

**FICHA IDENTIFICATIVA****Datos de la Asignatura**

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Código | 34277 |
| Nombre | Física de Semiconductores |
| Ciclo | Grado |
| Créditos ECTS | 6.0 |
| Curso académico | 2020 - 2021 |

Titulación(es)

| Titulación | Centro | Curso | Periodo |
|------------------------|--------------------|--------------|---------------------|
| 1105 - Grado en Física | Facultad de Física | 4 | Primer cuatrimestre |

Materias

| Titulación | Materia | Caracter |
|------------------------|-----------------------------|-----------------|
| 1105 - Grado en Física | 16 - Complementos de Física | Optativa |

Coordinación

| Nombre | Departamento |
|--------------------------------|---|
| MARTINEZ PASTOR, JUAN PASCUAL | 175 - Física Aplicada y Electromagnetismo |
| SEGURA GARCIA DEL RIO, ALFREDO | 175 - Física Aplicada y Electromagnetismo |

RESUMEN

La Física de Semiconductores es una asignatura de carácter optativo que se imparte en el segundo cuatrimestre de cuarto curso de los estudios del Grado en Física y consta de 6 créditos ECTS, de los cuales 4,5 son teóricos y 1,5 son de laboratorio.

El objetivo de esta materia es proporcionar a los estudiantes una introducción a las propiedades básicas de los semiconductores (estructura electrónica, estadística de electrones y vacíos, dispersión de portadores, generación y recombinación de portadores fuera de equilibrio, propiedades ópticas) y mostrar cómo estas propiedades se modifican en estructuras de baja dimensionalidad (pozos, hilos y puntos cuánticos) y determinan las características, eficiencia y limitaciones de algunos dispositivos electrónicos y optoelectrónicos básicos.



CONOCIMIENTOS PREVIOS

Relación con otras asignaturas de la misma titulación

No se han especificado restricciones de matrícula con otras asignaturas del plan de estudios.

Otros tipos de requisitos

Mecánica y Ondas, Electromagnetismo, Óptica, Física Cuántica, Mecánica Cuántica, Física del Estado Sólido, Física Estadística.

COMPETENCIAS

1105 - Grado en Física

- Poseer y comprender los fundamentos de la Física en sus aspectos teóricos y experimentales, así como el bagaje matemático necesario para su formulación.
- Saber aplicar los conocimientos adquiridos a la actividad profesional, saber resolver problemas y elaborar y defender argumentos, apoyándose en dichos conocimientos.
- Ser capaz de reunir e interpretar datos relevantes para emitir juicios.
- Ser capaz de transmitir información, ideas, problemas y soluciones tanto a un público especializado como no especializado.
- Desarrollo de habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un elevado grado de autonomía.
- Resolución de problemas: Ser capaz de evaluar claramente los órdenes de magnitud, de desarrollar una percepción de las situaciones que son físicamente diferentes pero que muestran analogías, permitiendo, por lo tanto, el uso de soluciones conocidas a nuevos problemas.
- Modelización y resolución de problemas: Ser capaz de identificar los elementos esenciales de un proceso/situación y de establecer un modelo de trabajo del mismo. Ser capaz de realizar las aproximaciones requeridas con el objeto de reducir un problema hasta un nivel manejable. Pensamiento crítico para construir modelos físicos.
- Investigación básica y aplicada: Adquirir una comprensión de la naturaleza de la investigación Física, de las formas en que se lleva a cabo, y de cómo la investigación en Física es aplicable a muchos campos diferentes, por ejemplo la ingeniería; habilidad para diseñar procedimientos experimentales y/o teóricos para: (i) resolver los problemas corrientes en la investigación académica o industrial; (ii) mejorar los resultados existentes
- Destrezas generales y específicas en lenguas extranjeras: Haber mejorado el dominio del inglés (o de otra lengua extranjera de interés) a través de: acceso a bibliografía fundamental, comunicación oral y escrita (inglés científico-técnico), cursos, estudios en el extranjero, reconocimiento de créditos en universidades extranjeras etc.



