

Universitat Catalana d'Estiu

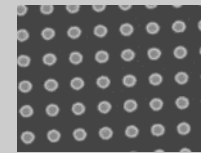
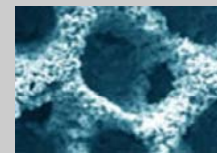
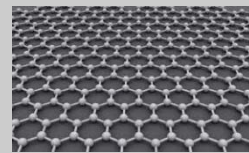
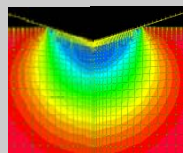
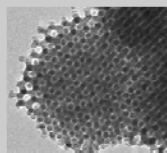
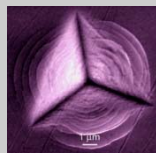
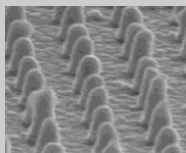


Nanomaterials i dispositius per a aplicacions emergents: magnetisme, robòtica i biomedicina

Dra. Eva Pellicer

Departament de Física

Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)

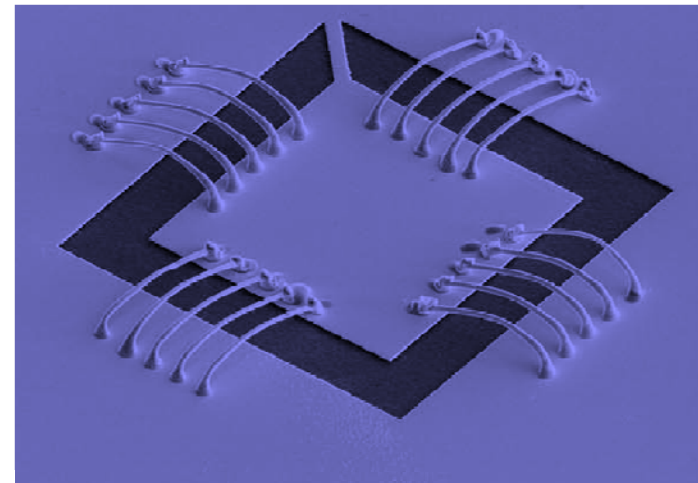


1 Nanomaterials

- Què entenem per nanomaterials. Tot canvia quan reduïm la mida de les coses
- Els materials nanoestructurats: de 3D a 0D
- Nous fenòmens i... noves aplicacions

2 Aplicacions emergents

- Magnetisme (17 agost)
 - Efectes de mida
 - Gravació magnètica
 - Nanoestructures 1D magnètiques
 - Exemples
- Biomedicina i robòtica (18 agost)
 - Nanotecnologia i biomedicina
 - Exemples: nanobiosensors i implants
 - Nanorobòtica aplicada a biomedicina

