

# Laboratory of Solid State Electronics

## 1. DESCRITTORI

- 1.1 *Settore scientifico-disciplinare*: ING/INF-01
- 1.2 *Crediti formativi universitari*: 6
- 1.3 *Docente*: Rosario Rao
- 1.4 *Contatti docente*: 06.44585357, [rao@die.uniroma1.it](mailto:rao@die.uniroma1.it), rosario.rao@uniroma1.it
- 1.5 *Offerto ai corsi di studio*: MELR1
- 1.6 *Calendarizzazione*: secondo semestre
- 1.7 *Tipologia di valutazione*: esame orale + valutazione del lavoro al simulatore con votazione in trentesimi
- 1.8 *Anni accademici di riferimento*: 2013/2014

## 2. OBIETTIVI DEL MODULO E CAPACITÀ ACQUISITE DALLO STUDENTE

### ITALIANO

Gli obiettivi del corso sono essenzialmente due: da una parte si illustreranno agli studenti i vari modelli analitici e le possibili soluzioni numeriche necessarie alla simulazione dei dispositivi nanoelettronici basati su semiconduttori, dall'altra gli studenti utilizzeranno in autonomia il simulatore ad elementi finiti "Synopsys TCAD" con il quale dovranno simulare un dispositivo complesso a scelta tra diverse possibili opzioni. Lo scopo del corso è quello di sviluppare nello studente una sensibilità rispetto all'"arte simulativa" stimolando allo stesso tempo le capacità di problem solving.

### INGLESE

The objectives of the course are essentially two: the first one is devoted to the description of the different analytical models used in simulation of nanoelectronic devices based on semiconductor materials and their numerical solution; the second one is devoted to manage independently the design of a complex device using the finite element simulator "Synopsys TCAD" (the student may choose between different devices). The course is aimed to develop the competences in the use of semiconductor device simulators and to improve the problem solving skills.

## 3. RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

### ITALIANO

Alla fine del corso gli studenti saranno in grado di scegliere tra i diversi modelli analitici quello più adatto in base al tipo di simulazione e alla struttura del dispositivo e di valutare quale sia il miglior algoritmo di risoluzione numerica da adottare in modo da ottimizzare i processi di convergenza in termini di costo computazionale. Saranno altresì in grado di utilizzare il simulatore "Synopsys TCAD" per progettare dispositivi complessi, disegnare una mesh adeguata in base alla geometria del dispositivo stesso ed interpretare in maniera adeguata i risultati della simulazione.

### INGLESE

At the end of the course the students will be able to choose the best analytical model among many, depending on the simulation type and device structure. They will be able to choose the correct numerical resolution algorithm in order to optimize the computational cost. They will be able to use the simulator "Synopsys TCAD" in order to design complex devices using the correct mesh depending on the device geometry. Finally, the students will be able to properly understand the simulation results.

## 4. PROGRAMMA

### ITALIANO

MODELLI FISICI: Equazione di Boltzmann: Correnti di trasporto e diffusione, Equazioni di continuità delle correnti; Drift Diffusion Model: Equazioni e validità del Drift Diffusion Model, Risoluzione numerica accoppiata e disaccoppiata, approssimazione di Scharfetter e Gummel, soluzione iniziale, condizioni al contorno, generazione e ricombinazione; Hydrodynamic Model: Equazioni di bilanciamento, scelta delle

variabili e delle relazioni, termine di collisione, discretizzazione delle equazioni di bilanciamento; Energy Transport Model; Monte Carlo Model: La struttura a bande, Regola d'oro di Fermi, Il metodo Monte Carlo.

SIMULAZIONE: Breve rassegna sui simulatori di dispositivo ed introduzione all'uso della suite "Synopsys TCAD". Lo studente potrà scegliere tra 4 diversi dispositivi da implementare, ottimizzare e simulare: 1) Transistore MOS (32 nm) in tecnologia SOI Fully Depleted; 2) Tri-Gate Transistor (22 nm); 3) Tunnel-FET Transistor (32 nm); 4) cella di memoria a Floating Gate (32 nm).

#### INGLESE

PHYSICAL MODELS: Boltzmann Equation: Drift and diffusion currents, Continuity equation for currents; Drift-Diffusion Model: Equations and validity of Drift-Diffusion Model, Coupled and uncoupled numerical solution, Scharfetter-Gummel approximation, The initial solution, The boundary conditions, Generation and recombination; Hydrodynamic Model: The balance equations, Choice of variables and relationships, The collision term, Discretization of balance equations; Energy Transport Model; Monte Carlo Model: The band structure, Fermi's golden rule, the Monte Carlo method.

SIMULATION: Brief review of device simulators and introduction to the "Synopsys TCAD" suite. The student will implement, optimize and simulate a device between 4 possible different choices: 1) MOS Transistor (32 nm) in SOI Fully Depleted technology; 2) Tri-Gate Transistor (22 nm); 3) Tunnel-FET Transistor (32 nm); 4) Floating Gate memory cell (32 nm).

#### **5. MATERIALE DIDATTICO**

- Dispensa distribuita in aula