



spinor

Dos facetas, información y divulgación
un solo objetivo, comunicar

La física de
materiales y
la **ciencia** de
materiales en la
BUAP



Índice

Editorial	1
Materiales complejos e inteligentes María Eugenia Mendoza, Felipe Pacheco y Ulises Salazar	2
Cristales fotónicos como generadores de energía M. Toledo-Solano, M.A. Palomino-Ovando, B. Flores-Desirena, A. J. Carmona-Carmona y J. J. Gervacio-Arciniega	6
Cuántos científicos se necesitan para cambiar un bombillo Salvador Carmona Téllez, Abraham Meza Rocha y Rosendo Lozada Morales	10
La importancia de la luz azul en la sociedad del siglo XXI J. Martínez Juárez, K. Mofil Leyva, J. Alberto Luna López, J. A. David Hernández De la luz, J. Luis Sosa Sánchez, J. Carrillo López, G. Juárez Díaz	14
Materiales fotónicos: Salvando el planeta a través de materiales inteligentes José Alberto Alvarado, Rene Pérez Cuapio, Mauricio Pacio Castillo y Héctor Juárez Santiesteban	18
Materiales Híbridos Rodolfo Palomino Merino, Efraín Rubio Rosas, José Eduardo Espinosa Rosales, Ricardo Agustín Serrano, Roberto Álvarez Zavala	22
En el Instituto de Física de la BUAP no estamos poniendo las pilas Enrique Quiroga González	26
Aplicación de materiales en la mitigación de la contaminación ambiental Heriberto Hernández Cocoltzi, Ma. de Lourdes Ruiz Peralta y Eva Águila Almanza	28
Electrohilado, técnica versátil para la elaboración de nanofibras Sergio A. Sabinas-Hernández, N. Rutilo Silva González y J. Miguel Gracia Jiménez	32
Nanociencia y nanotecnología en nuestra vida cotidiana Umapada Pal	36



spinor

Dos facetas, información y divulgación
un solo objetivo, comunicar

Revista de la Vicerrectoría de Investigación
y Estudios de Posgrado

Dra. Ma. Lilia Cedillo Ramírez

Rectora

Mtro. José Manuel Alonso Orozco

Secretaría General

D. C. Ygnacio Martínez Laguna

Vicerrector de Investigación y Estudios de Posgrado

Dra. Yadira Navarro Rangel

Directora General de Estudios de Posgrado

Dra. Ma. Verónica del Rosario Hernández Huesca

Director General de Investigación

Dr. Arturo Fernández Téllez

Director General de Divulgación Científica

Investigación y revisión:

Dr. José Eduardo Espinosa Rosales

Dr. Hugo Navarro Contreras

Dirección de la revista:

Dr. Arturo Fernández Téllez

Consejo Editorial:

Dra. María Eugenia Mendoza Álvarez, Dr. Martín Rodolfo Palomino Merino, Dr. Gilberto Tavares Velasco, Dra. Olga Félix Beltrán

Diseño:

Israel Hernández / El Errante Editor

SPINOR, año 12, núm. 44, septiembre-octubre de 2022, es una publicación bimestral editada por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, con domicilio en 4 sur 104, Col. Centro, C.P. 72000, Puebla Pue., y distribuida a través de la Dirección de Divulgación Científica de la VIEP, con domicilio en Torre de Gestión Académica y Servicios Administrativos, 6° Nivel, Avenida Central, Ciudad Universitaria, C. P. 72570, Puebla Pue., Tel. (52) (222) 2295500 ext. 5729, www.viep.buap.mx, revistaspinor@gmail.com, Editor responsable: Dr. Arturo Fernández Téllez, arturo.fernandez@correo.buap.mx. Reserva de Derechos al uso exclusivo 04-2017-062916010700-102. ISSN: (en trámite), ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Con Número de Certificado de Licitud de Título y Contenido: (16523), otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impresa en EL ERRANTE EDITOR S.A. DE C.V., Privada Emiliano Zapata No. 5947, Col. San Baltasar Campeche, Puebla, Pue., C.P. 72590, Tel. (222) 4047360, este número se terminó de imprimir en julio de 2019 con un tiraje de 3000 ejemplares. Ejemplar gratuito

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Editorial

La física de materiales y la ciencia de materiales en la BUAP

La investigación aplicada ha sido uno de los objetivos establecidos desde hace décadas en nuestra institución. Por definición, los materiales son sustancias naturales o artificiales que se diseñan, preparan y estudian para ser utilizadas en una aplicación específica, debido a que poseen propiedades físicas y químicas requeridas para un uso preciso. Así, se han desarrollado materiales para dispositivos electrónicos (detectores, actuadores, etc.), para generación y almacenamiento de energía (celdas solares, baterías, etc.), para construcción (cementos, pegamentos, etc.), para tratamiento de desechos (catalizadores, contenedores, etc.), para medicina (transporte de medicamentos, agentes de contraste, etc.), por citar algunos ejemplos que ilustran la amplitud e importancia de esta área de investigación.