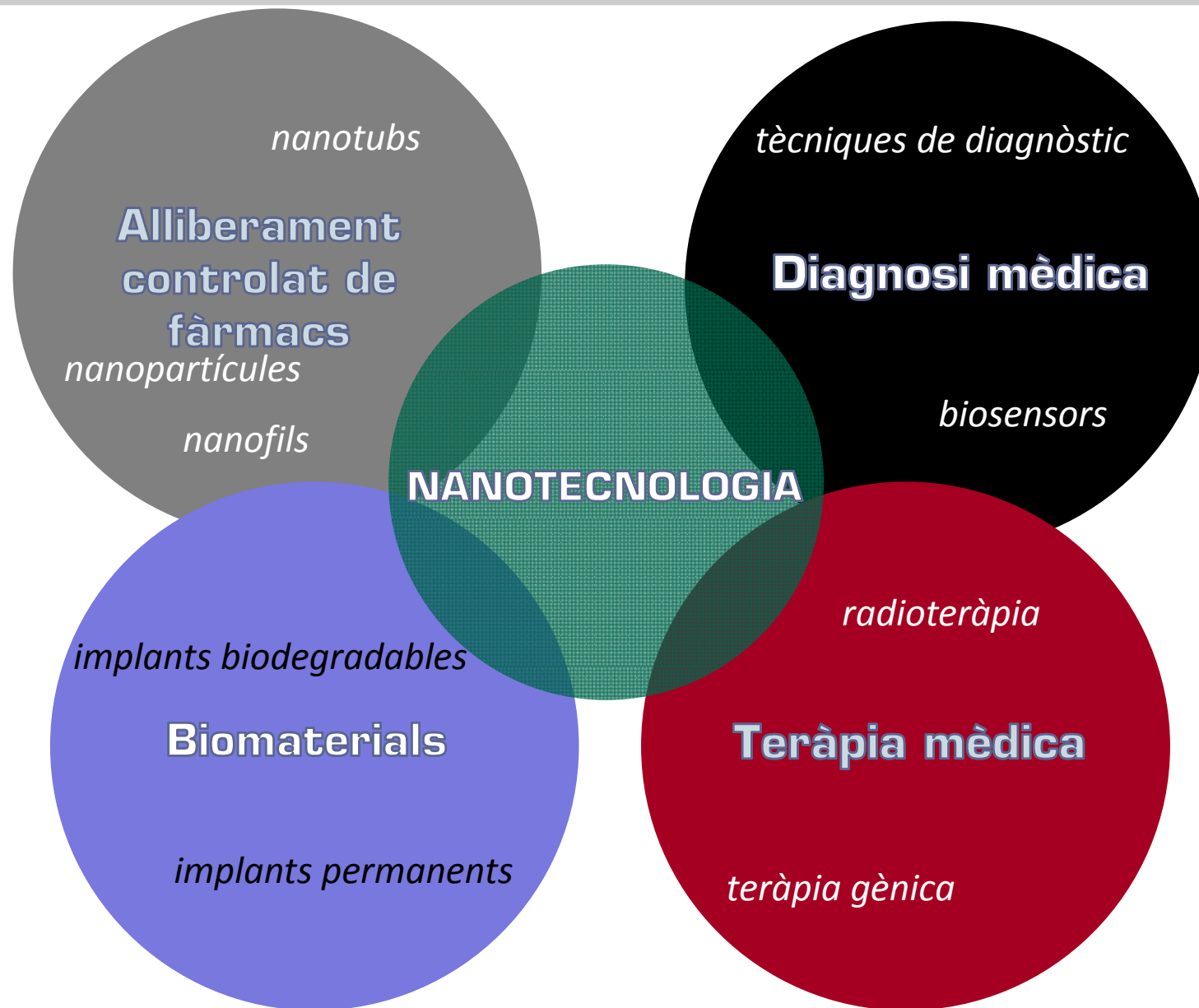


3 Conclusions i qüestions



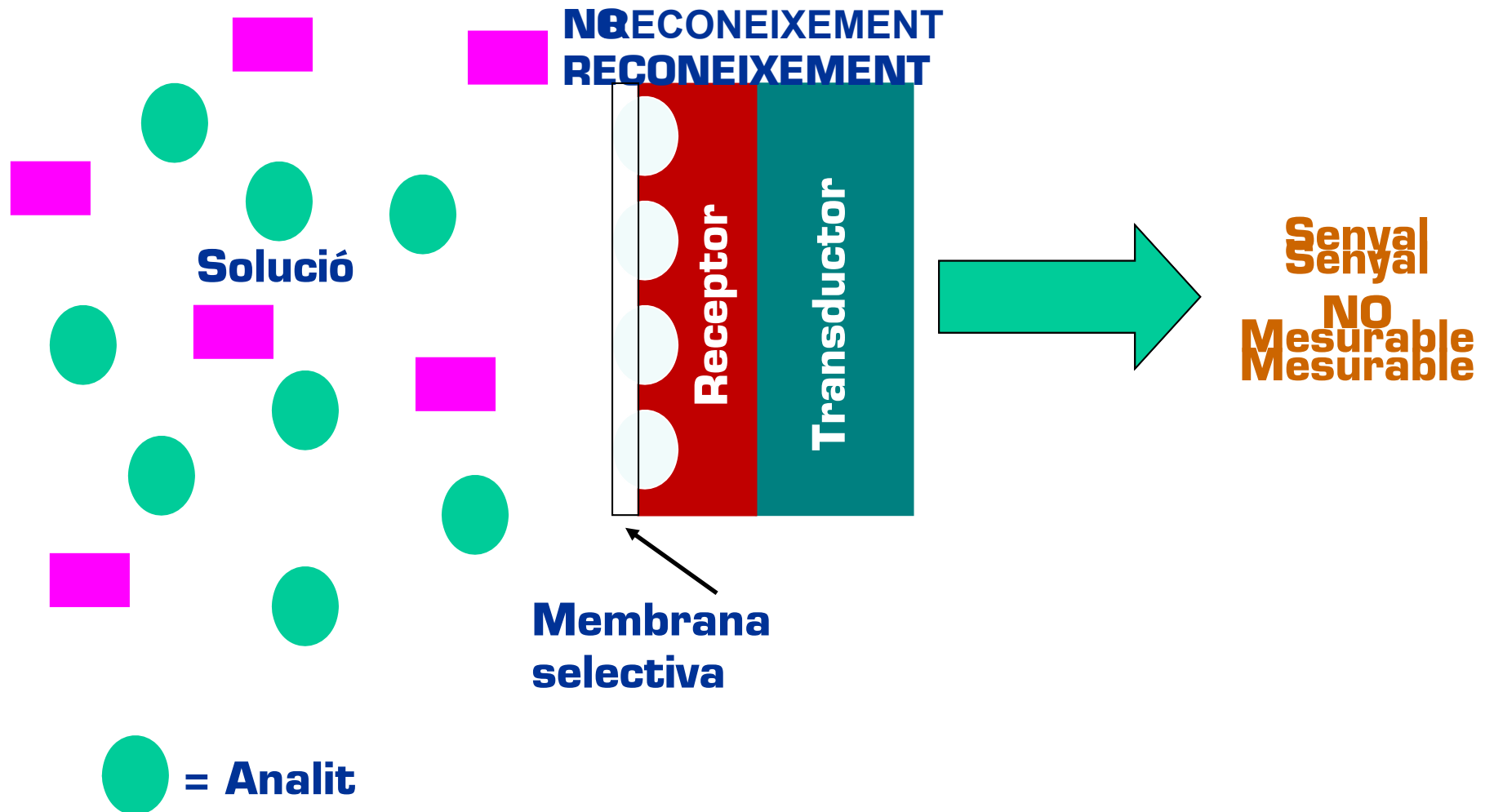
Biomedicina i Robòtica





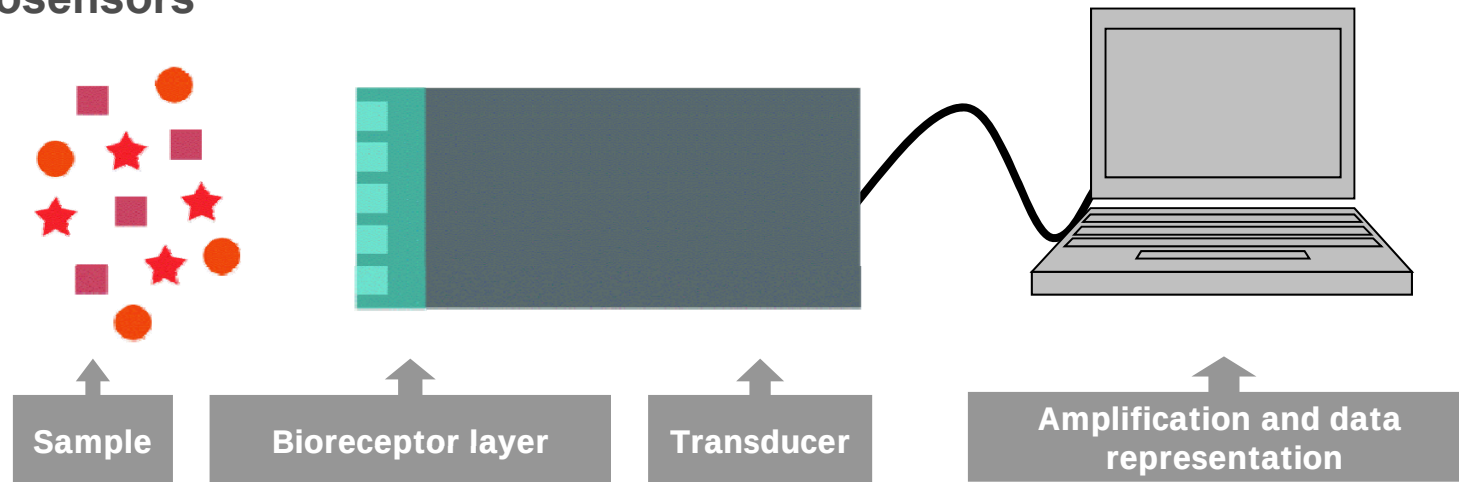
2 Biomedicina

➤ Biosensors



2 Biomedicina

➤ Biosensors



Bioreceptor

- Catalític
- Afinitat

Transductor

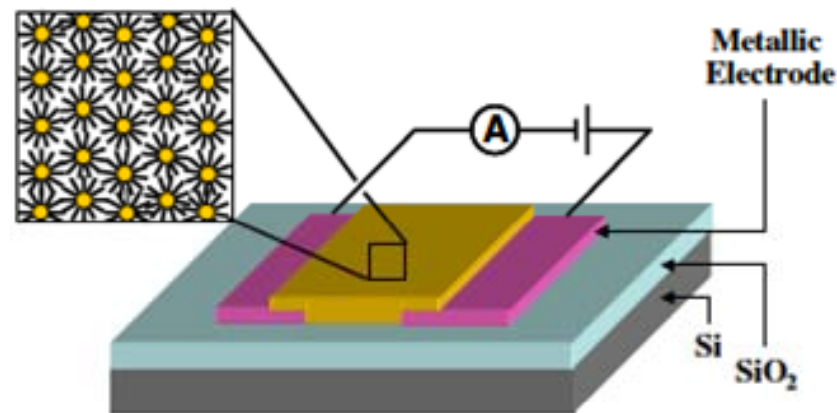
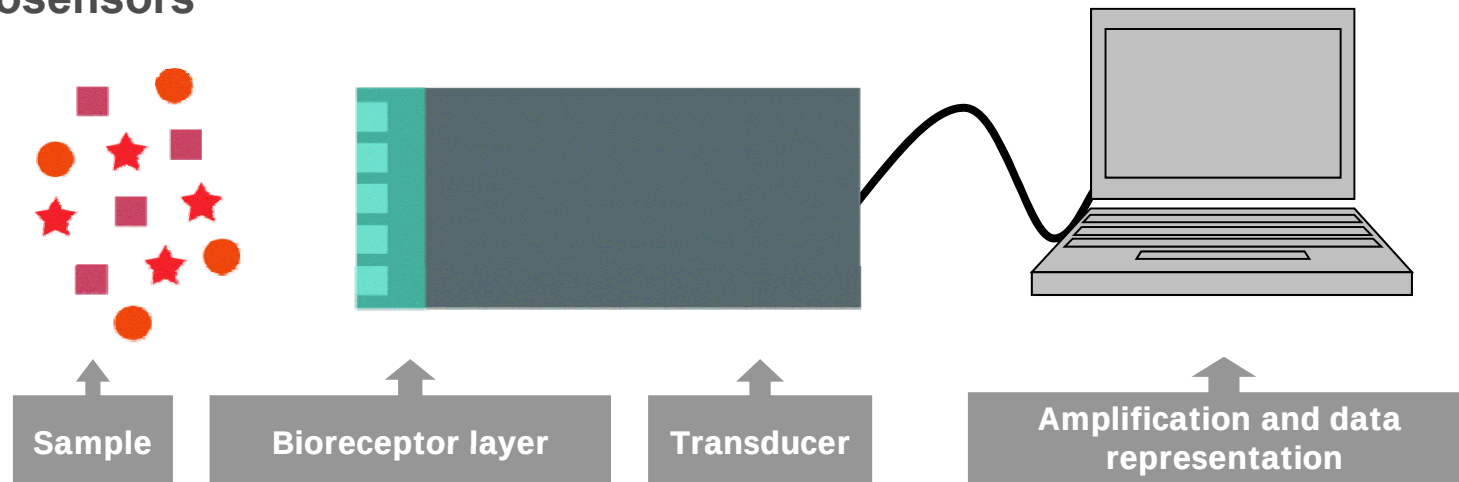
- Òptic → índex refracció llum
- Piezoelèctric → massa
- Electroquímic → redox
- Calorimètric

Nanobiosensors

- Utilitzen nanotubs o nanofil·ls (FET)
- Utilitzen nanopàrticules (quimioresistius)
- Integren nano-òptica (plasmònics)
- Utilitzen DNA com a eina nano

2 Biomedicina

➤ Biosensors



Nanopartícules d'Au de 5 nm funcionalitzades i dipositades sobre una capa d'Au per detectar molècules orgàniques presents en l'aire exhalat en pacients amb càncer de pulmó

J. Phys. D: Appl. Phys. 40 (2007) 7173

2 Biomedicina

➤ Biosensors

Monitorització càncer

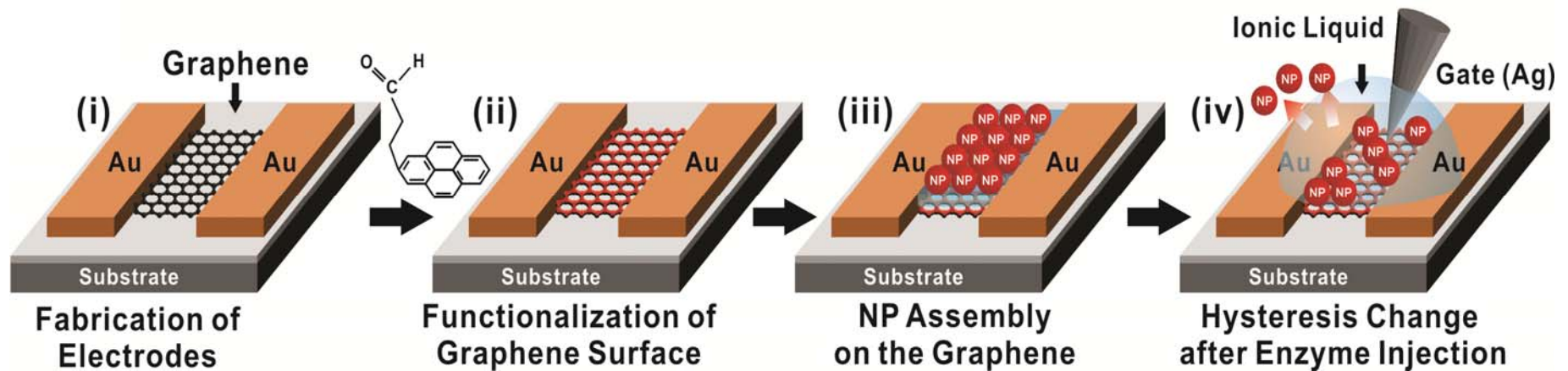
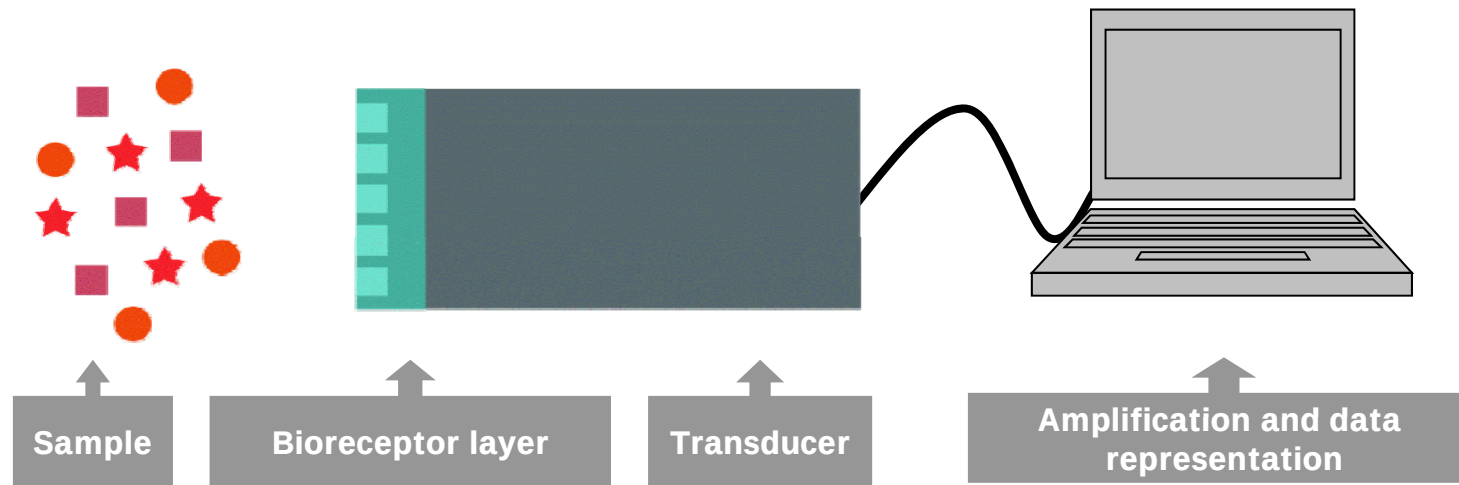
- Nanobiosensors permeten detecció precoç càncer en fluids corporals.
- El sensor es recobreix amb un anticòs específic del càncer o una altra molècula de reconeixement.
- La interacció amb una cèl·lula cancerígena o proteïna produeix un senyal elèctric, òptic o mecànic per a la detecció.

Què li demanen a un nanobiosensor?

- ✓ Detecció en temps real de marcadors
- ✓ Detecció quantitativa i selectiva fins a femtomolar (10^{-12} mols/l)
- ✓ Detecció ultrasensible

2 Biomedicina

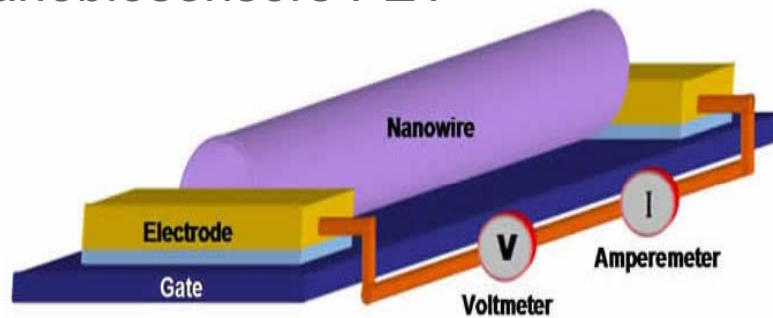
➤ Biosensors



2 Biomedicina

➤ Biosensors

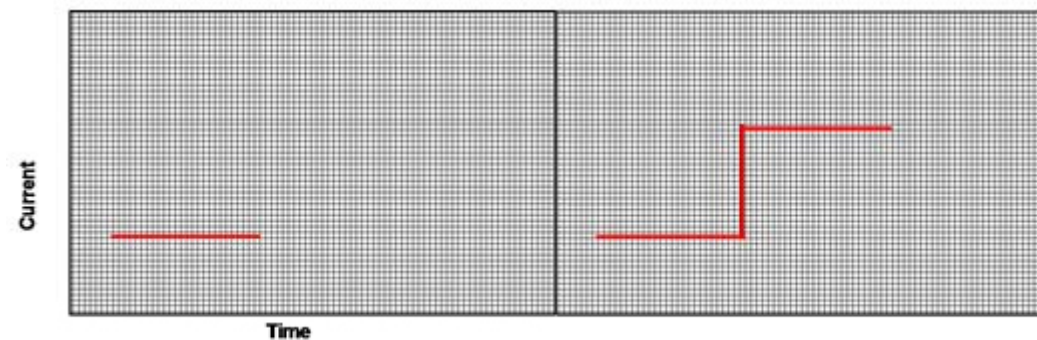
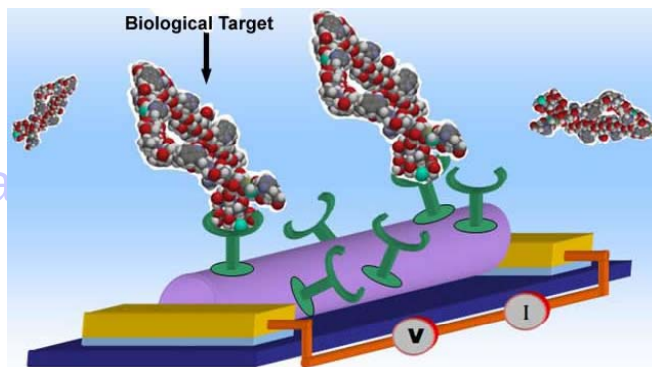
Nanobiosensors FET



Element sensor

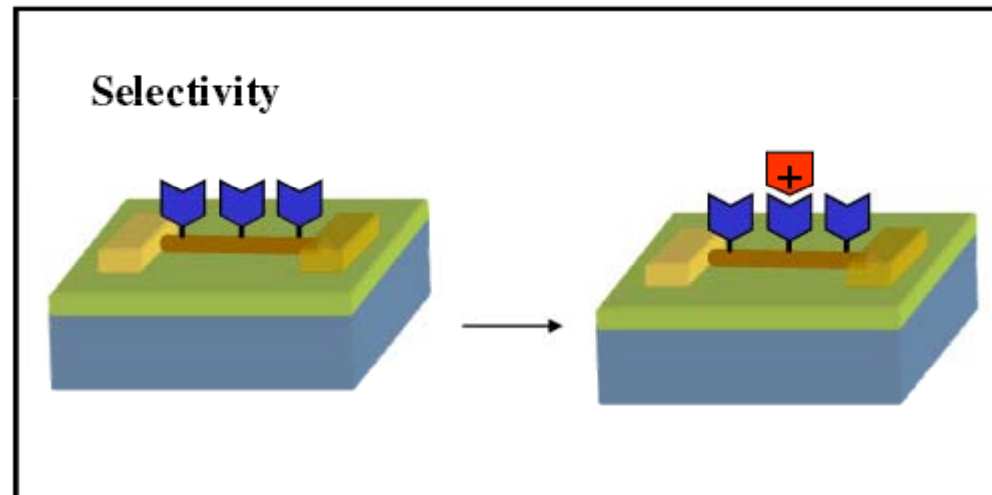
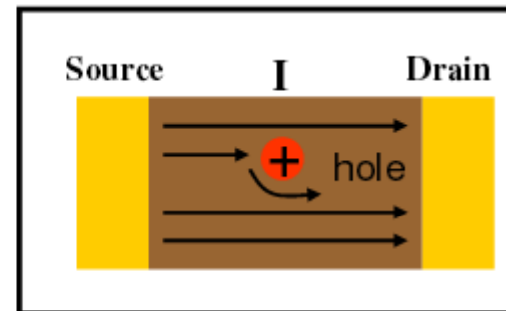
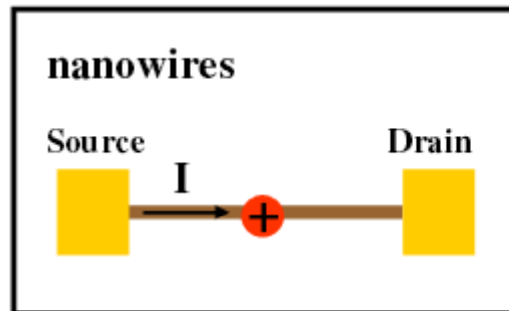
Canal semiconductor (nanofil) del transistor

- El canal semiconductor es fabrica amb nanoestructures 1D com ara nanotubs de carboni, nanofils d'òxids metàl·lics o nanofils de silici.
- Relació S/V elevada i una gran proporció d'àtoms ubicats a la superfície on
 ➔ Extremadament sensible a allò que l'envolta.



