

División de Ingenierías Campus Irapuato-Salamanca Universidad de Guanajuato

Marco Bianchetti,^{1*} Bárbara González Rolón,² Eric Noé Hernández Rodríguez,² Mónica Trejo Durán,¹ Daniel Jáuregui Vázquez,² Roberto Rojas Laguna²

RESUMEN: La División de Ingenierías del Campus Irapuato-Salamanca (DICIS) de la Universidad de Guanajuato está comprometida a servir a la sociedad por medio de la formación de recursos humanos de alta calidad y de actividades de extensión e investigación de alto nivel. La investigación en el área de nanociencia y nanotecnología (NyN) abarca varios cuerpos académicos, y líneas de aplicación y generación de conocimientos mediante la impartición de cursos de maestría y doctorado en la DICIS. Recientemente la DICIS se equipó con un cuarto limpio de clase 1000 ubicado en la sede del Departamento de Estudios Multidisciplinarios (DEM) en Yuriria, Gto., con un evaporador térmico para la deposición de materiales en forma de película delgada, y cuenta con un sistema de medida I-V en campo magnético de hasta 1T. La DICIS fomenta la colaboración entre investigadores de la misma universidad pertenecientes a diferentes departamentos y cuerpos académicos así como la colaboración interuniversitaria a nivel nacional e internacional. La DICIS está comprometida con el desarrollo de la NyN para la mejora de materiales funcionales y sensores.

PALABRAS CLAVE: Cuarto limpio, PVD, caracterización, sensores ópticos, materiales funcionales.

ABSTRACT: The Engineering Division of the Irapuato-Salamanca Campus (DICIS) of the University of Guanajuato is committed to support the public interest through high quality human resources training and high-level research. Research in the area of nanoscience and nanotechnology span several academic groups, and research lines in MSc and PhD degrees. Recently, the DICIS has acquired a class-1000's cleanroom located at the Department of Multidisciplinary Studies (DEM) in Yuriria, Gto. with a thermal evaporator for thin film deposition and an I-V magnetic field system for measurements up to 1T. The DICIS supports academic collaboration between researchers belonging to different academic groups and departments, and inter-university cooperation at national and international level. The DICIS is committed to improve the knowledge of nanoscience and nanotechnology to enhance functional materials and sensors.

KEYWORDS: Clean Room, PVD, characterization, nanostructured, optical sensors, functional materials.

Recibido: 20 de junio de 2016. Aceptado: 30 de agosto de 2016.

¹ Universidad de Guanajuato, División de Ingenierías Campus Irapuato-Salamanca, Sede Yuriria.

² Universidad de Guanajuato, División de Ingenierías Campus Irapuato-Salamanca, Sede Salamanca.

* Autor de contacto: Dr. Marco Bianchetti: Departamento de Estudios Multidisciplinarios-Yuriria. Campus Irapuato-Salamanca. Universidad de Guanajuato. Av. Universidad S/N, Colonia Yacatitas. 38944, Yuriria, GTO, México. Correspondencia: (mb@ugto.mx). Teléfono: +52 (01) 445 4589040 ext. 1723.

División de Ingenierías Campus Irapuato-Salamanca, UGTO

La División de Ingenierías del campus Irapuato-Salamanca (DICIS) forma parte de la Universidad de Guanajuato y está compuesta por seis departamentos: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica, Arte y Empresa, y, Estudios Multidisciplinarios.

La DICIS tiene como misión servir a la sociedad con trabajo de excelencia en docencia, investigación y extensión universitaria y formar seres humanos comprometidos con la transformación tecnológica, económica y social. También la DICIS tiene la visión de ser una división de excelencia con liderazgo nacional y reconocimiento internacional, congruente con las funciones sustantivas de la Universidad de Guanajuato e impulsora y promotora del desarrollo científico y tecnológico. Se sustenta en los valores de honestidad, libertad, conocimiento, compromiso y búsqueda de la excelencia.

La DICIS cuenta actualmente con 90 profesores de tiempo completo, de los cuales el 88% tiene doctorado, el 65% tiene perfil PRODEP, y el 62% pertenece al SNI. Cuatro profesores están involucrados en el área de NyN con un estimado de diez estudiantes involucrado en el área, número que se ha visto incrementado constantemente en los últimos años.

Líneas de investigación, desarrollo e innovación relacionadas con NyN

Las líneas de investigación de la DICIS relacionadas con el área de NyN y generación de conocimiento son diversas y abarcan:

Óptica no lineal y materiales, polímeros y materiales cerámicos, fibras ópticas y sensores, materiales micro y nanoestructurados y fotónica.