En este número de *Spinor* presentamos las contribuciones de varios grupos de la BUAP que realizan investigación experimental en física de materiales y ciencia de materiales de unidades académicas como el Instituto de Física, la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, el Instituto de Ciencias y la Facultad de Ingeniería Química. También existen grupos que desarrollan investigación teórica o modelado computacional de materiales, cuyas aportaciones serán abordadas en otro número de la revista.

Los doctores María Eugenia Mendoza, Felipe Pacheco y Ulises Salazar presentan los materiales complejos e inteligentes, en particular, los ferroicos, los magnetocristales y los superparamagnetos. En su artículo, los doctores Sergio Sabinas, Rutilo Silva y Miguel Gracia muestran el desarrollo de una técnica novedosa para la obtención de nanofibras. Asimismo, el doctor Uma-pada Pal, en su contribución, nos introduce en el mundo de la nanociencia y la nanotecnología en la vida cotidiana. Además, los doctores Heriberto Hernández, Ma. de Lourdes Ruiz y Eva Águila explican la importancia del uso de materiales reciclados para la mitigación de la contaminación ambiental.

Por su parte, los doctores J. Martínez-Juárez, K. Mofil-Leyva, J. Alberto Luna-López, J. A. David Hernández-De la luz, J. Luis Sosa-Sánchez, J. Carrillo-López y G. Juárez-Díaz presentan el artículo "Semiconductores nanoestructurados y orgánicos". Los doctores José Alberto Alvarado, René Pérez Cuapio, Mauricio Pacio Castillo, Avelino Cortés Santiago y Héctor Juárez Santiesteban presentan el artículo "Materiales fotónicos y su aplicación: salvando el planeta a través de materiales inteligentes".

M. Toledo-Solano, M. A. Palomino-Ovando, B. Flores-Desirena, A. J. Carmona-Carmona y J. J. Gervacio-Arciniega presentan el artículo "Cristales fotónicos como generadores de energía". Los doctores Salvador Carmona Téllez, Abraham Meza Rocha y Rosendo Lozada Morales presentan "¿Cuántos físicos se necesitan para cambiar un bombillo?", y, finalmente, los doctores Rodolfo Palomino Merino, Efraín Rubio Rosas, José Eduardo Espinosa Rosales, Ricardo Agustín Serrano, Roberto Álvarez Zavala integran el artículo "Materiales híbridos".

Dra. María Eugenia Mendoza Álvarez
Instituto de Física "Luis Rivera Terrazas", BUAP
Dr. Martín Rodolfo Palomino Merino
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, BUAP
Editores



En el Instituto de Física de la BUAP

Nos estamos poniendo las pilas

Enrique Quiroga González

Instituto de Física, BUAP
enrique.quiroga@correo.buap.mx



» Adicional a la producción de los ánodos de silicio, hemos trabajado en el entendimiento de los mecanismos de almacenamiento de carga en los mismos.

El mundo moderno sería inimaginable sin baterías. En particular, teléfonos móviles tan delgados y con la capacidad de correr varias aplicaciones por horas, serían inconcebibles sin baterías de ion de litio. Tampoco sería factible contar con coches eléctricos que se carguen con electricidad de la red eléctrica. Las baterías de ion litio presentan las densidades energéticas más altas entre los distintos dispositivos de almacenamiento conocidos (cantidad de energía por unidad de peso o unidad de volumen).

En el Laboratorio de Energía del Instituto de Física de la BUAP nos estamos poniendo las pilas para desarrollar materiales almacenadores de carga con característica superiores, al igual que nuevos conceptos de baterías y nuevas teorías para el

entendimiento de su funcionamiento. Se trata de uno de los menos de 5 laboratorios a nivel nacional en donde se tenga la capacidad de ir desde la síntesis de materiales hasta el ensamble de baterías de ion litio, siendo pioneros en el tema.

El material que más hemos estudiado y desarrollado como ánodo (electrodo negativo) de baterías es el silicio. No es un caso típico, ya que el material más utilizado como ánodo es el grafito, en el que se pueden intercalar iones de litio. En contraparte el silicio almacena litio formando aleaciones con él, pudiendo almacenar más de diez veces más litio que el grafito. La capacidad específica del silicio es de 4200 mAh/g, en tanto que la del grafito es de 370 mAh/g; pero la gran cantidad de litio almacenada produce un cambio de volumen de alrededor del

300% para producir la aleación $\text{Si}_{22}\text{Li}_5$. El cambio de volumen puede causar fracturas en el material, que devienen en un bajo rendimiento como electrodo. Sin embargo, al estructurar el material en forma de micro-hilos, se puede alcanzar su capacidad teórica de almacenamiento y un rendimiento superior (Quiroga-González, 2013). De forma adicional, para reducir costos, en el Laboratorio de Energía hemos estado trabajando en técnicas alternativas de microestructurado y en reducir el número de etapas de proceso. Hemos podido producir electrodos de silicio en forma de pilares (ver Fig. 1), nano-hilos y nano-paredes por medio de combinaciones de técnicas de grabado químico.