2 Biomedicina

➤ Biosensors

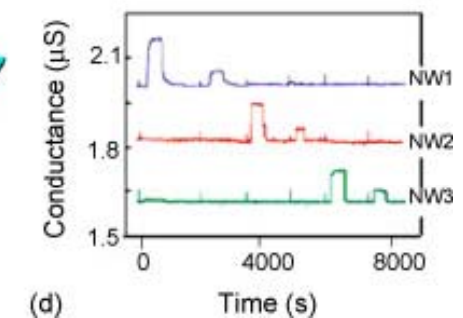
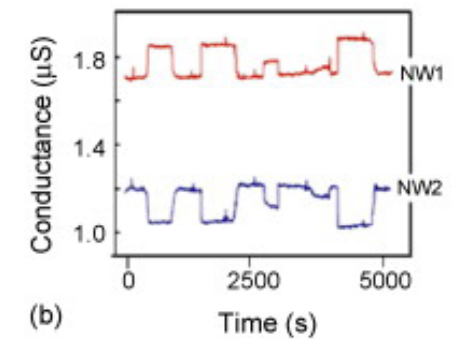
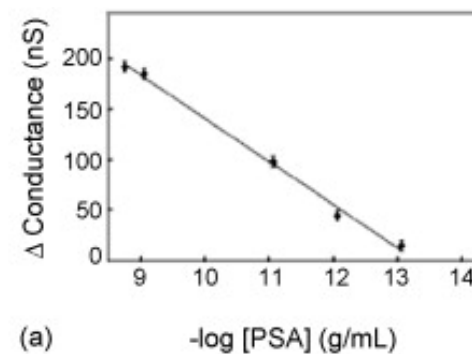
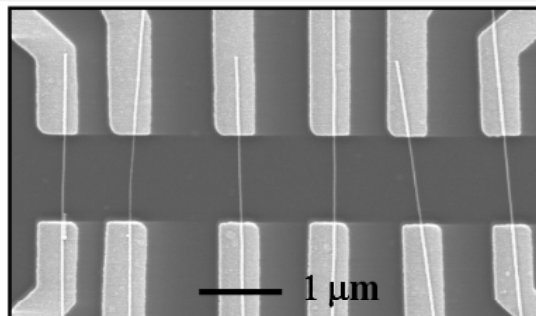


Universitat Stanford, EU

2 Biomedicina

➤ Biosensors

Detecció de més d'un analit simultàniament → multiplexat



Detecció simultània de PSA, CEA, and mucin-1 emprant nanofils de Si tipus *p*

Nano Today 4 (2009) 318

2 Biomedicina

➤ Anodització materials basats en Ti per a implants permanents

Implants convencionals (acer, CoCr, TiAlV,...)

- ✗ Mòdul de Young relativament elevat ($E \sim 100\text{-}200\text{ GPa}$), superior a $E_{os} = 3\text{-}20\text{ GPa}$ (*stress shielding effects*).
- ✗ Contenen elements tòxics.
- ✗ Sovint, es requereix una segona cirurgia per extreure l'implant.



2 Biomedicina

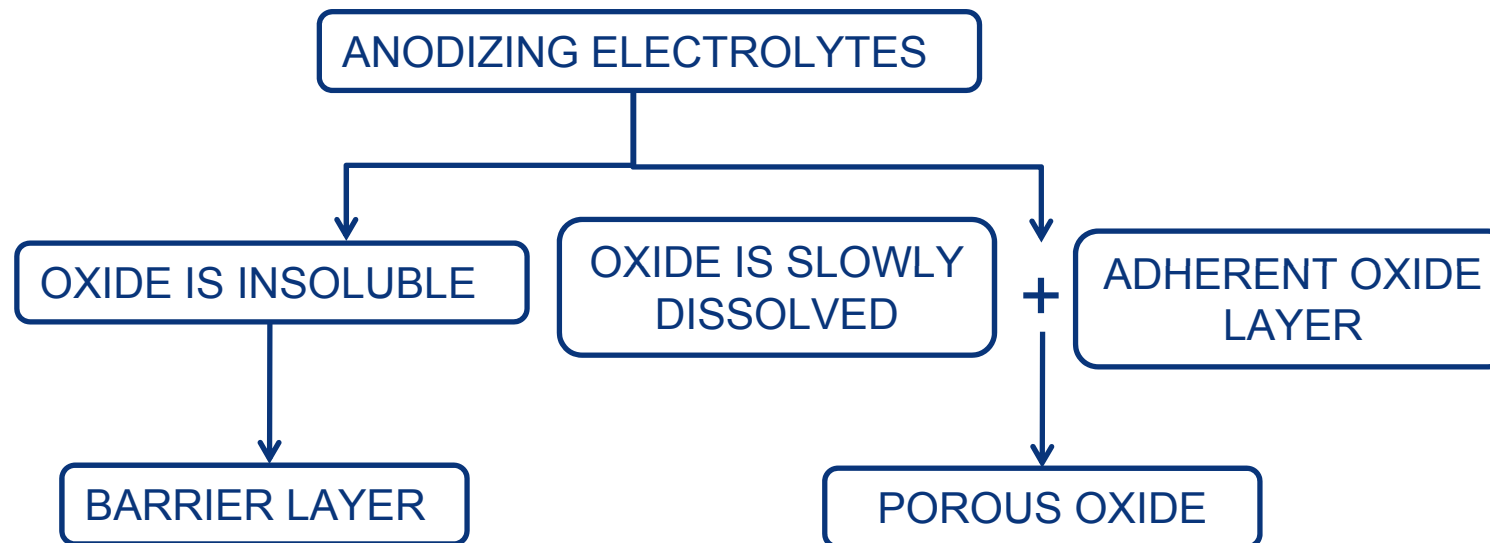
➤ Anodització materials basats en Ti per a implants permanents

Aliatge Ti-21Nb11Sn (w.t.%)

Lliure d'elements tòxics → biocompatible
 $E = 67 \text{ GPa}$, $H = 4.1 \text{ GPa}$
 Candidat com a implant permanent

Anodització per
 créixer NTs de
 TiO_2

Millorar adhesió
 cèl·lules òssies



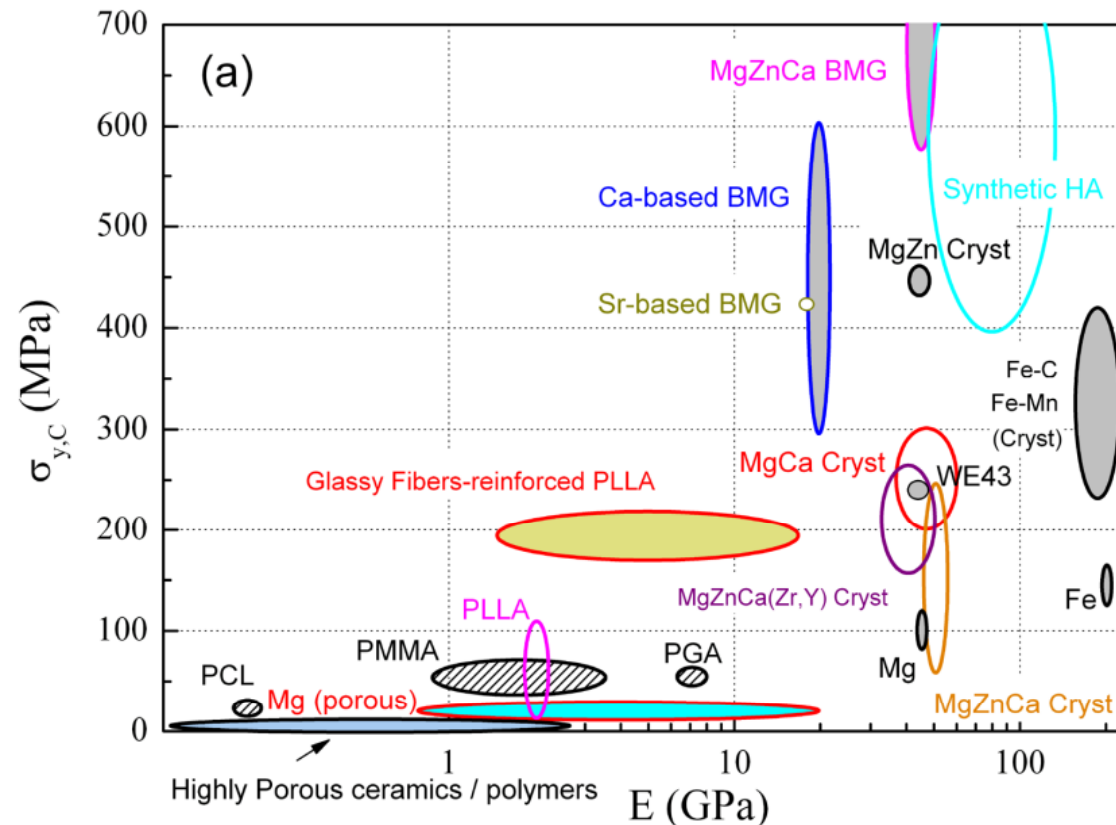
“Valve metals”: Al, Ti, Nb → **estructures tubulars**

2 Biomedicina

➤ Anodització materials basats en Ti per a implants permanents

Implants convencionals (acer, CoCr, TiAlV,...)

- ✗ Mòdul de Young relativament elevat ($E \sim 100\text{-}200\text{ GPa}$), superior a $E_{os} = 3\text{-}20\text{ GPa}$ (*stress shielding effects*).
- ✗ Contenen elements tòxics.
- ✗ Sovint, es requereix una segona cirurgia per extreure l'implant.



E. Pellicer et al., J. Biomed. Mater. Res. A 101A (2013) 502

2 Biomedicina

➤ Anodització materials basats en Ti per a implants permanents

Aliatge Ti-21Nb11Sn (w.t.%)

Lliure d'elements tòxics → biocompatible

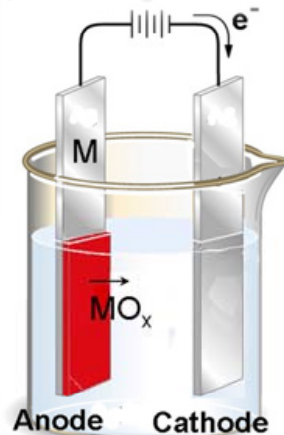
$E = 67 \text{ GPa}$, $H = 4.1 \text{ GPa}$

Candidat com a implant permanent

Anodització per
créixer NTs de
 TiO_2

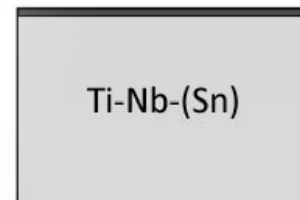
Millorar adhesió
cèl·lules òssies

Voltage source
Applied Potential: from 5 to 50V



Electrolyte: 0.31 M NaF +
ethylene glycol/water (50:50)

