

Laboratorio de Síntesis y Caracterización de Materiales Luminiscentes

Introducción

La llamada luz fría, conocida por muchos, es una expresión que nace en relación a las propiedades de los materiales que emiten luz sin que tenga aunado un proceso de calentamiento, como es el caso de los tradicionales “focos”, los focos que por mucho tiempo se emplearon en los hogares para la iluminación. Actualmente, el sistema de iluminación en las viviendas ha sido sustituido por “focos ahorradores”, los cuales iluminan con mayor eficiencia y menos gasto de electricidad. La ventaja de estos “focos ahorradores”, es que contienen material luminiscente. La luminiscencia se refiere a cualquier luz fría. La luminiscencia puede ser causada por: fotones (luz de mayor energía, como la luz ultravioleta (U.V.)), reacciones químicas, energía eléctrica, movimientos subatómicos, etc.

Los fenómenos de luminiscencia han sido contrastados para todos los fenómenos de luz que no son causados por un aumento de temperatura, y se divide o se hace la distinción entre los términos fosforescencia y fluorescencia. El término fosforescencia significa emisión de luz causada por transiciones electrónicas entre niveles de multiplicidad diferente, mientras que el término fluorescencia se usa para emisión de luz ligada con transiciones electrónicas entre niveles de multiplicidad similar. El término fosforescencia se usa para describir la luminiscencia persistente (resplandor posterior) esto es la persistencia de la luz desde varios segundos hasta horas, como en los señalamientos carreteros. La fluorescencia, por otro lado, es un efecto casi instantáneo, que termina dentro de unos 10^{-8} segundos después de la excitación, es demasiado breve. El nombre de

fluorescencia se deriva del mineral fluorita, que exhibe una luminiscencia violeta de corta duración con la irradiación de luz U.V. La fotoluminiscencia (un caso de la fluorescencia), que ocurre por interacción-excitación de la radiación electromagnética sobre la materia, puede variar desde la radiación ultravioleta, rayos X y gamma hasta la luz visible. Se ha demostrado que, la luminiscencia causada por esta energía, generalmente es menor que la energía de excitación (corrimiento Stokes). Como se explica a continuación, esta diferencia en la longitud de onda es causada por una transformación de la luz de excitación en energía de vibración no radiante en átomos o iones, del material luminiscente, motivo por el cual disminuye la energía de emisión. En casos excepcionales, por ejemplo, cuando se usa una radiación intensa por rayos láser o cuando la energía térmica es suficiente contribuye al proceso de excitación de electrones, la luz emitida puede tener una longitud de onda más corta que la luz de excitación (radiación anti-Stokes).

Desde hace más de una década en la Universidad Tecnológica de la Mixteca (UTM), mediante el laboratorio de síntesis de materiales luminiscentes, se ha intensificado el estudio de estos materiales luminiscentes debido a sus varias aplicaciones en dispositivos optoelectrónicos, sistemas de imágenes y de iluminación, como son los LEDs, monitores de televisión y computadoras, láseres, paneles de despliegues visuales, lámparas de iluminación, etc. En el laboratorio de síntesis de materiales luminiscentes, obtenemos principalmente nuevos materiales en forma de películas delgadas o polvos activos ópticamente con

propiedades luminiscentes para las aplicaciones tecnológicas antes mencionadas.

Estos nuevos materiales (películas y polvos), se sintetizan con dos técnicas implementadas en la UTM, los dos derivan de procesos de depósito de vapor químico, a una se le conoce como rocío pirolítico por generación ultrasónica (RPU) y la otra se llama método del poliol.

La puesta en marcha del laboratorio de síntesis de materiales luminiscentes, surgió por los diferen-

tes programas de apoyo a la investigación y desde luego por el prestigio que representa la UTM. Cabe destacar que este laboratorio de Síntesis y Caracterización de Materiales Luminiscentes se implementó, primero con la participación de cuerpo académico UTMIX-CA-20, y ahora se cambió de nombre como UTMIX-CA-41. A continuación se presentan distintas tablas con información de los proyectos hasta ahora trabajados, así como la formación de capital humano orgullosamente oaxaqueño.

