UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

SYLLABUS DEL CORSO

Physical Characterization of Materials With Laboratory

2122-1-F5302Q005

Obiettivi

Il corso ha lo scopo di condurre gli studenti verso la comprensione dei concetti fondamentali della risposta dei materiali alla radiazione elettromagnetica, unitamente alla descrizione di alcune tecniche sperimentali. Il corso prevede lezioni e un'attività sperimentale svolta in piccoli gruppi nei laboratori di ricerca del Dipartimento; in questa parte sperimentale gli studenti hanno l'opportunità di familiarizzare con moderne tecniche sperimentali utili per l'indagine dei materiali, e di applicare le nozioni apprese durante le lezioni. Al termine del corso lo studente sarà in grado di:

• Comprendere i requisiti dei materiali per specifiche funzionalità in cui è implicata l'interazione con la radiazione elettromagnetica;

• Progettare una strategia per la caratterizzazione sperimentale delle proprietà dei materiali in relazione alle loro applicazioni;

• Avere un atteggiamento proattivo e responsabile durante le attività di laboratorio.

Contenuti sintetici

Le lezioni affrontano il vasto campo della spettroscopia, intesa come interazione della radiazione elettromagnetica con la materia, e le sue estese applicazioni. Gli aspetti fondamentali sono trattati accanto ad approcci sperimentali

che possono essere adottati in diverse gamme di frequenza. Tecniche classiche e strumenti avanzati sono proposti sia durante le lezioni che durante le sessioni di laboratorio. Gli studenti acquisiscono solide competenze in tali argomenti, riuscendo ad applicarle anche in contesti interdisciplinari. Durante la parte di lavoro di gruppo in laboratorio, gli studenti sono invitati ad affrontare uno specifico problema di ricerca e a trovare soluzioni originali in modo maturo e collaborativo. Inoltre, il docente propone alcuni seminari su argomenti complementari.

Programma esteso

LEZIONI

SEZIONE 1: INTRODUZIONE

• Illustrazione dei contenuti del corso e delle modalità d'esame

Letture consigliate:

Presentazione del docente caricata sulla pagina e-learning del corso

SEZIONE 2 : INTERAZIONE DELLA RADIAZIONE ELETTROMAGNETICA CON LA MATERIA NEL REGIME DI RISPOSTA LINEARE

• Soluzione dell'equazione delle onde elettromagnetiche in un materiale

• Funzione dielettrica e indice di rifrazione

• Modelli di Lorentz e di Drude

• Relazioni di Kramers-Kronig

• Risposta alla radiazione eletromagnetica di materiali reali (metalli, semiconduttori e isolanti)

Letture consigliate:

F. Wooten, "*Optical properties of solids"*, Academic Press

J. G. Solé, L.E. Bausà, D. Jaque, "*Optical spectroscopy of Inorganic Solids"*, Wiley

SEZIONE 3 : FENOMENI DI DISPERSIONE COME STRUMENTI PER LA CARATTERIZZAZIONE DI MATERIALI

• Dispersione elastica

• Dispersione anelastica (Brillouin e Raman)

Letture consigliate:

J. G. Solé, L.E. Bausà, D. Jaque, "*Optical spectroscopy of Inorganic Solids*", Wiley

H. Kuzmany, “*Solid State Spectroscopy*”, Springer

SEZIONE 4 : STUDIO DI MATERIALI ATTRAVERSO FENOMENI DI RISONANZA

• Spettroscopia d'impedenza

• Spettroscopia di risonanza di spin elettronico

• Assorbimento ottico

• Luminescenza in stato stazionario e risolta in tempo

• Argomenti specifici: luminescenza Anti-Stokes, raffreddamento ottico

Letture consigliate:

J. G. Solé, L.E. Bausà, D. Jaque, “*Optical spectroscopy of Inorganic Solids*”, Wiley

J.C. De Mello, “*An Improved Experimental Determination of External Photoluminescence Quantum Efficiency*”, Advanced Materials vol. 9, 230 (1997)

G. Blasse and B.C. Grabmaier, “*Luminescent materials*”, Springer Verlag

A.V. Chadwick and M. Terenzi, “*Defects in solids: Modern techniques*”, NATO ASI Series B: Physics, vol. 147, Plenum Press, 1986