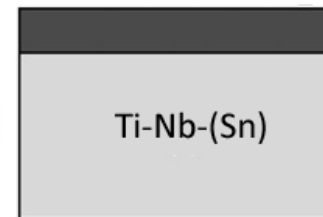
Anodization time: 30, 60, 150 min



most
electrolytes

ΔU

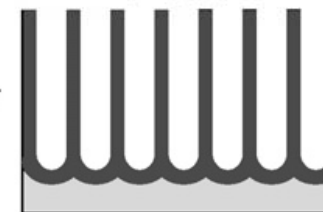
Compact oxide layer



ΔU

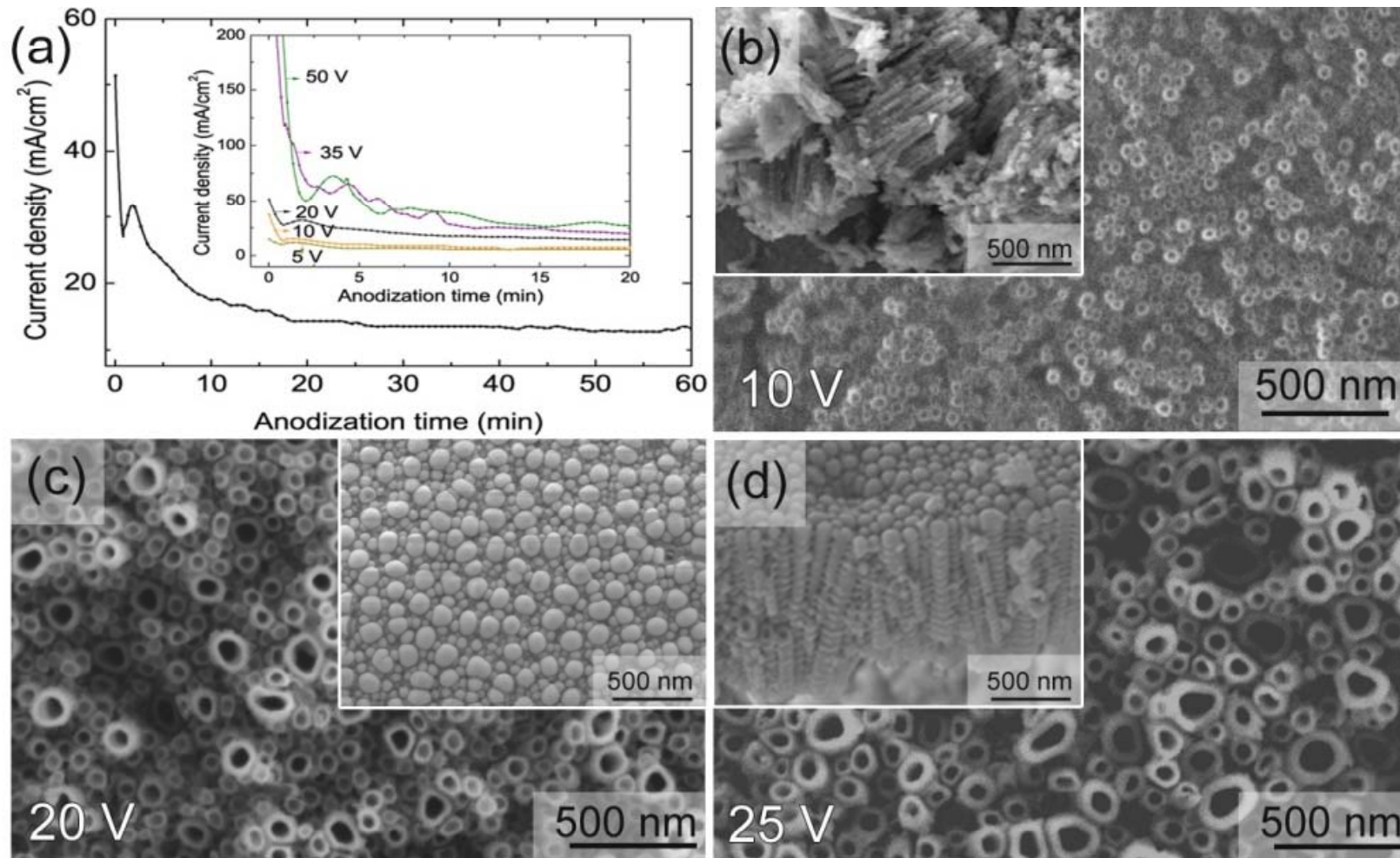
electrolytes
containing F^-
(optimized
conditions)

