

## **Optimización de Placas de Vidrio con Películas de TiO<sub>2</sub> Dopado en Pruebas de Auto-Limpieza Bajo Luz Solar**

Investigación

Lidia Elizabeth Verduzco Grajeda, Dr. Jorge Medina Valtierra, Dr. Carlos A. Soto Becerra  
Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Instituto Tecnológico de Aguascalientes.  
Av. Adolfo López Mateos No. 182 Ote., Fracc. Bona Gens, C.P.20256. Aguascalientes, Ags.,  
Tel. (449) 9-10-50-02, Ext. 159 y 182. Fax. (449) 9-70-04-23  
E-mail: eliverduzco@hotmail.com.mx

### **Introducción**

La fotocatalisis heterogénea se utiliza hoy en día primordialmente para la degradación de contaminantes en aire y agua. Esta alternativa utiliza un óxido semiconductor (TiO<sub>2</sub>) en forma de película ultradelgada depositada sobre diversos sustratos [1]. Este semiconductor al ser irradiado con irradiación UV o solar es capaz de degradar y destruir dichos contaminantes siendo esta una importante tecnología dentro de los procesos avanzados de oxidación [2]. Una técnica que permite la deposición de estas películas es denominada sol-gel, la cual combinada a un método de ultra-rotación permite una dispersión completa en todo el sustrato [3]. Además, una ventaja útil en esta metodología es que permite adicionar nanopartículas de diversos metales de transición (dopaje), dentro de los espacios del TiO<sub>2</sub> logrando un mayor rango de absorción de luz y por consecuencia una mayor degradación.

Uno de los objetivos de este trabajo es la aplicación de química combinatoria en el desarrollo de ventanas ecológicas, esto nos permite conocer no solo la mejor combinación de metales que de una mayor absorción de la luz solar, sino que también, la mejor superficie de respuesta del TiO<sub>2</sub> dopado en la degradación. Se hace énfasis en el grosor de la película de dióxido de titanio puesta sobre la placa de vidrio alrededor de 130 nm y la concentración de óxidos metálicos los cuales van desde 1-5% en peso. Estas variables son importantes ya que determinan los factores mencionados y permiten conocer la factibilidad de su aplicación como ventana tanto en interiores como exteriores.

### **Metodología Experimental**

Se prepararon soluciones alcohólicas de compuestos de metales de transición: V, Ag, Cr, Zn, Fe, Co, Mn, Ni, además de Ag y carbón activado a diferentes concentraciones. Las soluciones fueron mezcladas con una solución del precursor isopropóxido de titanio IV (Aldrich), para formar el sol-gel. Pequeñas

porciones de sol-gel se pusieron sobre placas de vidrio (5x5cm) y por ultra-rotación se formaron las películas de TiO<sub>2</sub> dopado. Dichas placas fueron calcinadas a una temperatura de 450 °C por 3 hrs en mufla con aire estático, esto con la finalidad de obtener la fase cristalina anatasa y la oxidación de los iones metálicos. El grosor de las películas de TiO fue calculado mediante espectroscopia UV-Vis-NIR utilizando las modulaciones periódicas de su espectro. Las placas con películas de TiO<sub>2</sub> se examinarán con espectroscopia Raman, microscopia electrónica y espectrofotometría.

Se depositó sobre las películas de TiO<sub>2</sub> una capa de contaminante (fluoranteno) con un peso aproximado de 0.0124 g (±.0005) que corresponde a un grosor aproximado de 400 nm. La intensidad de la radiación solar es medida con un luxómetro, las placas son colocadas en una estructura de madera con 60 celdillas de 5x5 puesta a un ángulo de 45° para una mejor captación de la radiación solar durante el día de las 10:00 a las 14:00 hrs. La degradación de fluoranteno se evalúa por espectroscopia Raman y la eliminación de los compuestos semi-volátiles se determina por diferencia de peso. La ecuación a utilizar para la obtención del porcentaje de degradación es la siguiente. Donde *u* es el porcentaje de degradación, *n* es el pico más intenso del fluoranteno en el espectro Raman.

$$\%v = \frac{n \text{ máx} - n \text{ mín}}{n \text{ máx}} * 100$$

### **Resultados y Discusión**

El espectro de la figura 1 muestra dos ondulaciones periódicas cuyos máximos y mínimos se usan en una ecuación matemática para determinar el grosor de una película de TiO<sub>2</sub> sobre las placas de vidrio dando un grosor de 131.5 nm. Los espectros son obtenidos a un ángulo de incidencia de 7° y un índice de refracción para la anatasa de 2.493, siendo apta para los fines de este trabajo. El grosor de la película de fluoranteno puesto sobre las placas es de alrededor de 400 nm, esto para permitir que la luz solar llegue a la superficie de TiO<sub>2</sub>.

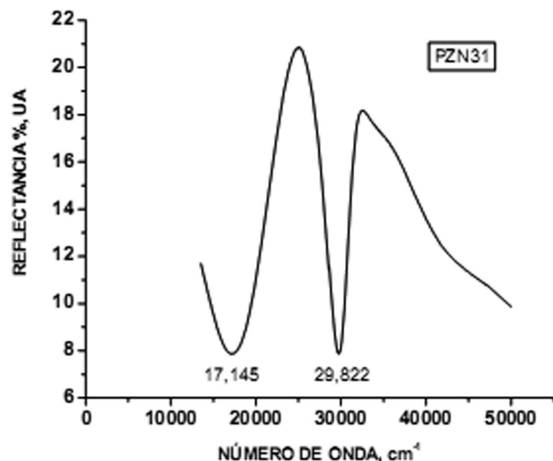


Figura 1. Espectro UV-Vis-NIR para una película de TiO<sub>2</sub> dopado con Zn.

En los experimentos de degradación bajo el esquema de la química combinatoria las placas se colocan de una forma aleatoria y se exponen al sol de verano alrededor de tres sesiones de 4 horas cada una. Al término de los experimentos de degradación, las placas se ordenan de acuerdo a la matriz de la figura 2 donde se observa de manera esquemática el orden de organizar las placas tomando en cuenta la tabla periódica. Después se visualiza la zona de degradación durante la exposición solar, para delimitar un diseño de experimentos y encontrar la superficie de respuesta y confirmar la combinación óptima de metales.

	TiO <sub>2</sub>	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	ZnFe	C	Ag
%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
P	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
E	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
S	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
O	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Figura 2. Matriz Combinatoria de los experimentos foto-catalíticos con las películas de TiO<sub>2</sub>

### Referencias

- [1] Seung-Min Oh, T. Ishigaki, (2004), *Thin Solid Films*, **457**, 186-191
- [2] H. Wrang, J.G.Li, H. Kamiyama. (2005). *American Chemical Society*, **127**, 10982-10990.
- [3] Dong Hyun Kimw and Kyung Sub Lee, (2006). *Am. Ceram. Soc.*, **89**, 515-518.

**Artículo Recibido:** 13 de octubre del 2007

**Aceptado para publicación:** 8 de diciembre del 2007