

Nanofabricació: Aplicacions per Biosensors

Xavier Borrisé Nogué

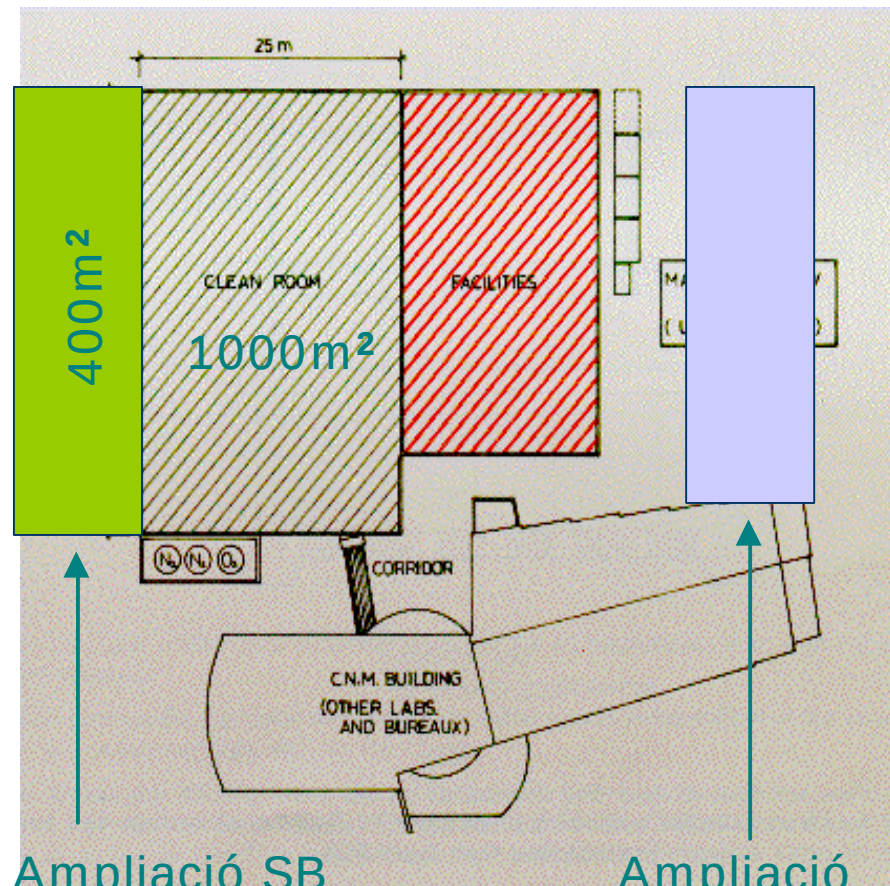
Grup de Nanotecnologia
Institut de Microelectrònica de Barcelona
Centro Nacional de Microelectrónica - CSIC

23 d'Agost de 2006

L'Institut de Microelectrònica de Barcelona



L'Institut de Microelectrònica de Barcelona



Ampliació SB
Nanofabricació
(50%)

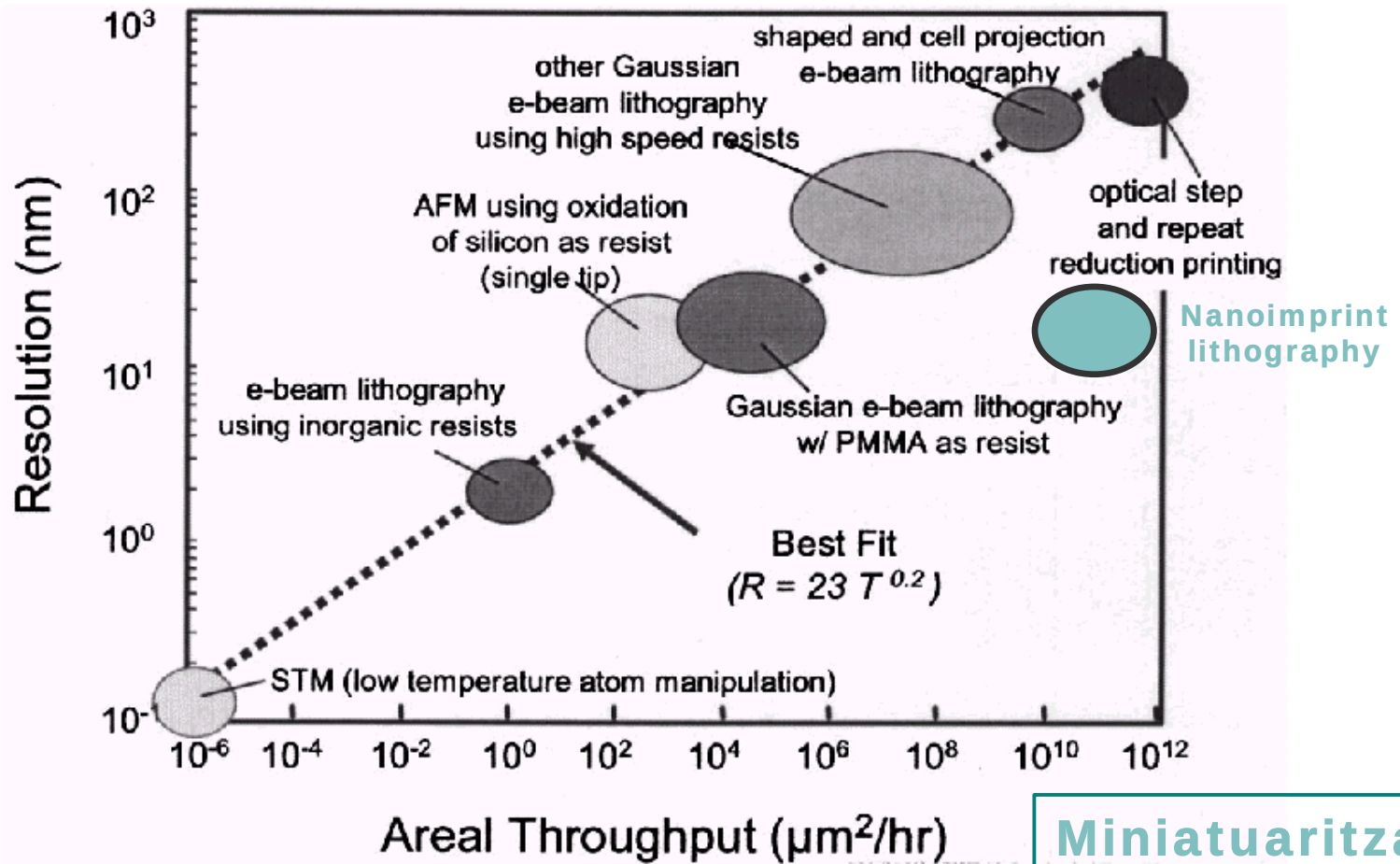
Ampliació
Edifici Civil

TECHNO	TYPE	CHARACTERISTICS	APPLICATION
CNM-25	CMOS 2.5 μm	2 poly - 1 metal	Analogic/ digital
CNM POWER	DMOS lateral & vertical SiC devices	Double diffusion	Power devices
CNM μSYSTEMS	Bulk and surface Si μ mechanization	KOH, TMAH etch	Si Sensors and actuators
MCM	Si Substrates	Active substrates and flip-chip	Multichip modules *

**Suport i Noves Aplicacions
per a la Nanotecnologia**

Definim NANOFABRICACIÓ

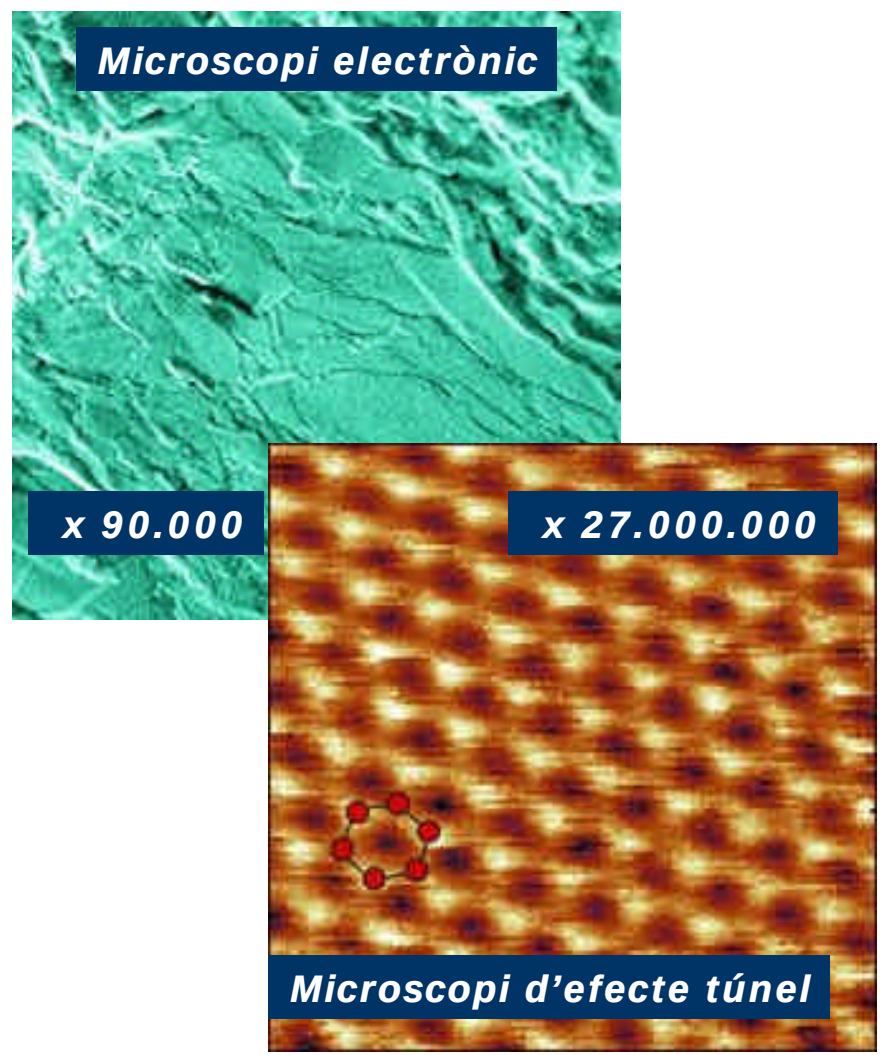
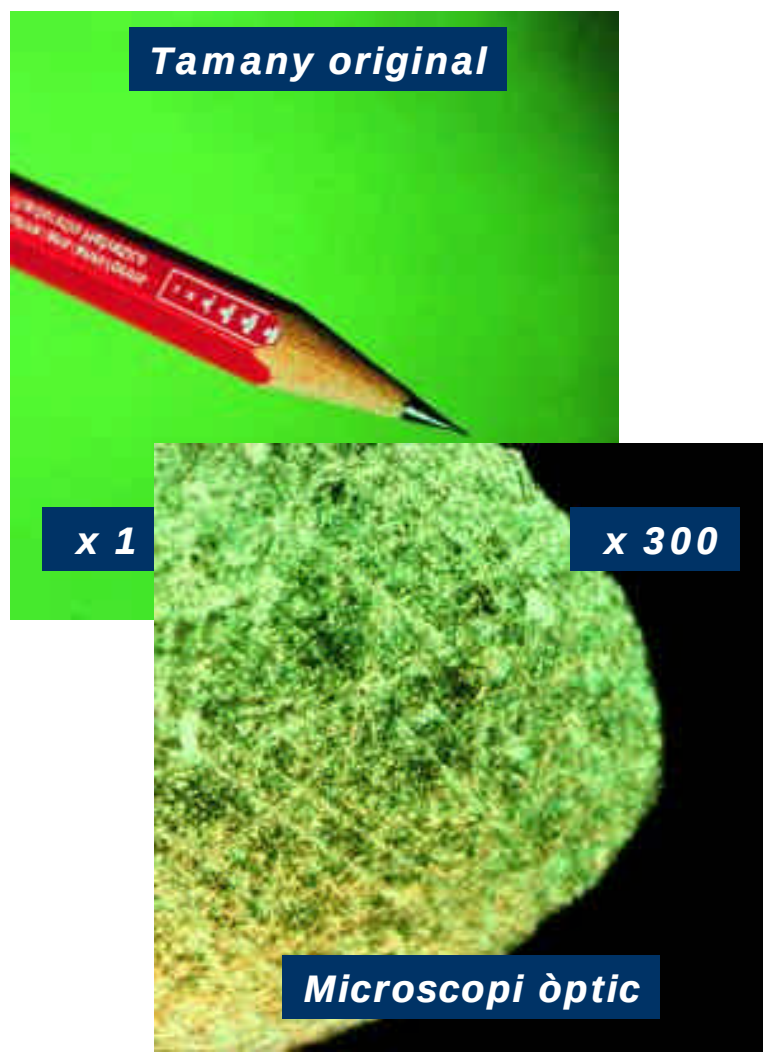
Aproximació top-down



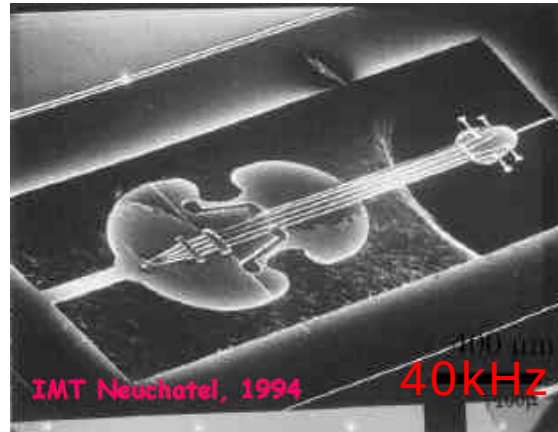
Miniatuarització

Nanotechnology, D. M. Tennant . AIP/Springer, New York, 1999

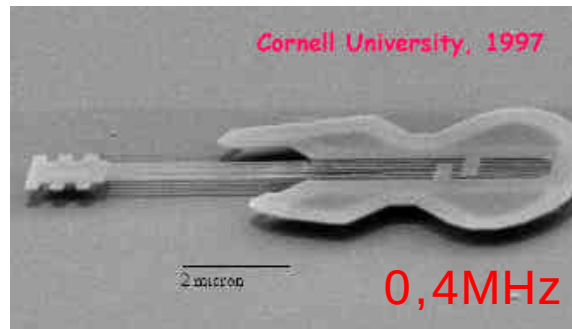
Perquè NANO?



Perquè NANO?



$$f_o = \frac{1}{2p} \sqrt{\frac{k}{m_{eff}}}$$



Típicament:
 $k \sim \text{N/m}$
 $F \sim \text{nN}$
 $\delta z \sim \text{nm}$

Canvi d'escala



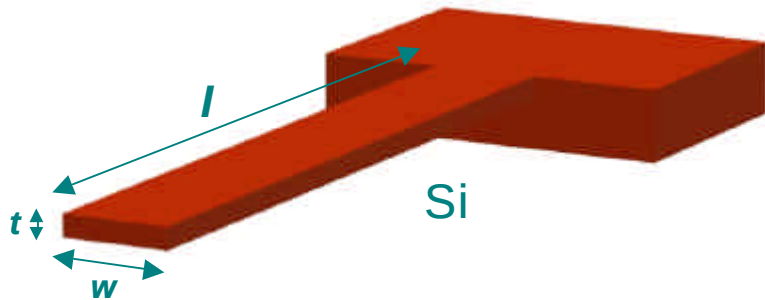
“Escalat” no lineal de les propietats

Noves propietats



Altres xerrades UCE

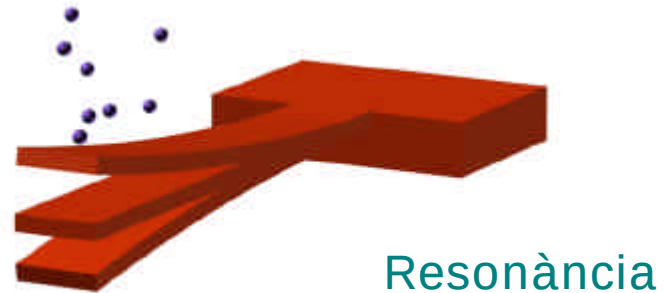
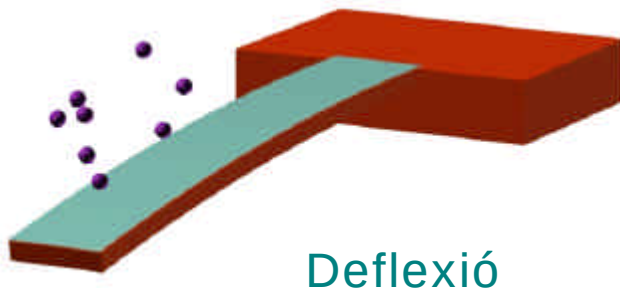
Escalat de dimensions: el “cantilever”



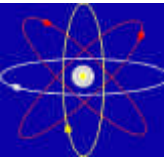
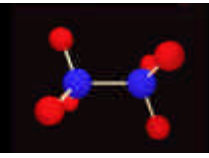
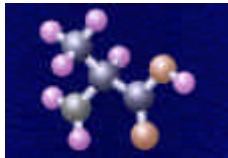
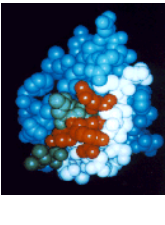
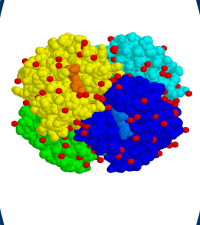
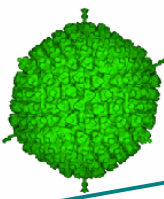
$$f_o = \frac{1}{2p} \sqrt{\frac{E}{r}} \frac{t}{l^2} \quad k = \frac{E}{4} \cdot \frac{t^3 \cdot w}{l^3} \quad (\text{N/m})$$

$$S = \frac{dm}{df} = 50.7 \frac{k}{f_o^3} \approx 0.83 \cdot 10^3 l^3 w$$

<i>Cantilever</i>	l (mm)	w (mm)	t (mm)	k (N/m)	f_o	$S(\text{g/Hz})$
Micro (AFM-rígida)	100	20	4	51	535kHz	$16,8 \cdot 10^{-15}$
Nano	10	0,5	0,1	0,02	1,4MHz	$4,2 \cdot 10^{-19}$



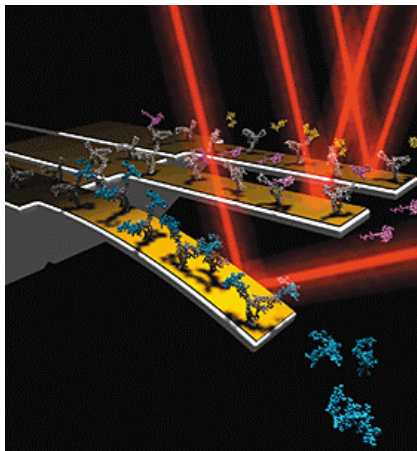
Escalat de dimensions: el "cantilever"

Carboni	Enllaç C-C età (C_2H_6)	Alanina (aminoàcid)	Insulina (Proteïna)	Hemoglobina (Proteïna)	Adenovirus (refredat)
					
0,077nm 12 Dalton	0,154nm 30 Dalton	0,5nm 89 Dalton	4nm 5,7 kDalton	6,8nm 64,5 kDalton	70nm 28 MDalton

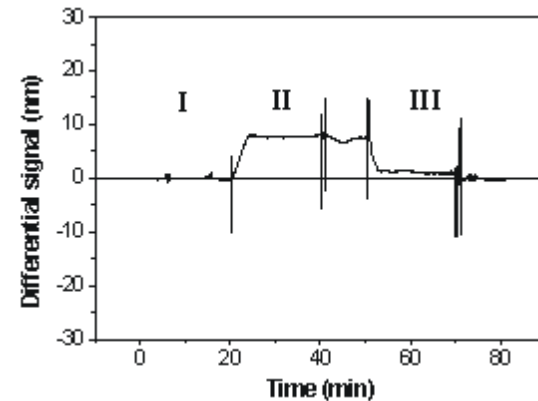
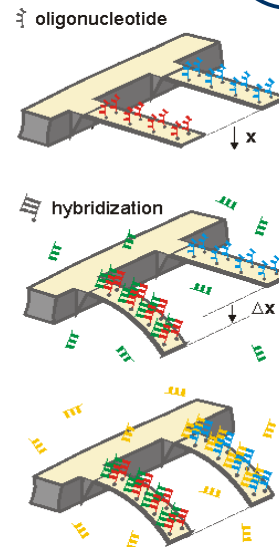
$$1 \text{ Da} = 1.67 \cdot 10^{-24} \text{ g}$$

$$64,5 \text{ kDa} = 1,1 \cdot 10^{-19} \text{ g}$$

Reconeixement biomol·lecular

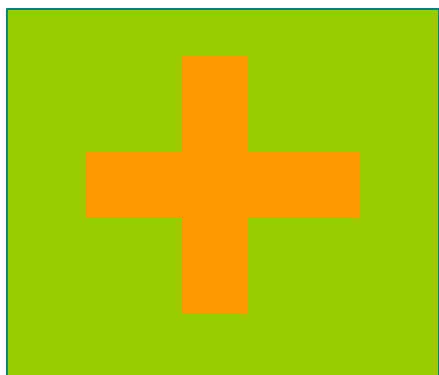


Fritz. Science 288, 2000



Detecció de la hibridació d'ADN. Detecció del canvi d'una sola base.

El Procés de Nanofabricació



LITOGRAFIA

Definició dels motius



METAL·LITZACIÓ

Per definir màscares
Per fabricar estructures metàl·liques



ATACS SELECTIUS

Eliminar material
Alliberar estructures

Per definir el motius: litografia

Per fer nous patrons



Nous



Interacció amb
sonda local

STM, AFM,
SNOM, ND...

- Sèrie
- Flexible
- Lent



Disminuïm la
longitud d'ona

UV, EBL,
FIB, X-RAY...



Per replicar patrons



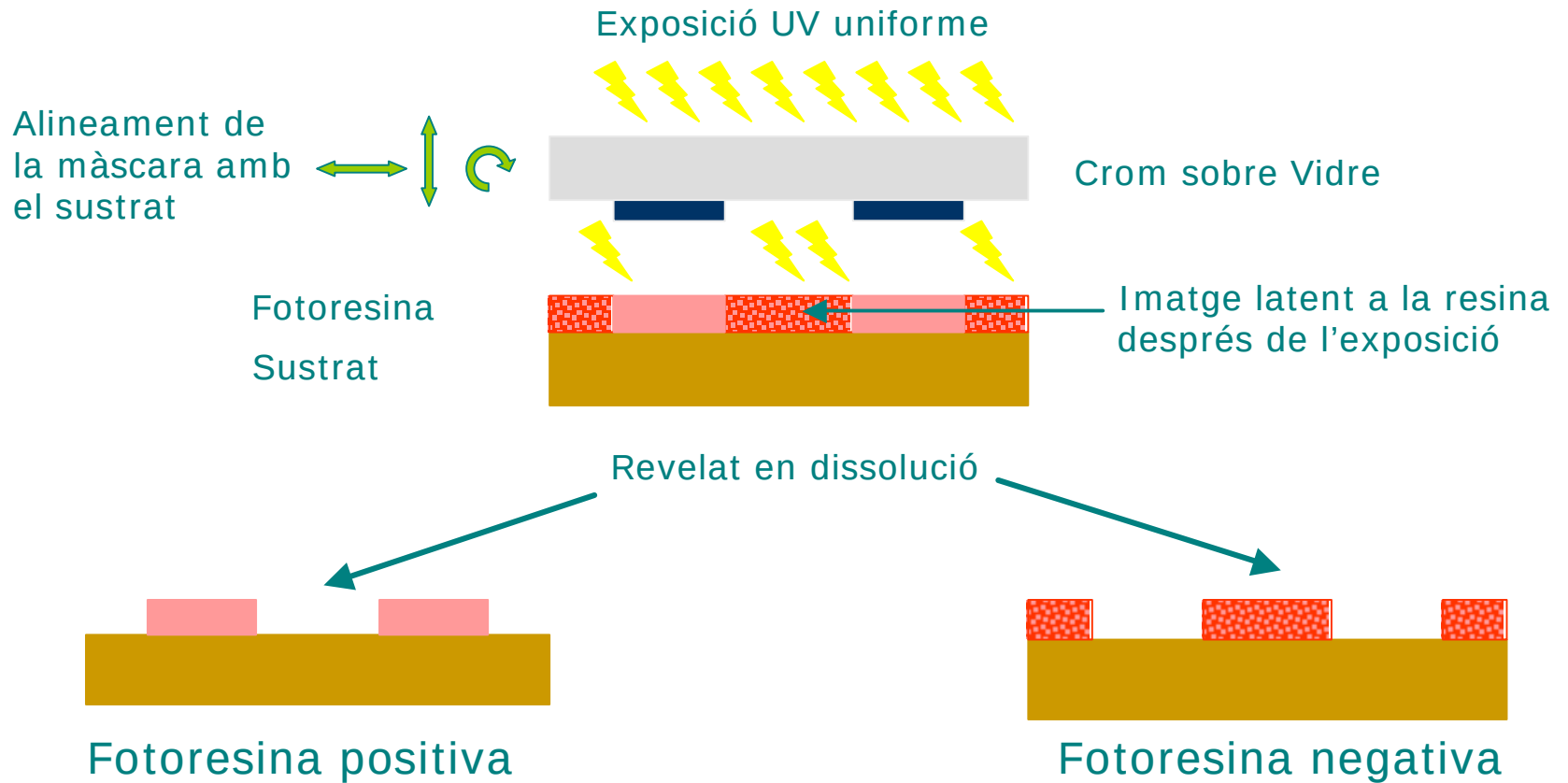
- Paral·lel
- Ràpid



Rèpliques
d'un motlle

NIL, SFIL,
uCP, Stencil...

