

Dispositivos optoelectrónicos y fotónica

Dispositivos optoelectrónicos y fotónica

Fundamentos de optoelectrónica y fotónica

La optoelectrónica y la fotónica son dos campos interconectados que estudian la generación, detección y manipulación de la luz para diversas aplicaciones. Estas disciplinas han experimentado un crecimiento significativo en las últimas décadas; además, han desempeñado un papel muy importante en el desarrollo de tecnologías para una gran variedad de aplicaciones, como comunicaciones, medicina, gestión de energía, informática y detección remota (Guzmán, 2022). Para comprender los fundamentos de la optoelectrónica y la fotónica, es importante analizar los conceptos clave y sus aplicaciones fundamentales:



- **Fotónica.** Esta área estudia la generación, manipulación y detección de partículas elementales de luz (fotones); de igual manera, indaga en cómo se comportan cuando encuentran obstáculos o atraviesan aberturas, algo fundamental para la creación de dispositivos ópticos. Estos escenarios se conocen como **interferencia y difracción** (Valenzuela, 2022).
- **Optoelectrónica.** Esta rama de la electrónica se encarga de desarrollar dispositivos capaces de controlar y convertir la luz en señales eléctricas y viceversa; de este proceso, se obtienen los siguientes dispositivos:

Fotodiodos y fototransistores. Estos dispositivos generan una corriente eléctrica cuando se exponen a la luz; por tanto, resultan esenciales en aplicaciones de detección y sensores ópticos.	Fibras ópticas. Estos componentes permiten la transmisión de información a través de impulsos de luz, así que se utilizan con frecuencia en las telecomunicaciones.
Emisores de luz. Se trata de dispositivos que emiten luz, como LED y láseres. Los primeros llevan a cabo dicha emisión cuando una corriente eléctrica los atraviesa, mientras que los segundos se distinguen por generar la que se denomina luz coherente.	Celdas solares. Estos dispositivos convierten la luz en electricidad y, además, se las conoce como paneles solares, ya que son el resultado de la combinación de muchas celdas solares individuales. En general, representan una de las formas más eficientes de generar energía renovable.

Tabla 1. Dispositivos optoelectrónicos.

Ambos campos tienen un amplio espectro de aplicaciones, los cuales van desde la comunicación de datos a larga distancia y la detección de enfermedades hasta el control de la luz en la microelectrónica y la generación de energía solar. Algunas de las aplicaciones más notables incluyen los siguientes rubros:

Comunicaciones ópticas.	La fibra óptica se utiliza para transmitir datos de alta velocidad en redes de telecomunicaciones.
Medicina y biotecnología.	La optoelectrónica se utiliza en dispositivos de diagnóstico, imágenes médicas y terapia con láser.
Energía renovable.	Las celdas solares convierten eficientemente la luz solar en electricidad.
Láseres en la industria y la investigación.	Se utilizan en corte, soldadura, marcado y experimentos científicos.
Sensores ópticos.	Se emplean en aplicaciones como detección de gases, monitoreo de la calidad del agua y robótica.

Tabla 2. Aplicaciones de la optoelectrónica y la fotónica.

Fuentes: Guzmán A. (2022). Óptica y fotónica: ciencia y tecnología de la luz. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 46(181). Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v46n181/0370-3908-racefn-46-181-920.pdf>

Valenzuela, J. (2022). ¿Qué es la fotónica? *Elementos*, 128. Recuperado de <https://elementos.buap.mx/directus/storage/uploads/00000007822.pdf>

En resumen, la optoelectrónica y la fotónica son campos interdisciplinarios que desempeñan un papel vital en la sociedad moderna; de hecho, su capacidad para controlar y aprovechar la luz ha dado lugar a una amplia gama de aplicaciones, las cuales contemplan desde la tecnología de la información hasta la atención sanitaria y la energía sostenible. A medida que la tecnología continúa evolucionando, es probable que estos campos desempeñen un papel cada vez más importante en la vida cotidiana.

