

ELETTRONICA DELLO STATO SOLIDO M

La presentazione sarà disponibile in forma elettronica sotto la voce *Teaching Activity* del sito *web*

<http://www.micro.deis.unibo.it/cgi-bin/user?rudan>

- Chi sono i destinatari del corso?
- Chi deve frequentare cosa?
- Orario.
- Scopi del corso.
- Cosa si deve già sapere per seguire il corso?
- Il corso è professionalmente utile?
- Modalità d'esame.
- Iscrizione agli appelli.
- Materiale didattico.
- Programma.
- Ricevimento Studenti.
- Tirocinio e Tesi di Laurea.

✓ IEEE.



CHI SONO I DESTINATARI DEL CORSO?



- ❑ Studenti del nuovo ordinamento ex DM 270/2004 iscritti al quinto anno del CL in Ingegneria Elettronica (secondo anno della Laurea magistrale), che devono acquisire 9 crediti sotto la denominazione *Elettronica dello stato solido M*.
- ❑ Studenti del precedente ordinamento ex DM 509/1999 del CL in Ingegneria Elettronica (Laurea specialistica), che devono acquisire 6 crediti sotto la denominazione *Elettronica dello stato solido LS-A* e intendono frequentare nuovamente le lezioni.
- ❑ Studenti dell'ordinamento precedente al 509/1999 iscritti nei CL in Ingegneria elettronica, Ingegneria delle Telecomunicazioni o altri, che frequentano nuovamente *Elettronica dello stato solido*.
- ❑ Studenti diversi dai precedenti che seguono il corso come insegnamento a scelta.

CHI DEVE FREQUENTARE COSA?



- Studenti del CL magistrale (ex 270) e di CL precedenti al 509: tutte le ore settimanali assegnate a *Elettronica dello stato solido M* nel periodo 05.10.10 (ex 22.09.10)–14.01.11 (ex 21.12.10). Per consentire lo svolgimento delle ore corrispondenti al numero di CFU nell'ambito delle 13 settimane disponibili, al corso sono assegnate le 7 ore visibili negli orari esposti in Facoltà o disponibili sul sito *web*.
- Studenti del CL specialistico (ex 509): le prime 60 ore del corso *Elettronica dello stato solido M*.

Nota:

- Le aule possono essere variate a causa di problemi organizzativi della Facoltà.
- I giorni di lezione possono essere scambiati con quelli di altri corsi frequentati dagli stessi Studenti.

ORARIO

- ❑ L'orario è: lunedì, ore 12-14, aula 5-4; mercoledì, ore 11-13, aula 5-4; mercoledì ore 16-19, aula 5-4.
- ❑ Possono essere inoltre disponibili ore di recupero.
- ❑ In ogni caso non saranno superate le 90 ore.



SCOPI DEL CORSO



- ❑ Prima parte: descrivere le nozioni Fisico-matematiche necessarie alla comprensione dei fenomeni di trasporto nei solidi.
- ❑ Seconda parte: fornire la descrizione delle proprietà fisiche fondamentali dei semiconduttori, giustificando in particolare il modello matematico dei dispositivi.
- ❑ Fornire esempi di attività di ricerca innovative nel settore.
- ❑ Il corso può essere considerato come una base culturale a sé stante oppure, coordinato con *Sensori a stato solido M*, come parte di un gruppo di materie che sviluppino in modo completo concetti essenziali per la formazione di un Ingegnere elettronico.

COSA SI DEVE GIÀ SAPERE PER SEGUIRE IL CORSO?



- ❑ Nozioni relative alle materie di base (matematica, fisica, ecc.) acquisite da corsi precedenti.
- ❑ Nozioni elementari sui dispositivi elettronici.
- ❑ Nel corso saranno utilizzati ulteriori concetti matematici e fisici, non necessariamente elementari, che verranno spiegati man mano che si presenta la necessità. L'uso di tali concetti è necessario e stabilisce l'unità culturale del corso.

MODALITÀ D'ESAME (I)



- ❑ Gli Studenti dell'ordinamento 270 e quelli di ordinamenti precedenti al 509 sostengono una prova orale sui contenuti di *Elettronica dello stato solido M*.
- ❑ Gli Studenti dell'ordinamento 509 sostengono una prova orale sui contenuti delle prime 60 ore di *Elettronica dello stato solido M*.
- ❑ In alternativa, gli Studenti degli ordinamenti precedenti al 270 sostengono una prova orale sui contenuti del programma svolto nell'anno accademico in cui sono stati iscritti al corso.



ISCRIZIONE AGLI APPELLI D'ESAME

- ❑ Sia per le prove scritte che per gli appelli orali gli Studenti devono iscriversi nelle liste disponibili sul sito di Alma Esami:

<https://almaesami.unibo.it/almaesami/welcome.htm>

Non sono ammesse altre modalità d'iscrizione

- ❑ Le aule in cui si svolgono prove scritte sono indicate di volta in volta nel sito *web*. Gli Studenti si recano direttamente nell'aula all'ora indicata.
- ❑ Come luogo degli appelli orali verrà data l'indicazione dell'aula oppure l'indicazione **DEIS** (Dipartimento di Elettronica, Informatica e Sistemistica). In quest'ultimo caso gli Studenti si trovano all'ora indicata nell'atrio del secondo piano dell'edificio Aule Nuove, dove si trova la porta di accesso al DEIS.

