

## Nanofabricación

Código: 103306

Créditos ECTS: 6

**2024/2025**

Titulación	Tipo	Curso
2501922 Nanociencia y Nanotecnología	OB	4

### Contacto

Nombre: Francisco Torres Canals

Correo electrónico: francesc.torres@uab.cat

### Equipo docente

Xavier Borrise Nogué

### Idiomas de los grupos

Puede consultar esta información al [final](#) del documento.

### Prerrequisitos

Es recomendable haber aprobado las asignaturas de los tres cursos anteriores, especialmente las relacionadas con las áreas de física, ingeniería y electrónica.

### Objetivos y contextualización

El objetivo del módulo es dar a conocer las técnicas y métodos de fabricación que existen a escala micro y nanométrica, de manera que el alumno queda capacitado para definir una secuencia adecuada de procesos para la realización de cualquier tipo de dispositivo o estructura funcional. El contenido está focalizado en la fabricación de estructuras y dispositivos funcionales, y no en la obtención o la preparación de materiales. Se verán ejemplos prácticos y variados de fabricación de estructuras y dispositivos nanométricos (estructuras nanomecánicas, dispositivos basados en grafeno, nanosensores, dispositivos fotónicos, micro / nano fluídica, etc) Se llevará a cabo también una introducción a la operación y realización de procesos en Sala Blanca.

### Competencias

- Adaptarse a nuevas situaciones.
- Aplicar las normas generales de seguridad y funcionamiento de un laboratorio y las normativas específicas para la manipulación de la instrumentación y de los productos y materiales químicos y biológicos teniendo en cuenta sus propiedades y riesgos.

- Aplicar los conceptos, principios, teorías y hechos fundamentales relacionados con la Nanociencia y Nanotecnología a la resolución de problemas de naturaleza cuantitativa o cualitativa en el ámbito de la Nanociencia y Nanotecnología.
- Aprender de forma autónoma.
- Comunicarse con claridad en inglés.
- Comunicarse de forma oral y escrita en la lengua nativa.
- Demostrar motivación por la calidad.
- Demostrar que comprende los conceptos, principios, teorías y hechos fundamentales relacionados con la Nanociencia y Nanotecnología.
- Desarrollar trabajos de síntesis, caracterización y estudio de las propiedades de materiales en la nanoescala en base a procedimientos previamente establecidos.
- Gestionar la organización y planificación de tareas.
- Liderar y coordinar grupos de trabajo.
- Manipular los instrumentos y materiales estándares propios de laboratorios de ensayos físicos, químicos y biológicos para el estudio y análisis de fenómenos en la nanoescala.
- Mantener un compromiso ético.
- Mostrar sensibilidad hacia temas medioambientales.
- Obtener, gestionar, analizar, sintetizar y presentar información, incluyendo la utilización de medios telemáticos e informáticos.
- Operar con un cierto grado de autonomía e integrarse en poco tiempo en el ambiente de trabajo
- Proponer ideas y soluciones creativas.
- Razonar de forma crítica.
- Reconocer los términos relativos al ámbito de la Física, Química y Biología, así como a la Nanociencia y la Nanotecnología en lengua inglesa y utilizar eficazmente el inglés en forma escrita y oral en su ámbito laboral.
- Reconocer y analizar problemas físicos, químicos y biológicos en el ámbito de la Nanociencia y Nanotecnología, plantear respuestas o trabajos adecuados para su resolución, incluyendo en casos necesarios el uso de fuentes bibliográficas.
- Resolver problemas y tomar decisiones.
- Trabajar en equipo y cuidar las relaciones interpersonales de trabajo.