Litografia Òptica



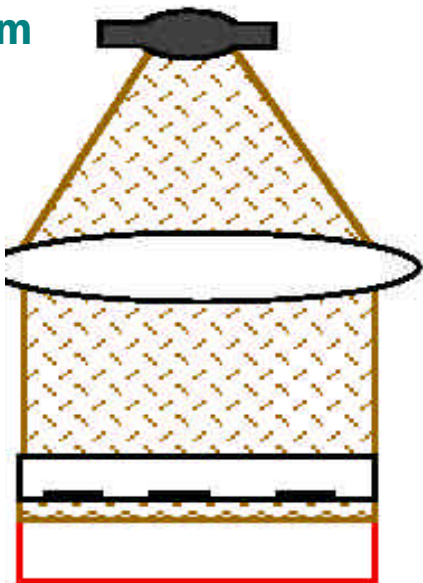
Litografia Òptica

Contacte

Font de llum

Sistema Òptic

Màscara
Fotoresina
Mostra

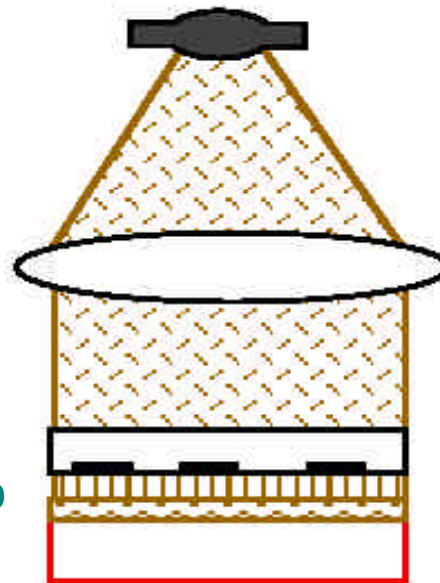


Exposició

1:1

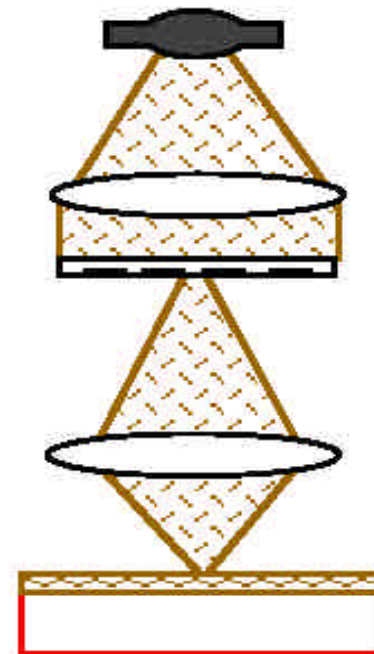
Proximitat

Gap



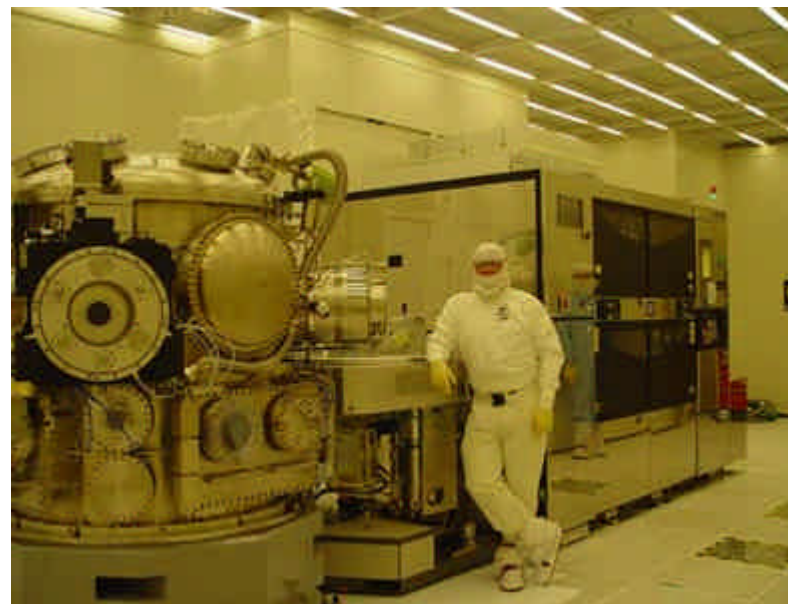
1:1

Projecció



5:1

Litografia Òptica

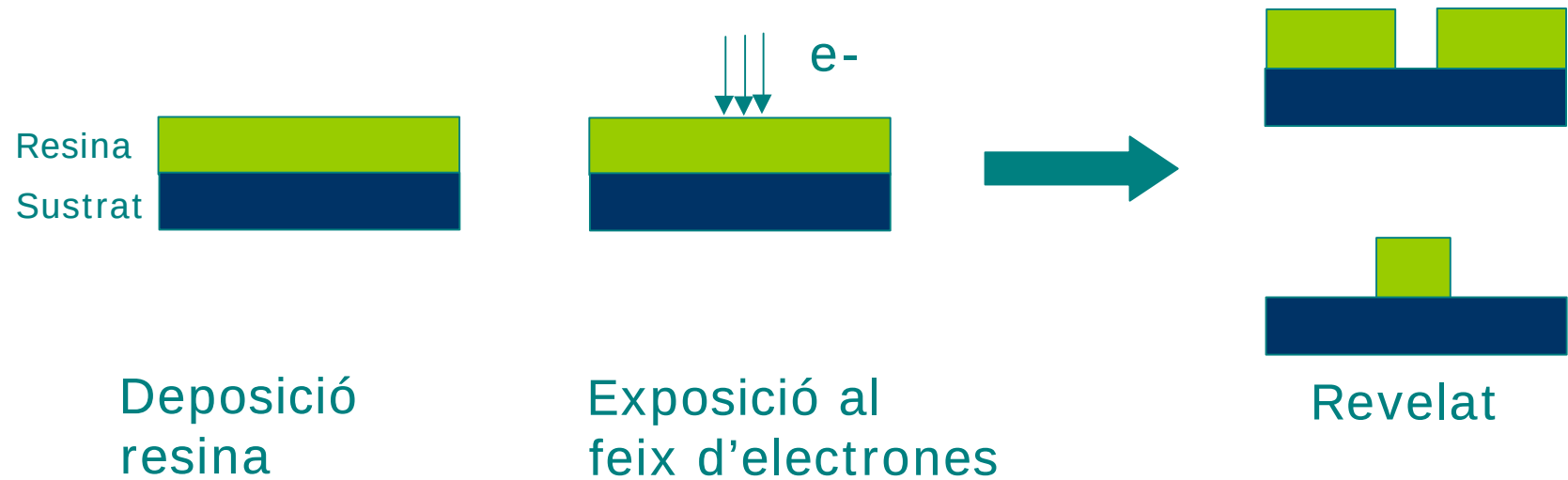


Resolució mínima:

- UV – 200-300nm – Recerca ~~NANO~~
- DUV – 90nm (Proximitat > 10M€)
- EUV – 45nm (> 20M€!!)

Litografia per feix d'electrons

Definició: Conducció d'un **feix d'electrons focalitzat** sobre una capa de **material sensible** a la radiació electrònica per a la posterior **eliminació selectiva** d'aquesta capa.



Longitud d'ona dels electrons:
$$l_e = \frac{1.226}{\sqrt{V}} \text{ (nm)} < 1\text{\AA}!!$$

Litografia per feix d'electrons

SEM LEO(Zeiss) 1530 (SEM d'emissió de camp)

Litografia RAI TH ELPHY PLUS (Generador dels motius / patrons)



- Energia : 0,1-30 keV
- Camp de treball:
Típic 100 x 100 μm^2
- Stage: Repetitibilitat 1 μm
- Enfoc manual
- Tamany mostra: fins a 6"
- Resolució Ultra-Alta:
1nm@20kV

EBL: efectes no ideals

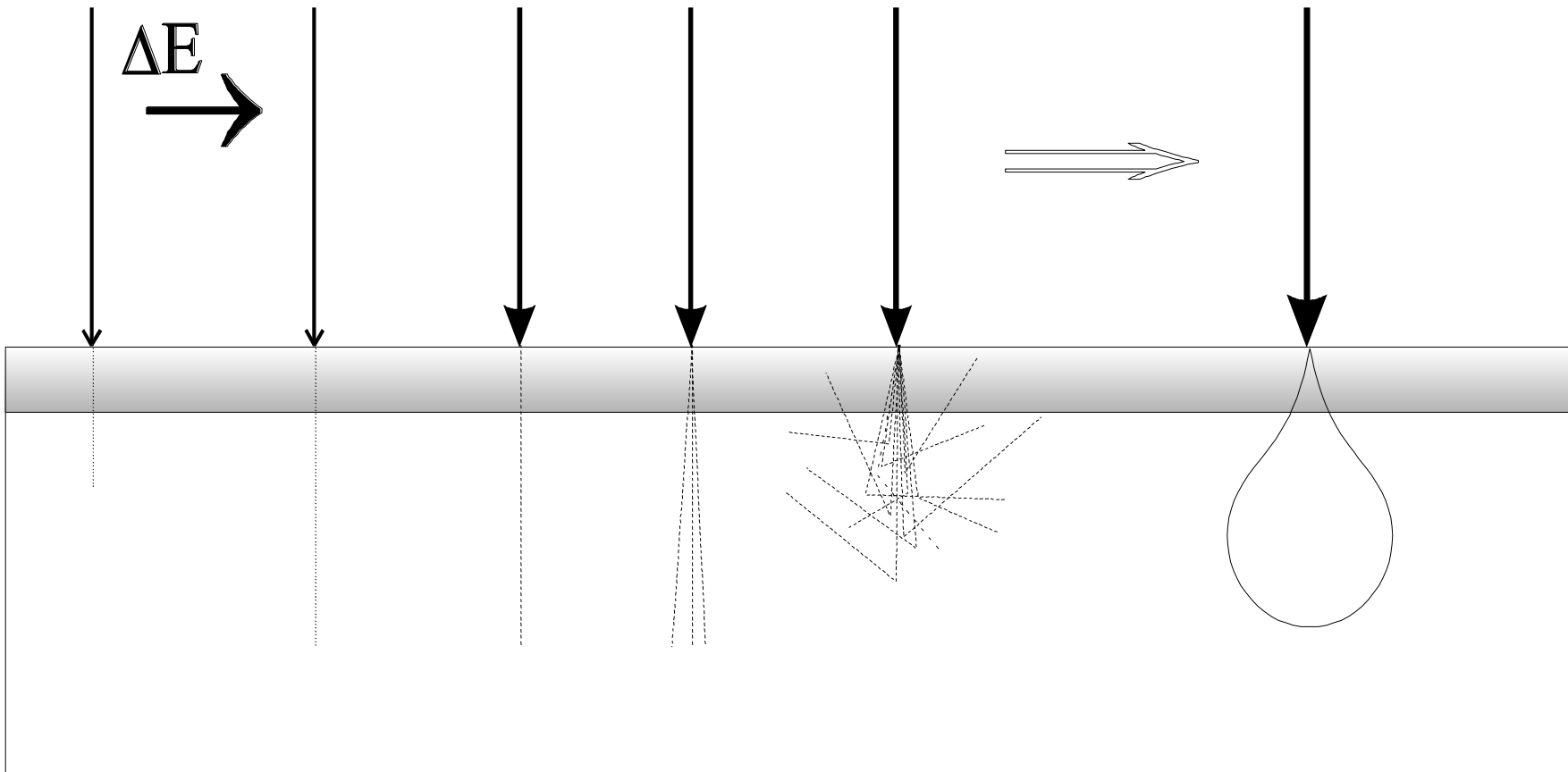
Feix ideal puntual

Feix finit

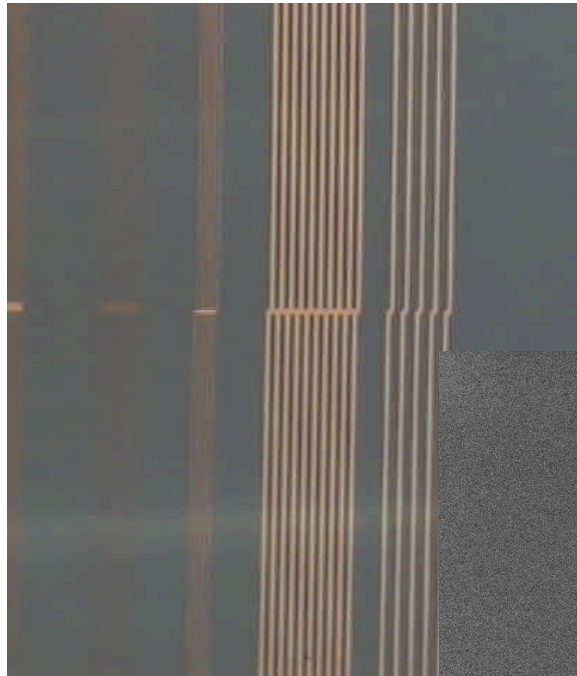
ϕ

Dispersió

La dosis electrònica es deposita en un àrea major al diàmetre del feix

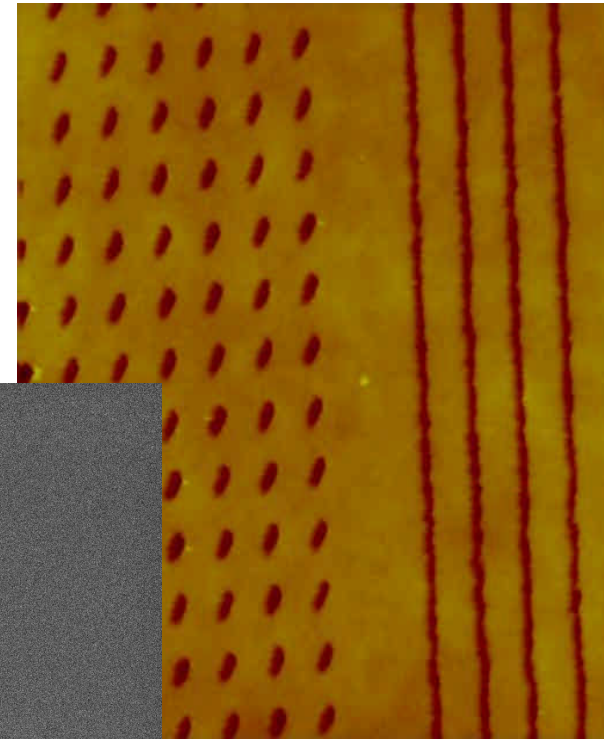
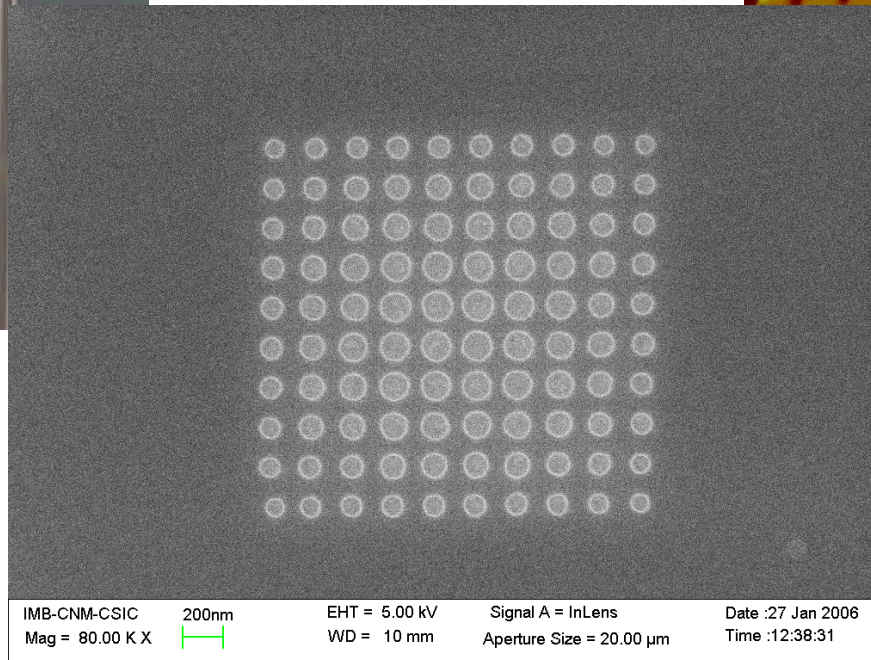


EBL: efectes no ideals



“Stitching”

“Proximitat”



“Enfoc”

IMB-CNM-CSIC
Mag = 80.00 K X

200nm

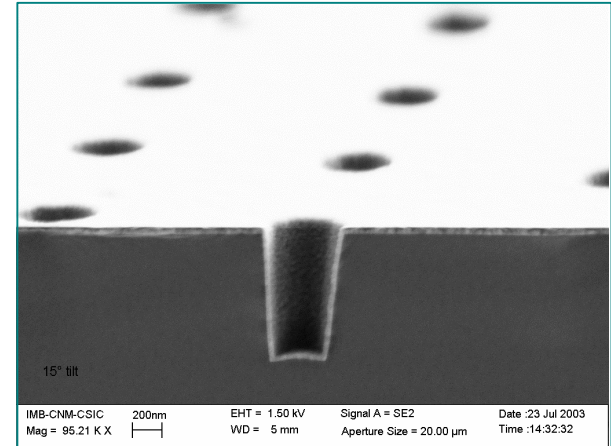
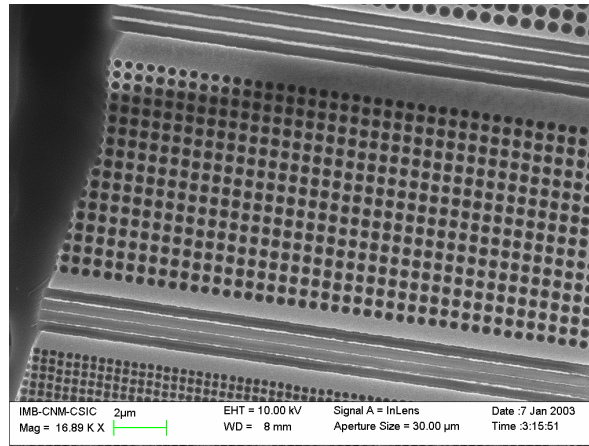

EHT = 5.00 kV
WD = 10 mm

Signal A = InLens
Aperture Size = 20.00 μ m

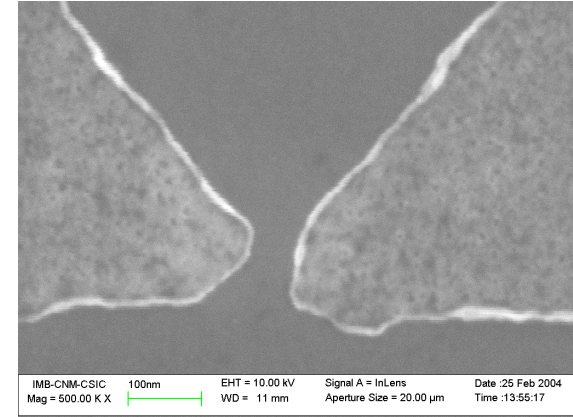
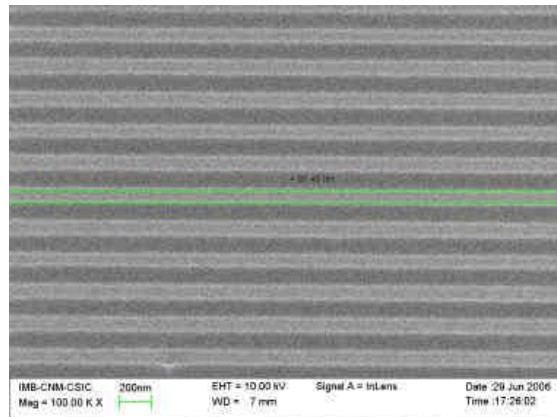
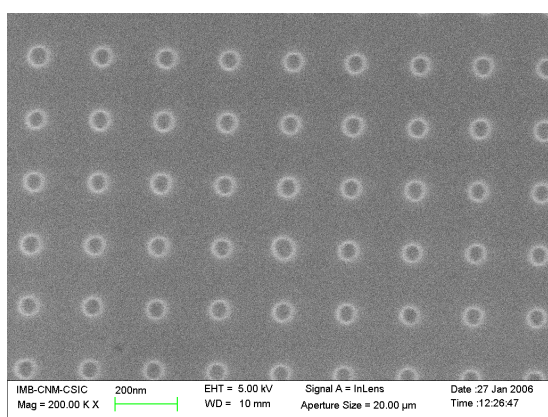
Date :27 Jan 2006
Time :12:38:31

EBL: resolució

Ebl + gravat
anisotròpic
(cristalls fotònics)



Resolució: típicament ~ 100nm
ajustant els paràmetres: < 30nm



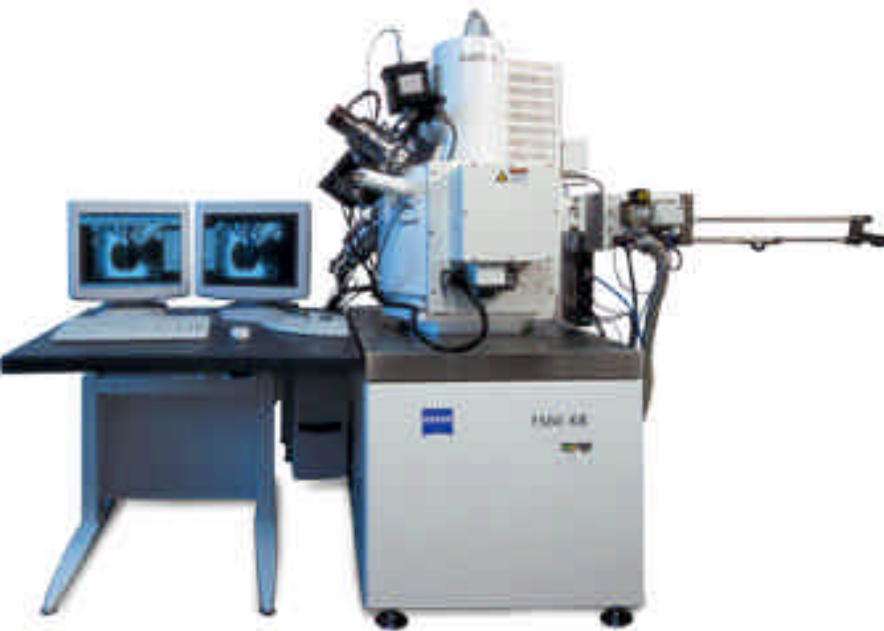
Nanofabricació per feix de Ions

El “NANOLABORATORI”

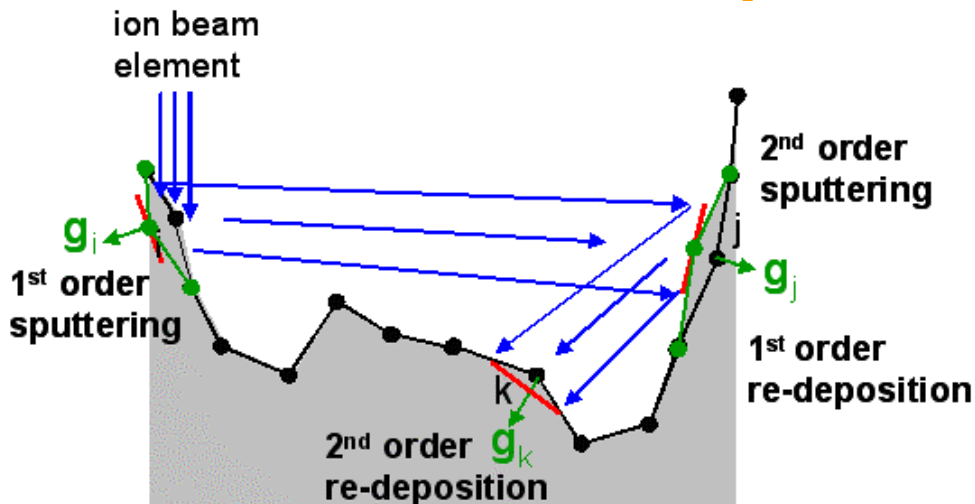
Inspeccionar estructures
Modificar estructures via:
Atacant-les
Depositant metalls



DUAL BEAM: Combina un feix de ions i un d'electrons alhora per inspeccionar al mateix temps que s'està modificant