Self organized
nanotubes

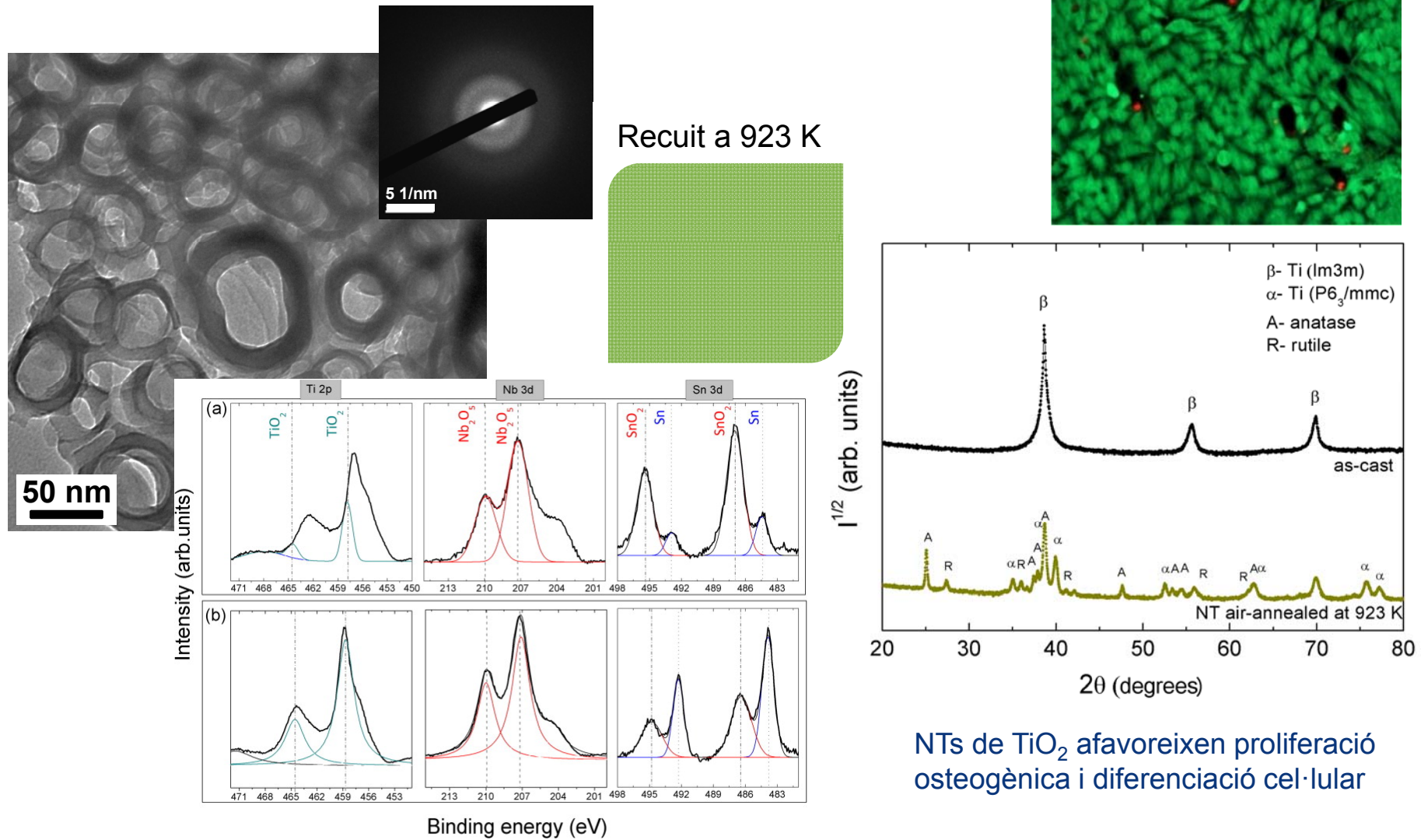


J. Fornell et al., *Electrochem. Commun.* 33 (2013) 84

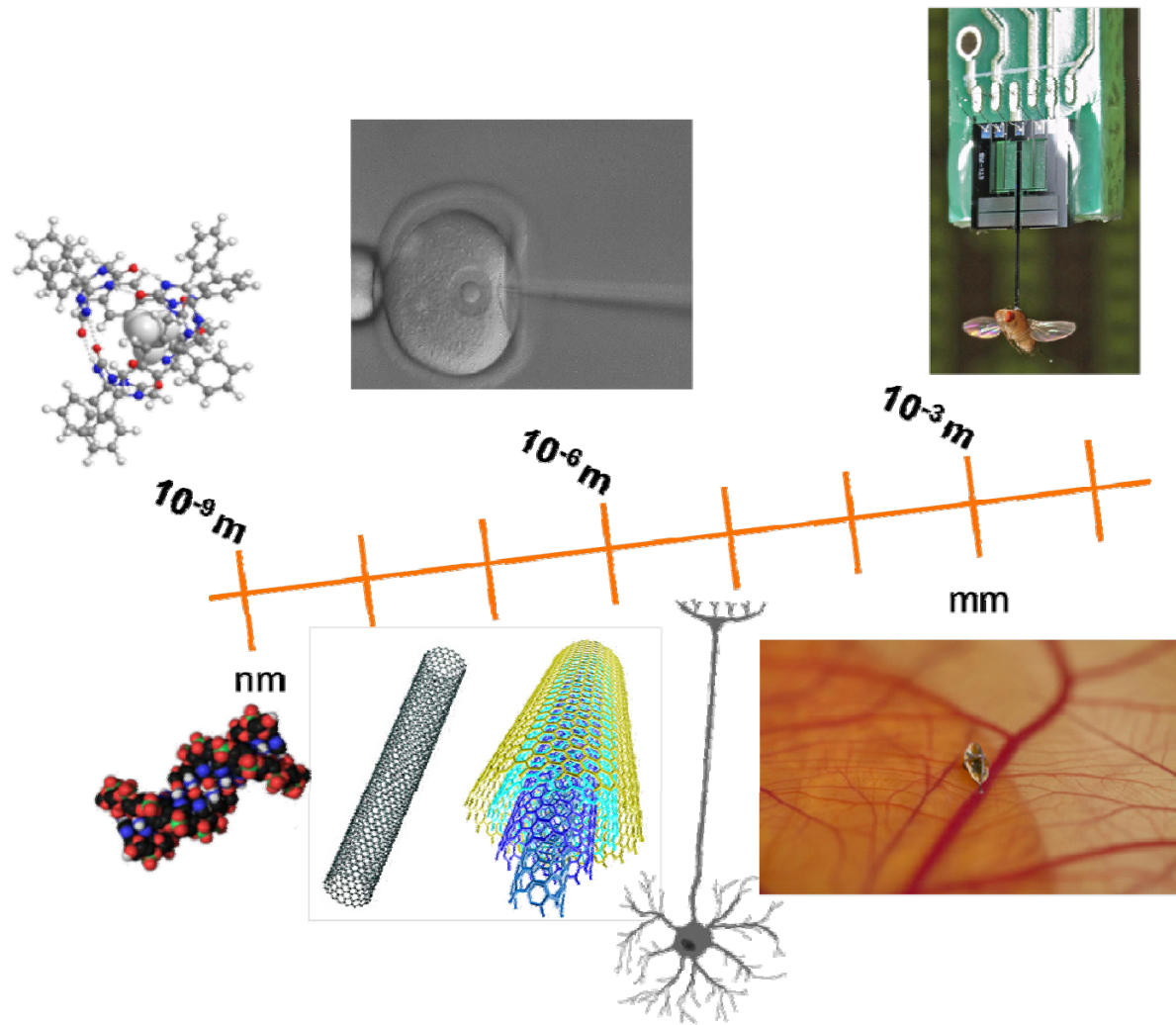
2 Biomedicina



2 Biomedicina



2 Robòtica



REPTES

Fabricació dispositius nanomètrics

Manipulació d'objectes a la nanoescala

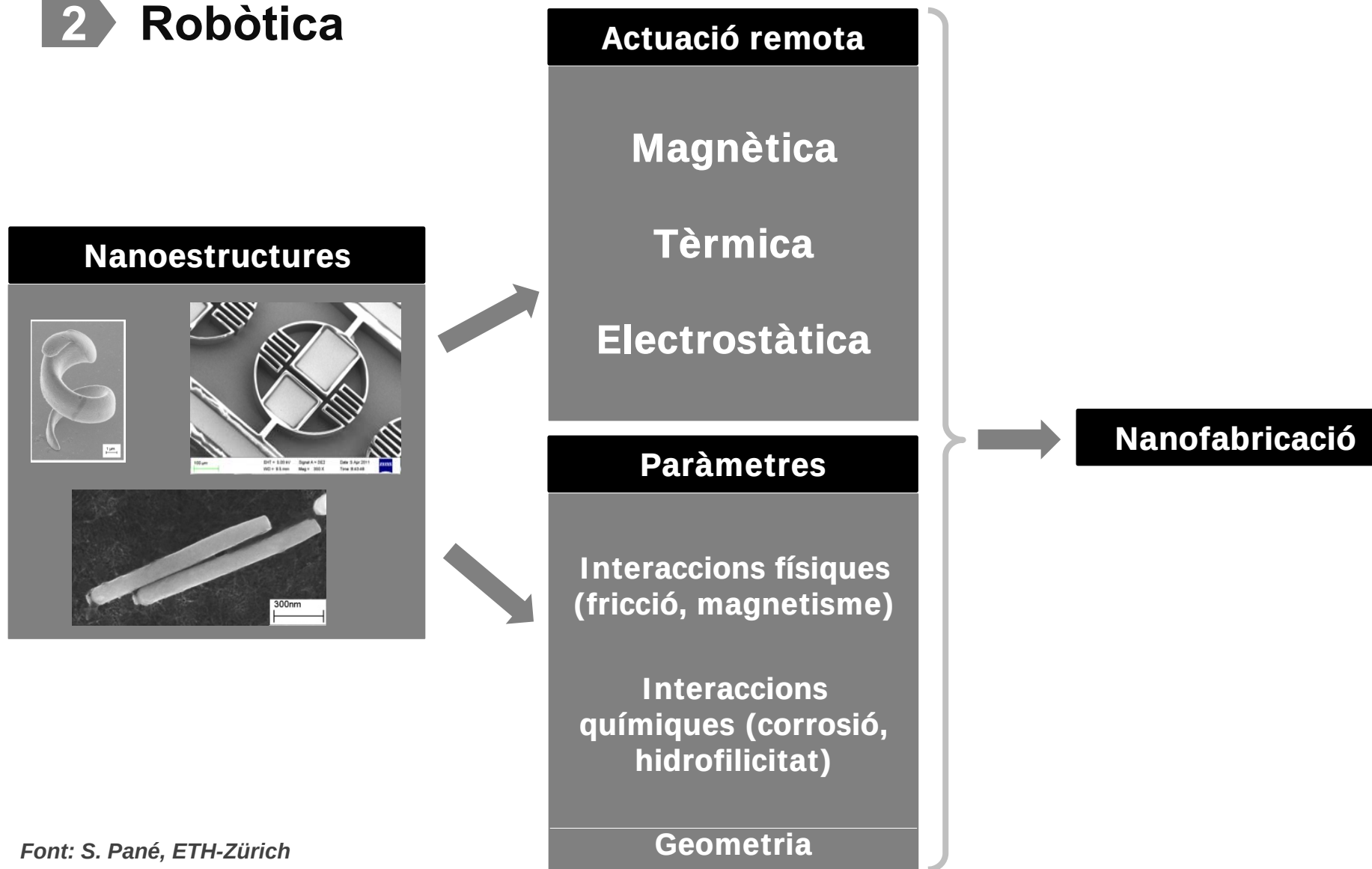
DISCIPLINES

Física estat sòlid

Biologia molecular

Química física

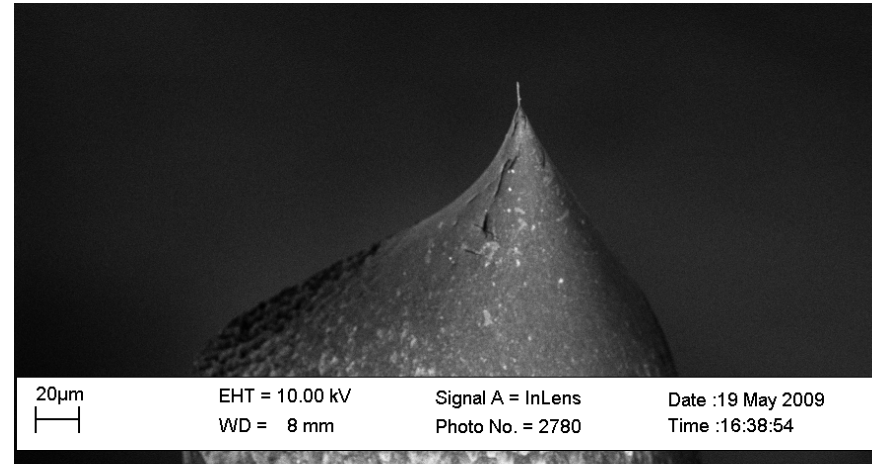
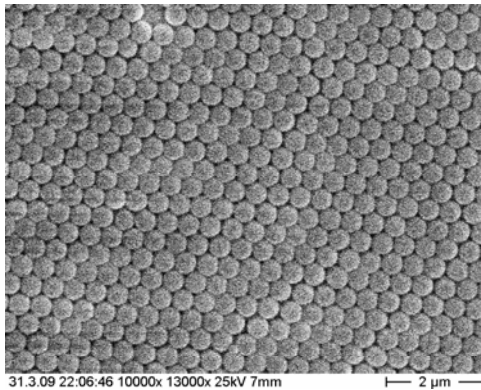
2 Robòtica



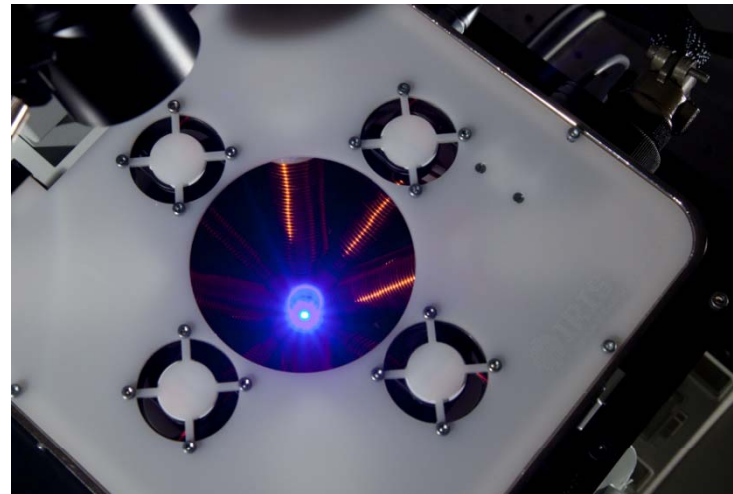
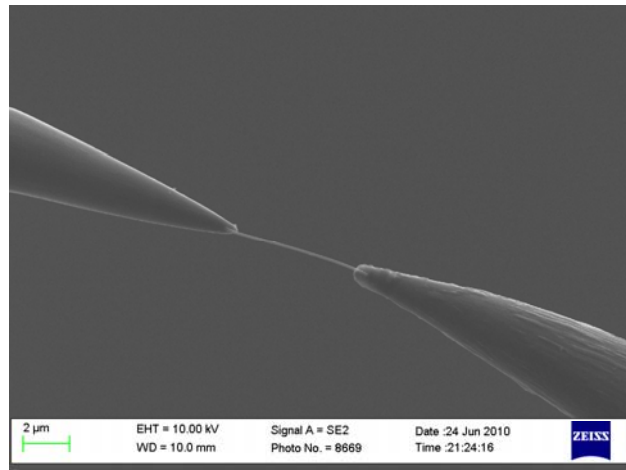
Font: S. Pané, ETH-Zürich

2 Robòtica

- Nanofabricació



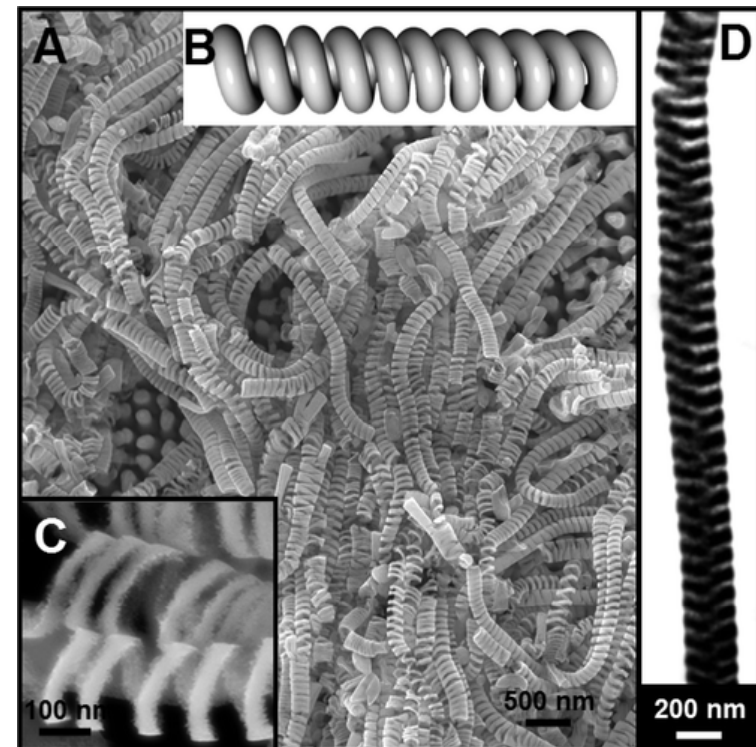
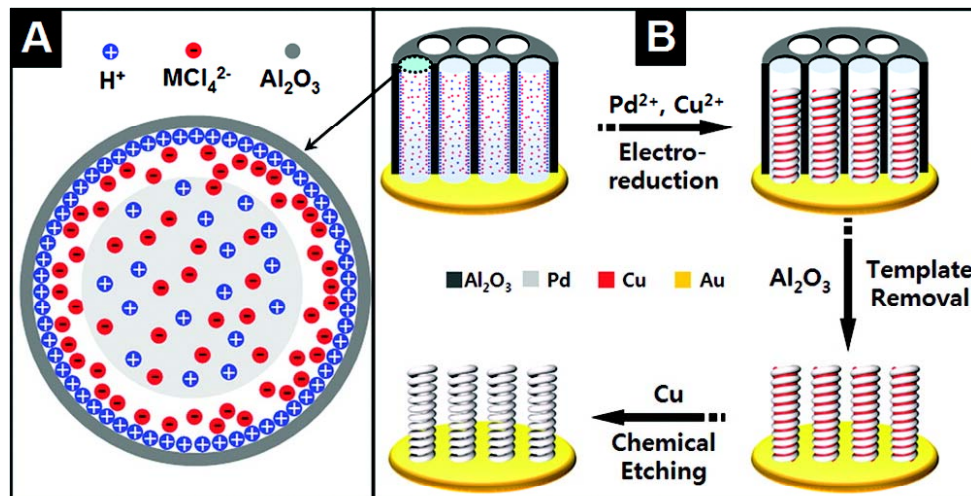
- Manipulació, control, potència



2 Robòtica

1r. Pas Nanofabricació dels robots

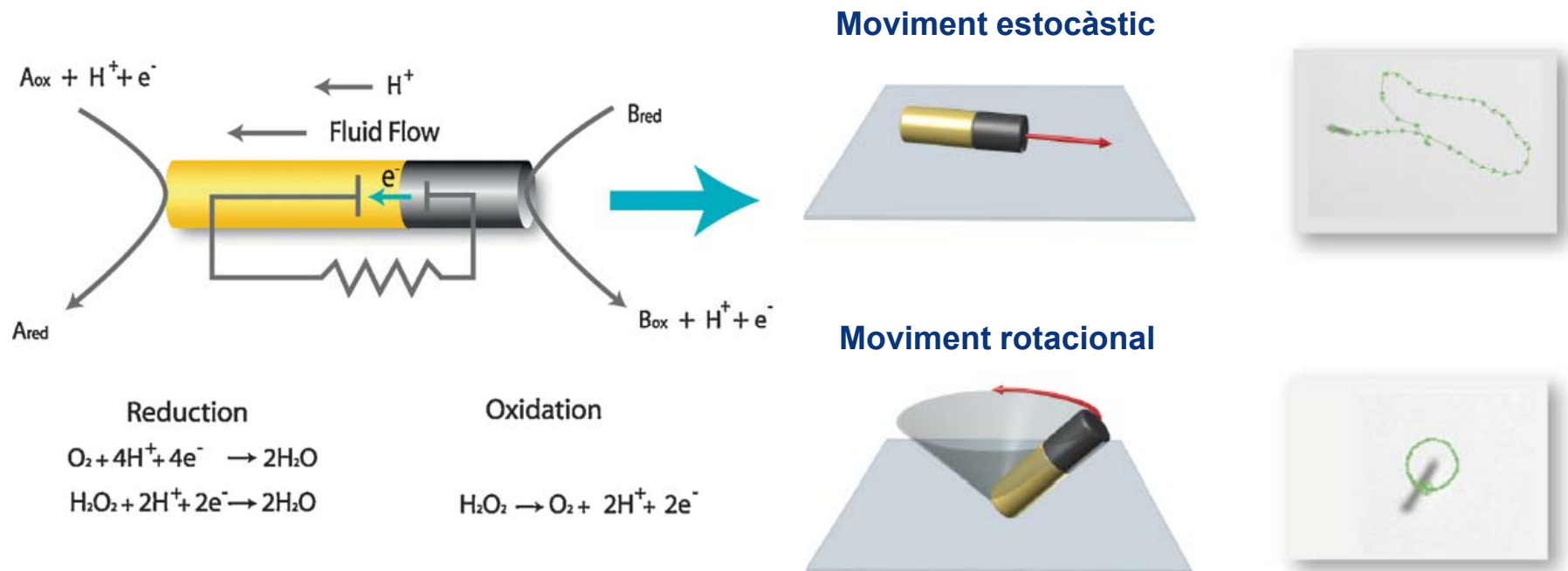
Exemple: Electrodeposició de nanomolles en plantilles d'alúmina



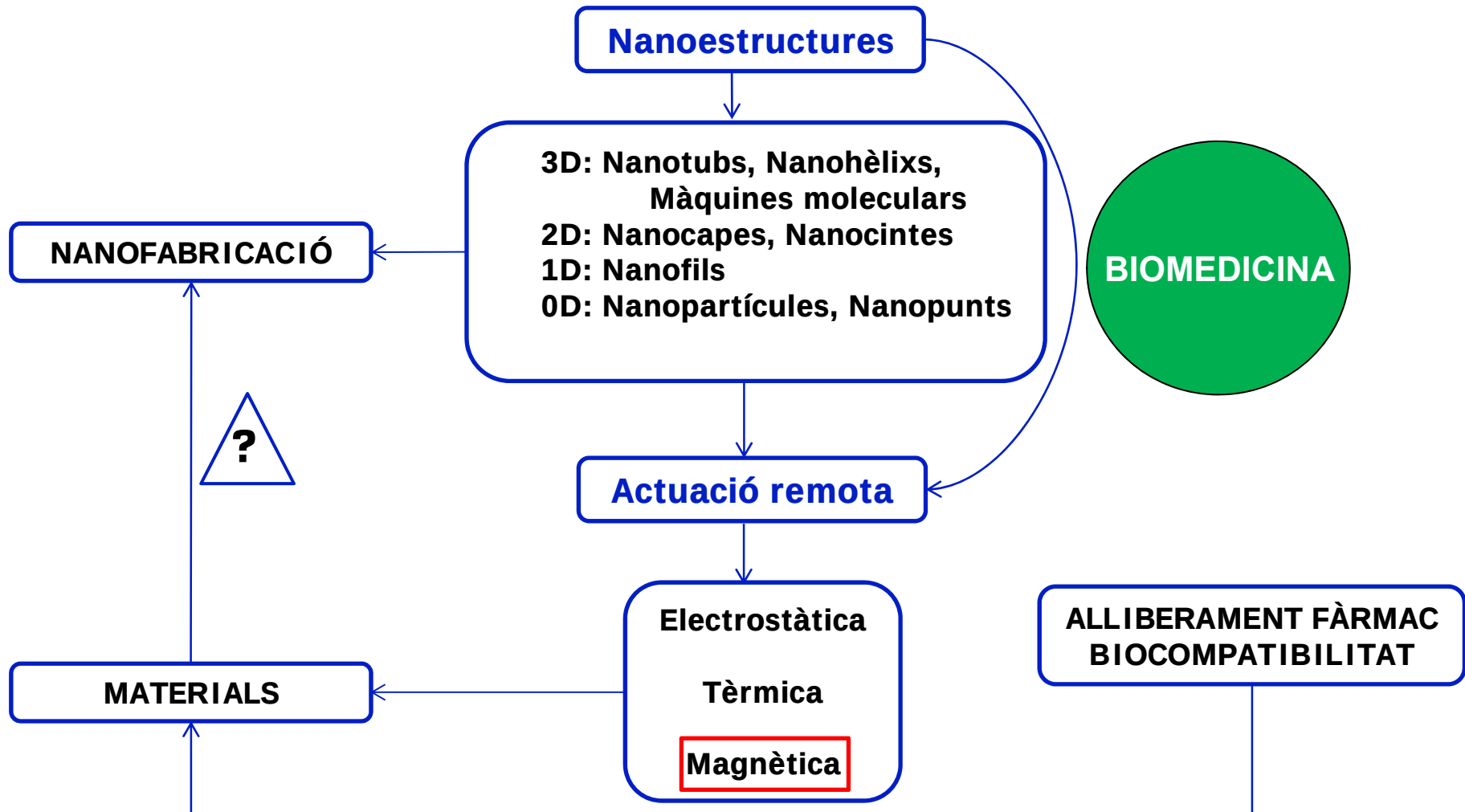
2 Robòtica

2n. Pas Actuació: com els manipulem?

