



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO	Ingegneria
ANNO ACCADEMICO OFFERTA	2015/2016
ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE	2015/2016
CORSO DILAUREA MAGISTRALE	INGEGNERIA ELETTRONICA
INSEGNAMENTO	DISPOSITIVI A ETEROSTRUTTURA
TIPO DI ATTIVITA'	C
AMBITO	20925-Attività formative affini o integrative
CODICE INSEGNAMENTO	10552
SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI	ING-INF/01
DOCENTE RESPONSABILE	CUSUMANO PASQUALE Ricercatore Univ. di PALERMO
ALTRI DOCENTI	
CFU	9
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	144
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA	81
PROPEDEUTICITA'	
MUTUAZIONI	
ANNO DI CORSO	1
PERIODO DELLE LEZIONI	2° semestre
MODALITA' DI FREQUENZA	Facoltativa
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	CUSUMANO PASQUALE Lunedì 8:00 8:01 Si prega di concordare il ricevimento via mail: pasquale.cusumano@unipa.it Please arrange in advance by sending an email request to: pasquale.cusumano@unipa.it

DOCENTE: Prof. PASQUALE CUSUMANO

PREREQUISITI	
RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI	<p>Conoscenza e capacità di comprensione Lo studente, al termine del corso, avrà acquisito una solida conoscenza della struttura e del funzionamento fisico dei moderni dispositivi elettronici (transistori bipolari ad eterogiunzione, MESFET e MODFET) ed optoelettronici emissivi (diodi LED e laser). Questa include i materiali semiconduttori composti, le relative tecniche di crescita massiva ed epitassiale e le strutture a confinamento quantico (quantum wells, wires e dots).</p> <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione Lo studente avrà acquisito la capacità di saper: 1) progettare eterostrutture per dispositivi elettronici ed optoelettronici basati sui semiconduttori composti; 2) eseguire misure per la caratterizzazione di tali dispositivi; 3) studiare ed approfondire autonomamente altre tipologie di dispositivi a eterostruttura (fotodiodi, celle solari, modulatori ottici etc.)</p> <p>Autonomia di giudizio Lo studente avrà acquisito la capacità di valutare e confrontare le prestazioni specificate dai costruttori relativamente ai transistori bipolari ad eterogiunzione, MESFET, MODFET, diodi LED e laser, assieme ai loro campi di applicazione.</p> <p>Abilità comunicative Lo studente sarà in grado di comunicare con competenza e proprietà di linguaggio problematiche relative alla struttura e funzionamento fisico dei moderni dispositivi elettronici ed optoelettronici ad eterostruttura basati sui semiconduttori composti, anche in contesti altamente specializzati.</p> <p>Capacità d'apprendimento Lo studente sarà in grado di affrontare in autonomia qualsiasi problematica relativa alla struttura e funzionamento fisico di dispositivi elettronici ed optoelettronici ad eterostruttura avanzati basati sui semiconduttori composti.</p>
VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO	Prova orale
OBIETTIVI FORMATIVI	Il corso fornisce i fondamenti dei moderni dispositivi elettronici ed optoelettronici basati sui semiconduttori composti e relative eterostrutture. Il suo scopo è quello di stimolare e predisporre lo studente, da un lato, alla corretto utilizzo progettuale di tali dispositivi e, dall'altro, al suo inserimento in attività professionali (Microonde e Telecomunicazioni ottiche) che richiedono una solida conoscenza di tali dispositivi, sia in ambito industriale sia nel settore della ricerca.
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	Lezioni frontali con esercitazioni teoriche e pratiche
TESTI CONSIGLIATI	Trasparenze complete del corso a cura del docente e scaricabili dal sito docente J. Singh, "Semiconductor Devices – an introduction" McGraw-Hill (1994) P. Battacharya "Semiconductor Optoelectronic Devices", Prentice Hall, (1997) J. Singh "Semiconductor Optoelectronics – Physics and technology", McGraw-Hill (1995)

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
4	Introduzione Nanostrutture e confinamento quantico: quantum wells, wires e dots QW quadrata reale e QW triangolare ideale
4	Richiami di fisica dello stato solido, Proprietà dei diagrammi a bande $E(k)$ dei semiconduttori, semiconduttori a gap diretto e indiretto, Densità degli stati per bulk e per QW e conseguenze per l'inversione di popolazione
6	Concetti avanzati sui semiconduttori Drogaggio degenero (integrale di Fermi-Dirac, approssimazione di Joyce-Dixon) Non equilibrio (iniezione ad alto livello) e quasi livelli di Fermi applicazione al caso della giunzione pn Riconbinazione non-radiativa tramite trappole a metà gap Superfici dei semiconduttori Fermi level pinning Riconbinazione non radiativa superficiale
2	Guide ottiche Guide ottiche planari Guide ottiche 2D e metodo dell'indice efficace
5	Semiconduttori composti binari IV-IV, III-V e II-VI Leghe ternarie e quaternarie, legge di Vegard, costante reticolare e gap Possibilità di crescita epitassiale con costante reticolare adattata al substrato Strati deformati elasticamente (strained layers), effetti della deformazione su gap e massa efficace dei portatori di carica Cenni alla crescita di self-assembled quantum dots

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
6	Crescita dei semiconduttori massivi metodo della fornace: a gradiente di raffreddamento, metodo di Bridgman metodo del tiraggio: Czochralski con incapsulamento liquido (LEC) Crescita epitassiale: da fase liquida LPE, da fase vapore VPE (idruri, alogenuri e metallorganici) e da fasci molecolari (MBE)
6	Eterogiunzioni brusche isotipo Nn e comportamento rettificante o ohmico in dipendenza dei drogaggi, Eterogiunzioni brusche anisotipo Pn e comportamento rettificante con trasporto unipolare della corrente diretta doppia eterogiunzione PpN, PiN ed NpN, tracciatura del diagramma a bande a circuito aperto e con polarizzazione e stima del potenziale di contatto (built-in voltage), cenno all'eterogiunzione graduale Modulation doping e delta-doping
12	Transistori bipolari a eterogiunzione (HBT) Transistori a effetto di campo MESFET FET ad eterostruttura (HFET) FET a modulazione di drogaggio (MODFET o HEMT) Circuito a piccolo segnale in alta frequenza e frequenza di transizione
6	Proprietà ottiche dei semiconduttori: assorbimento ed emissione Centri di ricombinazione radiativa nei semiconduttori a gap indiretto Diodi emettitori di luce (Light emitting diodes, LEDs) Emissione spontanea LED ad omogiunzione LED a doppia eterostruttura
8	LASER a semiconduttore (diodi LASER) Emissione stimolata ed inversione di popolazione Guadagno ottico nei semiconduttori: bulk e quantum well Cavità ottica di Fabry-Perot e modi longitudinali Doppia eterostruttura e modi trasversi Corrente di soglia per l'oscillazione laser Potenza di uscita, efficienza differenziale ed efficienza di conversione della potenza Diodi laser a Quantum well/strained quantum well
ORE	Esercitazioni
2	Proprietà dei diagrammi a bande e concetti avanzati sui semiconduttori
2	Quantum well quadrata reale e triangolare ideale
2	Guide ottiche, leghe quaternarie, strain e spessore critico
2	Epitassia MBE
2	Eterogiunzioni e diagrammi a bande
2	HBT
2	MODFET ed HFET
2	Proprietà ottiche dei semiconduttori, assorbimento ed emissione
2	Light emitting diodes (LED)
2	Diodi LASER
ORE	Laboratori
2	Dimostrazione pratica su LED e diodi LASER, soglia, spettro di emissione e campo vicino