

Título: POROUS ONE DIMENSIONAL PHOTONIC CRYSTALS FOR ENHANCED PHOTOVOLTAIC PERFORMANCE OF DYE SOLAR CELLS

Nombre: COLODRERO PÉREZ, SILVIA

Universidad: Universidad de Sevilla

Departamento: Física de la materia condensada

Fecha de lectura: 21/06/2013

Programa de doctorado: CIENCIA DE LOS MATERIALES

Dirección:

> **Director:** HERNÁN RUY MÍGUEZ GARCÍA

> **Tutor/Ponente:** DIEGO GÓMEZ GARCÍA

Tribunal:

> **presidente:** LUISA E. BAUSÁ LÓPEZ

> **secretario:** ALFONSO BRAVO LEON

> **vocal:** Juan Antonio Anta Montalvo

> **vocal:** EMILIO PALOMARES GIL

> **vocal:** JORDI MARTORELL PENA

Descriptor:

> PROPIEDADES OPTICAS DE MATERIALES

> ENERGIA SOLAR

> LAMINAS DELGADAS

> PREPARACION Y CARACTERIZACION DE MATERIALES INORGANICOS

El fichero de tesis ya ha sido incorporado al sistema

> 2013colodporou.pdf

Localización: SERVICIO DE DOCTORADO, UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Resumen: El principal reto que se propone en esta tesis es la fabricación de materiales dieléctricos altamente reflectantes que puedan ser fácilmente integrables y compatibles con el método de procesado de una nueva generación de dispositivos fotovoltaicos denominados celdas solares de colorante o DSCs, del inglés Dye Solar Cells. Este tipo de dispositivos se propuso a comienzos de los 90 como alternativa a las celdas de unión de estado sólido de silicio cristalino debido, principalmente, a su menor coste de producción y a su fácil procesado. Por otra parte, las DSCs reúnen una serie de características, tales como la transparencia y la posibilidad de ser fabricadas sobre sustratos flexibles, las cuales no podrían lograrse con las tecnologías convencionales, y que, junto con el buen funcionamiento en condiciones exteriores, podrían promover aplicaciones innovadoras en el campo de la energía solar.

Muy brevemente, las DSCs se basan en el empleo de recubrimientos meso-porosos de semiconductores de amplio band gap, comúnmente de TiO_2 , sobre los que se anclan moléculas de colorante sensibles a determinados rangos de longitudes de onda dentro del espectro visible. El fenómeno de absorción de luz por parte de las moléculas de colorante genera un par electrón-hueco que es posteriormente separado, siendo el electrón transferido a la banda de conducción del semiconductor y el hueco a un electrolito líquido que permite su transporte. Aunque numerosos avances han permitido optimizar los procesos de absorción y transporte de carga de estos dispositivos, principalmente a través del diseño de nuevos colorantes y la fabricación de electrodos con distinta nano-estructura, la fabricación de DSCs más eficientes sigue siendo uno de los principales retos tecnológicos en la actualidad. Es aquí donde surge el interés por el diseño de distintos tipos de estructuras altamente reflectantes y que permitan la concentración de luz solar dentro de la celda para un aumento de su eficiencia, de forma similar a las técnicas comúnmente empleadas para las celdas de silicio. Sin embargo, en esta ocasión, los elementos ópticos potencialmente integrables dentro del dispositivo serían aquéllos que presentaran una porosidad interconectada, lo que aseguraría el contacto semiconductor/electrolito en todo momento, así como la adecuada difusión de especies presentes en la fase líquida.

El primer ejemplo de la incorporación de este tipo de arquitecturas en DSCs fue presentado en 2003 a través del acoplamiento de un cristal fotónico tridimensional (3DPC) al electrodo semiconductor. Estos materiales se caracterizan por presentar una modulación periódica del índice de refracción a lo largo de las tres direcciones del espacio, lo que da lugar a rangos de frecuencia prohibidos, conocidos también como band gaps fotónicos, a través de los cuales la luz no se puede propagar, por lo que finalmente serán difractados y/o reflejados por la estructura. El uso de este tipo de sistemas dio lugar a una amplificación de la fotocorriente generada por la celda en un rango espectral que coincidía con el band gap fotónico de la estructura periódica, lo que permitía a su vez conservar la semi-transparencia de la misma.