Los temas de investigación incluyen el desarrollo de celda solares fotovoltaicas (CSFs) orgánicas basadas en materiales poliméricos, pues su empleo abre la posibilidad de usar técnicas de fabricación simples y por lo tanto baratas, ofreciendo ventajas como la fabricación de dispositivos de muy bajo peso y mecánicamente flexibles. La mezcla de polímeros empleada para tal fin es P3HT:PCBM, actualmente se está trabajando en la incorporación de nanopartículas de TiO_2/CdS , pues este sistema de dos semiconductores posee un amplio espectro de absorción de la luz en la región UV-Vis (que es donde se encuentran los valores máximos de irradiación solar) y porque permite la separación selectiva y eficiente de huecos y electrones, que pueden ser colectados como energía eléctrica [1-3]. Por lo tanto, con la estrategia de formar una mezcla P3HT:PCBM:np-TiO₂/CdS para la capa absorbente de la CSF se está logrando que las np-TiO/CdS actúen en sinergia con la mezcla polimérica P3HT:PCBM en la absorción de la luz, facilitando a su vez el transporte de los portadores de carga generados en el material polimérico, dando como resultado una celda solar fotovoltaica más eficiente.

Otro tema de investigación es el desarrollo de nanoestructuras de ZnO

empleando un sistema de transporte de vapor digitalizado implementado en el Laboratorio de Ciencia de Materiales, algunos de los trabajos terminados son:

a) Un proceso de crecimiento sobre sustratos metálicos desarrollado utilizando un sistema de transporte de vapor para producir los *nanoribbons*, nanobastones y *nanoballs* de ZnO cristalina. La síntesis se llevó a cabo en un reactor adaptado a un mecanismo desarrollado específicamente para controlar digitalmente la temperatura, el flujo y la presión de las condiciones internas del tubo. Las propiedades estructurales y la composición de las muestras se estudiaron por difracción de rayos X (XRD), y la morfología de los productos obtenidos se caracterizó por microscopía electrónica de barrido SEM. Los resultados mostraron la formación de la fase ZnO que exhibe una morfología hexagonal crecimiento (grupo espacial P63mc) Wurtzsite (B4) para nanocintas, *nanorods* y *nanoballs*. En esta investigación se demostró el crecimiento del sistema por transporte de vapor, lo que mostró que las condiciones físicas tienen un efecto sustancial en la morfología de las nanoestructuras [4].

b) Un proceso de crecimiento en sustratos de Si y Ta fue desarrollado utilizando un sistema de transporte de vapor para producir nanobastones de ZnO cristalina. La síntesis se realizó en un reactor adaptado a un mecanismo desarrollado específicamente para controlar digitalmente la temperatura, el flujo y la presión de las condiciones internas del tubo. La composición química de las muestras se estudió por dispersión de rayos X (XRD), y la morfología productos AS-preparadas se caracterizó por microscopía electrónica de barrido en un ZEISS EVO® MA 10 con EDX.SEM E. Los resultados mostraron la formación de TaZnO fase que presenta una morfología nanobastones [5].

c) En el campo de la óptica no lineal cabe mencionar el estudio de las nanopartículas de oro las cuales son prometedoras en el campo científico tecnológico abarcando tanto el campo biológico como el electrónico. Por ejemplo las nanopartículas pueden incrementar la conductividad térmica de los fluidos en el cual están dispersos y como consecuencia modificar las propiedades ópticas no lineales. En particular, el efecto de las nanopartículas de Au en ácido lipoico y agua han sido estudiadas mediante la utilización de la técnica de z-scan donde se menciona que las propiedades ópticas no lineales de las Au-NPs pueden ser modificadas cuando están conjugadas con otras moléculas [6].

d) En el área de fibras ópticas y sensores cabe mencionar el uso de nanopartículas magnéticas dispersas en un fluido para realizar sensores de campo magnéticos utilizando fibras ópticas [7].

e) En el área de NyN los investigadores tienen experiencia en la deposición de materiales superconductores nanoestructurados con técnicas de deposición por láser pulsado (PLD) y su caracterización a baja temperatura en campo magnético [8].

Colaboraciones y proyectos

La DICIS fomenta la colaboración entre entidades académicas, sea ésta entre investigadores, cuerpos académicos, departamentos u otras universidades.

En particular cabe mencionar la colaboración entre miembros del cuerpo académico en electrónica y óptica aplicada con sede en el Departamento de Estudios Multidisciplinarios (DEM) en Yuriria y el de Optoelectrónica con sede en Salamanca.