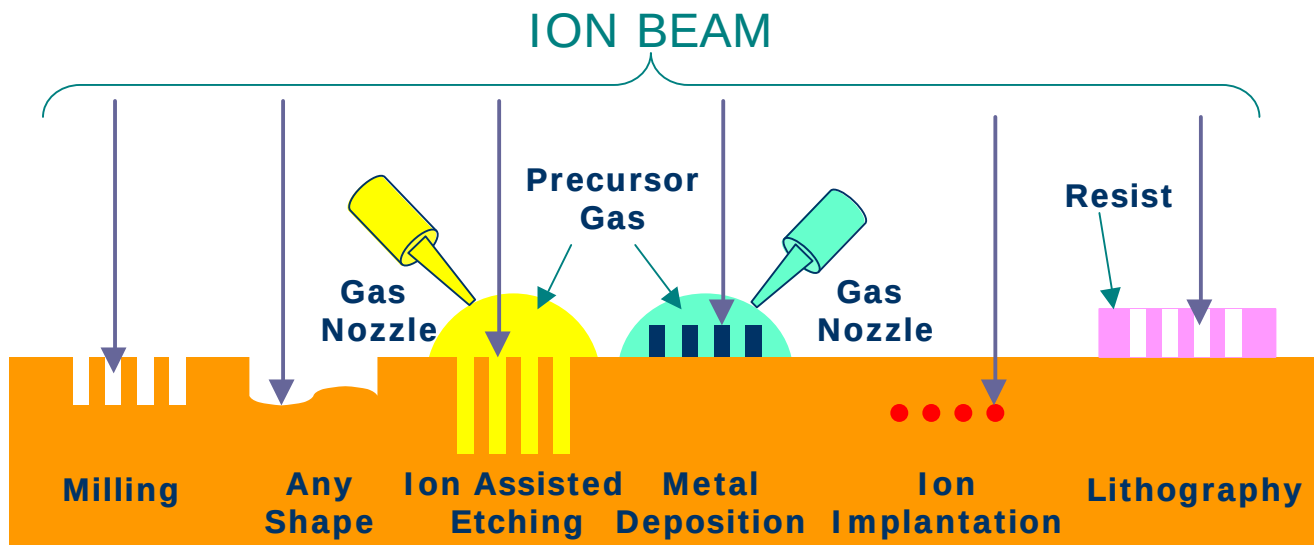


FIB: Principi de funcionament

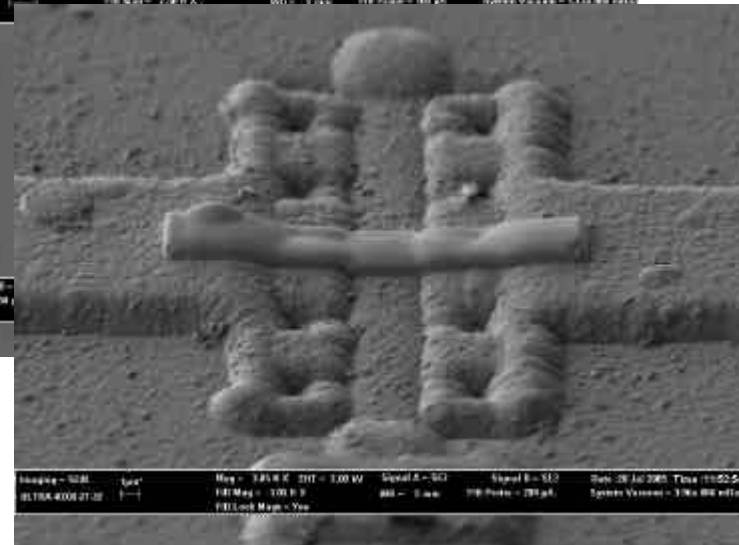
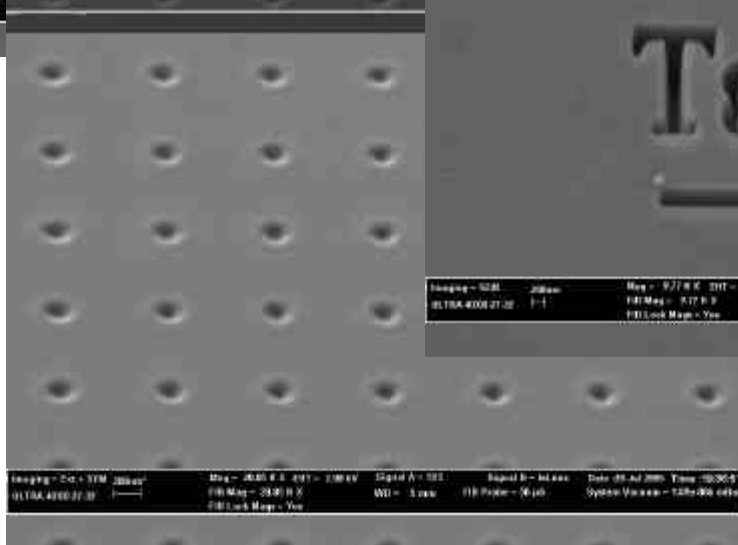
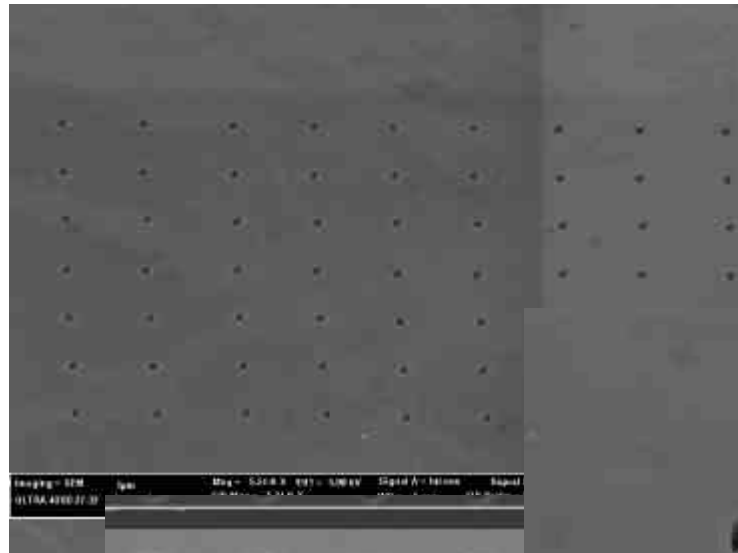


Modes d'Aplicació

- Milling (el més usat)
- Realització d'imatges
- Reaccions Químiques Induïdes
- Deposició
- Atac
- Implantació (dopatge o danyat)
- Litografia (exposició de resina)

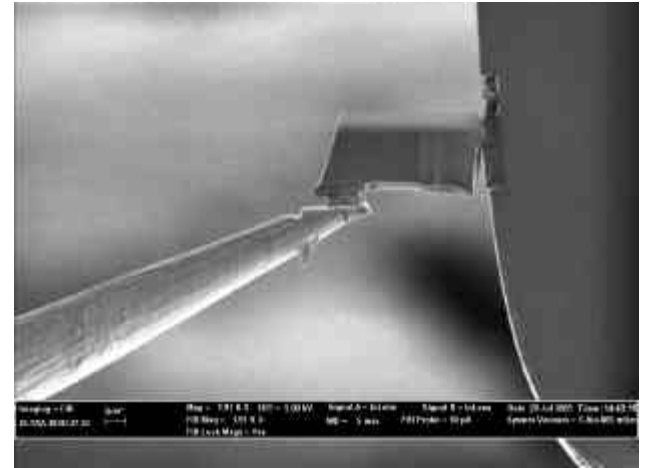


FIB: exemples



FIB: Encara més...

- Edició de circuits (reparació i prototipus)
- Reparació de màscares
- Preparació de mostres TEM



Respecte l'EBL

A FAVOR

- No té efectes de proximitat
- Possibilitat de modificar directament la mostra (atac/deposició/implantació)

EN CONTRA

- Dificultat per treballar amb capes gruixudes
- Dany a la superfície pel bombardeig de ions

Altres litografies: litografia per raigs X

Font de llum: Raigs X - Sincrotró

Resines: sensibles a raigs X (PMMA)

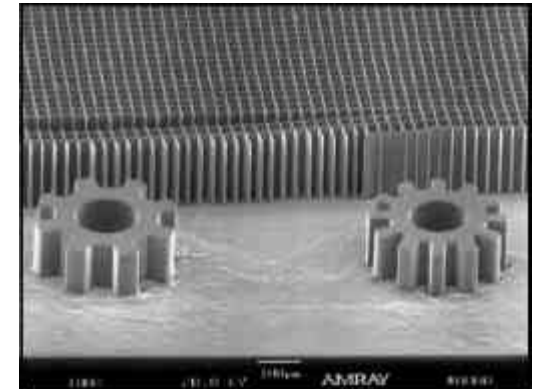
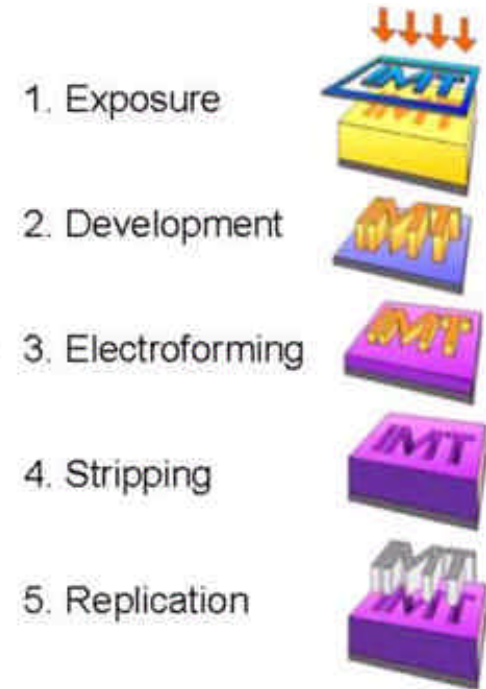
Màscara: Membrana de SiC
recoberta amb metall
pesant (Au)

Avantatges: Alta resolució
Grans àrees

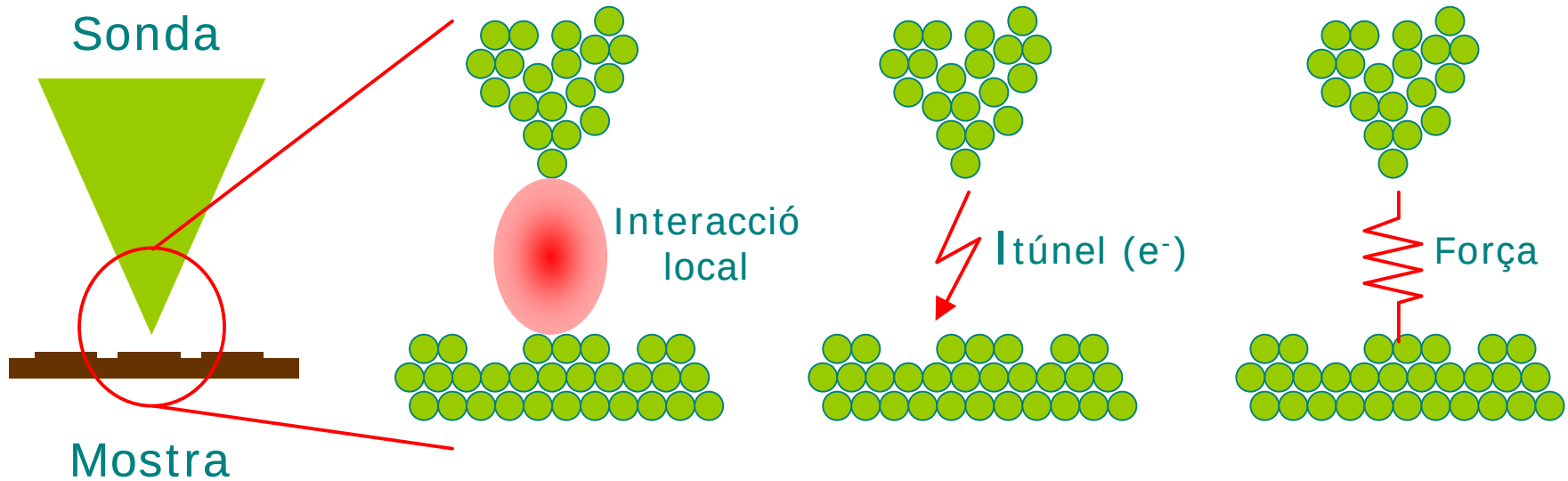
Desavantatges: Necessitat d'un sincrotró
Fabricació de la màscara

Procés **LIGA**: (*Lithography Electroforming Moulding*)

Aprofinat el colimat dels Raigs-X d'un sincrotró, permeten estructures amb relació d'aspecte molt altes (>20:1)



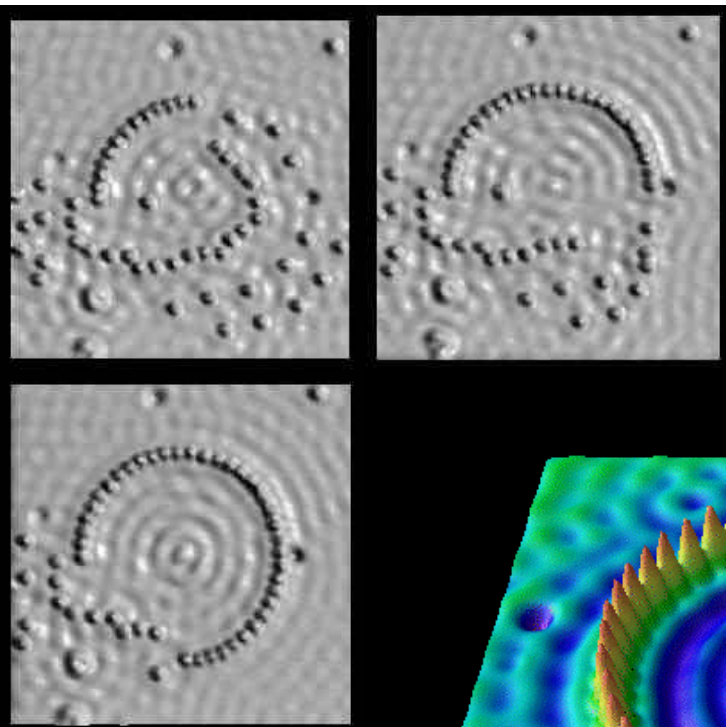
SPM's: Introducció



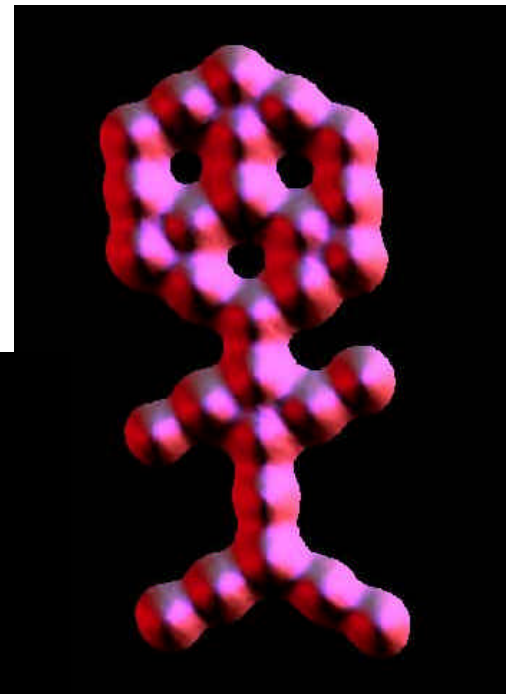
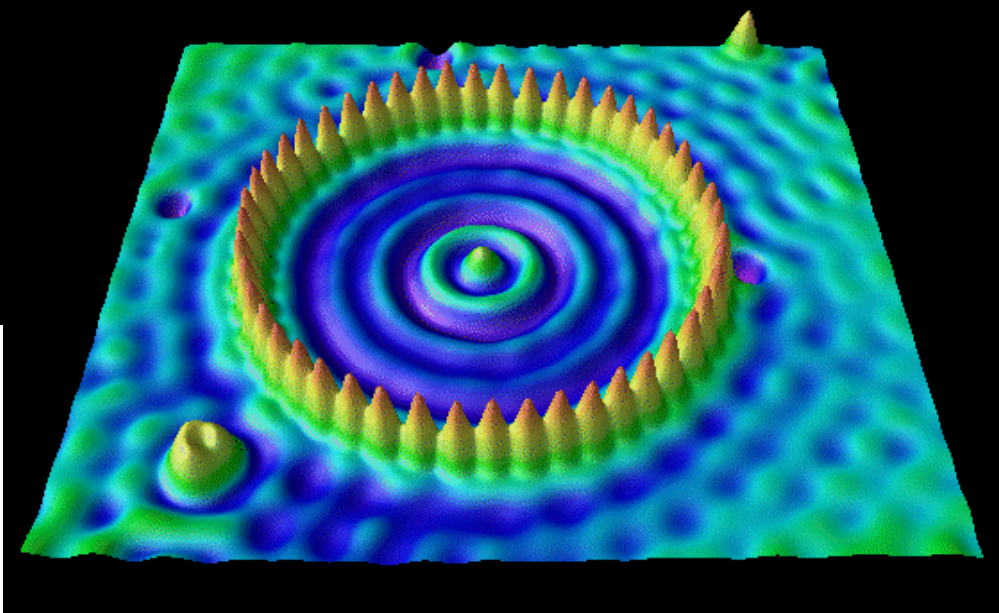
La natura de la interacció determina la propietat observada:
corrent túnel, força, magnètica, elèctrica, tèrmica,
corrent electroquímic, fotons...

La magnitud de la interacció determina si s'observa o s'està
modificant la mostra: SPM com a microscopi o com a eina

STM: manipulació atòmica

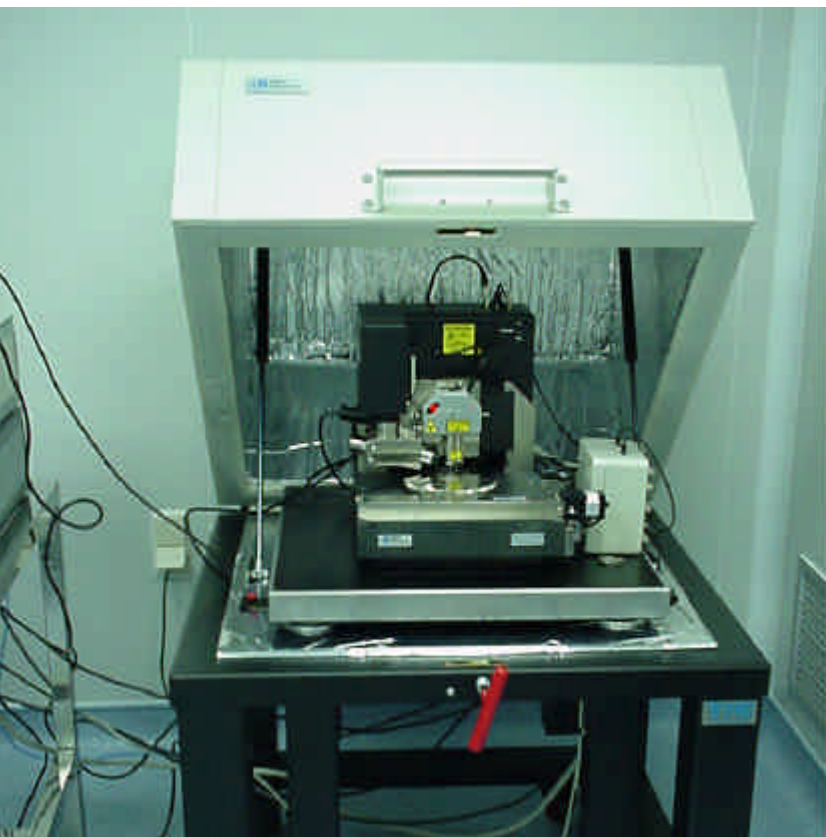


“Corral Quàntic”
(Ferro sobre Coure)

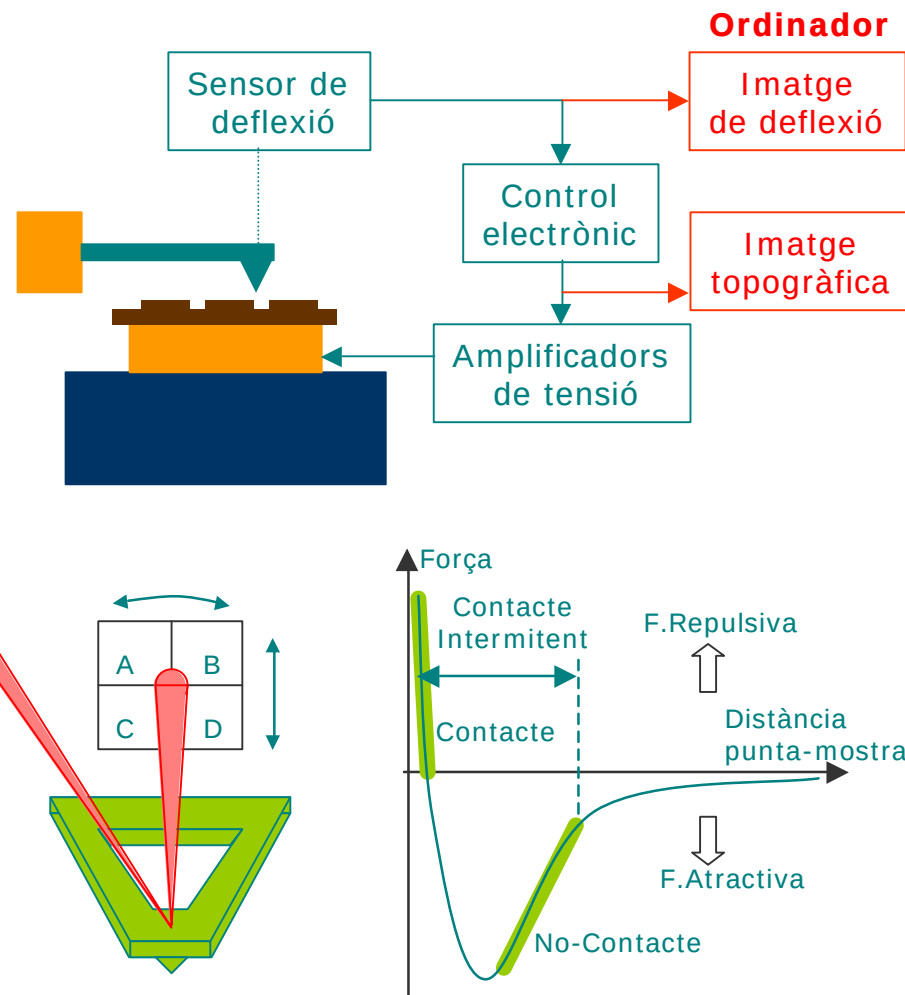


“Carbon Man”
(Monòxid de Carboni sobre Platí)