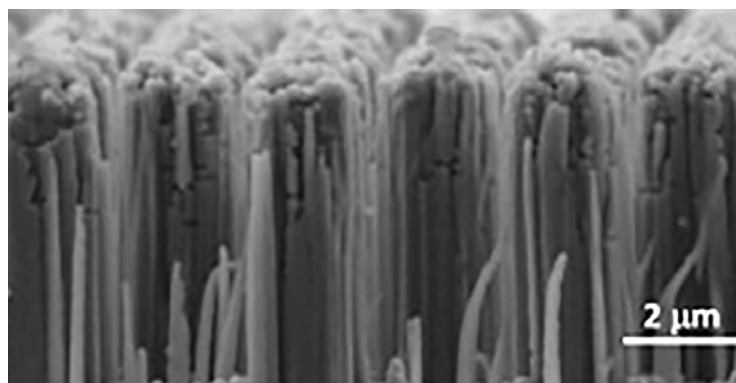


Fig.1. Micro-pilares de silicio producidos por combinaciones de técnicas de grabado químico, para usarse como ánodo de baterías de ion litio

Adicional a la producción de los ánodos de silicio, hemos trabajado en el entendimiento de los mecanismos de almacenamiento de carga en los mismos. Se han utilizado diversas técnicas de caracterización, como difracción de rayos x, espectroscopía Raman, microscopías electrónicas y espectroscopía de impedancia. En particular, esta última técnica nos ha dado información del cambio de las velocidades de transporte en las diferentes interfaces de la batería con ánodo de silicio. Se han podido identificar diferentes constantes de tiempo que varían conforme el electrodo se carga y descarga (ver Fig. 2). Se pudo concluir que los electrodos de silicio alcanzan una estructura estable después de varios ciclos, que permite el transporte de iones de litio de manera más eficiente (Espinosa-Villatoro, 2021).

Por otro lado, hemos podido desarrollar un cátodo (electrodo positivo) que combina alta capacidad y alta potencia instantánea. Hemos desarrollado el nuevo concepto de “dos cátodos en uno” (Garay-Marín, 2021). Para ello hemos utilizado un material que típicamente se puede cargar o descargar muy rápido (hasta en 2 minutos), que es el LiFePO_4 , y un material que presenta alta capacidad específica (de hasta 1675 mAh/g), que es el azufre. Es importante mencionar que el LiFePO_4 es de baja capacidad (170 mAh/g), y que el azufre se carga o descarga en más de 2 horas típicamente. Lo que se pretende con este nuevo concepto de cátodo es que el

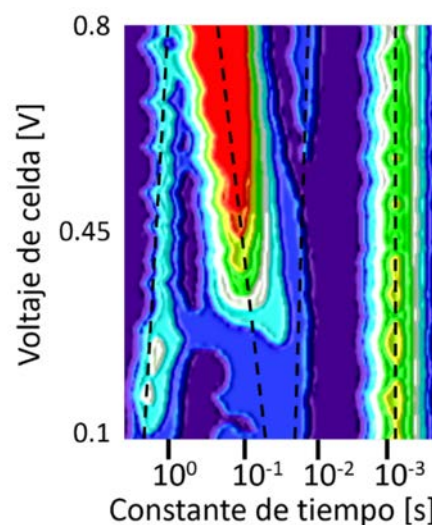


Fig.2. Constantes de tiempo identificadas a partir de datos de espectroscopía de impedancia, a diferentes voltajes de una batería con ánodo de silicio. Las líneas punteadas son una ayuda para identificar la tendencia de los datos

motor de un coche eléctrico se pueda encender (lo que demanda alta potencia) con la carga almacenada en el LiFePO_4 , y que el azufre dé la carga suficiente para el resto del viaje (autonomía). Nos estamos poniendo las pilas desde la conceptualización hasta la implementación.

Referencias

- Quiroga-González, E., Carstensen, J., Föll, H. (2013) “Optimal conditions for fast charging and long cycling stability of silicon microwire anodes for lithium ion batteries, and comparison with the performance of other Si anode concepts”, *Energies*, 6(10), pp. 5145-5156. DOI: 10.3390/en6105145.
- Espinosa-Villatoro, E., Nelson Weker, J., Ko, J. S., Quiroga-González, E. (2021) “Tracking the evolution of processes occurring in silicon anodes in lithium ion batteries by 3D visualization of relaxation times”, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 892, p. 115309. DOI: 10.1016/j.jelechem.2021.115309.
- Garay-Marín, J. D., Quiroga-González, E., Garza-Tovar, L.L., Reuter, F., Kensy, C., Althues, H., Kaskel, S. (2022) “High-performing Li-ion battery with “two cathodes in one” of sulfur and LiFePO_4 by strategies of mitigation of polysulfide shuttling”, *Batteries & Supercaps*, 4, pp. 359-367. DOI: 10.1002/batt.202000238.