

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS



“Materiales Modernos”

CURSO: Química I **SECCIÓN:** A

DOCENTES:

CALDERON ZAVALETA, Sandy Luz

REYES ACOSTA, Rosario

ALUMNO:

CRUZ HUAMAN, Francis Joao - 20237504K

LIMA - PERÚ

2023

Índice

Introducción	2
1. Fibra óptica	3
1.1. Historia y evolución de la fibra óptica	3
1.2. Características de la fibra óptica	4
1.3. Clases de fibra óptica	5
1.3.1. Fibra monomodo	5
1.3.2. Fibra multimodo	6
1.4. Aplicaciones de la fibra óptica	6
2. Semiconductores	7
2.1. Propiedades electricas de los semiconductores	7
2.2. Semiconductores intrinsecos	8
2.3. Semiconductores extrinsecos	9
2.3.1. Germanio tipo N y P	10
2.4. Junturas PN	11
3. Celdas Fotovoltaicas	12
3.1. Historia de las celdas fotovoltaicas	12
3.2. Funcionamiento de la celda fotovoltaica	13
3.3. Tipos de celdas fotovoltaicas	13
4. Superconductores	14
4.1. Historia de los superconductores	14
4.2. Superconductores ideales	15
4.3. Superconductores duros	16
4.4. La teoría BCS	17
4.5. Efecto Josephson	18
Conclusión	20
Referencias	20

Introducción

En un mundo cada vez más interconectado y dependiente de tecnologías avanzadas, los materiales modernos han emergido como elementos fundamentales que impulsan la innovación y el progreso en diversos campos. Esta monografía trata de abarcar los tópicos más importantes sobre los materiales modernos, explorando tres áreas de particular relevancia: la fibra óptica, los semiconductores y los superconductores. Cada uno de estos materiales posee principios funcionales únicos que han revolucionado la forma en que comprendemos y aprovechamos la energía, la información y la electrónica en la actualidad.

La fibra óptica, con su capacidad para transmitir datos a velocidades lumínicas y distancias sorprendentes, se ha convertido en el pilar de las comunicaciones modernas. Sus principios de funcionamiento, basados en la reflexión total interna de la luz, han habilitado una red global de comunicación que conecta a personas y empresas en todo el mundo. A medida que las comunicaciones digitales continúan desempeñando un papel central en nuestra sociedad, la fibra óptica se destaca como una tecnología esencial con aplicaciones que van desde Internet de alta velocidad hasta la telemedicina y la investigación científica.

Por otro lado, los semiconductores, cuyo comportamiento eléctrico se encuentra entre el de los aislantes y los conductores, son los cimientos de la electrónica moderna. Desde microchips y transistores hasta circuitos integrados, los semiconductores han permitido la miniaturización de dispositivos y la creación de computadoras cada vez más potentes. Este trabajo explorará los principios subyacentes que hacen que los semiconductores sean la base de la revolución tecnológica que ha dado lugar a dispositivos portátiles, inteligencia artificial y sistemas de automatización que han transformado nuestras vidas cotidianas.

Finalmente, los superconductores, con su capacidad única para transportar corriente eléctrica sin resistencia, tienen un potencial transformador en campos que van desde la generación de energía hasta la medicina. Aunque su aplicación práctica ha enfrentado desafíos, los superconductores están en constante evolución y prometen revolucionar la eficiencia de sistemas eléctricos y la creación de trenes de levitación magnética, entre otras innovaciones.

A lo largo de esta monografía, exploraremos en detalle estos tres tipos de materiales modernos, destacando sus principios funcionales, sus aplicaciones y su importancia en la configuración del mundo actual. Al comprender más a fondo estos materiales, podremos apreciar cómo han allanado el camino para las tecnologías del siglo XXI y anticipar las posibilidades y desafíos que nos esperan en el futuro.

1. Fibra óptica

La fibra óptica es un medio de transmisión de información que utiliza la luz para llevar datos a través de hilos delgados de vidrio o plástico llamados fibras ópticas. Según (Vargas,) u funcionamiento se basa en el principio de la reflexión total interna, que permite que la luz se propague a lo largo de la fibra sin pérdida significativa de señal.

1.1. Historia y evolución de la fibra óptica

La historia y evolución de la fibra óptica es un viaje fascinante que abarca más de un siglo, marcado por importantes avances tecnológicos. A continuación, se presenta un resumen recopilado de (Acosta Pérez, Suárez Castrillón, y Suárez Castrillón,) acerca de los hitos más destacados en el desarrollo de la fibra óptica a lo largo de los años:

- Conceptos iniciales y primeros experimentos (Siglo XIX): La idea de transmitir información a través de la luz se remonta al siglo XIX, cuando científicos como John Tyndall y Daniel Colladon demostraron la posibilidad de guiar la luz a través de corrientes de agua y chorro de vapor. Sin embargo, no se desarrollaron aplicaciones prácticas en ese momento.
- Fibra óptica de imagen (1920s): A mediados del siglo XX, Heinrich Lamm desarrolló un sistema de fibra óptica de imagen que permitía la transmisión de imágenes a través de fibras ópticas flexibles, lo que fue un precursor importante para futuras aplicaciones médicas.
- Fibra óptica para la comunicación (1960s): En la década de 1960, varios científicos comenzaron a investigar la posibilidad de utilizar fibras ópticas para la transmisión de datos. Charles K. Kao y George A. Hockham, en 1966, realizaron investigaciones fundamentales que sentaron las bases para la fibra óptica moderna, demostrando que la pérdida de señal en las fibras podía ser reducida drásticamente.
- Primeras fibras ópticas de baja pérdida (1970s): En la década de 1970, científicos y empresas lograron desarrollar las primeras fibras ópticas de baja pérdida, lo que permitió la transmisión de señales a largas distancias sin degradación significativa. Este avance fue crucial para su adopción en las telecomunicaciones.
- Primeras redes de fibra óptica (1970s - 1980s): En la década de 1970, las primeras redes de fibra óptica se implementaron para comunicaciones de voz en larga distancia. En 1988, se completó el primer cable transatlántico de fibra óptica (TAT-8), conectando América del Norte y Europa.

