

Corrimiento hacia el azul de las propiedades Ópticas reflectivas de un cristal fotónico bidimensional construido sobre un sustrato de Si:ZnO

José Antonio Medina-Vázquez¹, Evelyn Yamel González Ramírez¹, J G Murillo¹, G. Herrera², V. M. Carrillo-Vázquez¹.

¹Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C.

Miguel de Cervantes 120, Complejo Industrial Chihuahua, C. P. 31136, Chihuahua, Chih. México

² Catedra CONACYT, Centro de Investigación en Materiales Avanzados S. C., Miguel de Cervantes 120, Chihuahua 31136, Chihuahua, México

Resumen

Esta investigación ha revelado la posibilidad de inducir un cambio hacia longitudes de onda cortas en las propiedades de reflectancia óptica de un cristal fotónico bidimensional que incluye una matriz integrada de microcavidades ópticas. Esta capacidad se atribuyó al efecto resonante producido por la matriz de microcavidades incrustadas en el cristal fotónico regular y por la variación en los parámetros estructurales que definieron el cristal fotónico bajo investigación. Estos resultados pueden ser útiles en futuras aplicaciones de sistemas de celdas solares y telecomunicaciones, entre otros, que pueden ser de gran ayuda para aumentar los desarrollos tecnológicos.

Detalles experimentales

El CF de dos dimensiones [1] estudiado se fabricó sobre un sustrato de silicio [0 0 1] en el que previamente se había depositado una película delgada de ZnO de aproximadamente 240 nm de espesor mediante el método de deposición de vapor químico asistido (AACVD) [2]. El CF se maquinó directamente en la heteroestructura Si-ZnO en un área de 84 x 84 μm utilizando un sistema de haz de iones enfocado (FIB) JEOL JEM 9320-FIB con fuente de iones Ga + operada a 26.5 kV. Los parámetros estructurales del PhC con una periodicidad cuadrada regular fueron una constante de red $a = 1.05 \mu\text{m}$ y columnas circulares de aire con un radio $r = 0.57a$ y una profundidad alrededor de 1 μm . Un patrón de nueve cavidades ópticas cuasicirculares de aproximadamente 10 μm de diámetro y una constante de red de aproximadamente 20 μm describe que una segunda red cuadrada se embebió en el CF regular.

Simulación

Los cálculos numéricos de la reflectancia de CF en función de la longitud de onda se realizaron en el dominio de longitud de onda realizando un barrido paramétrico de longitudes de onda en el rango Vis-NIR del espectro electromagnético. La reflectancia en función de la longitud de onda calculada fue muy similar a la reflectancia óptica medida en el CF construido. Se hicieron cálculos adicionales multiplicando los parámetros estructurales originales del CF híbrido en estudio para investigar el efecto que tiene el inducir estas variaciones. Los parámetros estructurales originales del CF se redujeron en un factor de 0.5, de modo que ahora la constante de red asumida para el patrón cuadrado regular de agujeros de aire era $a = 0.525 \mu\text{m}$ y cada agujero circular tenía un radio $r = 0.57a$.

