



UNIVERSITÀ DI PISA

DIPARTIMENTO DI
FISICA

Via Buonarroti, 2
I-56127 Pisa, Italy

Francesco Fuso

Tel. +39 0502214305, 293
Fax +39 0502214333
fuso@df.unipi.it
<http://www.df.unipi.it/~fuso/>

Pisa, 30/11/2004

Corso di Laurea Specialistica in Scienza dei Materiali

Fisica delle nanotecnologie

Programma del corso a.a. 2004/2005

Aspetti fisici di base delle nanostrutture: definizioni, motivazioni, ambito e concetti fondamentali; l'ambito della micro- e nanoelettronica: richiami sui principi di funzionamento delle giunzioni tra semiconduttori, su diodi e transistor bipolari e sul MOS-FET.

Proprietà di trasporto in sistemi e dispositivi a bassa dimensionalità: proprietà di trasporto classiche in film sottili; densità degli stati e dimensionalità dei sistemi; effetto Hall quantistico: livelli di Landau, quanto di resistenza di von Klitzing; guide d'onda elettroniche in nanostrutture 1D: livelli di Landauer; richiami sull'effetto tunnel da barriera singola e doppia e cenni sul diodo ad effetto tunnel risonante (RTD); fenomeni di singolo elettrone ed effetti di Coulomb-blockade e Coulomb staircase in sistemi 0D; [cenni su superconduttori e giunzioni SIS e NIS, effetto Josephson, dispositivi SQUID e RSFQL].

Aspetti nanotecnologici di dispositivi e materiali per l'immagazzinamento di informazioni: immagazzinamento di carica in memorie dinamiche (DRAM) e memorie flash; cenni su dispositivi innovativi (memorie a singolo elettrone, materiali ferroelettrici inorganici ed organici, memorie FE-RAM); memorie magnetiche: dispositivi a magnetoresistenza, memorie di massa, limite di superparamagnetismo, cenni su materiali per memorie magneto-ottiche; memorie ottiche read-only e riscrivibili (CD-ROM, CD-R, DVD): materiali fotocromici e a cambiamento di fase, polimeri fotosensibili, limite della diffrazione e nuove tecnologie ("millipede").

Esempi di sistemi nanotecnologici di natura organica: fondamenti della conduzione in polimeri coniugati e ruolo del drogaggio; trasporto di carica in polimeri bulk e in singole molecole; film di Langmuir-Blodgett ed autoassemblaggio molecolare (SAM); esempi di nanoelettronica intramolecolare (cavi, switches, diodi,...); indirizzamento di singole molecole, strati autoassemblati di alcanotioli come templates per elettronica intramolecolare.

Proprietà ottiche in sistemi e dispositivi a bassa dimensionalità: proprietà ottiche di nanoparticelle metalliche isolate, cenni su scattering di Mie e risonanze plasmoniche, preparazione di nanoparticelle d'oro da soluzione; proprietà ottiche in MQW e quantum dots; cenni su fenomeni eccitonici; QDs isolati e in colloidi e loro impiego come marcatori; esempi di luminescenza da nanocristalli e silicio poroso; richiami sui laser ad eterogiunzione ed aspetti fondamentali dei laser nanotecnologici (a QDs, VCSEL, a cascata quantica); esempi di dispositivi elettroluminescenti di natura organica, materiali, principi di funzionamento e fabbricazione di OLEDs; [cenni su cristalli fotonici; esempi di nanofotonica].

Sistemi mesoscopici e materiali nanocompositi: cenni su metodi di fabbricazione e proprietà di nanoclusters; nanofili metallici: fabbricazione e proprietà elettroniche e meccaniche; nanostrutture di carbonio: fabbricazione per PE-CVD e PLAD, struttura, proprietà elettroniche ed esempi di applicazioni di nanotubi di carbonio; proprietà meccaniche di nanotubi di carbonio e nanostrutture; esempi di nanocompositi: solubilizzazione in matrici, compatibilizzazione, metodi di fabbricazione e proprietà strutturali e multifunzionali di alcuni nanocompositi.

Tecnologie per la fabbricazione di film sottili: principali problematiche di crescita epitassiale ed eteroepitassiale: diffusione, nucleazione, coalescenza; metodi da vapore e da soluzione per la deposizione di film sottili: MBE, MO-MBE, sputtering (DC, RF, magnetron), PLAD, CVD, MO-CVD ed esempi di precursori, CSD, LPE.



UNIVERSITÀ DI PISA

DIPARTIMENTO DI
FISICA

Via Buonarroti, 2
I-56127 Pisa, Italy

Francesco Fuso

Tel. +39 0502214305, 293
Fax +39 0502214333
fuso@df.unipi.it
<http://www.df.unipi.it/~fuso/>

Pisa, 30/11/2004

Tecnologie per l'osservazione e la definizione per via ottica di nanostrutture: richiami sulla diffrazione ottica, risoluzione spaziale e limite di Abbe; [cenni di microscopia ottica convenzionale e confocale]; litografia ottica e a raggi-X, cenni di tecnologia del resist e dell'etching; strategie per ottimizzare la risoluzione: etching anisotropo, side-wall patterning, phase-shift masks; [manipolazione laser di atomi neutri e litografia atomica]; nanoimprinting per hot-embossing e UV-induced.

Tecnologie per l'osservazione e la definizione di nanostrutture mediante fasci di cariche: [richiami di ottica elettronica e microscopia SEM e TEM: funzionamento e principali meccanismi di contrasto, campo chiaro e campo scuro]; litografia elettronica (EBL, SCALPEL, FIB): vantaggi e limiti connessi.

Tecnologie per l'analisi e la manipolazione di nanoparticelle mediante microscopia a scansione di sonda: [generalità sulla SPM: modi di operazione, artefatti, risoluzione spaziale; esempi di SPM: AFM, STM, SFM, EFM, MFM,...; microscopia a campo prossimo ottico (SNOM)]; esempi di nanomanipolazione, nanoscrittura e nanolitografia mediante SPM.

Testi di riferimento: durante il corso di studio è prevista la distribuzione di materiale didattico. Un elenco parziale dei testi di riferimento utilizzati comprende:

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