También se tiene colaboración con el Centro de Investigación en Nanotecnología y Nanoelectrónica y el Laboratorio de Investigación en Fotónica de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL).

Infraestructura

La DICIS cuenta con un cuarto limpio de clase 1000, lo cual significa que se encuentran a lo máximo 1000 partículas de tamaño mayor a 0.5 μm en un pie cúbico de aire en el interior del mismo (equivalente a una clase 5 ISO). El cuarto limpio ocupa una superficie de 28 m^2 en un ambiente acondicionado para minimizar la producción de polvo y partículas contaminantes. La entrada al cuarto es a través de un cambiador donde los usuarios se ponen un sobre-traje para no contraminar el cuarto. En el interior, el cuarto limpio está equipado con un deionizador de agua y con líneas de gas (figura 1), un microscopio y un *spin-coater* (figura 2) para el recubrimiento de películas delgadas. Para la caracterización de muestras se cuenta con un electroimán GMW tipo dipolo de hasta 1 T con sensor de tipo Hall y un sistema de medidas I-V de marca Keithley (figura 3). Para la producción de materiales la DICIS cuenta con un sistema de evaporación térmico de marca Intercovamex (figura 4) que permite el recubrimiento de muestras con materiales metálicos o magnéticos. También se cuenta con un laboratorio de química equipado con una campana aspiradora y un horno de hasta 1000 $^{\circ}\text{C}$.

FIGURA 1. Deionizador de agua y líneas de gases.



FIGURA 2. Microscopio y spin coater.

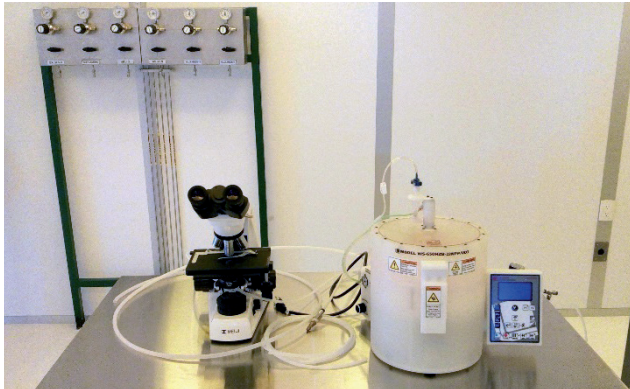


FIGURA 3. Sistema de medida I-V con imán de hasta 1 T.

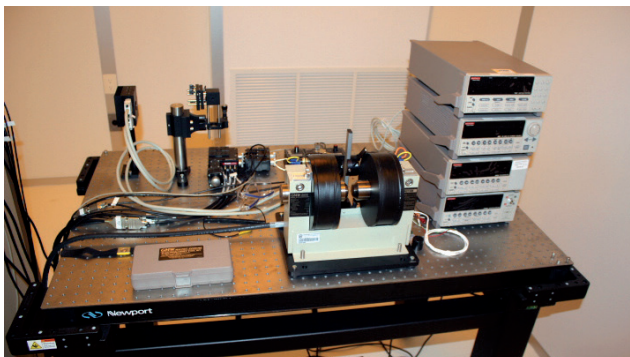


FIGURA 3. Sistema de evaporación térmica de marca Intercovamex.



Docencia y formación de recursos humanos

El personal académico del DICIS está comprometido con actividades de docencia y formación de recursos humanos a través de la impartición de clases frente a grupo, dirigiendo tesis de grado y posgrado, atendiendo servicios sociales, participando en la actualización y creación de planes de estudio a nivel licenciatura y posgrado, otorgando cursos de verano, supervisión de estudiantes en veranos de investigación entre otra actividades.

Aunque no se cuente con una carrera enfocada a la nanotecnología y nanociencia, los estudiantes en el área básica común cursan materias de física, química, ciencia de materiales, física de semiconductores, y laboratorio de mediciones.

En el área de posgrado la DICIS tiene las siguientes líneas de generación y aplicación del conocimiento: óptica no lineal y materiales, fibras ópticas y sensores, polímeros y materiales cerámicos, materiales micro y nano-estructurados y fotónica.