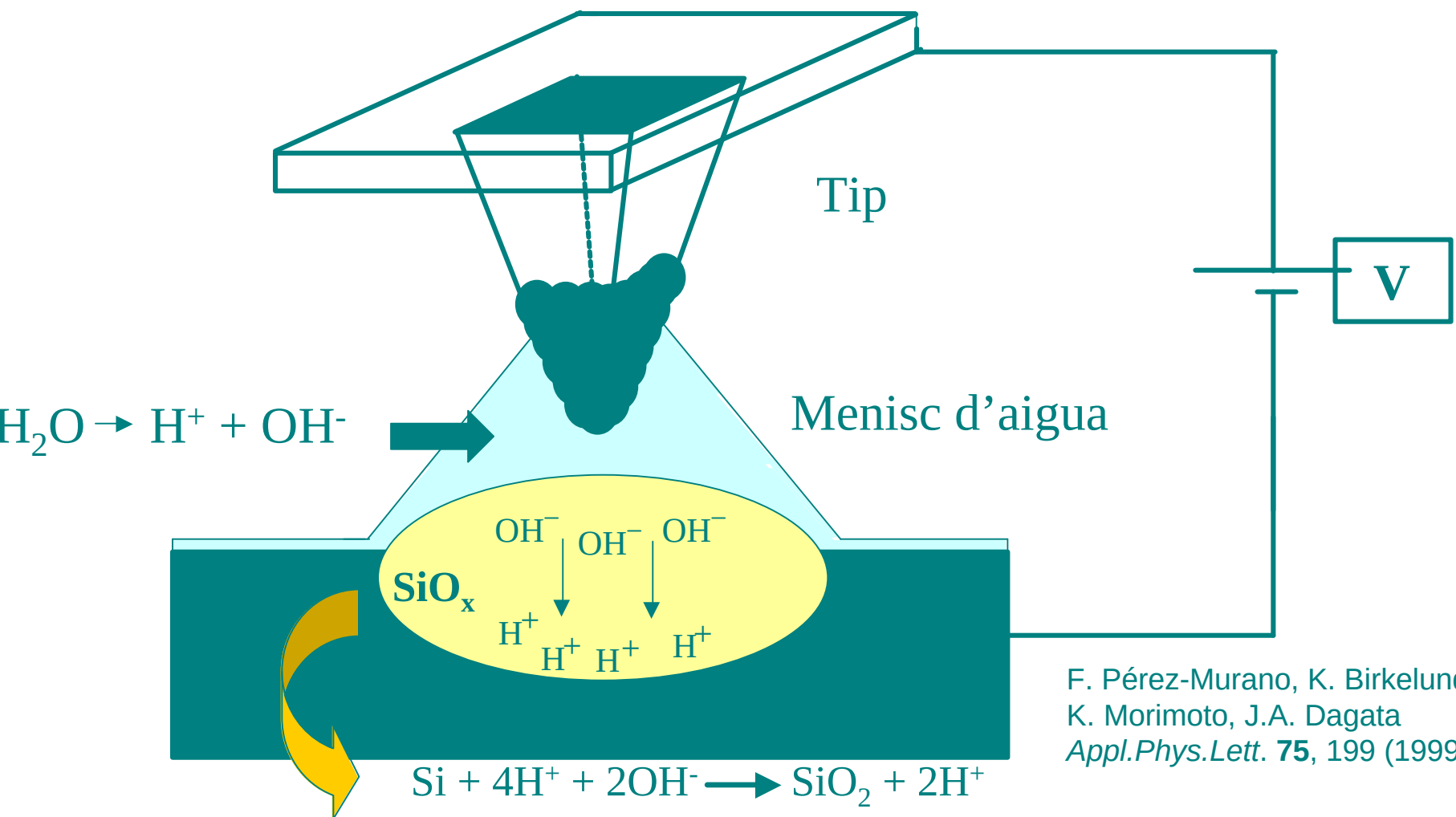
AFM: l'eina més versàtil



Rangs: Forces: 0,1-100nN
Distàncies: <50nm



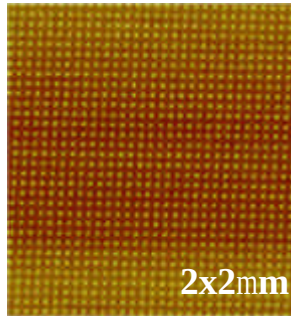
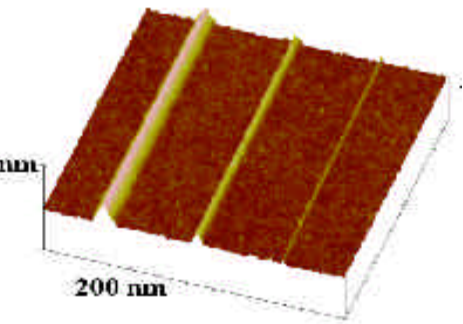
Nanolitografia basada en oxidació local



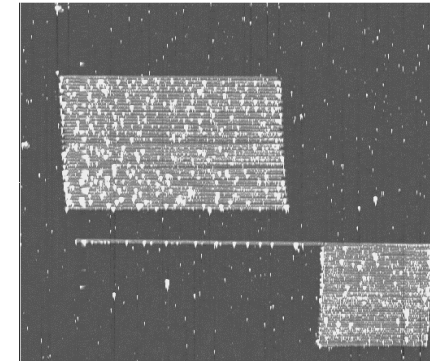
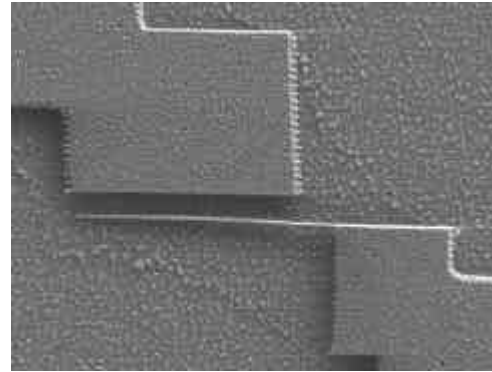
F. Pérez-Murano, K. Birkelund,
K. Morimoto, J.A. Dagata
Appl. Phys. Lett. **75**, 199 (1999)

Litografia per AFM: materials i exemples

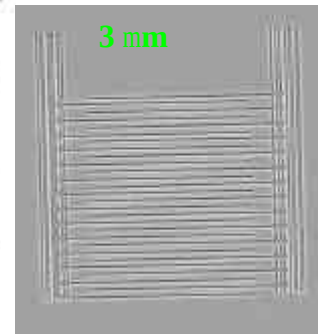
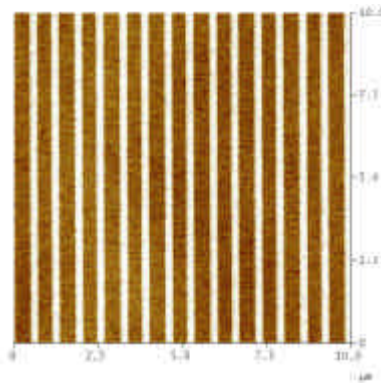
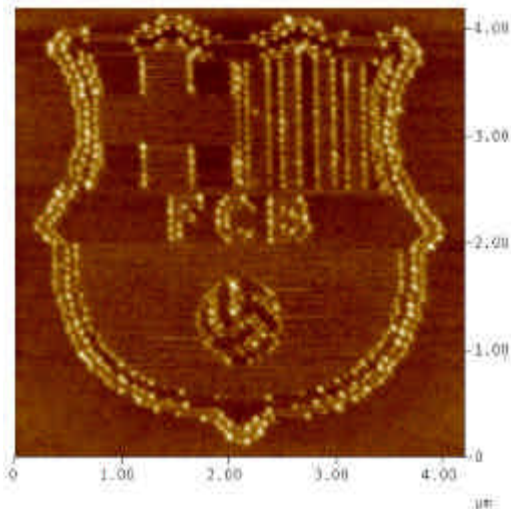
Nano-oxidació de Silici



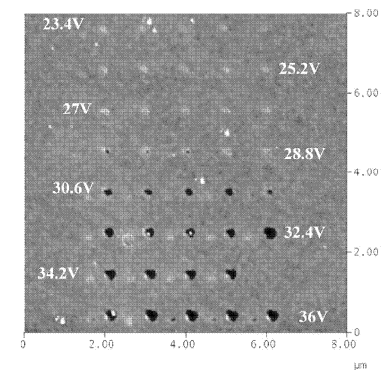
Nano-oxidació d'Alumini



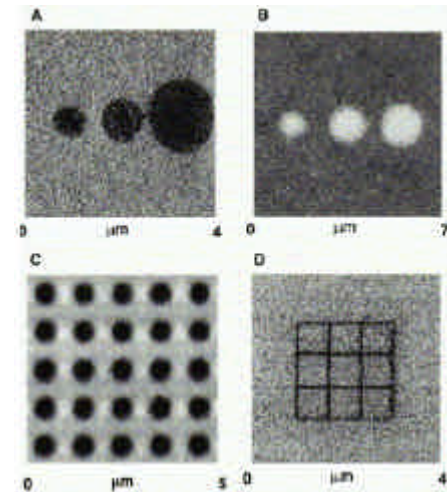
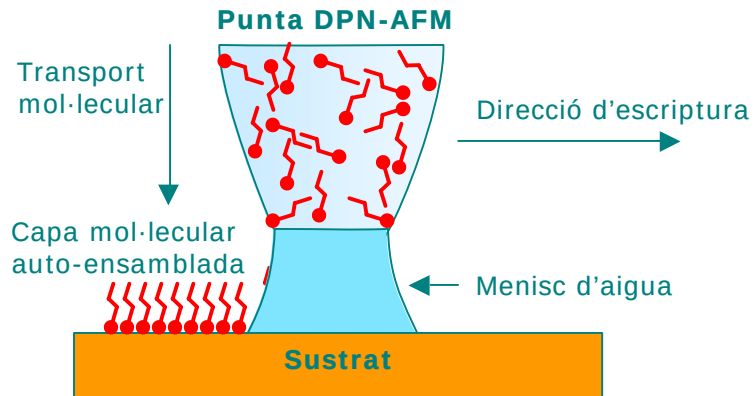
Nano-oxidació de Si₃N₄



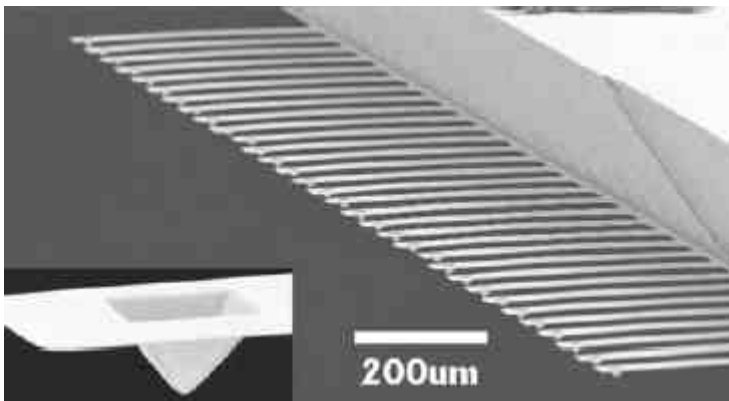
Litografia en PMMA



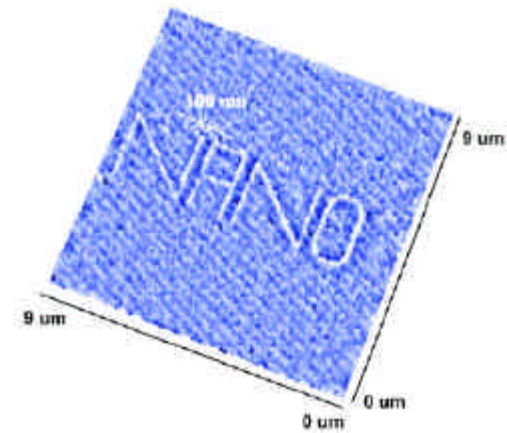
Altres tècniques SPMs: Deep Pen



Espectura de línees >30nm sobre una superfície d'Au usant com a tinta 1-othodecanethiol.



Nanodispensing



Chad A. Mirkin et al. *Science* 283, 661 (2000)

Técnicas de rèplica: Nanoimpresió, Nanoimpresió i Nanoimpresió

mCP

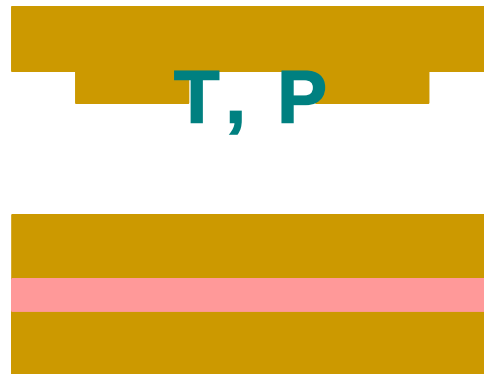
Micro-contact Printing



Whitesides (1993)

NIL

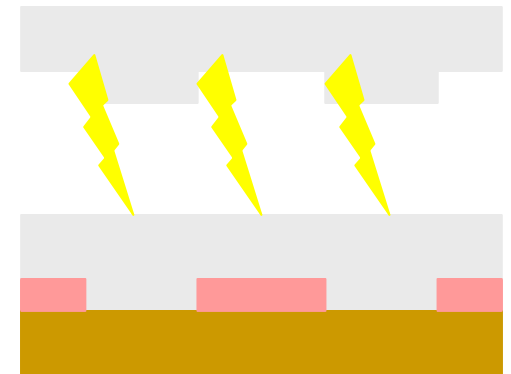
NanoImprint Lithography



Chou (1995)

SFIL

Step & Flash Imprint Lit.



Willson (1996)

Nanoimpresió, Nanoimpresió i Nanoimpresió

Nano Imprint

μ CP

NIL

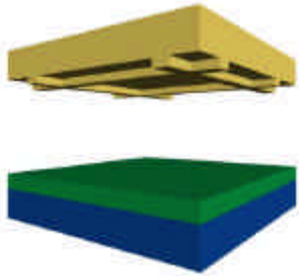
SFIL

- Mol·le Tou (PDMS)
- Baixa Pressió
- Temperatura ambient
- Menor resolució
- Alineament difícil
- Mostres petites (xips)
- Barat

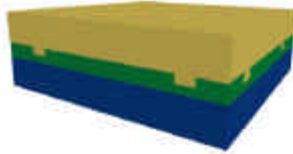
- Mol·le dur (Si, Ni...)
- Alta Pressió
- Alta temperatura
- Gran resolució
- Alineament difícil
- Xips/Oblees
- Car

- Mol·le dur (Quartç)
- Baixa Pressió
- Temperatura ambient
- Gran resolució
- Fàcil alineament
- Mostres petites (xips)
- Car

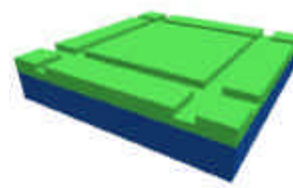
Estructuració per NIL



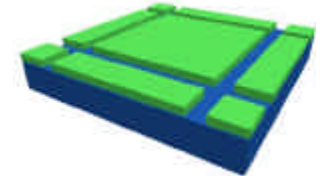
Motllo: Si, Ni amb una capa anti-adherent



Impresió: P~20–60 Bars
T~120–200°C
t~2–5 min.

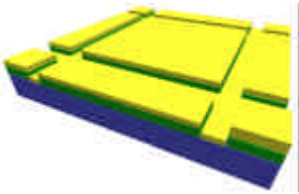


Desmotllar: 5–10min.

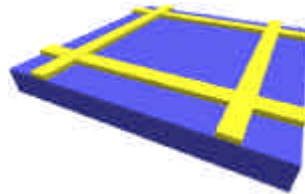


Plasma d'O₂:
Eliminació capa residual

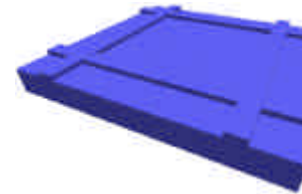
Sustrat: PMMA de 200 - 400nm



Evaporació Metall:
20-100nm d'Al



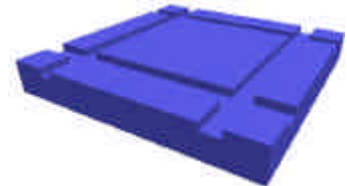
Lift-off en acetona calienta
assistit per ultrasons



RIE amb màscara
de metall

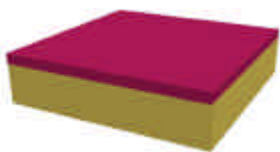


RIE amb màscara
de polímer

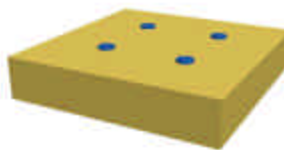


Transferència mitjançant dopatge, atacs humits, forns...

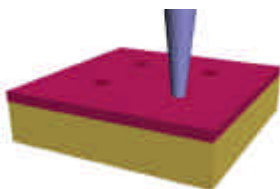
Fabricació del Motlle



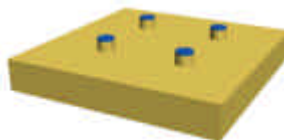
- Spinning
100nm PMMA



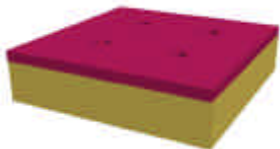
- Lift-off PMMA



- Exposició EBL



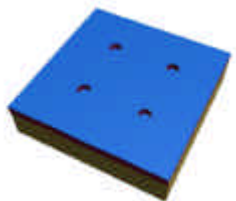
- RIE SiO₂ (100nm)



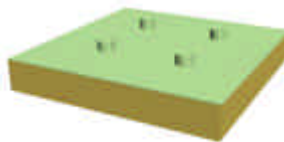
- Revelat PMMA



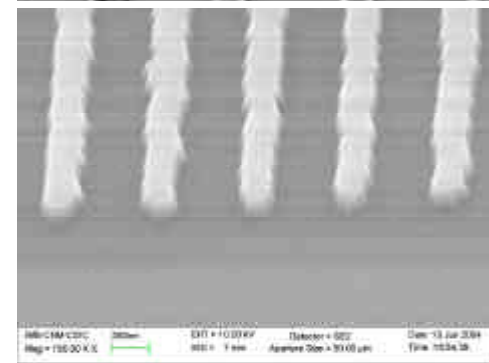
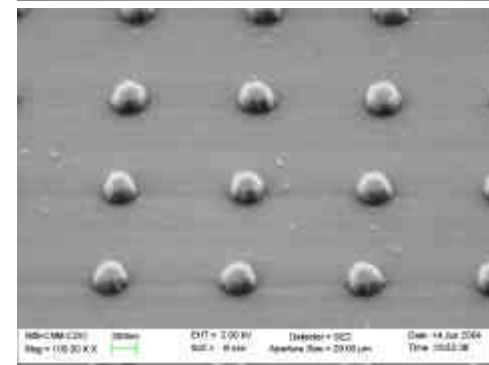
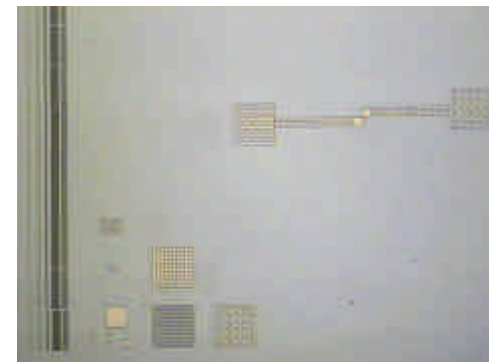
- Atac Al



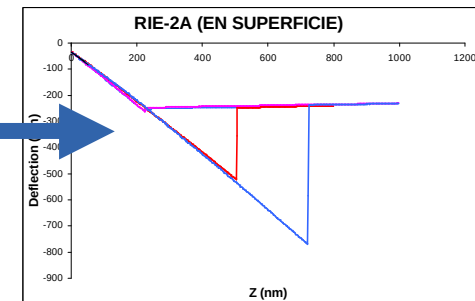
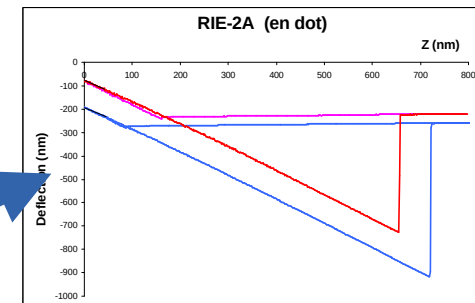
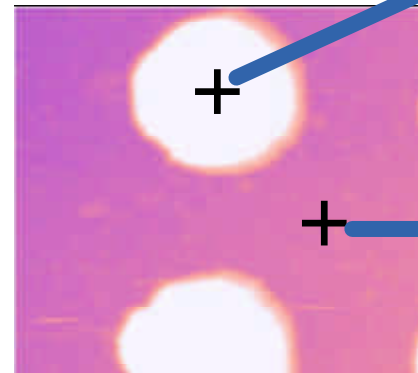
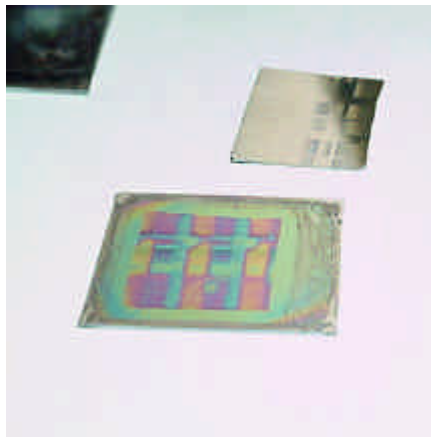
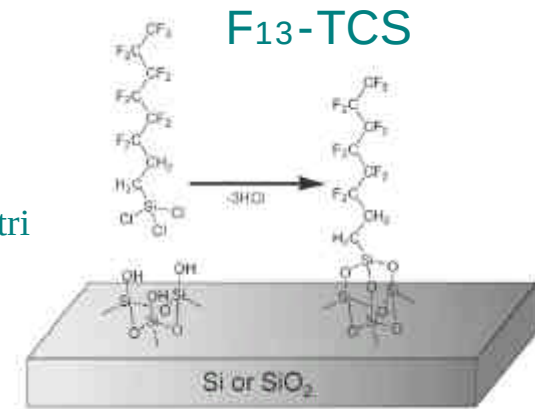
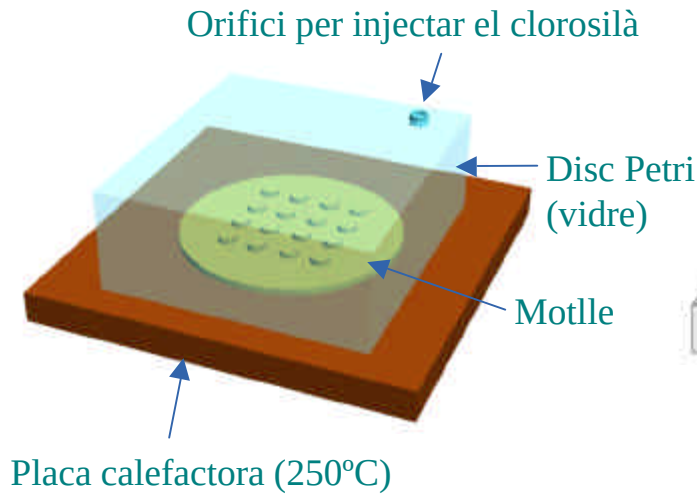
- Evaporació
32nm Al



- Deposició capa
anti-adherent



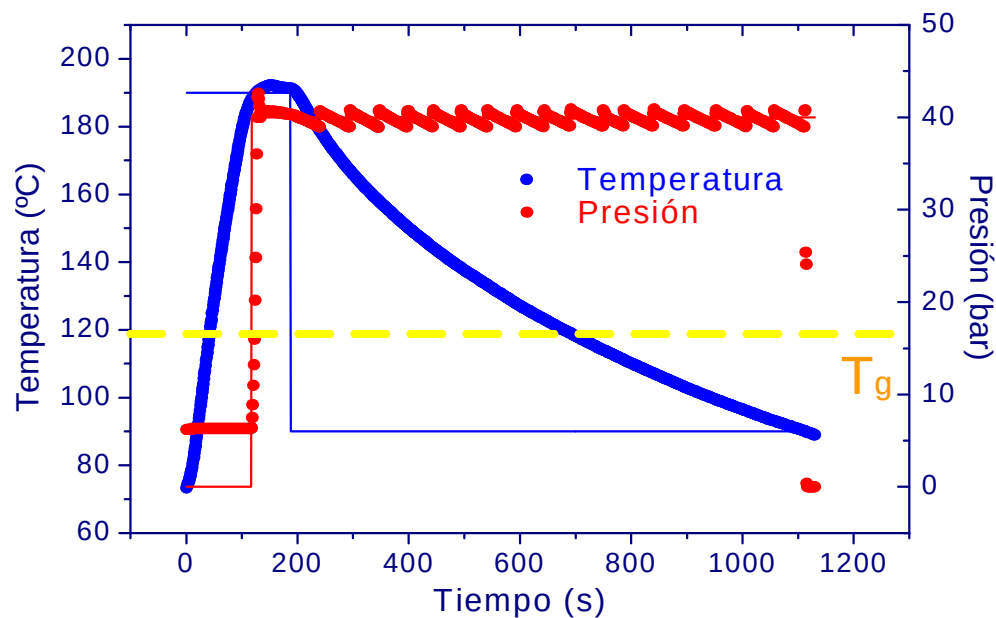
Capa anti-adherent



Obducat 4"



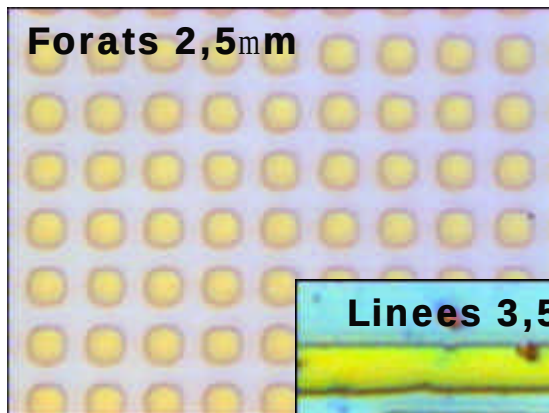
- Temperatura: fins a 350°C
- Pressió: fins a 80 bars
- Mostres: fins a oblees de 4"
- Soft Imprint