- Búsqueda de bibliografía: Ser capaz de buscar y utilizar bibliografía en Física y otra bibliografía técnica, así como cualquier fuente de información relevante para trabajos de investigación y desarrollo técnico de proyectos.
- Capacidad de aprendizaje: Ser capaz de iniciarse en nuevos campos de la Física y de la ciencia y tecnología en general, a través del estudio independiente.
- Comunicación oral y escrita: Ser capaz de transmitir información, ideas, problemas y soluciones mediante la argumentación y el razonamiento propios de la actividad científica, utilizando los conceptos y herramientas básicas de la Física.
- Cultura General en Física: Haberse familiarizado con los aspectos más importantes de la materia, y con enfoques que abarcan y relacionan diferentes áreas de la física.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

- Comprensión de los esquemas de bandas de los diferentes tipos de heterouniones y del uso de esos esquemas para determinar las características y aplicaciones.
- Comprensión básica de las bases físicas de la detección de luz.
- Conocimiento de los parámetros básicos de la estructura electrónica de un semiconductor.
- Conocimientos de la estadística de electrones y vacíos y el papel de las impurezas aceptores y donadores.
- Conocimiento de los fenómenos básicos de transporte en semiconductores intrínsecos y extrínsecos.
- Comprensión del comportamiento de portadores fuera de equilibrio y del papel que juegan en los dispositivos electrónicos.
- Comprensión de la relación entre la estructura electrónica y las propiedades ópticas de un semiconductor.
- Comprensión de la modificación de la estructura electrónica en sistemas de baja dimensionalidad respecto a la del material masivo.
- Comprensión de la física básica de la unión p-n y de la relación entre su estructura electrónica y sus características y aplicaciones.
- Comprensión básica de las bases físicas de la detección de luz por los dispositivos semiconductores.
- Comprensión básica de la emisión de luz por Ledes y láseres semiconductores.

DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS

1. Estructuras cristalina y estructura electrónica de los semiconductores

Estructura cristalina de algunos semiconductores. Estructuras de bandas de los semiconductores IV, III-V e II-VI. Parámetros básicos de la estructura electrónica: banda prohibida y masas efectivas. Semiconductores directos e indirectos.

**2. Estadística de electrones y huecos y propiedades de transporte**

Se introducirá el concepto de densidad de estados y, partiendo de la estadística de Fermi-Dirac en un semiconductor intrínseco, se verá como la concentración de electrones y agujeros está determinada por la temperatura, el gap y las masas efectivas. Se estudiarán las modificaciones que aporta el dopado con impurezas dadoras y aceptoras, que permiten controlar el nivel de Fermi y hacen posibles los dispositivos electrónicos. Partiendo primero de un modelo muy simple, como el modelo de Drude, se introducirán los parámetros de transporte para, en un segundo paso, dar una versión sencilla de la ecuación de Boltzmann y mostrar como permite abordar problemas de transporte más complejos, como la difusión o el efecto termoeléctrico.

3. Dispersión de portadores y portadores fuera de equilibrio

Se introduce el concepto de probabilidad de dispersión y tiempo de relajación y se estudia la dispersión de los portadores por impurezas ionizadas y vibraciones de la red. Se discute la dependencia de la movilidad con la temperatura. Se introducen los conceptos de generación y recombinación de portadores y la diferencia entre difusión y arrastre de portadores, llegando a la relación de Einstein y la ecuación de difusión.

4. Propiedades ópticas de los semiconductores

Se introducen los parámetros ópticos y su relación con la función dieléctrica a partir de un modelo sencillo de absorción resonante. Se estudia la absorción fundamental en torno al gap distinguiendo entre los umbrales de absorción para semiconductores directos e indirectos. Se introduce el concepto de excitón y las relaciones de Einstein entre emisión espontánea y estimulada, tratando la fotoluminiscencia.

5. Sistemas electrónicos de baja dimensionalidad

Pozos, hilos y puntos cuánticos. Estados electrónicos en un sistema 2D. Densidad de estados en sistemas de baja dimensionalidad. Nivel de Fermi en un sistema 2D. Pozos de potencial triangulares y cuadrados. Pozos acoplados y superredes. Hilos cuánticos. Puntos cuánticos.

6. Tecnología de semiconductores, dispositivos y nanoestructuras

Síntesis y crecimiento cristalino de semiconductores. Crecimiento epitaxial por haz molecular y metalorgánico. Fabricación de dispositivos: epitaxia y fotolitografía. Técnicas de capa delgada. Crecimiento de nanoestructuras semiconductoras.