Principales logros en el área NyN

Los principales logros del DICIS en el área NyN son:

- La instalación de un cuarto limpio clase 1000 equipado con un deionizador de agua y *spin coater*.
- La instalación de un sistema de medidas I-V en campo magnético de hasta 1 T.
- La instalación de un sistema de deposición por medio de evaporación térmica de marca Intercovamex.
- La instalación de un sistema de transporte de vapor digitalizado para la deposición de nanoestructuras.
- La fabricación de un sensor óptico de campo magnético que utiliza nanopartículas magnéticas.
- Impulso a la colaboración interdisciplinaria entre investigadores en el área de fibras ópticas y materiales.
- Impulso a la colaboración con investigadores de la UANL interesados en temas de nanociencia y nanotecnología.

Perspectivas sobre el estudio de la NyN

Los académicos de la DICIS consideran que las principales perspectivas de la NyN son las siguientes:

- 1) La mejora de materiales funcionales por medio de la inclusión de nanoestructuras, como por ejemplo el aumento de la corriente y temperatura crítica en un superconductor, el aumento de la temperatura de Curie de materiales magnéticos.

- 2) La mejora de la eficiencia y disminución del costo de fabricación de celdas solares fotovoltaicas.
- 3) El estudio de propiedades ópticas no lineales debido a la incorporación de nanopartículas.
- 4) La deposición desde fase vapor de nanoestructuras.
- 5) El estudio de materiales apto a la conversión de energía mecánica o térmica a energía eléctrica.
- 6) El estudio de sensores basados en fibras ópticas que pueden beneficiarse de materiales nanométricos o nanoestructurados para aumentar la sensibilidad al campo externo a medir.

Sitios de interés

DICIS: <<http://www.ingenierias.ugto.mx/DI/estructura/>>.

DEM Yuriria: <http://www.demyuriria.ugto.mx/dem/dem_home.htm>.

Oferta académica del DICIS: <<http://www.ingenierias.ugto.mx/DI/estructura/ingenieriasoferta.html>>.

Referencias

- [1] E. Hernández-Rodríguez, V. Rejón, R. Mis-Fernández, J.L. Peña, "Application of sputtered TiO₂ thin films as HRT buffer layer for high efficiency CdS/CdTe solar cells", *Solar Energy*, 132 (2016) 64.
- [2] E. Hernández-Rodríguez, M. Loeza-Poot, V. Rejón, I. Riech, J.L. Chapa, "A comparative study of CdS:O and CdS:F thin films deposited by reactive RF-sputtering technique for window layer application in solar cells", *Journal of Physics D: Applied Physics*, 48 (2015) 255102.
- [3] E. Hernández-Rodríguez, V. Rejón, I. Riech, M. Acosta, J.L. Peña, "Morphological and chemical study of CdTe thin films annealed in CHClF₂-O₂ gas mixture", *Solar Energy*, 107, (2014) 305.
- [4] B. González-Rolon, L.A. Vera-Salas, "Synthesis of ZnO, nanorods and nanoballs by vapor transport process assisted by electronic control", *Journal of chemical biological and physical sciences JCBPS; Section C*; agosto 2015 - octubre 2015, Vol. 5, No. 4; 4269-4278. E- ISSN: 2249-1929.
- [5] B. González Rolón, Y. Tadashi, "Synthesis of the nanostructures of TaZnO", reporte de estancia de investigación. Universidad de Guanajuato, 1603-1 Kamitomioka, Nagaoka, Niigata, 940-2188, Japón (2015).
- [6] M. Trejo-Durán, D. Cornejo-Monroy, E. Alvarado-Méndez, A. Olivares-Vargas, V. Castaño, "Nonlinear optical properties of Au-nanoparticles conjugated with lipoic acid in water", *J. Europ. Opt. Soc. Rap. Public.*, 9, 1402 (2014).
- [7] D. Jáuregui-Vázquez, L.M. Morales-Villagomez, J.M. Estudillo-Ayala, D. Kumar-Tiwari, M. Bianchetti, J.M. Sierra-Hernández, J.C. Hernández-García y R. Rojas-Laguna, "Optical fiber fabry-perot cavity liquid-filled with Mn-Zn ferrite nanoparticles for magnetic sensing", (en preparación).

- [8] G. Ercolano, M. Bianchetti, S.C. Wimbush, S.A. Harrington, H. Wang, J.H. Lee, J.L. MacManus-Driscoll, "State-of-the-art flux pinning in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ by the creation of highly linear, segmented nanorods of $\text{Ba}_2(\text{Y/Gd})(\text{Nb/Ta})\text{O}_6$ together with nanoparticles of $(\text{Y/Gd})_2\text{O}_3$ and $(\text{Y/Gd})\text{Ba}_2\text{Cu}_4\text{O}_8$ ", *SUST*, 24(9): 095012, (2011).