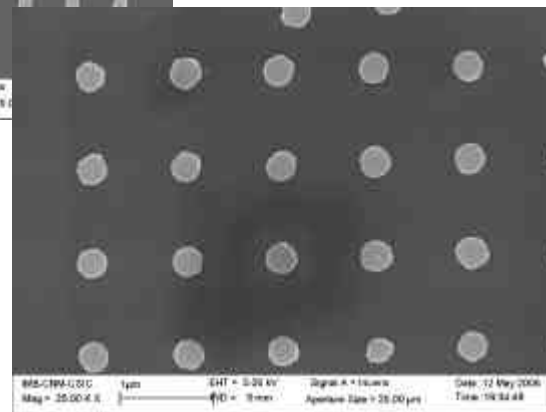
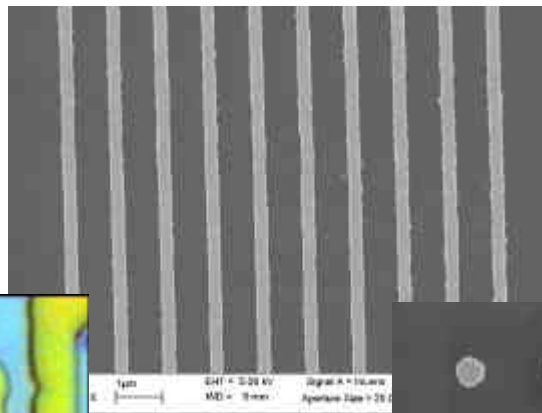
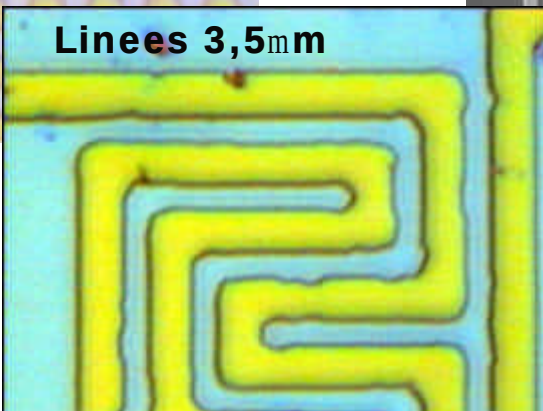
$$\log h(T) = \log h(T_g) - \frac{C_1(T - T_g)}{C_2 + (T - T_g)}$$

Resultats impressió

Forats 2,5mm



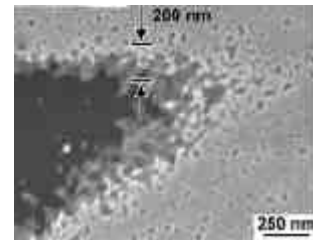
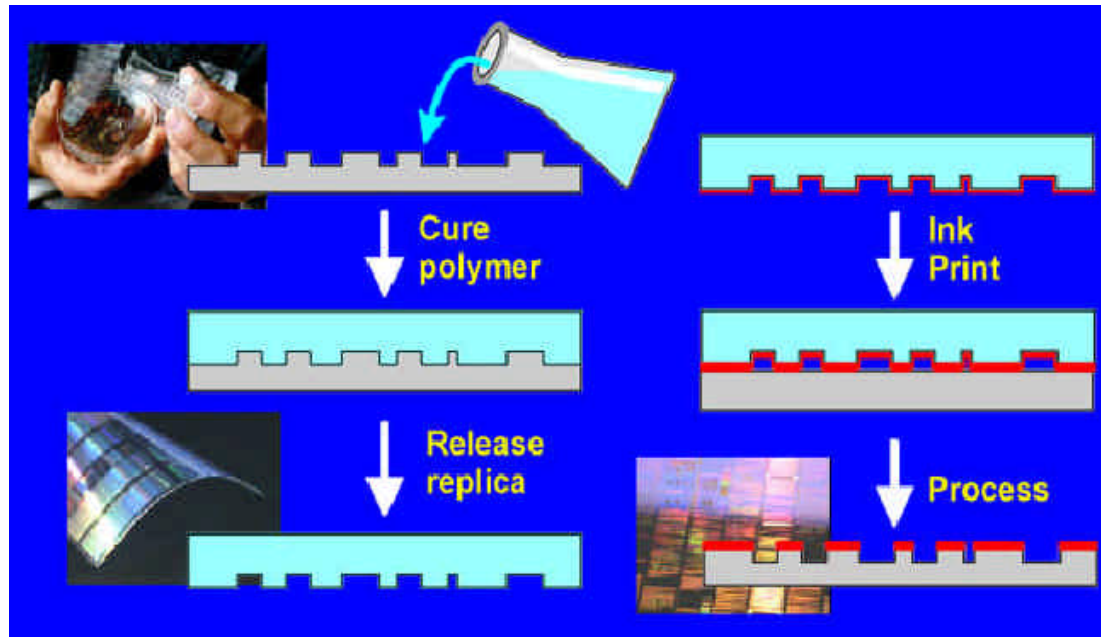
Linees 3,5mm



- Resolució < 100nm (a la literatura s'ha arribat als 5nm)
- Combinació de motius grans/petits – 100nm/10µm
- Impressió a nivell de xip o d'oblea (rendiment alt)
- Possibilitat d'estructuració directa de polímers
(microfluídica, polímers funcionalitzats...)

mCP

Definició: Transferència conformal d'una "tinta mol·lecular" a través de motlles de material tou (PDMS)



Avantatges:

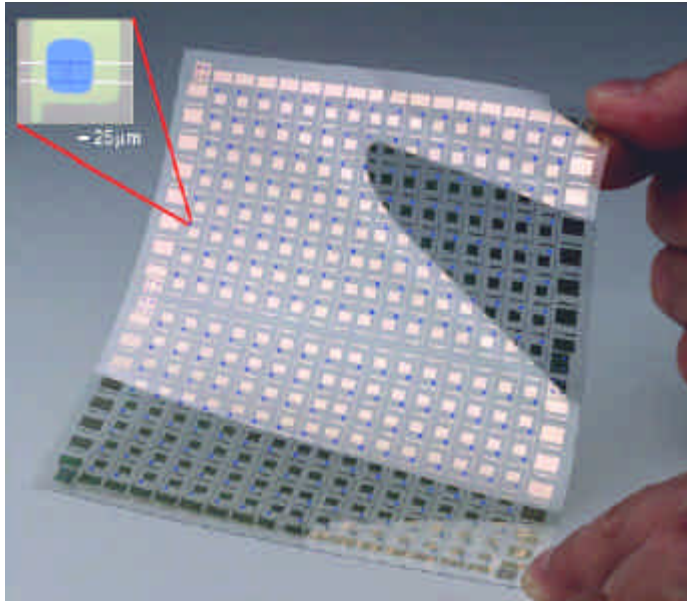
- Impresions en superfícies corrugades
- Deposició de mol·lècules fràgils en ambients difícils (Radiació, T, P...)
- Compatible amb gran quantitat de mol·lècules

Desavantatges:

- Definició dels contorns
- Procés poc controlat (molt manual)
- Resolució

mCP: exemples

Diaris electrònics



Rogers et al. Proc. Nat. Acad. Sci. (2001)

μ TAS (casting)

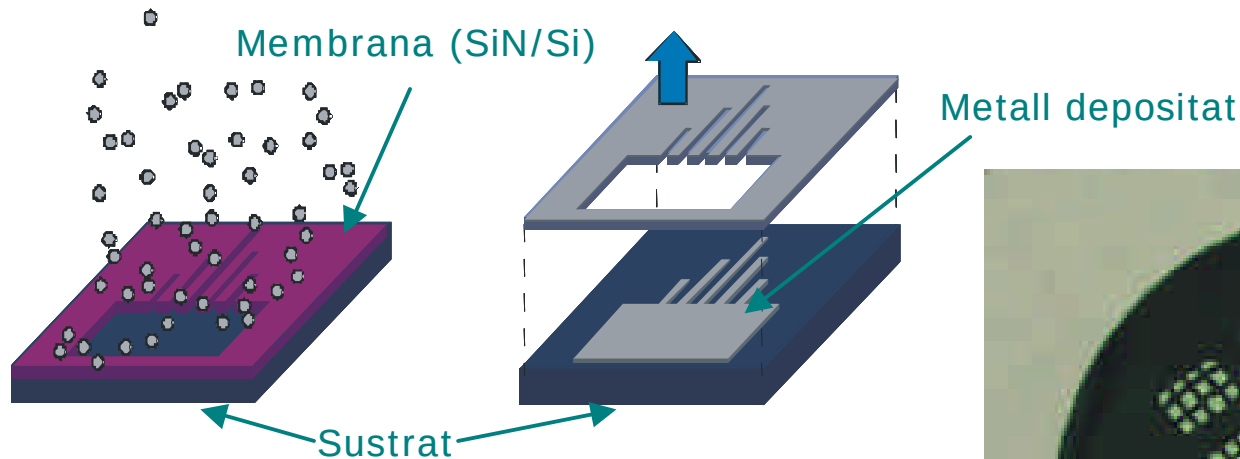


Fluorescència, Absorbància i Ph
© Andreu Llobera, IMB

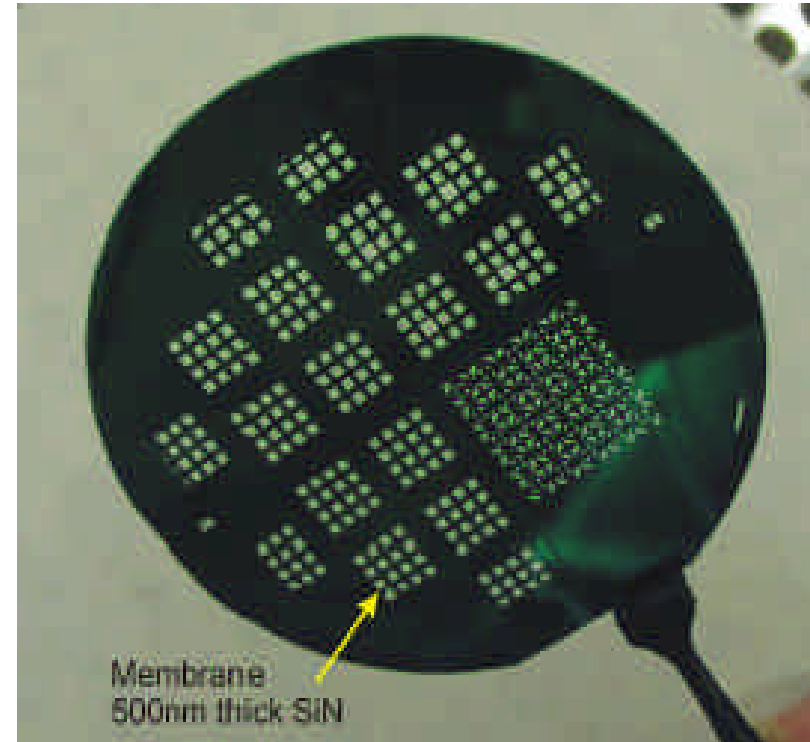
“Molt adequat per aplicacions biològiques, on no importi massa la reproduïbilitat del patró i on la resolució no sigui el principal objectiu”

Altres formes de rèplica: stencil

Definició: Deposició selectiva de material a través d'una membrana amb un patró d'orificis.



- Sense resines
- Deposició directa a la superfície - Màscares
- Procés Barats / Equip-Membranes Car
- Membranes reutilitzables / Cal netejar-les
- Combinació de motius micro/nano
- Litografia a nivell d'oblea (àrees grans)
- Resolució nanomètrica difícil (pels efectes d'arrodoniment dels contorns)



Metal·lització

La metal·lització es pot utilitzar amb diferents finalitats:

- Recobriment metàl·lic d'una superfície (p.e. per crear contactes entre diferents parts)
- Per definir els patrons litografiats en metall
 - Fabricació de màscares
 - Definició de motius metàl·lics

Qualitat del recobriment



“Recobriment d'esglaó”

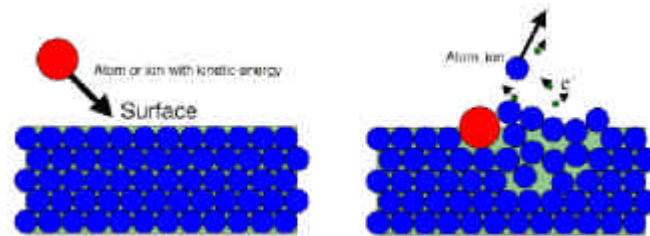


Conformalitat

Metal·lització: evaporació o sputtering?

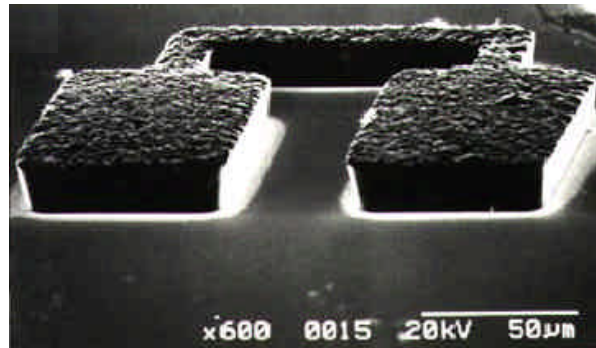
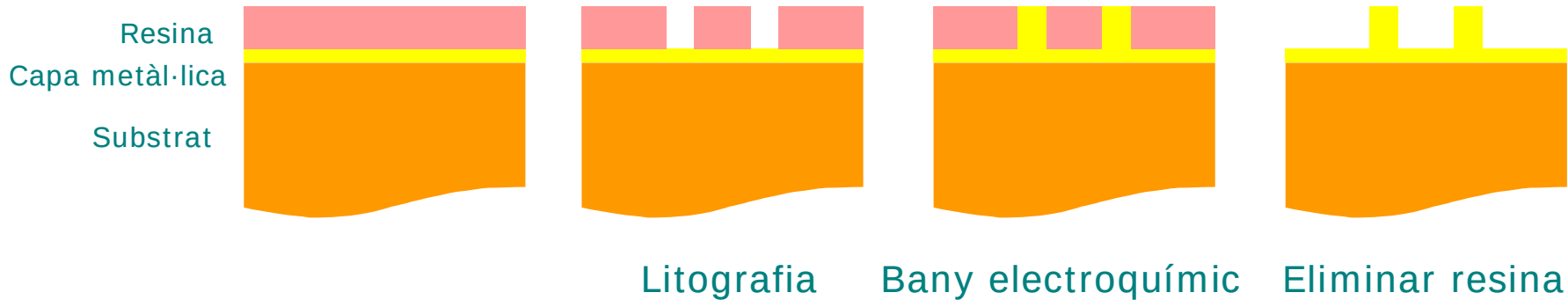
Evaporació: En una cambra amb un buit alt, un blanc metàl·lic crea una pluja cap a la mostra (ja sigui per Temperatura o per feix d'electrons). Degut al nivell de buit i a la geometria de la cambra, el recorregut lliure mitjà dels àtoms és molt gran, de forma que el recobriment és molt direccional. (poc conformal i amb un recobriment d'esglaió molt pobre).

Sputtering (*pulverització catòdica*): En una cambra a baixa pressió es genera un plasma d'àtoms i ions que colisionen amb el blanc metàl·lic per generar la pluja cap a la mostra. En aquest cas els àtoms atravessen el plasma i per tant són molt poc direccionals. (molt conformal i amb recobriment d'esglaió).



Metal·lització: per crear una estructura

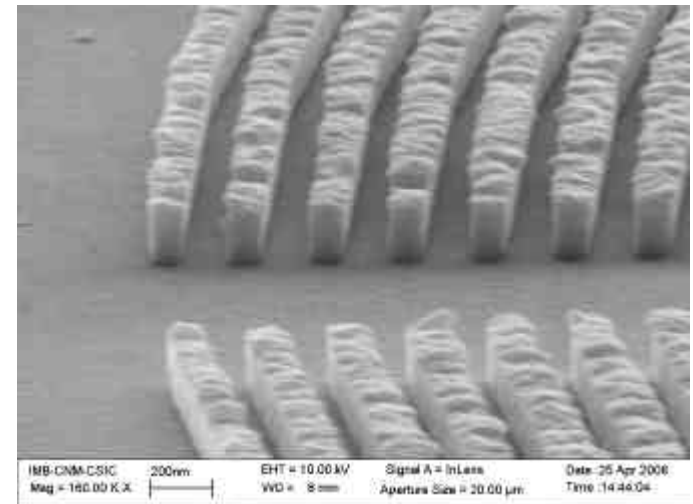
Electroplating: Deposició selectiva d'un metall en un bany electroquímic a partir d'una capa llavor



En microelctrònica serveixen
per fer contactes/vies



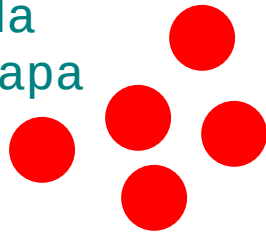
NANO



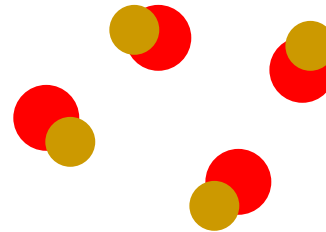
Per transferir els motius: atacs

Definició: eliminació total o parcial d'una capa de forma selectiva

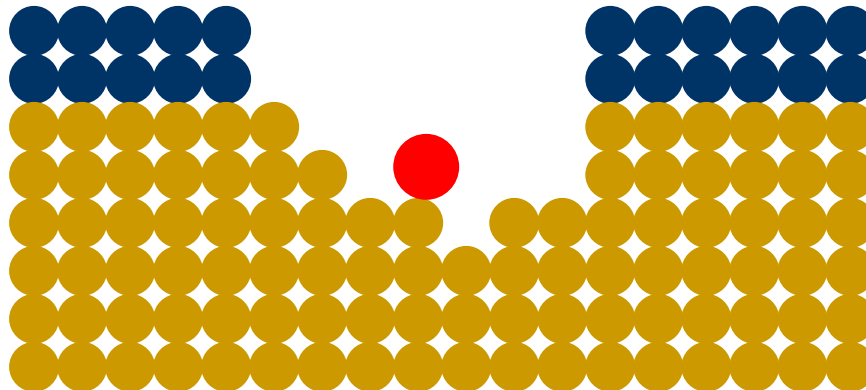
Reactiu: Mol·lècula
capaç d'atacar la capa



Producte: mol·lècula
resultant del procés



Màscara



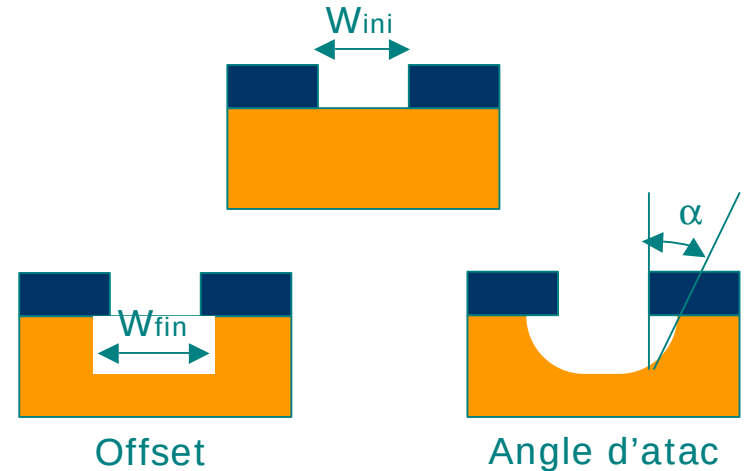
Capa a grabar

Reacció d'atac: interacció
entre el reactiu i la capa que
dona lloc al procés de grabat.

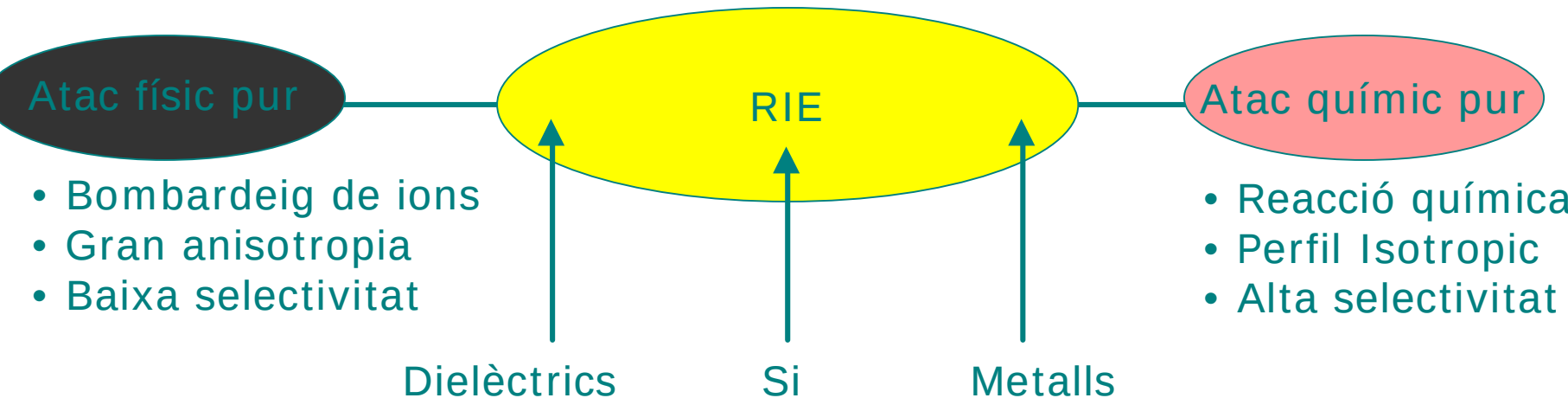
Per transferir els motius: atacs

Paràmetres importants del procés:

- Velocitat
- Selectivitat
- Homogeneïtat
- Anisotropia



Tipus d'atac



Per transferir els motius: atacs

Per a què s'utilitzen?

Grabat de capes

- Total
- Parcial

Acondicionament de superfícies

- Eliminació de capes superficials
 - Eliminació de partícules i millora de la superfície (neteges)

Característiques dels processos

Atacs secs

- Reactiu: plasma (gas ionitzat)
- Reacció físico-química
- Deposició de polímers
- Selectivitat Menor
- Resolució nano
- Control de l'anisotropia
- Processos econòmics/Equips cars

Atacs humits

- Reactiu: líquid
- Reacció química
- No hi ha redeposició
- Major selectivitat
- Problemes per resolució nano!
- Processos isotròpics
- Processos cars/equips barats

Atacs humits

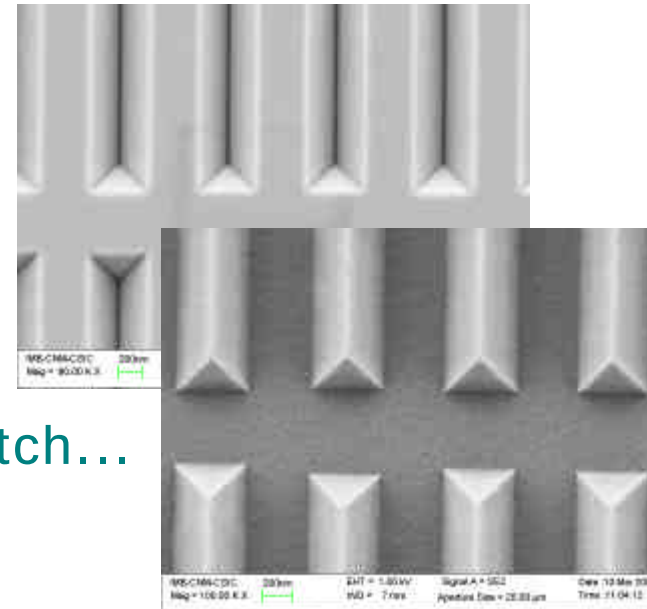
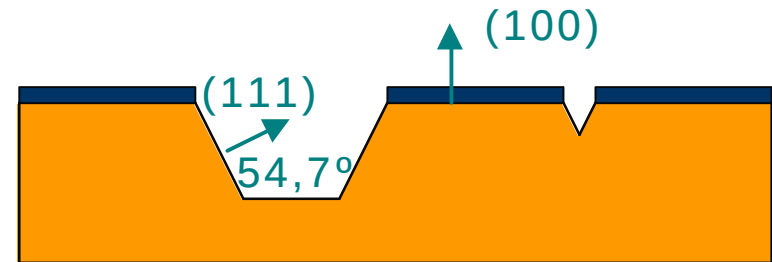
Per netejar
HF, IPA, Piranha, Acetona...

Per atacar Si
Si-etch, KOH, TMAH, EDP

Per atacar Òxids i derivats del Si (Si_3N_4)
SiO etch, HF, BFH, H_3PO_4 ...

