



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI ROMA "LA SAPIENZA"
INGEGNERIA DELLE NANOTECNOLOGIE**

QUANTUM DOTS

PROF. MARCO STOLLER

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CHIMICA MATERIALI AMBIENTE

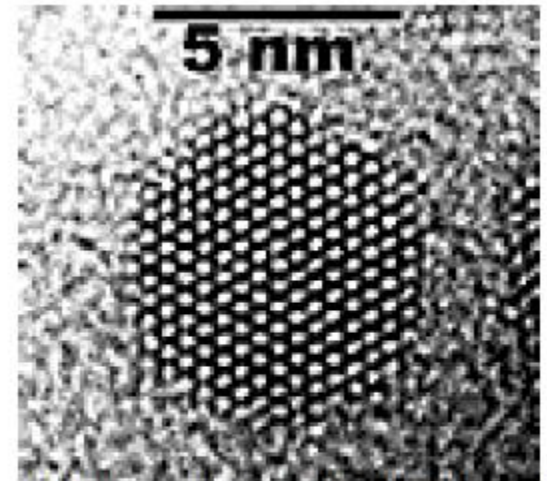
PIANO 2 - UFFICIO 204b

TEL: +390644585580

MARCO.STOLLER@UNIROMA1.IT

QUANTUM DOTS

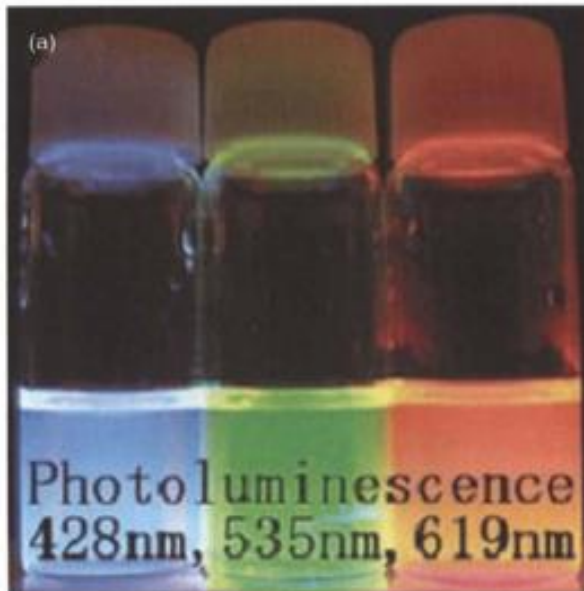
- Le proprietà optoelettroniche delle particelle fini sono sensibili alla dimensioni, al loro abito cristallino ed alla composizione.
- Quando la dimensione di una particella diviene inferiore del raggio effettivo di Bohr, circa 10 nm, gli elettroni vengono confinati e le loro bande divengono discrete, così come avviene in un singolo atomo, mentre l'ampiezza della banda cresce.
- Poiché è possibile un cambio della banda energetica dei materiali cambiando la loro dimensione è possibile ottenere delle applicazioni completamente nuove.



TEM image of a quantum dot. It is seen the distribution of atoms. Copyright Quantum Dot Corporation, Hayward, CA, USA.

Quantum Dots: i Semiconduttori

- Tra i materiali che presentano tali caratteristiche vi sono le particelle di semiconduttori **CdS, CdSe e CdTe**.
- All'inizio degli anni '90 Murray ed altri preparano **particelle di CdSe tra 1 ed 11 nm per pirolisi** e misurarono gli spettri di assorbimento di tali particelle in funzione della dimensione. Il risultato fu quello di osservare un cambiamento continuo degli spettri al variare della dimensione stessa

