



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

## SYLLABUS DEL CORSO

### Quantum Electronics

2425-2-FSM01Q028

---

#### Obiettivi

Il corso si propone di fornire le nozioni fondamentali sulla progettazione e fabbricazione di nanostrutture mediante fotoni, fasci di elettroni e autoassemblaggio. Verranno studiati gli stati elettronici di materiali e dispositivi attraverso la discussione delle loro architetture e misure delle proprietà ottiche, elettroniche e magnetiche al fine di comprendere le potenziali applicazioni dei materiali quantistici nelle tecnologie quantistiche.

#### Contenuti sintetici

- Introduzione: Elettronica per le moderne tecnologie quantistiche
- Trasporto quantistico in strutture a bassa dimensionalità
- Spintronica
- Metodi per la generazione e la manipolazione della radiazione ottica coerente e delle microonde
- Metodi di nanofabbricazione tramite fotoni, elettroni e autoassemblaggio
- Funzionalità emergenti: magnetismo topologico

#### Programma esteso

##### INTRODUZIONE

- Dispositivi elettronici per le moderne tecnologie quantistiche. Panoramica dei prerequisiti del corso, contenuti delle lezioni, libri di testo/letteratura e metodi di valutazione.

##### PROGETTAZIONE E FABBRICAZIONE DI NANOSTRUTTURE

- Introduzione alla litografia;
- Tecniche litografiche ottiche e ultraviolette.

- Litografia a fascio di elettroni (EBL) e fascio ionico focalizzato (FIB).
- Breve panoramica delle principali tecniche di deposizione di film sottili.

#### TRASPORTO QUANTISTICO

- Scale di lunghezze e regimi di trasporto degli elettroni.
- Trasporto quantistico in sistemi zero, mono e bidimensionali.
- Blocco Coulombiano e di spin di Pauli. Punti di contatto quantistici. Transistore a singolo elettrone ed effetto Hall quantistico.
- Conduttori multiterminali e formula di Buttiker-Landauer.
- Spin in pochi punti quantici elettronici. Rilevamento della carica. Conversione spin-carica e lettura del singolo elettrone.

#### METODI PER LA GENERAZIONE E LA MANIPOLAZIONE DI RADIAZIONE OTTICA COERENTE E MICROONDE

- Principio dell'emissione laser e della generazione di brevi impulsi.
- Risonatori ottici, guide d'onda e circuiti integrati.
- Emettitori e maser a microonde; Cavità a radiofrequenza.

#### DISPOSITIVI E APPLICAZIONI IN SPINTRONICA

- Teoria del trasporto di spin in multistrati magnetici e architetture di dispositivi per misure di trasporto.
- Magnetoresistenza gigante, magnetoresistenza anisotropa, magnetoresistenza tunneling ed effetti Hall dipendenti dallo spin.
- Metodi di risonanza magnetica ottica ed elettrica per l'iniezione, la manipolazione e la rilevazione dello spin degli elettroni.
- Funzionalità dei dispositivi spintronici: conversione spin-carica, iniezione spin, coppia di trasferimento spin, manipolazione di spin e lettura di spin.
- Transistori e amplificatori di spin, filtri di spin, MRAM con giunzioni tunnel magnetiche, qubit di spin molecolari e qubit di spin in nanostrutture di semiconduttori.

#### FUNZIONALITÀ EMERGENTI: MAGNETISMO TOPOLOGICO

- Topologia nella materia condensata e conduzione chirale.
- Effetti magnetoelettrici topologici e spintronica topologica.
- Domini magnetici e skyrmioni di tipo Néel e di tipo Bloch.

### Prerequisiti

Corsi sui concetti di base della meccanica quantistica, della fisica dei semiconduttori e della fisica dello stato solido (o equivalenti).

### Modalità didattica

28 lezioni da 2 ore in presenza, Didattica Erogativa

Le lezioni teoriche frontali e di esercitazione saranno svolte con l'ausilio di presentazioni e/o lavagna.

### Materiale didattico

1. Datta S. (2013) Electronic transport in mesoscopic systems, Cambridge University Press
2. Zheng Cui (2008), Nanofabrication - Principles, Capabilities and Limits, Springer New York, NY.
3. T. Shinjo (2009), Nanomagnetism and Spintronics, Elsevier
4. J. Stohr and H.C. Siegmann (2006) Magnetism: from fundamentals to nanoscale dynamics. Springer, Berlin
5. Orazio Svelto (2007), Principle of Lasers (Fourth Edition), Springer, Berlin

Ulteriori riferimenti verranno forniti durante le lezioni. Le presentazioni saranno messe a disposizione degli studenti attraverso la presente piattaforma e-learning.

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

Primo semestre ( da settembre a gennaio)

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

Le conoscenze degli studenti verranno valutate attraverso una prova orale incentrata sugli argomenti trattati durante il corso con presentazione di analisi quantitative, equazioni, grafici e schemi.

La competenza e i criteri di valutazione si baseranno sulle conoscenze e sulle capacità comunicative acquisite nell'ambito degli argomenti studiati. Non sono previste prove parziali.

## **Orario di ricevimento**

Dal lunedì al venerdì in qualsiasi orario di lavoro (è opportuno concordare appuntamento con il docente tramite email).

## **Sustainable Development Goals**

ISTRUZIONE DI QUALITÀ | IMPRESE, INNOVAZIONE E INFRASTRUTTURE

---