

Testi del Syllabus

Resp. Did.	MENOZZI Roberto	Matricola: 004610
Anno offerta:	2016/2017	
Insegnamento:	1002740 - DISPOSITIVI A SEMICONDUITTORE	
Corso di studio:	5013 - INGEGNERIA ELETTRONICA	
Anno regolamento:	2016	
CFU:	6	
Settore:	ING-INF/01	
Tipo Attività:	B - Caratterizzante	
Anno corso:	1	
Periodo:	I° semestre	
Sede:	PARMA	



Testi in italiano

Lingua insegnamento	Italiano
Contenuti	<p>- Parte prima</p> <ol style="list-style-type: none">1) Modello drift-diffusion2) Cenni sui contatti metallo-semiconduttore3) Giunzioni pn4) Transistore Bipolare a Giunzione (BJT)5) Transistore MOS (MOSFET) <p>- Parte seconda</p> <ol style="list-style-type: none">6) Bande energetiche nei semiconduttori7) Portatori di carica8) Equilibrio termico9) Cenni sul trasporto nei semiconduttori10) Celle solari
Testi di riferimento	<p>- Parte prima</p> <p>R. S. Muller, T. I. Kamins, P. K. Ko, "Device Electronics for Integrated Circuits," 3rd Edition, John Wiley & Sons, 2003. ISBN: 0-471-42877-9</p> <p>- Parte seconda</p> <p>D. L. Pulfrey, "Understanding modern transistors and diodes," Cambridge University Press, 2010. ISBN: 978-0-521-51460-6.</p>
Obiettivi formativi	<p>1) Conoscenza e comprensione</p> <p>In seguito alla frequenza delle lezioni e allo studio individuale, lo studente dovrà conseguire:</p> <ul style="list-style-type: none">- una conoscenza di base delle nozioni di fisica dei semiconduttori necessarie per la comprensione del funzionamento dei dispositivi elettronici;- una conoscenza dettagliata e la comprensione del funzionamento dei principali dispositivi a semiconduttore nell'ambito del modello "drift-

diffusion".

2) Capacità di applicare conoscenza e comprensione

- Un primo obiettivo dell'insegnamento è fornire lo studente della capacità di applicare le conoscenze acquisite all'analisi e alla progettazione di massima di dispositivi elettronici a semiconduttore.

- Si ritiene inoltre fondamentale la capacità di applicare i metodi di analisi presentati nelle lezioni allo studio sia qualitativo che quantitativo del comportamento dei dispositivi.

Prerequisiti

Si presuppone nello studente la familiarità con le nozioni di matematica, fisica, chimica, elettrotecnica ed elettronica acquisite nei corsi di laurea della classe dell'Ingegneria dell'informazione (classe L-8).

Metodi didattici

Lezioni frontali.

Altre informazioni

Le pagine web dell'insegnamento sono reperibili sulla piattaforma Elly.

Modalità di verifica dell'apprendimento

Esame orale.

Durante l'esame lo studente dovrà dimostrare una buona comprensione dei meccanismi fisici che determinano il comportamento dei dispositivi elettronici, e la capacità di analizzarne anche quantitativamente comportamento e caratteristiche.

Di norma l'esame consiste in due domande sugli argomenti della prima parte del corso (1-5) ed una domanda su quelli della seconda (6-10). 24/30 sono attribuiti in base alle risposte sulla prima parte, i restanti 6/30 in base alla risposta sulla seconda parte.

Programma esteso

- Parte prima

1) Modello drift-diffusion - 4 ore

Semiconduttori all'equilibrio. Legge dell'azione di massa. Statistiche di Fermi-Dirac e di Maxwell-Boltzmann. Densità di stati. Livello di Fermi e livello di fermi intrinseco. Pseudolivelli di Fermi. Portatori liberi nei semiconduttori. Mobilità. Velocità di saturazione. Corrente di diffusione. Corrente e pseudolivelli di Fermi.

2) Cenni sui contatti metallo-semiconduttore - 2 ore

Diodo Schottky ideale all'equilibrio, in polarizzazione diretta ed inversa. Stati interfacciali e pinning del livello di Fermi. Contatti ohmici.

