



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

## SYLLABUS DEL CORSO

### Surfaces and Interfaces

1819-1-F5302Q012

---

#### Obiettivi

Il corso ha due obiettivi: da un lato, completare le conoscenze acquisite durante i corsi di Fisica dello stato solido, rispondendo alla domanda fondamentale: cosa succede alle proprietà di un solido perfetto ed infinito quando la periodicità del reticolo finisce in una superficie? D'altro canto, intende fornire le basi per tutte le applicazioni della fisica dei semiconduttori, della fisica dei dispositivi elettronici e delle nanotecnologie, che coinvolgono inevitabilmente superfici, interfacce e deposizioni epitassiali. L'approccio è sia teorico che sperimentale

#### Contenuti sintetici

Fisica delle superfici libere (3CFU): La tecnologia del vuoto; Caratterizzazione chimica, strutturale e morfologica delle superfici; Stati elettronici e ricostruzioni nei metalli e nei semiconduttori; Il blocco del livello di Fermi da stati di superficie; Stati vibrazionali superficiali;

Fisica delle Interfacce (1 CFU): Aspetti strutturali delle interfacce e difetti estesi; L'eterogiunzione semiconduttore-semiconduttore e la giunzione metallo-semiconduttore; L'interfaccia silicio - ossido di silicio;

Assorbimento e Diffusione (1CFU): Fisisorbimento, Chemisorbimento; Diffusione superficiale, aspetti cinetici della deposizione e dell'etching; Termodinamica delle superfici e costruzione di Wulff;

Crescita Epitassiale di Film Sottili (1 CFU): Modello di capillarità nella crescita epitassiale; Tecnologie per la deposizione e per la deposizione selettiva; Crescita e caratterizzazione di film sottili e relativi difetti; Nucleazione e crescita di punti quantici; Crescita di nanofili assiali e radiali.

#### Programma esteso

Introduzione alla FdS, l'UHV e la preparazione delle superfici

Metodi di analisi chimica e fisica della contaminazione superfici

Reticoli diretti e reciproci in 2D, ricostruzioni superficiali

Diffrazione di elettroni da superfici, LEED, analisi dei pattern

Analisi strutturali per scattering di ioni

Analisi strutturali per scanning probes: STM, (SEM cenni)

Elettroni alle superfici metalliche e rilassamenti a segni alterni

Stati elettronici di superfici nel modello 1D del Nearly Free Electron e stati di Schokley

Richiami del metodo Tight Binding  $sp^3$  a primi vicini

Catena lineare TB e stati di superficie di Tamm

Lo sviluppo in momenti della Local Density of States alla sup.

Proiezione stati di superficie e di bulk su piano superficiale

Fotoemissione risolta in angolo e dispersione bande: ARUPS

Misura di stati elettronici di superficie nei metalli

Stati elettronici di superficie e ricostruzioni in silicio

Pinning del livello di Fermi da stati di superficie

Stati elettronici di superficie in III-V e polari

Ampiezza di vibrazione alla superficie e melting superficiale

Onde di Rayleigh alla superficie nel modello continuo elastico

Fononi di superficie nel modello 1D della catena lineare

Estensione alle 3D e proiezione sul piano superficiale; tecnica di calcolo dello slab

Determinazione sperimentale della dispersione fononica

Esempi di dispersioni fononiche realistiche in alogenuri alcalini, metalli e semiconduttori

Struttura delle interfacce e teoria delle dislocazioni da misfit, con richiami di teoria del continuo elastico

Calcolo e misura dello spessore critico di un film per il rilassamento plastico da dislocazioni

Richiami di space-charge layers alle superfici di semiconduttori

Introduzione all'allineamento delle bande alle interfacce: MIGS

Allineamento di bande e loro misura in semiconduttori: VIGS

Termodinamica: energia di superficie e tensione superficiale

Termodinamica: diagramma di Wulff e anisotropie in ?

Teoria del fisisorbimento con alcuni esempi

Teoria del chemisorbimento con alcuni esempi

Cinetica dei processi di adsorbimento

Cinetica della diffusione di atomi e molecole alla superficie

Cinetica del desorbimento, isoterma di Langimur; transizioni di fase a 2 dimensioni

Termodinamica di superficie e costruzione di Wulff

Introduzione alla cinetica della epitassia

Introduzione alla tecnica di crescita Molecular beam Epitaxy

Le 3 modalità di crescita epitassiale e il modello di capillarità

Crescita epitassiale di quantum dots Ge/Si: introduzione

Crescita epitassiale di quantum dots Ge/Si: modelli di nucleazione e crescita

Crescita epitassiale di nanowires: introduzione

Crescita epitassiale di nanowires: strutture assiali e strutture radiali

## **Prerequisiti**

Corso avanzato in Fisica dello Stato Solido

## **Modalità didattica**

Lezioni Frontali

## **Materiale didattico**

### TESTO PRINCIPALE

H. Luth, Solid Surfaces., Sixth Edition, Springer 2015;

### TESTI AUSILIARI

Zangwill, Physics at Surfaces, Cambridge 1990;

J.E. Ayres, Heteroepitaxy of Sem., CRC Press, 2007;

Prutton, Introd. to Surface P., Oxford UP 1994;

J.A. Venables, Introd. to Surface., Cambridge 2000;

J.B. Hudson Surface Science, Wiley IP 1998.

## **Periodo di erogazione dell'insegnamento**

Secondo semestre

## **Modalità di verifica del profitto e valutazione**

Esame orale, consistente in due o tre domande su parti diverse del corso, in cui viene richiesto di appoggiare la propria illustrazione dell'argomento con grafici, equazioni, o dati numerici del caso. Il voto assegnato e' espresso in trentesimi.

## **Orario di ricevimento**

per appuntamento tramite richiesta e-mail a [leo.miglio@unimib.it](mailto:leo.miglio@unimib.it). Solitamente i Lunedì, Mercoledì e Venerdì.

---