- Expansión de las redes de fibra óptica (1990s - 2000s): Durante las décadas de 1990 y 2000, la fibra óptica se convirtió en la columna vertebral de las redes de telecomunicaciones de alta velocidad en todo el mundo. Esto permitió la rápida expansión de Internet y el crecimiento exponencial de la capacidad de transmisión de datos.
- Fibra óptica en aplicaciones industriales y médicas (1980s - presente): Además de las telecomunicaciones, la fibra óptica encontró aplicaciones en la medicina (endoscopios) y en la industria (inspección y sensores).
- Avances en tecnología y materiales (siglo XXI): En el siglo XXI, se han realizado importantes avances en la tecnología de fibras ópticas, como fibras ópticas de cristal fotónico y fibras ópticas huecas. Estos avances han ampliado aún más las aplicaciones de la fibra óptica en áreas como la computación cuántica y la detección de gases.
- Fibra óptica en la última milla (actualidad): La fibra óptica continúa expandiéndose en la "última milla" hasta el hogar, lo que permite velocidades de Internet cada vez más rápidas y servicios como la televisión en alta definición y la telefonía por Internet.

1.2. Características de la fibra óptica

La fibra óptica es un medio de transmisión de datos que se distingue por una serie de características únicas y ventajosas que la han convertido en una tecnología fundamental en las comunicaciones modernas. Teniendo en cuenta el trabajo de (Santiago-Alvarado y Vázquez-Montiel,) en primer lugar, una de sus características más destacadas es su capacidad para transmitir datos a velocidades extremadamente altas. La luz, que es la base de la transmisión en fibra óptica, viaja a una velocidad cercana a la de la luz en el vacío, lo que permite tasas de transferencia de datos significativamente mayores que las posibles con medios de transmisión convencionales como el cable de cobre.

Otra característica clave de la fibra óptica es su inmunidad a las interferencias electromagnéticas. A diferencia de los cables de cobre, que pueden sufrir interferencias de campos electromagnéticos, las fibras ópticas no son susceptibles a este tipo de interferencia, lo que las hace ideales para entornos con alta densidad de interferencias electromagnéticas, como centros de datos o instalaciones industriales.

La fibra óptica también destaca por su baja pérdida de señal en distancias largas. A medida que la luz se propaga a lo largo de la fibra, las pérdidas son mínimas gracias al fenómeno de la reflexión total interna. Esto permite transmitir datos a través de largas distancias sin una degradación significativa de la señal, lo

que es esencial para las comunicaciones a larga distancia y la interconexión global de redes.

La seguridad es otra característica importante de la fibra óptica. Dado que la transmisión se basa en la luz, es extremadamente difícil interceptar la señal sin perturbarla, lo que la convierte en una opción segura para la transmisión de datos confidenciales.

La flexibilidad y ligereza de las fibras ópticas son características que permiten su uso en una amplia variedad de aplicaciones. Estas fibras son delgadas y pueden doblarse sin dañarse, lo que las hace ideales para su uso en sistemas de endoscopios médicos o para la instalación en lugares de difícil acceso.

Finalmente, las fibras ópticas son duraderas y tienen una vida útil prolongada, lo que reduce la necesidad de mantenimiento y reemplazo frecuentes, contribuyendo a la rentabilidad a largo plazo de las redes de fibra óptica.

1.3. Clases de fibra óptica

A partir de existen varios tipos de fibras ópticas, y se clasifican principalmente en función de sus características de transmisión y aplicaciones específicas. Las dos categorías principales son las fibras ópticas monomodo y multimodo. A continuación, se describen estas dos clases principales de fibras ópticas:

1.3.1. Fibra monomodo

Las fibras ópticas de tipo monomodo son aquellas que se caracterizan por los siguiente:

- **Diámetro del núcleo:** En la fibra óptica monomodo, el núcleo (la parte central de la fibra por donde viaja la luz) es extremadamente delgado, generalmente alrededor de 8 a 10 micrómetros. Esta delgadez permite que la luz siga una sola trayectoria a lo largo de la fibra.
- **Índice de refracción:** La diferencia en el índice de refracción entre el núcleo y la capa de revestimiento que rodea el núcleo es más pronunciada que en las fibras multimodo. Esto contribuye a una menor dispersión y permite una transmisión de datos a larga distancia con una menor atenuación de la señal.
- **Distancias de transmisión:** Las fibras monomodo son ideales para aplicaciones de larga distancia, como en redes de larga distancia y transmisiones submarinas de alta capacidad. Pueden transmitir datos a distancias de hasta cientos de kilómetros.
- **Aplicaciones típicas:** Telecomunicaciones de larga distancia, redes de fibra óptica a nivel nacional e internacional, redes troncales de Internet y sistemas de transmisión de alta velocidad.

1.3.2. Fibra multimodo

Las fibras ópticas de tipo multimodo son aquellas que se caracterizan por los siguiente:

- **Diámetro del núcleo:** Las fibras multimodo tienen un núcleo más grande en comparación con las fibras monomodo, generalmente en el rango de 50 a 62.5 micrómetros. Esto permite que múltiples modos de luz se propaguen a través de la fibra, lo que resulta en una dispersión modal.
- **Índice de refracción:** La diferencia en el índice de refracción entre el núcleo y la capa de revestimiento es menos pronunciada que en las fibras monomodo, lo que da lugar a una mayor dispersión.
- **Distancias de transmisión:** Las fibras multimodo son adecuadas para distancias más cortas en comparación con las fibras monomodo. Son comunes en entornos donde las distancias no son extremadamente largas, como en redes locales y enlaces de datos a corta distancia.
- **Aplicaciones típicas:** Redes locales (LAN), interconexión de equipos en centros de datos, sistemas de seguridad y aplicaciones de corta distancia.