3) Giunzioni pn - 8 ore

Distribuzioni non uniformi di drogaggio. Giunzione p-n all'equilibrio. Lunghezza di Debye. Polarizzazione inversa. Capacità di una giunzione in inversa. Breakdown a valanga ed effetto Zener. Equazioni di continuità. Generazioni e ricombinazioni Shockley-Hall-Read. Ricombinazioni Auger e superficiali. Caratteristica I-V del diodo p-n. Diodi a base lunga e diodi a base corta. Discussione delle approssimazioni di basse iniezioni e di quasi-equilibrio. Correnti di generazione-ricombinazione in polarizzazione diretta e inversa. Capacità di diffusione.

4) Transistore Bipolare a Giunzione (BJT) - 6 ore

Zona attiva diretta. Fattore di trasporto in base. Efficienza di emettitore. Zona attiva inversa, saturazione, interdizione. Effetto Early. BJT integrati. Effetti delle basse iniezioni. Alte iniezioni: effetto Kirk, resistenza di base. Tempo di transito in base ed effetto Webster. Limitazioni in frequenza: f_T e f_{MAX} .

5) Transistore MOS (MOSFET) - 10 ore

Sistemi MOS ideali. Struttura delle bande. Accumulazione, svuotamento, inversione, forte inversione. Tensione di soglia ed effetto body. caratteristica C-V del sistema MOS ideale. Sistemi MOS non ideali. cariche nell'ossido e all'interfaccia. MOSFET. Effetto body. Effetto della carica di bulk. Aggiustamento della tensione di soglia. Corrente sotto-soglia. Effetti di canale corto e di canale stretto. Riduzione della mobilità. Saturazione della velocità. Corrente di drain nei MOSFET a canale corto. Effetto dello scaling sui MOSFET a canale corto. Campi elettrici nella regione di velocità saturata: modello quasi-2D. Effetti dei portatori caldi: corrente di substrato e corrente di gate.

- Parte seconda

6) Bande energetiche nei semiconduttori - 4 ore

Struttura cristallina e potenziale periodico. Equazione di Schroedinger. Bande energetiche. Reduced Zone Plot. Stati quantici e classificazione dei materiali. Struttura delle bande di Si e GaAs. Crystal momentum e massa efficace. Superfici a energia costante. Effective Mass Schroedinger Equation.

7) Portatori di carica - 2 ore

Generazione di elettroni e lacune. Ricombinazione. Concentrazioni di portatori. DOS Effective Mass nel Silicio.

8) Equilibrio termico - 2 ore

Collisioni e scattering. Livello di Fermi. Concentrazioni di portatori all'equilibrio. Velocità media unidirezionale di una distribuzione all'equilibrio.

9) Cenni sul trasporto nei semiconduttori - 2 ore

Equazione di Boltzmann. Modello drift-diffusion. Modello idrodinamico.

10) Celle solari - 2 ore

Assorbimento e generazione. Fotocorrente. Fototensione. Punto di massima potenza ed efficienza di conversione.



Testi in inglese

Lingua insegnamento

Italian

Contenuti

- Part 1

- 1) The drift-diffusion model
- 2) Metal-semiconductor junctions
- 3) PN junctions
- 4) Bipolar Junction Transistors (BJTs)
- 5) MOS Transistor (MOSFET)

- Part 2

- 6) Energy bands in semiconductors
- 7) Charge carriers
- 8) Thermal equilibrium
- 9) Charge transport
- 10) Solar cells