Tabla 1. Proyectos registrados en dependencia federal

Dependencia	Título proyecto	Monto	Fecha inicio	Fecha fin
PRODEP-SEP	Síntesis de cerámicos luminiscentes nanoestructurados	\$ 300,000.00	Agosto 2010	Noviembre 2011
PRODEPCA-SEP	Inducción luminiscente en barro negro como valor agregado y caracterización óptica y de composición química.	\$ 300,000.00	Enero 2011	Febrero 2012
PRODEP-PFCE Fortalecimiento de Cuerpos Académicos 2017	Fotocatálisis aplicada a vinazas mezcaldas oaxaqueñas	\$ 282,000.00	Junio 2017	Junio 2018
CONACYT CB-2015-01, Núm. 258004	Nanoestructuras de circonia impurificada con tierras raras obtenidas mediante la técnica de poliol y Rocío Pirolítico ultrasónico	\$ 823,579.00	Noviembre 2016	Mayo 2020

Tabla 2. Patentes registradas y otorgadas

Núm. Registro	Título	Folio	Fecha registro	Fecha de otorgamiento
MX/a/2013/010857	Procesos para depositar recubrimientos fotoluminiscentes sobre sustratos de Barro Negro	45631	23 Septiembre 2013	16 agosto 2017
		Título de patente 350343		Vence 23 septiembre 2033
MX/a/2017/015541	Dispositivo para generar flujo laminar implementado en un horno tubular	MX/E/2017/089535	01 diciembre 2017	EN PROCESO

Tabla 3. Trabajos de tesis concluidos

Alumno	Grado	Título tesis	Año
Elia Viridiana Reyes Cervantes Becaría CONACYT 384980	Maestría en dispositivos semiconductores BUAP	Síntesis y caracterización de partículas nanoestructuradas de ZnO mediante la técnica de Polyol.	Junio-2013
Gilberto Oropeza Rosario Becario CONACYT 19283	Ingeniería Industrial	Depósito y caracterización de películas delgadas de óxido de cobre-cromo dopado con calcio.	Mayo-2014
Gregorio Flores Carrasco Becario CONACYT	Doctorado en dispositivos semiconductores BUAP	"Síntesis de nanopartículas de ZnO por el método de spray pirólisis ultrasónico con reactor térmico horizontal y su caracterización estructural, morfológica, química y óptica.	Dic-2015
Martha Paola García Ramírez	Maestría en Tecnología Avanzada en Manufactura	Estudio cinético orientado hacia la técnica RPU para el recubrimiento fotoluminiscente en artesanías de barro negro.	Dic- 2016
Elizabeth Concepción Sánchez Esperanza. Becaría CONACYT	Maestra en Ciencias en Desarrollo regional y Tecnológico-ITO	Síntesis y caracterización de nanopolvos de ZnO por método poliol.	Junio 2017
Jorge Carmen Flores Juan	Maestría en Tecnología Avanzada en Manufactura	Manufactura de un dispositivo para generar flujo laminar e implementarse en la Técnica de Rocío Pirolítico Ultrasónico.	Octubre 2017
Bernardo Macedas García	Ingeniería Industrial	Proceso para la obtención de nanopolvos de ZrO ₂ utilizando Zr(NO ₃) ₄ como agente precursor a través de la técnica de Poliol.	Nov-2018
Irene Ivette Rojas Velazco Becario Proyecto Conacyt	Maestría en Tecnología Avanzada en Manufactura	Síntesis como proceso de manufactura de películas fotoluminiscentes de ZrO ₂ y ZrO ₂ :Tb ³⁺ mediante la técnica RPU.	Dic 2018
Carlos Ignacio Cruz Ortíz Becario Proyecto Conacyt	Ingeniería Industrial	Producción y caracterización de nanopolvos fotoluminiscentes de ZrO ₂ :Sm ³⁺ obtenidos mediante el método de Poliol.	Octubre 2019

Tabla 4. Estudiantes en proceso de tesis

Alumno	Grado	Título tesis	Fecha registro protocolo
Asael Ruiz Real Becario Proyecto Conacyt	Ingeniería Industrial	Manufactura de recubrimiento a través de síntesis de películas fotoluminiscentes dopadas con Sm ³⁺ a partir de Zr(C ₂ H ₃ O ₂) ₄ mediante la técnica RPU	Marzo 2017
Juan Javier Bautista Díaz Becario Proyecto Conacyt	Ingeniería Industrial	Manufactura de películas fotoluminiscentes de ZrO ₂ :Al ³⁺ obtenidas mediante la técnica RPU	Junio 2019

