

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

Código	43305
Nombre	Materiales y dispositivos optoelectrónicos
Ciclo	Máster
Créditos ECTS	6.0
Curso académico	2024 - 2025

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
AGOURAM OUHTIT, SAID	175 - Física Aplicada y Electromagnetismo
ERRANDONEA PONCE, DANIEL JORGE	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 Y MORFOLÓGICA

1. Crecimiento cristalino: Bases físico-químicas y tecnológicas.



2. Métodos para el crecimiento cristalino de materiales en volumen, capas delgadas y nanoestructuras.
3. Caracterización estructural y morfológica.

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 semiconductoras para dispositivos optoelectrónicos.

PARTE 3: DISPOSITIVOS OPTOTELECTRÓNICOS

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: Bases físico-químicas y tecnológicas**

En este primer tema se analizan las bases físico-químicas y tecnológicas del crecimiento cristalino, con un énfasis especial en materiales semiconductores. Se empieza con una revisión de estos conceptos a partir de los conocimientos previos de los estudiantes en los correspondientes estudios de grado, haciendo especial énfasis en los diagramas de fase, dinámica de fluidos, potenciales químicos, estados de sobresaturación y sobrefusión, acoplamiento de redes cristalinas, energía superficial, etc. A continuación, se analizan los elementos básicos de un laboratorio de crecimiento cristalino y como esta equipación incide sobre los contenidos presentados anteriormente.

2. Métodos para el crecimiento cristalino de materiales en volumen, capas delgadas y nanoestructuras

En este segundo tema se describen de forma más detallada diversos métodos para el crecimiento de materiales cristalinos en volumen: método de Czochralskii, método de Bridgman, THM, PVD, CVD, hidrotermal, recristalización en fase sólida, entre otros. Se estudian también diversas opciones para el crecimiento de capas cristalinas sobre diferentes sustratos como son la evaporación en vacío, la pulverización catódica, el uso de diferentes tipos de haces y la ablación láser, la epitaxia en fase líquida (LPE), la epitaxia en fase vapor (CVD, Mist-CVD y MOCVD) y el método de spray pirólisis. 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 y morfológica

En el tercer tema se aborda la caracterización de las propiedades estructurales y morfológica de los materiales. 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, HRXRD) como electrones (SEM, TEM, HRTEM). Se describe la información estructural y morfológica que se puede obtener 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 individuales	10,00	0
Estudio y trabajo autónomo	30,00	0
Lecturas de material complementario	7,00	0
Preparación de actividades de evaluación	20,00	0
Preparación de clases de teoría	20,00	0
Preparación de clases prácticas y de problemas	20,00	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.

Para determinar la nota final, las notas obtenidas a partir de los diferentes métodos de evaluación serán ponderadas en función de la cantidad de materia evaluada en cada caso.

REFERENCIAS

Básicas

- Crystal Growth Processes, J.C. Brice, Ed. Wiley, 1986.
- Fundamentos de electrónica física y microelectrónica", J.M. Albella, J.M. Martínez-Duart, Ed. Addison-Wesley/U.A. Madrid (1996).
- Physics of semiconductor devices, S.N. Sze, Ed. John Wiley, 1981 y ediciones posteriores
- Physics of Optoelectronic Devices, S. L. Chuang, Ed. Wiley, 1995

Complementarias

- Quantum Wells, Wires and Dots, Paul Harrison, Ed. Wiley, 2007
- Semiconductor laser physics, W.W. Chow, S.W. Koch, M. Sargent, Ed. Springer-Verlag (1994).
- Photonics and laser: an introduction, Richard S. Quimby, Jhon Wiley & sons, 2006
- Fundamentals of Semiconductor Fabrication, G.S. May & S.M. Sze, Ed. Wiley, 2003