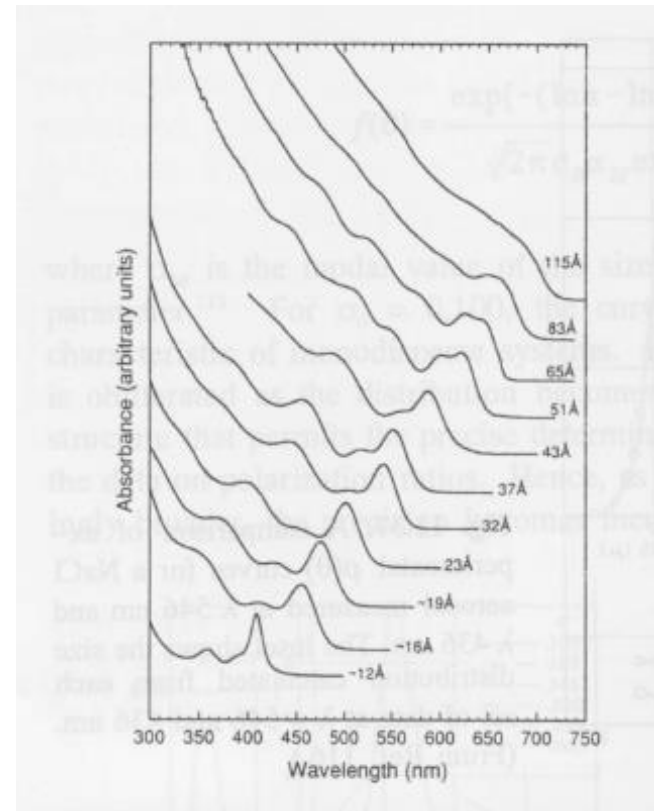


Particle diameter

Small

Medium

Large

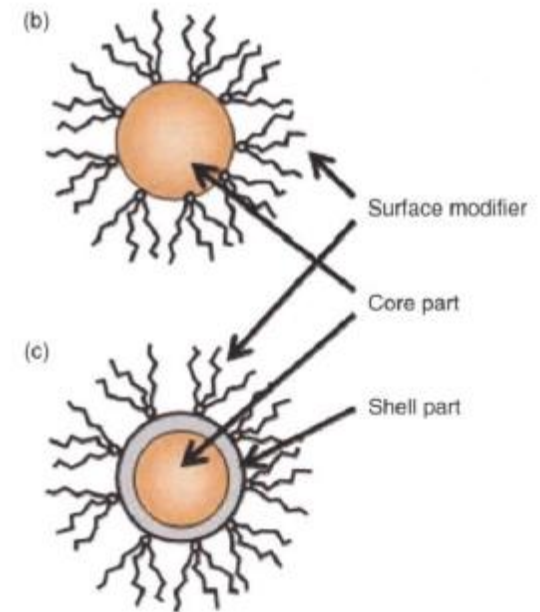


Tecniche di preparazione di CdS, CdSe e CdTe

- **Per pirolisi**, in assenza di ossigeno, **di reagenti metallorganici**.
 - Si può utilizzare cadmio dimetile, quale sorgente di cadmio, e bis(trimethylsilyl)sulfide, bis(trimethylsilyl)selenide e trioctylphosphine telluride nel solvente tri-n-octylphosphine oxide (TOPO).
 - Una soluzione mista dei composti del Cd e dell'altro elemento vengono inviati in un forno a 300 °C.
 - E' possibile controllare la dimensione finale variando la temperatura di crescita.
- Un secondo metodo per la produzione di tali nanoparticelle è basato sul metodo delle **microemulsioni acqua in olio**

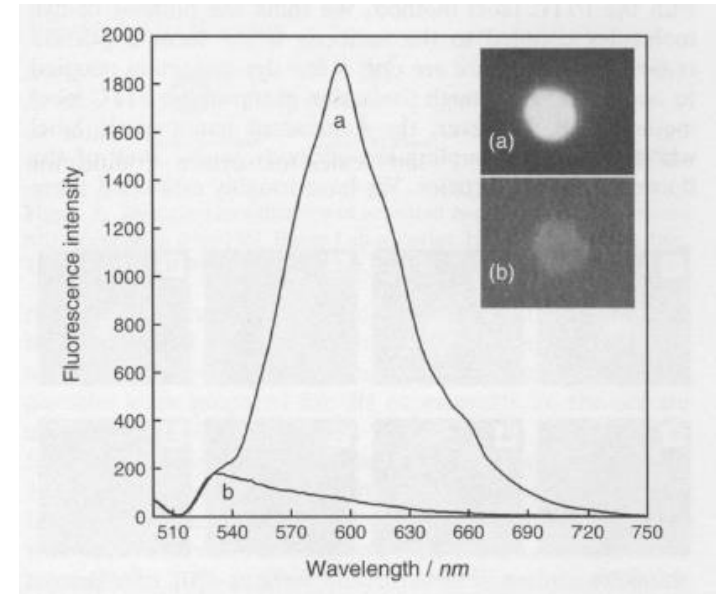
Nanoparticelle core-shell

- Queste particelle vengono normalmente ricoperte in **superficie** con un **tensioattivo** per evitare la loro aggregazione o ricoperte con uno **shell** da un **altro semiconduttore** (ZnS, ZnSe, CdS etc.).
- **Il materiale dello shell può cambiare le caratteristiche ottiche del materiale**, mentre cambiando l'agente tensioattivo si può modificare l'idrofobicità, il pH etc.
- Grazie alle loro fluorescenza **queste particelle possono essere utilizzate in diagnostica** o possono essere utilizzate come sensori ambientali

