

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

Código	43305
Nombre	Materiales y dispositivos optoelectrónicos
Ciclo	Máster
Créditos ECTS	6.0
Curso académico	2023 - 2024

Titulación(es)

Titulación	Centro	Curso	Periodo
2150 - Máster Universitario Física Avanzada	Facultad de Física	1	Primer cuatrimestre

Materias

Titulación	Materia	Carácter
2150 - Máster Universitario Física Avanzada	5 - Optoelectrónica	Optativa

Coordinación

Nombre	Departamento
MARTINEZ PASTOR, JUAN PASCUAL	175 - Física Aplicada y Electromagnetismo
MARTINEZ TOMAS, M DEL CARMEN	175 - Física Aplicada y Electromagnetismo
MUÑOZ SANJOSE, VICENTE	175 - Física Aplicada y Electromagnetismo

RESUMEN

El contenido de la asignatura tiene que ver con los diferentes aspectos de la tecnología de materiales y dispositivos optoelectrónicos basados en ellos, y se organiza en tres bloques:

PARTE 1: CRECIMIENTO CRISTALINO Y CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL

1. Crecimiento cristalino: nociones básicas, métodos de crecimiento.
2. Deposición de capas delgadas y de nanoestructuras: MOCVD y Espray-Pirolisis.



3. Caracterización estructural

PARTE 2: TECNOLOGÍA MICROELECTRÓNICA E INGENIERÍA DE LA BANDA PROHIBIDA

4. Técnicas de fabricación de dispositivos: litografía, resinas positivas y negativas, ataque húmedo y seco.
5. Ingeniería de la banda prohibida en heteroestructuras semiconductores para dispositivos optoelectrónicos.

PARTE 3: DISPOSITIVOS OPTOTELECTRONICOS

6. Diodos electroluminiscentes (LEDs) en visible y NIR.
7. Tecnología de diodos láser.
8. Tecnología de fotodetectores y dispositivos fotovoltaicos.

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

Para el seguimiento de los contenidos de la materia es conveniente disponer de conocimientos previos básicos de Física de los Sólidos (teoría de bandas, vibraciones de la red, propiedades eléctricas), así como conocimientos básicos, pero más específicos, de Física de los Semiconductores (estadística de portadores, portadores fuera de equilibrio y propiedades ópticas) y dispositivos electrónicos básicos (diodo pn, por ejemplo).

COMPETENCIAS (RD 1393/2007) // RESULTADOS DEL APRENDIZAJE (RD 822/2021)

2150 - Máster Universitario Física Avanzada

- Que los/las estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo
- Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.



- Ser capaz de gestionar información de distintas fuentes bibliográficas especializadas utilizando principalmente bases de datos y publicaciones internacionales en lengua inglesa.
?
?
- Poseer la capacidad para el desarrollo de una aptitud crítica ante el aprendizaje que le lleve a plantearse nuevos problemas desde perspectivas no convencionales.
?
?
- Comprender de una forma sistemática el campo de estudio de la Física y el dominio de las habilidades y métodos de investigación relacionados con dicho campo.
- Concebir, diseñar, poner en práctica y adoptar un proceso sustancial de investigación con seriedad académica.
- Realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas en el área de la Física.
- Analizar una situación compleja extrayendo cuales son las cantidades físicas relevantes y ser capaz de reducirla a un modelo parametrizado.
- Evaluar la validez de un modelo o teoría propuesto por otros miembros de la comunidad científica.
- Saber modelizar matemáticamente los problemas físicos sencillos nuevos, conectados con problemas conocidos. Ser capaz de expresar en términos matemáticos nuevas ideas.
- Elaborar una memoria clara y concisa de los resultados de su trabajo y de las conclusiones obtenidas en el área de la Física.
- Exponer y defender públicamente el desarrollo, resultados y conclusiones de su trabajo en el área de la Física.
- Comprender las bases físicas de las propiedades de los materiales que determinan sus ?aplicaciones optoelectrónicas.
- Comprender cómo se modifican las propiedades optoelectrónicas de los materiales en ?medios nanoestructurados y su influencia en dispositivos optoelectrónicos/fotónicos.
- Comprender las técnicas más habituales de preparación, crecimiento y caracterización de ?materiales optoelectrónicos en monocristal, capa delgada o nanoestructura.
- Comprender el funcionamiento de los dispositivos optoelectrónicos a partir de las ?propiedades de los materiales y la estructura del dispositivo, así como conocer los avances ?recientes en el campo.
- Ser capaz de seleccionar los materiales y diseñar (aspectos más básicos) un dispositivos ?optoelectrónico que permita abordar una aplicación o problema planteado.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE (RD 1393/2007) // SIN CONTENIDO (RD 822/2021)



