

# Variación de la frecuencia de trabajo en un cristal fotónico basado en silicio macroporoso al variar la longitud del defecto

D. Cardador, D. Vega, A. Rodríguez.

Micro i NanoTecnologies (MNT), departament d'Enginyeria Electrònica, Universitat Politècnica de Catalunya, C/Jordi Girona, 31. Edifici c4.

E-mail: david.cardador@upc.edu

**Resumen**— En este trabajo se ha estudiado la relación existente entre la frecuencia de trabajo de un cristal fotónico con defecto y el tamaño de dicho defecto. Las simulaciones indican una dependencia lineal entre ambas, a la vez que se mantiene el factor de calidad de los picos a lo largo de la banda prohibida.

**Índice de Términos**— Cristal fotónico, silicio macroporoso, defecto, banda prohibida.

## I. INTRODUCCIÓN

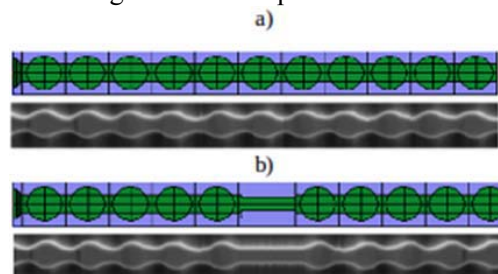
Romper la estructura periódica de un cristal fotónico mediante un defecto —ya sea modificando el índice de refracción, la longitud de uno de los periodos, etc.- permite crear estados resonantes que habilitan la propagación de ciertas longitudes de onda dentro de la banda prohibida [1]. La variación de algunas de las características del defecto permite la sintonización de la frecuencia de trabajo de los estados resonantes —que se visualizan en el espectro como un pico en la transmisión— dentro de la banda prohibida. Este hecho tiene mucho interés en aplicaciones tales como las comunicaciones, el procesamiento de señal o la detección de gases, entre otras.

## II. PREPARACIÓN

En el presente estudio se ha analizado un cristal fotónico basado en silicio macroporoso cuya morfología es muy similar a las realizadas en el laboratorio mediante el proceso de ‘ataque electroquímico’ [2]. Experimentalmente se puede constatar que aunque los poros no son idénticos los unos a los otros, sí que guardan una gran semejanza

entre ellos. Es debido a esta alta simetría que en las simulaciones se ha dibujado un poro —ver Fig.1- y se han aplicado condiciones de periodicidad en los ejes  $x$  e  $y$  para realizar un cristal fotónico ideal a lo largo del plano. En el eje  $z$ , se han aplicado capas perfectamente absorbentes (PML) tanto al principio como al final del perfil.

El poro está construido en celdas normalizadas de  $1\ell \times 1\ell \times 1\ell$ , y consta de dos partes diferenciadas; por una banda se tienen las zonas moduladas, compuestas por cinco periodicidades de una micra de longitud cada una y cuyo diámetro de las esferas va desde las  $0.2\ell$  hasta  $0.42\ell$ . Por otra, se tiene el defecto, el cual consiste en la supresión de la modulación en uno de los periodos —manteniendo un radio constante—, además del aumento en un 30% de la longitud de dicho periodo.

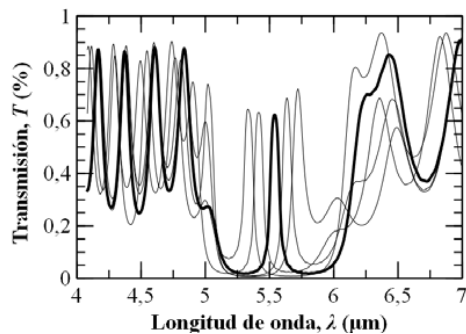


**Fig.1-** Comparación entre los perfiles simulados y los obtenidos experimentalmente. En la parte de arriba, se presenta el poro sin defecto, mientras que en la de abajo se ha incluido el defecto.

La caracterización del cristal fotónico ha consistido en realizar diferentes simulaciones con pequeñas variaciones en el tamaño del defecto y observar el desplazamiento sufrido en la frecuencia central del defecto, en el caso de transmisión.

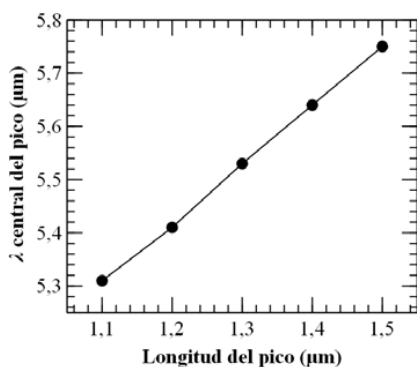
### III. RESULTADOS

En la Fig.2 está representado el espectro para la transmisión del cristal fotónico con defecto.



**Fig.2-** Respuesta frecuencial a pequeñas variaciones en la longitud del defecto.

En ella se aprecia unos desplazamientos de la frecuencia central perteneciente a los estados resonantes. Obsérvese que hay una longitud óptima de  $1.3\ell$ , en que el pico se sitúa justo en el centro del *bandgap*. Para valores menores y mayores que éste, los picos se desplazan, también, a longitudes de onda menores y mayores, respectivamente. Es más, la relación desprendida de estas simulaciones entre la frecuencia central y la variación en el tamaño del defecto, es lineal, tal como refleja la Fig. 3. Por último, señalar que el factor de calidad del pico se mantiene aproximadamente constante en todas las simulaciones. Modificándose únicamente su forma por la base cuando los estados resonantes tienen sus frecuencias cerca de los límites del *bandgap*.



**Fig.3-** Relación entre la longitud del defecto y la posición del pico de resonancia.

### IV. CONCLUSIONES

Se han simulado estructuras de silicio macroporoso y se han analizado sus respectivos espectros de transmisión. Extrayéndose la conclusión de que existe una relación lineal entre la longitud del defecto y la frecuencia de los estados resonantes. Es más, hay una longitud óptima,  $1.3\ell$ , que permite ubicar el pico en el centro de la banda prohibida. Otra conclusión obtenida es que el Q-factor de los picos no varía sustancialmente a lo largo del *bandgap*, sólo observándose un ensanchamiento de la base cuando los picos están cerca de los límites de la banda.

### V. AGRADECIMIENTOS

#### REFERENCIAS

- [1] J. D. Joannopoulos, S. G. Johnson, J. N. Winn, and R. D. Meade, *Photonic Crystals: Molding the Flow of Light (Second Edition)*. 2011.
- [2] T. Trifonov, M. Garín, A. Rodríguez, L. F. Marsal, and R. Alcubilla, "Tuning the shape of macroporous silicon," *Phys. status solidi*, vol. 204, no. 10, pp. 3237–3242, Oct. 2007.