

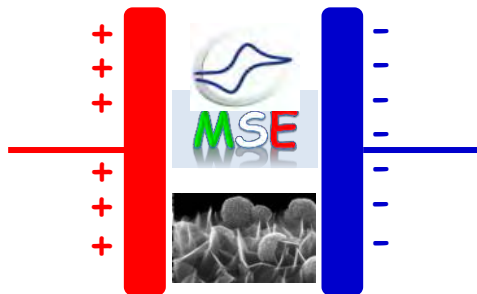
“Attività regolatoria sui nanomateriali: punto della situazione e prospettive”

PRODUZIONE DI NANOMATERIALI

Leonardo Giorgi¹, Elena Salernitano²

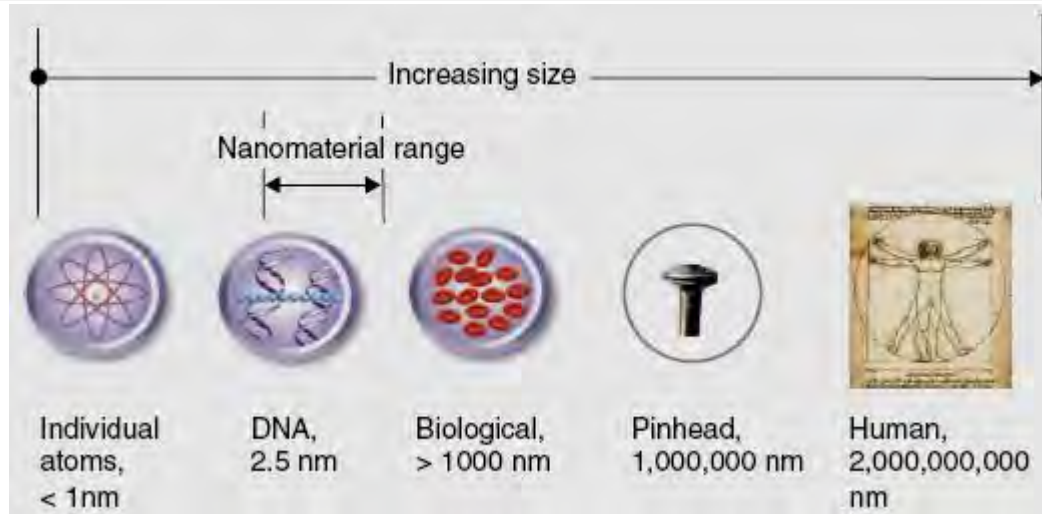
¹Scienza dei Materiali & Elettrochimica
Via Mantova 11, 00042 Anzio (Roma)
E-mail: leonardo_giorgi@libero.it

²ENEA, Unità Tecnica Tecnologie dei Materiali, Laboratori di Faenza
Via Ravennana 186, 48018 Faenza (RA), Italy



Due definizioni utili

- ✓ **Nanotecnologia** è lo studio dei fenomeni e della **manipolazione dei materiali a livello atomico e molecolare**.
- ✓ **Nanomateriali** sono quei materiali che hanno componenti strutturali con **almeno una dimensione nell'intervallo 1-100 nm**



Il 18 ottobre 2011, la Commissione europea ha adottato la seguente definizione di un nanomateriale (<http://ec.europa.eu/environment/chemicals/nanotech/>):

« Un materiale naturale, casuale o prodotto contenente particelle, in uno stato slegato o come aggregato o come agglomerato e dove, per il 50% o più delle particelle nella distribuzione delle grandezze numeriche, una o più dimensioni esterne sono nell'intervallo di grandezza 1 nm - 100 nm. In casi specifici e dove giustificato da preoccupazioni per l'ambiente, la salute, la sicurezza o la competitività la soglia di distribuzione delle grandezze numeriche del 50% può essere sostituita da una soglia tra l'1 e il 50%. »

A seconda della dimensionalità si definiscono alcune tipologie tipiche

I nanomateriali possono essere classificati come:

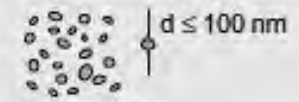
- ❖ **Zero-dimensional (0D)** ⇒ tre le dimensioni in scala nanometrica
- ❖ **Mono-dimensional (1D)** ⇒ due le dimensioni in scala nanometrica
- ❖ **Bi-dimensional (2D)** ⇒ una dimensione in scala nanometrica

Tale classificazione è basata sul numero di dimensioni che non sono confinate nel campo della nanoscala (<100 nm)

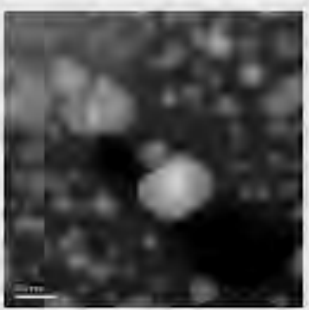
Nanomateriali tipici	Dimensioni	Materiali
(0D) Nanocristalli, cluster, quantum dots	Diametro 1-10 nm	Metalli, semiconduttori
Altre nanoparticelle	Diametro 1-100 nm	Ossidi ceramici
(1D) Nanofili	Diametro 1-100 nm	Metalli, semiconduttori, ossidi
Nanotubi	Diametro 1-100 nm	Carbonio, TiO_2 , ZnO
(2D) Matrici di nanoparticelle	Svariati nm^2 - mm^2	Metalli, semiconduttori, materiali magnetici
Superfici e film sottili	Spessore 1-1000 nm	Materiali vari inorganici e organici
(3D) Strutture tridimensionali	Diversi nm nelle tre dimensioni	Metalli, semiconduttori, materiali magnetici

0-D

All dimensions (x,y,z) at nanoscale

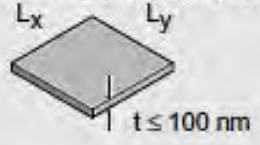


Nanoparticles

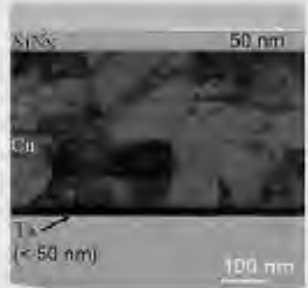


2-D

One dimension (t) at nanoscale, other two dimensions- (L_x, L_y) are not



Nanocoatings and nanofilms

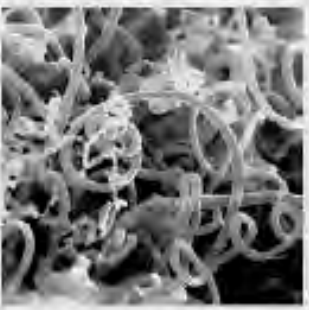


1-D

Two dimensions (x,y) at nanoscale, other dimension (L) is not

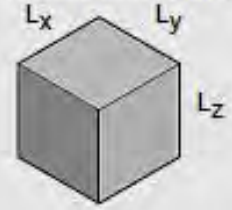


Nanowires, nanorods, and nanotubes

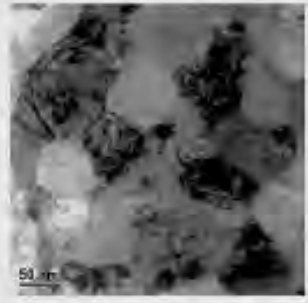


3-D

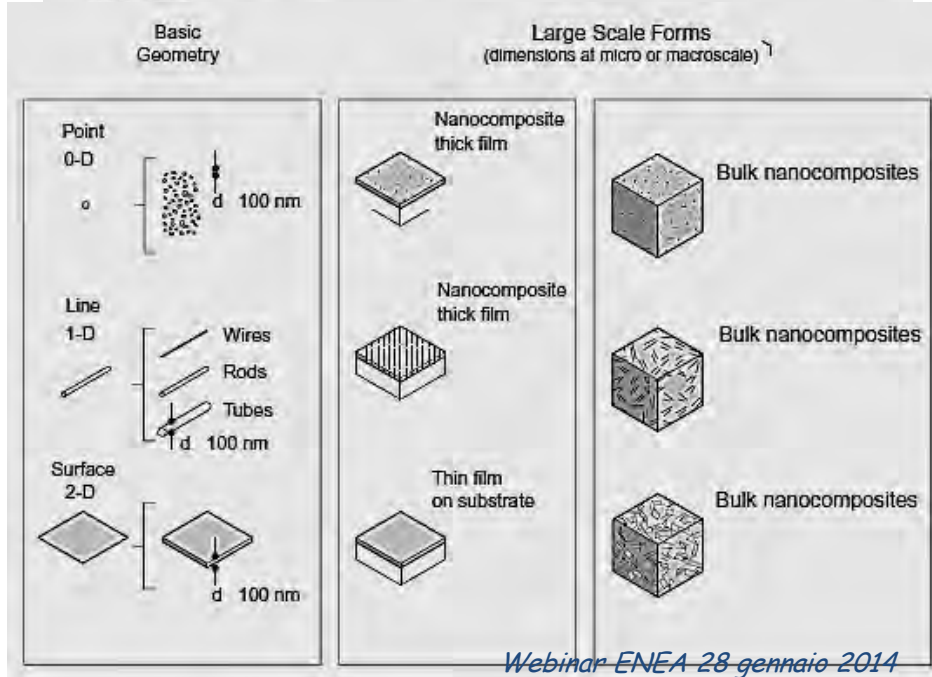
No bulk dimension at nanoscale



Nanocrystalline and nanocomposite materials



Dal nanomateriale al "bulk" 3D

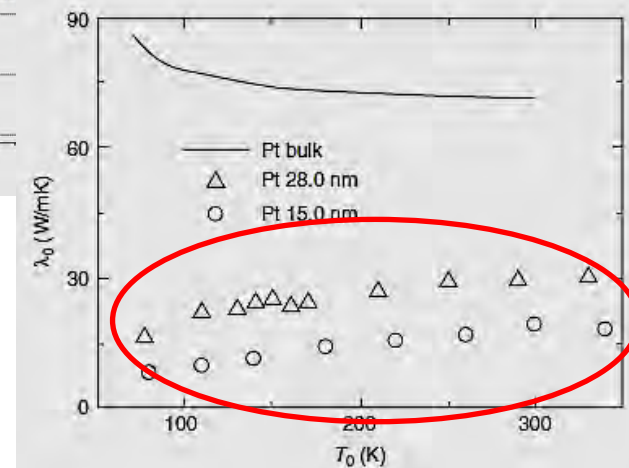
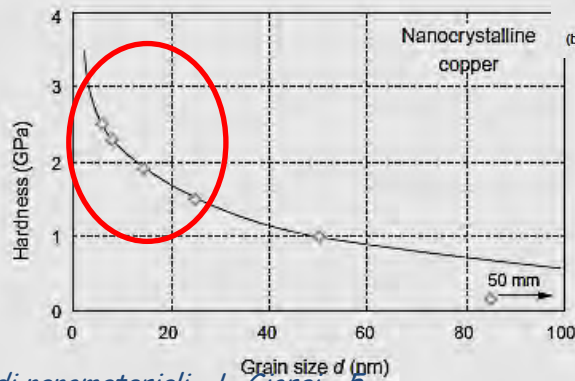
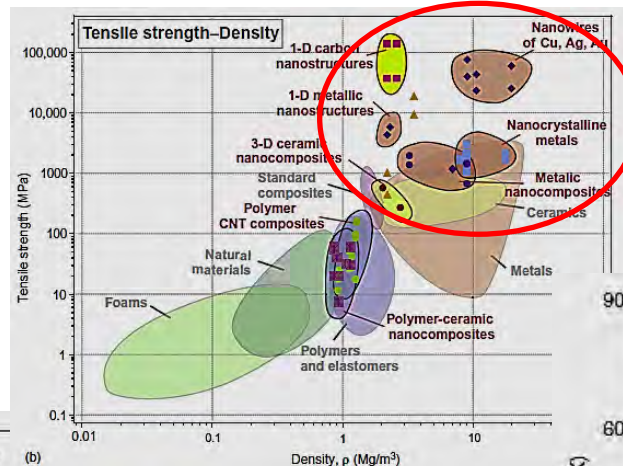
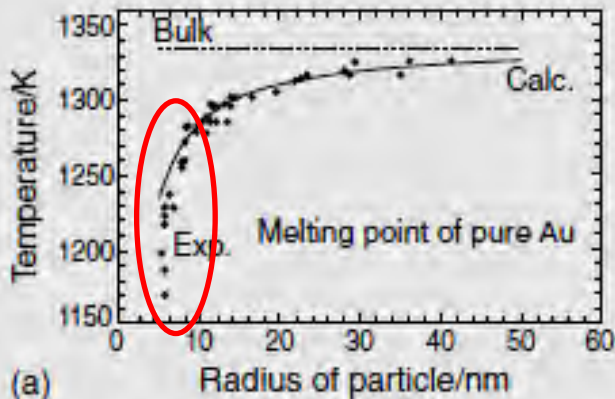


