de la señal generada por las dos obleas de Si a diferentes temperaturas. En la figura 3a se puede observar cómo se desplaza el espectro de interferencia cuando hay una variación térmica en las obleas. También se puede observar que el espectro generado por las dos obleas está formado principalmente por dos espectros de interferencia. Uno de los espectros tiene un FSR mayor (oblea con grosor $d = 90.5 \mu\text{m}$) que el segundo espectro que está gobernado por la oblea de Si con grosor $d = 376 \mu\text{m}$. Cabe mencionar que el sistema que se utilizó para acoplar la luz a la oblea de Si tiene adhesivos con propiedades termo-ópticas y de expansión térmica, lo que al calentar el sistema provocó una cierta perturbación en los espectros de interferencia.

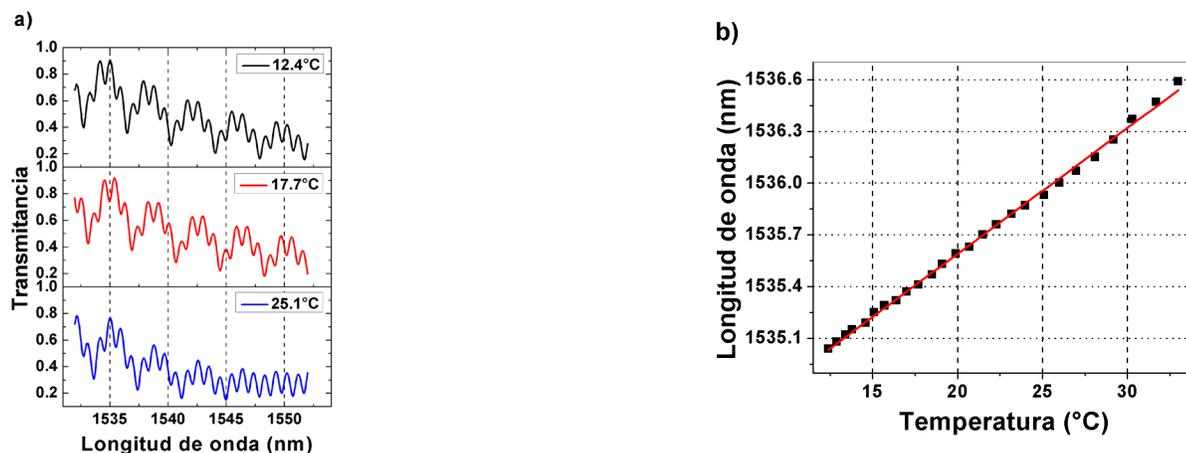


Figura 3. a) Espectro de interferencia generado por las dos obleas de Si a diferentes temperaturas. b) Cambio de longitud de onda de uno de los picos máximos del espectro de interferencia generado por las dos obleas en función de la temperatura aplicada a dichas obleas.

En la figura 3b se puede observar claramente la relación lineal que existe entre la longitud de onda de uno de los picos máximos del espectro de interferencia generado por las dos obleas en función de la temperatura

aplicada a estas obleas. La línea roja es el mejor ajuste lineal que se obtuvo resultando una correlación lineal de 0.99.

En la figura 4a se presentan los resultados del sintonizado grueso de la longitud de onda de emisión del LFDE. Se puede apreciar que es posible cambiar la longitud de onda de láser en un rango de alrededor de 10 nm. En la figura 4b se muestra el cambio de longitud de onda respecto a la temperatura, y además también se puede observar que dicha relación es lineal. El rango de sintonización fue de 1564.5 nm a 1557 nm para el rango de temperatura de 56.7 a 10.7 °C.

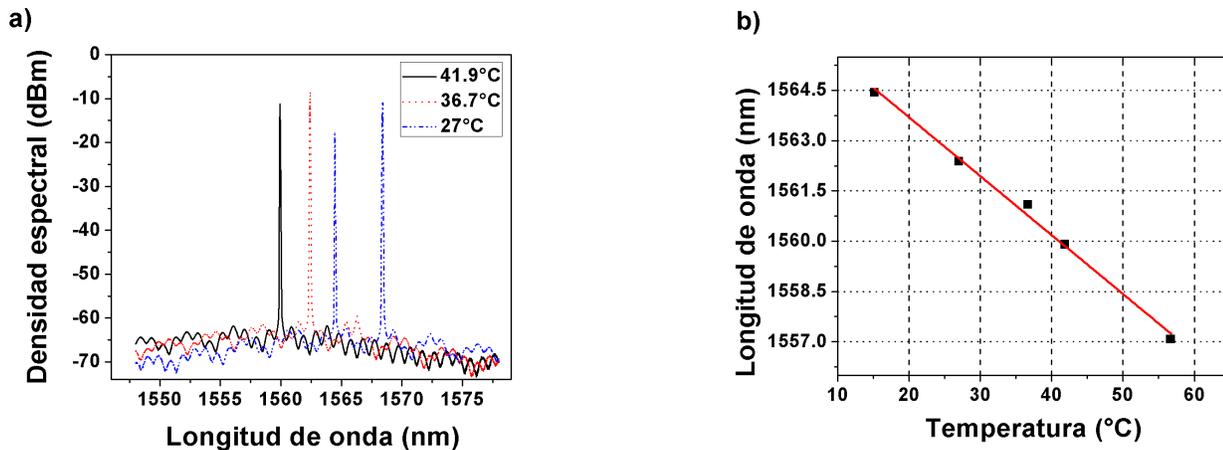


Figura 4. Sintonización gruesa. a) Espectro de emisión del láser a diferentes temperaturas. b) Relación de la longitud de onda de emisión en función de la temperatura aplicada a las dos obleas de Si.