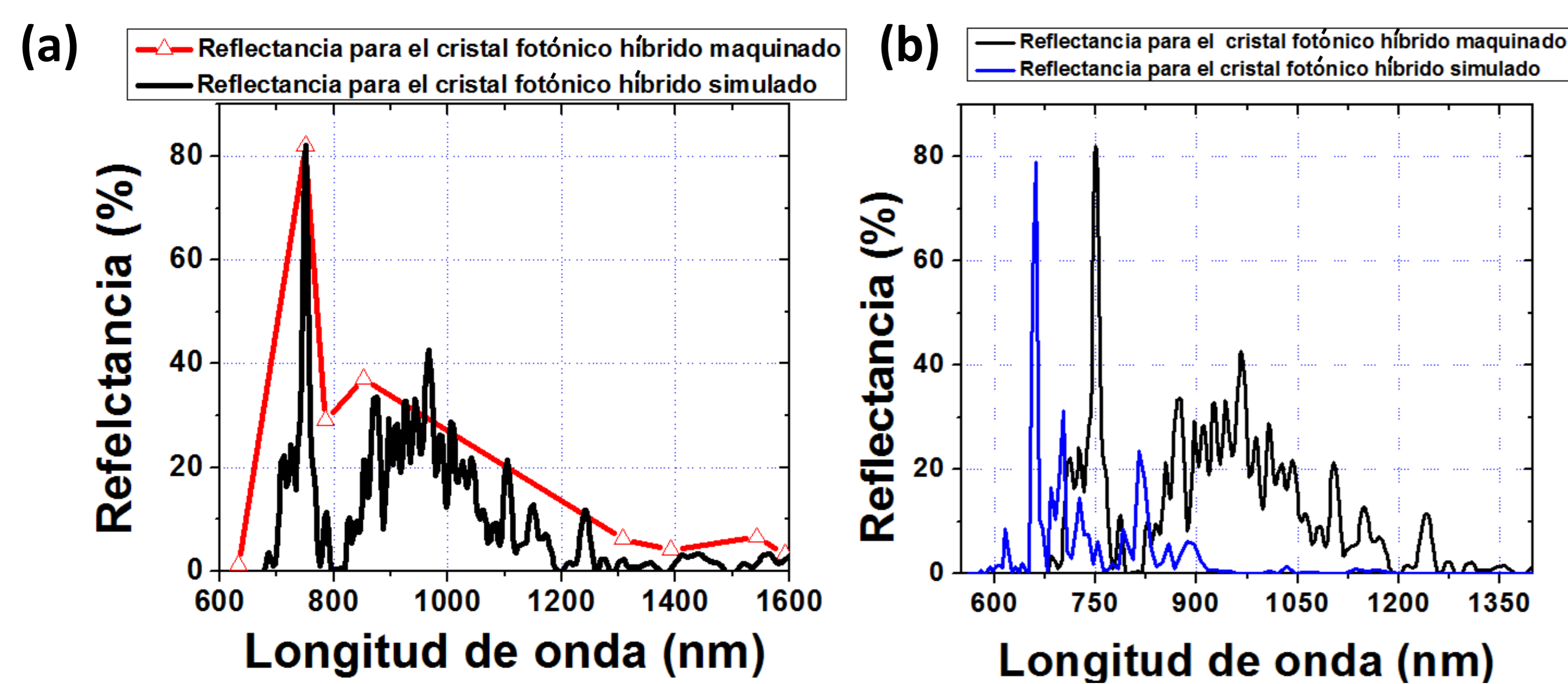


Fig.3 (a) Comparación de la reflectancia óptica para el modo de polarización TM obtenida de las mediciones en el CF construido y estudiado en este trabajo [3] mostrado en la línea roja continua, y los resultados obtenidos de las simulaciones numéricas descritas por la línea negra continua. **(b)** Comparación entre las mediciones de la reflectancia óptica obtenidas de la simulación numérica para el modo de polarización TM del CF original, representado por la línea continua de color negro, y las simulaciones numéricas del nuevo CF correspondientes representadas por la línea continua de color azul.

Referencias

- [1] E. Yablonovitch, T. J. Gmitter, K. M. Leung, Photonic band structure: The face-centered-cubic case employing nonspherical atoms, Phys. Rev. Lett. 67 (1991) 2295.
- [2] Amézaga-Madrid P, Antúnez-Flores W, Ledezma-Sillas J E, Murillo-Ramírez J G, Solís-Canto O, Vega-Becerra O E, Martínez-Sánchez R and Miki-Yoshida M 2011 J. Alloy Compd. 509S, S490–S495.
- [3] V M Carrillo-Vázquez and J G Murillo, 2015 Journal of Physics: Conference Series 582 012053