1.4. Aplicaciones de la fibra óptica

A continuación detallaremos las principales aplicaciones de la fibra óptica:

- **Telecomunicaciones:** La aplicación más conocida de la fibra óptica es en las redes de telecomunicaciones. La fibra óptica permite transmitir datos a velocidades extremadamente altas a largas distancias. Esto es esencial para servicios de Internet de alta velocidad, llamadas telefónicas, televisión por cable y comunicaciones de larga distancia.
- **Redes de datos:** Las redes de datos, tanto para uso empresarial como doméstico, utilizan fibra óptica para una conectividad de alta velocidad y baja latencia. Esto es fundamental para aplicaciones de transmisión de datos en tiempo real, como videoconferencias y juegos en línea.
- **Medicina:** La fibra óptica se emplea en la medicina para procedimientos de endoscopia, cirugía mínimamente invasiva y diagnóstico médico. Su pequeño diámetro y flexibilidad permiten la introducción de fibras ópticas en el cuerpo humano para iluminar y observar áreas internas.
- **Industria y defensa:** En aplicaciones industriales, las fibras ópticas se utilizan para la inspección de componentes y procesos de fabricación. En el ámbito militar y de defensa, se aplican en sistemas de comunicación y sensores.

- Instrumentación y sensores: Las fibras ópticas se utilizan en la creación de sensores ópticos que pueden medir temperaturas, presiones, tensiones y otros parámetros en entornos hostiles, como en la industria petrolera y la exploración espacial.

2. Semiconductores

Los semiconductores son materiales que ocupan un lugar fundamental en la electrónica y la tecnología moderna debido a sus propiedades únicas en lo que respecta a la conducción eléctrica (Rodríguez,). Estos materiales se sitúan entre los conductores (como los metales) y los aislantes (como el vidrio) en términos de su capacidad para conducir electricidad.

2.1. Propiedades electricas de los semiconductores

Estas propiedades eléctricas de los semiconductores son descritas por (Gurevich y Rodríguez,) ya son esenciales para su uso en dispositivos electrónicos y sistemas de comunicación, ya que permiten el control de la corriente eléctrica, la amplificación de señales y muchas otras aplicaciones críticas en la electrónica moderna.

- Conductividad variable: Los semiconductores tienen una conductividad eléctrica que puede ser modificada por diversos factores, como la temperatura y la concentración de portadores de carga. A diferencia de los conductores (como los metales) que conducen electricidad eficazmente y los aislantes (como el vidrio) que no lo hacen, los semiconductores pueden tener una conductividad intermedia y ajustable.
- Portadores de carga: En los semiconductores, los portadores de carga son electrones y huecos. Los electrones cargados negativamente contribuyen a la corriente eléctrica en la banda de conducción, mientras que los huecos, que son "lagunas" donde un electrón faltante dejaría un vacío positivamente cargado, contribuyen en la banda de valencia. La densidad y movilidad de estos portadores de carga son factores críticos para la conductividad de un semiconductor.
- Bandas de energía: La estructura de bandas de energía es fundamental en los semiconductores. Un semiconductor tiene una "banda prohibida." gap de energía entre su banda de valencia y su banda de conducción. Para que un electrón contribuya a la corriente eléctrica, debe adquirir suficiente energía para pasar del nivel de valencia al de conducción, lo que se logra mediante la absorción de energía. La amplitud del gap de energía determina la capacidad de un semiconductor para conducir electricidad y su tipo (directo o indirecto).

- **Dopaje:** El dopaje es un proceso mediante el cual se agregan impurezas a un semiconductor. Esto puede introducir electrones adicionales (dopaje de tipo n) o huecos (dopaje de tipo p) en el material, lo que modifica su comportamiento eléctrico. El dopaje es fundamental para la creación de dispositivos electrónicos, ya que permite controlar la conductividad y polaridad del semiconductor.
- **Movilidad de carga:** La movilidad de carga se refiere a la facilidad con la que los portadores de carga (ya sean electrones o huecos) pueden moverse a través del semiconductor en respuesta a un campo eléctrico. La movilidad es una propiedad que puede variar según el material y afecta la velocidad de respuesta de los dispositivos.
- **Resistencia y Conductividad:** La resistencia eléctrica de un semiconductor está relacionada con su capacidad para conducir electricidad. Los semiconductores presentan una resistencia más alta que los conductores pero menor que los aislantes. Su resistencia puede variar significativamente con la temperatura y la concentración de portadores.
- **Efecto Hall:** Los semiconductores exhiben el efecto Hall, que es la generación de una diferencia de potencial eléctrico perpendicular a la dirección de la corriente eléctrica cuando se someten a un campo magnético. Esto es fundamental en aplicaciones de detección de campos magnéticos y mediciones de velocidad en motores eléctricos.

2.2. Semiconductores intrínsecos

(Farrera,) menciona que los semiconductores intrínsecos son materiales esenciales en la electrónica y la tecnología moderna. Se caracterizan por no haber sido sometidos a procesos de dopaje con impurezas intencionales que alteren sus propiedades eléctricas. En otras palabras, se encuentran en su estado natural sin modificaciones deliberadas. Estos materiales tienen propiedades eléctricas que los diferencian de los conductores (como los metales) y los aislantes (como el vidrio). Su conductividad eléctrica es moderada, lo que significa que no conducen electricidad tan eficazmente como los metales, pero son mucho mejores en ese aspecto que los aislantes.

