UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

COURSE SYLLABUS

Physics of Semiconductors

2122-1-F5302Q016

Obiettivi

L'obiettivo principale del corso è quello di fornire una panoramica della materia ed una solida base per un'ulteriore specializzazione nell'area della nanoelettronica, della spintronica, dell'optoelettronica, delle tecnologie quantistiche, dei sensori, della produzione ed immagazzinamento di energia, e della neuroelettronica. Dopo un riepilogo dei materiali tecnologicamente rilevanti e delle loro proprietà ed un richiamo di alcuni concetti di fisica dello stato solido, come la struttura cristallina, le vibrazioni del reticolo e la struttura a bande, argomenti specifici dei semiconduttori come la massa efficace e la sua determinazione sperimentale, la tecnica perturbativa k dot p, i difetti di punto e le loro proprietà strutturali, termodinamiche ed elettroniche, la statistica dei portatori nei semiconduttori intrinseci ed estrinseci, le proprietà ottiche, il trasporto di carica, i semiconduttori in condizioni di equilibrio e non di equilibrio saranno presentati come nucleo principale del corso.

Sono anche inclusi alcuni argomenti aggiuntivi (nanoelettronica, spintronica, materiali 2D per esempio) per offrire una panoramica di alcuni aspetti salienti della fisica dei semiconduttori e per stimolare ulteriori letture ed approfondimenti. Per seguire in modo efficiente il corso sono necessarie conoscenze in meccanica quantistica e fisica dello stato solido.

Contenuti sintetici

Fisica dei semiconduttori: proprietà elettroniche, ottiche, e di trasporto.

Programma esteso

STRUTTURA ELETTRONICA

Richiami sulla struttura a bande, massa efficace e sua determinazione sperimentale

Metodo **k×p**: banda di conduzione, banda di valenza, interazione spin-orbita,

Difetti reticolari: proprietà morfologiche. Cenni alla teoria dei gruppi. Termodinamica dei difetti di punto.

Difetti di punto: termodinamica, proprietà vibrazionali, proprietà elettroniche, droganti; difetti intrinseci; impurezze; difetti complessi.

Difetti “shallow”: teoria della massa efficace. Transizione di Mott. Effetti di alta concentrazione.

Difetti “deep”: funzioni di Green.

Cenni ad alcune tecniche sperimentali per lo studio dei difetti: risonanza di spin elettronico (EPR), deep level transient spectroscopy (DLTS).

DISTRIBUZIONI STATISTICHE

Statistica; termodinamica; densita' di stati; distribuzione di buche ed elettroni; semiconduttori intrinseci ed estrinseci, potenziale chimico e livello di Fermi.

PROPRIETA' OTTICHE

Interazione fotone-elettrone; assorbimento banda-banda; assorbimento eccitonico; assorbimento di portatori liberi; riflettivita'; assorbimento del reticolo; impurezze. Spettroscopia ottica di impurezze e droganti (Raman, Fotoluminescenza, Fotoionizzazione).

PROPRIETA' DI TRASPORTO

Grandezze macroscopiche caratterizzanti il trasporto. Equazione di Boltzmann; funzione di distribuzione; trasporto di carica; processi di scattering, tempi di rilassamento; effetto Hall, magnetoresistenza, effetti di elevato campo elettrico (portatori caldi), resistenza differenziale negativa, effetto Gunn. Semiconduttori in condizioni di equilibrio e di non equilibrio. Ricombinazione di cariche, deriva e diffusione. Trasporto spin-dipendente.

NANOSTRUTTURE

Strutture bi-, mono-, zero dimensionali e relative proprietà elettroniche, effetto Hall quantistico, sistemi 2D (grafene, silicene, dicalcogenuri di metalli di transizione).

Prerequisiti

Meccanica quantistica. Fisica dello stato Solido.

Modalità didattica

Lezioni frontali ed esercitazioni in classe.

Materiale didattico

- M. Balkanski and R.F. Wallis, Semiconductor Physics and Applications (Oxford) [Capitoli: 1, 2, 3(1,4,5,6,7), 4, 5, 6, 8, 10(1,2,3,4,8), 20(4)]
- M. Grundmann, The Physics of Semiconductors: An Introduction Including Devices and Nanophysics, Springer
- Karl W. Böer and Udo W. Pohl, Semiconductor Physics, Springer
- Note del docente
- Testi integrativi e di approfondimento su temi specifici

Periodo di erogazione dell'insegnamento

II semestre. Febbraio-Giugno.

Modalità di verifica del profitto e valutazione

L'esame è orale e consiste in due o tre domande relative agli argomenti svolti in cui viene richiesta una illustrazione quantitativa accompagnata da schemi, equazioni, dati numerici.

Orario di ricevimento

Su appuntamento.