

Diodos emisores de luz, un dispositivo semiconductor

Francisco **Ramírez**
Godofredo **García**

Hasta hace unos años, el foco incandescente era el dispositivo usual de iluminación. La incandescencia del foco es debida a que, al encenderlo, la corriente eléctrica circula a través de un filamento metálico, lo que genera un aumento de temperatura.

La luz proveniente de un foco incandescente es producto de la radiación electromagnética producida por la temperatura a la que se encuentra el filamento. En la actualidad, los diodos emisores de luz, conocidos como LEDs, han desplazado al foco incandescente. Una ventaja del LED es que la mayor parte de la energía consumida se transforma en luz, a diferencia del foco incandescente, en el que gran parte de la energía se disipa en forma de calor, en vez de luz.

EL DISPOSITIVO ELECTRÓNICO LED

La invención del LED data de los inicios de los años sesenta, y su presencia en el mercado pasó casi desapercibida durante mucho tiempo, pues su primera aplicación fue como indicador luminoso. Los LEDs suelen encontrarse como indicadores de encendido y apagado de los aparatos electrónicos. Su limitante principal era la intensidad de luz que podían emitir.



© Enrique Soto. Tehuantepec, Oaxaca XII, 2008.

En la década de 1990 se desarrollaron nuevos LEDs que permitían emitir una mayor cantidad de luz. Inicialmente se aplicaron en la industria automotriz. Hoy en día, en cambio, la mayoría de los faros de los autos se fabrican con LEDs ultrabrillantes.

LED, UN DISPOSITIVO SEMICONDUCTOR

El principio físico que rige la emisión de luz en cualquier tipo de LED, sea o no ultrabrillante, es el mismo. Un LED se construye empleando dos materiales semiconductores. Por un lado, se tiene un material semiconductor con exceso de carga negativa (electrones) llamado cátodo, y por otro, un material semiconductor con exceso de carga positiva (huecos) conocido como ánodo. Cuando la conexión se realiza apropiadamente, los electrones que tienen carga negativa son atraídos hacia el material con exceso de carga contraria, es decir el ánodo. Este movimiento de cargas origina que en la unión de los materiales se produzca una diferencia de energía que es liberada en forma de luz. A diferencia de un foco incandescente en el que la circulación de corriente acorta el tiempo de vida del filamento, en un LED la unión de los materiales semiconductores no se ve afectada por la circulación de corriente, posibilitando el uso del dispositivo durante mucho tiempo. Los estudios demuestran que el LED supera

por mucho el tiempo de vida del foco incandescente. En el curso de los años se han realizado diversas investigaciones encaminadas a mejorar el funcionamiento de los diodos emisores de luz. Destaca el trabajo de los investigadores japoneses Shuji Nakamura, Hiroshi Amano e Isamu Akasaki, quienes recibieron el Premio Nobel de Física 2014 por su contribución en el desarrollo de diodos emisores de luz de alta eficiencia (<https://p.dw.com/p/1DRUR>).

Este desarrollo tecnológico permitió la fabricación de LEDs ultrabrillantes que han ido evolucionando hasta convertirse en dispositivos necesarios en la iluminación.

INVESTIGACIÓN EN EL MEJORAMIENTO DEL LED

Actualmente se dispone de LEDs de baja y alta eficiencia, y son usados en equipos electrónicos y de iluminación. Esto no significa que el tema se ha agotado: actualmente se busca optimizar alguno de los aspectos involucrados en la fabricación de los LEDs, como extender las aplicaciones, aumentar la eficiencia, alargar el tiempo de vida, aumentar la intensidad luminosa, explorar nuevos materiales de fabricación y desarrollar técnicas de fabricación más baratas y amigables con el medio ambiente. La idea de contar con un dispositivo que proporcione iluminación con un tiempo de vida largo y alta intensidad luminosa representa un avance en la tecnología de los materiales y en las técnicas para fabricarlos. Las técnicas de fabricación de LEDs han dado pauta al desarrollo tecnológico de otras aplicaciones como pantallas táctiles, pantallas planas, sistemas bactericidas, transistores de alta frecuencia, sistemas láser, nanoestructuras, recubrimientos, entre otras. Para fabricar dispositivos semiconductores como los LEDs, se utilizan diferentes técnicas de fabricación que permiten el depósito o crecimiento de los materiales que conforman los dispositivos. Una técnica utilizada en la fabricación de materiales semiconductores es el depósito de químicos en fase vapor, cuya característica principal es que los químicos utilizados son del tipo metal-orgánico. A este sistema se le conoce como MOCVD (por sus siglas en inglés: *Metal-Organic Chemical Vapor Deposition*).