## **Resultados de aprendizaje**

1. Adaptarse a nuevas situaciones.
2. Aplicar los contenidos teóricos adquiridos a la explicación de fenómenos experimentales.
3. Aprender de forma autónoma.
4. Caracterizar correctamente los procesos de nanofabricación usando las técnicas adecuadas en cada caso.
5. Comprender textos y bibliografía en inglés sobre cada una de las técnicas, metodologías, herramientas e instrumentos de la materia.
6. Comunicarse con claridad en inglés.
7. Comunicarse de forma oral y escrita en la lengua nativa.
8. Demostrar motivación por la calidad.
9. Describir los aspectos generales de síntesis, fabricación y procesado en la nanoescala.
10. Describir los principales procesos tecnológicos de la tecnología planar y los límites físicos, tecnológicos y económicos de la miniaturización.
11. Describir los principios de la manipulación atómica y molecular.
12. Describir los procesos de autoensamblaje para la fabricación de nanoestructuras funcionales y dispositivos: bloque-copolímeros, ensamblaje molecular, auto-ordenación de partículas.
13. Describir los procesos de crecimiento de nanoestructuras y dispositivos a partir de elementos nanométricos (nanohilos, moléculas, nanotubos,) y usando plantillas.
14. Distinguir los diferentes tipos de nanolitografía: por haz de electrones e iones, nanoimpresión, nanostencil y por técnicas de microscopía por sonda local.
15. Especificar las principales características de una Sala Blanca.
16. Evaluar resultados experimentales de forma crítica y deducir su significado.
17. Exponer breves informes sobre la materia en inglés.
18. Gestionar la organización y planificación de tareas.

19. Identificar las situaciones en las que las distintas metodologías estudiadas pueden ayudar a resolver situaciones problemáticas y saber seleccionar la técnica más óptima.
20. Liderar y coordinar grupos de trabajo.
21. Manipular adecuadamente los equipos específicos para llevar a cabo procesos de nanofabricación.
22. Mantener un compromiso ético.
23. Mostrar sensibilidad hacia temas medioambientales.
24. Obtener, gestionar, analizar, sintetizar y presentar información, incluyendo el uso de medios telemáticos e informáticos.
25. Operar con un cierto grado de autonomía e integrarse en poco tiempo en el ambiente de trabajo
26. Proponer ideas y soluciones creativas.
27. Proponer los métodos adecuados de caracterización para cada uno de los procesos usados durante la nanofabricación.
28. Proponer los procesos de nanofabricación adecuados para la obtención de estructuras y dispositivos en la nanoescala.
29. Razonar de forma crítica.
30. Realizar búsquedas bibliográficas de documentación científica.
31. Realizar procesos de nanofabricación para la obtención de dispositivos y sistemas en la nanoescala.
32. Reconocer los términos propios de cada uno de los tópicos de la materia Metodologías y experimentación en Nanociencia y Nanotecnología.
33. Redactar informes sobre la materia en inglés.
34. Resolver problemas con la ayuda de bibliografía complementaria proporcionada.
35. Resolver problemas y tomar decisiones.
36. Seguir adecuadamente los protocolos de seguridad en laboratorios con ambiente controlado y en salas limpias (o Sala Blanca).
37. Trabajar en equipo y cuidar las relaciones interpersonales de trabajo.

## Contenido

La asignatura se divide en cuatro grandes bloques:

### Módulo 1. Tecnología planar (10 h.Teo, 5 h.Prob)

Se describen individualmente los principales procesos de la tecnología planar y se presentan los aspectos generales de la tecnología micro / nano electrónica, así como su evolución (miniaturización)

Introducción a la tecnología planar: concepto, obleas, secuencia de procesos, etc

Procesos tecnológicos individuales: deposición (PVD y CVD), grabados (secos y húmedos), procesos térmicos, implantación, litografía.

Integración de procesos, tecnología CMOS.

Evolución y límites de la tecnología micro / nano electrónica

### Módulo 2. nanolitografía y "nanopatterning" (8h.T, 4 h.Prob)

Se describen las técnicas de litografía y nanoestructuración para la definición de nanoestructuras y nanodispositivos en superficies. Se presentan ejemplos del estado del arte actual.

Litografía óptica avanzada

Litografía por haz de electrones

Litografía por haz de iones

Litografía por nanoimpresión

Nanofabricación mediante SPMs

Otras nanolitografías

### Módulo 3 Nanofabricación "bottom-up" (6h.T)

Se describen métodos de realización de nanoestructuras y dispositivos basados en una aproximación "bottom-up", basados en el ensamblaje de elementos individuales nanométricos para construir estructuras y dispositivos funcionales.