LEDs: generación de luz a partir de electrones

Los LEDs son dispositivos semiconductores que generan luz cuando una corriente eléctrica los atraviesa; por tanto, dicha reacción es el resultado de un intrincado proceso que involucra electrones y huecos en un material semiconductor. Para comprender cómo los LED generan luz a partir de electrones, es importante comprender la siguiente imagen:

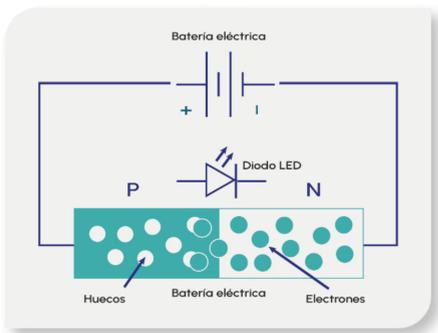


Figura 1. Estructura básica de un LED.

La estructura básica de un LED consta de múltiples capas de materiales semiconductores dispuestos uno encima del otro; normalmente, dichas capas incluyen una de material de tipo *P* (positiva), otra de material de tipo *N* (negativa) y una activa en el medio, la cual está diseñada para emitir luz cuando se excita. En un semiconductor, los electrones son portadores de carga negativa y los "huecos" son áreas donde falta una de dichas partículas, lo que representa una carga positiva. La diferencia de potencial entre las capas de tipo *P* y de tipo *N* crea una barrera de energía que permite que los electrones se muevan desde la segunda a la primera, así que los huecos se desplazan en la dirección opuesta. Cuando se aplica una corriente eléctrica a través del LED, los electrones de la capa tipo *N* se mueven hacia la capa tipo *P* y se recombinan con los huecos de la capa activa; esta recombinación de electrones y huecos libera energía en forma de fotones, es decir, de partículas de luz.

La energía liberada durante la recombinación de portadores de carga se manifiesta como luz visible, cuya longitud de onda está determinada por las propiedades de la capa activa y el material semiconductor utilizado. Esto permite controlar el color de la luz producida por el LED, ya que la variación en el material y la estructura de la capa activa hace posible crear LEDs de diferentes colores; por ejemplo, los de arseniuro de galio (GaAs) emiten luz infrarroja, mientras que los de nitruro de galio (GaN) pueden emitir luz en colores que van desde el ultravioleta hasta el infrarrojo, según la cantidad de dopantes y la composición del material.

Los LEDs son conocidos por su eficiencia energética y durabilidad, pues generan muy poco calor en comparación con otras fuentes de luz y, además, tienen una vida útil excepcionalmente larga; estas características los convierte en la opción preferida para aplicaciones de iluminación y señalización. Por ejemplo, se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, desde pantallas de visualización, iluminación de hogares y oficinas, hasta señales de tráfico, indicadores en dispositivos electrónicos, pantallas de televisión y de teléfonos móviles.

En resumen, los LEDs son dispositivos semiconductores que generan luz a partir de electrones cuando una corriente eléctrica pasa a través de ellos; de hecho, su capacidad para emitir luz eficientemente en una amplia variedad de colores, así como su larga vida útil, los convierte en una tecnología esencial tanto en la vida cotidiana como en numerosas industrias.

Diodos láser: luz coherente y sus aplicaciones

Los diodos láser son dispositivos semiconductores que generan luz coherente mediante un proceso conocido como emisión estimulada de radiación; en términos generales, la luz coherente consiste en una única longitud de onda y fase constante, así que resulta extremadamente útil en una amplia gama de aplicaciones. Los diodos láser se basan en el principio de emisión estimulada de radiación y, en esencia, su estructura básica conlleva una capa activa de material semiconductor ubicada entre una capa de tipo *P* (positiva) y otra de tipo *N* (negativa). Cuando se aplica una corriente eléctrica a través del diodo láser, los electrones de la capa activa se excitan y saltan a un nivel de energía más alto; luego, al regresar a su nivel de energía original, liberan fotones que son idénticos en términos de fase y longitud de onda. La emisión de estos fotones coherentes crea el láser láser.

La luz generada por un diodo láser tiene varias características diferentes:

Coherencia. La luz láser es muy coherente, es decir, las ondas de luz están en fase y tienen la misma longitud de onda; esto permite la formación de haces de luz altamente direccionales y enfocados.	Colimación. Los rayos láser se pueden enfocar en un punto muy pequeño, lo que los hace útiles en aplicaciones de corte, grabado y en intervenciones médicas.
Monocromaticidad. La luz láser tiene una única longitud de onda, así que resulta adecuada para aplicaciones que requieren una luz de color específica de alta pureza.	Intensidad alta. La luz láser tiene alta intensidad, así que resulta adecuada para aplicaciones de alta potencia.

Tabla 3. Propiedades distintivas de la luz láser.