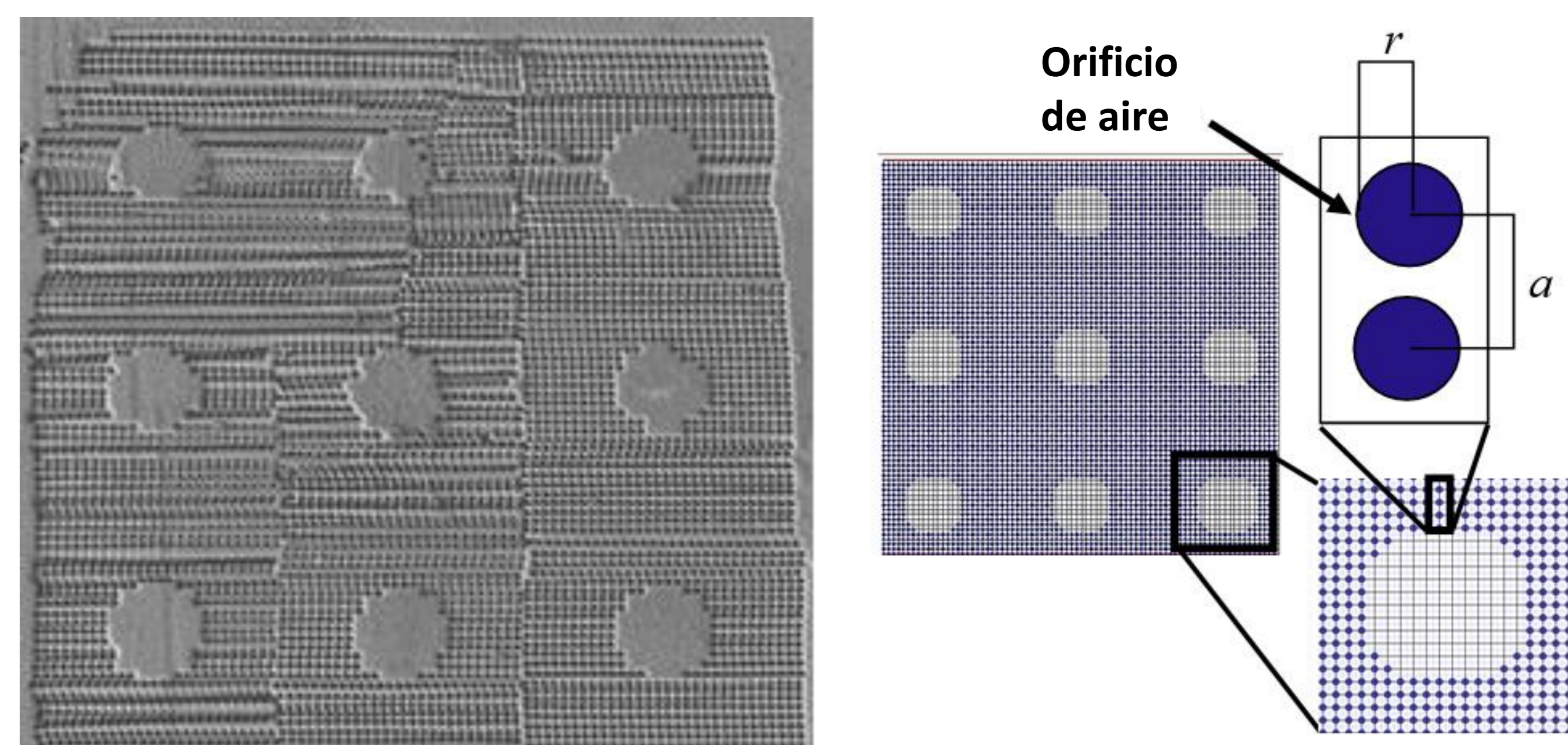


Fig.1 (a) Cristal fotónico maquinado en una heteroestructura Si-ZnO que describe el conjunto de nueve microcavidades ópticas enbebidas en el CF regular con una red cuadrada. **(b)** Estructura del cristal fotónico utilizado en simulaciones numéricas.

Resultados

Los resultados obtenidos revelaron un corrimiento hacia el azul en la reflectancia máxima de la estructura fotónica híbrida en función de la longitud de onda, de modo que la reflectancia se mejoró selectivamente a longitudes de onda más pequeñas. Específicamente, para el CF con parámetros estructurales reducidos, la reflectancia máxima aparece centrada ahora a una longitud de onda de 660 nm, mientras que antes para el CF original la reflectancia máxima se obtuvo a 750 nm.