Al finalizar el proceso de enseñanza-aprendizaje el estudiante habrá aprendido:

1. Comprender las bases físicas de las propiedades de los materiales que determinan sus aplicaciones optoelectrónicas.
2. Comprender cómo se modifican las propiedades optoelectrónicas de los materiales en medios nanoestructurados.
3. Comprender las técnicas más habituales de preparación y crecimiento de materiales optoelectrónicos en monocristal, capa delgada o nanoestructura, así como las técnicas de caracterización pertinentes para aplicaciones optoelectrónicas y fotónicas.
4. Comprender el funcionamiento de los dispositivos optoelectrónicos de emisión, modulación y detección de luz a partir de las propiedades básicas y la estructura del dispositivo.
5. Ser capaz de seleccionar o diseñar dispositivos optoelectrónicos que permitan abordar una aplicación o problema planteado, tanto en laboratorios de investigación básica, como de I+D+i en un entorno industrial (sensores y bio-sensores ópticos, técnicas de espectroscopía para análisis físico-químicos, control de procesos, comunicaciones ópticas, ...).

DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS

1. Crecimiento cristalino: nociones básicas, métodos de crecimiento.

En este tema se proporcionan las bases generales del crecimiento de cristales y su caracterización estructural, con especial énfasis en materiales semiconductores. En una primera parte se empieza con unas nociones básicas sobre el crecimiento cristalino, como son los diagramas de fase, dinámica de fluidos, los elementos básicos de un laboratorio de crecimiento... Seguidamente se aborda el crecimiento de cristales en volumen, tanto desde el fundido, como en disolución y en fase gaseosa. Se analizan los procesos básicos que dan lugar al crecimiento y las características de cada uno de los métodos descritos. También se aborda el proceso de recristalización.

2. Deposición de capas delgadas y de nanoestructuras: MOCVD y Espray-Pirolisis

En este tema se describen los principales métodos para el crecimiento de materiales cristalinos de capas homo y heteroepitaxiales. Se abordan de forma genérica diferentes métodos para elaborar capas, como son la evaporación en vacío, la pulverización catódica, el uso de diferentes tipos de haces y la ablación láser. Seguidamente se describen métodos específicos para obtener capas epitaxiales como la epitaxia en fase líquida (LPE), la epitaxia en fase vapor (CVD y MOCVD) y el método de espray pirolisis. En todos los casos se analizan las características del método y las variables que permiten el control de las propiedades del material crecido.



3. Caracterización estructural

En la tercera parte del BLOQUE 1 se aborda la caracterización de las propiedades estructurales de materiales cristalinos. Se empieza por describir cómo es la interacción de la radiación con la materia. Seguidamente, se analizan de forma general diferentes técnicas de caracterización en función del tipo de haz, tanto para rayos X (XRD, FRX) como electrones (SEM, TEM). Seguidamente, se amplía la parte referida a difracción de rayos X, describiendo con más detalle los difractómetros convencionales de polvo y los de alta resolución. Se describe la información estructural que se puede obtener con ellos y cómo se aplican las diferentes técnicas de medida según el material sea policristalino, en volumen, en forma de capa o nanoestructuras.

4. Tecnología Microelectrónica

En este tema explicamos diferentes procesos realizados sobre obleas semiconductoras: deposición de capas, oxidación de silicio, difusión de impurezas, definición de aperturas por técnicas de litografía (óptica, haz de electrones), y eliminación de material (ataque químico y por plasma).

