



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## MATERIALS AND DEVICES FOR NANOSCALE ELECTRONICS

**MASSIMO MACUCCI**

|                 |                                 |
|-----------------|---------------------------------|
| Anno accademico | 2018/19                         |
| CdS             | MATERIALS AND<br>NANOTECHNOLOGY |
| Codice          | 827II                           |
| CFU             | 6                               |

|                                          |            |         |     |                 |
|------------------------------------------|------------|---------|-----|-----------------|
| Moduli                                   | Settore/i  | Tipo    | Ore | Docente/i       |
| MATERIALS IN<br>NANOSCALE<br>ELECTRONICS | ING-INF/01 | LEZIONI | 48  | MASSIMO MACUCCI |

### Obiettivi di apprendimento

#### *Conoscenze*

Lo studente che completa il corso con successo avrà una comprensione generale del ruolo dei materiali nell'elettronica in scala nanometrica e del processo di riduzione dimensionale dei dispositivi CMOS, oltre che di alcune delle principali tecnologie "beyond CMOS" che sono state proposte (compresi i dispositivi basati sulla Coulomb blockade, sul grafene, ecc.). Svilupperà inoltre la capacità di valutare il comportamento elettrico di nanostrutture in base al formalismo di Landauer-Büttiker e di dare una prima valutazione di una tecnologia proposta o della validità di un nuovo materiale.

#### *Modalità di verifica delle conoscenze*

Durante l'esame orale lo studente deve essere in grado di dimostrare la propria conoscenza del materiale del corso e la sua capacità di applicarlo alla valutazione e selezione di materiali per applicazioni nell'ambito della nanoelettronica.

Metodi:

- Esame orale

#### *Capacità*

Conoscenza delle proprietà dei principali materiali utilizzati per i dispositivi nanoelettronici, comprensione del processo di riduzione dimensionale dei dispositivi CMOS, capacità di implementare i principali aspetti della simulazione del trasporto in un nanodispositivo.

#### *Modalità di verifica delle capacità*

Attraverso le domande nell'esame orale.

#### *Comportamenti*

Lo studente svilupperà la capacità di giudicare come le proprietà dei materiali possono essere sfruttate per la realizzazione di un nuovo dispositivo o nel perfezionamento di un dispositivo esistente.

#### *Modalità di verifica dei comportamenti*

Una verifica sarà condotta durante l'esame.

#### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

Conoscenza del funzionamento dei dispositivi elettronici di base, fondamenti di meccanica quantistica, chimica di base.

#### *Indicazioni metodologiche*

Tutte le lezioni sono in Inglese

Tipo di insegnamento: lezioni frontali

Metodi di apprendimento:

- presenza alle lezioni
- partecipazione alle discussioni



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

- studio individuale

Frequenza: raccomandata

Forme di insegnamento:

- lezioni
- apprendimento sulla base di obiettivi/apprendimento sulla base di problemi/apprendimento sulla base di indagini.

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

Il corso include un'approfondita analisi del processo di riduzione dimensionale dei dispositivi CMOS (sia quello a campo costante sia quello generalizzato); un'analisi delle principali non idealità, come gli effetti di elettroni caldi, il DIBL (drain induced barrier lowering), la distribuzione casuale dei droganti, le limitazioni alla pendenza sotto soglia e alla velocità di propagazione dei segnali; ruolo dei nuovi materiali e delle nuove geometrie nelle recenti ultime generazioni di dispositivi; calcolo della conduttanza attraverso un dispositivo balistico; il concetto di Coulomb blockade e la sua applicazione al transistor a singolo elettrone; le eterostrutture basate su semiconduttori composti e il loro utilizzo per gli HEMT (high electron mobility transistor), per i dispositivi a effetto quantistico e per i rivelatori di carica non invasivi. Un ulteriore insieme di argomenti viene scelto in base alle preferenze espresse dagli studenti: scelte tipiche sono l'elettronica basata sul carbonio, il quantum computing, l'elettronica molecolare, i processi tecnologici per la fabbricazione di nanodispositivi.

### Bibliografia e materiale didattico

Non c'è un libro di testo ufficiale. Le registrazioni audio e le foto di tutte le lavagne sono disponibili sul sito del corso. Le letture suggerite includono i seguenti testi: Yuan Taur, Tak H. Ning, "Fundamentals of Modern VLSI Devices" (Cambridge University Press, 2009). William H. Press, Saul A. Teukolsky, William T. Vetterling, Brian P. Flannery, "Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing" (Cambridge University Press, 1992).

### Indicazioni per non frequentanti

Tutte le lezioni (registrazioni audio e foto delle lavagne) sono disponibili sul sito web, ricevimenti con il docente possono essere fissati per e-mail o per telefono.

### Modalità d'esame

L'esame è orale e consiste di tre domande sugli argomenti trattati nel corso. Il voto finale è la media dei voti ottenuti sulle tre domande. La durata media dell'esame è di 30 minuti.

### Pagina web del corso

<http://brahms.iet.unipi.it/matnano>

Ultimo aggiornamento 06/11/2018 20:26