Proprietà dei materiali nanometrici

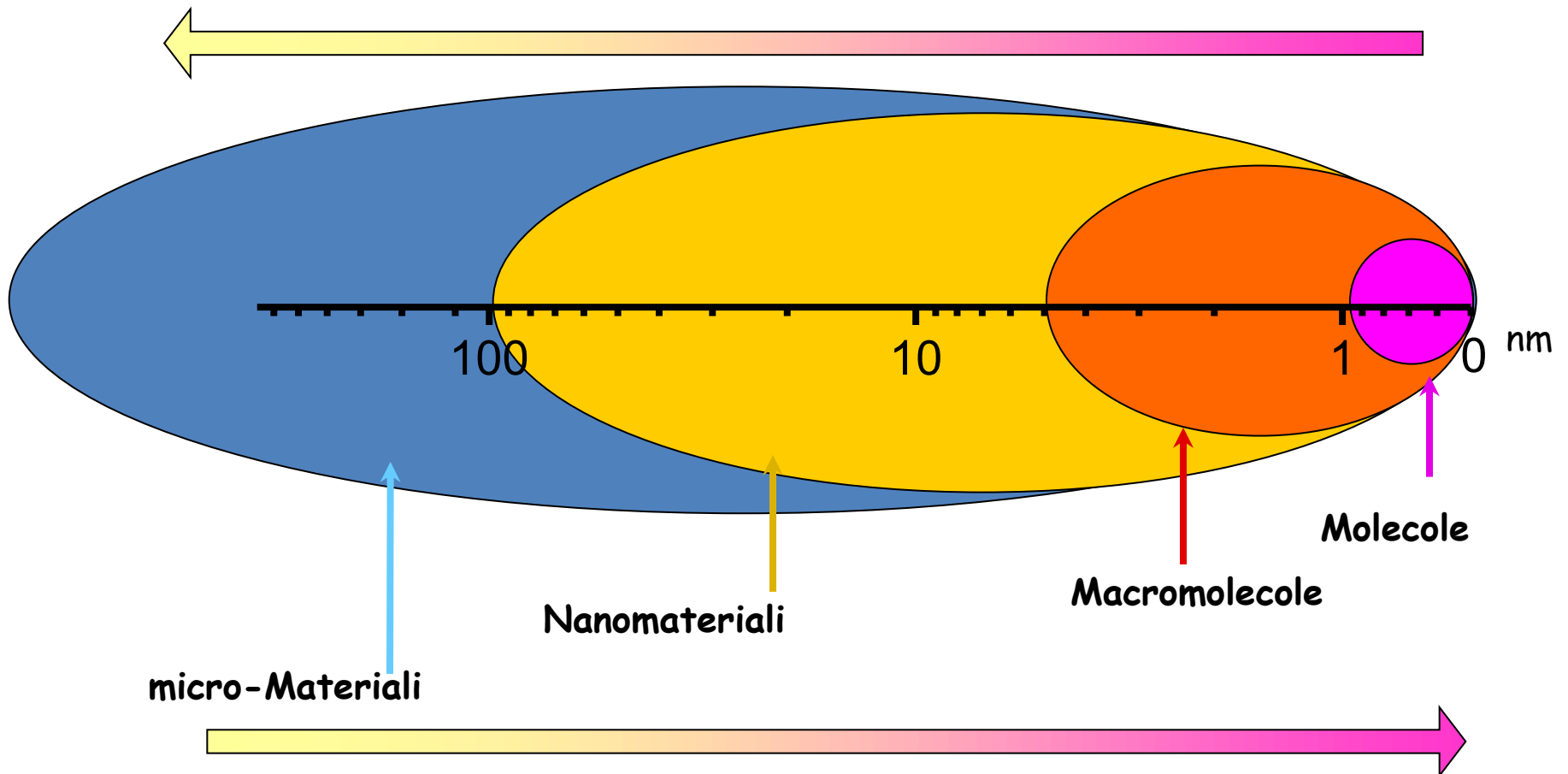
I materiali ridotti a scala nanometrica possono mostrare *proprietà differenti rispetto a quelle che esibiscono su scala macroscopica*, rendendo possibili applicazioni uniche:

- materiali **opachi** diventano **trasparenti** (rame);
- materiali **chimicamente inerti** acquistano **proprietà catalitiche** (oro, nichel, ferro);
- materiali **stabili** diventano **combustibili** (alluminio);
- materiali **isolanti** diventano **conduttori** (silicio).

Tali cambiamenti sono legati ad effetti quantistici quali: variazione della struttura elettronica, elevato numero di atomi superficiali, aumento dei "dangling bond", band gap



Bottom-up approach (approccio chimico): mettendo assieme atomo dopo atomo o molecola dopo molecola. A questo scopo viene sfruttata la capacità che hanno certi atomi o molecole di autoassemblarsi in ragione della loro natura e di quella del substrato.



Top-down approach (approccio fisico): creazione di strutture molto piccole partendo da oggetti più grandi, per esempio mediante etching per creare circuiti sulla superficie di un microchip di silicio

Produzione di particelle nanofasiche

Metodi in fase vapore

- PVD
- CVD
- PECVD

Metodi in fase gas

- Pirolisi in fiamma
- Ablazione laser
- Sintesi in plasma con RF & MW
- Plasma spray

Metodi chimici

- Sol-gel
- Chimica colloidale
- Sintesi idrotermica
- Sintesi organica
- Sintesi elettrochimica
- Elettrodeposizione
- Sonochimica
- Autoassemblaggio

Metodi allo stato solido

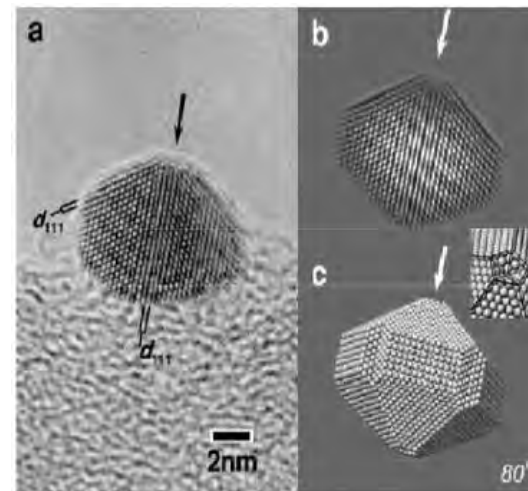
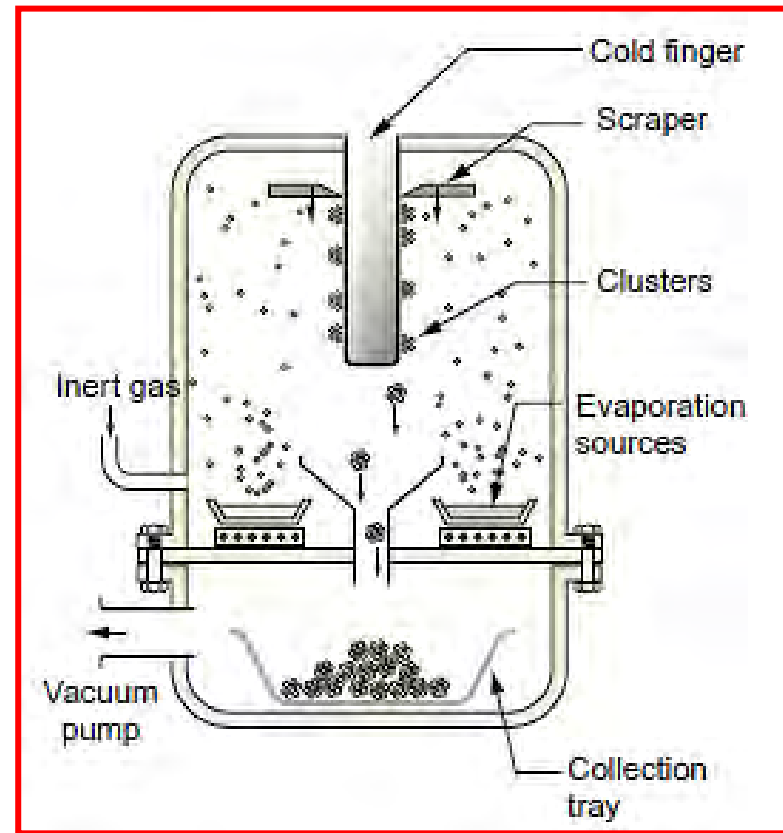
- Alligazione meccanica
- Sintesi meccanochimica
- Macinazione

Tecnologie di produzione dei nanomateriali

	Classe 1 Nano-oggetti discreti	Classe 2 Nanomateriali superficiali	Classe 3 Materiali bulk nanostrutturati
0D 3 dimensioni su nanoscala	<ul style="list-style-type: none"> • Condensazione in gas inerte • Evaporazione • Metodi colloidali 	<ul style="list-style-type: none"> • PVD, CVD 	<ul style="list-style-type: none"> • Estrusione equiangolare • Crio-milling • Consolidamento di nanoparticelle per sintering
1D 2 dimensioni su nanoscala	<ul style="list-style-type: none"> • Crescita direzionale • Templating 	<ul style="list-style-type: none"> • Metodi litografici 	<ul style="list-style-type: none"> • Incorporazione di nanotubi e nanofili in matrici polimeriche o metalliche
2D 1 dimensione su nanoscala	<ul style="list-style-type: none"> • Beating • Elettrodeposizione • PVD, CVD • Film autoassemblati 	<ul style="list-style-type: none"> • Elettrodeposizione • PVD, CVD 	<ul style="list-style-type: none"> • PVD, CVD • Elettrodeposizione ciclica

Condensazione con gas inerte (materiali OD)

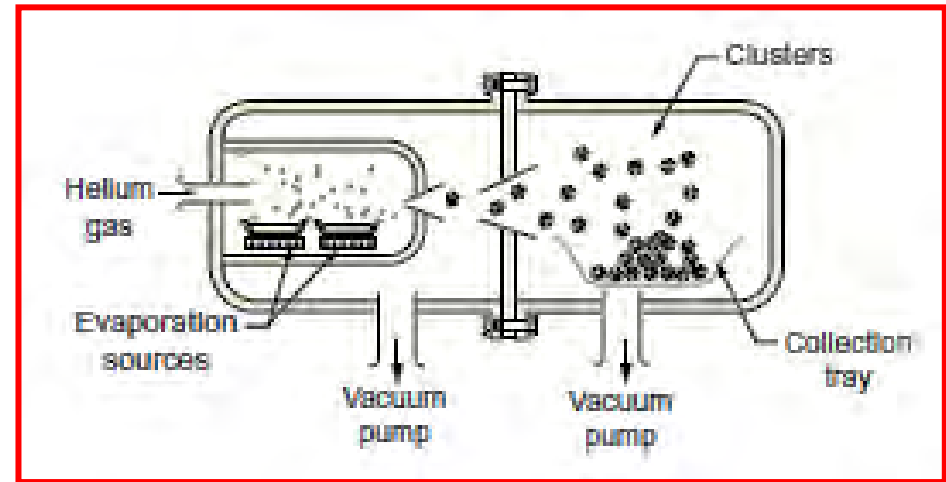
- Il **materiale inorganico** è vaporizzato in una camera sotto vuoto in cui viene immesso **Ar o He**
- **Sorgente del vapore**: navicella di evaporazione, target per sputtering, target per laser ablation
- Quando gli atomi evaporano, perdono energia collidando con il gas inerte
- Il **vapore si raffredda rapidamente** e supersatura per formare **nanoparticelle fra 2 e 100 nm**, che vengono raccolte su un «dito freddo» raffreddato con N_2 liquido
- Le particelle vengono raccolte sotto gas inerte
- Le particelle di **leghe** vengono prodotte con sorgenti multiple
- Il problema principale con questo metodo è l'agglomerazione delle particelle, che può essere controllata regolando i parametri di processo e utilizzando un opportuno substrato di deposizione



Nanoparticelle dodecaedriche di Au depositate su un film amorfo di carbonio
[Koga et al., Surf. Sci., 529(2003) 23]

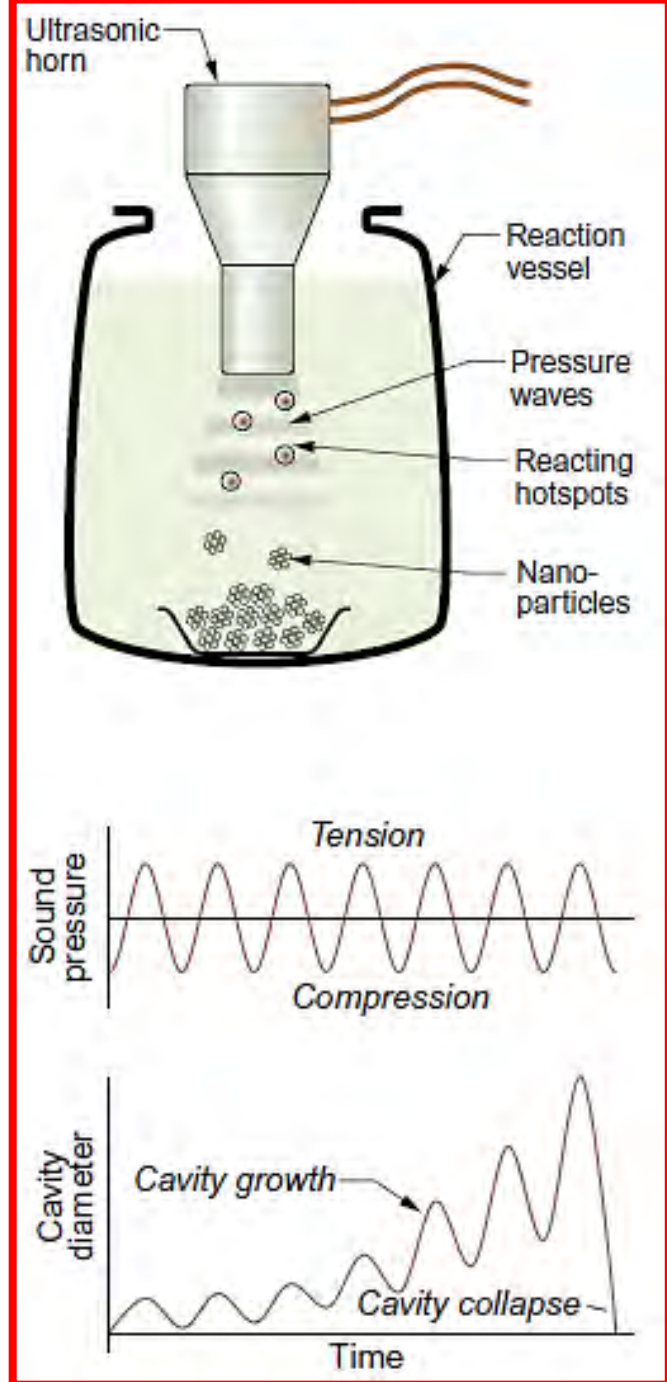
Espansione in gas inerte (free-jet) (OD)

- Il **materiale inorganico** è vaporizzato in una camera sotto vuoto in cui viene immesso Ar o He
- Sorgente del vapore: navicella di evaporazione, target per sputtering, target per ablazione laser
- Gli atomi evaporati vengono trasportati dal flusso ad alta pressione di Ar o He e la **miscela espansa**, attraverso un ugello, a **velocità supersonica** in una camera a bassa pressione
- L'espansione adiabatica porta ad un raffreddamento improvviso con **formazione di cluster di pochi nanometri**
- Anche in questo caso il problema può essere l'agglomerazione, che può essere controllata con la velocità di evaporazione ed il flusso di Ar o He