Uno de los conceptos fundamentales de los semiconductores intrínsecos es la estructura de bandas de energía. Estos materiales presentan una banda de valencia y una banda de conducción, entre las cuales existe un "gap de energía." "banda prohibida". En este gap, no hay electrones disponibles para la conducción de corriente eléctrica. El tamaño de este gap de energía varía según el material y es una característica crítica que determina la conductividad de un semiconductor intrínseco.

A medida que algunos electrones adquieren energía térmica a través del aumento de la temperatura, pueden moverse de la banda de valencia a la banda de conducción, creando pares electrón-hueco. Estos pares electrón-hueco pueden contribuir a la conducción eléctrica en respuesta a una tensión aplicada. Esta conductividad intrínseca aumenta con la temperatura, lo que distingue a los semiconductores intrínsecos de los materiales aislantes.

Aunque los semiconductores intrínsecos son fundamentales para comprender las propiedades eléctricas básicas de los semiconductores, sus aplicaciones prácticas en electrónica son limitadas. Esto se debe a su conductividad moderada y a su respuesta dependiente de la temperatura. Para crear dispositivos electrónicos eficientes y funcionales, se utilizan semiconductores dopados, que son modificados intencionalmente mediante la introducción de impurezas en su estructura cristalina. Estos materiales dopados se utilizan en la fabricación de componentes electrónicos como transistores, diodos y circuitos integrados, que son la base de la tecnología moderna.

2.3. Semiconductores extrínsecos

Los semiconductores extrínsecos, a diferencia de los semiconductores intrínsecos, son materiales semiconductores que han sido deliberadamente dopados con impurezas para modificar sus propiedades eléctricas (Candal, Bilmes, y Blesa,). Este proceso de dopaje tiene como objetivo alterar la conductividad y otras características de los semiconductores para hacerlos más adecuados para aplicaciones específicas en la electrónica y otras tecnologías. Hay dos tipos principales de semiconductores extrínsecos: los de tipo n y los de tipo p, que se refieren a la polaridad de la carga.

Los semiconductores de tipo n se obtienen al introducir impurezas con electrones adicionales, conocidas como "donantes", en la estructura cristalina del semiconductor. Estas impurezas proporcionan electrones adicionales en la banda de conducción, lo que aumenta la conductividad eléctrica del material. Los electrones de los donantes pueden contribuir a la corriente eléctrica en respuesta a una tensión aplicada. Ejemplos de donantes comunes son el fósforo en el silicio y el arsénico en el germanio. Los semiconductores de tipo n son utilizados en la creación de dispositivos electrónicos como transistores y diodos.

Por otro lado, los semiconductores de tipo p se obtienen al introducir impurezas con huecos, conocidas como "aceptores", en la estructura cristalina del semiconductor. Estas impurezas crean huecos en la banda de valencia, lo que facilita la migración de electrones de la banda de valencia a la banda de conducción en respuesta a una tensión aplicada. Ejemplos de aceptores comunes son el boro en el silicio y el indio en el germanio. Los semiconductores de tipo p son igualmente esenciales en la fabricación de dispositivos

electrónicos y son utilizados en combinación con los semiconductores de tipo n para crear uniones p-n, que son la base de la mayoría de los dispositivos electrónicos, como los diodos y los transistores bipolares.

La combinación de semiconductores de tipo n y tipo p en dispositivos electrónicos permite el control de la corriente eléctrica y la amplificación de señales. Los semiconductores extrínsecos son fundamentales en la tecnología moderna y han revolucionado la electrónica, permitiendo la creación de dispositivos más eficientes y versátiles. Su capacidad de modificación y adaptación a aplicaciones específicas ha llevado a avances significativos en campos como la informática, las comunicaciones, la electrónica de potencia y la industria en general.

2.3.1. Germanio tipo N y P

El germanio (Ge) es un material semiconductor que puede doparse para crear tanto semiconductores de tipo n como de tipo p, dependiendo del tipo de impurezas que se introduzcan en su estructura cristalina.

- Germanio de tipo N:

Para crear germanio de tipo n, se introducen impurezas que actúan como donantes de electrones en la estructura cristalina del germanio. Estas impurezas proporcionan electrones adicionales que se incorporan en la banda de conducción del material. El fósforo es uno de los donantes comunes utilizados para dopar el germanio de tipo n. Estos electrones adicionales en la banda de conducción aumentan la conductividad eléctrica del germanio, lo que lo convierte en un semiconductor de tipo n.

Los semiconductores de tipo n basados en germanio se utilizan en la fabricación de dispositivos electrónicos como transistores y diodos. Los electrones adicionales en la banda de conducción permiten el flujo de corriente eléctrica cuando se aplica una tensión, lo que es fundamental en la operación de estos dispositivos.

- Germanio de tipo P:

Para crear germanio de tipo p, se introducen impurezas que actúan como aceptores de electrones en la estructura cristalina del germanio. Estas impurezas crean huecos en la banda de valencia del germanio, lo que facilita la migración de electrones de la banda de valencia a la banda de conducción en respuesta a una tensión aplicada. El boro es un ejemplo común de un aceptor utilizado para dopar el germanio de tipo p.

Los semiconductores de tipo p basados en germanio también son esenciales en la electrónica y se utilizan en combinación con los semiconductores de tipo n para crear uniones p-n. Estas uniones son la base de

la mayoría de los dispositivos electrónicos, como diodos y transistores bipolares, y permiten el control de la corriente eléctrica y la amplificación de señales.

2.4. Junturas PN

Las uniones p-n, también conocidas como uniones p-n o junturas p-n, son componentes fundamentales en la electrónica y se basan en la combinación de dos tipos de semiconductores dopados, uno de tipo p y otro de tipo n. Estas uniones son la base de dispositivos electrónicos esenciales, como diodos y transistores bipolares, y desempeñan un papel crucial en la amplificación de señales, la conmutación y el control de la corriente eléctrica en circuitos electrónicos.