Representació esquemàtica d'un nanobastó asimètric de AuPt remotament actuat a través de la descomposició catalitzada de H_2O_2 com a resultat d'un gradient de tensió superficial.



2 Robòtica

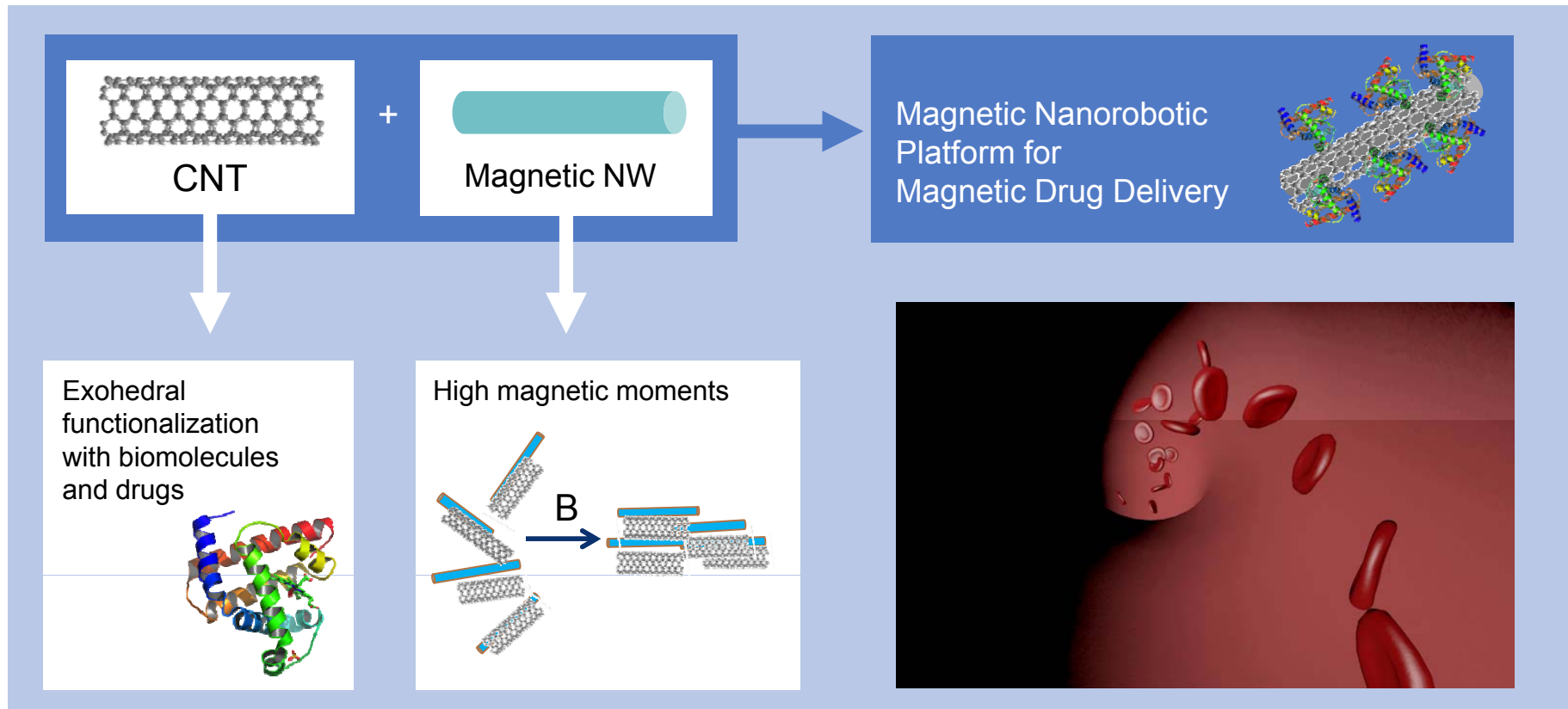


Font: S. Pané, ETH-Zürich

2 Robòtica

➤ Nanocàpsules magnètiques per a l'alliberament de fàrmacs

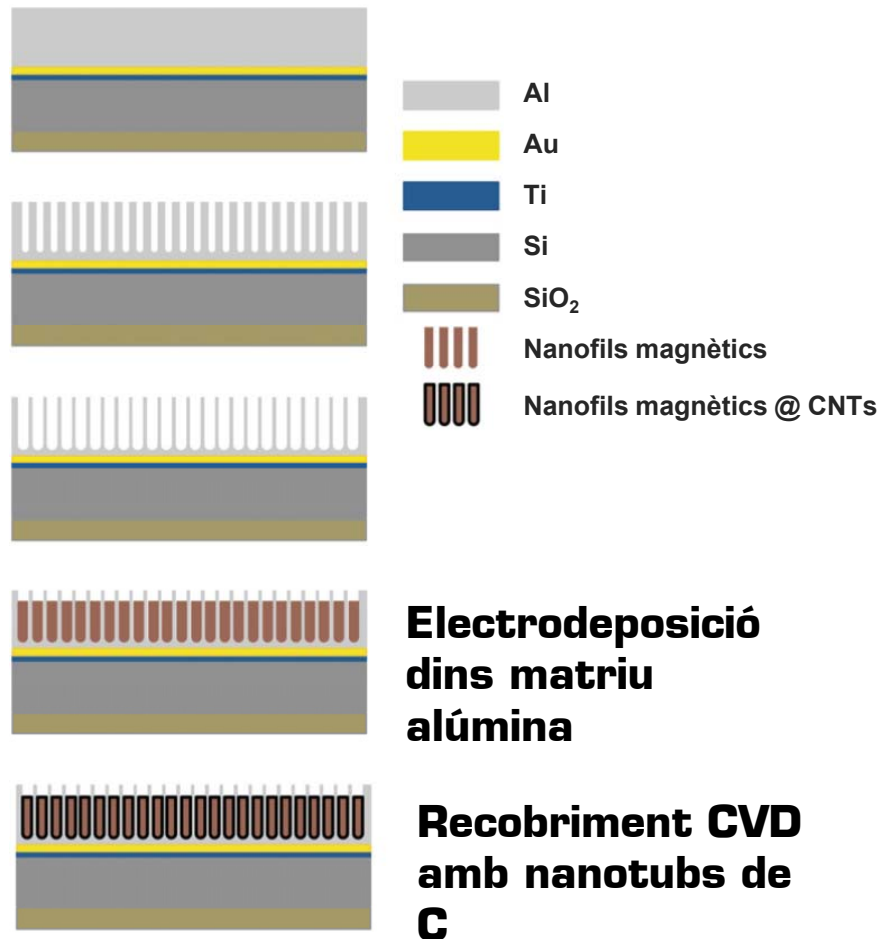
■ Combinació de dues nanoestructures



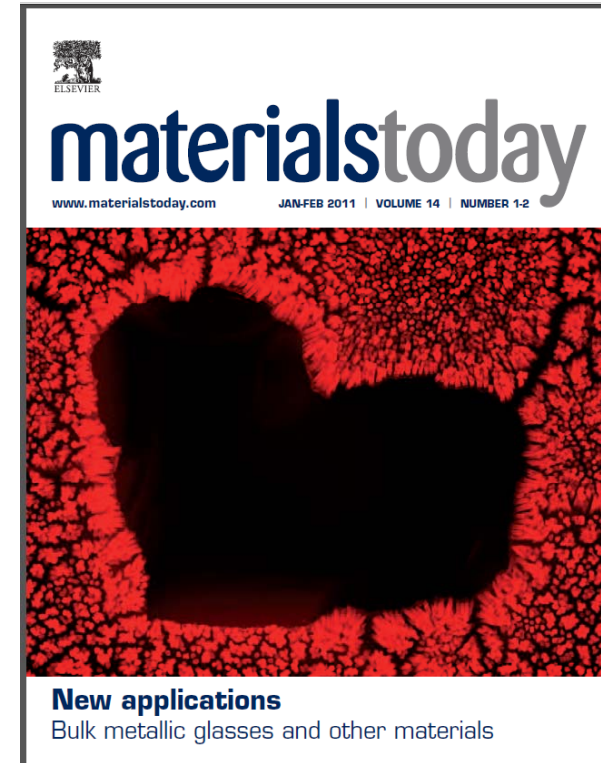
Font: S. Pané, ETH-Zürich

2 Robòtica

➤ Nanocàpsules magnètiques per a l'alliberament de fàrmacs



Nanorobotic drug delivery: if I only had a heart...

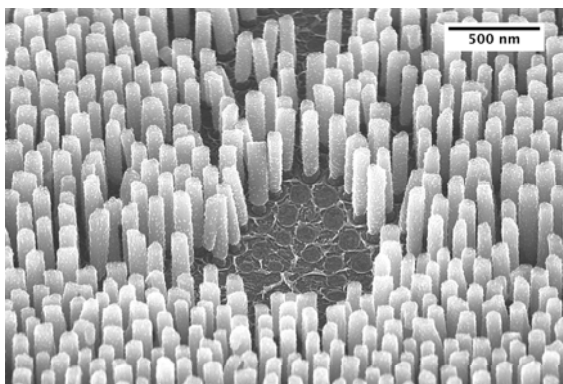
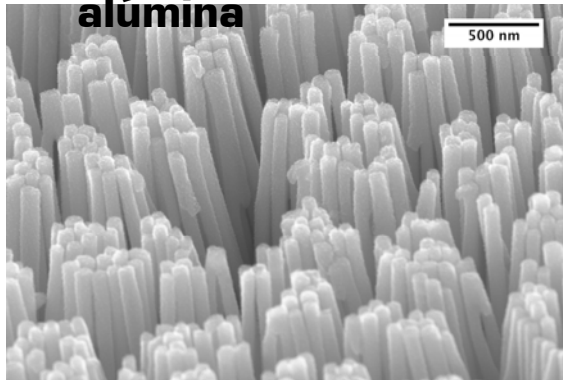