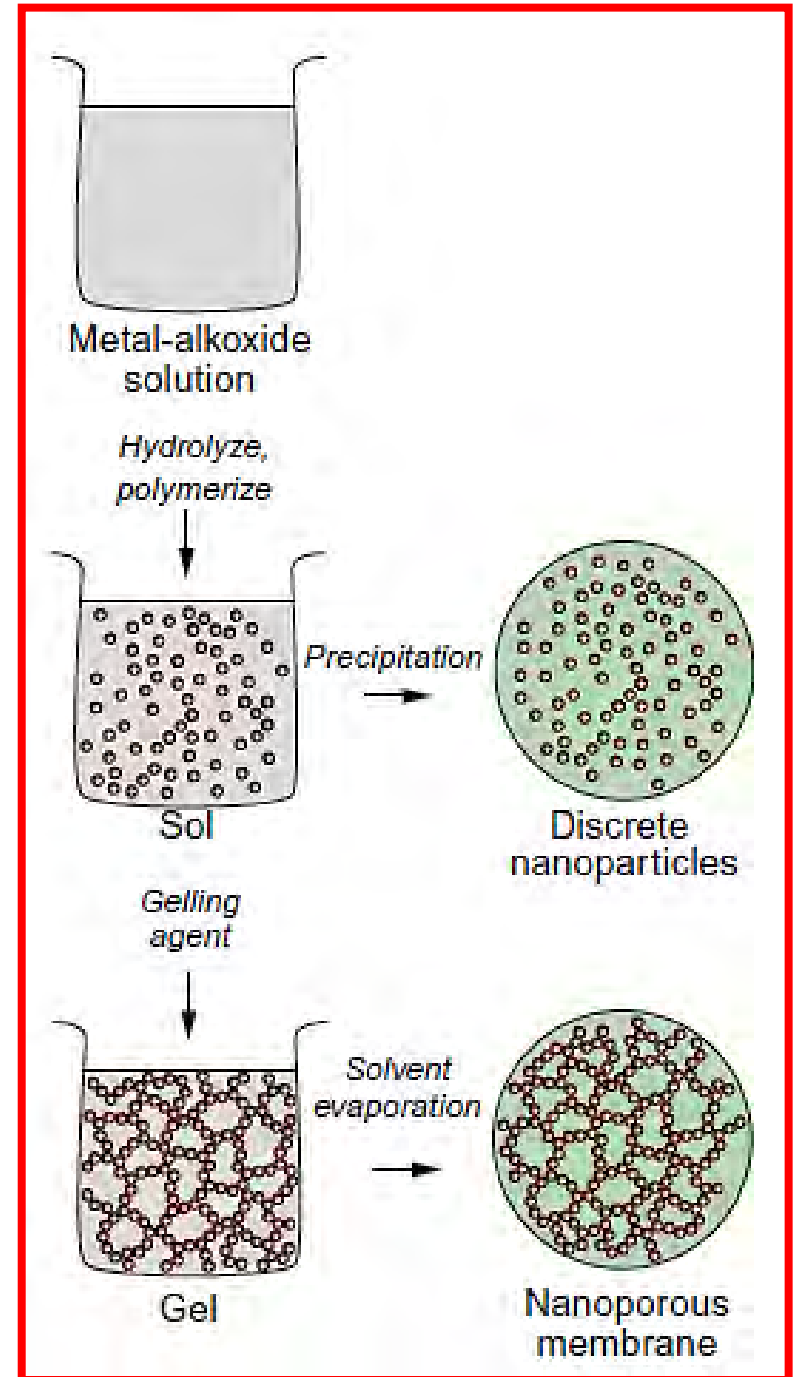
Trattamento sono-chimico (OD)

- Si utilizzano gli ultrasuoni per nucleare una reazione chimica
- Campo di frequenza: 15 kHz÷1 GHz
- Si impiega un trasduttore magnetostrittivo o piezoelettrico («horn») per generare onde ultrasoniche in un recipiente di reazione riempito di liquido
- Tali onde non sono di dimensioni molecolari, perciò non vi è un accoppiamento diretto del campo acustico con le specie chimiche, ma le reazioni avvengono per cavitazione
- Temperatura: fino a 5000 °C
- Pressione: circa 2000 atm
- Il collasso della cavità innesca la reazione chimica
- La dimensione dello «spot» cavitazionale determina la dimensione delle particelle prodotte (fino a 2 nm)
- Può essere impiegato per produrre grandi volumi di materiale per applicazioni industriali



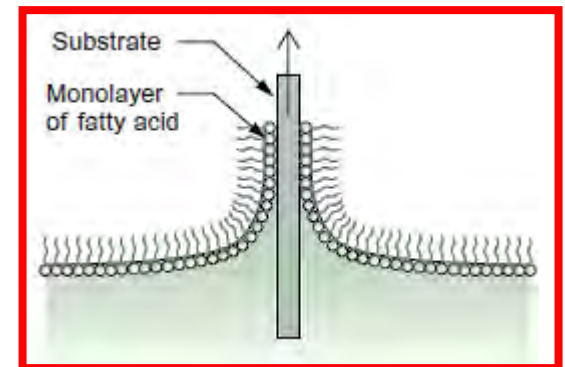
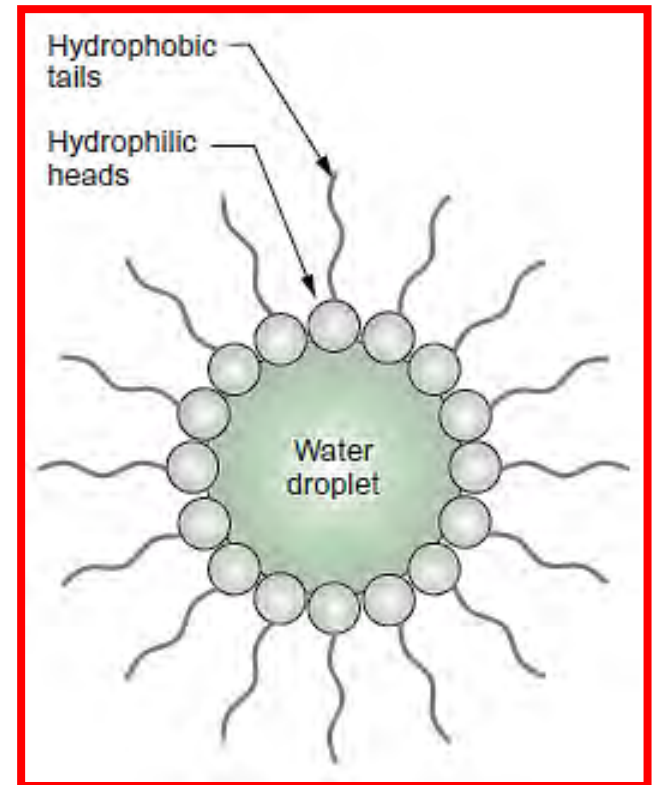
Deposizione sol-gel (OD)

- Metodo adatto ad ottenere particelle ultrafine, nanofilm e membrane nanoporose
- Precursori: sali metallici inorganici, composti metallo-organici (ioni di alcossidi metallici con leganti organici)
- I precursori vengono sottoposti a polimerizzazione per formare una sospensione colloidale (sol)
- Il sol può essere trattato per estrarre le particelle o può essere colato o depositato per «spin coating» su un substrato
- Quindi viene convertito in gel mediante trattamento chimico che produce un «superpolimero» nella forma di un reticolo 3D
- L'evaporazione del solvente lascia un denso film nanoporoso
- È un metodo molto utilizzato per produrre: vernici, ceramiche, cosmetici, detergenti, materiali tubolari



Autoassemblaggio molecolare (self-assembly) (0D)

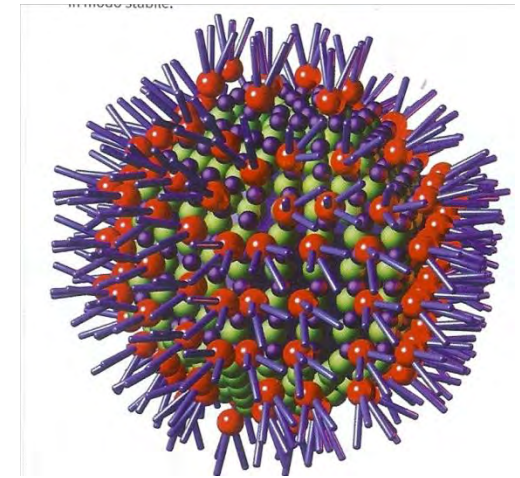
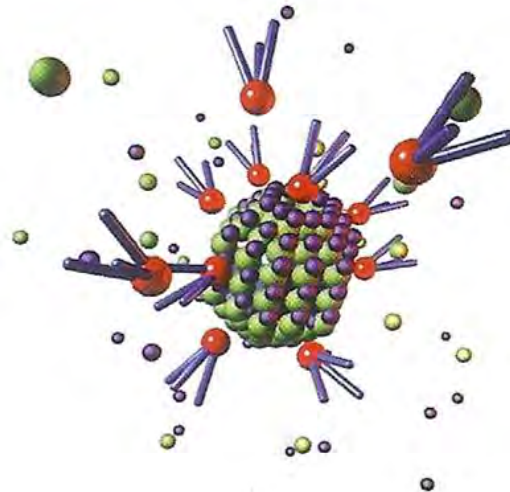
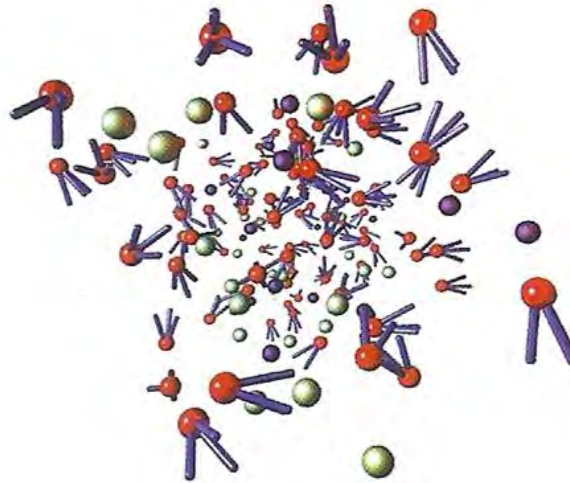
- Si basa sull'auto-organizzazione di molecole organiche
- Viene utilizzato per la cristallizzazione
- È necessario creare le condizioni per un autoassemblaggio, in strutture utilizzabili, guidate da una minimizzazione dell'energia
- Il grande vantaggio risiede nel fatto che il sistema converge verso una configurazione specifica senza la necessità di un controllo ulteriore
- Le molecole autoassemblate formano spontaneamente delle micelle con una dimensione che dipende dalla concentrazione delle molecole anfifiliche in soluzione
- Il centro della micella agisce come una camera per le reazioni chimiche e pertanto determina la dimensione delle nanoparticelle che si generano
- Con la tecnica Langmuir-Blodgett è possibile l'autoassemblaggio di nanofilm 2D
- Si crea un monostrato di acido grasso sulla superficie dell'acqua



Autoassemblaggio di punti quantici (quantum dot)

Una reazione chimica unisce ioni cadmio (viola), ioni selenio (verde) e molecole organiche (rosso con code blu)

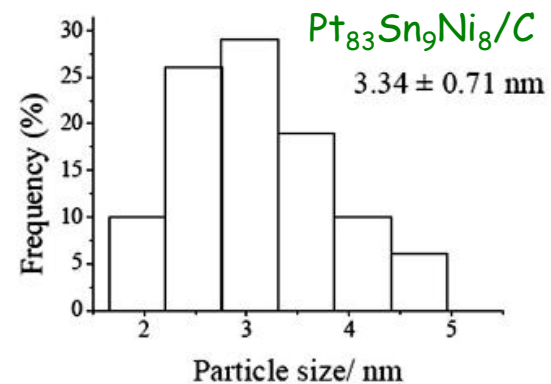
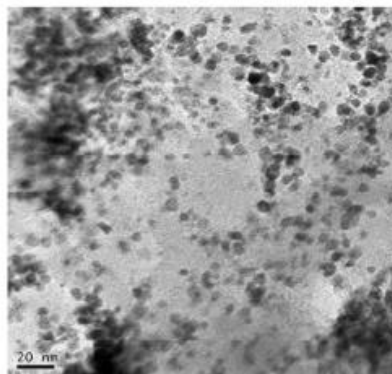
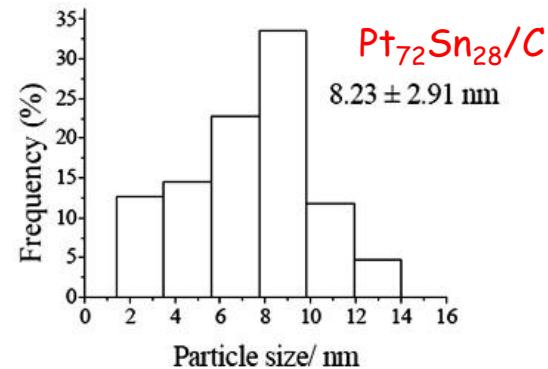
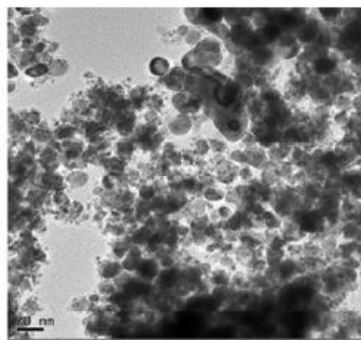
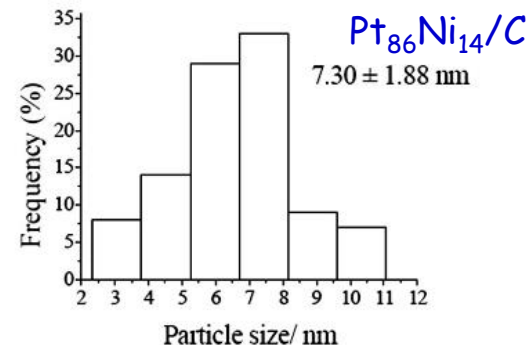
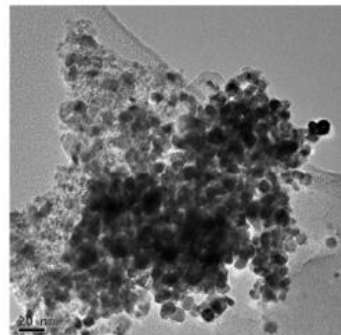
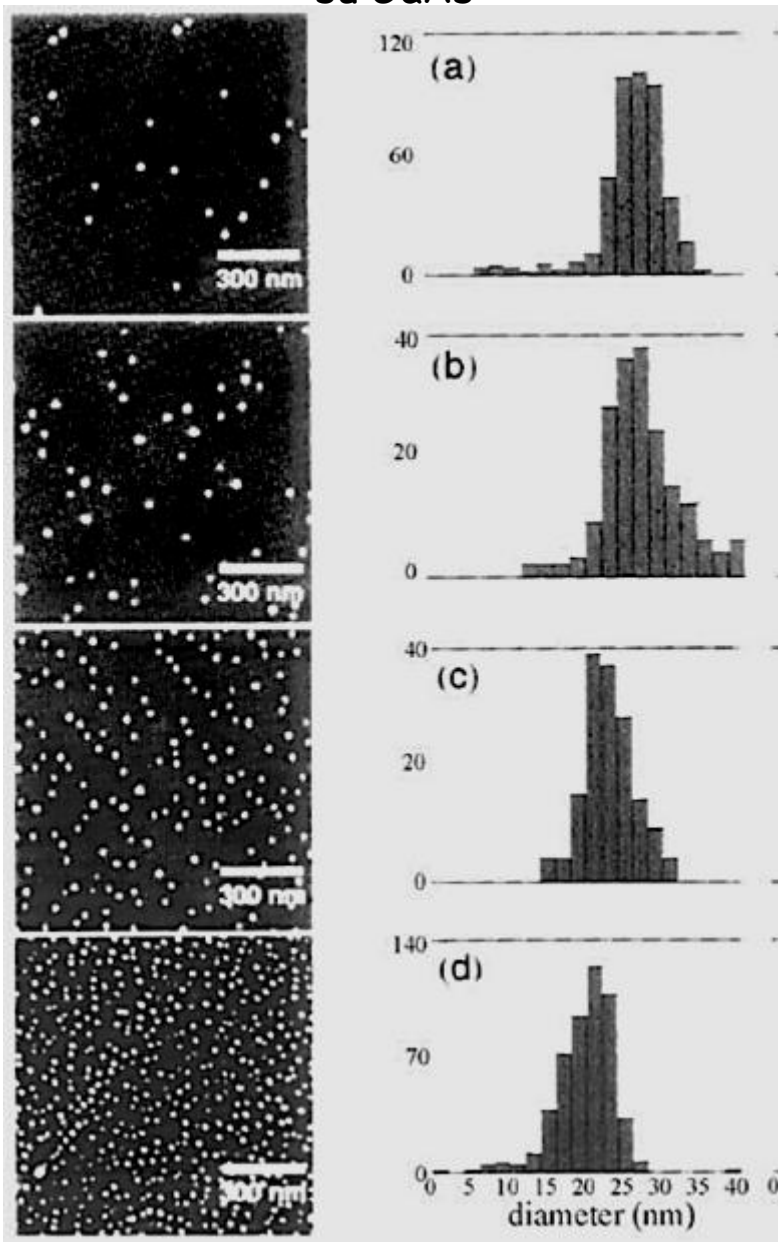
Le molecole organiche agiscono come tensioattivi e si legano sulla superficie dei cristalli di seleniuro di cadmio