Los diodos láser se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, debido a su capacidad para generar luz coherente y controlable. Algunas de sus funciones más destacadas incluyen lo siguiente:

Comunicaciones ópticas. Son fundamentales en las redes de fibra óptica para transmitir información a largas distancias mediante modulación de luz láser.
Investigación científica. Se utilizan en experimentos de física, química y biología debido a su capacidad para proporcionar luz coherente y de alta intensidad.
Iluminación especializada. Se emplean en iluminación de alta intensidad para diversas aplicaciones, como proyectores, espectáculos de luces y sistemas de iluminación arquitectónica.
Corte y grabado. Se utilizan en máquinas de corte y grabado láser para aplicaciones en la industria, manufactura y artesanía.
Medicina. Se utilizan en cirugía láser, corrección de la visión (LASIK) y terapia fotodinámica para el tratamiento del cáncer.
Almacenamiento y lectura de datos. Los lectores de CD, DVD y Blu-ray utilizan diodos láser para leer la información almacenada en discos ópticos.
Lectores de código de barras y sensores. Se utilizan en dispositivos de escaneo y en sensores para la detección de objetos e identificación de códigos de barras.

Tabla 4. Funciones de los diodos de láser.

Fotodetectores: convertir luz en señales eléctricas

Los fotodetectores son dispositivos diseñados para convertir la luz incidente en señales eléctricas; de hecho, estos componentes resultan esenciales en una amplia gama de aplicaciones, desde sensores y cámaras digitales hasta sistemas de comunicación y tecnologías médicas. Los fotodetectores aprovechan el **efecto fotoeléctrico** para convertir la luz en señales eléctricas; en dicho fenómeno, los electrones de un material absorben la energía de los fotones de luz, dando como resultado la liberación de electrones cargados en forma de corriente eléctrica.

Existen varios tipos de fotodetectores, cada uno con su propio mecanismo de funcionamiento. No obstante, generalmente, siguen estos pasos: cuando la luz incide sobre el fotodetector, los fotones transportan energía y son absorbidos por el material fotosensible del detector; en consecuencia, la energía de los fotones permite que los electrones del material fotosensible se exciten y se muevan a niveles más altos. Esto genera **pares electrón-hueco**, donde una de dichas partículas se mueve y, en su lugar, deja un hueco con carga positiva; así, los electrones y oquedades generados por la absorción de luz se mueven en respuesta a un campo eléctrico presente en el detector. La migración de electrones y huecos genera una corriente eléctrica detectable que es proporcional a la intensidad de la luz incidente.

Observa, los siguientes tipos de fotodetectores, cada uno con características específicas y aplicaciones particulares; sin embargo, estos son algunos de los más comunes:

Fotodiodos. Estos dispositivos semiconductores generan una corriente eléctrica cuando se exponen a la luz; por este motivo, suelen emplearse en aplicaciones de detección de luz, así como en sensores y comunicaciones ópticas.	Fotomultiplicadores. Se trata de dispositivos altamente sensibles, los cuales pueden detectar bajos niveles de luz; por consiguiente, se utilizan en aplicaciones que requieren de una detección extremadamente sensible, como la espectroscopia y la detección de partículas subatómicas.
Fototransistores. Estos dispositivos son similares a los fotodiodos, pero se encargan de amplificar la corriente generada; esto los hace más sensibles y útiles en aplicaciones de control automático y amplificación de señales ópticas.	Celdas fotovoltaicas. Se trata de fotodetectores diseñados para convertir eficientemente la luz en electricidad, como los paneles solares para la generación de energía renovable.

Tabla 5. Tipos de fotodetectores.

Los fotodetectores tienen una amplia gama de aplicaciones en diferentes campos:

Sensores de luz: en dispositivos de control automático y sistemas de iluminación con detección de luz ambiental.	Fotografía y cámaras digitales: para la captura de imágenes en cámaras digitales y de video.	Comunicaciones ópticas: recepción de señales en sistemas de fibra óptica y comunicaciones láser.
Detección de radiación: en espectroscopia, detección de partículas y experimentos científicos.	Medicina: para imágenes médicas, diagnóstico y terapia con láser.	Energía solar: paneles solares para convertir la luz solar en electricidad.

Figura 2. Aplicaciones de los fotodetectores.