Testi di riferimento	<p>- Part 1</p> <p>R. S. Muller, T. I. Kamins, P. K. Ko, "Device Electronics for Integrated Circuits," 3rd Edition, John Wiley & Sons, 2003. ISBN: 0-471-42877-9</p> <p>- Part 2</p> <p>D. L. Pulfrey, "Understanding modern transistors and diodes," Cambridge University Press, 2010. ISBN: 978-0-521-51460-6.</p>
Obiettivi formativi	<p>1) Knowledge and understanding</p> <p>Attending classes and through individual study, students are to acquire:</p> <ul style="list-style-type: none"> -basic understanding of the notions of semiconductor physics required for understanding electron device operation; - detailed knowledge and understanding of the operation of the most important semiconductor devices, in the framework of the "drift-diffusion" model. <p>2) Applying knowledge and understanding</p> <ul style="list-style-type: none"> - A goal of this course is providing students with the ability of applying the acquired knowledge to the first-order analysis and design of semiconductor electron devices. - Great importance is also given to the ability of applying the analysis methods and techniques presented and used in the lectures to the qualitative as well as quantitative study of the operation of electron devices.
Prerequisiti	<p>Students should be familiar with the notions of mathematics, physics, chemistry, electrical and electronic engineering typically acquired in first-level degrees in Information engineering (class L-8).</p>
Metodi didattici	<p>Classroom lectures.</p>
Altre informazioni	<p>The course web pages can be found on the Elly platform.</p>
Modalità di verifica dell'apprendimento	<p>Oral exam.</p> <p>Students will have to show good understanding of the physical mechanisms underlying the behavior of electron devices, and the ability to analyze their characteristics and principles of operation, also in quantitative terms.</p> <p>The exam consists of two questions on the topics of part 1 (1-5), and one on those of part 2 (6-10). 24 points out of 30 are attributed based on the answers to the questions on part 1, the remaining 6 on the answer to the question on part 2.</p>
Programma esteso	<p>- Part 1</p> <p>1) The drift-diffusion model - 4 hrs</p> <p>Semiconductors under equilibrium conditions. Mass action law. Fermi-Dirac and Maxwell-Boltzmann distributions. Density of states, Fermi level and intrinsic Fermi level. Free carriers, mobility, saturation velocity. Drift-diffusion model.</p> <p>2) Metal-semiconductor junctions - 2 hrs</p> <p>Metal-semiconductor junction under equilibrium conditions, forward bias and reverse bias. Interface states and Fermi level pinning. Ohmic contacts.</p> <p>3) PN junctions - 8 hrs</p> <p>Non-uniform doping distributions. The PN junction at equilibrium. Debye</p>

length. Reverse bias. Capacitance of a reverse-biased diode. Avalanche and Zener breakdown. Continuity equations. Shockley-Hall-Read recombination. Auger and surface recombination. I-V characteristics of the PN diode. Long-base and short-base diodes. Validity of the low-injection and quasi-equilibrium approximations. G-R currents in forward and reverse bias. Diffusion capacitance.

4) Bipolar Junction Transistors (BJTs) - 6 hrs

Forward-active region. Base transport factor. Emitter efficiency. Reverse active region, saturation, off-state. Early effect. Integrated BJTs. Low-current effects. High-injection effects: Kirk effect, base resistance. Base transit time. Frequency limitations: f_T and f_{MAX} .

5) MOS Transistor (MOSFET) - 10 hrs

Ideal MOS systems. Band structure. Accumulation, depletion, inversion, strong inversion. Threshold voltage and body effect. C-V characteristics of the ideal MOS system. Non-ideal MOS systems: charges in the oxide and at the interface. MOS transistors. Body effect. Bulk charge effect. Threshold voltage adjustment. Sub-threshold current. Short-channel and narrow-channel effects. Source/drain charge sharing. Drain-induced barrier lowering. Sub-surface punch-through. Mobility reduction. Velocity saturation. Drain current in short-channel MOSFETs. Effects of scaling on short-channel MOSFETs. Electric field in the saturated velocity region: quasi-2D model. Hot carrier effects: substrate and gate currents.

- Part 2

6) Energy bands in semiconductors - 4 hrs

Crystalline structure and periodic potential. Schroedinger equation. Energy bands. Reduced-zone plot. Quantum states and materials classification. Si and GaAs band structures. Crystal momentum and effective mass. Constant-energy surfaces. Effective-mass Schroedinger equation.

7) Charge carriers - 2 hrs

Generation of electrons and holes. Recombination. Carrier concentrations. Si DOS effective mass.

8) Thermal equilibrium - 2 hrs

Collisions and scattering. Fermi level. Equilibrium carrier concentrations. Mean unidirectional velocity of an equilibrium distribution.

9) Charge transport - 2 hrs

Boltzmann equation. Drift-diffusion model. Hydrodynamic model.

10) Solar cells - 2 hrs

Absorption and generation. Photocurrent. Photovoltage. Maximum power point and conversion efficiency.