Una unión p-n se forma cuando dos regiones de un semiconductor se encuentran en una sola pieza de material. Una región está dopada con impurezas de tipo p, lo que significa que contiene "huecos" en la banda de valencia. La otra región está dopada con impurezas de tipo n, lo que significa que contiene electrones adicionales en la banda de conducción. Estos dos tipos de dopaje crean una barrera potencial en la interfaz entre las regiones p y n.

Cuando una tensión externa se aplica a una unión p-n, dos procesos clave ocurren:

- **Difusión de portadores de carga:** Los electrones de la región n tienden a moverse hacia la región p, y los huecos de la región p tienden a moverse hacia la región n debido a la diferencia de concentración. Este proceso se conoce como difusión.
- **Creación de una zona de agotamiento:** A medida que los electrones y los huecos se difunden a través de la unión p-n, comienzan a recombinarse. Cuando se produce esta recombinación, se liberan iones cargados que crean una región en la unión llamada "zona de agotamiento" o "zona de depleción". En esta región, no hay portadores de carga libres, lo que crea una barrera que evita el flujo de corriente eléctrica en una dirección particular.

La zona de agotamiento actúa como un diodo natural y permite que la unión p-n se comporte como una válvula unidireccional para el flujo de corriente. Cuando se aplica una tensión positiva (directa) a través de la unión p-n, la zona de agotamiento se reduce y permite que los electrones y los huecos fluyan a través de la unión, lo que permite la conducción eléctrica. En cambio, si se aplica una tensión negativa (inversa), la zona de agotamiento se amplía, bloqueando eficazmente el flujo de corriente.

Los diodos son ejemplos comunes de dispositivos basados en uniones p-n, donde la capacidad de controlar la dirección del flujo de corriente es fundamental para su funcionamiento. Además, las uniones p-n se utilizan en

dispositivos más complejos, como los transistores bipolares y los transistores de efecto de campo (FET), que permiten un control aún más sofisticado de la corriente y la amplificación de señales en circuitos electrónicos.

3. Celdas Fotovoltaicas

Las celdas fotovoltaicas, también conocidas como células solares, son dispositivos electrónicos diseñados para convertir la energía de la luz solar en electricidad. Estas celdas son la base de la tecnología fotovoltaica y se utilizan en una variedad de aplicaciones, desde pequeños dispositivos electrónicos hasta grandes instalaciones de energía solar. Aquí se detallan los principales aspectos relacionados con las celdas fotovoltaicas:

3.1. Historia de las celdas fotovoltaicas

La historia de las celdas fotovoltaicas es una narrativa fascinante de descubrimientos científicos, avances tecnológicos y aplicaciones innovadoras. A continuación, se presenta un resumen de los hitos más destacados en la evolución de las celdas fotovoltaicas:

- **Descubrimiento del Efecto Fotovoltaico (1839):** El físico francés Alexandre-Edmond Becquerel fue el primero en observar el efecto fotovoltaico en 1839. Descubrió que ciertos materiales, cuando se exponen a la luz, generan una pequeña corriente eléctrica. Este fenómeno se conoce como el efecto Becquerel.
- **Primera Celda Fotovoltaica (1883):** El científico estadounidense Charles Fritts construyó la primera celda fotovoltaica en 1883 utilizando selenio recubierto de una fina capa de oro. Sin embargo, esta celda tenía una eficiencia extremadamente baja.
- **Efecto Fotovoltaico en Semiconductores (1905):** El físico alemán Albert Einstein publicó un artículo en 1905 que explicaba el efecto fotovoltaico en semiconductores, sentando las bases para la comprensión moderna de la conversión de luz en electricidad.
- **Silicio Cristalino (1954):** Bell Labs en Estados Unidos anunció la creación de la primera celda fotovoltaica de silicio cristalino con una eficiencia del 6 %. Esta celda fue el punto de partida para el desarrollo de tecnologías solares modernas.
- **Inicios de la Exploración Espacial (1958):** Las celdas fotovoltaicas se utilizaron en satélites y misiones espaciales. En 1958, el satélite Vanguard I se convirtió en el primer objeto alimentado por energía solar en órbita.

- Auge en la Era Espacial (1960s): La NASA amplió el uso de celdas fotovoltaicas en misiones espaciales. Las celdas fotovoltaicas eran ideales para generar electricidad en el espacio debido a su capacidad de funcionar en ambientes extremos y sin necesidad de combustible.
- Producción Comercial (1970s): Durante la década de 1970, se establecieron las primeras fábricas de producción comercial de celdas fotovoltaicas. Aunque inicialmente eran costosas, las aplicaciones especializadas, como faros marítimos y boyas, encontraron valor en la generación de energía solar autónoma.
- Reducción de Costos (1980s-1990s): A lo largo de las décadas de 1980 y 1990, los costos de las celdas fotovoltaicas comenzaron a disminuir a medida que la tecnología se volvía más eficiente y se expandía la producción en masa. Esto impulsó la adopción de sistemas solares en aplicaciones residenciales y comerciales.
- Auge en Energía Solar (Siglo XXI): Durante el siglo XXI, se ha producido un crecimiento significativo en la energía solar a nivel mundial. Los avances tecnológicos continuos han mejorado la eficiencia de las celdas fotovoltaicas y han permitido su uso en una amplia variedad de aplicaciones, desde instalaciones de energía solar a gran escala hasta cargadores solares portátiles.

3.2. Funcionamiento de la celda fotovoltaica

Las celdas fotovoltaicas funcionan mediante el efecto fotovoltaico, que es la generación de una corriente eléctrica cuando la luz incide sobre ciertos materiales semiconductores. La clave de este proceso radica en los semiconductores utilizados en las celdas. Los fotones de luz solar excitan los electrones en el material semiconductor, permitiéndoles moverse y generar una corriente eléctrica. La estructura de la celda fotovoltaica suele constar de una capa delgada de material semiconductor (como el silicio) que se expone a la luz solar y una interfaz eléctrica para recoger la corriente generada.