Quando il cristallo raggiunge la propria dimensione ottimale, le molecole organiche ne rivestono la superficie impaccandola in modo stabile

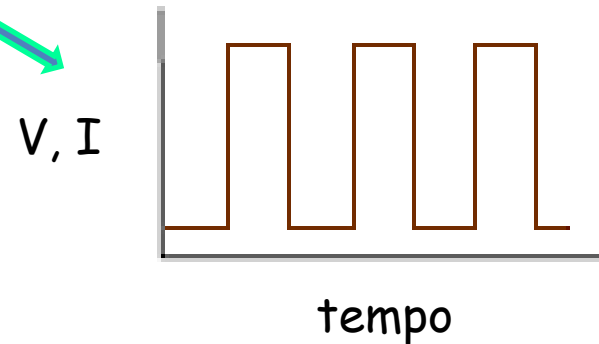
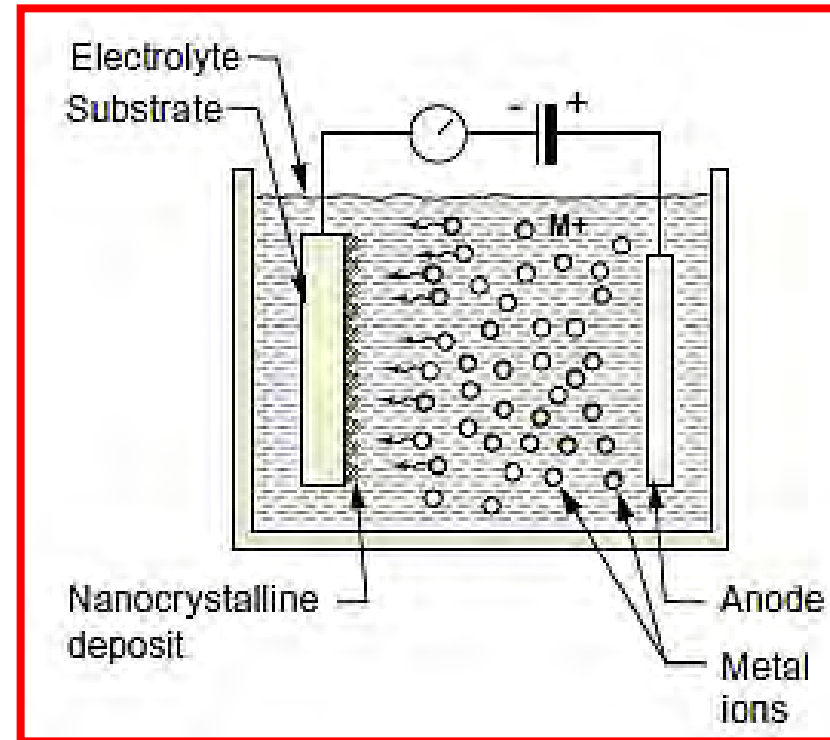
AFM e distribuzione dimensionale di nanocristalli di InAs autoassemblati su GaAs

TEM e distribuzione dimensionale di catalizzatori depositati per sol-gel su carbon black

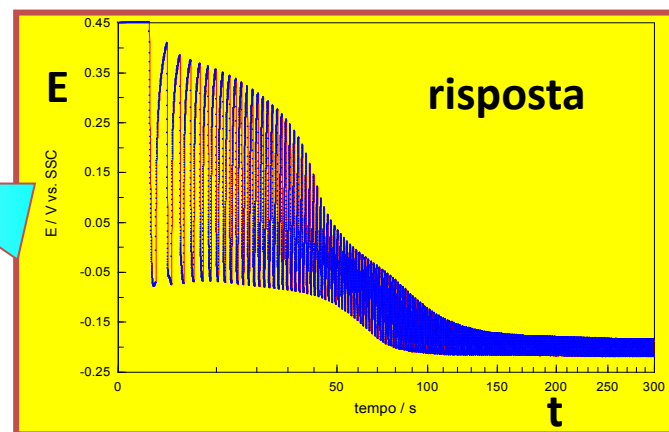
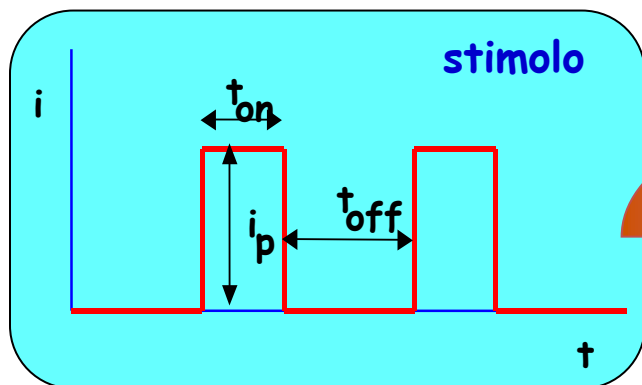
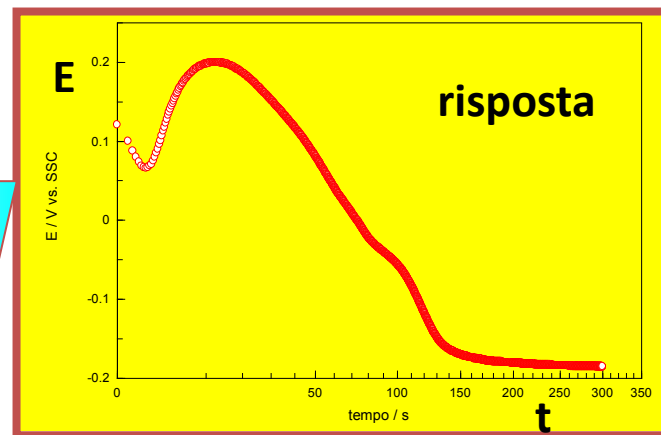
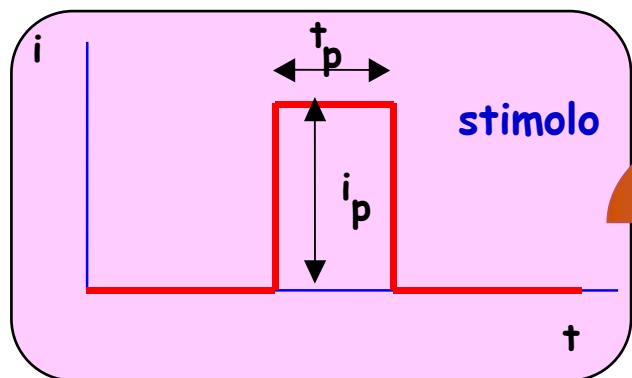
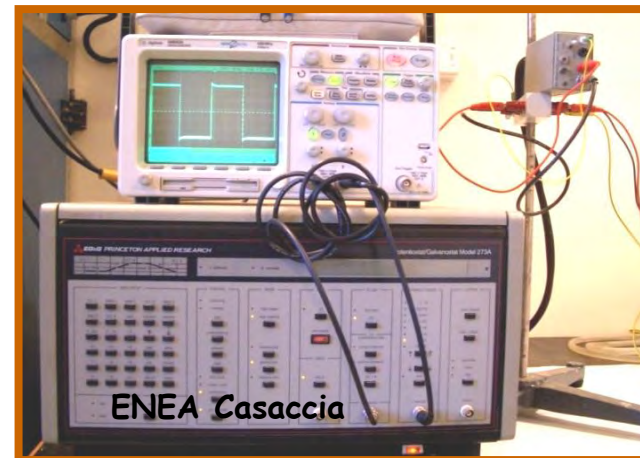
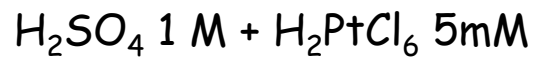


Elettrodeposizione (1D/2D)

- Consente la deposizione di strati metallici o di leghe, a partire da ioni in soluzione, su un catodo
- La velocità di deposizione è proporzionale alla corrente applicata
- È un processo semplice, veloce, economico e consente la formazione di film su strutture con forme complesse
- Lo spessore dello strato dipende dalla densità di corrente e dal tempo di elettrolisi
- Il deposito può essere staccato dal substrato, se quest'ultimo è in qualche modo solubilizzabile
- Variando i parametri di elettrodeposizione (densità di corrente, densità di carica, tempo) e applicando la polarizzazione in maniera impulsiva è possibile controllare la morfologia del deposito: film compatto nanostrutturato, film nanoporoso, strutture colonnari, nanotubi, nanoparticelle separate fra loro

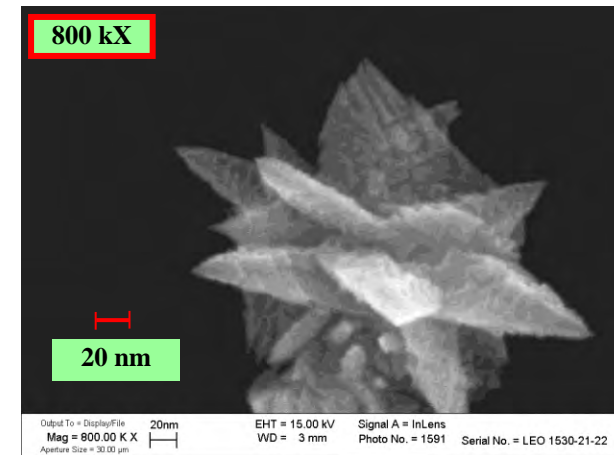
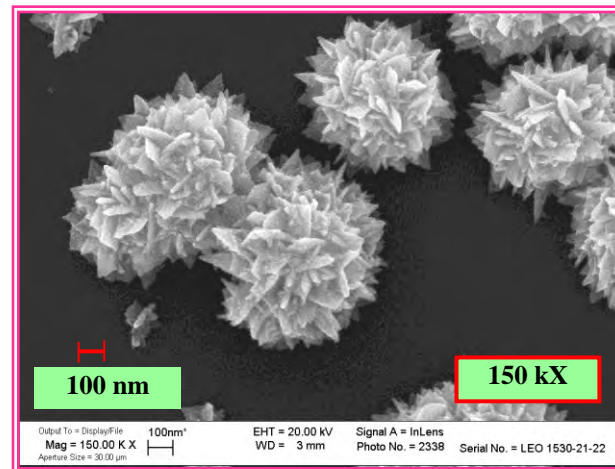
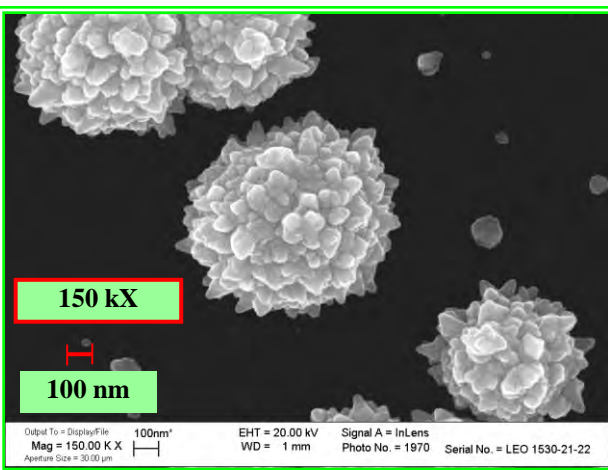
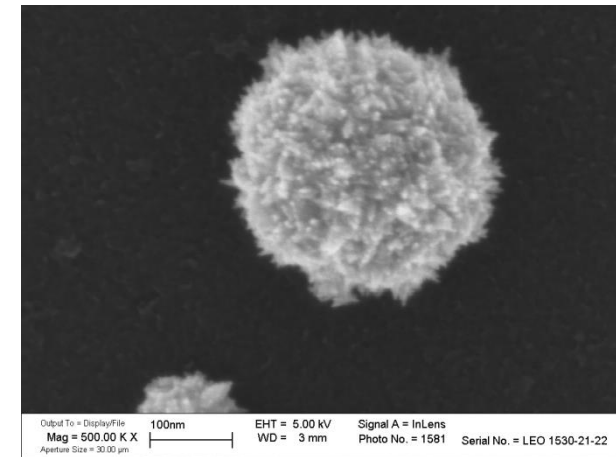
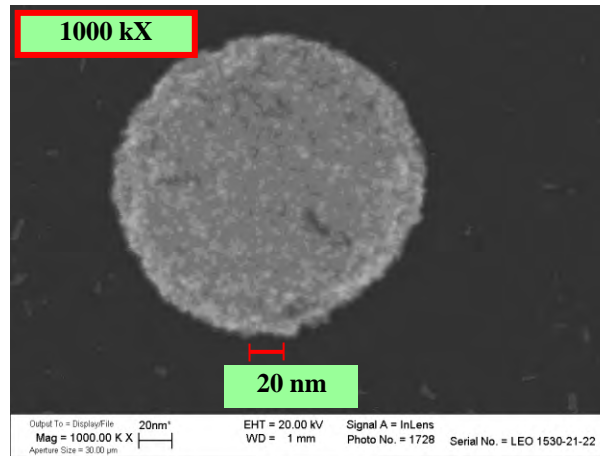
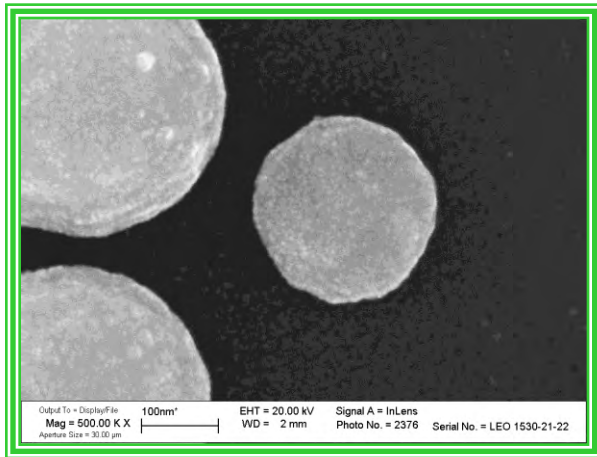
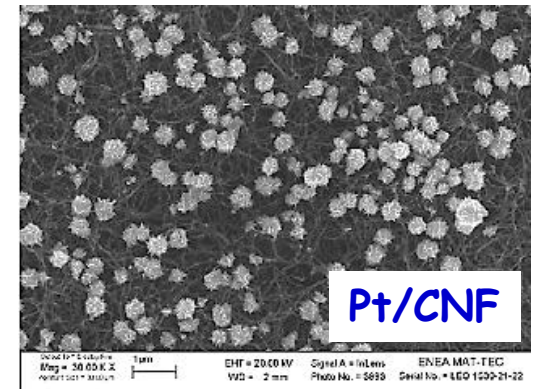
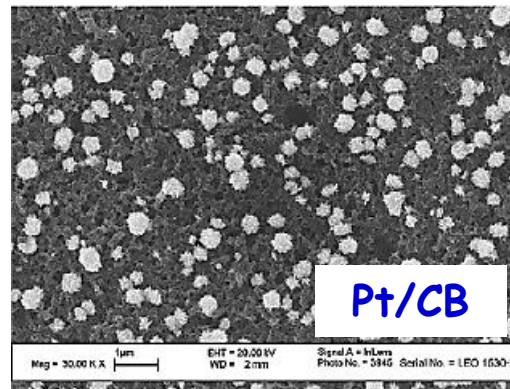


