

**FITXA IDENTIFICATIVA****DADES DE L'ASSIGNATURA****Codi:** 44420**Nom:** Tècniques físiques de nanofabricació**Cicle:** Màster Universitari Oficial / Postgrau doctorat**Crèdits ECTS:** 3**Curs acadèmic:** 2026-27**TITULACIONS**

Titulació	Centre	Curs	Període
2208 - Máster Universitari en Nanociència i Nanotecnología Molecular	Facultat de Química	1	Primer quadrimestre

**MATÈRIES**

Titulació	Matèria	Caràcter
2208 - Máster Universitari en Nanociència i Nanotecnología Molecular	Tècniques físiques de nanofabricació	OBLIGATÒRIA

**COORDINACIÓ**

CORONADO MIRALLES EUGENIO

**RESUM**

Es pretén que els alumnes adquirisquen aquells coneixements bàsics relacionats amb l'aproximació ascendent per a la nanofabricació, en particular les possibilitats i els límits de les tècniques litogràfiques com a ferramenta per a la nanofabricació.

ació.

**CONEIXEMENTS PREVIS****RELACIÓ AMB ALTRES ASSIGNATURES DE LA MATEIXA TITULACIÓ**

No s'ha especificat restriccions de matrícula amb altres assignatures del pla d'estudis.

**ALTRES TIPUS DE REQUISITS**

Es requereixen els coneixements previs sobre química, física o ciències de materials que s'imparteixen en les titulacions indicades en el perfil d'ingrés recomanat al màster. Es requereixen els coneixements previs sobre nanociència i nanotecnologia molecular que s'imparteixen en el Mòdul Introducció.

**COMPETÈNCIES / RESULTATS D' APRENTATGE****2208 - Máster Universitario en Nanociència i Nanotecnologia Molecular**

Conèixer les aproximacions metodològiques utilitzades en Nanociència.

Conèixer les principals tècniques de nanofabricació de sistemes moleculars.

Posseir i comprendre coneixements que aportin una base o oportunitat de ser originals en el desenvolupament i / o aplicació d'idees, sovint en un context de recerca.

Que els estudiants d'una àrea de coneixement (p.e. física) siguin capaços de comunicar-se i interaccionar científicament amb col·legues d'altres àrees de coneixement (p.e. química en la resolució de problemes plantejats per la Nanociència i la Nanotecnologia Molecular.

Que els estudiants hagen adquirit els coneixements i habilitats necessàries per a seguir futurs estudis de doctorat en Nanociència i Nanotecnologia.

Que els estudiants posseïsquen les habilitats d'aprenentatge que els permeten continuar estudiant d'una forma que haurà de ser en gran manera autodirigida o autònoma.

Que els estudiants sàpiguen aplicar els coneixements adquirits i la seua capacitat de resolució de problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis (o multidisciplinaris) relacionats amb la seua àrea d'estudi.

Que els estudiants siguin capaços d'integrar coneixements i afrontar la complexitat de formular judicis a partir d'una informació que, sent incompleta o limitada, incloga reflexions sobre les responsabilitats socials i ètiques vinculades a l'aplicació dels seus coneixements i judicis.

**DESCRIPCIÓ DE CONTINGUTS**

1) Introducció: Tècniques litogràfiques en el context de tècniques de nanofabricació.

2) Litografia òptica.

2.1. Processos bàsics i ¿lift-off¿.

2.2. Deposició de pel·lícules primes de foto-resina mitjançant ¿spin-coating¿.

2.3. Exposició de la foto-resina a través d'una màscara: mètodes i resolució; tècniques per a millorar la resolució; Foto-resines: tipus, exemples, paràmetres d'avaluació, foto-resines amplificades químicament.

2.4. Litografia hologràfica

2.5. Límits i futur de la tècnica.

3) Tècniques d'atac.

3.1 Tècniques d'atac humit.

3.2 Tècniques d'atac sec: atac iònic reactiu (RIE) i variants, sputtering, ablació làser, etc.

3.3 Salas netes.

4) Nanolitografia mitjançant nanoimpressió i microcontacte.