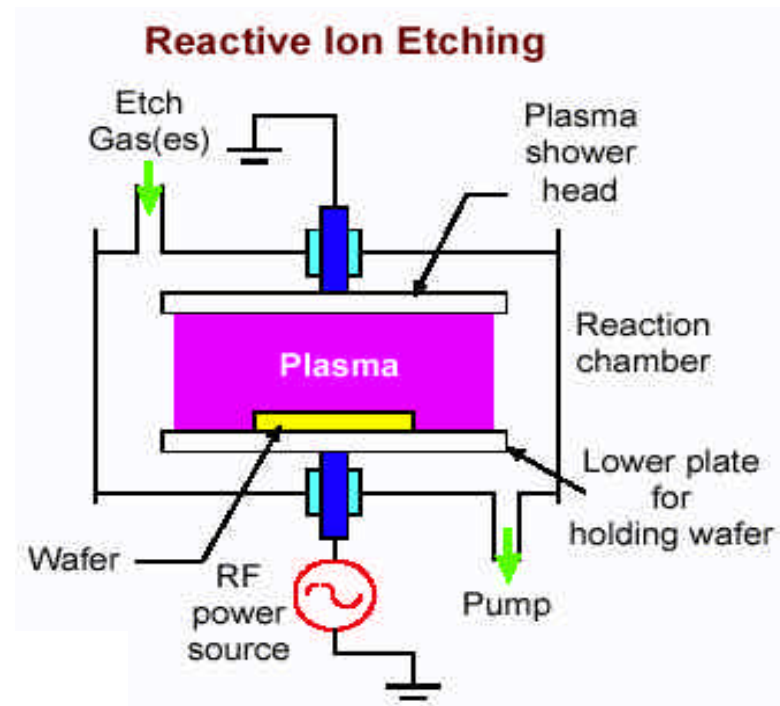
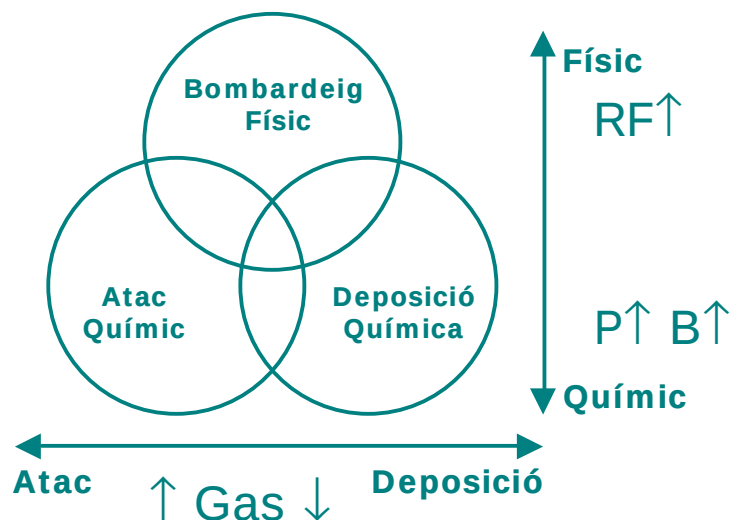
Per atacar Metalls
Al-etch, Ti-etch, Cr-etch, Ni-etch, Au-etch...

Exemple: Atac Si per plans
(KOH, TMAH)



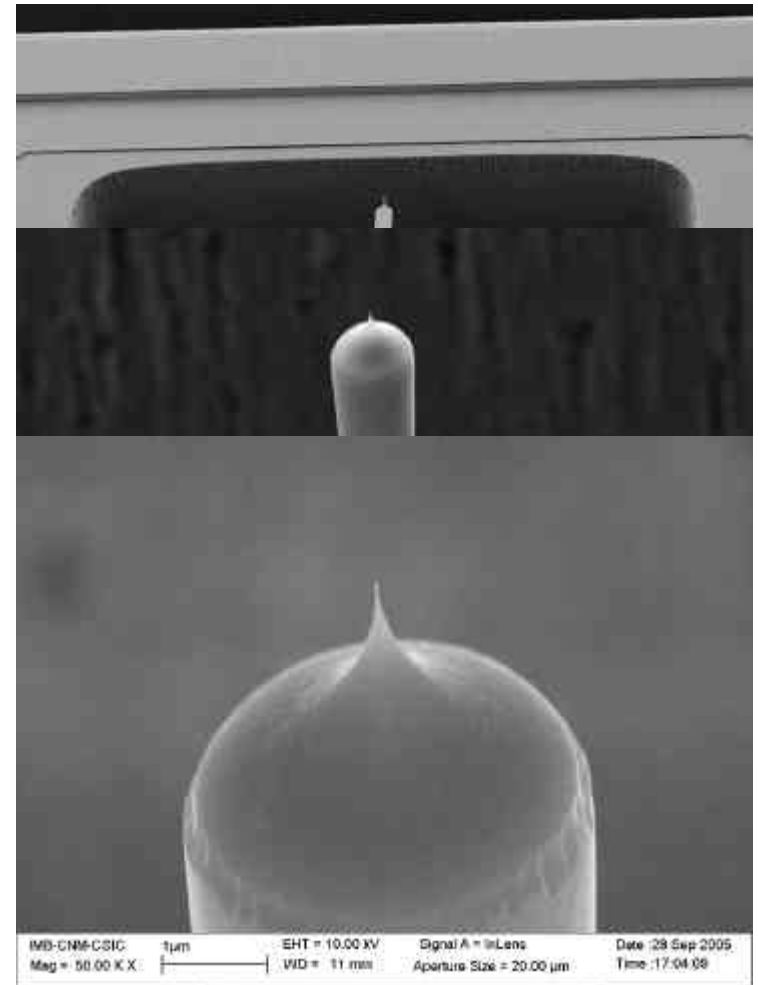
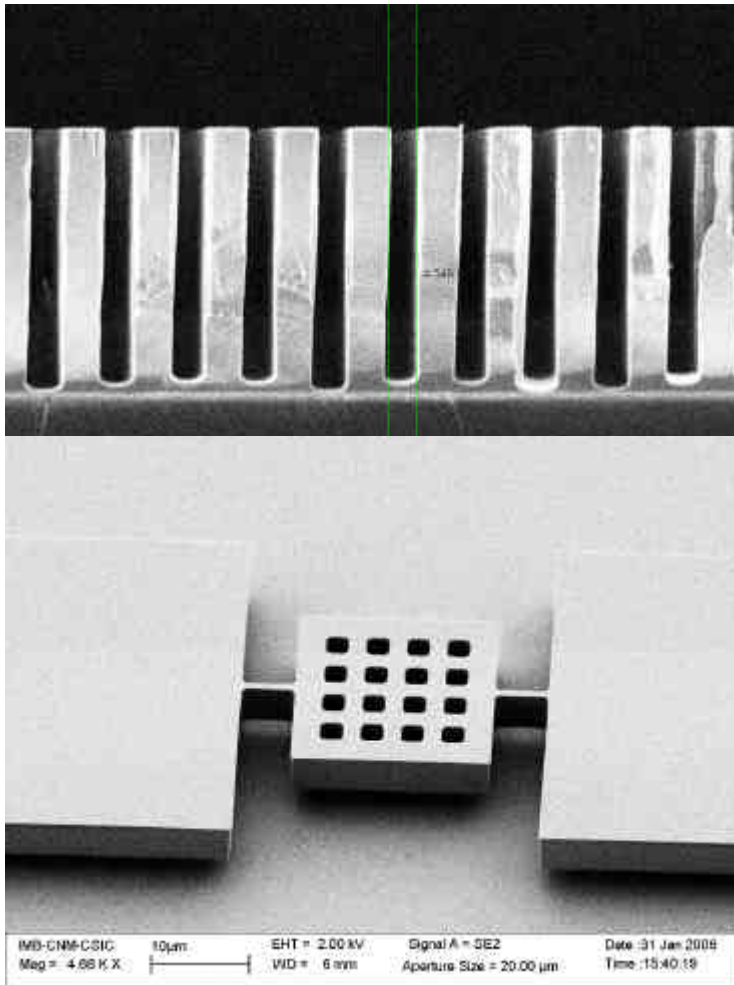
Atacs secs

Es genera un **plasma** al sotmetre un gas a baixa pressió a intensos camps electromagnètics, de tal forma que descomposen, dissocien i ionitzen les mol·lècules del gas per l'acceleració i els xocs d'electrons lliures. Al finalitzar la reacció en cadena s'obté una barreja resultant “quasi” neutra, formada per **mol·lècules, electrons, ions positius i radicals lliures**.



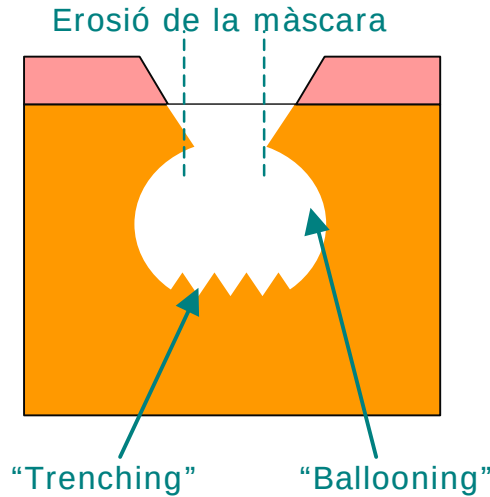
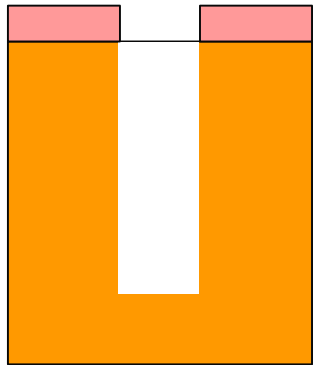
Si	CF ₄ , SF ₆ /O ₂ , Cl ₂ ...
SiO ₂	CHF ₃ , CF ₄ /CHF ₃ ...
Si ₃ N ₄	CHF ₃ /CF ₄ , SF ₆ /H ₂ ...
Orgànics	O ₂ , SF ₆ /O ₂ ...
Al	BCl ₃ , BCl ₃ /Cl ₂ /N ₂ ...

Atacs secs: exemples

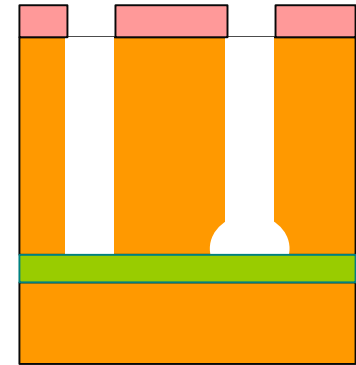
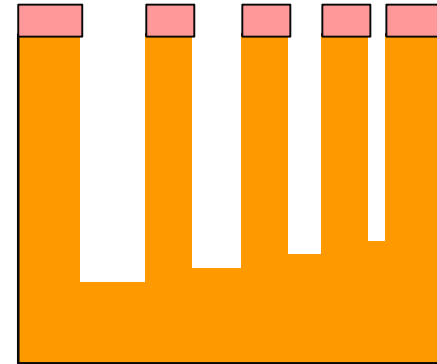


Atacs secs: “no-idealitats”

Perfíl Ideal

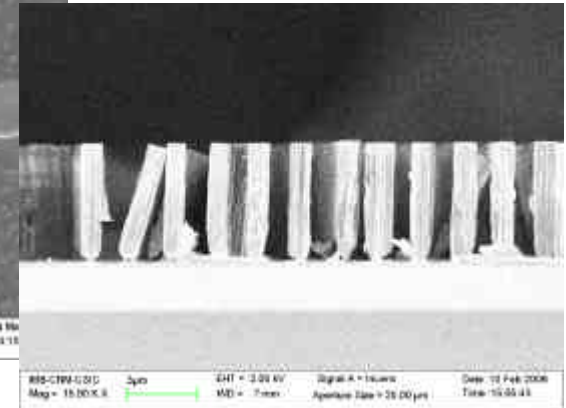
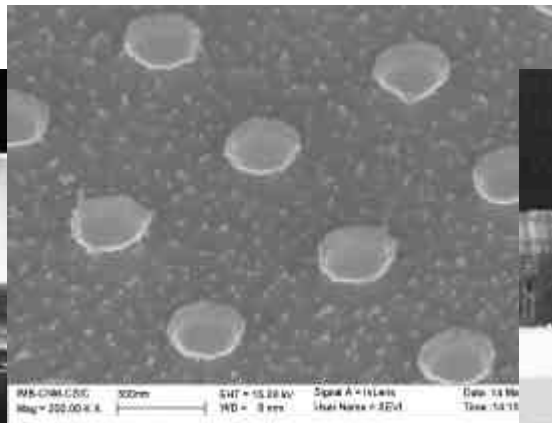
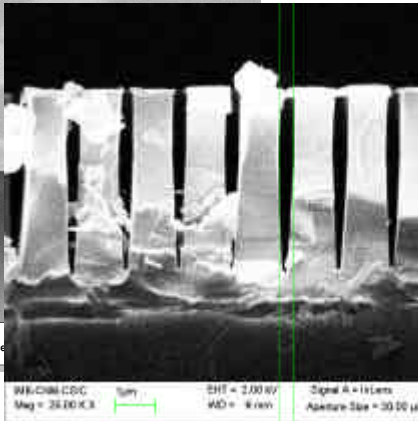
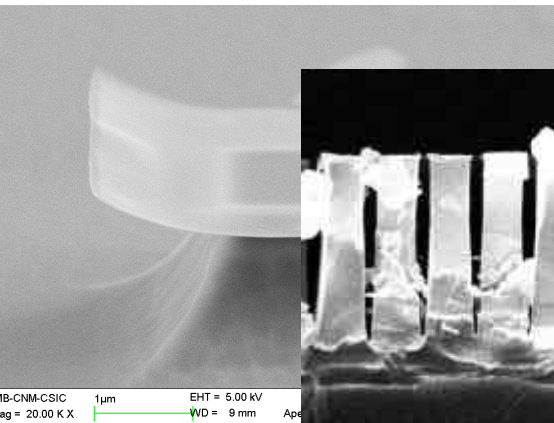


Perfils “reals”



“Microloading”

Etch Stop Layer

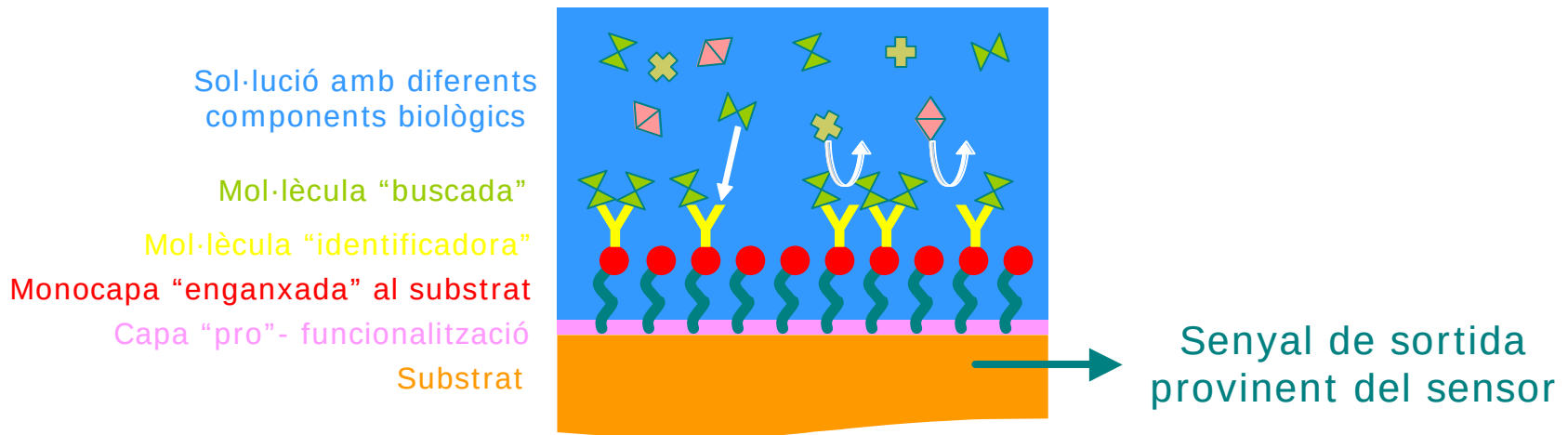


Aplicacions a Biosensors

- Sistemes nanoelectro-mecànics per biosensors
- Elèctrodes per biosensors
- Plantilles per biosensors

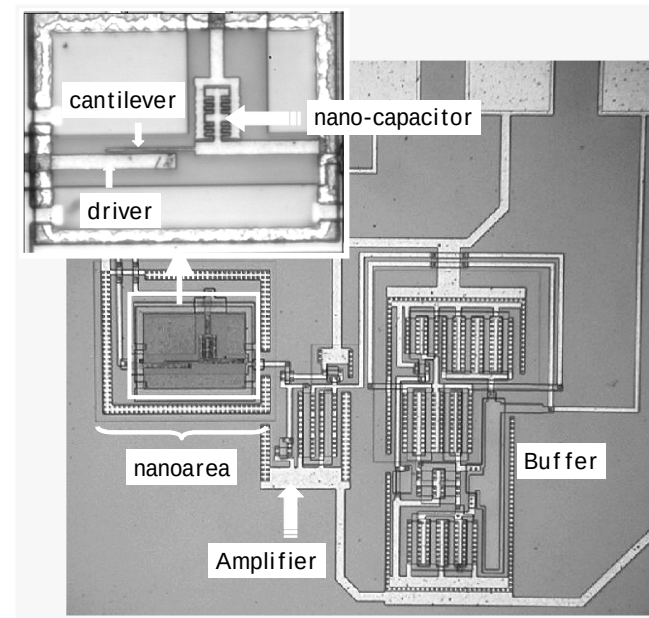
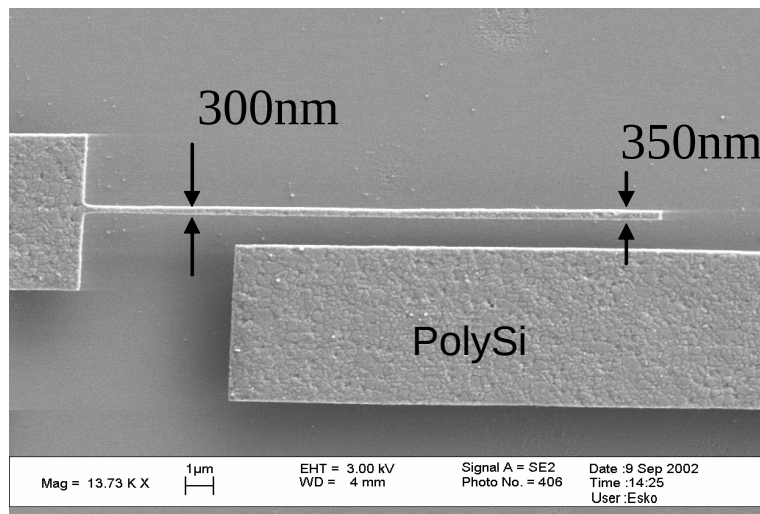
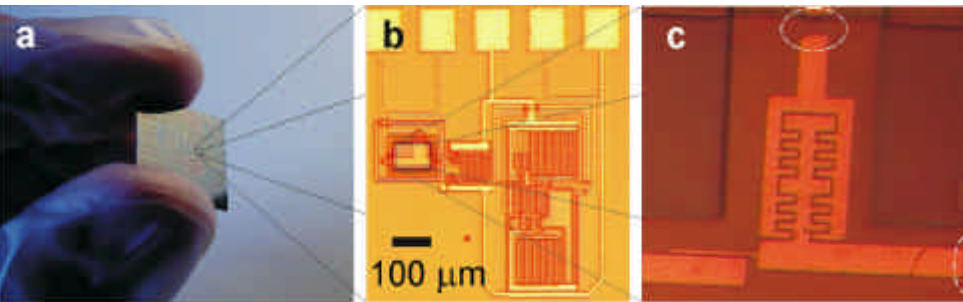
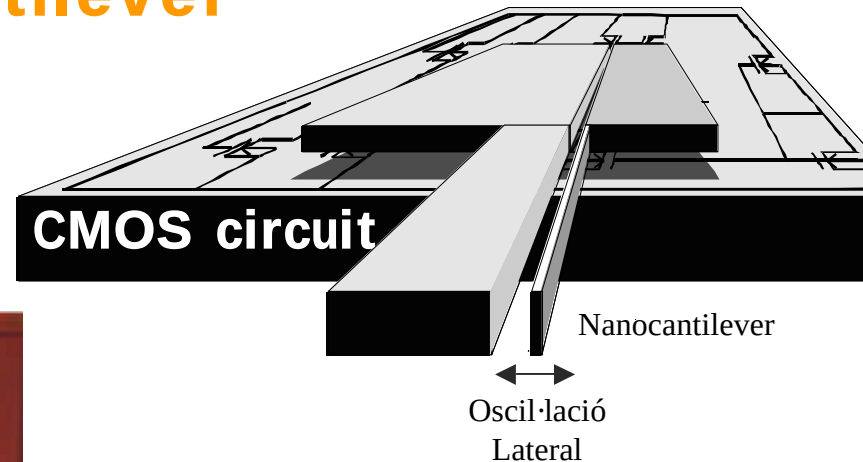
FASE FINAL (OUT OF THE SCOPE OF THIS TALK):

**Funcionalització
de la mostra**



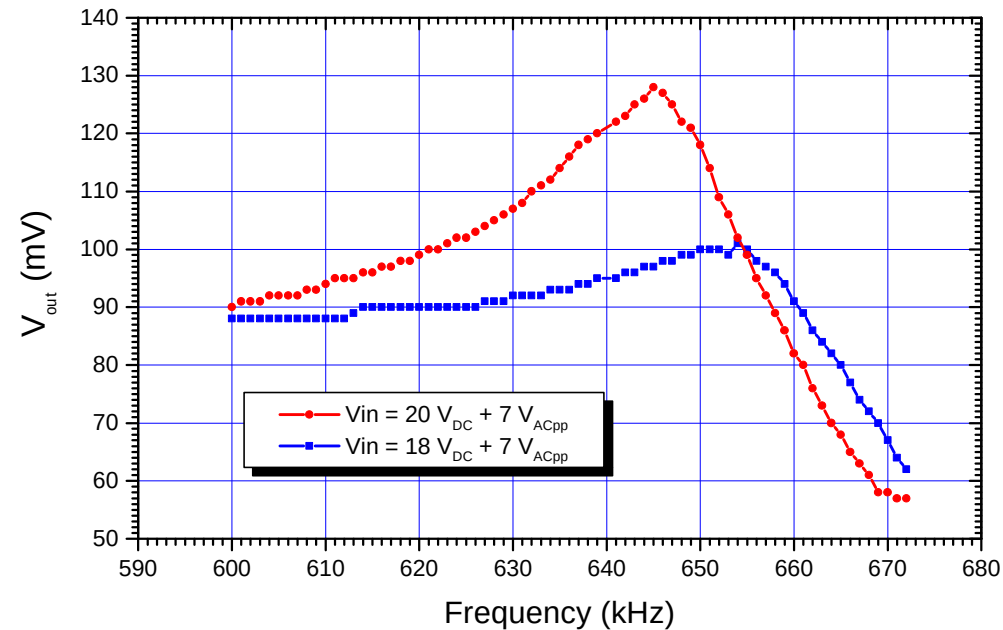
Nanocantilever

Objectiu: Desenvolupar un sensor de massa basat en nanocantilevers de Silici amb detecció capacitiva amb una sensibilitat d'attograms



Nanocantilever (2)

En ressonància



$W = 840 \text{ nm}$

$L = 40 \text{ mm}$

$T = 600 \text{ nm}$

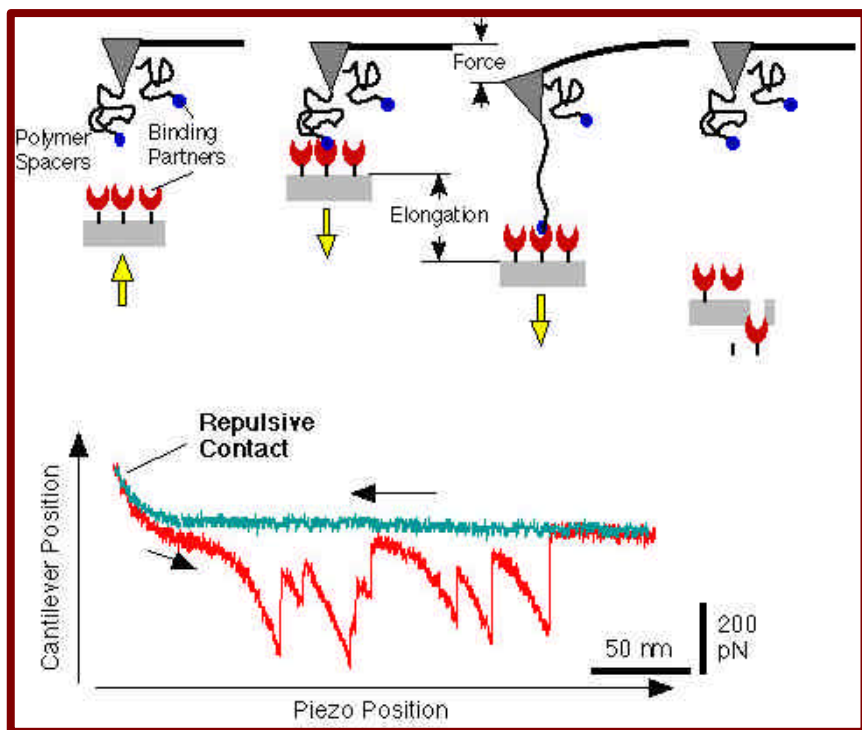
$S = 1.3 \text{ mm}$

$f_o = 703 \text{ kHz}$

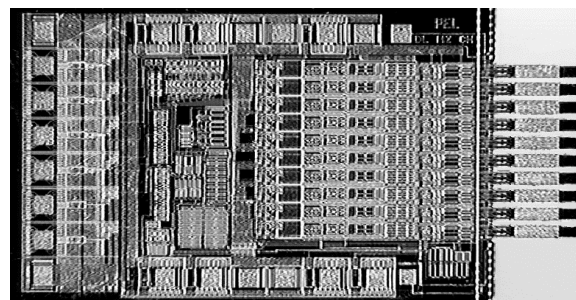
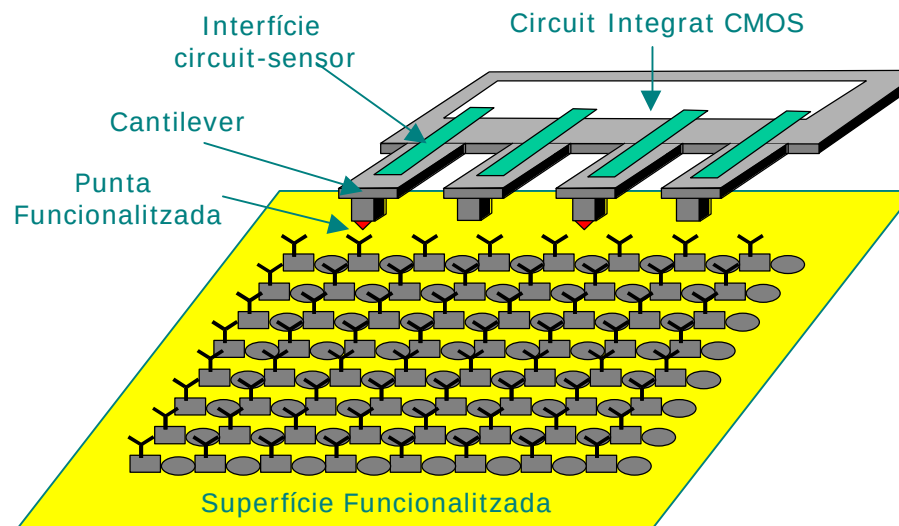
$dm/df = 32.4 \text{ ag/Hz}$