M. A. Zeeshan et al., Mater Today 14 (2011) 54

2 Robòtica

➤ Nanocàpsules magnètiques per a l'alliberament de fàrmacs

Electrodeposició dins matriu alúmina



Exemple: nanofil Fe

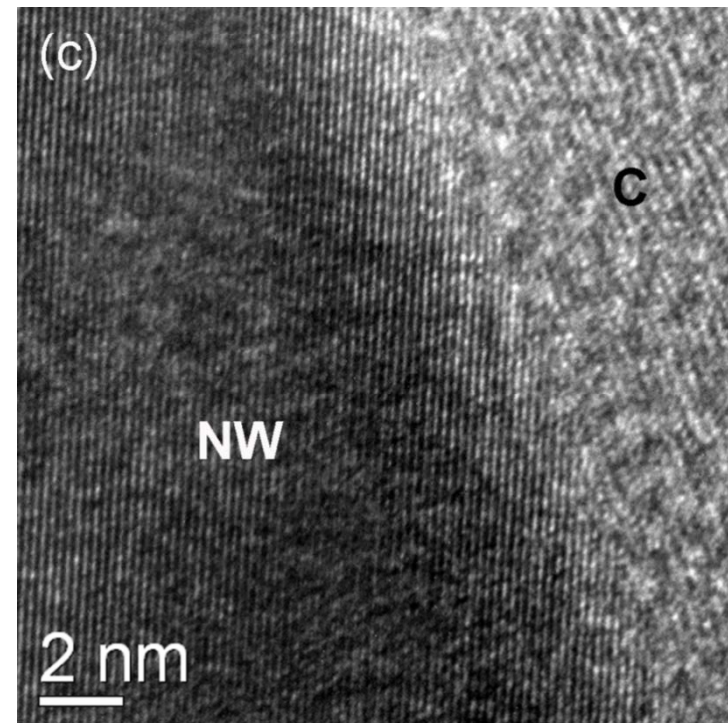
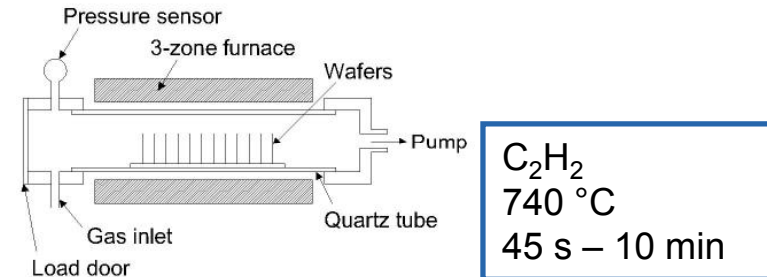
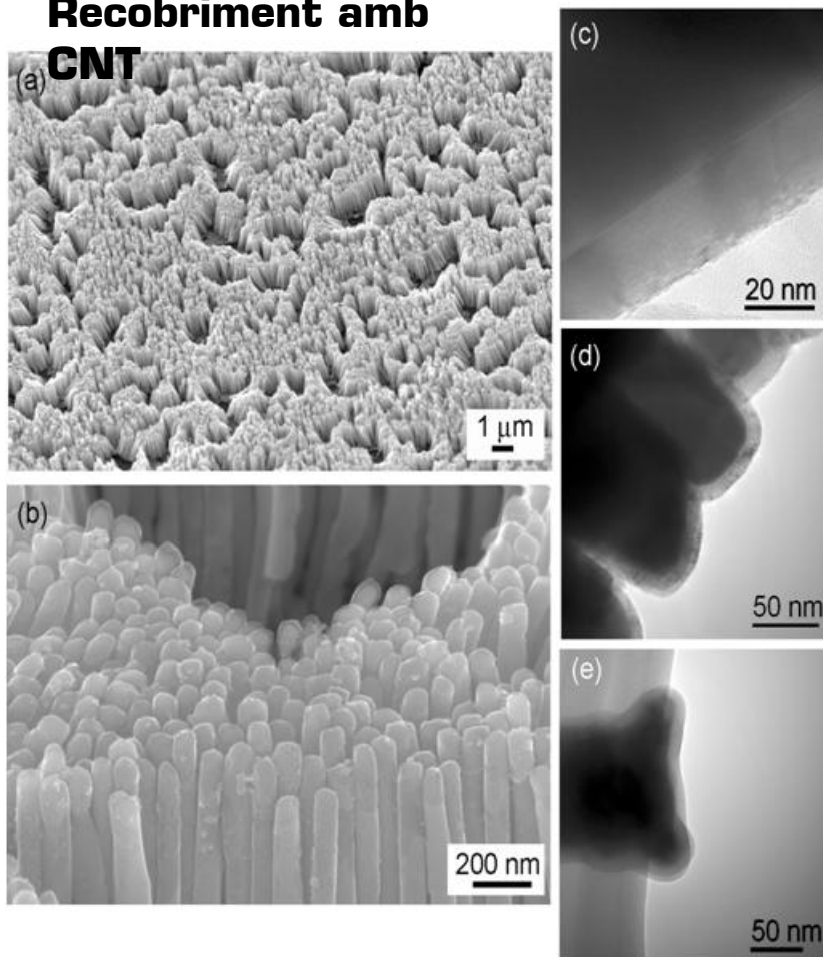
Components	Amount
Iron (II) sulphate	0.2 M
Glycine	0.1 M
Ascorbic Acid	0.0028 M

Operating parameter	Used conditions
Current density, j	-25 mA/cm ² to -150 mA/cm ²
Charge Density, q	900 mC cm ⁻²
Temperature, T	25°C
Agitation	Magnetic stirring 200 rpm
pH	4

2 Robòtica

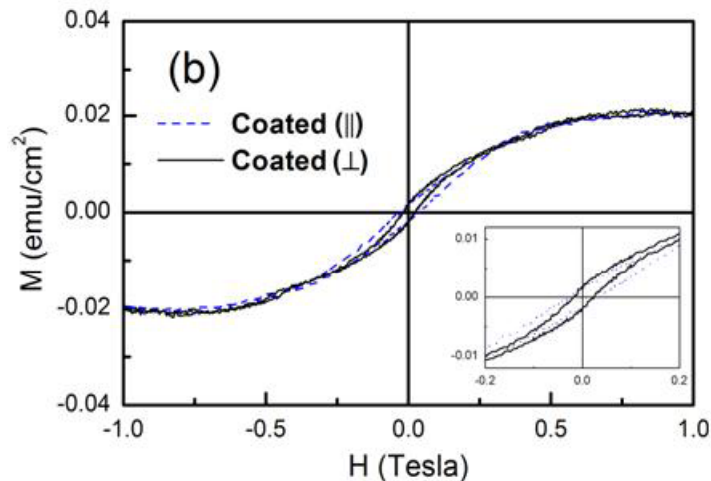
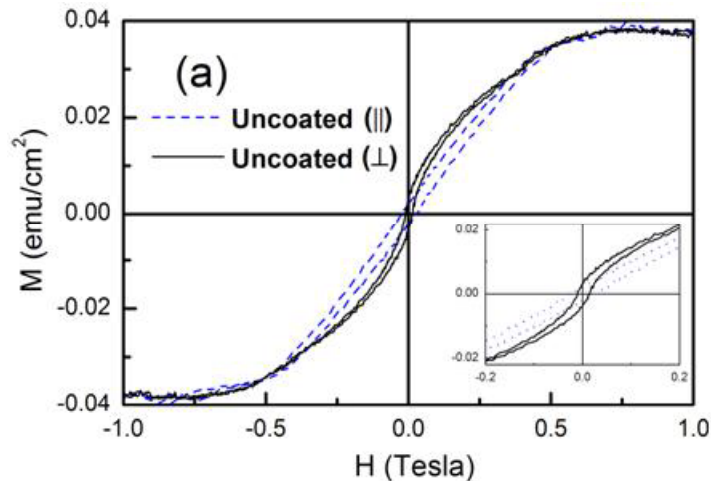
➤ Nanocàpsules magnètiques

Recobriment amb CNT



2 Robòtica

➤ Nanocàpsules magnètiques per a l'alliberament de fàrmacs



Effective anisotropy field

$$H_{K,eff} = (N_{\perp} - N_{\parallel})M_S - \frac{6.3M_S\pi r^2L}{D^3} + H_{mc}$$

Effective anisotropy field perp. to the NW axis

Demagnetizing factors

(two-dimensional infinite array of cylindrical particles)

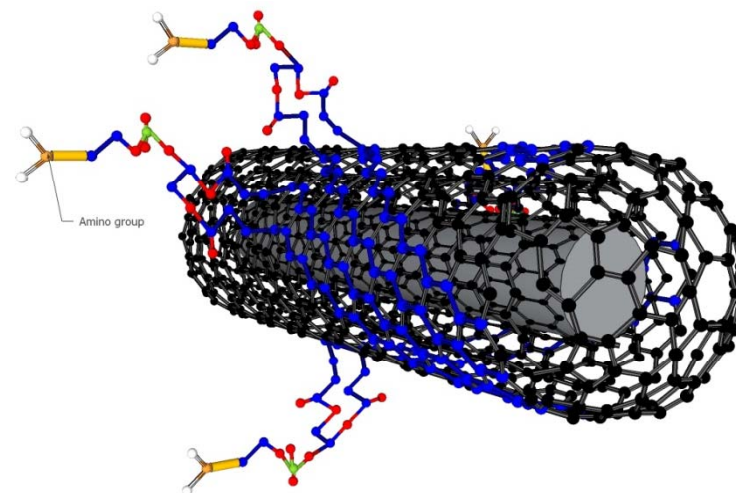
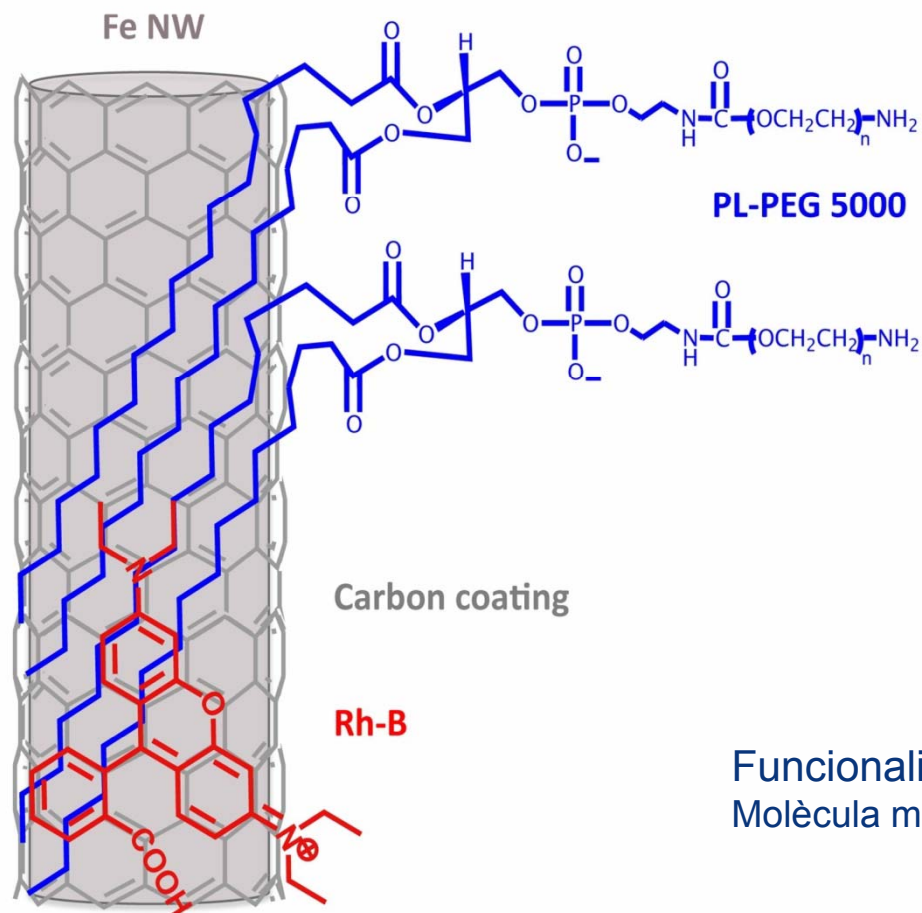
$$N_{\parallel} = \frac{4\pi}{A_r^2 - 1} \left[\frac{A_r}{2\sqrt{(A_r^2 - 1)}} \ln(A_r + \sqrt{A_r^2 - 1}) - 1 \right] \quad N_{\perp} = \frac{4\pi - N_{\parallel}}{2}$$

$$A_r = L/2r$$

$r \approx 50 \text{ nm}$; $L \approx 700 \text{ nm}$; $D = 150 \text{ nm (TEM)}$

2 Robòtica

➤ Nanocàpsules magnètiques per a l'alliberament de fàrmacs



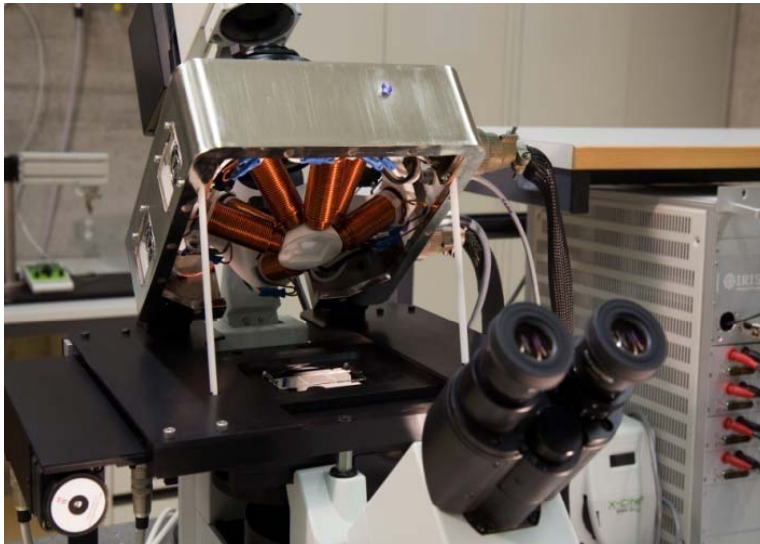
Funcionalització de les nanocàpsules amb fàrmacs
Molècula model: Rhodamina B

M. A. Zeeshan, et al. *Adv. Funct. Mater.* 23 (2013) 823

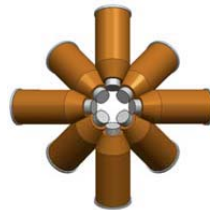
2 Robòtica

➤ Nanocàpsules magnètiques per a l'alliberament de fàrmacs

Sistema patentat OCTOMAG IRIS (ETH-Zürich)

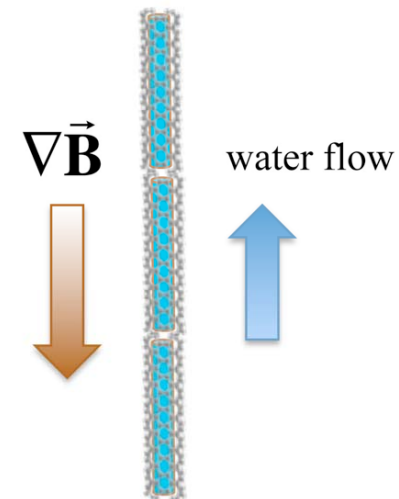


8 bobines electromagnètiques acoblades en configuració semiesfèrica capaces de generar camps magnètics i gradients de camp magnètic.



