FICHA IDENTIFICATIVA

DATOS DE LA ASIGNATURA

Código: 44420
Nombre: Técnicas físicas de nanofabricación
Ciclo: Máster Universitario Oficial / Postgrado Doctorado
Créditos ECTS: 3
Curso académico: 2026-27

TITULACIONES

Titulación	Centro	Curso	Periodo
2208 - M.U.en Nanociencia y Nanotecnología Molecular	Facultat de Química	1	Primer cuatrimestre

MATERIAS

Titulación	Materia	Carácter
2208 - M.U.en Nanociencia y Nanotecnología Molecular	Técnicas físicas de nanofabricación	OBLIGATORIA

COORDINACIÓN

CORONADO MIRALLES EUGENIO

RESUMEN

Se pretende que los alumnos adquieran aquellos conocimientos básicos relacionados con la aproximación ascendente para la nanofabricación, en particular las posibilidades y los límites de las técnicas litográficas como herramienta para la nanofabricación
ión

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

Se requieren los conocimientos previos sobre química, física o ciencias de materiales que se imparten en las titulaciones indicadas en el perfil de ingreso recomendado al máster. Se requieren los conocimientos previos sobre nanociencia y nanotecnología molecular que se imparten en el Módulo Introducción.

COMPETENCIAS / RESULTADOS DE APRENDIZAJE

2208 - M.U.en Nanociencia y Nanotecnología Molecular

Conocer las aproximaciones metodológicas utilizadas en Nanociencia.

Conocer las principales técnicas de nanofabricación de sistemas moleculares.

Poseer 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.

Que los estudiantes de un área de conocimiento (p.e. física) sean capaces de comunicarse e interaccionar científicamente con colegas de otras áreas de conocimiento (p.e. química en la resolución de problemas planteados por la Nanociencia y la Nanotecnología Molecular.

Que los estudiantes hayan adquirido los conocimientos y habilidades necesarias para seguir futuros estudios de doctorado en Nanociencia y Nanotecnología

Saber 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.

Ser capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS

1) Introducción: Técnicas litográficas en el contexto de técnicas de nanofabricación.

2) Litografía óptica.
2.1. Procesos básicos y 'lift-off'.
2.2. Deposición de películas delgadas de foto-resina mediante 'spin-coatting'.
2.3. Exposición de la foto-resina a través de una máscara: métodos y resolución; técnicas para mejorar la resolución; Foto-resinas: tipos, ejemplos, parámetros de evaluación, foto-resinas amplificadas químicamente.
2.4. Litografía holográfica
2.5. Límites y futuro de la técnica.

3) Técnicas de ataque.
3.1 Técnicas de ataque húmedo.
3.2 Técnicas de ataque seco: ataque iónico reactive (RIE) y variantes, sputtering, ablación láser, etc.
3.3 Salas limpias.

4) Nanolitografía mediante nanoimpresión y microcontacto.
4.1. Impresión por microcontacto.
4.2. Litografía de nanoimpresión (NIL) y variantes: NIL térmico, NIL a temperatura ambiente, NIL asistido por disolventes, step and flash NIL, etc.

4.3. Moldeado de plásticos: 'hot embossing', inyección, etc.

5) Litografía por haz de electrones
5.1 El microscopio electrónico de barrido (SEM).
5.2 Interacciones entre los electrones y la materia.
5.3 Litografía por haz de electrones.
5.4 Aplicaciones y ejemplos: máscaras, nanotransistores

6) Litografía por haz de iones focalizado (FIB)
6.1 Introducción a la litografía por haz de iones
6.2 Métodos y procesos.
6.3 Aplicaciones y ejemplos: puntas de AFM
7) Litografía por sonda de barrido (SPL).
7.1 El microscopio de fuerzas.
7.2 La variedad de litografías por sonda de barrido.
7.3 SPL oxidativo.
7.4 SPL térmico.
7.5 Aplicaciones: Transistores de nanohilos de Silicio; sensores bimoleculares; arquitecturas moleculares.

8) El microscopio de fuerzas atómicas (AFM) en biología y en ciencia de materiales.
8.1 Principios de operación.
8.2 Modos AFM.
8.3 Fuerzas y resolución especial.
8.4 Imágenes de alta resolución en polímeros y moléculas biológicas
8.5 Espectroscopías de fuerzas nanomecánicas y de moléculas aisladas

VOLUMEN DE TRABAJO (HORAS)

ACTIVIDADES PRESENCIALES

Actividad	Horas
Tutorías	5,00
Teoría	15,00
Seminario	4,00
Otras actividades	2,00
Total horas	**26,00**

ACTIVIDADES NO PRESENCIALES

Actividad	Horas
Asistencia a otras actividades	0,00
Elaboración de trabajos individuales o en grupo	0,00
Estudio y trabajo autónomo	39,00
Preparación de clases	10,00
Preparación de actividades de evaluación	0,00
Resolución de casos prácticos	0,00
Total horas	**49,00**

METODOLOGÍA DOCENTE

Las clases de esta asignatura se impartirán, junto con las del resto del módulo básico, de forma intensiva durante 3 semanas de enero y cada año en una universidad diferente.

