

LEDs AZULES. LLENANDO EL MUNDO CON UNA NUEVA LUZ

Isamu Akasaki, Hiroshi Amano and Shuji Nakamura han sido premiados por obtener una nueva fuente de luz energéticamente más eficiente y respetuosa con el medio ambiente, el diodo emisor de luz (LED) azul. De acuerdo con el espíritu de Alfred Nobel se ha premiado un invento que proporciona grandes beneficios a la humanidad; usando LEDs azules podemos obtener luz blanca de una manera distinta. Las lámparas LED son, en la actualidad, una alternativa, más duradera y eficiente, a las antiguas fuentes de luz.

Cuando Akasaki, Amano y Nakamura lleguen en Estocolmo a principios de diciembre para asistir a la ceremonia del Premio Nobel, probablemente no reparen en que la luz de sus LEDs puede verse en prácticamente todas las ventanas de la ciudad. Las lámparas LED blancas son eficientes, duraderas y emiten una luz blanca y brillante. Por otra parte, y a diferencia de las lámparas fluorescentes, no contienen mercurio.

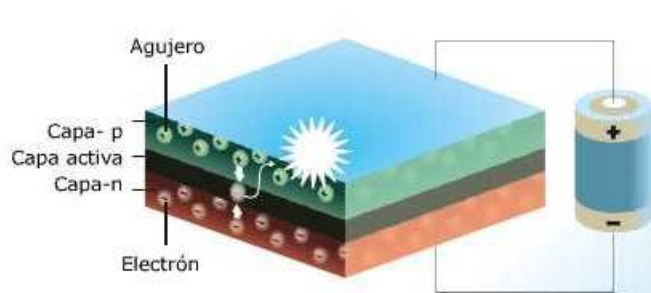
Tenemos LEDs rojos y verdes desde hace casi medio siglo, pero para obtener LEDs azules era necesaria toda una revolución tecnológica. Solo combinando los tres colores rojo, verde y azul se puede obtener la luz blanca que ilumina nuestro mundo. A pesar de los grandes esfuerzos llevados a cabo en la investigación y en la industria, la luz azul continuó siendo un desafío durante tres décadas

Akasaki trabajó con Amano en la universidad de Nagoya, mientras que Nakamura era un empleado de Nichia Chemicals, una pequeña empresa ubicada en Tokushima, en la isla de Shikoku. Cuando obtuvieron brillantes rayos azules utilizando semiconductores, abrieron las puertas para una transformación fundamental de la tecnología de la iluminación. Si las bombillas de luz incandescente han iluminado el siglo XX; el siglo XXI se iluminará con lámparas LED.

Ahorrando energía y recursos

Un diodo emisor de luz se compone de una serie de capas de materiales semiconductores. En los LED la electricidad se convierte directamente en partículas de luz, fotones, de una manera mucho más eficiente que en otras fuentes de luz donde la mayor parte de la electricidad se convierte en calor y sólo una pequeña cantidad en luz. En las lámparas de incandescencia, así como en las bombillas halógenas, la corriente eléctrica se utiliza para calentar un filamento de alambre, haciéndolo brillar. En las lámparas fluorescentes (conocidas como lámparas de bajo consumo, aunque con la llegada de las lámparas LED esa denominación ha perdido su significado) la electricidad excita el gas que contienen produciéndose luz y calor.

Los nuevos LED requiere menos energía para emitir luz en comparación con las antiguas fuentes de luz. Además su eficiencia aumenta constantemente consiguiéndose cada vez mayores flujos luminosos (medidos en lúmenes) por unidad de potencia eléctrica (medida en vatios). El récord actual está en unos 300 lm/W. Las lámparas de incandescencia producen unos 16 lm/W y 70 lm/W las lámparas fluorescentes. Como aproximadamente una cuarta parte del consumo mundial de electricidad se utiliza para iluminación, los LEDs contribuyen al ahorro de recursos de nuestro planeta.



El corazón del LED. Un diodo emisor de luz se compone de varias capas de materiales semiconductores. Una diferencia de potencial hace que los electrones de la capa n y los huecos de la capa p se dirijan a la capa activa, donde se recombinan emitiendo luz. La longitud de onda de la luz emitida depende del material semiconductor utilizado. El LED no es más grande que un grano de arena.

LED azul. El diodo emisor de luz en esta lámpara se compone de varias capas de nitruro de galio (GaN). Introduciendo impurezas de indio (In) y aluminio (Al), los galardonados aumentaron la eficiencia de la lámpara.