- 4.1. Impressió per microcontacte.
- 4.2. Litografia de nanoimpressió (NIL) i variants: NIL tèrmic, NIL a temperatura ambient, NIL assistit per dissolvents, step and flash NIL, etc.
- 4.3. Modelat de plàstics: hot embossing, injecció, etc.
  
- 5) Litografia per feix d'electrons
  - 5.1 El microscopi electrònic de rastreig (SEM).
  - 5.2 Interaccions entre els electrons i la matèria.
  - 5.3 Litografia per feix d'electrons.
  - 5.4 Aplicacions i exemples: màscares, nanotransistors
  
- 6) Litografia per feix d'ions focalitzat (FIB)
  - 6.1 Introducció a la litografia per feix d'ions
  - 6.2 Mètodes i processos.
  - 6.3 Aplicacions i exemples: puntes d'AFM
  
- 7) Litografia per sonda de rastreig (SPL).
  - 7.1 El microscopi de forces.
  - 7.2 La varietat de litografies per sonda de rastreig.
  - 7.3 SPL oxidatiu.
  - 7.4 SPL tèrmic.
  - 7.5 Aplicacions: Transistors de nanofilis de Silici; sensors bimoleculares; arquitectures moleculars.
  
- 8) El microscopi de forces atòmiques (AFM) en biologia i en ciència de materials.
  - 8.1 Principis d'operació.
  - 8.2 Modes AFM.
  - 8.3 Forces i resolució especial.
  - 8.4 Imatges d'alta resolució en polímers i molècules biològiques
  - 8.5 Espectroscopies de forces nanomecàniques i de molècules aïllades.

## VOLUM DE TREBALL (HORES)

### ACTIVITATS PRESENCIALS

Activitat	Hores
Tutories	5,00
Teoria	15,00
Seminari	4,00
Altres activitats	2,00
<b>Total hores</b>	<b>26,00</b>

### ACTIVITATS NO PRESENCIALS

Activitat	Hores
Assistència a altres activitats	0,00
Elaboració de treballs individuals o en grup	0,00
Estudi i treball autònom	39,00



Preparació de classes	10,00
Preparació d'activitats d'avaluació	0,00
Resolució de casos pràctics	0,00
<b>Total hores</b>	<b>49,00</b>

## METODOLOGIA DOCENT

Les classes d'esta assignatura s'impartiran, juntament amb les de la resta del mòdul bàsic, de manera intensiva durant 3 setmanes de gener i cada any en una universitat diferent.

Durant les **classes teòriques** el professorat donarà una visió general del tema objecte d'estudi posant l'accent en els aspectes nous o d'especial complexitat. S'indicaran les fonts bibliogràfiques necessàries per a l'aprofundiment per part de l'alumnat.

Les **classes pràctiques** d'esta assignatura es dedicaran a l'organització de seminaris en els quals es plantejaran i resoldran problemes relacionats amb el contingut teòric. D'igual mode, es discutiran amb l'alumnat casos pràctics i altres temes relacionats amb la matèria.

Durant estes hores d'activitats pràctiques s'organitzaran, en la mesura que siga possible, visites als laboratoris i instal·lacions relacionades amb els continguts de les classes teòriques. Això inclou visites als laboratoris de nanofabricació de dispositius.

Després de les classes presencials intensives, el professorat plantejarà als estudiants una sèrie de **qüestions** sobre els continguts impartits que l'alumne haurà de resoldre.

El professorat realitzarà **tutories** amb l'alumnat per a resoldre els dubtes i qüestions que puga resoldre. Estes tutories seran de manera presencial o a distància (email, videoconferència, telèfon, etc.) segons si alumne i professor són de la mateixa o diferent universitat.

Mitjançant totes estes activitats l'alumnat adquirirà les competències descrites en l'apartat corresponent. Les competències bàsiques es treballaran sobretot durant els seminaris

## AVALUACIÓ

## BIBLIOGRAFIA

- 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 and optoelectronic systems*; 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: Microlithography to 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'-diphenylbenzidine 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).