Universidad de Navarra

Nanotecnología y fotónica (MIT)

Guía docente 2025-26

PRESENTACIÓN

Breve descripción:

- **Titulación**: Máster en Ingeniería de Telecomunicación
- **Módulo/Materia**: Tecnología de Telecomunicación / Tecnología Electrónica
- **ECTS**: 5 ECTS
- **Curso, semestre**: 1º, Segundo
- **Carácter**: Obligatorio
- **Profesorado**:
- Olaizola Izquierdo, Santiago Miguel - Email: yolaizola@ceit.es
- Profesor colaborador
- Ayerdi Olaizola, Isabel - Email: iayerdi@ceit.es
- Profesor colaborador
- García Mandayo, Gemma - Email: ggmandayo@ceit.es
- Catedrática
- **Idioma**: Inglés

RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Competencias)

- CB6 - 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
- CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio
- CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades
- CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.
- CG7 - Capacidad para la puesta en marcha, dirección y gestión de procesos de fabricación de equipos electrónicos y de telecomunicaciones, con garantía de la seguridad para las personas y bienes, la calidad final de los productos y su homologación.
- CE10 - Capacidad para diseñar y fabricar circuitos integrados.
- CE14 - Capacidad para aplicar conocimientos avanzados de fotónica y optoelectrónica, así como electrónica de alta frecuencia.
- CE15 - Capacidad para desarrollar instrumentación electrónica, así como transductores, actuadores y sensores.

PROGRAMA

Tema 1: Reflectancia y transmitancia de en películas delgadas ópticas

Comenzando por las ecuaciones de Maxwell, se introducirán las condiciones para calcular la reflexión y transmisión óptica en las fronteras entre distintos materiales. Empezaremos con condiciones de contorno simples e incidencia normal. La complejidad del problema irá

aumentando para incidencia en ángulo oblicuo (polarizaciones s y p) y finalmente, películas delgadas ópticas. El objetivo es que el estudiante entienda los procesos de modelización de las propiedades ópticas de una multicapa de películas delgadas.

Tema 2: Introducción a la nanotecnología, sala blanca y sustratos

En primer lugar, se revisarán una serie de factores históricos que permitan entender por qué hoy en día se puede hablar de nanotecnología. A continuación, presentaremos la nanotecnología y las dos tipologías principales de procesos para fabricación de dispositivos: "de abajo hacia arriba" (bottom-up) y "de arriba hacia abajo" (top-down), centrándose finalmente en esta última. Analizaremos asimismo aspectos tales como las condiciones del entorno fabricación y los diversos materiales que pueden usarse como sustrato en nano- y microdispositivos, El objetivo es que el estudiante sea consciente del destacado papel de la nanotecnología en el desarrollo de la industria mundial

Tema 3: Técnicas de depósito físico desde fase vapor

Se explicarán en detalle las dos principales técnicas de depósito físico desde fase vapor (PVD) para el crecimiento de materiales: evaporación y pulverización catódica (o *sputtering*). Se hará hincapié en el principio de operación y los procesos de depósito. Se mostrarán diferentes posibles configuraciones para estos equipos y su aplicabilidad. El objetivo es que el alumno se familiarice con los aspectos críticos de las técnicas PVD y sea capaz de seleccionar el equipo adecuado para depositar un material determinado considerando también las restricciones que puede imponer el entorno.

Tema 4: Técnicas de depósito químico desde fase vapor

Explicaremos en primer lugar los fenómenos fundamentales que tienen lugar en el depósito químico desde fase vapor (CVD), comenzando por las reacciones químicas y su termodinámica y continuando con los fenómenos de transporte de gas y la cinética de crecimiento de las películas de material. Los fundamentos se complementarán con ejemplos de reactores reales, su funcionamiento y ejemplos de micro-nanodispositivos que utilizan el CVD como proceso principal en su fabricación. El objetivo es que los alumnos entiendan los conceptos básicos del proceso, pero también los pros y contras de los reactores CVD reales, sean capaces de elegir el correcto para fabricar un dispositivo en función de diferentes factores, y puedan diseñar un proceso de fabricación de un dispositivo sencillo.

Tema 5: Definición de geometrías en películas delgadas: litografía por ultravioleta y tipos de ataques

Se presentarán las formas de definir geometrías en películas delgadas, centrándonos en la más utilizada: la litografía por ultravioleta y los distintos tipos de ataque. Estudiaremos todos los pasos necesarios en un proceso de litografía y cómo se han resuelto los retos de conseguir mayor resolución en el proceso. Además, como paso final del proceso de definición de geometrías, se presentarán las formas de atacar películas delgadas. El objetivo es que el estudiante se familiarice con los procesos de obtención de geometrías y que comprenda las implicaciones tecnológicas y económicas en la carrera por la reducción de tamaño en los prototipos.