5. Ingeniería de la banda prohibida

La mayoría de dispositivos optoelectrónicos emisores actuales se basan en heteroestructuras y nanoestructuras semiconductores. Estas quedan definidas por la diferencia entre los parámetros de red y las bandas prohibidas de los materiales involucrados (semiconductores III-V y sus aleaciones, por ejemplo), así como el alineamiento relativo de sus bandas de valencia. Estos aspectos determinarán una heteroestructura con un perfil de potencial que, eventualmente, se puede aprovechar para confinar los portadores y determinar su función de ondas y transiciones ópticas intersubbanda e interbanda. Hetero-unión semiconductor, unión metal-semiconductor y unión metal-óxido-semiconductor.

6. Diodos electroluminiscentes (LEDs) en visible y NIR.

En este tema se parte del concepto básico de un diodo electroluminiscente (asignatura de Fundamentos de Optoelectrónica) para revisar su evolución histórica, destacando los materiales y las estructuras usadas. Por su importancia, se discutirán los casos del LED de GaN, por su repercusión en iluminación, y de nuevos conceptos.

7. Tecnología de diodos láser

Se define el concepto básico de un diodo láser de emisión lateral (resonador Fabry-Pérot), así como las magnitudes que definen su funcionamiento: confinamiento óptico, ganancia, corriente umbral, parámetro de temperatura, ..., así como las ecuaciones de balance que permiten determinar la potencia óptica de emisión láser. Se discutirán diferentes tipos de láseres de emisión lateral así como el diodo VCSEL.

**8. Tecnología de fotodetectores y dispositivos fotovoltaicos.**

Se examinarán los casos más básicos de dispositivos fotodetectores, como el caso de fotoconductores y fotodiodos p-n y p-i-n, para revisar otras arquitecturas más complejas, como el caso de dispositivos CCD y CMOS.

VOLUMEN DE TRABAJO

ACTIVIDAD	Horas	% Presencial
Clases de teoría	36,00	100
Prácticas en laboratorio	4,00	100
Seminarios	3,00	100
Elaboración de trabajos en grupo	8,00	0
Elaboración de trabajos individuales	8,00	0
Preparación de clases de teoría	45,00	0
Preparación de clases prácticas y de problemas	46,00	0
TOTAL	150,00	

METODOLOGÍA DOCENTE

MD1 - Clases teóricas lección magistral participativa.

MD3 – Resolución de problemas.

MD4 – Problemas

MD5 – Seminarios.

MD6 – Visita a instalaciones científicas externas y empresas.

MD7 – Debate o discusión dirigida.

EVALUACIÓN

SE1 – Exámenes escritos sobre las clases de teoría y prácticas: basados en los resultados del aprendizaje y en los objetivos específicos de cada asignatura.

SE3 – Evaluación continua del estudiante en las clases de teoría y prácticas: asistencia participativa y realización de ejercicios en el aula.

SE5 – Evaluación de las actividades no presenciales relacionadas con las clases de teoría y prácticas: memorias y/o informes de las prácticas entregados.



REFERENCIAS

Básicas

- Quantum Wells, Wires and Dots, Paul Harrison, Ed. Wiley, 2007.
- Crystal Growth Processes, J.C. Brice, Ed. Wiley, 1986.
- Physics of Optoelectronic Devices, S. L. Chuang, Ed. Wiley, 1995.
- Fundamentals of Semiconductor Fabrication, G.S. May & S.M. Sze, Ed. Wiley (2003).
- Physics of semiconductor devices, S.N. Sze, Ed. John Wiley (1981 y ediciones posteriores).
- Fundamentos de electrónica física y microelectrónica", J.M. Albella, J.M. Martínez-Duart, Ed. Addison-Wesley/U.A. Madrid (1996).
- Semiconductor laser physics, W.W. Chow, S.W. Koch, M. Sargent, Ed. Springer-Verlag (1994).
- Richard S. Quimby, Photonics and lasers: an introduction