Elettrodeposizione galvanostatica di platino su elettrodo poroso di carbon black (CB) e nanotubi di carbonio (CNT)



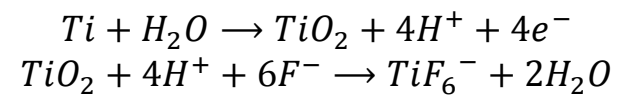
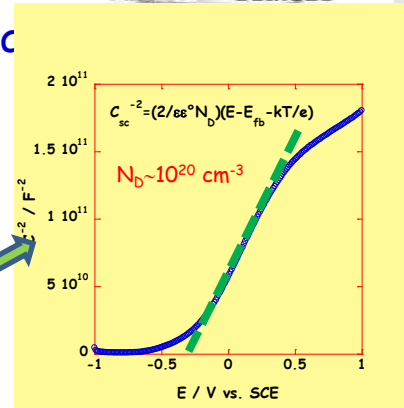
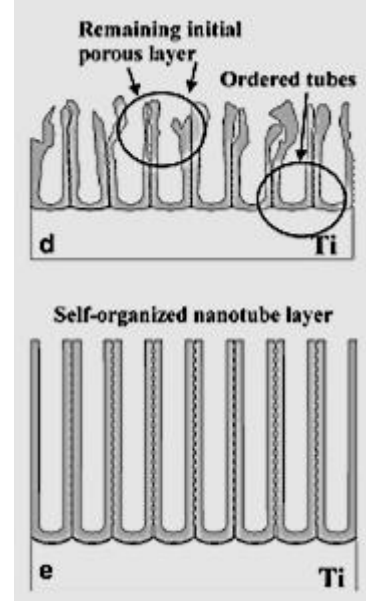
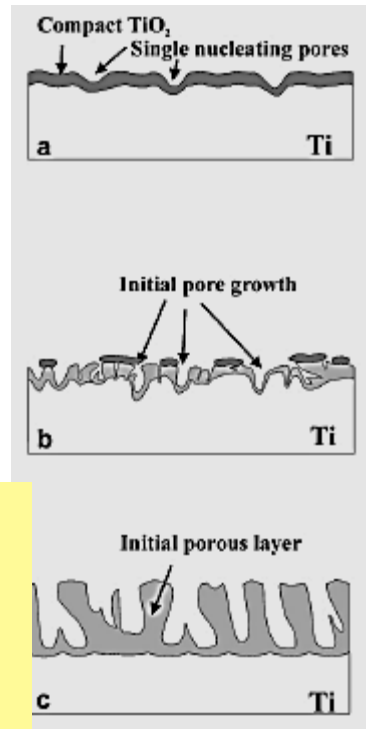
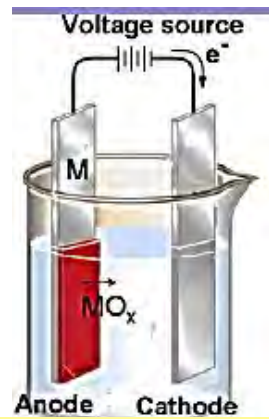
Microstrutture del Pt elettrodepositato su CB e CNT

C. Paoletti, A. Cemmi, L. Giorgi, R. Giorgi, L. Pilloni, E. Serra, M. Pasquali, J. Power Sources, 183 (2008) 84

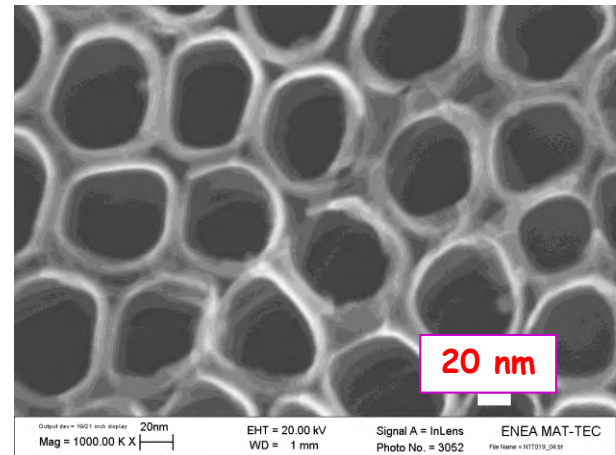
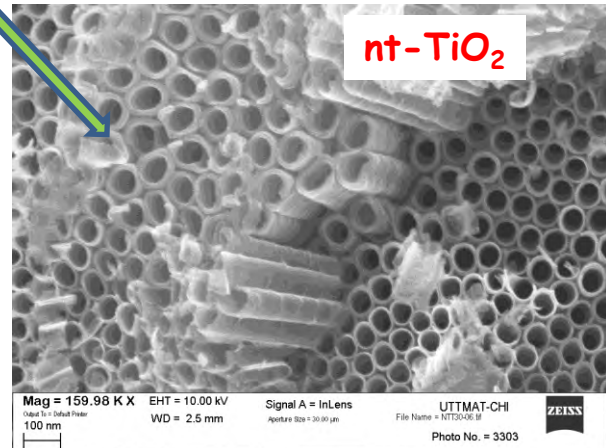


Sintesi elettrochimica di nanotubi (1D)

- ❖ Si tratta di un processo «bottom-up» di formazione di nanotubi, mediante ossidazione elettrochimica in un elettrolita contenente ioni fluoruro, in tre fasi
 - ✓ Crescita anodica di un ossido compatto sul metallo
 - ✓ Formazione di un ossido poroso
 - ✓ Dissoluzione chimica dell'ossido da parte degli ioni F^- assistita dal campo elettrico

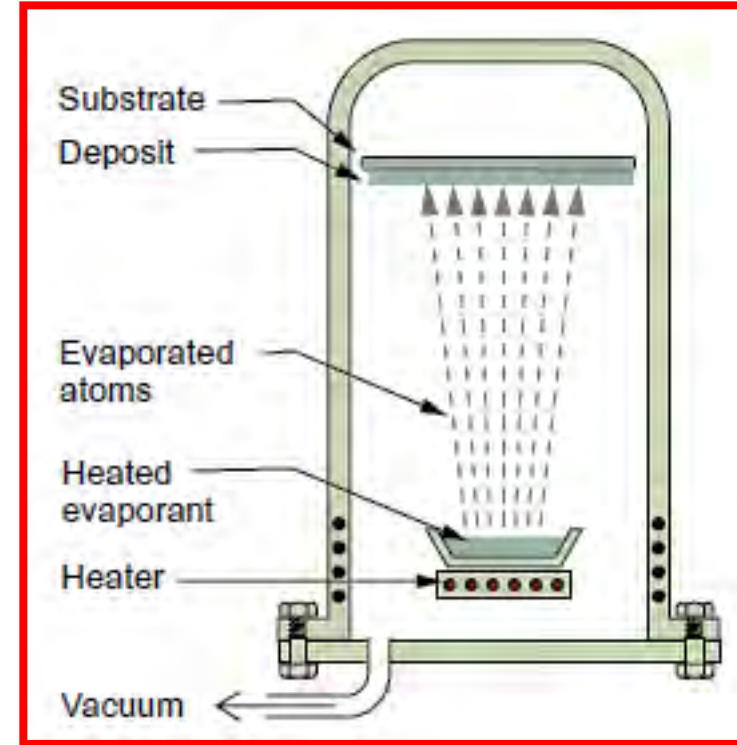


- ❖ Nel caso di TiO_2 si ottiene un semiconduttore di tipo n con nanotubi che raggiungono lunghezze di decine di μm e diametro fra 20 e 100 nm
- ❖ I nanotubi di TiO_2 trovano impiego in: celle solari a sensibilizzante organico, celle a combustibile, sensori di gas, batterie, foto-abbattimento di inquinanti organici



Physical vapor deposition (PVD) (0D/2D)

- Uno strato sottile di materiale viene depositato da fase vapore su un substrato
- Il vapore viene creato in una camera sotto vuoto per riscaldamento diretto o mediante un fascio elettronico del metallo
- Il metallo in fase vapore condensa sul substrato freddo
- Nel caso di PVD assistita da «ion plating», il vapore viene ionizzato e accelerato dal campo elettrico (sorgente catodo e substrato anodo)
- Nel PVD «sputtering», ioni argon vengono accelerati dal campo elettrico sul target il quale emette ioni verso il substrato dove vengono neutralizzati
- Introducendo un gas reattivo si possono formare composti (ad es.: $Ti + 0.5N_2 \rightarrow TiN$)
- Pressochè ogni metallo o composto che non si decompone chimicamente può essere depositato per «sputtering», rendendo questo processo molto flessibile
- I «target» possono essere cambiati durante il processo, consentendo la costruzione di multistrati nanostrutturati