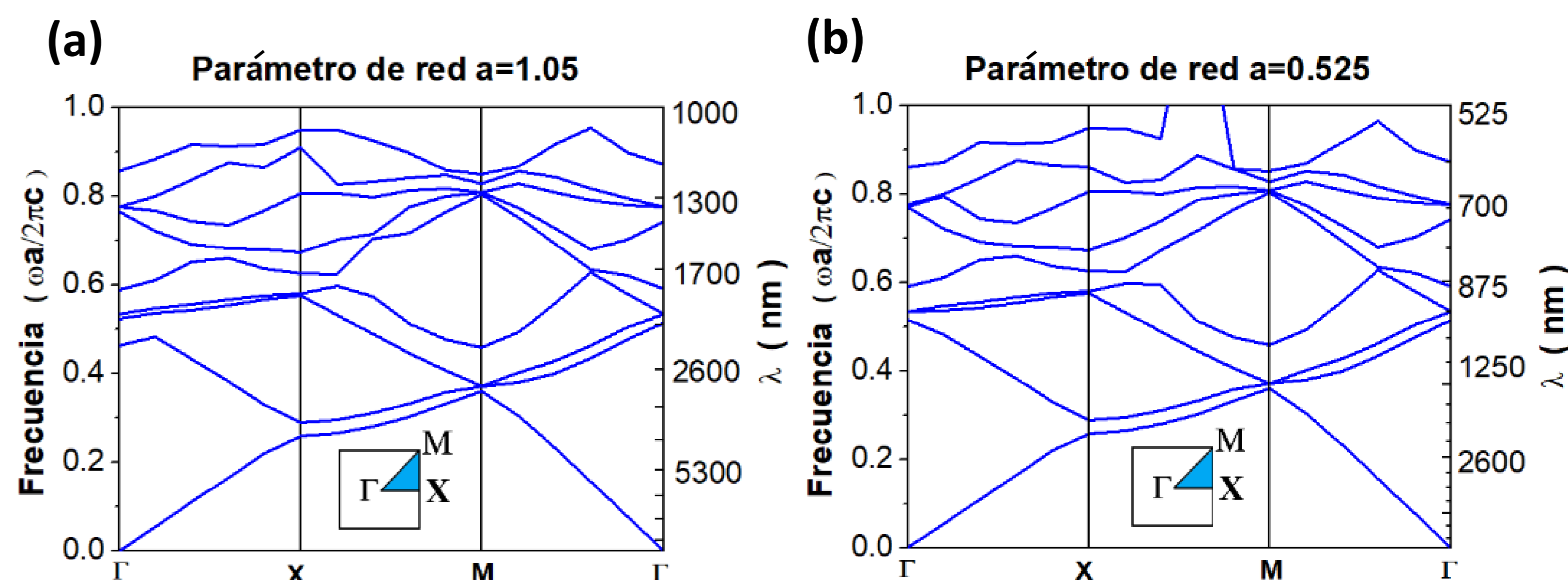


Fig.2 (a) Transmancia en el CF con incidencia desde la interfaz CF -aire, favoreciendo la reflectancia en el rango de 0.8 μm . Estructura de banda para el modo de polarización TM del PhC. **(b)** Estructura de banda para el modo de polarización TM para el CF con los parámetros estructurales multiplicados por un factor de 0.5

Conclusiones

Esta investigación ha revelado que una variación (reducción) de los parámetros estructurales de un CF bidimensional con una matriz integrada de microcavidades ópticas induce un corrimiento hacia el azul en el pico máximo de la reflectancia óptica. La mejora selectiva de la reflectancia del CF estudiado, hacia longitudes de onda más cortas, creemos fue inducida por la matriz de microcavidades ópticas embebidas en el CF con estructura regular y por la variación de los parámetros estructurales que definieron el CF.

Agradecimientos

Los autores agradecen a O. Solís Canto y W. Antunez Flores, por la asistencia experimental en el Laboratorio Nacional de Nanotecnología, Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C. (CIMAV).