Scuola di Dottorato Leonardo da Vinci – a.a. 2009/10

Proprietà meccaniche, elettroniche, ottiche dei materiali su scala nanometrica

Docente: Francesco Fuso, fuso@df.unipi.it

Durata: 24 ore

Periodo: Giugno/Luglio 2010

PROGRAMMA DI MASSIMA DEL CORSO

1. INTRODUZIONE: necessità ed utilità della descrizione dei materiali su scala nanometrica; esempi storici e naturalistici; cenni al mondo emergente delle nanotecnologie; nanostrutture e dimensionalità dei sistemi: definizioni, concetti fondamentali. Introduzione alle tecniche di microscopia a scansione di sonda per la misura di proprietà fisiche locali.

2. ALCUNE PROPRIETÀ MECCANICHE A PICCOLA SCALA: richiami di struttura della materia: descrizione atomistica e media. Proprietà meccaniche di superfici, strati sottili e nanostrutture: elasticità, durezza, modulo di Young, viscoelasticità. Modello di Tomlinson e cenni di tribologia a piccola scala. Interazione meccanica tra sonde nanodimensionate e superfici: contatto, adesione, viscosità. Analisi delle proprietà meccaniche con microscopia a scansione di forza atomica (AFM/LFM): modalità di contatto intermittente, nanoindentazione per scopi analitici e di fabbricazione. Un esempio rilevante di nanostruttura isolata: nanotubi di carbonio e proprietà dei nanocompositi con CNT.

3. ALCUNE PROPRIETÀ ELETTRONICHE A PICCOLA SCALA: richiami sulle proprietà di trasporto elettronico in materiali bulk conduttori e semiconduttori. Proprietà di trasporto in sistemi a bassa dimensionalità: quantum wells, quantum wires, quantum dots. Richiami sull'effetto tunnel a barriera singola e multipla. Cenni al trasporto balistico di elettroni, ai fenomeni di Coulomb blockade e ai dispositivi a singolo elettrone. Microscopia a scansione di effetto tunnel (STM) per lo studio delle proprietà elettroniche locali di nanostrutture: esempi di applicazioni avanzate.

4. ALCUNE PROPRIETÀ OTTICHE A PICCOLA SCALA: richiami di interazione classica radiazione/materia. Esempi di dispositivi optoelettronici nanostrutturati. Oscillazioni plasmoniche in nanostrutture metalliche: plasmoni superficiali e loro applicazioni, plasmoni localizzati, scattering di Mie ed applicazioni. Campi elettromagnetici non propaganti: generazione di campo prossimo. Analisi delle proprietà ottiche locali mediante microscopia a scansione di campo ottico prossimo (SNOM) e sue varianti per la nanoscrittura.

Ulteriori dettagli sul programma e le trasparenze delle lezioni saranno disponibili sul sito <http://www.df.unipi.it/~fuso/dida>

Testi di riferimento. Il materiale del corso si basa su diversi testi, tra cui:

- J.Y. Ying (ed.), *Nanostructured materials*, Academic Press (2001).
- B. Bushan (ed.), *Springer Handbook of nano-technology*, Springer (2004).
- G. Timp, *Nanotechnology*, Spinger-Verlag (1999).
- C.P. Poole Jr and F. Owens, *Introduction to nanotechnology*, Wiley (2003).
- D. Brandon and W.D. Kaplan, *Microstructural characterization of materials*, Wiley (1999).
- F. Bassani, U.M. Grassano, *Fisica dello Stato Solido*, Bollati Boringhieri (2000).
- R. Waser (ed.), *Nanoelectronics and information technology*, Wiley-VCH (2003).
- P.N. Prasad, *Nanophotonics*, Wiley-Interscience (2004).
- M. Ohring, *The materials science of thin films*, Academic (1997).
- R. Wiesendanger, *Scanning Probe Microscopy: analytical methods (Nanoscience and Technology)*, Springer-Verlag (1998).