

STRUTTURA	Scuola Politecnica - DEIM
ANNO ACCADEMICO	2015-2016
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE	Ingegneria Elettronica
INSEGNAMENTO	Nanoelettronica
TIPO DI ATTIVITÀ	Affine
AMBITO DISCIPLINARE	Attività formative affini o integrative
CODICE INSEGNAMENTO	15971
ARTICOLAZIONE IN MODULI	NO
NUMERO MODULI	-
SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI	ING-INF/01
DOCENTE RESPONSABILE	Roberto Macaluso Ricercatore Università di Palermo
CFU	9
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	144
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE	81
PROPEDEUTICITÀ	Fisica dei materiali per l'elettronica, Microtecnologie.
ANNO DI CORSO	2°
SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI	Consultare il sito politecnica.unipa.it
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	Lezioni frontali, esercitazioni in aula, esercitazioni in laboratorio, visite in campo, seminari.
MODALITÀ DI FREQUENZA	Facoltativa
METODI DI VALUTAZIONE	Prova Orale
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
PERIODO DELLE LEZIONI	Consultare il sito politecnica.unipa.it
CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE	Consultare il sito politecnica.unipa.it
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	Al termine di ogni lezione (nel periodo di lezioni); per appuntamento (negli altri periodi)

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente al termine del Corso avrà piena conoscenza dei più avanzati design e materiali per la realizzazione di dispositivi MOSFET ultrascalati. In particolare, lo studente sarà in grado di comprendere, partendo dai limiti fisici e tecnologici della tecnologia CMOS, attualmente dominante il mercato dei circuiti elettronici integrati, quali tecnologie e materiali alternativi potranno essere utilizzati per ottenere dispositivi sempre più compatti, veloci e a bassa dissipazione di potenza.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente sarà in grado di applicare le conoscenze acquisite per lo studio e la progettazione di dispositivi MOSFET a canale corto e per la crescita e la caratterizzazione di nuovi materiali nanostrutturati e nuovi dispositivi nanoelettronici.

Autonomia di giudizio

Lo studente acquisirà competenze tali da essere in grado di confrontare sia da un punto di vista tecnico-scientifico sia da un punto di vista economico, materiali, tecnologie e dispositivi diversi per la nanoelettronica, correlandoli alle particolari applicazioni considerate di volta in volta. Questa capacità di confronto, unita alla conoscenza della fisica che sta alla base dei dispositivi studiati, gli consentirà di potersi cimentare nella progettazione di nuovi nanodispositivi.

Abilità comunicative

Lo studente acquisirà la capacità di comunicare efficacemente in modo scritto ed orale su argomenti e problematiche inerenti l'oggetto del corso anche in un contesto internazionale: particolare attenzione è infatti rivolta alla terminologia in lingua inglese. Sarà in grado di sostenere conversazioni su tematiche riguardanti la scelta dei materiali nanostrutturati e dei nanodispositivi per scopi specifici, di evidenziare problemi relativi ai limiti del loro funzionamento e di offrire soluzioni.

Capacità d'apprendimento

Lo studente apprenderà le interazioni tra la fisica dei nanodispositivi ed il loro impiego nelle applicazioni più comuni e questo gli consentirà di competere in un settore in continua crescita e oggi estremamente strategico per tutte le economie avanzate, il quale abbraccia un vasto campo di applicazioni. Lo studente potrà quindi lavorare nella progettazione e nella fabbricazione di prodotti ad elevato contenuto scientifico ed innovativo in tutti i settori industriali e della ricerca applicata basati sulle nanotecnologie.

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso fornisce, assieme allo stato dell'arte della tecnologia CMOS attualmente dominante il mercato dei circuiti integrati, e alle problematiche relative allo *scaling* dei dispositivi attualmente in commercio, conoscenze specifiche sulla fisica e sulla tecnologia di nuovi materiali quali grafene e nanotubi di carbonio, i quali costituiscono per l'industria dei semiconduttori una possibile prospettiva futura per realizzare circuiti integrati sempre più densi, veloci e a bassissima dissipazione di potenza. Il corso dedica inoltre ampio spazio alle più avanzate tecniche di fabbricazione e caratterizzazione di nanostrutture e nanodispositivi ed include esercitazioni numeriche e sperimentali. Queste ultime sono focalizzate principalmente nella fabbricazione di nanostrutture attraverso processi elettrochimici e successiva caratterizzazione attraverso microscopia elettronica a scansione, diffattometria a raggi x e spettroscopia Raman.

ORE FRONTALI	LEZIONI FRONTALI
1	Introduzione alla Nanoelettronica.
2	La legge di Moore. La international roadmap for semiconductors (ITRS): ultimi trend tecnologici. Half-pitch per MPU, DRAM, memorie Flash. More Moore e more than Moore.
15	Verso le dimensioni nanometriche: <i>scaling</i> dei dispositivi CMOS e sue problematiche. Effetti di canale corto, problemi di affidabilità, ossido di gate ad alto k e gate metallici.
3	Tecniche per controllare gli effetti di canale corto.
9	MOSFET avanzati: Ultra-thin body MOSFET, fisica e tecnologia dei dispositivi <i>silicon on insulator</i> (SOI), MOSFET a doppio gate, FinFET, tecnologia <i>strained silicon</i> .
3	Interconnessioni con sistema Cu/low-k dielectrics
11	Strumenti e tecniche di caratterizzazione di nanostrutture e nanomateriali: microscopio elettronico a scansione (SEM) e in trasmissione (TEM), microscopio a scansione per effetto tunnel (STM), microscopio a forza atomica (AFM), spettroscopia Raman.
9	Tecniche avanzate di fabbricazione di nanodispositivi: deep-UV lithography, extreme-UV lithography, litografia a fascio elettronico, direct contact top-down lithography, nano imprint lithography, dip-pen nanolithography.

9	Nuovi materiali per la nanoelettronica e loro proprietà: grafene, nanotubi di carbonio, <i>nanowires</i> di semiconduttori. Trasporto balistico in strutture 1D. Metodi di crescita basati su processi elettrochimici. Self-assembly e approccio <i>bottom-up</i> .
2	Dispositivi basati su nanotubi di carbonio: CNT-FET, sensori di gas.
	ESERCITAZIONI
5	MOSFET a canale corto.
1	Trasporto elettronico nelle nanostrutture.
3	Microscopio elettronico a scansione (SEM) – sperimentale.
8	Fabbricazione e caratterizzazione di materiali nanostrutturati – sperimentale.
TESTI CONSIGLIATI	<ul style="list-style-type: none"> • R. S. Muller, T. I. Kamins: Device electronics for integrated circuits – Wiley, 2003. • V. Mitin, V. Kochelap, M. Strosio: Introduction to Nanoelectronics – Cambridge University Press, 2008. • H.-S. P. Wong, D. Akinwande: Carbon Nanotube and graphene device physics – Cambridge University Press, 2011.