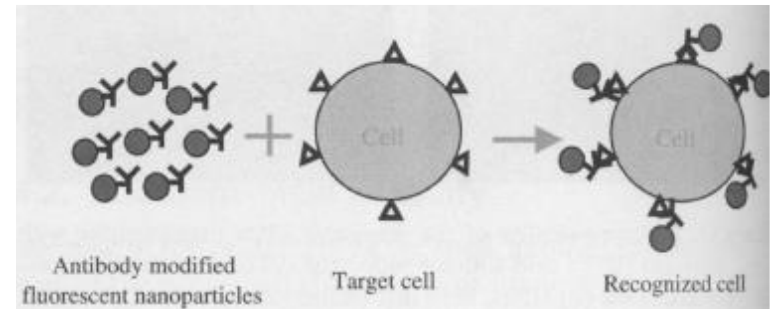


Quantum dots usati per analisi a fluorescenza

- Le nanoparticelle con quantum dots forniscono intensità di fluorescenza molto elevata. Ad esempio nanoparticelle di CdSe ricoperte con ZnS presentano rispetto al colorante rodamina una luminescenza 20 volte più elevata e una stabilità 100 volte superiore rispetto ad agenti che riducono la fluorescenza.



- Le nanoparticelle immerse nell'organismo individuano e si legano alle cellule da individuare attraverso i loro ricettori.

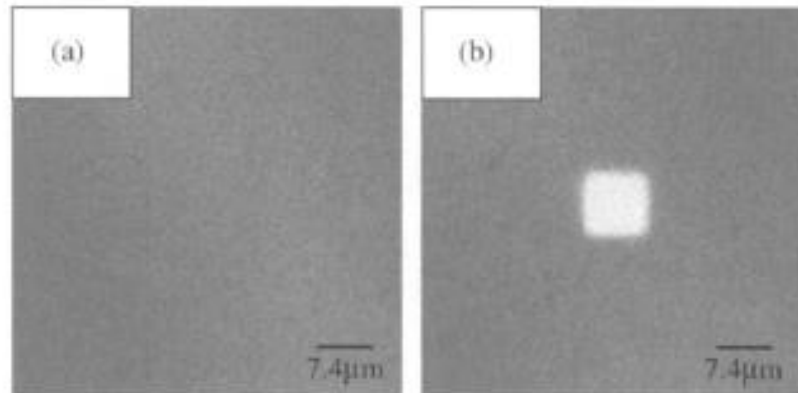


Applicazione come memorie ottiche

- Quando un film sottile di una sospensione di queste particelle è sottoposta ad un irraggiamento, la sua fluorescenza aumenta sino ad un valore massimo. Se tale oggetto viene conservato in un ambiente buio, ad un successivo irraggiamento esso manifesta la stessa intensità di fluorescenza precedentemente raggiunta, vi è quindi **memoria della fluorescenza precedentemente raggiunta**.
- La possibilità di ricordare la massima fluorescenza raggiunta in un precedente irraggiamento ha spinto a ritenere che **tale materiale può essere utilizzato come memoria ottica nei computer**.
- L'ulteriore vantaggio di un tale uso è la possibilità di effettuare un **coating** di tali materiali **su superfici flessibili**.

Applicazioni come memorie ottiche

- Nanoparticelle core-shell di CdSe in ZnS di dimensione 4 nm sono state utilizzate per ricoprire un vetrino mediante la tecnica di spin-coating. Inizialmente un'area di $60 \mu\text{m}^2$ è stata irradiata con una luce avente intensità 0,6 nW (a). La fluorescenza osservata fu uniforme. Dopodiché, vi è stata una eccitazione della luce su una superficie di $7,4 \mu\text{m}^2$ (operazione di scrittura) (b). La successiva osservazione sotto un'intensità di 0,6 nW mostra il punto colpito dalla intensità luminosa (operazione di lettura)



Fluorescenza

prima dell'operazione

dopo l'operazione

Applicazioni come memorie ottiche

- E' stato dimostrato che è possibile **memorizzare valori numerici** corrispondenti a diverse intensità di fluorescenza.
- Un **problema** che al momento limita tale applicazione dei quantum dots è la **permanenza dell'informazione** che al momento è di pochi mesi e che dovrebbe esser invece di alcuni anni.
- Un metodo che si intende perseguire per ovviare al problema è una **ricopertura dello strato di coating con uno strato di materiale protettivo**.