Sensor Bioquímic

Espectroscòpia molecular

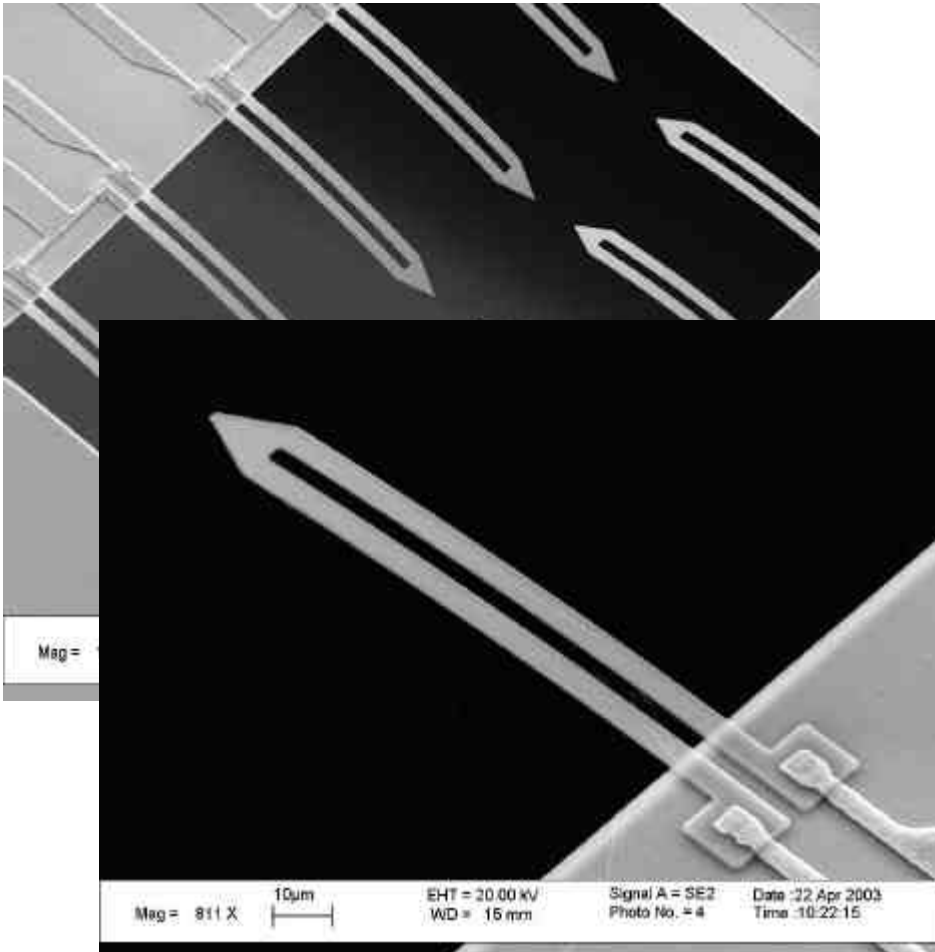


Biosensor Nanomecànic

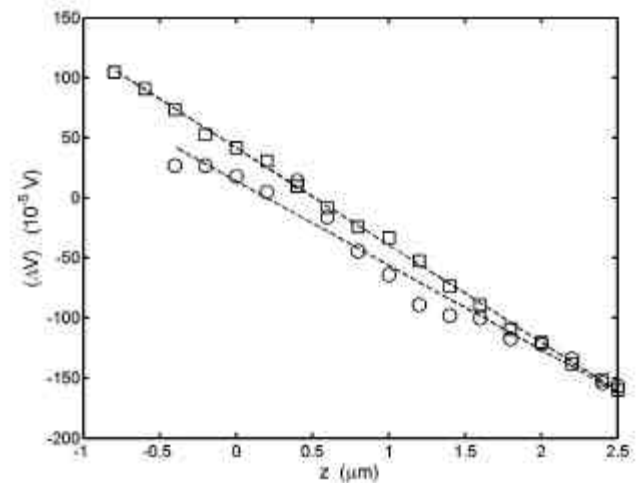
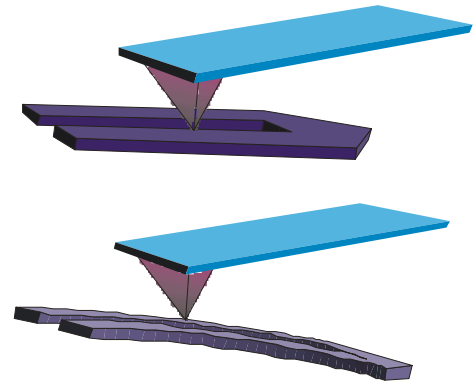


Sensor Bioquímic (2)

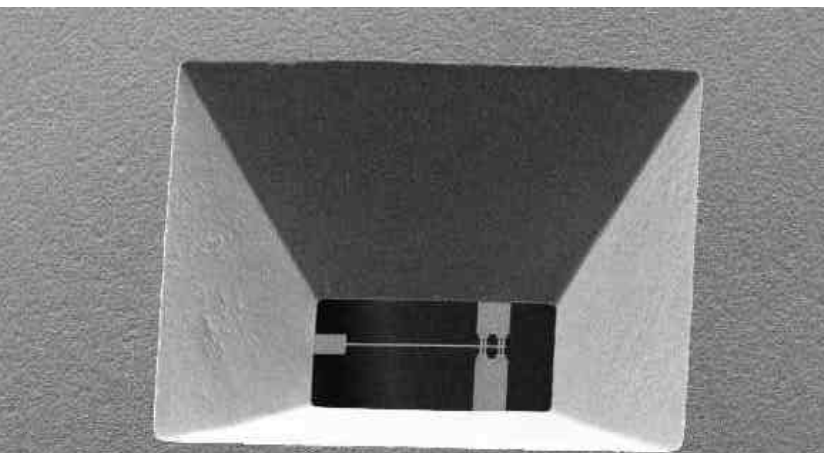
Cantilevers Piezoresistius



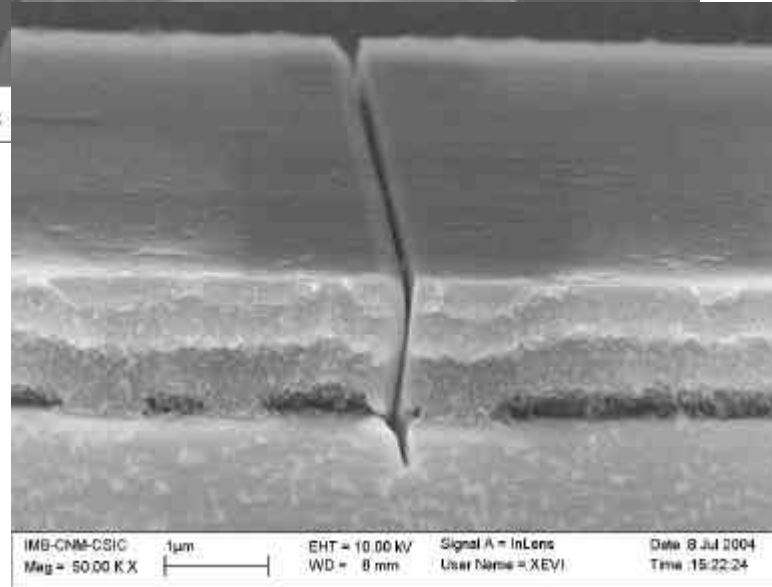
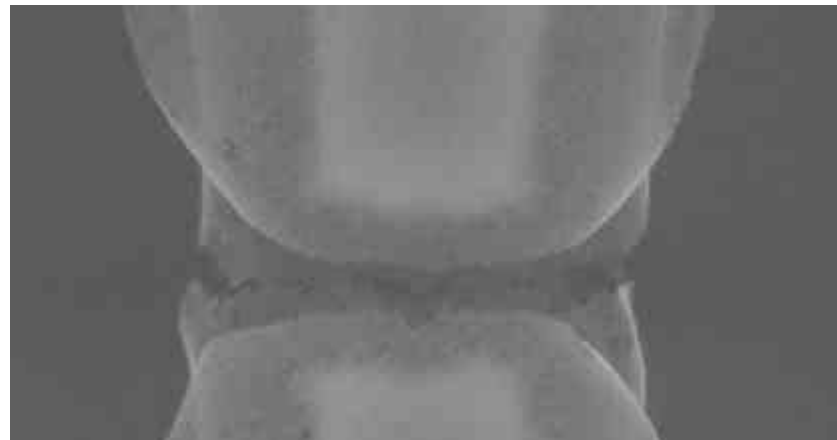
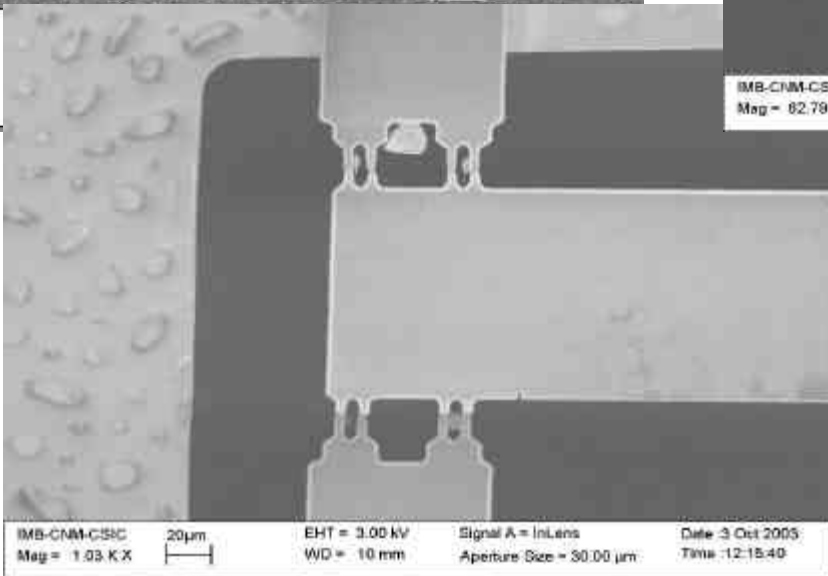
Caracterització per AFM



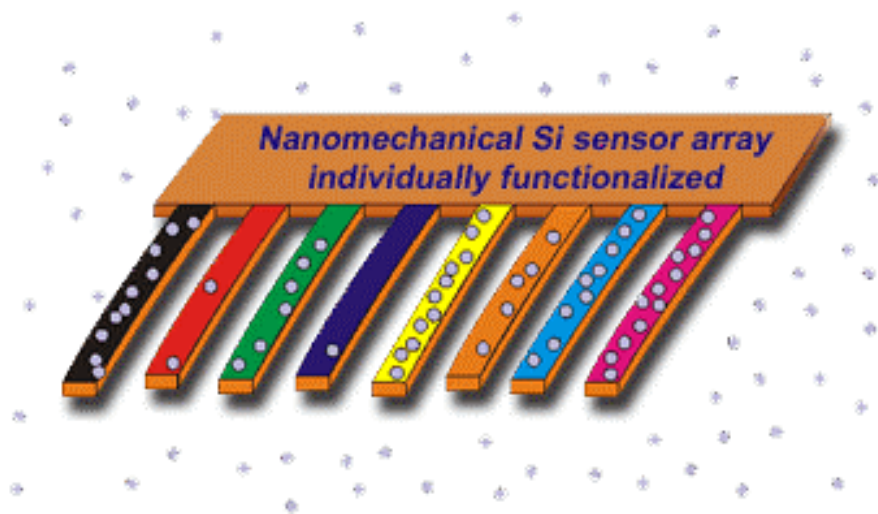
Sensor electroquímic



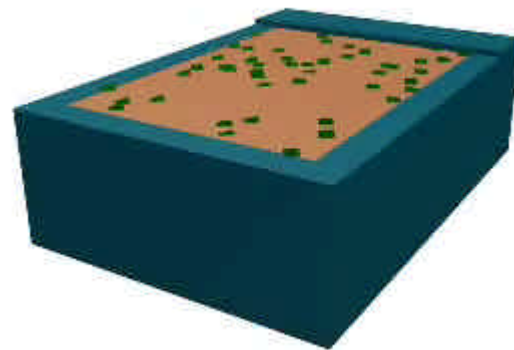
200µm



Més de cantilevers...



Nas Artificial



Auto-dispensador

Elèctrodes interdigitats

$$I_{\text{lim}} = m b n F c^* D \left\{ 0,637 \ln \left(2,55 \frac{w_g + w}{w_g} \right) - 0,19 \left(\frac{w_g}{w_g + w} \right)^2 \right\}$$

$$0,05 \frac{w^2}{D} \leq t_{\text{lim}} \leq 14 \frac{w^2}{D}$$

m = nombre de dígit dels elèctrodes

b = longitud dels elèctrodes

n = nombre d'electrons que prenen part en el procés redox

F = constant de Faraday

c^* = concentració de les espècies redox

D = coeficient de difusió de les espècies redox

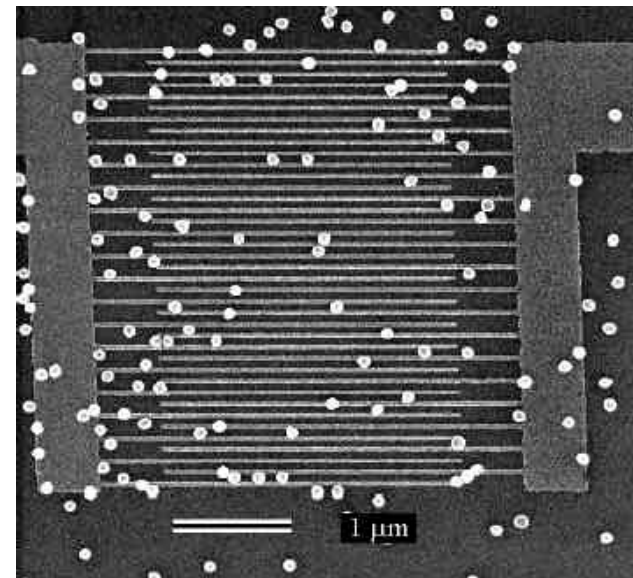
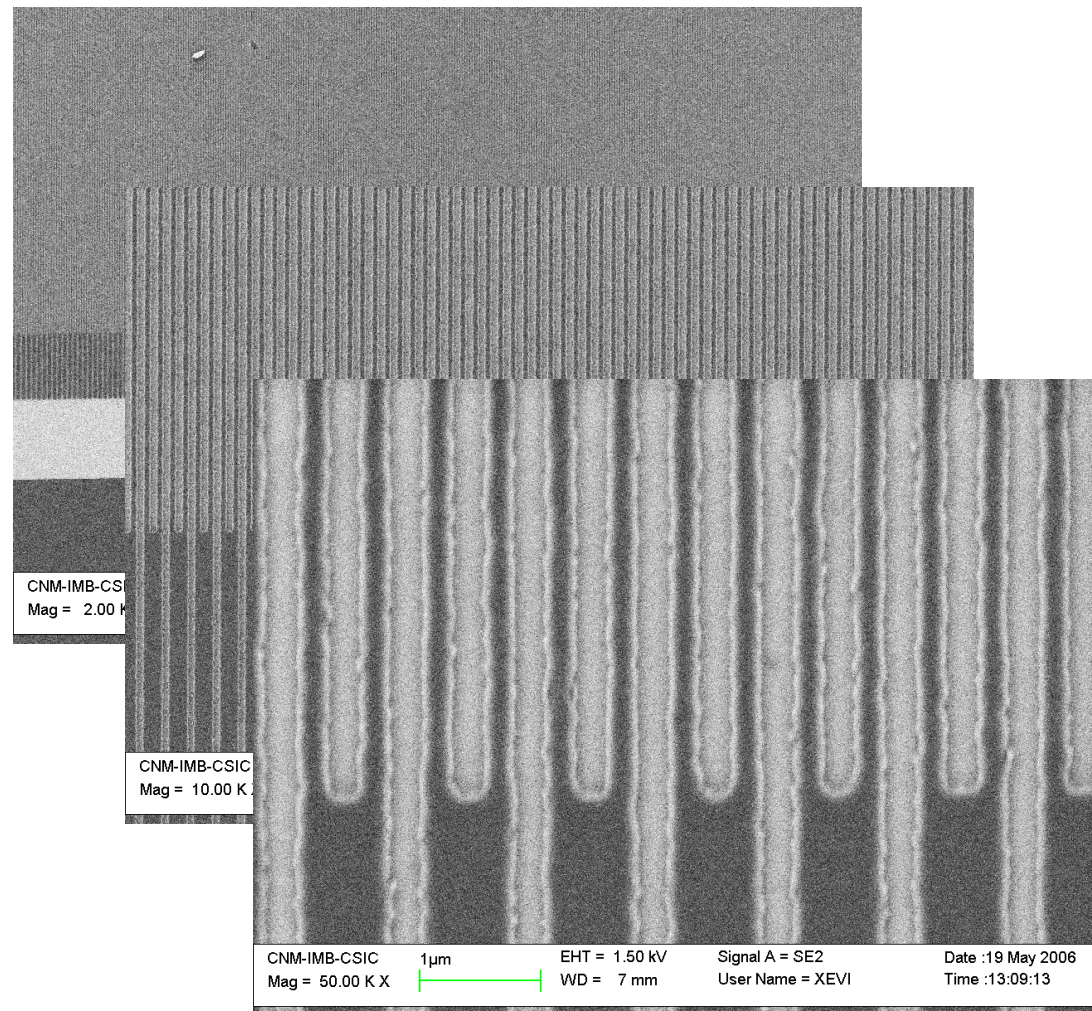
w_g = amplada del "gap" entre elèctrodes

w = amplada dels elèctrodes

Afavorim la detecció si: $m \gg$, $b \gg$, $w \ll$, $w \gg w_g$

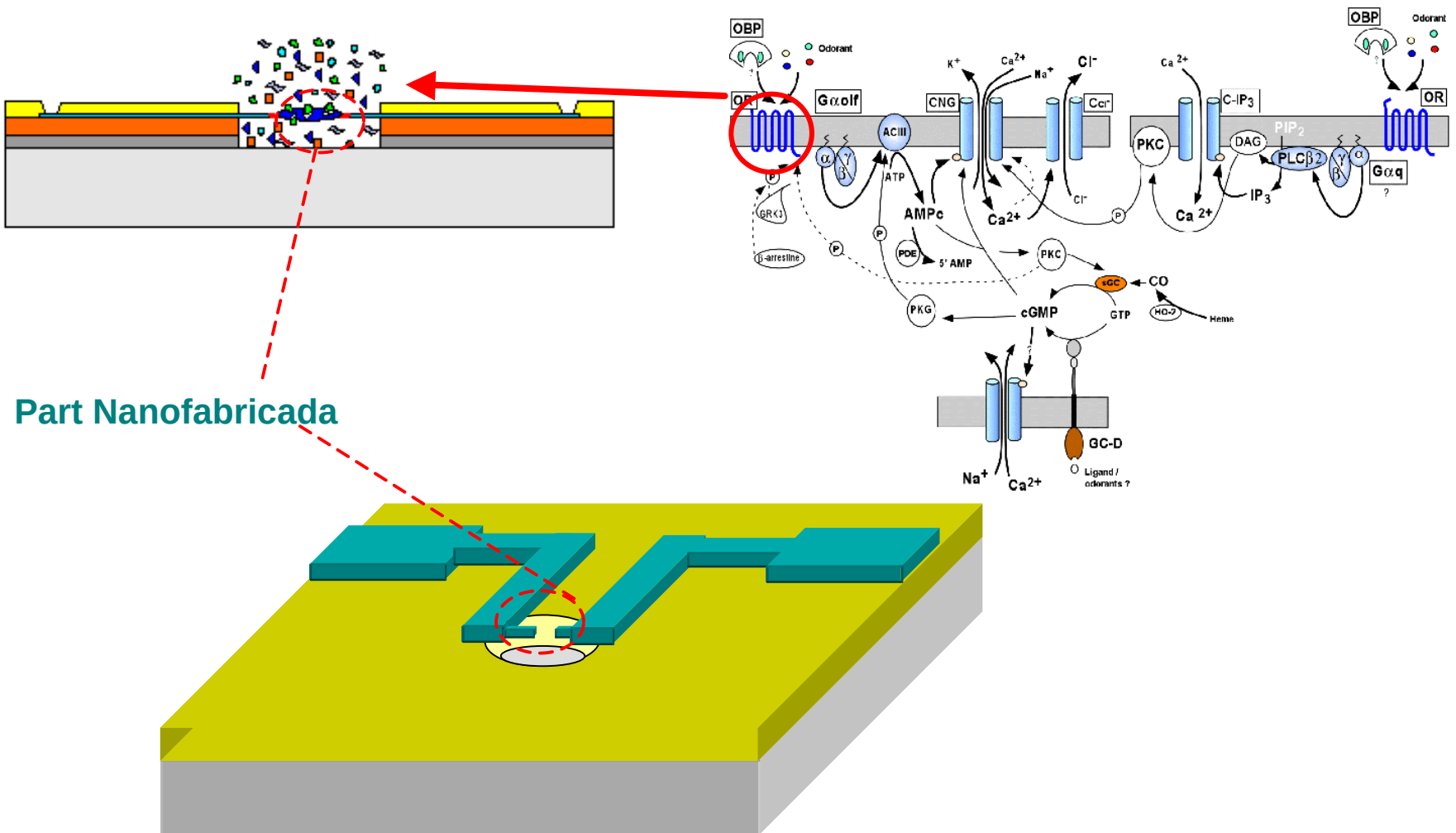
Nanoelèctrodes

Elèctrodes interdigitats

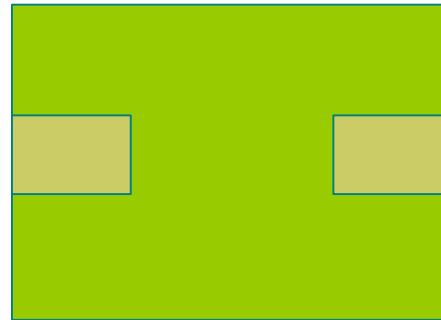


Nanopartícules d'or
Funcionalitzades amb
Streptavidina/Biotina
(LAAS-CNRS)

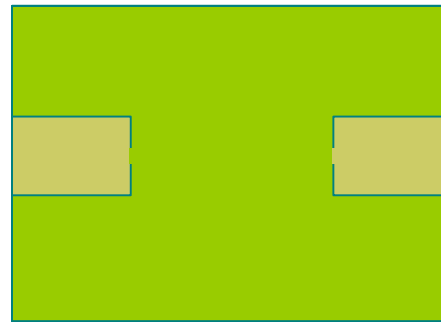
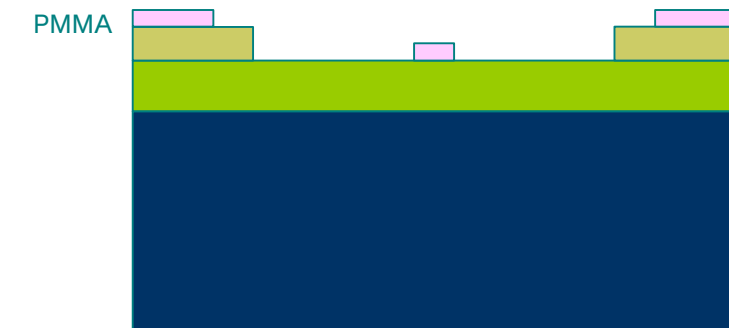
Nanocontacts



