



## Pigmentos basados en cristales fotónicos tipo opalo inverso: Avances al 2º semestre

C.I. Aguirre Vélez, E. Reguera y A. Calderón

Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional, Legaria 694. Colonia Irrigación, 11500 México D. F.

### Resumen

Se presentan las ideas principales que guían este proyecto así como algunos resultados previos de la síntesis de cristales fotónicos tipo opalo inverso mediante la técnica de infiltración del precursor. El objetivo de este semestre fue reproducir los resultados experimentales de trabajos reportados en la literatura.

### Introducción

Los cristales fotónicos son estructuras periódicas cuya característica principal es tener una banda prohibida (*band gap*) para ondas electromagnéticas de determinada frecuencia -similar a lo que sucede con los cristales semiconductores y de ahí su nombre- lo cual se manifiesta en una intensa señal reflejada de una onda electromagnética incidente que indica que hay poca propagación por él.

Desde 1987 varios grupos de trabajo se dedicaron a fabricar estas estructuras principalmente en 3D. En los primeros años los esfuerzos se centraron en técnicas físicas, tales como litografía, láseres pulsados en materiales fotorefractivos, micromaquinado, holografía de 4 haces, etc. y es en 1998 que los químicos abordan el problema mediante diversas técnicas, principalmente coloidales, entre las que destacan la fabricación de opalos inversos [1]. De los trabajos publicados en esta dirección, destacan los del grupo de Andreas Stein [2] en los cuales hay dos principales características a resaltar: 1) se pueden obtener diferentes colores con un mismo material sólo modificando el tamaño de las estructuras que lo forman y 2) al ser materiales porosos se puede infiltrar líquidos con un cierto índice de refracción los cuales modifican momentáneamente la apariencia del color, así, se tiene un material con cambio de color reversible que puede utilizarse como sensor.

### Procedimiento Experimental

Los cristales fotónicos tipo opalo inverso se pueden fabricar de varias maneras. Para este semestre se seleccionó el método de infiltración del precursor. Para ello primeramente se requiere tener un *template* o plantilla, generalmente se utilizan esferas de poliestireno o de polimetil-metacrilato (PMMA); aquí se utilizó PMMA. El tamaño de las esferas a utilizar debe ser de la mitad de la longitud de onda a la que se quiere tener el *band gap* de la onda electromagnética. En nuestro caso, como es el rango visible, se necesitan tamaños en un rango de 200 a 350 nm.

Una vez que las esferas se formaron, se centrifugan durante 5 hrs a 2000 RPM para que se acomoden en un empaquetamiento compacto; generalmente lo hacen en una estructura cúbica centrada en las caras (*face centred cubic*,

fcc). El resultado es un sólido blanco en el que lucen chispas iridiscentes con un cierto matiz, debido al tamaño de las esferas; a esto se le llama opalo. Posteriormente, al material sólido se le infiltra el precursor diluido del cual se desea cristalizar; nosotros deseamos tener  $\text{TiO}_2$  y  $\text{ZrO}_2$ .

Finalmente la muestra del material infiltrado en los intersticios de las esferas empaquetadas se mete a una mufla a calentarse en una atmósfera de nitrógeno a una razón de  $2^\circ\text{C}/\text{min}$  hasta alcanzar los  $500^\circ\text{C}$ , para que el molde se calcine -y deje espacios vacíos o poros- y el precursor cristalice en las paredes alrededor de los poros formando el opalo inverso. El resultado es un polvo que exhibe un color que depende tanto del tamaño del poro que se forma como del índice de refracción del precursor cristalizado.

Todo el procedimiento que se siguió fue tomado de los trabajos reportados por Schrodén [3] y de Holland [4]

### Resultados y Análisis

En el semestre se siguió el procedimiento anteriormente descrito para realizar muestras en diferentes condiciones. La Fig. 1 es una imagen SEM de una muestra en la que se aprecia claramente el ordenamiento fcc.

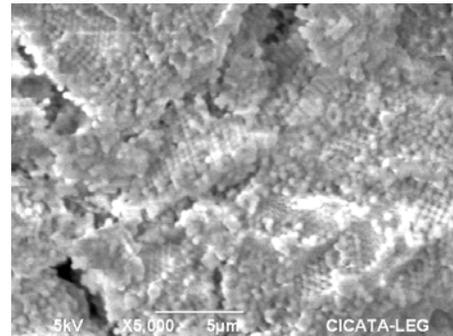


Fig. 1. Opalo que sirve de plantilla para la fabricación de cristales fotónicos.

Esta imagen tomada de las primeras muestras indica que se está en la vía de estructuras más homogéneas para seguir con los siguientes pasos del procedimiento de síntesis.

### Agradecimientos

Agradecemos al Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI) y al CONACYT por su apoyo a este trabajo.

### Referencias

- [1] Wijnhoven J. E. *et al.*, Science 281, 802 – 804 (1998)
- [2] Blanford C.F. *et al.*, Adv. Mater. 13, 26-29, (2001)
- [3] Schrodén R., *et al.* Chem. Matter. 3305-3315 (2002)
- [4] Holland B.T. *et al.* Chem. Mater. 11, 795-805 (1999)