3.3. Tipos de celdas fotovoltaicas

Existen varios tipos de celdas fotovoltaicas, cada uno con características y aplicaciones específicas. Algunos de los tipos más comunes incluyen:

- Celdas de silicio monocristalino: Son altamente eficientes pero más costosas de producir debido a su estructura cristalina única.
- Celdas de silicio policristalino: Son menos costosas y ligeramente menos eficientes que las monocristalinas.

- Celdas de silicio amorfo: Son flexibles y se utilizan en aplicaciones como paneles solares flexibles.
- Celdas de película delgada: Utilizan materiales semiconductores como telururo de cadmio (CdTe) o seleniuro de cobre indio galio (CIGS) y son adecuadas para aplicaciones comerciales.

4. Superconductores

Los superconductores son materiales que exhiben una propiedad asombrosa: la superconductividad. La superconductividad es un fenómeno en el cual, a temperaturas muy bajas (generalmente cerca del cero absoluto), estos materiales conducen la electricidad sin ninguna resistencia eléctrica apreciable. Esto significa que la corriente eléctrica puede fluir a través de un superconductor de manera continua y sin disipación de energía, lo que lo convierte en una tecnología extraordinaria con numerosas aplicaciones.

4.1. Historia de los superconductores

La historia de los superconductores es una narrativa fascinante de descubrimientos científicos y avances tecnológicos. Según presentan los hitos más significativos en el desarrollo de los superconductores a lo largo de los años:

- Descubrimiento del mercurio superconductor (1911): El físico holandés Heike Kamerlingh Onnes fue el primero en descubrir la superconductividad en 1911 al enfriar mercurio a temperaturas extremadamente bajas. Observó que, a temperaturas por debajo de aproximadamente 4.2 Kelvin (-268.95°C), la resistencia eléctrica del mercurio disminuía bruscamente a cero, marcando el inicio de la era de los superconductores.
- Efecto Meissner (1933): En 1933, los físicos suizos Walther Meissner y Robert Ochsenfeld descubrieron el efecto Meissner, que demostró que los superconductores expulsan completamente los campos magnéticos de su interior. Este descubrimiento es fundamental para comprender la superconductividad y es la base de muchas aplicaciones prácticas.
- Desarrollo de superconductores tipo II (1930s-1950s): A lo largo de las décadas de 1930 a 1950, se descubrieron los superconductores tipo II, que funcionan a temperaturas más altas que los superconductores tipo I. Estos superconductores tipo II, como el niobio-titanio, demostraron ser más prácticos para aplicaciones tecnológicas.
- Descubrimiento de la superconductividad de alta temperatura (1986): Un avance crucial ocurrió en 1986

cuando los físicos suizos Karl Alex Müller y Johannes Georg Bednorz descubrieron superconductividad a temperaturas mucho más altas que las previamente conocidas. Su trabajo condujo al descubrimiento de los óxidos de cobre de alta temperatura superconductora, que funcionan a temperaturas por encima del punto de ebullición del nitrógeno líquido.

- Aplicaciones en la medicina (1980s): La superconductividad se aplicó por primera vez en la industria médica en la década de 1980, con la creación de sistemas de resonancia magnética nuclear (MRI) más potentes y eficientes, lo que revolucionó el diagnóstico médico.
- Aplicaciones en transporte (1990s en adelante): A partir de la década de 1990, la superconductividad se utilizó en aplicaciones de transporte, como trenes de levitación magnética (Maglev), que utilizan superconductores para eliminar la fricción y permiten velocidades de viaje extremadamente altas.
- Desarrollo de superconductores de alta temperatura (actualidad): La investigación continúa en busca de superconductores de alta temperatura que funcionen a temperaturas más prácticas, lo que podría ampliar significativamente sus aplicaciones en la transmisión de energía, la generación de electricidad y el transporte

4.2. Superconductores ideales

Los superconductores ideales son una clase teórica de materiales que, en teoría, exhibirían superconductividad a temperaturas extremadamente bajas o incluso a temperaturas ambiente. En un superconductor ideal, la resistencia eléctrica sería absolutamente nula, lo que significa que la corriente eléctrica podría fluir de manera indefinida sin disipación de energía. Sin embargo, es importante destacar que los superconductores ideales, tal como se describen en la teoría, no existen en la práctica.

La superconductividad se manifiesta en materiales específicos a temperaturas extremadamente bajas, cerca del cero absoluto 0 Kelvin o $-273,15$ celcius, y requiere condiciones especiales para que ocurra. Estos materiales, conocidos como superconductores convencionales, exhiben propiedades asombrosas, como la expulsión de campos magnéticos y la capacidad de mantener corrientes eléctricas continuas sin pérdidas. Sin embargo, las altas temperaturas a las que se requiere que funcionen los superconductores convencionales limitan su aplicación en la mayoría de las aplicaciones prácticas.

La búsqueda de superconductores con temperaturas de transición más altas ha sido un objetivo continuo en la investigación científica y la ingeniería de materiales. Los superconductores de alta temperatura, como los óxidos de cobre de alta temperatura, han demostrado ser un avance significativo al funcionar a temperaturas

por encima del punto de ebullición del nitrógeno líquido -196 celcius, lo que permite aplicaciones prácticas en la industria médica, la generación de energía y la tecnología de transporte, entre otras.

Si se descubriera un material que exhibiera superconductividad a temperaturas ambiente o incluso más altas, se abriría la puerta a una amplia gama de aplicaciones revolucionarias en la generación y transmisión de energía, el transporte, la electrónica y la investigación científica. Sin embargo, hasta la fecha, la búsqueda de superconductores ideales sigue siendo un desafío complejo debido a las complejas interacciones de los electrones en la estructura de los materiales y a la necesidad de condiciones extremas de temperatura y presión para que ocurra la superconductividad. Aunque no se ha encontrado un superconductor ideal, la investigación en este campo continúa y presenta un emocionante potencial para futuros avances en la tecnología y la ciencia.