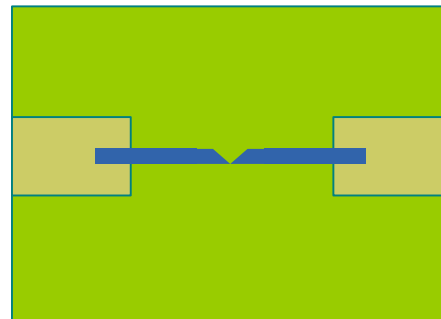
Nanocontacts (2)



1. Microelèctrodes fabricats per litografia òptica

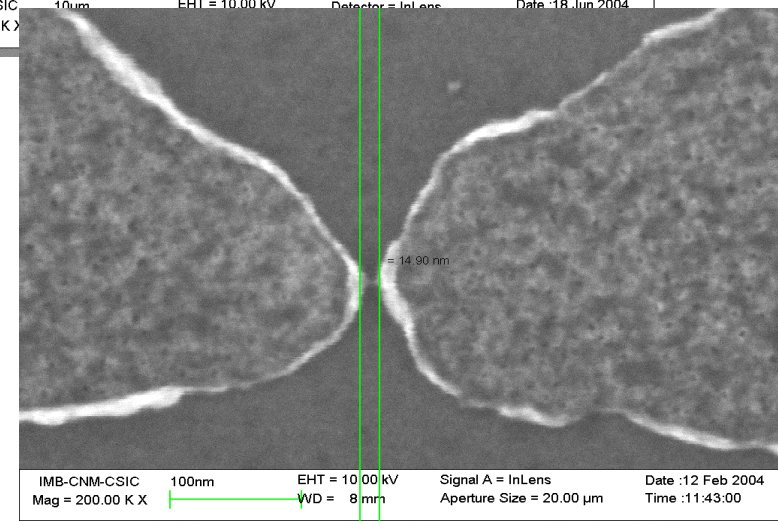
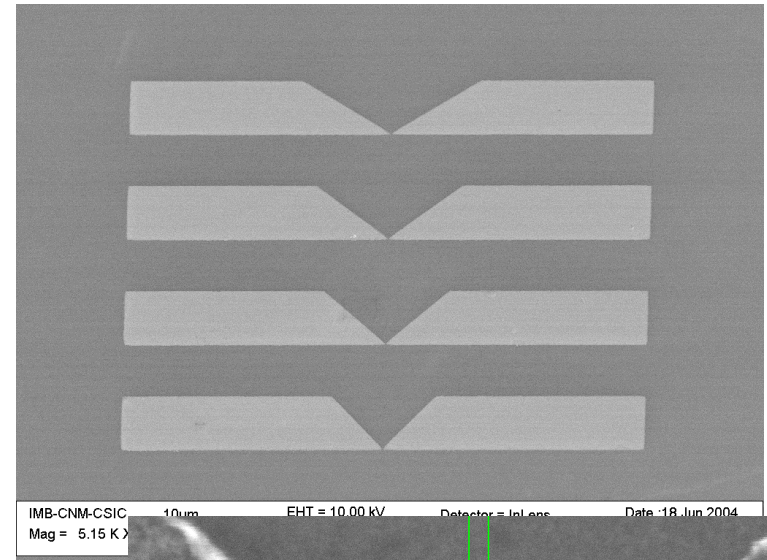
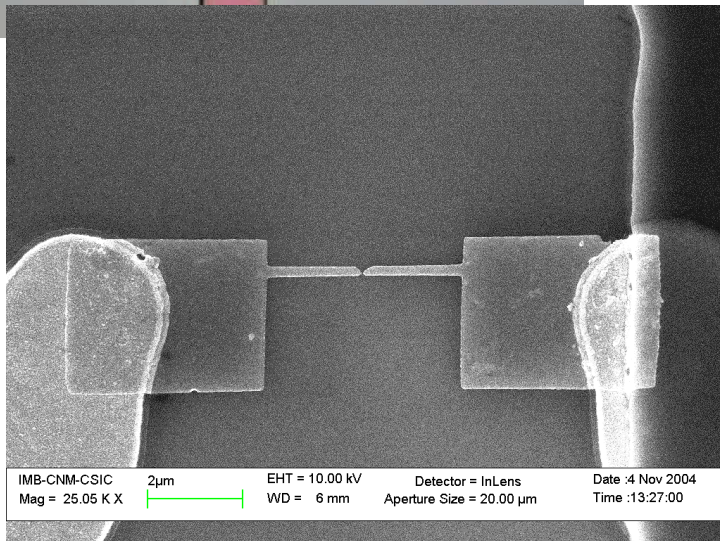
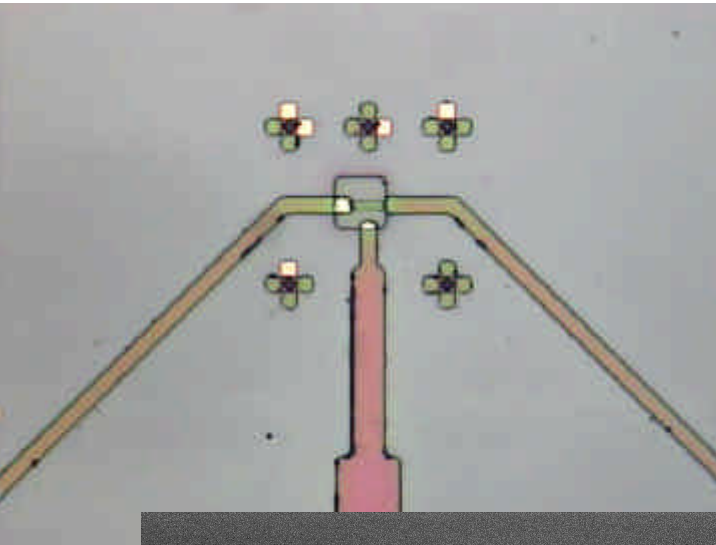


2. Deposició de PMMA, Exposició, revelat

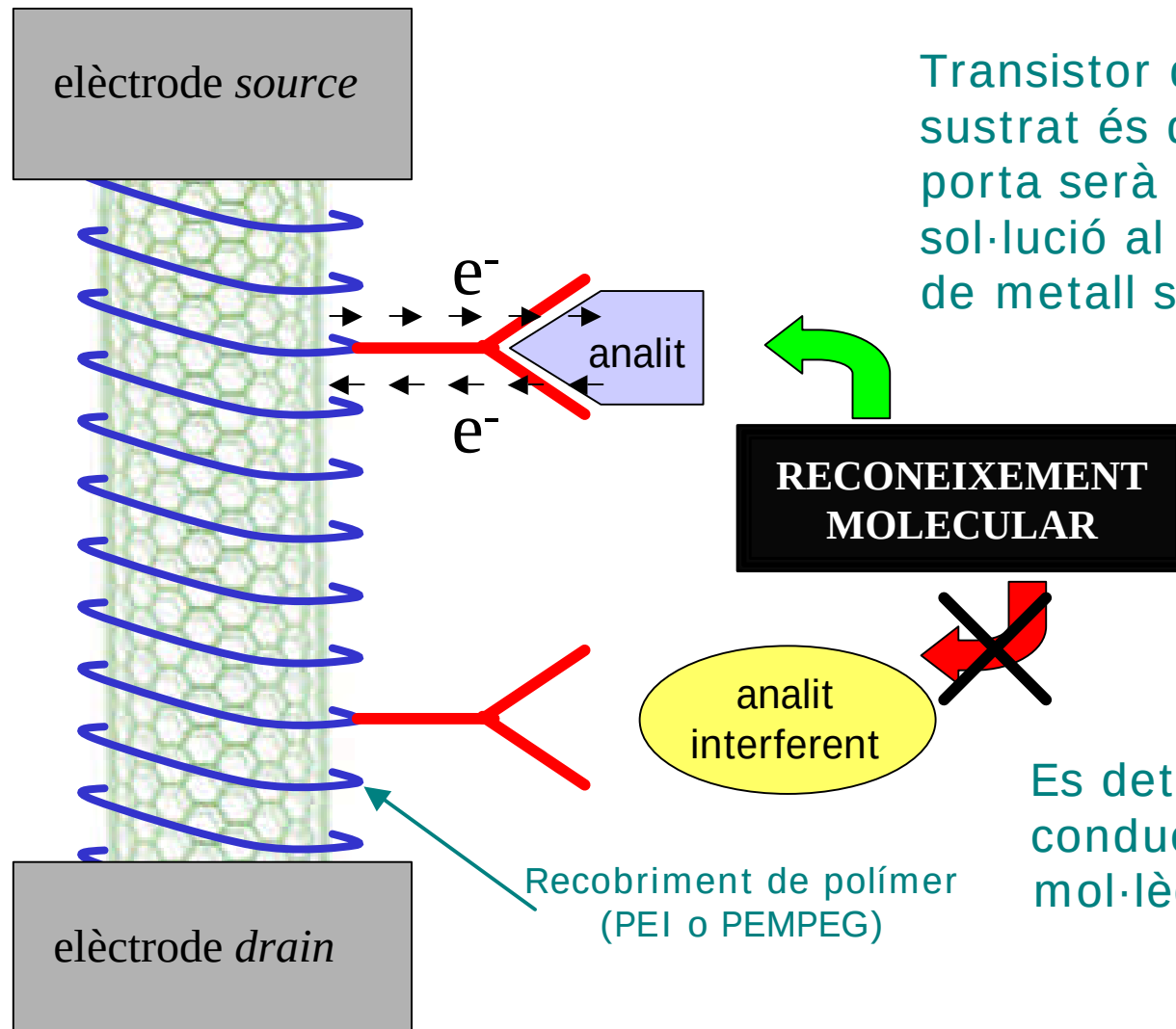


3. Deposició de metall i lift-off

Nanocontacts (3)



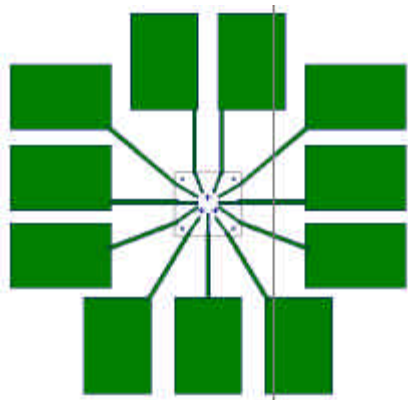
CNT Nano-FET biosensor



Transistor d'efecte de camp: el substrat és de quarç o de SiO_2 i la porta serà un elèctrode en la sol·lució al primer cas o una capa de metall sota el SiO_2 en l'altre.

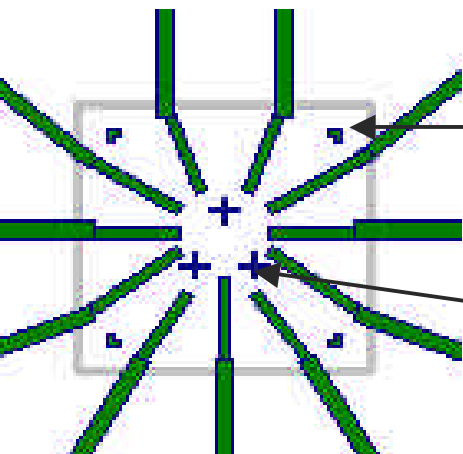
Es detecten canvis en la conductància a través de les mol·lècules sensades

CNT Nano-FET biosensor (2)



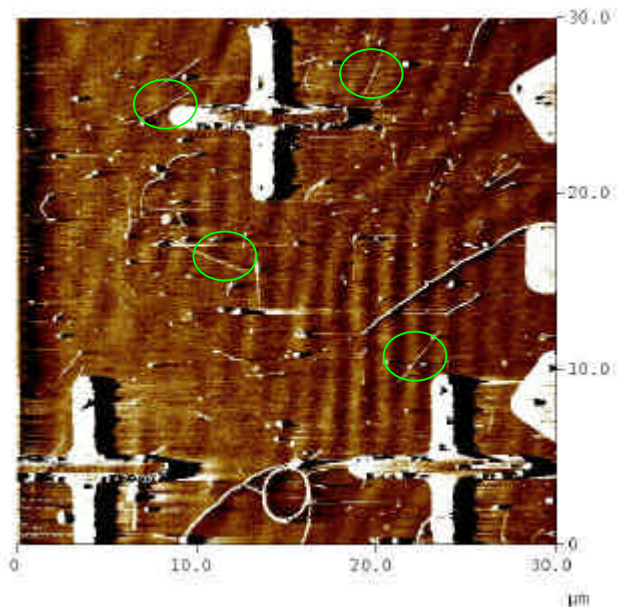
Definició dels
Contactes Externs,
pistes i les marques
d'alineament

0.6 mm x 0.6 mm

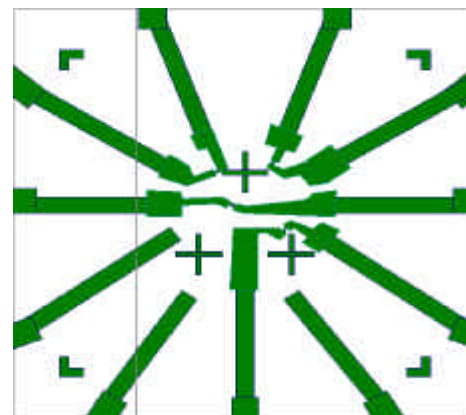


Marcas para la
segunda litografia
EBL

Marcas para la
Inspección por AFM

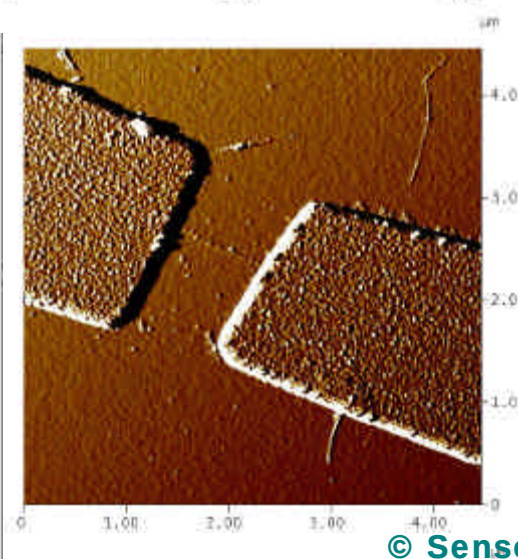
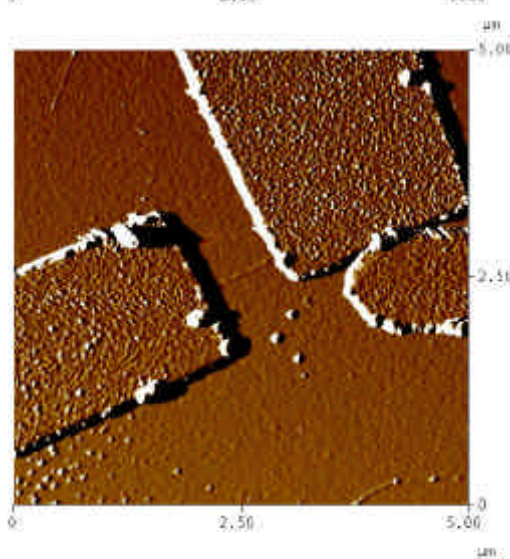
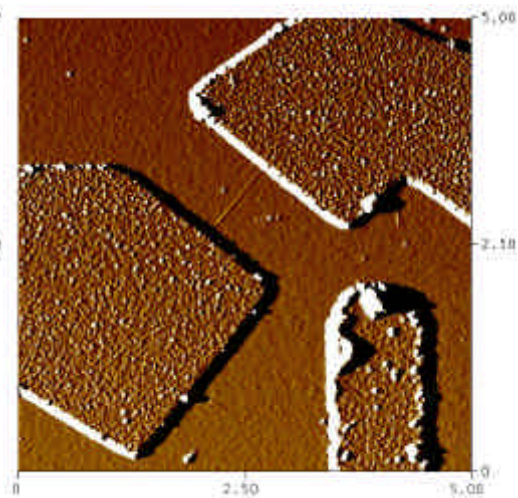
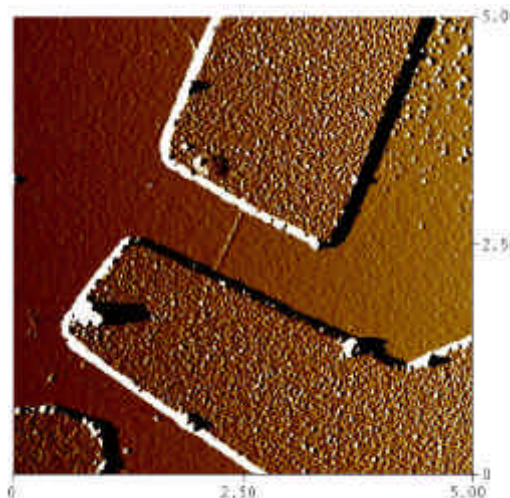
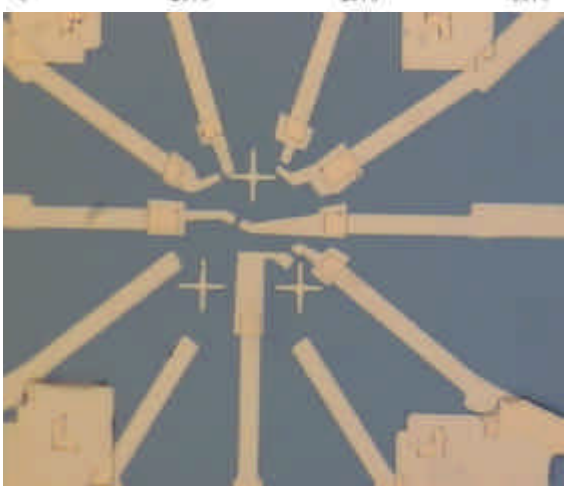
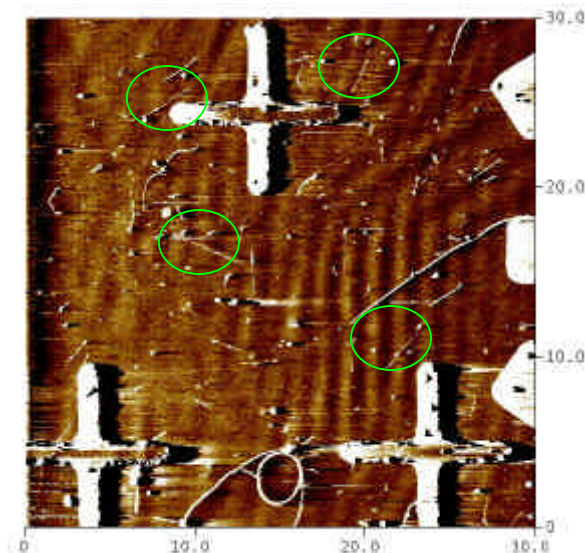


Localització
Dels nanotubs
Mitjançant AFM



Litografia EBL
per contactar els
nanotubs

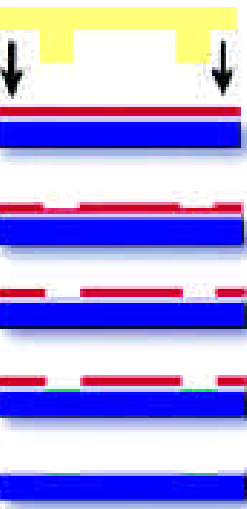
CNT Nano-FET biosensor (3)



Plantilles per Biosensors

Fabricació d'un biochip de reconeixement proteòmic mitjançant NIL

PART 1 (NANOFAB)



Impressió en PMMA amb motlle de Si

Eliminació de residus de PMMA plasma de O₂

RIE de l'òxido. Passivació del Si

Lift-off del PMMA restant.

PART 2 (BIOFUN)

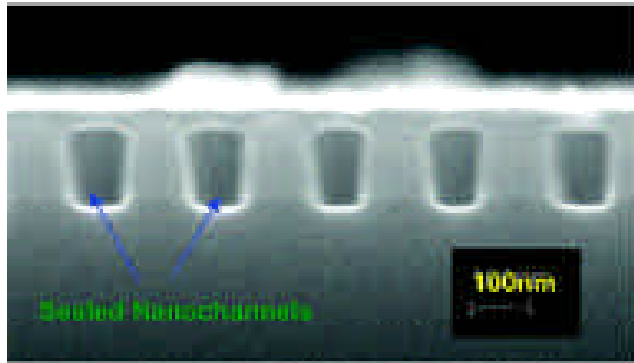


Anclatge covalent d'aminosilà en fase vapor
Anclatge covalent de la biotina

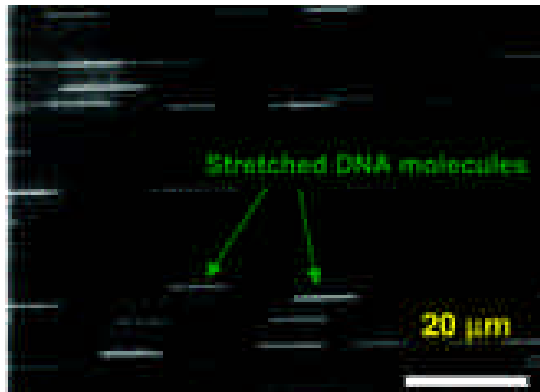
Anclatge de l'estreptavidina

Anclatge de proteïnes biotinilades (BSA)

Fluídica + Plantilles



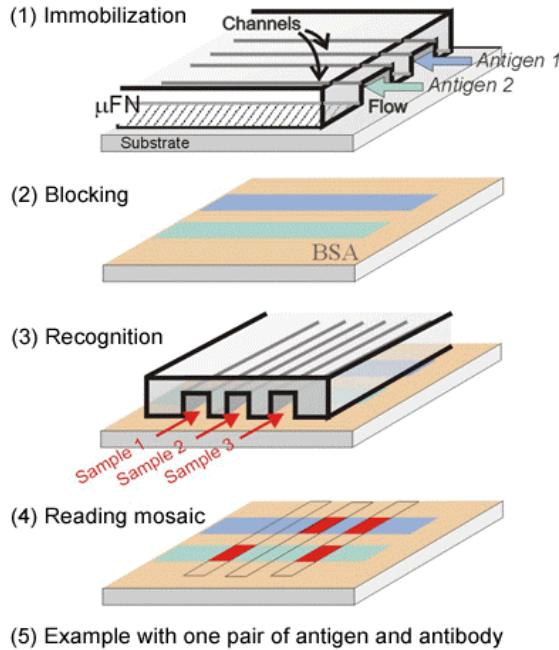
Canals microfluídics tancats



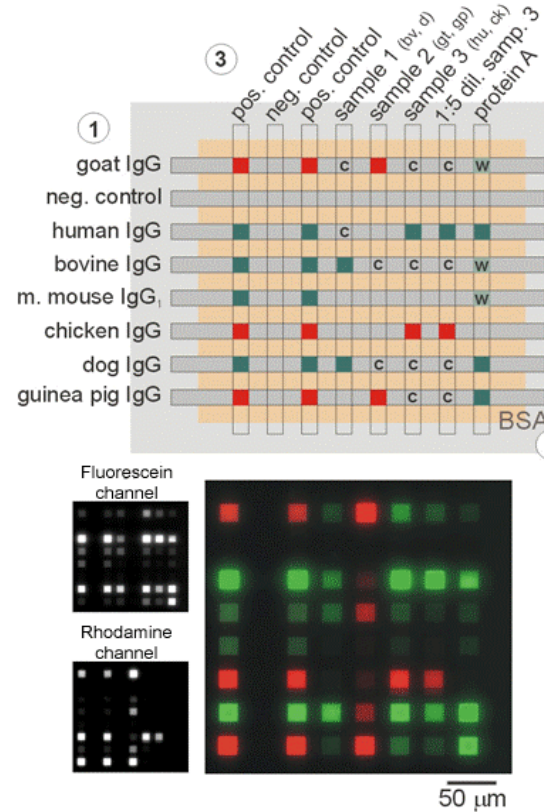
Estudi de la compressió de l'ADN

anolett.'04

(A) Principle of a "micromosaic immunoassay"



(B) Combinatorial micromosaic immunoassay



© IBM-Zurich

Resum i conclusions

- 1) La fabricació d'objectes a escala nanomètrica té sentit!!
- 2) La Nanofabricació representa un conjunt d'eines i tecnologies molt potents per a la fabricació d'estructures a escala nanomètrica
- 3) La Nanofabricació per si sola no és útil en aplicacions de biosensors. Només representa un dels braços de la nanotecnologia, que com a ciència multidisciplinar, necessita d'altres braços per acabar fent un "producte" útil.

Agraïments



Francesc Pérez-Murano, Irene Fernández, Joan Vilà, Gemma Rius, Cristina Martín, Julien Arcamone, Ma José López, Guillermo Villanueva, Jaume Esteve, Joan Bausells, Núria Barniol, Gabriel Abadal, Jaume Verd, Josep Montserrat, Ana Sánchez, Marta Duch, Marta Gerbolés...