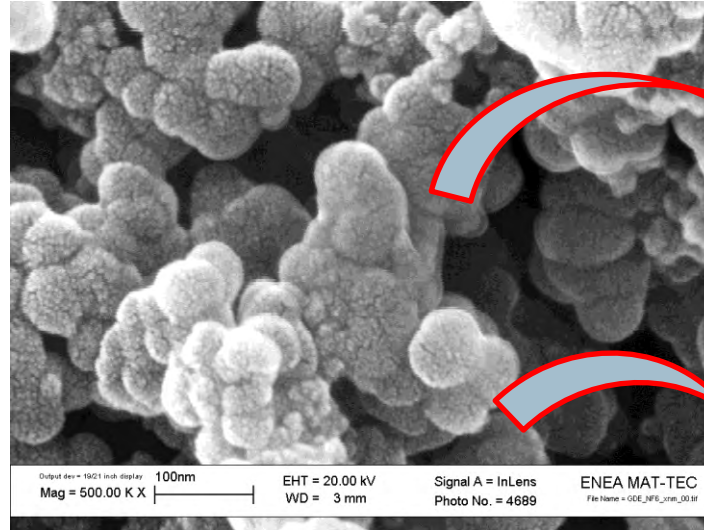


- Processo industriale per rivestimenti protettivi, antiusura e catalitici

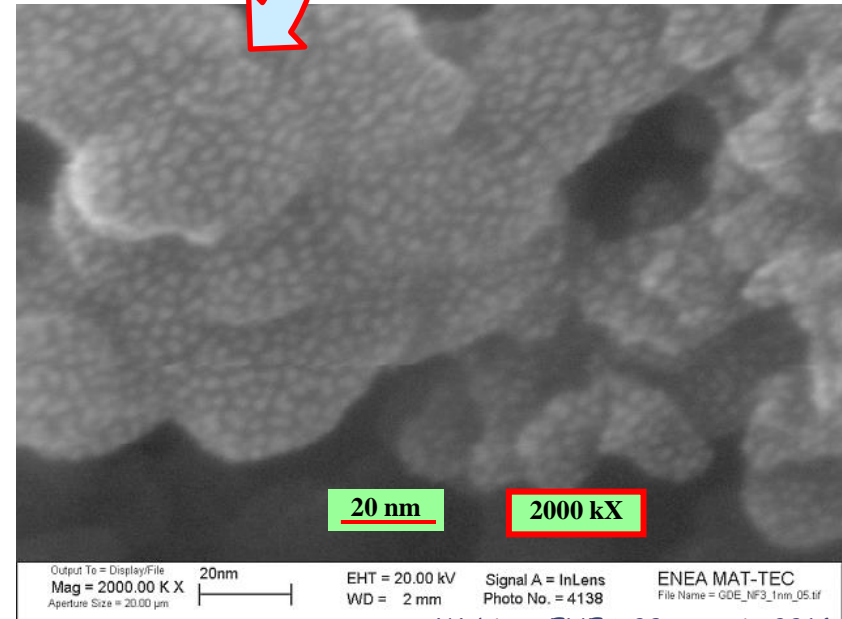
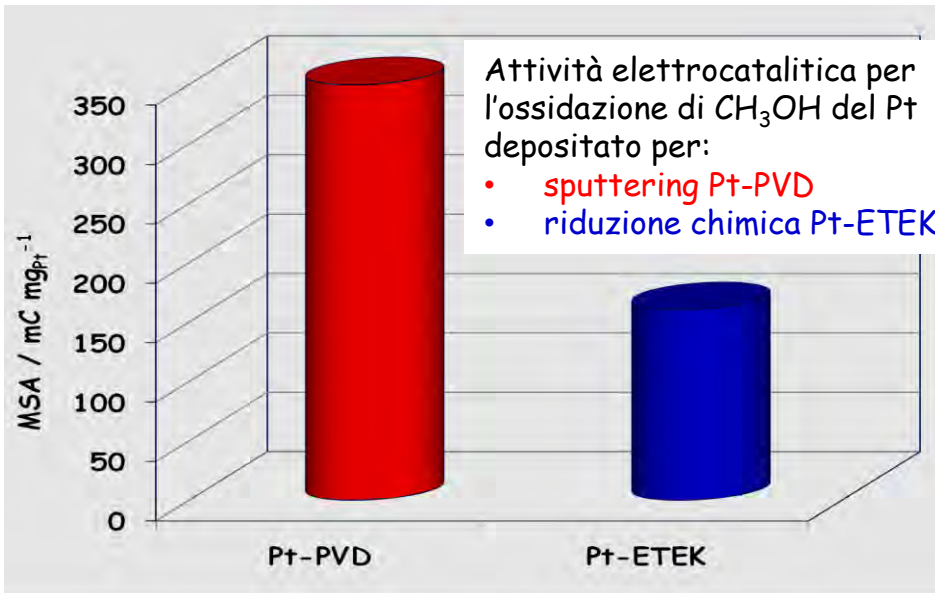
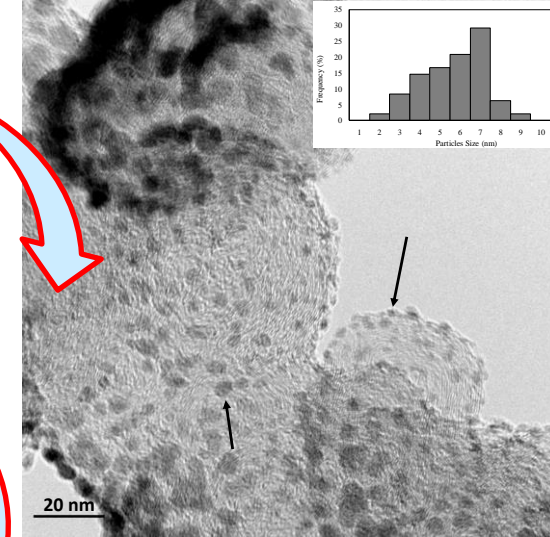


DC/RF magnetron sputtering di platino su un elettrodo poroso per celle a combustibile

- M. Alvisi, G. Galtieri, L. Giorgi, R. Giorgi, E. Serra, M.A. Signore, Surf. Coat. Technol., 200 (2005) 1325
- R. Giorgi, L. Giorgi, S. Gagliardi, E. Salernitano, M. Alvisi, Th. Dikonimos, N. Lisi, D. Valerini, M.F. De Riccardis, E. Serra, J. Fuel Cell Sci. & Technol., 8 (2011) 041004-1

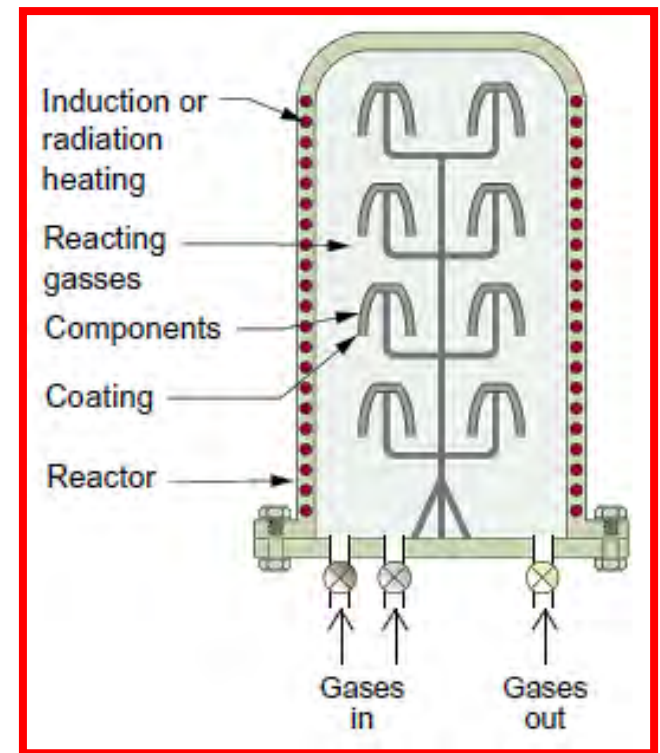


Pt su nanoparticelle di carbon black

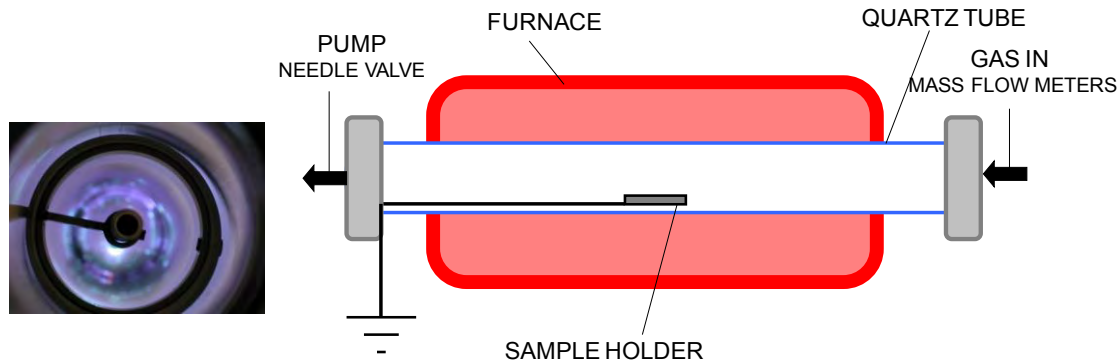


Chemical vapor deposition (CVD) (0D/2D)

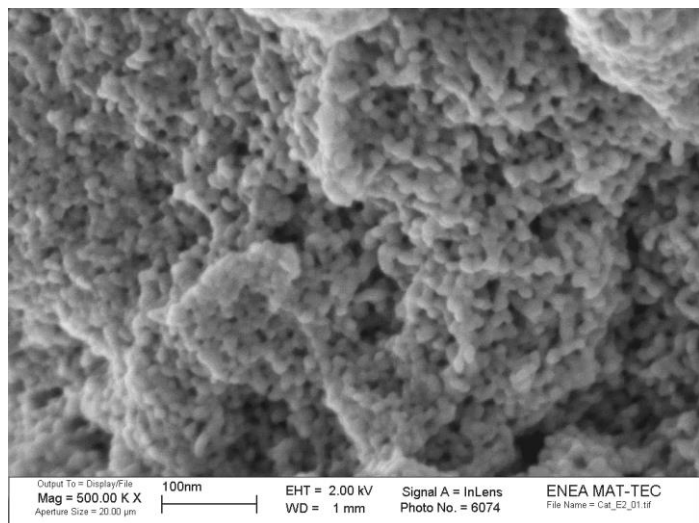
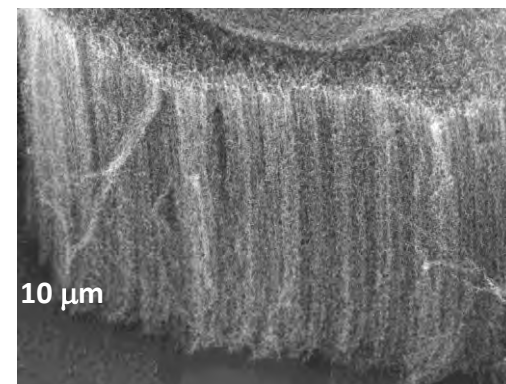
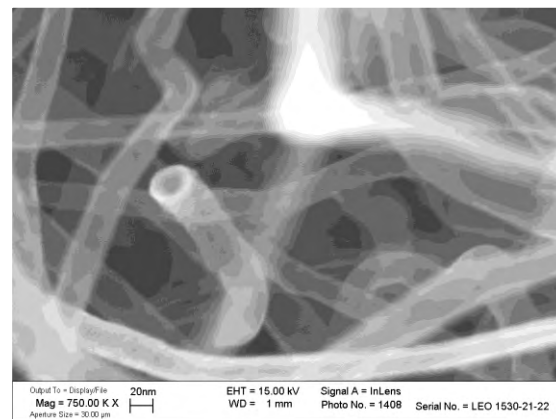
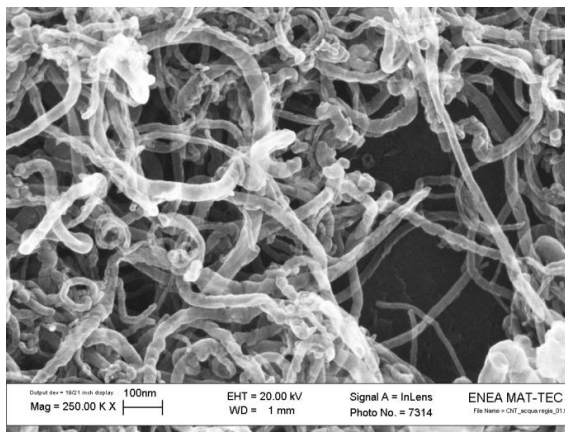
- Una miscela di reagenti gassosi viene portata in contatto con la superficie da rivestire o con cui reagire, dove si decompone
- Il deposito può essere formato per reazione fra i gas precursori in fase vapore o per reazione fra un vapore ed il substrato
- È un processo che richiede alte temperature (600-900 °C)
- La MOCVD è una variante in cui si usano come precursori dei composti metallo organici che si decompongono a bassa temperatura (500 °C)
- Se le reazioni chimiche in fase vapore sono attivate mediante un plasma o un fascio laser si ha la PECVD o la LCVD
- Processo industriale per produzione continua, di massa e di elevata purezza (ad es. di nanotubi di carbonio)



Crescita di nanotubi di carbonio (CNT) mediante DC Plasma Enhanced Thermal CVD



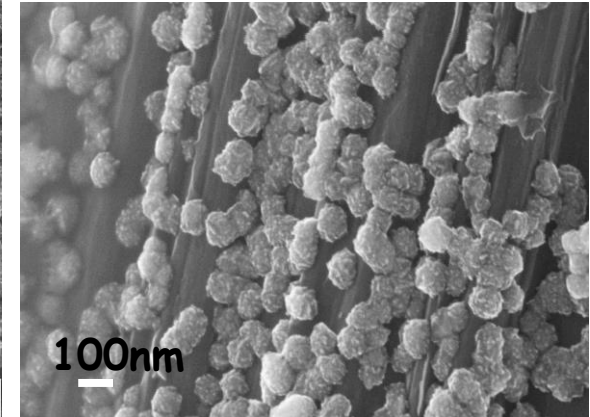
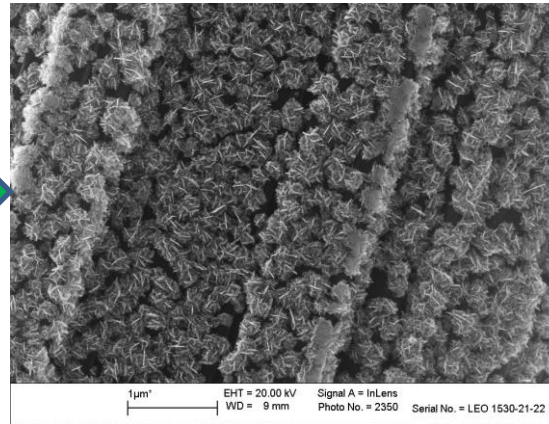
- Flussimetri a controllo digitale
- Coppia di elettrodi
- Precursori: H_2 e CH_4
- Forno orizzontale
- Tubo di quarzo coassiale al forno
- Pompa rotativa



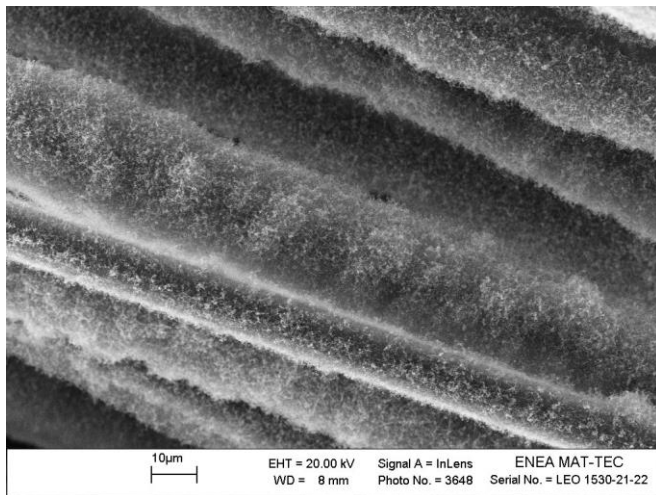
Micro-agglomerati di nanoparticelle (~10 nm) di catalizzatore $Al_{2-2x}Fe_{2x}O_3$ ottenuto per co-precipitazione chimica

Rinforzo multiscala per compositi fibrosi a matrice polimerica: nanotubi di carbonio (CNT) su fibre di carbonio tipo PAN

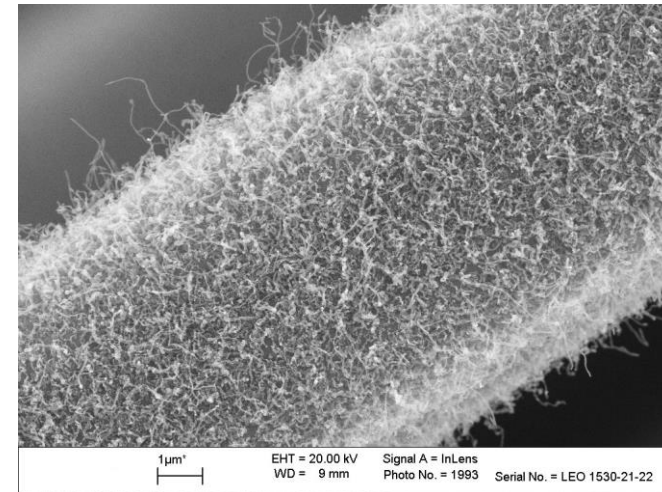
deposizione
elettrochimica
↓
deposizione diretta
di nanoparticelle di
Ni



superficie dei cluster di Ni nanostrutturati
elevata densità, diametro > 100nm



CNT su fascio di fibre di carbonio
mediante PECVD



CNT su singola fibra di carbonio

Crescita di nanofibre di carbonio (CNF) mediante DC Plasma Enhanced Thermal CVD

Flow sheet della crescita CNF:

1. Deposizione del catalizzatore
2. Pre-trattamento
3. Processi di sintesi da CH_4/H_2 e crescita

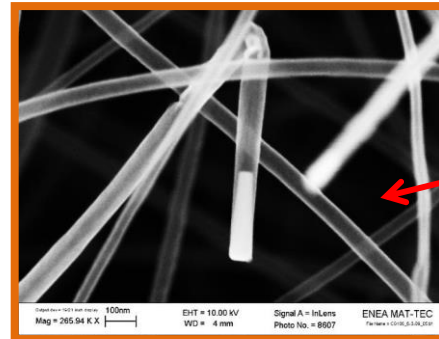
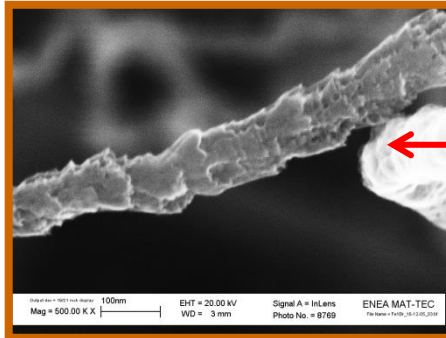
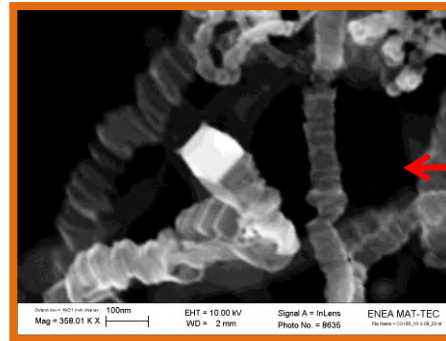
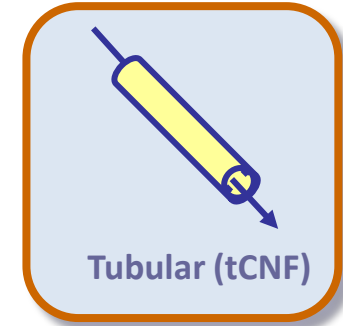
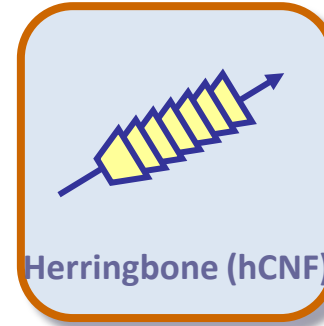
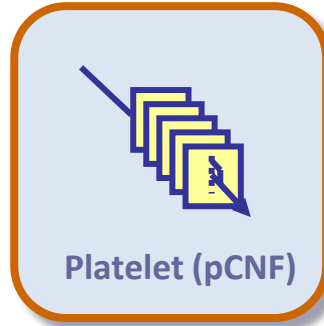
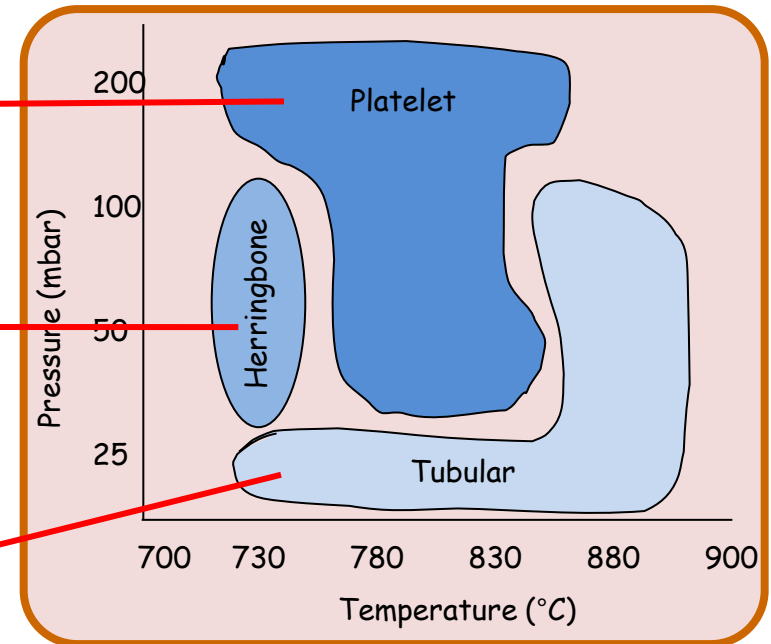
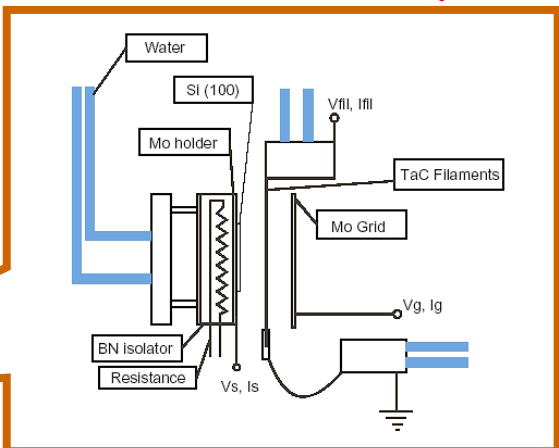
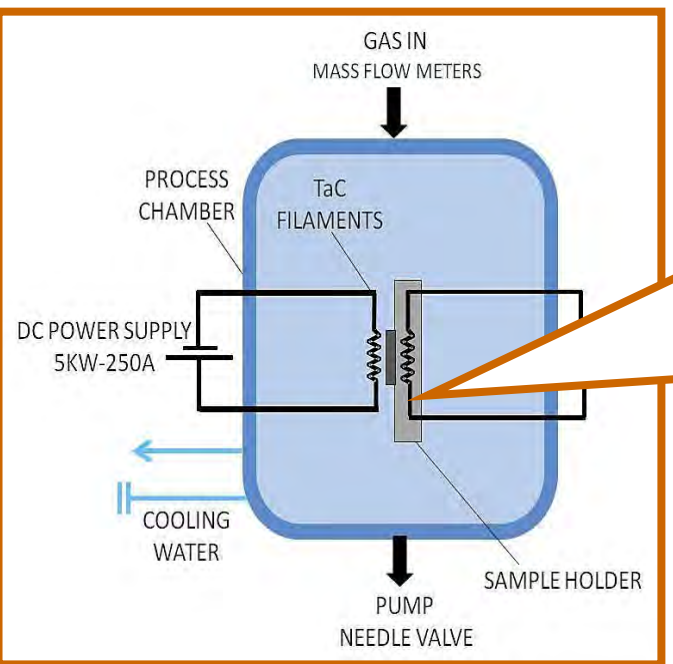


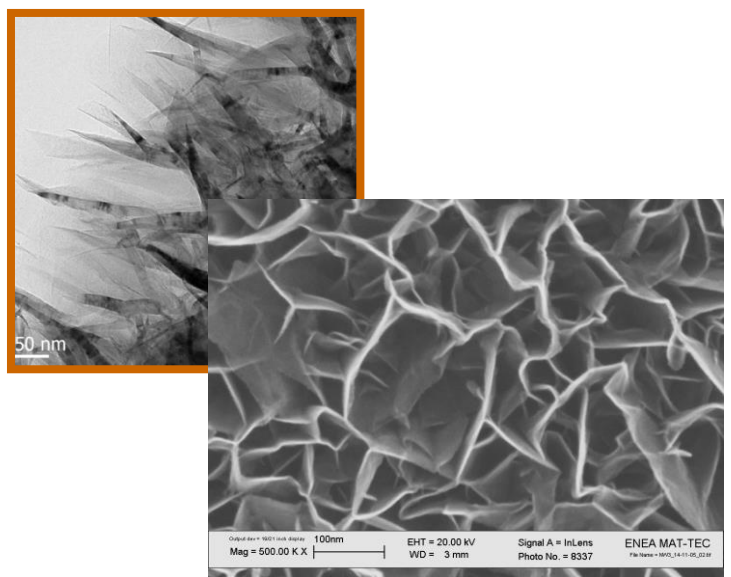
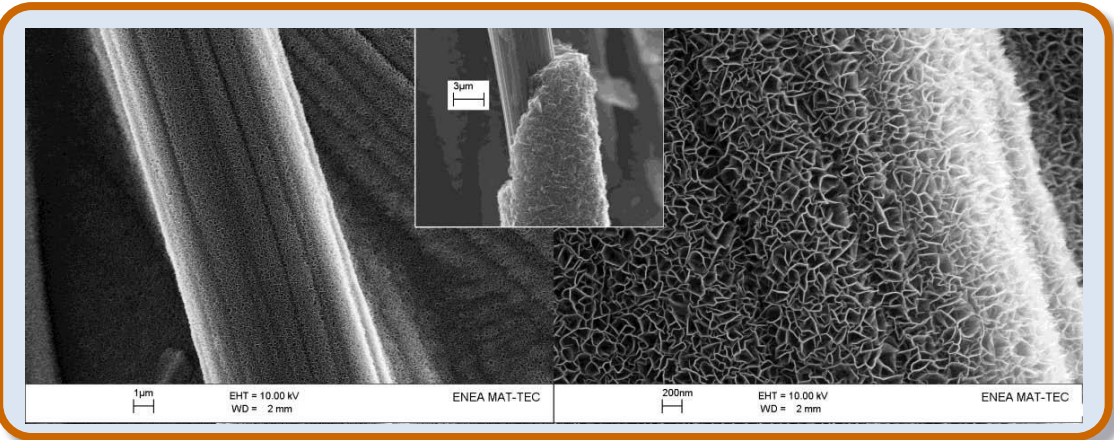
Diagramma di fase delle morfologia CNF



Crescita di nanopareti di carbonio (CNW) su carbon paper (CP) mediante CVD attivato con filamento caldo (HFCVD)

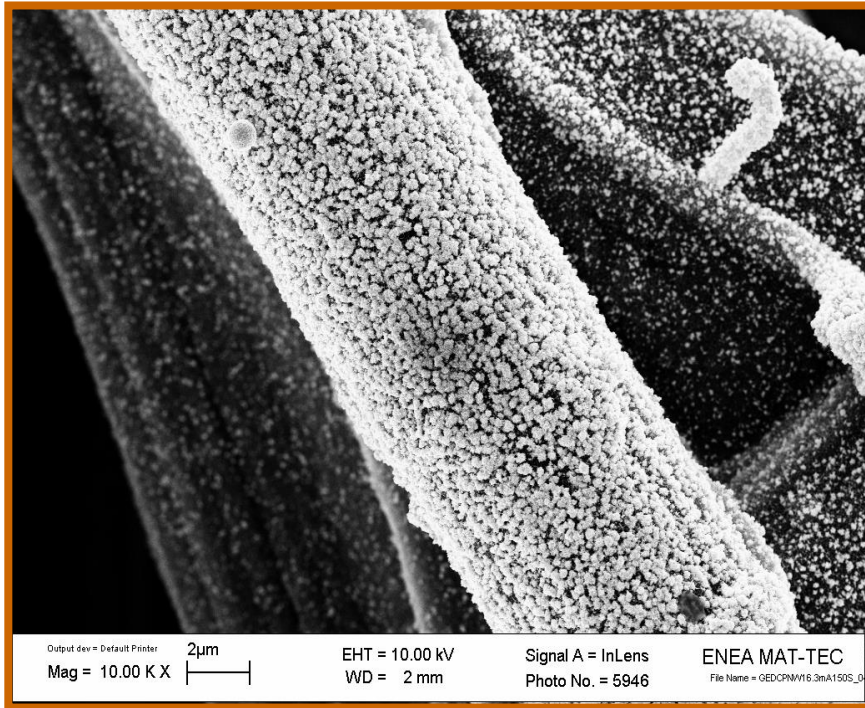


Substrato: carbon paper
Pretrattamento: riscaldamento del substrato e dei filamenti in H_2
Precursori: CH_4 e He

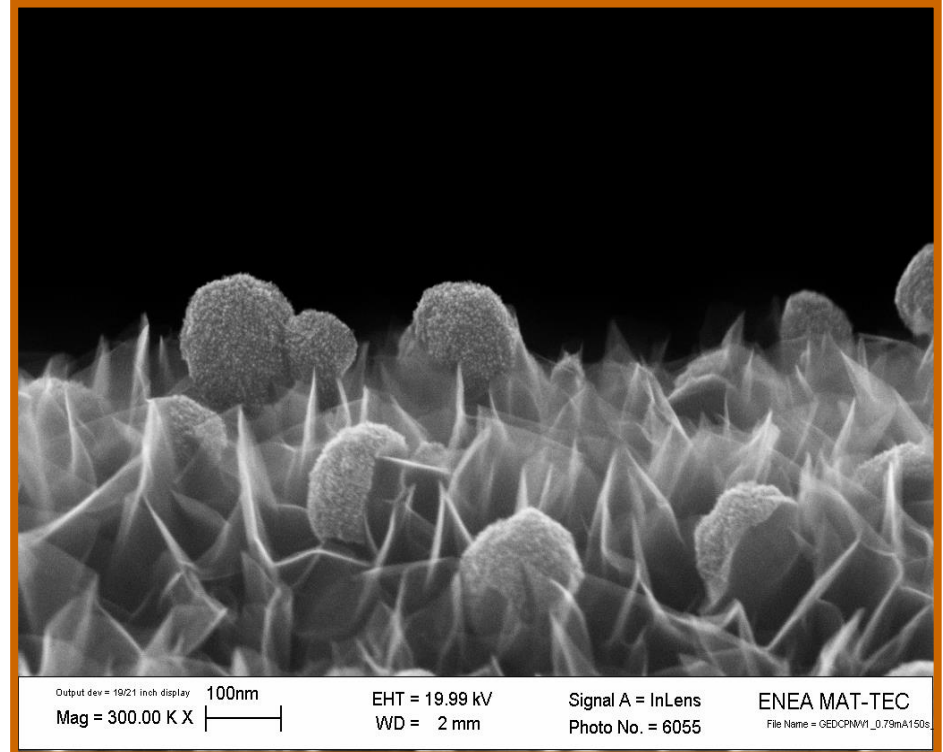


N. Lisi, R. Giorgi, M. Re, T. Dikonimos, L. Giorgi, E. Salernitano, S. Gagliardi, F. Tatti, Carbon, 2011, Vol.49 (6), pp.2134-2140