Tabla 5. Estudiantes de servicio social

Alumno	Grado	Proyecto	Año
Álvarez Reyes Jazmín Alhelí	Ingeniería Industrial	Inducción luminiscente en barro negro como valor agregado y caracterización y composición química	Mayo 2011
Yoshito Hernández Echeverría	Ingeniería en Diseño	Diseño de un horno eléctrico para depósito de película delgada en atmósfera controlada	Febrero 2012
José Alejandro Cruz Herrera	Ingeniería Industrial	Caracterización del acero empleado en las toberas de la turbina de la CFE, planta Hidroeléctrica Tamazulapan para minimizar la corrosión.	Agosto 2012
Víctor Alvarado Ramírez	Ingeniería en diseño	Construcción de un horno del tipo horizontal-vertical para el depósito de película delgada por la técnica de rocío Piroclítico ultrasónico.	Noviembre 2013
Asael Ruíz Real	Ingeniería Industrial	Fotocatálisis aplicada a vinazas.	Abril 2017
Bernardo Macedas García	Ingeniería Industrial	Fotocatálisis aplicada a vinazas.	Febrero 2017
Carlos Ignacio Cruz Ortiz	Ingeniería Industrial	Nanoestructuras de circonia impurificada con tierras raras obtenidas mediante la técnica de poliol y Rocío Piroclítico ultrasónico	Agosto 2018
Damaris Hernández Marín	Ingeniería Industrial	Nanoestructuras de circonia impurificada con tierras raras obtenidas mediante la técnica de poliol y Rocío Piroclítico ultrasónico	Noviembre 2018
Alejandro Muñoz Marín	Ingeniería Industrial	Nanoestructuras de circonia impurificada con tierras raras obtenidas mediante la técnica de poliol y Rocío Piroclítico ultrasónico	Abril 2019
Citalli Saray Martínez Ramírez	Ingeniería Industrial	Fotocatálisis aplicada a vinazas mezcleras oaxaqueñas	Abril 2019
Jorge Iván Martínez Vargas	Ingeniería Industrial	Nanoestructuras de circonia impurificada con tierras raras obtenidas mediante la técnica de poliol y Rocío Piroclítico ultrasónico	Octubre 2019

Tabla 6. Estudiantes con prácticas profesional

Alumno	Grado	Proyecto	Fecha
Cruz Ortiz Carlos Ignacio	Ingeniería Industrial	Nanoestructuras de circonia impurificada con tierras raras obtenidas mediante la técnica de poliol y Rocío Piroclítico ultrasónico	2 de julio al 17 de agosto 2018
Carlos Alberto Juárez Meneses	Ingeniería Industrial	Nanoestructuras de circonia impurificada con tierras raras obtenidas mediante la técnica de poliol y Rocío Piroclítico ultrasónico	01 de Julio al 16 de agosto del 2019

Equipos de Laboratorio

En el laboratorio de síntesis de materiales luminiscentes se cuentan con equipos que permiten la obtención de nuevos materiales con calidad, se tiene un desionizador de agua con una resistividad de 18.2 Mega-ohms·cm, como sabemos el agua es un disolvente universal y cualquier agua cruda contiene minerales disueltos y iones que necesitan ser eliminados. La desionización o desmineralización es el proceso de eliminar los iones positivos y negativos presentes en el agua. Para la preparación de soluciones químicas en el laboratorio es indispensable ocupar agua sin contaminantes. Para mediciones precisas se ocupa una balanza analítica con una resolución de cuatro decimales (diezmilésima de gramo). También se tiene un sistema de RPU, que sirve para depositar películas delgadas, particularmente con propiedades fotoluminiscentes. Otro dispositivo para obtener nanopulvos con propiedades fotoluminiscentes, es con el método del poliol. Recientemente contamos con otro equipo como variante de la técnica de RPU, cuyo alcance es para obtener materiales nanoestructurados, este equipo fue manufacturado por un alumno de posgrado-UTM de la Maestría en Tecnología Avanzada de Manufactura-UTM (MTAM