Dentro de este contexto, los materiales que sirven como modelo para el desarrollo de este trabajo son estructuras tipo multicapa, conocidas también como reflectores de Bragg o cristales fotónicos unidimensionales (1DPCs), comúnmente empleados en óptica como filtros interferenciales por su capacidad para reflejar o transmitir selectivamente un amplio rango de longitudes de onda de forma eficiente. Este tipo de sistemas multicapa, los cuales se obtienen apilando materiales dieléctricos de alto contraste en su índice de refracción, se fabrica normalmente mediante técnicas que suelen englobarse bajo el nombre de deposición física desde la fase vapor, las cuales dan lugar a recubrimientos ópticos de gran resistencia mecánica y de estabilidad frente a variaciones en las condiciones ambientales. Aunque existe otro gran grupo de métodos de formación de multicapas basado en procesos de tipo sol-gel, ambos se caracterizan por la fabricación de estructuras densas o con una distribución de poros irregular que impediría su incorporación en las celdas de hetero-unión semiconductor-electrolito líquido. A principios de los 90, y haciendo uso de métodos de degradado electroquímico, se consiguió fabricar por primera vez obleas de silicio con propiedades de reflector de Bragg a través de una modulación periódica de la porosidad. Este hallazgo suscitó un gran interés en la fabricación de apilamientos tipo multicapa con un control preciso de su composición y de su meso-estructura para aplicaciones potenciales como sensores. Dos antecedentes previos al desarrollo de este trabajo demostraron la posibilidad de obtener reflectores de Bragg porosos a través del uso de capas de SiO_2 y TiO_2 usando moldes supramoleculares o una adsorción secuencial de nanopartículas y polímeros.

En este punto comienza la labor investigadora cuyos principales resultados se recogen en esta memoria de tesis y que tiene como objetivos:

¿El desarrollo de un procedimiento experimental que permita fabricar apilamientos multicapa o 1DPCs altamente reflectantes basados en nanopartículas de distinto tipo, principalmente SiO_2 y TiO_2 , con una

porosidad interconectada. Esto lleva consigo una caracterización exhaustiva de las propiedades ópticas y estructurales de los materiales obtenidos finalmente.

¿La integración de las multicapas basadas en nanopartículas en DSCs. La comparación de las propiedades ópticas y fotovoltaicas de estos sistemas con aquéllos que emplean láminas difusoras permitirá evaluar el potencial de estas estructuras.

¿El control de la porosidad de los sistemas multicapa para un funcionamiento optimizado en DSCs. Estudio de la modificación del color estructural, la transparencia y la eficiencia en DSCs que integran 1DPCs con una porosidad optimizada para futuras aplicaciones como elementos arquitectónicos funcionales.

BIBLIOGRAFÍA DESTACADA

- [1] B. O'Regan, M. Grätzel, *Nature*, 1991, 353, 737.
- [2] H.A. Atwater, A. Polman, *Nat. Mater.*, 2010, 9, 205.
- [3] J.H. Yum, E. Baranoff, S. Wenger, M.K. Nazeeruddin, M. Grätzel, *Energy Environ. Sci.*, 2011, 4, 842.
- [4] E. Yablonovitch, *J. Opt. Soc. Am.*, 1982, 72, 899.
- [5] E. Yablonovitch, *Phys. Rev. Lett.*, 1987, 58, 2059.
- [6] S. John, *Phys. Rev. Lett.*, 1987, 58, 2486.
- [7] J.D. Joannopoulos, P.R. Villeneuve, S.H. Fan, *Nature*, 1997, 386, 143.
- [8] S. Nishimura, N. Abrams, B.A. Lewis, L.I. Halaoui, T.E. Mallouk, K.D. Benkstein, J. van de Lagemaat, A.J. Frank, *J. Am. Chem. Soc.*, 2003, 125, 6306.
- [9] A. Mihi, H. Míguez, *J. Phys. Chem. B*, 2005, 109, 15968.
- [10] H.A. Macleod, *Thin Film Optical Filters*, 3rd Edition, 2001, Institute of Physics Publishing, London.