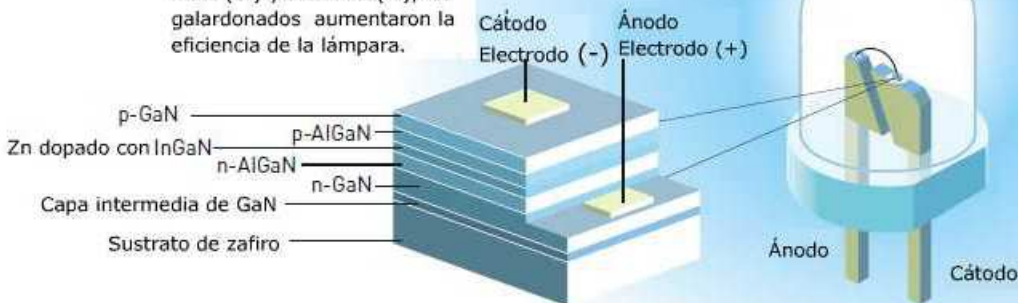


Fig 1. Funcionamiento de un diodo emisor de luz (arriba) y ejemplo de un LED azul (abajo)

Los LED también duran más que otras lámparas. Las bombillas incandescentes duran unas 1000 horas, al cabo de las cuales el calor destruye su filamento, mientras que las lámparas fluorescentes duran unas 10 000 horas. Un LED puede durar 100 000 horas, lo que reduce de forma considerable el consumo de materiales

Creando luz en un semiconductor

La tecnología LED tiene como origen la ingeniería que nos dio los teléfonos móviles, ordenadores y todos los equipos electrónicos modernos basados en fenómenos cuánticos. Un diodo emisor de luz se compone de varias capas: una capa tipo n con un excedente de electrones negativos y una capa tipo p con un déficit de electrones (por tanto con carga positiva), también denominada capa con "agujeros" positivos.

Entre ambas está la llamada capa activa, hacia la cual son impulsados los electrones negativos y los agujeros positivos cuando se aplica una tensión eléctrica al semiconductor. Cuando los electrones y los agujeros se encuentran se recombinan y se desprende luz. La longitud de onda de la luz generada depende enteramente de los materiales semiconductores; la luz azul está situada en las regiones de onda corta del arco iris y sólo algunos materiales son capaces de producirla.

El primer informe sobre la luz emitida a partir de un semiconductor fue escrito en 1907 por el Henry J. Round, un compañero de trabajo de Guglielmo Marconi, Premio Nobel en 1909. Más adelante, en la década de 1920 y 1930, en la Unión Soviética, Oleg V. Losev emprendió estudios acerca de la emisión de luz. Sin embargo Round y Losev carecían de los conocimientos para comprender el fenómeno. Aún faltaban algunas décadas para que la descripción teórica de la electroluminiscencia fuera una realidad.

El diodo luminoso rojo fue inventado a finales de la década de 1950. Fueron utilizados, por ejemplo, en relojes digitales y calculadoras o como indicadores on/off en varias aplicaciones. Rápidamente se hizo evidente que sería necesario un diodo emisor de luz con longitud de onda corta, de fotones altamente energéticos (un diodo azul) para crear luz blanca. Muchos laboratorios lo intentaron sin éxito.

Desafiando lo establecido

Los premiados desafiaron verdades establecidas; trabajaron duro y asumieron riesgos considerables. Construyeron sus propios equipos, aprendieron la tecnología y llevaron a cabo miles de experimentos. La mayoría de las veces fallaron, pero no desesperaron. Era experiencias creativas del más alto nivel.

A pesar de que antes otros no habían tenido éxito, Akasaki, Amano y Nakamura eligieron el nitruro de galio y sus esfuerzos obtuvieron recompensa. En principio el material se consideró apropiado para la producción de luz azul, pero las dificultades prácticas eran enormes. Nadie fue capaz de obtener cristales de nitruro de galio con la calidad suficiente, ya que los intentos para conseguir una superficie adecuada sobre la que crecieran los cristales de nitruro de galio resultaron infructuosos. Por otra parte, era prácticamente imposible crear capas tipo p con este material.

No obstante, Akasaki estaba convencido por su experiencia de que habían elegido el material correcto y continuó trabajando con Amano (entonces estudiante de doctorado en la Universidad de Nagoya). Nakamura, en Nichia, también había optado por el nitruro de galio frente al seleniuro de zinc, opción considerada como más prometedora por otros investigadores.