Formazione di nanocomposito mediante deposizione elettrochimica galvanostatica di platino su CNW cresciuti con HFCVD



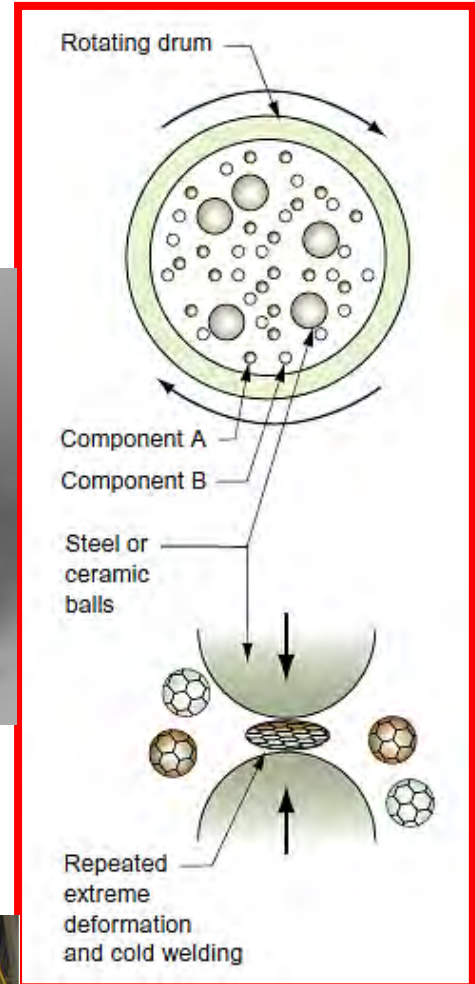
Il deposito di Pt è costituito da cluster tra 50 e 150 nm Pt, composti da nanoparticelle superficiali di 4-6 nm



L. Giorgi, Th. Dikonimos Makris, R. Giorgi, N. Lisi, E. Salernitano, Sensors and Actuators, B Chemical, 126 (2007) 144

Macinazione e alligazione meccanica ad alta energia (processo top down) (3D)

- La macinazione combina una **deformazione estrema con una alligazione violenta di due materiali**
- Le particelle dei due materiali vengono immerse in un mulino a sfere (acciaio, carburo) ad **alta energia di macinazione**
- I materiali vengono intrappolati, schiacciati, appiattiti, fusi e spezzati
- Il processo crea **particelle meccanicamente alligate altamente deformate, fino alla nanoscala**
- Si può utilizzare un gas inerte per evitare l'ossidazione e promuovere l'unione delle particelle
- Per prevenire l'ingrossamento delle particelle si utilizza il «crio-milling», cioè un raffreddamento intenso
- Il processo consente la **produzione di leghe metalliche e composti per varie applicazioni (catalizzatori, materiali per accumulo di idrogeno, pigmenti, etc.)**



Scheda tecnica di un nanomateriale

Technical data

Categories No: TNGM2

Name: Graphitized Multi-Walled Carbon Nanotubes

Purity: >99.9%

OD: 8-15nm [OD=Outer Diameter]

ID: 3-5nm [ID=Inner Diameter]

Length: ~50um

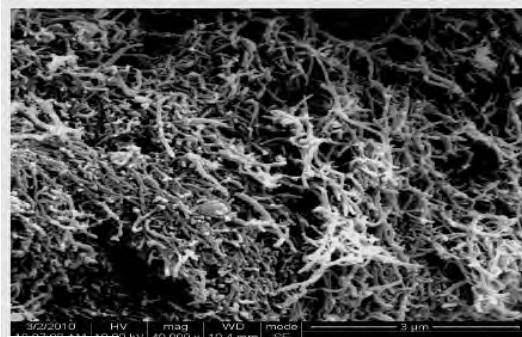
SSA: >117m²/g [SSA=Special Surface Area]

Color: Black

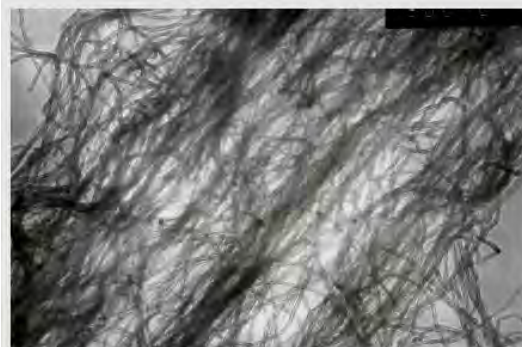
True density: ~2.1 g/cm³

EC:>100s/cm [EC=Electric Conductivity]

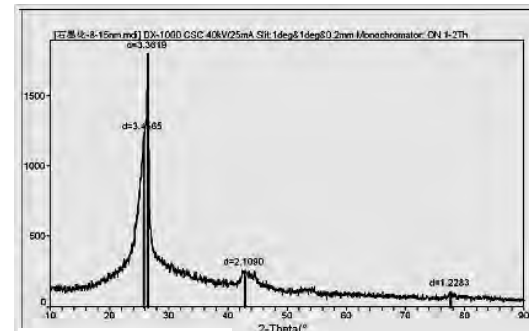
Making method: CVD,



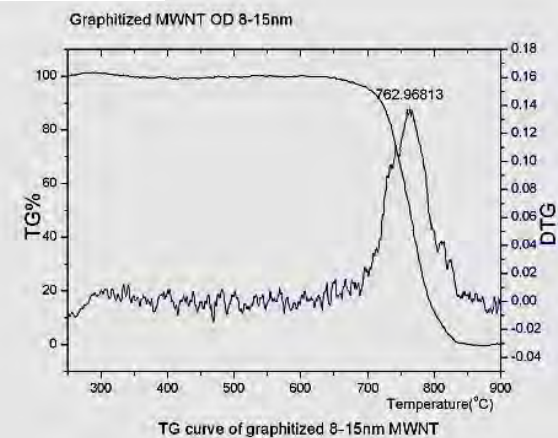
SEM



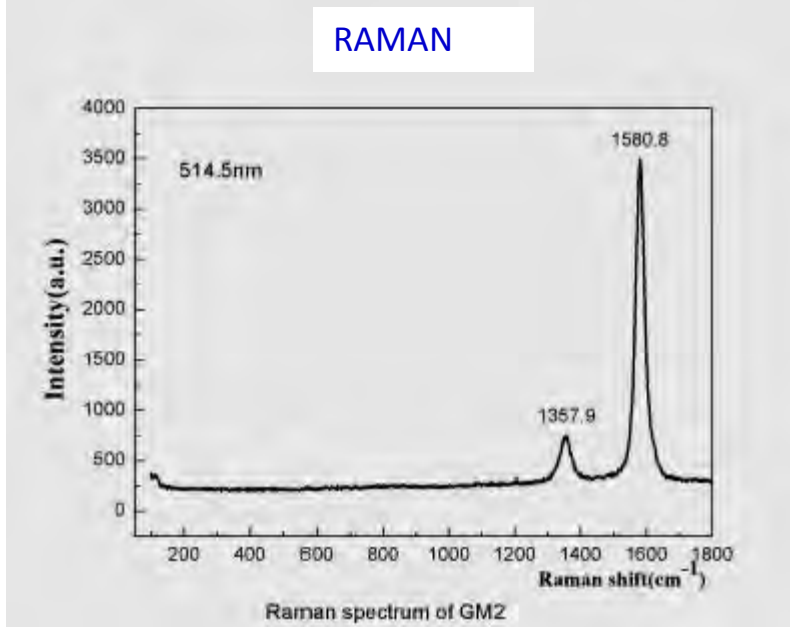
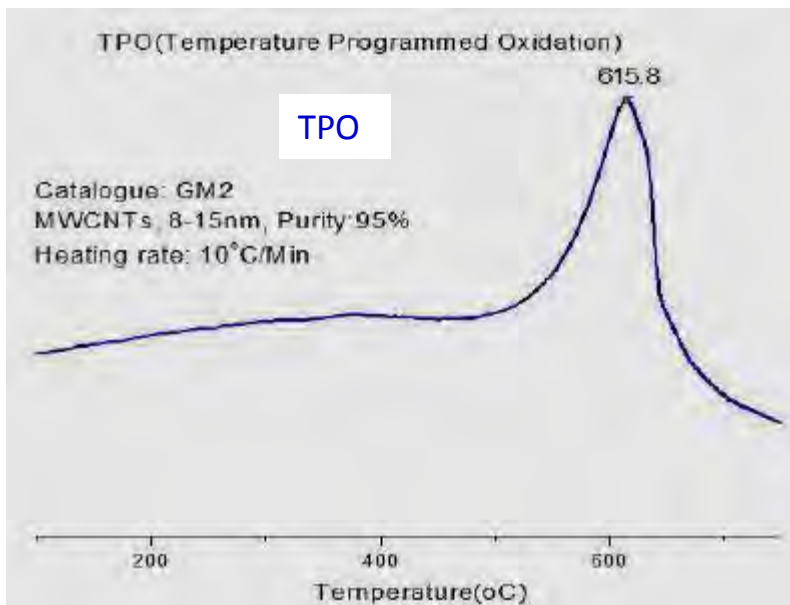
TEM



XRD



TG/DTG



Application instruction

Potential Application of Carbon Nanotubes

Additives in polymers

Catalysts

Electron field emitters for cathode ray lighting elements

Flat panel display

Gas-discharge tubes in telecom networks

Electromagnetic-wave absorption and shielding

Energy conversion

Lithium-battery anodes

Hydrogen storage

Nanotube composites (by filling or coating);

Nanoprobes for STM, AFM, and EFM tips

Nanolithography

Nanoelectrodes

Drug delivery

Sensors

Reinforcements in composites

Supercapacitor

Scheda di sicurezza di un nanomateriale

MATERIAL SAFETY DATA SHEET

CARBON NANO TUBES

1. IDENTIFICATION OF THE PRODUCT AND THE COMPANY

Product Name : Single Walled Carbon Nano Tubes
Use : Research and Development
Address : Delaware – United States
Emergency : +1.532.253.9878

2. COMPOSITION & INFORMATION ON INGREDIENTS

Chemical Characterisation : Carbon - C
Hazardous Ingredients : Nil

3. HAZARD IDENTIFICATION

No Toxicity Data Available
Eye Contact: Dust may cause irritation

4. FIRST AID MEASURES

Skin : Wash skin with soap and copious amounts of water
Eyes : Treat by immediate and prolonged irrigation with copious amounts of water.
Inhalation : If inhaled, remove to fresh air. If not breathing give artificial respiration. If breathing is difficult, give oxygen.
Ingestion : Wash out mouth with water provided person is conscious.

5. FIREFIGHTING MEASURES

Extinguishing Data : Water Spray
Unsuitable Extinguishing Data : Carbon Dioxide, Dry Chemical Powder, Polymer Foam
Unusual Firefighting Hazards : Capable of creating a dust explosion
Special Firefighting Procedures : Use normal procedures which include wearing self-contained breathing apparatus and protective clothing to prevent contact with skin and eyes.

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

Personal Precautions : Wear respirator, chemical safety goggles, rubber boots and gloves.
Precautions to Protect the Environment : Sweep up, place in a bag and hold for waste disposal.
Cleanup Procedures : Avoid raising dust. Ventilate area and wash spill site after material pickup is complete.

7. HANDLING AND STORAGE

Handling Precautions : Chemical Safety Goggles, Compatible Chemical-resistant Gloves
Storage : Store in a cool dry place.
Unusable Packaging Materials: Wash thoroughly after handling. Irritating dust, Keep tightly closed

8. EXPOSURE CONTROLS AND PERSONAL PROTECTION

Exposure Controls

Personal Protective Equipment

Respiratory : Self-contained breathing apparatus
Hand : Chemical-resistant Gloves
Eye : Avoid contact with eyes
Skin : Wash thoroughly after handling

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Appearance

Form : Powder
Colour : Black
Odour : No Odour

Safety Related Information

FlashPoint : 1800 Degree
Boiling Point : 2640 Degree
Melting Point : 3340 Degree
pH : 7pH

10. STABILITY AND REACTIVITY

Stability : Completely Stable
Reactivity : Non Reactive/ Non Soluble

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

Possible Health Effects

Skin : No effect
Eyes : Irritation
Inhalation : No Chocking Hazard

12. ECOLOGICAL IMPACT

Avoid raising dust. Ventilate area and wash spill site after material pickup is complete. No Negative Ecological Impact, Data not Available

13. WASTE DISPOSAL

Dissolve or mix the material with a combustible solvent and burn in a chemical incinerator, equipped with an afterburner and scrubber

14. TRANSPORT INFORMATION: (UN ÖRNEK OLARAK VERİLMİŞTİR)

UN Number :
Proper Shipping Name : Single Walled Carbon Nano Tubes
Air Transport (ICAO & IATA) :
Class :
packing group :

15. REGULATORY INFORMATION

The above information is believed to be correct but does not purport to be all inclusive and shall be used only as a guide Nanoshel LLC shall not be held liable for any damage resulting from handling or from contact with the above product.

16. OTHER INFORMATION

Store in a cool dry place.

Prospettive di applicazione dei nanomateriali per settore

• Energetico/Chimico

- ❖ Produzione (nanocatalizzatori, nanoelettrocatalizzatori, purificazione di acqua & aria)
- ❖ Immagazzinamento energia (batterie, supercondensatori, accumulo idrogeno)
- ❖ Risparmio energia (cavi elettrici, isolamento)
- ❖ Applicazione energia (celle a combustibile, batterie, celle solari inorganiche e organiche)
- ❖ Farmaci, cosmetici

• Bio-medicale

- ❖ Nanocompositi per rilascio controllato di farmaci (drug delivery)
- ❖ Bio-imaging (visualizzazione cellule, tessuti, organi)
- ❖ Ingegneria dei tessuti (implantologia attiva e passiva)
- ❖ Nanocompositi per odontoiatria
- ❖ Nanosensori

• Trasporto e spazio

- ❖ Nanocompositi leggeri e resistenti
- ❖ Nanocompositi polimerici
- ❖ Rivestimenti

• Tecnologia elettronica/optica

- ❖ Nanomateriali per fotonica e elettronica
- ❖ Elettronica molecolare ibrida
- ❖ Strutture monodimensionali come nanofili e nanotubi
- ❖ Display