4.3. Superconductores duros

Los superconductores duros, también conocidos como superconductores de tipo II, son una clase especial de superconductores que difieren en ciertos aspectos de los superconductores de tipo I o superconductores blandos. Aunque ambos tipos de superconductores comparten la propiedad fundamental de la resistencia eléctrica cero a temperaturas por debajo de sus temperaturas críticas, los superconductores duros tienen características específicas que los hacen especialmente adecuados para aplicaciones en campos como la energía, la medicina y la investigación científica.

Una característica distintiva de los superconductores duros es su capacidad para soportar campos magnéticos intensos. Mientras que los superconductores blandos expulsan completamente los campos magnéticos de su interior (efecto Meissner), los superconductores duros permiten que los campos magnéticos penetren en su interior en forma de vórtices cuantizados. Estos vórtices son regiones localizadas donde el estado superconductor se rompe y se convierte en un estado normal con resistencia eléctrica. A pesar de la presencia de estos vórtices, la superconductividad global del material se mantiene. Esto hace que los superconductores duros sean útiles en aplicaciones en las que se necesita una alta tolerancia a campos magnéticos, como los imanes superconductores utilizados en resonancia magnética nuclear (MRI) de alta intensidad y en la investigación de fusión nuclear.

Además, los superconductores duros son esenciales en aplicaciones que requieren la generación de campos magnéticos extremadamente fuertes. Los superconductores se utilizan en la construcción de imanes superconductores para aceleradores de partículas, como el Gran Colisionador de Hadrones (LHC) en el CERN, y para la investigación de partículas elementales. Estos imanes superconductores permiten alcanzar campos magnéticos mucho más intensos que los imanes convencionales y son cruciales para la exploración de la física

de partículas.

Además de sus aplicaciones en investigación y medicina, los superconductores duros también tienen potencial en la generación de energía y el transporte. Los cables superconductores basados en superconductores duros pueden transportar grandes cantidades de electricidad sin pérdidas significativas, lo que podría revolucionar la transmisión de energía eléctrica. Además, se han desarrollado trenes de levitación magnética (Maglev) que utilizan superconductores duros para eliminar la fricción y permiten velocidades de viaje extremadamente altas.

4.4. La teoría BCS

La teoría BCS (Bardeen-Cooper-Schrieffer) es una teoría fundamental en la física de la superconductividad, desarrollada por los físicos John Bardeen, Leon Cooper y Robert Schrieffer en 1957. Esta teoría proporcionó una explicación revolucionaria para la superconductividad y sentó las bases para nuestra comprensión moderna de este fenómeno. Aquí están los puntos clave de la teoría BCS:

- **Cooper Pairs:** La teoría BCS postula que la superconductividad se origina en la formación de pares de Cooper. Estos pares son en realidad electrones que se combinan en estados cuánticos especiales, conocidos como pares de Cooper, debido a su interacción con las vibraciones de la red cristalina del material superconductor. La interacción atractiva entre los electrones se produce a través de la interacción con fonones, que son las vibraciones cuánticas de la red.
- **Condensación de Bose-Einstein:** Debido a la interacción atractiva, los electrones se emparejan y se condensan en un estado cuántico colectivo, análogo a la condensación de Bose-Einstein en la que átomos fríos forman un condensado de Bose-Einstein a temperaturas extremadamente bajas. Esto significa que todos los pares de Cooper en el superconductor se comportan como un solo estado colectivo y pueden moverse a través del material sin obstáculos, lo que da como resultado la ausencia de resistencia eléctrica.
- **Brecha de Energía:** La teoría BCS predice la existencia de una brecha de energía en el espectro de energía de los electrones dentro del superconductor. Esta brecha representa la cantidad mínima de energía que se requiere para romper un par de Cooper y, por lo tanto, para inducir una transición del estado superconductor al estado normal. La brecha de energía es una característica distintiva de la superconductividad y se puede medir experimentalmente.
- **Temperatura Crítica:** La teoría BCS también proporciona una predicción de la temperatura crítica a

la cual un material se volverá superconductor. Esta temperatura crítica depende de la intensidad de la interacción atractiva entre los electrones y de la densidad de estados electrónicos en la vecindad de la energía de Fermi del material.

- Limitaciones: La teoría BCS es adecuada para describir superconductores convencionales que funcionan a temperaturas muy bajas. No es aplicable a los superconductores de alta temperatura, como los óxidos de cobre, que se rigen por mecanismos diferentes y son objeto de investigación activa.

La teoría BCS fue un hito en la comprensión de la superconductividad y proporcionó una explicación sólida para la supresión de la resistencia eléctrica en ciertos materiales a temperaturas extremadamente bajas. Ha sido fundamental para el desarrollo de aplicaciones prácticas de la superconductividad en la industria médica, la investigación científica y la generación de energía, y ha sentado las bases para investigaciones posteriores en superconductividad.