Fiat lux! (¡Hágase la luz!)

Akasaki y Amano fueron los primeros (en 1986) en obtener un cristal de nitruro de galio de alta calidad sobre una capa de nitruro de aluminio con sustrato de zafiro. Unos años más tarde, al final de la década de 1980, lograron un gran avance con la creación de una capa tipo p. Ambos, Akasaki y Amano, descubrieron que el material brillaba más intensamente cuando era estudiado con un microscopio electrónico de barrido. Eso les sugirió que el haz electrónico del microscopio hacía más eficiente la capa tipo p. En 1992 lograron presentar su primer diodo emisor de brillante luz azul.

Nakamura comenzó a desarrollar su LED azul en 1988. Dos años más tarde también consiguió obtener nitruro de galio de alta calidad. Lo logró, de forma muy inteligente, depositando una delgada capa de nitruro de galio a baja temperatura y, sobre ella, sucesivas capas a una temperatura más alta.

Nakamura también fue capaz de explicar por qué Akasaki y Amano habían tenido éxito con su capa tipo p: el haz de electrones eliminaba el hidrógeno que impedía la formación de la capa tipo p. Por su parte, Nakamura reemplazó el haz de electrones por un procedimiento más simple y más barato: calentando el material se las arregló para crear una capa tipo p (1992). Nakamura había logrado una solución diferente de la dada por Akasaki y Amano.

Durante la década de 1990, ambos grupos lograron mejorar sus LEDs azules, haciéndolos más eficientes. Obtuvieron diferentes aleaciones de nitruro de galio con aluminio o indio, logrando LEDs estructuralmente cada vez más complejos.

Akasaki, junto con Amano, y Nakamura, lograron un láser azul en el cual un LED azul, del tamaño de un grano de arena, era un componente crucial. Contrariamente a la luz dispersa del LED, un láser azul emite un fino haz de luz. Puesto que la luz azul tiene una longitud de onda muy corta, puede ser empaquetado de forma más compacta; con la luz azul el misma área puede almacenar cuatro veces más información que con luz infrarroja. Este aumento en la capacidad de almacenamiento condujo rápidamente a la elaboración de discos blu-ray con mayor capacidad de almacenamiento, así como mejores impresoras láser.

Muchos electrodomésticos están también equipados con LEDs. Su luz está presente en las pantallas de televisores con pantallas LCD, ordenadores y teléfonos móviles, en los que también forman parte de la linterna y del flash de la cámara.