Jorge Flores Juan), que además dio origen al registro de una patente ante el IMPI. Contamos con un espectrofotómetro de fluorescencia, es un equipo de alta sensibilidad, puede dar la información del espectro de emisión y excitación y vida media del tiempo de decaimiento de la emisión de luz. Se tiene una mufla para dar tratamiento térmico a los materiales hasta 1100°C y un horno tubular de cuarzo construido en la UTM que alcanza los 1000°C. También, producto de una tesis de Maestría en Tecnología Avanzada de Manufactura-UTM de la MTAM Martha Paola García Ramírez construyó un horno con base giratoria, para dar tratamiento por RPU a las artesanías de barro.

Premios y reconocimientos

En julio del 2012 y en diciembre del 2017 el H. Ayuntamiento de San Bartolo Coyotepec, Oax. en coordinación con el Museo de Arte Popular Oaxaca, nos otorgaron dos reconocimientos al grupo de investigadores y funcionarios de la UTM, que a la letra expresa el primero: *“Por su valiosa aportación a la comunidad que conlleva un beneficio de impacto directo en actividades de producción artesanal local, mediante el desarrollo e innovación tecnológica en la obtención de recubrimientos luminiscentes sobre artesanías de*



Figura 1. Equipos para síntesis de materiales luminiscentes, a) Sistemas RPU, b) Sistema Poliol, c) Espectrofotómetro de fluorescencia, d) Sistema RPU de tres zonas, e) Prensa, f) Balanza analítica y sistema de agua desionizada, g) Horno para recubrimiento artesanías barro negro, h) Horno tipo tubo de cuarzo, i) Mufla de 1100°C.

barro negro”; el segundo expresa: “*Por el mérito a la promoción del desarrollo Tecnológico e Innovación en la realización exitosa de los proyectos “Escala-miento de la Técnica RPU aplicando propiedades fotoluminiscentes al Barro Negro como Valor Agregado” y “Construcción de Horno eléctrico para tratamiento térmico de artesanías de Barro Negro” desarrollado por el Dr. Rafael Martínez Martínez y el Dr. Guillermo Juárez López, cuyos resultados beneficiarán a nuestra Comunidad Artesanal de Barro Negro”.*

Tabla 7. Relación con nombres de los que recibieron reconocimientos.

Nombre	Cargo
Dr. Modesto Seara Vázquez	Rector de la Universidad Tecnológica de la Mixteca
C.P. Javier José Ruiz	Vice-Rector Administrativo
Ing. Gerardo García Hernández	Vice-Rector Académico
Mtra. Delfina Soledad Torres	Abogado General
M.C. Evaristo Isac Velázquez Cruz	Profesor-Investigador
Dr. Edgardo Yescas Mendoza	Profesor-Investigador
Dr. Guillermo Juárez López	Profesor-Investigador
Dr. Rafael Martínez Martínez	Profesor-Investigador

En el marco de la XX Semana de Ciencia y Tecnología, celebrado del 21 al 23 de octubre de 2013, en la Alameda de León en la ciudad de Oaxaca, los alumnos María Guadalupe Archundia Gutiérrez y Gilberto Oropeza Rosario de la Universidad Tecnológica de la Mixteca, ganaron el primer lugar estatal en el área de Ciencias de los materiales de nivel licenciatura con el proyecto titulado “Óxidos conductores transparentes de $\text{CuCrO}_2:\text{Ca}^{2+}$ depositados por Rocío Pirolítico Ultrasónico”, bajo la asesoría de los investigadores Dr. Rafael Martínez Martínez y el Dr. Miguel Ángel Aguilar Frutis. La entrega del reconocimiento fue por el M. en C. Alberto Sánchez López, Director del Cocyt, les entregó una laptop a cada uno y una constancia de participación.

Autores de la Vida Académica

Dr. Rafael Martínez Martínez¹
Dr. Guillermo Juárez López²



Figura 2. Gilberto Oropeza y María Guadalupe Archundia, recibieron sus premios.

¹Profesor Investigador del Instituto de Física
Centro de Estudios de Nuevos Materiales
rafaelmtz@mixteco.utm.mx

²Profesor-Investigador
Centro de Estudios de Nuevos Materiales
gjuarezl@mixteco.utm.mx