**7. Uniones p-n, heterouniones, diodos Schottky y dispositivos MOS**

Esquema de bandas. Características $I(V)$ y $C(V)$. Unión entre semiconductores degenerados. El diodo túnel. Heterouniones: esquemas de bandas. Efecto Schottky. Uniones metal semiconductor. Estructura del diodo M.O.S.: inversión y acumulación. Características $C(V)$.

8. Sistemas electrónicos de baja dimensionalidad: propiedades ópticas y de transporte

Propiedades ópticas de sistemas de baja dimensionalidad: excitones en pozos, hilos y puntos cuánticos. Transporte en sistemas de baja dimensionalidad. Transporte balístico. Dispositivos de efecto túnel.

9. Fotodetectores y células solares: dispositivos 3D y nanoestructuras

El diodo PN bajo iluminación. Fotodetectores. Espectro fotovoltaico. Células solares. Parámetros de rendimiento. Rendimiento máximo y valor óptimo del gap. Limitaciones del rendimiento: efecto de la resistencia interna y pérdidas de la barrera. Tipos de células solares. Fotodetectores y células solares nanoestructuradas.

10. Dispositivos emisores: leds y láseres semiconductores 3D y nanoestructuras

Emisión de luz por un diodo. Rendimiento de electroluminiscencia. Diodo electroluminiscente. Bases físicas del láser semiconductor. Inversión de la población, ganancia y modos. Láseres de unión: corriente umbral. Láseres basados en nanoestructuras semiconductoras. Emisores cuánticos y Qbits basados en nano estructuras.

VOLUMEN DE TRABAJO

| ACTIVIDAD | Horas | % Presencial |
|--|---------------|--------------|
| Clases de teoría | 45,00 | 100 |
| Prácticas en laboratorio | 15,00 | 100 |
| Lecturas de material complementario | 5,00 | 0 |
| Preparación de actividades de evaluación | 15,00 | 0 |
| Preparación de clases de teoría | 30,00 | 0 |
| Preparación de clases prácticas y de problemas | 25,00 | 0 |
| Resolución de casos prácticos | 15,00 | 0 |
| TOTAL | 150,00 | |



METODOLOGÍA DOCENTE

Clases teóricas:

Se establecerán las bases de la Física de Semiconductores, introduciendo los aspectos fundamentales y derivando las propiedades eléctricas y ópticas de los semiconductores de cara a comprender como determinan su uso en dispositivos electrónicos.

Clases de problemas:

Se realizan ejercicios complementarios orientados fundamentalmente a entender los órdenes de magnitud de los diferentes parámetros físicos de un semiconductor y las diferentes figuras de mérito de los dispositivos electrónicos.

Sesiones de laboratorio:

Las prácticas de laboratorio se realizarán en grupos reducidos. Los estudiantes trabajan en grupo en la toma de datos y discusión de los resultados, en un análisis preliminar.

EVALUACIÓN

Parte teórico-práctica:

- Exámenes escritos: en la parte de teoría se evaluará fundamentalmente la comprensión de las propiedades y procesos físicos en los semiconductores y dispositivos.
- Trabajo bibliográfico sobre un semiconductor concreto, describiendo sus propiedades y como estas determinan aplicaciones preferentes.
- Evaluación continua: se evaluará la realización de problemas propuestos durante el curso.

Parte experimental:

- Evaluación continua: Control individual del trabajo en el laboratorio y de la elaboración de datos, resultados y conclusiones de cada práctica mediante un cuestionario.
- Evaluación final: exposición de las bases físicas, metodología y resultados de una práctica.

Al menos el 30% de la nota de la asignatura corresponderá a una evaluación continua.

REFERENCIAS

Básicas

- "Fundamentos de electrónica física y microelectrónica", J.M. Albella, J.M. Martínez-Duart, Ed. Addison-Wesley/U.A. Madrid, 1996.
- "Physique des semiconducteurs et des composants électroniques", H. Mathieu, Masson, Paris, 1998.



Complementarias

- "Basic semiconductor Physics", C. Hamaguchi, Springer-Verlag, Berlín 2001
- "Semiconductor physics", K. Seeger, Ed. Springer-Verlag, Berlín, 1982.
- "Física del estado sólido y de semiconductores", J.P. McKelvey, Ed. Limusa, Méjico, 1976.

ADENDA COVID-19

Esta adenda solo se activará si la situación sanitaria lo requiere y previo acuerdo del Consejo de Gobierno