En la figura 5a se muestran los datos del sintonizado fino de la longitud de onda de emisión del LDFE. Se puede observar que la sintonización es del orden de picómetros, teniendo las longitudes de onda de emisión muy cercanas entre sí, difiriendo en picómetros. En la Figura 5b se puede apreciar la relación existente entre el cambio en la longitud de onda de emisión en función de la temperatura. También se puede observar que dicha relación es lineal. El rango de sintonización fue de 1562.3 nm a 1562.9 nm para el rango de temperaturas de 10.9 a 17.8 °C.

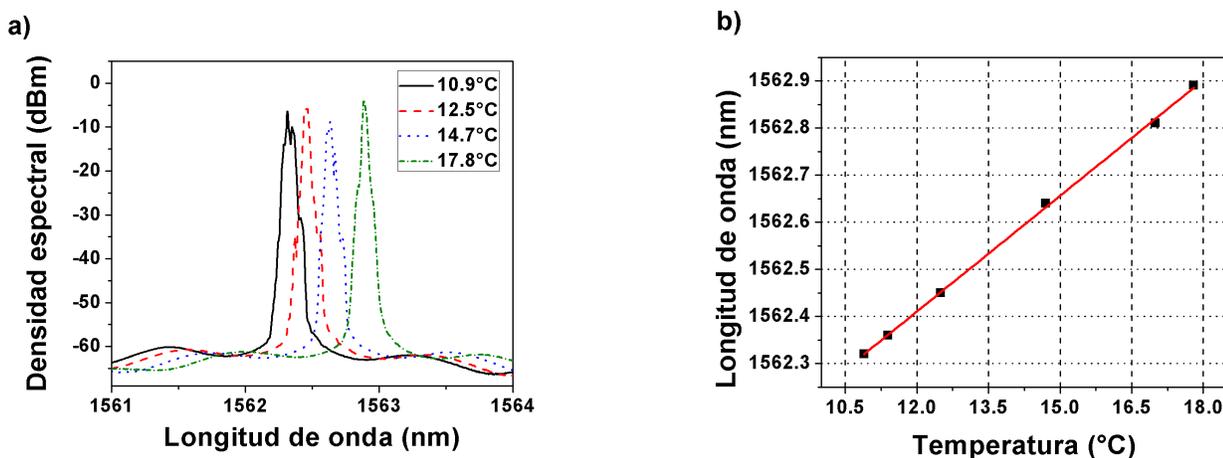


Figura 5. Sintonización fina. a) Espectro de emisión del láser a diferentes temperaturas. b) Relación de la longitud de onda de emisión en función de la temperatura aplicada a las dos obleas de Si.

CONCLUSIONES

Se mostró la sintonización gruesa y fina del láser de fibra óptica dopada con erbio basado en dos obleas de silicio las cuales actúan como dos interferómetros Fabry-Perot. Gracias a las propiedades termo-ópticas del silicio, el espectro de interferencia generado por las dos obleas de silicio puede ser desplazado finamente al aplicarle temperatura a dichas obleas. Por lo que es posible sintonizar la longitud de onda de emisión de laser cuando se aplica temperatura a dichas obleas. Se confirmó que el sintonizado tiene un comportamiento altamente lineal.

REFERENCIAS

- [1] Jeff Hecht, (2011), "Understanding Lasers". 3 edition. Wiley-IEEE Press.
- [2] Xueming Liu, Xiaoqun Zhou, Xiufeng Tang, Junhong Ng, Jianzhong Hao, Teck Yoong Chai, Edward Leong, and Chao Lu. (2005). "Switchable and Tunable Multiwavelength Erbium-Doped Fiber Laser With Fiber Bragg Gratings and Photonic Crystal Fiber". IEEE Photonics Technology Letters, 17(8), 1626-1628.
- [3] Shinji Yamashita, Member and Masato Nishihara. (2001). "Widely Tunable Erbium-Doped Fiber Ring Laser Covering Both C-Band and L-Band". IEEE Journal on Selected Topics in Quantum Electronics, 7(1), 41-43.
- [4] A. González-García, O. Pottiez & R. Grajales-Coutiño. (2010). "Estudio experimental de un láser sintonizable en longitud de onda usando un filtro de Sagnac con selectividad espectral mediante cambios en la temperatura". REVISTA MEXICANA DE FÍSICA, 56 (4) 275–280, 17(8), 1626-1628.
- [5] Yun-Jiang Rao, Zeng-Ling Ran & Yuan Gong (2017) "Fiber-Optic Fabry-Perot Sensors: An Introduction". U.S. Taylor & Francis Group, LLC.
- [6] Young, Hugh D. & Roger A. Freedman. (2009). "Física universitaria, con física moderna volumen 2" (Decimosegunda edición). México. Addison Wesley.
- [7] E. Gallegos-Arellano, E. Vargas-Rodriguez, A. D. Guzman-Chavez, M. Cano-Contreras, J. L. Cruz and R K Raja-Ibrahim. (2016) "Finely tunable laser based on a bulk silicon wafer for gas sensing applications". Laser Physics Letters. 13(6),6pp.