Forces i torsions sobre les nanocàpsules magnètiques

5 GRAUS DE LLIBERTAT



$B = 350 \text{ Oe}$; velocitat fluid: 0.1 mm/s

M. A. Zeeshan, et al. Adv. Funct. Mater. 23 (2013) 823

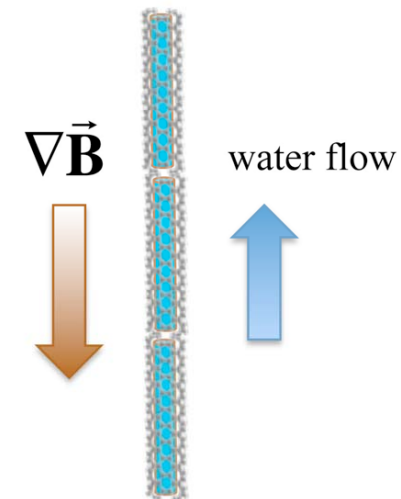
2 Robòtica

➤ Nanocàpsules magnètiques



Forces i torsions sobre les nanocàpsules magnètiques

5 GRAUS DE LLIBERTAT

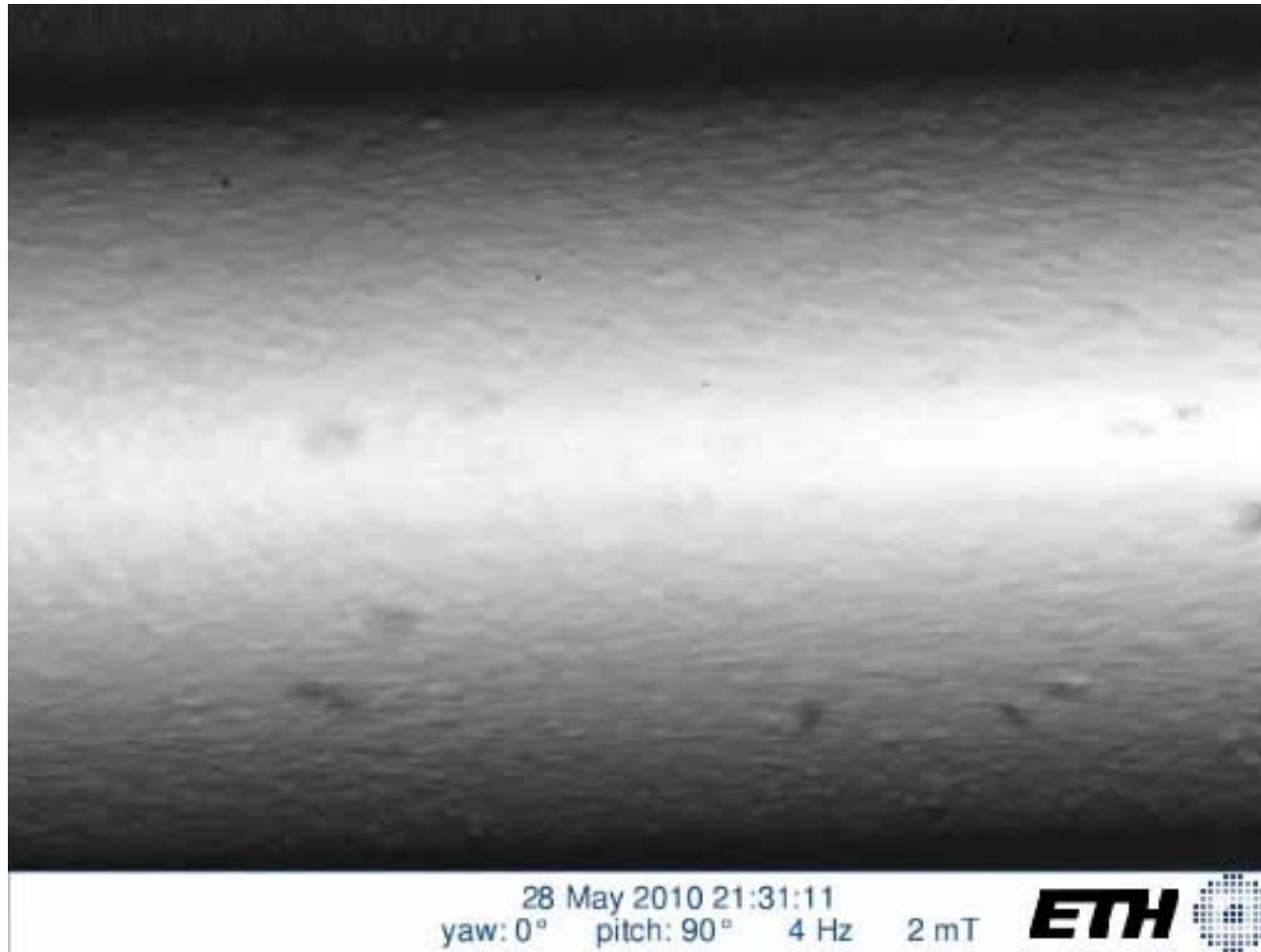


B = 350 Oe; velocitat fluid: 0.1 mm/s

M. A. Zeeshan, et al. Adv. Funct. Mater. 23 (2013) 823

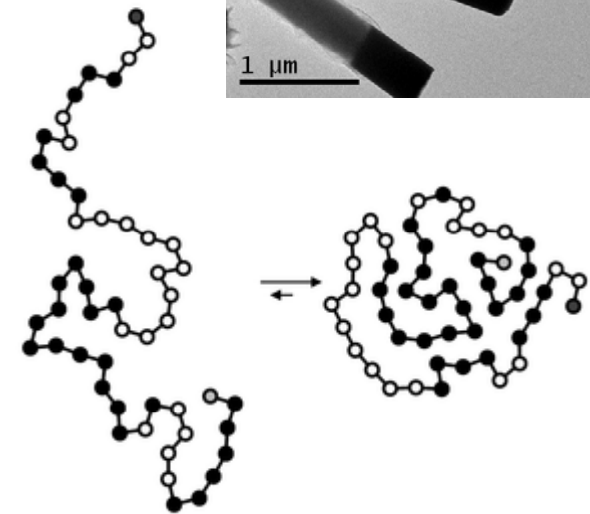
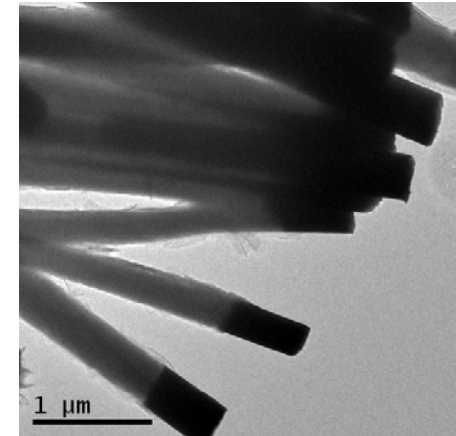
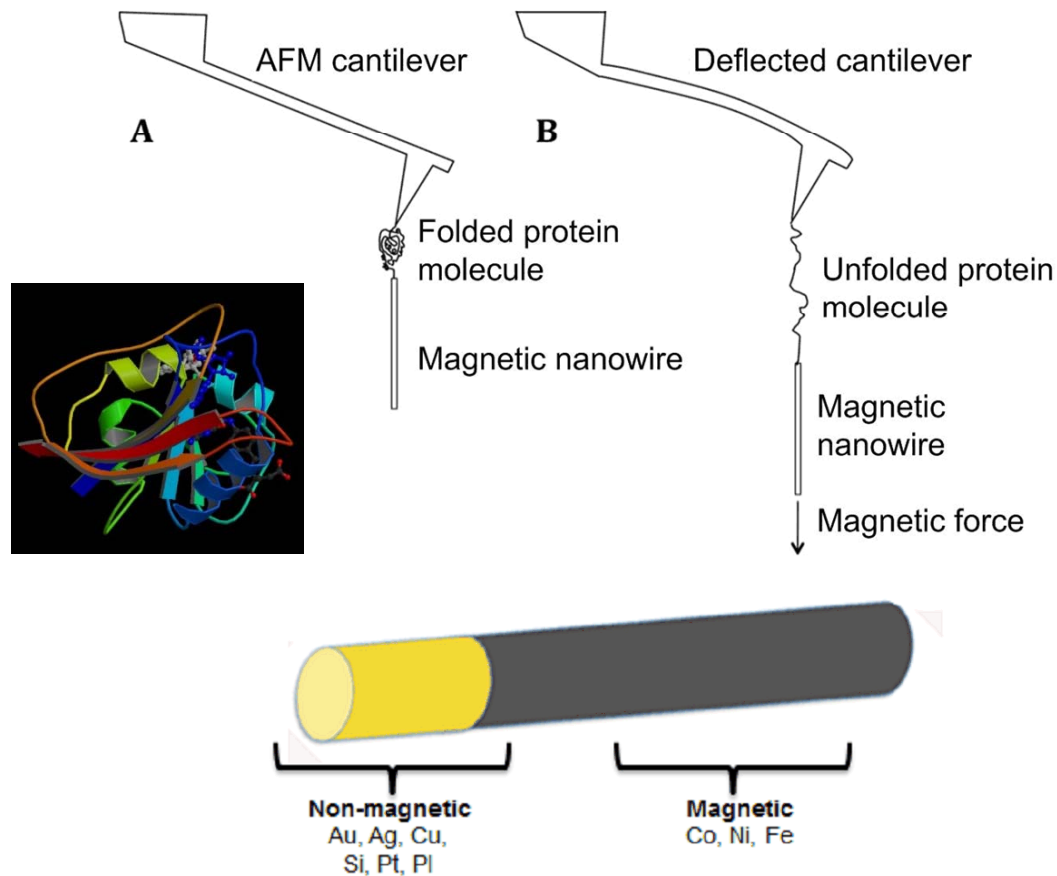
2 Robòtica

➤ Nanocàpsules magnètiques



2 Robòtica

➤ Nanofils híbrids Au-Co-Au

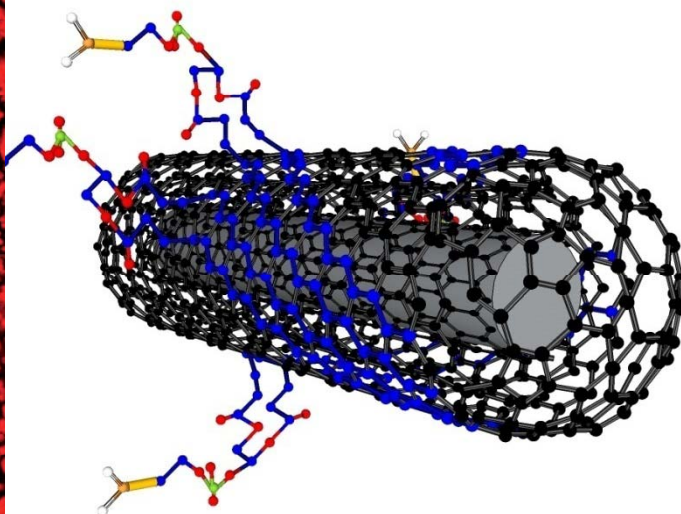
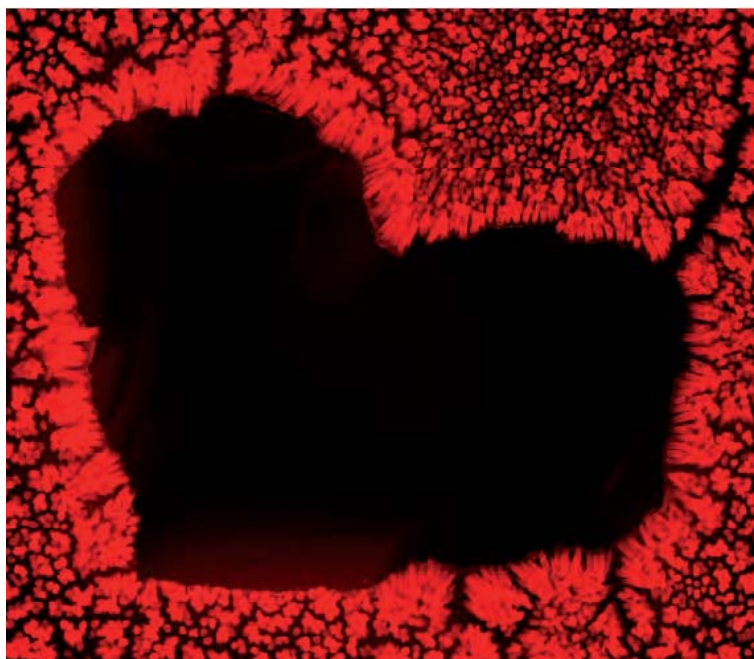


Estudi impacte del desplegament de proteïnes sobre malalties neurodegeneratives

www.manaqa.eu

3 Conclusions

- Els nanobiosensors permeten la monitorització simultània i in situ de diferents molècules presents en fluids corporals que estan relacionades amb malalties greus com el càncer.
- Podem modificar la superfície d'implants permanents utilitzant conceptes nanotecnològics per millorar l'adhesió i proliferació cel·lular (e.g. implants ossis).
- La robòtica aplicada a la biomedicina obre tot un món de possibilitats per al tractament no invasiu de malalties mitjançant l'ús de plataformes nanorobòtiques que són manipulades remotament.



GRÀCIES
PER LA
VOSTRA
ATENCIÓ!

www.jordisort-icrea.cat/pellicer

... Qüestions?