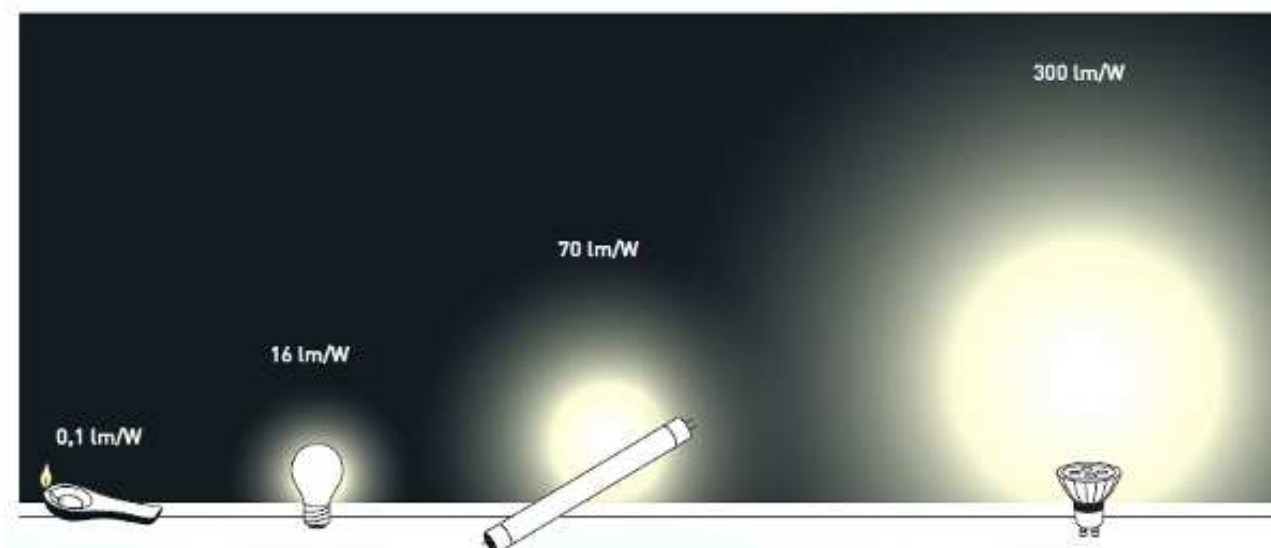


Fig2. Las lámparas LED requieren menos energía que las antiguas fuentes de luz. La eficiencia se mide en flujo luminoso (medido en lúmenes) por unidad añadida energía (medida en vatios). Como aproximadamente una cuarta parte del consumo mundial de electricidad se utiliza con propósitos de iluminación, las lámparas LED altamente eficientes contribuyen al ahorro de recursos del planeta.

Una revolución brillante

Las invenciones premiadas revolucionaron la tecnología de la iluminación. Lámparas nuevas, más eficientes, más baratas y más inteligentes han sido desarrolladas con posterioridad. Las lámparas LED blancas se pueden crear de dos formas diferentes. Una forma es utilizar luz azul para excitar fósforo que brilla emitiendo luz roja y verde. Al mezclarse los tres colores se produce luz blanca. La otra forma es construir una lámpara con tres LEDs, rojo, verde y azul, dejando que nuestros ojos hagan el trabajo de mezclar los tres colores para percibir el color blanco.

Las lámparas LED, por lo tanto, son fuentes de luz muy versátiles, con varias aplicaciones en el campo de la iluminación. Pueden producir millones de colores diferentes, los colores y la intensidad pueden variarse según sea necesario. Paneles de luz de varios cientos de metros cuadrados de tamaño, parpadean, cambian de colores y formas. Y todo puede ser controlado por ordenadores. La posibilidad de controlar el color de la luz implica que las lámparas LED pueden reproducir las alteraciones de la luz natural y seguir nuestro reloj biológico. El cultivo en invernaderos utilizando luz artificial es ya una realidad.

La lámpara LED es también una esperanza para aumentar la calidad de vida de más de 1500 millones de personas que actualmente carecen de acceso a las redes de electricidad, ya que su bajo consumo de energía permite que pueda funcionar conectadas a células solares. Además el agua contaminada puede esterilizarse mediante LED ultravioleta, construido después del LED azul.

El LED azul tiene sólo 20 años, pero ya ha contribuido a la creación de luz blanca de una manera totalmente nueva para el beneficio de todos nosotros.



Fig.3. Señales de color blanco para los ciclistas de Estocolmo

LINKS AND FURTHER READING

Additional information on this year's Prizes, including a scientific background article in English, may be found at the website of the Royal Swedish Academy of Sciences, <http://kva.se>, and at <http://nobelprize.org>. They also include web-TV versions of the press conferences at which the awards were announced. Information on exhibitions and activities related to the Nobel Prizes and the Prize in Economic Sciences may be found at www.nobelmuseum.se.

Articles

Zheludev, N. (2007) The life and times of the LED – a 100-year history, *Nature photonics*, vol. 1, April

Schubert, E. F. and Kyu Kim, J. (2005) Solid-State Light Sources Getting Smart, *Science*, 308, 1274

Savage, N. (2000) LEDs light the future, *Technology Review*, vol. 103, no 5, p. 38–44, September–October

Book

Khanna, V. K. (2014) *Fundamentals of Solid State Lighting: LEDs, OLEDs, and Their Application in Illumination and Displays*, CRC Press

THE LAUREATES

ISAMU AKASAKI

Japanese citizen. Born 1929 in Chiran, Japan. Ph.D.

1964 from Nagoya University, Japan. Professor at Meijo

University, Nagoya, and Distinguished Professor at Nagoya University, Japan.

http://en.nagoya-u.ac.jp/people/distinguished_award_recipients/nagoya_university_distinguished_professor_isamu_akasaki.html

HIROSHI AMANO

Japanese citizen. Born 1960 in Hamamatsu, Japan.

Ph.D. 1989 from Nagoya University, Japan. Professor at Nagoya University, Japan.

http://profs.provost.nagoya-u.ac.jp/view/html/100001778_en.html

SHUJI NAKAMURA

American citizen. Born 1954 in Ikata, Japan. Ph.D. 1994 from University of Tokushima, Japan. Professor at University of California, Santa Barbara, CA, USA.

www.sslec.ucsb.edu/nakamura/