4.5. Efecto Josephson

El efecto Josephson, llamado así en honor a Brian D. Josephson, un físico británico que predijo este fenómeno en 1962, es un fenómeno cuántico que se manifiesta en superconductores y se relaciona con la capacidad de los pares de Cooper (pares de electrones formados en la superconductividad) para atravesar una barrera de aislante sin resistencia eléctrica. El efecto Josephson ha dado lugar a importantes aplicaciones en la metrología y la detección de radiación electromagnética. A continuación, se describen los conceptos clave del efecto Josephson:

- Túneles de Josephson: El efecto Josephson se observa en un dispositivo conocido como "túnel Josephson." "túnel Josephson débil". Este dispositivo consiste en dos superconductores separados por una barrera delgada, generalmente un material aislante. La barrera es tan delgada que los pares de Cooper pueden atravesarla mediante el efecto túnel cuántico, sin ninguna resistencia eléctrica.
- Efecto AC y DC: El efecto Josephson se manifiesta en dos modos principales: el efecto Josephson de corriente continua (DC) y el efecto Josephson de corriente alterna (AC). En el efecto DC, una diferencia de fase constante entre los dos superconductores da como resultado una corriente continua a través del dispositivo. En el efecto AC, se aplica un voltaje alterno a la barrera Josephson, lo que da como resultado una corriente alterna a una frecuencia específica, directamente proporcional a la frecuencia del voltaje aplicado.
- Relación de Josephson: La relación de Josephson es una constante fundamental en la física que relaciona

la frecuencia de oscilación en el efecto Josephson AC con la diferencia de potencial aplicada. Esta relación es aproximadamente igual a 483.6 GHz por voltio y es una constante universal que se utiliza en la metrología y la definición de unidades de medida.

- Aplicaciones: El efecto Josephson se ha utilizado en la construcción de dispositivos altamente precisos para la medición de voltaje y frecuencia. Los voltímetros Josephson se basan en la relación de Josephson y se utilizan para medir voltajes con una precisión extrema. Además, las microondas generadas por el efecto Josephson se utilizan en la construcción de dispositivos como relojes atómicos, detectores de radiación y amplificadores de microondas.
- Supercorriente crítica: El efecto Josephson es muy sensible a la fase relativa de los superconductores, lo que significa que es altamente dependiente de la diferencia de fase entre los pares de Cooper en ambos lados de la barrera Josephson. Cuando se aplica un voltaje a la barrera, existe una corriente crítica máxima, llamada "supercorriente crítica", que no debe ser superada para que el efecto Josephson funcione correctamente.

el efecto Josephson es un fenómeno cuántico fascinante que se manifiesta en dispositivos de túneles Josephson y se basa en la capacidad de los pares de Cooper de atravesar barreras aislantes sin resistencia eléctrica. Este efecto ha tenido un gran impacto en la metrología y la detección de radiación electromagnética, y es una parte importante de la física de la superconductividad.

Conclusión

En esta exploración acerca de los materiales modernos y fenómenos físicos, hemos abordado tres áreas fundamentales: la fibra óptica, los semiconductores y los superconductores. Cada uno de estos campos ofrece una perspectiva única de la física y su aplicación en nuestra vida cotidiana. En la fibra óptica, hemos descubierto cómo la transmisión de información a través de pulsos de luz ha revolucionado las comunicaciones, permitiendo una conectividad más rápida y eficiente. En los semiconductores, hemos explorado cómo estos materiales versátiles son la base de la electrónica moderna y cómo las propiedades eléctricas y la dopación pueden controlarse para crear dispositivos electrónicos avanzados. En cuanto a los superconductores, hemos desvelado cómo estos materiales extraordinarios, a temperaturas extremadamente bajas, permiten que la electricidad fluya sin resistencia, con aplicaciones que van desde la medicina hasta la generación de energía y la investigación científica.

La historia de estos campos es una narrativa de descubrimientos científicos, avances tecnológicos y aplicaciones innovadoras que han transformado nuestra sociedad. Desde la invención de la fibra óptica hasta la teoría BCS que explica la superconductividad, estos avances reflejan el poder de la investigación científica y la ingeniería en la creación de tecnologías que mejoran nuestras vidas.

En el futuro, la investigación en estos campos continuará desempeñando un papel crucial en la evolución de la tecnología. La búsqueda de materiales superconductores que funcionen a temperaturas más altas, la mejora de la eficiencia de las celdas fotovoltaicas y el desarrollo de semiconductores más avanzados son solo algunos ejemplos de las áreas de interés continuo. A medida que avanzamos hacia un mundo más conectado, sostenible y avanzado tecnológicamente, estos campos seguirán desempeñando un papel esencial en la configuración de nuestro futuro.

A partir de todo lo mencionado anteriormente, podemos estar de acuerdo que estos tres campos demuestran cómo la ciencia y la tecnología trabajan en conjunto para impulsar la innovación y cómo los conceptos fundamentales de la física pueden tener un impacto directo en nuestra vida diaria. La investigación y el desarrollo continuos en estos campos prometen soluciones aún más emocionantes y aplicaciones que mejorarán nuestra calidad de vida y contribuirán al avance de la sociedad en su conjunto.

Referencias

Acosta Pérez, M. A., Suárez Castrillón, S. A., Suárez Castrillón, A. M. (2016). Desarrollo y ensayo de un

- sensor químico de fibra óptica para la medición de concentraciones de dióxido de carbono. *Tecnura*, 20(50), 29–42.
- Candal, R. J., Bilmes, S. A., Blesa, M. A. (2001). Semiconductores con actividad fotocatalítica. *Eliminación de Contaminantes por Fotocatálisis Heterogénea*. Editor: Miguel Blesa, Red CYTED VIII-G, 79–101.
- Farrera, L. (2008). Conductores semiconductores y aislantes. *Universidad Autónoma. México*. Recuperado de: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/_27503.pdf.
- Gurevich, Y. G., Rodriguez, F. P. (2007). Fenómenos de transporte en semiconductores. *Superficies y Vacío*, 20(2), 24–25.
- Rodriguez, P. (2001). *Semiconductores*. TECNIBOOK EDICIONES.
- Santiago-Alvarado, A., Vázquez-Montiel, S. (2009). Propiedades físico-químicas de membranas pdms empleadas en lentes líquidas. *Superficies y vacío*, 22(3), 61–66.
- Vargas, I. A. (2014). *Sistemas de fibra óptica*. Mexico: Prenti Hall.