- Auto-ensamblaje y auto-ensamblaje guiado.
- Estructuras y dispositivos basados en nanohilos y nanotubos
- Estructuras y dispositivos basados en nanopartículas
- Otros métodos de fabricación químicos y electroquímicos

#### Módulo 4 Trabajo práctico de nanofabricación

Se introducen al alumno los principios de operación de una Sala Blanca y se introduce la metodología de diseño de máscaras y micro-chips.

- Diseño de una máscara con un programa de edición dedicado (dos sesiones).
- Observación óptica de una fotolitografía usando la máscara que el alumno ha diseñado (una sesión).
- Observación con microscopio electrónico de estructuras bottom-up.
- Visita guiada a la sala blanca del Centro Nacional de Microelectrónica.

Además se han previsto, si el tiempo disponible lo permite, seminarios con investigadores especialistas en nanofabricación.

### Actividades formativas y Metodología

Título	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Tipo: Dirigidas			
Clases de teoría	29	1,16	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15
Problemas	9	0,36	2, 16, 8, 19, 25, 27, 29, 32, 34, 35, 37
Prácticas de laboratorio	15	0,6	2, 16, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 17, 30, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 27, 28, 31, 33, 36, 37
Tipo: Autónomas			
Lectura de los apuntes de clase	30	1,2	3, 22, 24, 25
Lectura de los guiones de prácticas de laboratorio	9	0,36	3, 5, 17, 30, 18, 19, 24, 25, 29, 32, 33
Realización de ejercicios y tests	32	1,28	3, 16, 7, 11, 12, 13, 14, 18, 25, 26, 32, 35

La docencia se realizará mediante 24 horas lectivas de teoría, 9 horas de problemas y 15 horas de prácticas de laboratorio. Además se reservan 5 horas de sesiones de seminarios para completar cualquier aspecto de la formación.

Prácticas: Las clases prácticas y sus correspondientes informes se realizarán en grupos de un máximo de dos personas. No se aceptarán grupos formados por más de dos personas. La entrega de los informes, vía campus virtual, estará regido por una fecha de entrega que se comunicará después de haber realizado la práctica.

Ejercicios extra: Durante el curso se podrán entregar a los alumnos ejercicios extras que deberán hacerse fuera de las horas lectivas y que serán evaluables.

**Seminarios:** Durante el curso se podrán realizar seminarios (si el tiempo disponible lo permite) impartidos por investigadores en el campo de la micro y nanofabricación, con el objetivo de presentar al alumno el mundo de la investigación, más allá de la visión académica que se da el curso. La asistencia a estos seminarios es obligatoria para poder ser evaluado del conjunto de la asignatura.

Nota: se reservarán 15 minutos de una clase dentro del calendario establecido por el centro o por la titulación para que el alumnado rellene las encuestas de evaluación de la actuación del profesorado y de evaluación de la asignatura o módulo.

## Evaluación

### Actividades de evaluación continuada

Título	Peso	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Exámenes parciales	65%	6	0,24	7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 19, 27, 28, 32, 35
evaluación continuada, ejercicios, quizzes	5%	10	0,4	1, 3, 5, 6, 8, 15, 17, 30, 18, 20, 23, 24, 25, 26, 29, 32, 33, 34, 35, 37
informes de prácticas	30%	10	0,4	1, 2, 3, 16, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 30, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 29, 31, 32, 33, 36, 37

La asignatura consta de las siguientes actividades de evaluación:

Dos exámenes escritos parciales (teoría y problemas), uno en la mitad de la asignatura y el otro al final, con un peso sobre la calificación final de un 65% (32.5% cada uno). La asistencia a estos exámenes parciales es obligatoria para poder presentarse al examen de recuperación.

Informes correspondientes a las prácticas de laboratorio con un peso sobre la calificación final de un 30%. Esta nota se tendrá en cuenta para la evaluación final de la asignatura siempre y cuando el alumno supere la nota de 4.5 como nota media de los dos parciales o como nota del examen de recuperación.