© Enrique Soto. Tehuantepec, Oaxaca XII, 2007.

Este sistema es útil no solo en la tecnología LED, sino también en el desarrollo de dispositivos basados en películas y estructuras semiconductoras (Zilko, 2001).

El depósito del material semiconductor se realiza dentro de una cámara o reactor en el que se introduce el reactivo químico metal-orgánico en fase vapor. En el interior del reactor, la temperatura es superior a los 400 °C. La temperatura puede variar dependiendo del material que se desea depositar. En el interior del reactor la molécula metal-orgánica se rompe debido a la temperatura, “soltando” la parte metálica, y el metal se deposita sobre un sustrato. El sustrato debe tener características especiales y se elige cuidadosamente con la intención de que el material que se deposita sobre él siga un arreglo atómico conocido como estructura. Podemos imaginar el arreglo atómico como bloques de construcción; la idea es que el material que se coloca encima (depósito de material) siga la forma que tiene la base (sustrato). A este tipo de depósito se le conoce como epitaxia o crecimiento epitaxial.

Los sistemas MOCVD se han ido perfeccionado conforme los requerimientos tecnológicos, con la finalidad de obtener materiales más puros, uniformes, con mayor eficiencia óptica y con un mayor control entre capas de diferentes composiciones. El desarrollo de la técnica de crecimiento epitaxial MOCVD permite fabricar diferentes tipos de dispositivos como celdas solares, fotodetectores, fotodiodos, láseres y diferentes tipos de transistores, por mencionar algunos (Christiansen *et al.*, 2002).

DEPÓSITO DE MATERIALES SEMICONDUCTORES EN LA BUAP

En el Centro de Investigación en Dispositivos Semiconductores (CIDS) del Instituto de Ciencias (ICUAP) de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, se ha diseñado e implementado con éxito un sistema MOCVD. Se trata del primer sistema en su tipo que se encuentra funcionando en nuestra Universidad

(BUAP) y en el Estado de Puebla. La ventaja de los equipos construidos en los laboratorios es que su diseño y construcción se realiza con fines de investigación, en comparación con los equipos comerciales que están diseñados para producir a gran escala. Además, hay la posibilidad de adaptar, reparar y modificar los sistemas para adecuarse a las necesidades de investigación. En nuestro caso, se consume la menor cantidad de insumos posible y también hemos mejorado el sistema de calefacción para alcanzar las temperaturas de operación en tiempos cortos gracias a la optimización de la fuente de temperatura y el confinamiento de la temperatura.

CONCLUSIÓN

La investigación en ciencia básica contribuye al desarrollo tecnológico que, a mediano y largo plazo, impacta la vida de todos, pues fomenta el desarrollo de nuevas aplicaciones y el mejoramiento de las existentes, como en el caso del LED. El principio de funcionamiento no varía, pero los científicos, en coordinación con los fabricantes de LEDs, desarrollan nuevos métodos de fabricación para mejorar la eficiencia de los dispositivos y disminuir los costos de fabricación. Incluso se incursiona en nuevos materiales, como el desarrollo de LEDs con materiales orgánicos. La instalación del sistema MOCVD en el Centro de Investigación en Dispositivos Semiconductores de la BUAP posibilita a los investigadores el depósito y estudio de materiales semiconductores que puedan ser aplicados en dispositivos ópticos y electrónicos, y contribuye así al mejoramiento y desarrollo de materiales y dispositivos semiconductores.

R E F E R E N C I A S

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/315524/5_LED.pdf.

<https://www.osram.es/cb/servicios/garant%C3%ADas/index.jsp>.

<https://p.dw.com/p/1DRUR>.

Zilko JL (2001). *Metal Organic Chemical Vapor Deposition: Technology and Equipment*. En Handbook of Thin Film Deposition Processes and Techniques; Seshan, K., Ed.; Noyes Publications.

Christiansen K, Luenenbuenger M, Schineller B, Heuken M and



© Enrique Soto. Tehuantepec, Oaxaca XII, 2008.



© Enrique Soto. Tehuantepec, Oaxaca XII, 2010.

Juergensen H (2002). Advances in MOCVD technology for research, development and mass production of compound semiconductor devices. *Opto-Electronics Review*.

Francisco Ramírez
IIIER, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
francisco.ramirezglez@alumno.buap.mx

Godofredo García
CIDS-ICUAP
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla



© Enrique Soto. Tehuantepec, Oaxaca XII, 2008.



© Enrique Soto. Tehuantepec, Oaxaca XII, 2008.