
Testi del Syllabus

Docente	MENOZZI ROBERTO	Matricola: 004610
Anno offerta:	2013/2014	
Insegnamento:	1002740 - DISPOSITIVI A SEMICONDUTTORE	
Corso di studio:	5013 - INGEGNERIA ELETTRONICA	
Anno regolamento:	2013	
CFU:	6	
Settore:	ING-INF/01	
Tipo attività:	B - Caratterizzante	
Partizione studenti:	-	
Anno corso:	1	
Periodo:	I° semestre	
Sede:	SEDE DIDATTICA DI PARMA	

Tipo testo	Testo
Lingua insegnamento	Italiano
Contenuti	<ol style="list-style-type: none">1) Bande energetiche nei semiconduttori2) Portatori di carica3) Equilibrio termico4) Cenni sul trasporto nei semiconduttori5) Modello drift-diffusion6) Cenni sui contatti metallo-semiconduttore7) Giunzioni pn8) Transistore Bipolare a Giunzione (BJT)9) Transistore MOS (MOSFET)10) Celle solari
Testi di riferimento	<ul style="list-style-type: none">- 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- D. L. Pulfrey, "Understanding modern transistors and diodes," Cambridge University Press, 2010. ISBN: 978-0-521-51460-6.
Obiettivi formativi	<ol style="list-style-type: none">1) Conoscenza e comprensione In seguito alla frequenza delle lezioni e allo studio individuale, lo studente dovrà conseguire:<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<ul style="list-style-type: none">- 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.
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

Programma esteso

1) Bande energetiche nei semiconduttori

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.

2) Portatori di carica

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

3) Equilibrio termico

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

4) Cenni sul trasporto nei semiconduttori

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

5) Modello drift-diffusion

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.

6) Cenni sui contatti metallo-semiconduttore

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

7) Giunzioni pn

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.

8) Transistore Bipolare a Giunzione (BJT)

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} .

9) Transistore MOS (MOSFET)

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

Tipo testo

Testo

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.

10) Celle solari

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



Testi in inglese

Tipo testo	Testo
Lingua insegnamento	Italian
Contenuti	<ol style="list-style-type: none">1) Energy bands in semiconductors2) Charge carriers3) Thermal equilibrium4) Charge transport5) The drift-diffusion model6) Metal-semiconductor junctions7) PN junctions8) Bipolar Junction Transistors (BJTs)9) MOS Transistor (MOSFET)10) Solar cells
Testi di riferimento	<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>- D. L. Pulfrey, "Understanding modern transistors and diodes," Cambridge University Press, 2010. ISBN: 978-0-521-51460-6.</p>
Obiettivi formativi	<ol style="list-style-type: none">1) Knowledge and understanding Attending classes and through individual study, students are to acquire: <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.2) Applying knowledge and understanding <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	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).
Metodi didattici	Classroom lectures.
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>

Tipo testo

Programma esteso

Testo

1) Energy bands in semiconductors

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.

2) Charge carriers

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

3) Thermal equilibrium

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

4) Charge transport

Boltzmann equation. Drift-diffusion model. Hydrodynamic model.

5) The drift-diffusion model

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.

6) Metal-semiconductor junctions

Metal-semiconductor junction under equilibrium conditions, forward bias and reverse bias. Interface states and Fermi level pinning. Ohmic contacts.

7) PN junctions

Non-uniform doping distributions. The PN junction at equilibrium. Debye 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.

8) Bipolar Junction Transistors (BJTs)

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} .

9) MOS Transistor (MOSFET)

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.

10) Solar cells

Tipo testo**Testo**

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