SEZIONE 5 : INTRODUZIONE ALLA RISPOSTA NON LINEARE DEI MATERIALI ALLA RADIAZIONE ELETTROMAGNETICA

• Fondamenti di risposta non lineare

• Non linearità del secondo e del terzo ordine

• Effetto elettro-ottico ed effetto Kerr

• Origine della non linearità nei materiali (cristalli, vetri, polimeri)

Letture consigliate:

B.E.A. Saleh and M.C. Teich, “*Fundamentals of Photonics*”, Wiley

R. Feynman, “*Lectures on Physics*” vol. 1, part 2, Inter European Editions

SEZIONE 6 : SEMINARI TEMATICI

• Problematiche di sostenibilità dei materiali

• Applicazioni di nanomateriali in medicina

Letture consigliate:

Presentazioni del docente caricata sulla pagina e-learning del corso

ATTIVITA' SPERIMENTALI

Gli studenti saranno divisi in piccoli gruppi e lavoreranno sotto la supervisione di diversi tutors. Ad ogni gruppo verrà chiesto di svolgere un'attività sperimentale tra i seguenti argomenti:

- Simulazione atomistica di crescita epitassiale

- Spettroscopia Raman di semiconduttori del gruppo IV
- Spettroscopia ottica di nanostrutture (2 gruppi)
- Caratterizzazione di materiali tramite spettroscopia di risonanza di spin elettronico (2 gruppi)
- Caratterizzazione di materiali tramite radio- e termo-luminescenza
- Fluorescenza a raggi X per l'analisi qualitativa e quantitativa di materiali per i beni culturali
- Determinazione del gap ottico tramite indagini di riflettanza diffusa nel UV-Vis
- Spettroscopia ottica in luce polarizzata
- Proprietà meccaniche e reologiche di materiali polimerici
- Misure dell'angolo di contatto per la caratterizzazione delle proprietà di bagnabilità delle superfici
- Principi ed applicazioni della microscopia elettronica per lo studio di nanomateriali

Letture consigliate:

Testi forniti dai docenti tutors delle singole attività

Tutti i gruppi sono tenuti a redigere una relazione scritta sull'attività sperimentale svolta

Prerequisiti

Conoscenza di struttura della materia (argomenti trattati nei corsi della laurea triennale in Scienza dei Materiali)

Modalità didattica

Lezioni e attività di laboratorio. La frequenza al laboratorio è obbligatoria, ed è fortemente consigliata per le lezioni.

Materiale didattico

F. Wooten, “*Optical properties of solids*”, Academic Press

J. G. Solé, L.E. Bausà, D. Jaque, “*Optical spectroscopy of Inorganic Solids*”, Wiley

H. Kuzmany, “*Solid State Spectroscopy*”, Springer

B.E.A. Saleh and M.C. Teich, “*Fundamentals of Photonics*”, Wiley

R. Feynman, *“Lectures on Physics*” vol. 1, part 2, Inter European Editions

J.C. De Mello, *“An Improved Experimental Determination of External Photoluminescence Quantum Efficiency*”, Advanced Materials vol. 9, 230 (1997)

G. Blasse and B.C. Grabmaier, *“Luminescent materials”,* Springer Verlag

A.V. Chadwick and M. Terenzi, *“Defects in solids: Modern techniques”*, NATO ASI Series B: Physics, vol. 147, Plenum Press, 1986

Presentazioni fornite dal docente

Periodo di erogazione dell'insegnamento

Il corso ha durata annuale. Le lezioni sono svolte da Ottobre a Marzo, mentre il periodo di svolgimento della parte di laboratorio può essere scelto lungo tutto l'arco dell'anno a seguito di accordi con i professori responsabili dei singoli gruppi.

Modalità di verifica del profitto e valutazione

L'esame consiste in un colloquio orale (durata circa 45 min). Consiste in:

- una discussione sugli argomenti trattati durante le lezioni con presentazione di analisi quantitative, equazioni, grafici, schemi;

- una discussione sull'attività sperimentale svolta in laboratorio, anche sulla base della relazione scritta.

Gli studenti sono pregati di inviare la relazione al docente via e-mail in formato word o in formato pdf almeno una settimana prima dell'esame.

Orario di ricevimento

8 - 18

Gli studenti possono prendere appuntamento con il docente tramite e-mail per colloqui individuali.