UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

# COURSE SYLLABUS

# Physics and Technology of Electronic Devices With Laboratory

**2223-2-F5302Q010**

## Obiettivi

Il corso è dedicato a fornire allo studente i fondamenti della fisica e della tecnologia dei moderni dispositivi a semiconduttori (diodi e transitori) nonché dispositivi emergenti e innovativi per l'elaborazione classica e quantistica (convenzionale e non convenzionale) dell'informazione, nonché per applicazioni in neuroelettronica. Oltre alle lezioni frontali, il corso offre due attività di laboratorio dedicate alla caratterizzazione e simulazione (basate su Sentaurus) delle caratteristiche funzionali dei dispositivi.

## Contenuti sintetici

Fisica dei dispositivi elettronici convenzionali (giunzioni, transistor), dei dispositivi nanoelettronici ultrascalizzati (transistor a singolo elettrone e singolo atomo) e dei dispositivi nanoelettronici e spintronici emergenti e nuovi per applicazioni logiche e di memoria e per l'elaborazione di informazioni quantistiche. Saranno inoltre discussi i dispositivi nanoelettronici (EOS, EOSFET, Memristor) per applicazioni neuroelettroniche

## Programma esteso

LECTURES

1. p-n junction: unpolarized and polarized junction. Current-Voltage characteristic in ideal and real junctions. The junction capacitance. Breakdown. Models. Solar cells. PiN diodes. (PTED1-PTED9)

2. Bipolar Transistors (BJT): Currents. Active mode. Gain. (PTED10-PTED13)

3. Metal-Semiconductor Contact: Ohmic and Schottky contacts. Schottky diode. Characteristic I-V. Interface states. (PTED14)

4. Metal Oxide Semiconductor: band structures. MOS capacitor. Accumulation, depletion and inversion. Capacitance. Effect of interface states. The MOSFET. Evolution of the MOSFET: SOI MOSFET, high mobility substrates, high-k, quantum effects in the inversion channel, the leakage currents. (PTED15-PTED22)

5. Non-volatile memory devices: FLASH memories, nanocrystals, PCM, ReRAM. (PTED23)

6. Electronic devices based on heterojunction: HBT, HEMT. (PTED24)

7. Electronic devices based on quantum effects: tunnel diodes, Tunneling-FET, low-dimensional devices, Fin-FET, single-electron transistor (SET), Coulomb blockade, spin blockade. (PTED25)

8. Emerging spintronic devices: transistors based on the transport of spin, magnetic tunnel junctions. (PTED26)

9. Solid state devices for quantum computing: introduction to quantum computing, qubit, spin in semiconductors (manipulation, entanglement, detection). (PTED27)

10. Neuroelectronic: devices for stimulation / sense neuronal activity, devices for emulating the synaptic and neuronal activity in neuromorphic circuits. (PTED28)

LABORATORY

1. Introduction to the experimental techniques and set-ups (LPTEDE1)

2. Semiconductor-metal contacts: ohmic and Schottky contacts. Zener diode. (LPTEDE2)

3. BJT: I-V (LPTEDE3)

4. MOS: C-V (doping profile, defects, high-k -EOT) (LPTEDE4)

5. MOSFET: I-V, C-V (LPTEDE5)

6. Introduction to TCAD (LPTEDS1)

7. Surviving to Linux (LPTEDS2)

8. Building up the device: SSE (LPTEDS3)

9. Practice: Zener diode / MOSFET / Bipolar (LPTEDS4)

10. Hints on discretization (LPTEDS5)

11. Meshing the device: SSE/SNMESH (LPTEDS6)

12. Practice: Zener diode / MOSFET / Bipolar (LPTEDS7)

13. Solving the device: SDevice 3h (LPTEDS8)

14. Visualizing results: SVisual 1h (LPTEDS9)

15. Practice: simulated device characterization (LPTEDS10)

## Prerequisiti

Solid State Physics and Physics and Semiconductors.

## Modalità didattica

Il corso consiste in lezioni frontali e due attività di laboratorio dedicate alla simulazione ed alla caratterizzazione elettrica dei dispositivi.

## Materiale didattico

- R.F. Pierret, Semiconductor Device Fundamentals, Addison Wesley

- M.S. Sze, Semiconductor devices, Physics and Technology, J. Wiley

- C. Papadopoulos, Solid State Electronic Devices: An Introduction, Springer .

- Notes from the teachers

- Slides of the lectures on the e-learning platform

## Periodo di erogazione dell'insegnamento

I Semestre II anno

## Modalità di verifica del profitto e valutazione

Gli studenti devono dimostrare in un colloquio di sapere come i principi fondamentali della fisica dei semiconduttori possono essere utilizzati

nella progettazione e sviluppo di dispositivi elettronici con funzioni specifiche, e come le funzioni del dispositivo possono essere simulate ed analizzate sperimentalmente in laboratorio con approcci adeguati.La prova orale, si compone di due, o tre domande, su parti diverse del corso, dove si richiede che l'illustrazione dell'argomento sia accompagnata da schizzi, equazioni e dati numerici. Lo studente sceglie il primo argomento e deve consegnare almeno 5 giorno prima dell'esame la relazione sulle attività di laboratorio.

## Orario di ricevimento

Su appuntamento.

## Sustainable Development Goals

SALUTE E BENESSERE | ACQUA PULITA E SERVIZI IGIENICO-SANITARI | ENERGIA PULITA E ACCESSIBILE | IMPRESE, INNOVAZIONE E INFRASTRUTTURE | CITTÀ E COMUNITÀ SOSTENIBILI