Tema 6: Técnicas de litografía no convencionales

En los últimos años, se han desarrollado técnicas de litografía alternativas por diferentes motivos. En algunos casos, debido a que la resolución que proporciona la litografía por ultravioleta no es suficiente y en otros casos porque los materiales en los que hay que definir geometrías se obtienen por métodos que no son estándar en el campo de la microelectrónica. Otras veces, el costo es el factor clave que obliga a encontrar vías

alternativas a las convencionales. En este capítulo describiremos las diferentes técnicas y sus aplicaciones para que los alumnos sean capaces de entender en profundidad los métodos de litografía.

Tema 7: Nano-micro dispositivos: diseño y fabricación

Pondremos en práctica el conocimiento adquirido en las sesiones previas. Se analizarán los principios de funcionamiento de diversos dispositivos, se diseñarán y definirán sus secuencias de fabricación. Primero se explicarán sensores de tipo físico y después de tipo químico. El objetivo es que el estudiante se familiarice con todos los factores que hay que tener en cuenta en el desarrollo de un micro-nanodispositivo.

ACTIVIDADES FORMATIVAS

La asignatura sigue el esquema de aprendizaje pror proyecto, y las actividades formativas se enfocan a la realización de los mismos, con el siguiente esquema de trabajo:

- Planteamiento de un proyecto de diseño y fabricación de un dispositivo.
- Adquisición de las bases y contenidos teóricos para la comprensión de los fenómenos y procesos relacionados con el proyecto mediante clases teóricas
- Proceso de diseño del dispositivo mediante cálculos teóricos y simulaciones, mediante el trabajo personal de los/las estudiantes y tutorías con los/las profesores/as.
- Proceso de fabricación del dispositivo en Sala Blanca. Actividad de laboratorio guiada por los/las profesores/as.
- Proceso de caracterización del dispositivo (microscopía, medidas eléctricas, medidas ópticas). Actividad en el laboratorio guiada por los profesores.
- Elaboración y presentación del informe del proyecto. Trabajo personal de los/las estudiantes.

Se realizan dos proyectos, el primero enfocado a un dispositivo fotónico y el segundo centrado en un dispositivo sensor.

EVALUACIÓN

CONVOCATORIA ORDINARIA

- La nota final será la media de las notas de los proyectos y el examen.

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA

- En caso de suspender algún trabajo en la convocatoria ordinaria, se presentará un nuevo trabajo en la convocatoria extraordinaria. En caso de suspender el examen, este se repetirá.

HORARIOS DE ATENCIÓN

Se concertará una cita con los/las profesores/as mediante correo electrónico.

BIBLIOGRAFÍA

Universidad de Navarra

Thin Film Optical Filters, Third Edition, H. Angus Macleod, Taylor and Francis 2001 Localízalo en la biblioteca

Laser Ablation and its applications, Claude R. Phipps, Springer 2007 Localízalo en la biblioteca

Optics, Fourth Edition, Eugene Hecht, Pearson Education 2002 Localízalo en la biblioteca

Nanotechnology-Understanding Small Systems, Second Edition, Ben Rogers, Sumita Pennatur, Jesse Adams, CRC Press 2011Localízalo en la biblioteca

Introduction to Nanoscience & Nanotechnology, G.L.Hornyak, H.F. Tibbals, J. Dutta, J.J. Moore, CRC Press *2009 Localízalo en la biblioteca*

Introductory MEMS: Fabrication and Applications, Thomas M. Adams, Richard A. Layton. Boston, MA: Springer US, 2010. Localízalo en la biblioteca (versión electrónica)

Microsystems and Nanotechnology, Zhaoying Zhou. Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg, 2012. Localízalo en la biblioteca (versión electrónica)

Micro and Nano Fabrication: Tools and Processes, Hans H. Gatzen, Volker Saile, Jürg Leuthold. Berlin; Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2015

Nanotechnology: Principles and Practices, Sulabha K. Kulkarni. Cham: Springer International Publishing, 2015. Localízalo en la biblioteca (versión electrónica)

Applied nanotechnology: the conversion of research results to products, Jeremy Ramsden. Amsterdam, Elsevier, 2014. Localízalo en la biblioteca (versión electrónica)