En resumen, los fotodetectores son componentes esenciales para convertir la luz en señales eléctricas; además, su versatilidad los hace fundamentales en una amplia gama de aplicaciones de la tecnología moderna. Desde la captura de imágenes hasta la detección de partículas y la generación de energía solar, los fotodetectores desempeñan un papel crucial en la vida diaria y en la investigación científica.

Celdas solares: transformar luz solar en energía



Las celdas solares, también conocidas como paneles o módulos fotovoltaicos, son dispositivos diseñados para convertir luz solar en energía; estas herramientas resultan esenciales en la generación de energía sostenible y, sobre todo, tienen un impacto significativo en la reducción de la dependencia a los combustibles fósiles. Las celdas solares funcionan mediante el efecto fotovoltaico o fotoeléctrico, el cual consiste en un fenómeno que se produce en los materiales semiconductores.

Existen varios tipos de celdas solares, cada una con sus propias características y eficiencia. Estos son algunos de los tipos más comunes:

Celdas solares de silicio cristalino.	Son las celdas solares más comunes y, por lo general, se dividen en dos categorías: monocristalinas y policristalinas. Son muy conocidas por su eficiencia y durabilidad.
Celdas solares de capa fina.	Estas celdas se fabrican depositando una fina capa de material fotosensible sobre un sustrato; asimismo, incluyen celdas solares de telururo de cadmio (CdTe), seleniuro de cobre-indio-galio (CIGS) y una capa fina de silicio amorfo.
Celdas solares de concentración.	Estas celdas utilizan lentes o espejos para enfocar la luz solar en celdas de alta eficiencia, lo que permite generar más energía a partir de una menor cantidad de material.

Tabla 6. Tipos de celdas solares más comunes.

Las celdas solares tienen una amplia gama de aplicaciones en todo el mundo y están revolucionando la industria energética. A grandes rasgos, estas son algunas de sus aplicaciones más notables:

Generación de electricidad. Se utilizan para generar electricidad en instalaciones de gran tamaño, como plantas y parques solares.	Energía residencial y comercial. Se instalan en los techos de viviendas y edificios comerciales para proporcionar energía limpia y reducir los costos de electricidad.	Electrificación rural. Son cruciales en zonas rurales y remotas, es decir, donde no hay acceso a la red eléctrica convencional.
Cargadores solares. Se utilizan para cargar dispositivos electrónicos, baterías y vehículos eléctricos.	Aplicaciones espaciales. Proporcionan energía a satélites y sondas espaciales en el espacio profundo.	Aplicaciones móviles. Se utilizan en linternas y calculadoras solares, así como en otros dispositivos portátiles.

Tabla 7. Aplicaciones de las celdas solares.

Las celdas solares juegan un papel importante en la capacidad hacia una generación de energía más limpia y sostenible; de igual manera, su capacidad para generar luz solar en electricidad ha ocasionado que dicha energía sea una fuente cada vez más accesible y rentable. A medida que la tecnología siga mejorando, se espera que las aplicaciones de las celdas solares se amplíen y diversifiquen en el futuro.

Referencias bibliográficas

- Guzmán A. (2022). Óptica y fotónica: ciencia y tecnología de la luz. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 46(181). Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v46n181/0370-3908-racefn-46-181-920.pdf>
- Valenzuela, J. (2022). ¿Qué es la fotónica? *Elementos*, 128. Recuperado de <https://elementos.buap.mx/directus/storage/uploads/00000007822.pdf>



La obra presentada es propiedad de ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN SUPERIOR A.C. (UNIVERSIDAD TECNILENIO), protegida por la Ley Federal de Derecho de Autor; la alteración o deformación de una obra, así como su reproducción, exhibición o ejecución pública sin el consentimiento de su autor y titular de los derechos correspondientes es constitutivo de un delito tipificado en la Ley Federal de Derechos de Autor, así como en las Leyes Internacionales de Derecho de Autor.

El uso de imágenes, fragmentos de videos, fragmentos de eventos culturales, programas y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, es exclusivamente para fines educativos e informativos, y cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por UNIVERSIDAD TECNILENIO.

Queda prohibido copiar, reproducir, distribuir, publicar, transmitir, difundir, o en cualquier modo explotar cualquier parte de esta obra sin la autorización previa por escrito de UNIVERSIDAD TECNILENIO. Sin embargo, usted podrá bajar material de su computadora personal para uso exclusivamente personal o educacional y no comercial limitado a una copia por página. No se podrá remover o alterar de la copia, ninguna leyenda de Derechos de Autor o la que manifieste la autoría del material.