UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

# SYLLABUS DEL CORSO

# Physical Chemistry of Solids

**2526-1-FSM02Q007**

## Obiettivi

Il corso si pone l'obiettivo di approfondire e consolidare concetti di base della chimica-fisica dei solidi, dei difetti e superfici dei solidi stessi con problematiche applicative nei semiconduttori.

**Conoscenze e capacità di comprensione**
Al termine del corso lo studente conosce:
-la tipologia di difetti e il loro ruolo nelle proprietà dei materiali e dei semiconduttori in particolare

- le principali tecniche di caratterizzazione per identificare i difetti nei materiali e di superfici
- le relazioni tra i principali metodi di crescita di tipo bulk e di film sottili per semiconduttori e l'introduzione di difettualità nei materiali

**Conoscenza e capacità di comprensione applicate**
Al termine del corso lo studente è in grado di:

- applicare una metodologia per comprendere e prevedere il ruolo dei difetti sulle proprietà dei materiali attraverso il concetto di soluzione solida diluita
- interpretare criticamente i risultati di analisi di proprietà di bulk e superficiali di materiali, analisi ottenute mediante tecniche quali SEM, EDX, XPS, SIMS.
- capire come ogni singola tecnica di crescita non è esente dall'introdurre difetti ed impurezze in un materiale che tali difetti possono modificarne proprietà e funzionalità.
- comprendere l'importanza e il ruolo dei difetti nella Scienza dei Materiali

**Autonomia di giudizio**

Al termine di questa attività formativa, lo studente dovrà dimostrare di essere in grado di

- scegliere il metodo o la tecnica di caratterizzazione dei solidi più adatta alla proprietà o al fenomeno che vuole investigare

- comprendere la possibile fonte di impurezza o difetto durante il processo di crescita o di realizzazione di un dispositivo e le modalità per evitarla.

**Abilità comunicative**

Al termine del corso lo studente sarà in grado di :

Esporre oralmente con proprietà di linguaggio argomenti scientifici di chimica dello stato solido e (si veda modalità di esame ) saper descrivere e presentare in modo chiaro e sintetico un argomento tratto da un articolo scientifico inerente le tematiche dell'insegnamento

**Capacità di apprendere**

Essere in grado di applicare le conoscenze acquisite a contesti differenti da quelli presentati durante il corso, e di comprendere gli argomenti trattati nella letteratura scientifica riguardante la difettualità dei materiali e delle relazioni tra processi di crescita difettualità e proprietà di un materiale

## Contenuti sintetici

Descrizione del ruolo dei difetti sulle proprietà dei materiali, in particolare nei semiconduttori . Introduzione alla chimica fisica delle superfici e ai processi di assorbimento. Descrizione delle principali tecniche di analisi delle superficie e di identificazioni di difetti . Tecniche di crescita di materiali bulk (tecnica CZ) e di film epitassiali, correlazione proprietà, difettualità e tecnica di crescita.

## Programma esteso

Difetti nei materiali: di punto e difetti estesi (dislocazioni, bordi grano, antiphase domains, stacking faults) e loro interazioni nei sistemi reali.

Superfici libere: elementi di cristallografia delle superfici. Rilassamento e ricostruzione delle superfici nel vuoto. Stima dell'energia superficiale.

Fenomeni di adsorbimento: fisisorbimento e chemisorbimento, modelli, termodinamica e cinetica dell'adsorbimento, isoterme di adsorbimento (isoterme di Languimir e di BET).

Principali metodi sperimentali di analisi delle superfici e della difettualità (Tecniche XPS, SIMS, DLTS, misure di BET).

Tecniche di crescita di materiali massivi (monocristallini e policristallini) con attenzione alla relazione tra difettualità e condizioni di crescita.

Tecniche di deposizione di film sottili (deposizione per evaporazione, processi di sputtering, crescite per Chemical Vapor Deposition, Epitassia da fasci molecolari , deposizione film Langmuir-Blodgett) e loro impatto sulla difettualità del materiale. Epitassia e dislocazioni di misfit. Criteri di scelta e di ottimizzazione dei processi.

Per ogni argomento verranno trattati diversi case studies. Particolare spazio verrà data alla tecnologia del silicio

## Prerequisiti

Corsi di base di Chimica Fisica, Matematica I, Fisica Generale

## Modalità didattica

16 lezioni da 2 ore in presenza di Didattica Erogativa. (Lezioni frontali in aula, ma integrate da strumenti multimediali di supporto funzionali ad una miglior comprensione degli argomenti trattati).

5 attività di esercitazione da 2 ore in presenza di Didattica Erogativa

3 attività da 2 ore in presenza di didattica interattività (presentazione e discussione di articoli scientifici)

Su richiesta motivata dell'intera classe (ad esempio parziale sovrapposizione di orari con altri corsi a scelta ) o nel caso di studente lavoratore potranno essere messa a disposizioni le registrazioni delle lezioni

## Materiale didattico

Tutte le lezioni sono supportate da slides che possono essere scaricate dalla piattaforma e-learning.

I seguenti libri di testo, disponibili dalla biblioteca di Ateneo, sono suggeriti per l'approfondimento delle tematiche delle lezioni:
S. Eliot The Physics and Chemistry of solids Wiley
J. D. Plummer , M.D. Deal, P.B. Griffin Silicon VLSI Technology Prentice Hall
J. B. Hudson Surface science an introduction
A. W. Adamson, A.P. Gast Physical Chemistry of Surfaces 6th ed. Wiley
Hans-Jürgen Butt, Karlheinz Graf, Michael Kappl. Physics and Chemistry of Interfaces, 3rd Edition. ISBN: 978-3-527-41216-7 March 2013 495 Pages Wiley (try to use 3rd edition and not the 1st edition, since the book has been extensively revised and corrected).
Geoffrey Barnes, Ian Gentle. Interfacial Science: An Introduction, 2nd Edition. ISBN: 9780199571185. Oxford.
U.W. Pohl, Epitaxy of semiconductors, Springer

## Periodo di erogazione dell'insegnamento

1° anno secondo semestre

## Modalità di verifica del profitto e valutazione

La verifica del profitto si svolge attraverso un colloquio orale sugli argomenti svolti a lezione e di una presentazione da fare in classe . Essa è volta a valutare la preparazione raggiunta in termini di conoscenza teorica degli argomenti trattati durante le lezioni e di alcune loro applicazioni, l'autonomia di analisi e giudizio e le capacità espositive dello studente. La votazione viene espressa in trentesimi con eventuale lode e valutata in base alla completezza e qualità delle risposte fornite dallo studente.

Gli studenti devono verso la fine del corso fare una presentazione in classe di 15 minuti su un articolo scientifico inerente al corso, scelto dal singolo studente da una lista fornita dal docente generalmente alla fine di Marzo. Tale presentazione conta per il 30% del voto finale.

## Orario di ricevimento

Tutti i giorni su prenotazione tramite e-mail

## Sustainable Development Goals

ISTRUZIONE DI QUALITÁ | ENERGIA PULITA E ACCESSIBILE