Durante las **clases teóricas** el profesorado el profesorado dará una visión general del tema objeto de estudio haciendo hincapié en los aspectos nuevos o de especial complejidad. Se indicarán las fuentes bibliográficas necesarias para la profundización por parte del alumnado.

Las **clases prácticas** de esta asignatura se dedicarán a la organización de seminarios en los que se plantearán y resolverán problemas relacionados con el contenido teórico. De igual modo, se discutirán con el alumnado casos prácticos y otros temas relacionados con la materia.

Durante estas horas de actividades prácticas se organizarán, en la medida de lo posible, vistas a los laboratorios e instalaciones relacionadas con los contenidos de las clases teóricas. Esto incluye visitas a los laboratorios de nanofabricación de dispositivos.

Tras las clases presenciales intensivas, el profesorado planteará a los estudiantes una serie de **cuestiones** sobre los contenidos impartidos que el alumno deberá resolver.

El profesorado realizará **tutorías** con el alumnado para resolver las dudas y cuestiones que pueda resolver. Estas tutorías serán de forma presencial o a distancia (email, videoconferencia, teléfono, etc.) según si alumno y profesor son de la misma o diferente universidad.

Mediante todas estas actividades el alumnado adquirirá las competencias descritas en el apartado correspondiente. Las competencias básicas se trabajarán sobre todo durante los seminarios.

EVALUACIÓN

La adquisición de las competencias de la asignatura se evaluará mediante la realización de un examen escrito basado en las cuestiones que se han planteado al alumnado. La nota de dicho examen representará el 90% de la nota final de la asignatura.

La participación del alumnado durante las actividades formativas representará el 10% de la nota final.

Para aprobar la asignatura será necesario haber asistido a un 80% de las actividades formativas presenciales.

BIBLIOGRAFÍA

- From Instrumentation to Nanotechnology, J.W. Gardner, H.T. Hingle, Gordon & Breach Publishing Group, 1999. - Micromachines & Nanotechnology: The Amazing New World of the Ultrasmall, David Darling, Silver Burdett Press, 1995.
- Zheng Cui (Author) Micro-Nanofabrication: Technologies and Applications; Higher Education Press; Springer; 2005.
- E. Menard et al. Micro- and Nanopatterning Techniques for Organic Electronic an optoelectronic system; Chem. Rev. 107, 1117, 2007.
- P. Rai-Choudhury (Ed) Handbook of Microlithography, Micromachining and Microfabrication, Vol. 1, SPIE Optical Engineering Press, Bellingham, WA, 1997
- Kazuaki Suzuki & Bruce W. Smith (Eds.)Microlithography: Science & Technology, 2nd Ed. (Optical Sci. and Eng.); CRC Press, 2007
- D. Xia, Z. Ku, S.C. Lee, and S.R.J. Brueck, Nanostructures and Functional Materials Fabricated by Interferometric Lithography, Adv. Mater. 23, 147 179 (2011)
- ¿Evolution in Lithography Techniques: Microlithographyto Nanolithography (Review) Ekta Sharma, Reena Rathi, Jaya Misharwal, Bhavya Sinhmar, Suman Kumari, Jasvir Dalal,and Anand Kumar. Nanomaterials 12, 2754 (2022).
- Fundamentals of microfabrication and nanotechnology. M.J. Madou, CRC Press (2011)
- Amplitude modulation AFM, R. Garcia, Wiley-VCH (2010)

- Scanning Probe Microscopy: The lab on a tip, E. Meyer, H. Hug, R. Bennewitz, Springer (2004)
- Advanced scanning probe lithography, R. Garcia, A.W. Knoll, E. Riedo, Nature Nanotechnology 9, 577-587 (2014).
- Y.F. Dufrêne et al. Imaging modes of atomic force microscopy for application in molecular and cell biology. Nature Nanotechnology 12, 295-307 (2017).
- Controlling the emission properties of solution-processed organic distributed feedback lasers through resonator design. V. Bonal, J. A. Quintana, J. M. Villalvilla, P. G. Boj, M. A. Díaz-García; Sci. Rep., 9, 11159 (2019).
- N,N'-bis(3-methylphenyl)-N,N'-dyphenylbenzidine based distributed feedback lasers with holographically fabricated polymeric resonators. V. Bonal, J.A. Quintana, J.M. Villalvilla P.G. Boj, R. Muñoz-Mármol, J.C. Mira-Martínez, M.A. Díaz-García; Polymers 13, 3843 (2021).