NOTA: La asistencia a las sesiones de prácticas, su realización y la entrega del informe correspondiente son condición indispensable para aprobar la asignatura.

Ejercicios sobre clases teóricas: con un peso sobre la calificación final de un 5%.

NOTA: La asistencia a los seminarios y la realización de los ejercicios sobre las clases teóricas son obligatorios para poder aprobar la asignatura.

Examen escrito (teoría y problemas), para la recuperación: La asistencia al examen escrito de recuperación será recomendable en el caso de haber obtenido una nota inferior a 5 en alguno de los dos exámenes parciales. Tendrá un peso del 65% de la nota final. Se evaluarán por separado los contenidos referentes al primer parcial y al segundo parcial. Esto permite presentarse a la recuperación de uno de los parciales solamente o al total de la asignatura. La nota final de los exámenes escritos será la media entre las dos partes de la asignatura, escogiéndose para cada parte la mejor nota entre el examen parcial y el examen de recuperación.

Evaluación única:

El alumnado que se haya acogido a la modalidad de evaluación única deberá realizar una única prueba final que consistirá en un examen con una parte de teoría y una parte de problemas donde deberá resolver una

serie de ejercicios similares a los que se han trabajado en las sesiones de Prácticas de Aula. El mismo día en que realice la prueba escrita deberá entregar los informes de todas las prácticas. Este examen y la entrega de todos los informes de prácticas se realizará el día del examen del segundo parcial fijado para los alumnos de evaluación continuada por la coordinación de la titulación. El examen escrito (teoría y problemas) se entregará en papel y las prácticas en formato PDF vía campus virtual.

La calificación final del estudiante será la siguiente: el examen escrito (teoría y problemas) tendrá un peso de un 70% de la nota final y los informes de prácticas un total de un 30%. La nota de los informes de prácticas se tendrá en cuenta para la nota final sólo si el alumno ha superado la nota de 4.5 en el examen escrito (teoría y problemas) o en el examen de recuperación.

Si la nota final no alcanza el 5, el estudiante tiene otra oportunidad de superar la asignatura mediante el examen de recuperación que se celebrará en la fecha que fije la coordinación de la titulación. En esta prueba se podrá recuperar el 70% de la nota correspondiente a la teoría y problemas. La parte de prácticas no es recuperable.

## Bibliografía

Introduction to Microfabrication / Sami Franssila. ISBN 978-0-470-74983-8, John Wiley & Sons, 2010.

Nuevas Tecnologías en los Dispositivos Electrónicos / A. Godoy et. al: Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores, Universidad de Granada, ISBN: 978-84-691-4090-1, 2008.

Nanofabrication, Nanolithography techniques and their applications / José María de Teresa et al. / Online ISBN: 978-0-7503-2608-7 • Print ISBN: 978-0-7503-2606-3, 2020.

Nanofabrication, Techniques and Principles / Maria Stepanova & Steven Dew / ISBN 978-3-7091-0423-1, Springer, 2012.

Optical Lithography, Here is Why / Burn J. Lin / ISBN 978-0-8194-7560-2 Spie Press, 2010.

Fundamentals of microfabrication and nanotechnology / Marc J. Madou; Boca Raton, FL Taylor & Francis, 2011.

Artículos publicados en revistas de investigación. Los profesores proporcionarán la información adecuada.

## Software

El programario funciona bajo Windows

Programario *Glade i KLayout* (diseño de máscaras de litografía, de acceso abierto)

*Gwyddion* (análisis de imágenes, de acceso abierto)

## Lista de idiomas

Nombre	Grupo	Idioma	Semestre	Turno
(PAUL) Prácticas de aula	1	Catalán	primer cuatrimestre	mañana-mixto
(PLAB) Prácticas de laboratorio	1	Catalán	primer cuatrimestre	tarde

(PLAB) Prácticas de laboratorio	2	Catalán	primer cuatrimestre	tarde
(PLAB) Prácticas de laboratorio	3	Catalán	primer cuatrimestre	tarde
(TE) Teoría	1	Catalán	primer cuatrimestre	mañana-mixto