MATERIALE DIDATTICO (I)



□ Elettronica dello stato solido M

- 1-1. D. A. Neamen, *Semiconductor Physics and Devices*, IRWIN, 1992.
- 1-2. M. Rudan, *Tavole di Microelettronica*, Pitagora Tecnoprint, 3^a Ed., 2001.
- 1-3. S. M. Sze, *Semiconductor Devices — Physics and Technology*, Wiley, 1985.
- 1-4. E. De Castro, *Fondamenti di Elettronica — Fisica elettronica ed elementi di teoria dei dispositivi*, UTET, 1975.
- 1-5. E. De Castro, *Teoria dei dispositivi a semiconduttore*, Pàtron, 1983.
- 1-6. N. Ashcroft, N. Mermin, *Solid State Physics*, Saunders, 1976.
- 1-7. Testi tradizionali di Meccanica quantistica (A. Messiah, L. Landau, D. Bohm).



MATERIALE DIDATTICO (II)

- ❑ I testi elencati devono intendersi come testi di consultazione.
- ❑ Il testo *Tavole di Microelettronica* è la raccolta dei lucidi finora usati nei corsi di Microelettronica ed Elettronica dello stato solido per i Corsi di Laurea in Ingegneria elettronica, Ingegneria delle Telecomunicazioni e Ingegneria informatica, e nei corsi di Elettronica applicata per i Corsi di Laurea in Ingegneria gestionale, Ingegneria dei processi gestionali, Ingegneria meccanica, Ingegneria energetica e Ingegneria nucleare. Esso deve essere inteso come un ausilio didattico che contiene i disegni, gli schemi e i calcoli, non come il “sostituto” delle lezioni.
- ❑ Nel corso delle lezioni possono essere usati altri lucidi non contenuti nella raccolta. Quelli che non sono coperti da *copyright* saranno messi a disposizione degli Studenti tramite la Biblioteca di Facoltà o il sito *web*.
- ❑ È raccomandata la consultazione di testi scritti in inglese.

PROGRAMMA (I)



- Introduzione alla Meccanica quantistica.
 - Risultati sperimentali non giustificabili con le leggi della Meccanica classica.
 - La funzione d'onda.
 - L'equazione di Schrödinger.

- Metodi generali della Meccanica quantistica.
 - Operatori.
 - Valori di aspettazione.
 - Esempi: interazione di particelle con gradini e barriere, effetto *tunnel*, oscillatore armonico.

PROGRAMMA (II)



- ❑ Sistemi di particelle interagenti.
 - Le statistiche di Fermi-Dirac e di Bose-Einstein.
 - Calcolo delle bande nei solidi.
 - Il teorema di Liouville e l'equazione del trasporto di Boltzmann.
 - I termini di collisione.

- ❑ Teoria del trasporto nei solidi.
 - Metodo dei momenti applicato all'equazione di Boltzmann.
 - Temperatura degli elettroni.
 - Modello del trasporto nei semiconduttori.

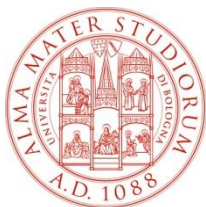
RICEVIMENTO STUDENTI



- ❑ L'orario ufficiale di ricevimento è:
 - Giovedì 11:30–13:30
 - Venerdì 11:30–13:30

- ❑ Si consiglia tuttavia di chiedere anticipatamente un appuntamento al termine della lezione, oppure telefonando al numero di ufficio 051-209-3016 (93016 dai citofoni interni della Facoltà), oppure inviando un messaggio di posta elettronica all'indirizzo

mrudan@arces.unibo.it



TESI DI LAUREA (I)

- ❑ Possono accedere all'esame di Laurea gli Studenti
 - Degli ordinamenti 270 o 509, dopo che hanno acquisito gli altri crediti previsti dal loro piano didattico.
 - Degli ordinamenti precedenti, dopo che hanno superato le annualità prescritte dal piano didattico.

- ❑ L'attività preparatoria alla tesi non può essere "riciclata" per la Tesi di Laurea. È invece ragionevole (ma non prescritto) che l'attività della Tesi costituisca uno sviluppo successivo dell'attività preparatoria alla Tesi.

- ❑ Ulteriori informazioni su attività di Tesi di Laurea saranno rese disponibili attraverso seminari svolti durante il corso.

TESI DI LAUREA (II)



- ❑ Possibili argomenti per l'Attività preparatoria della tesi di laurea e/o per la Tesi di Laurea nel settore dei dispositivi:
 - Modelli fisici avanzati del trasporto: soluzione delle equazioni di Boltzmann, Schrödinger e Poisson, metodo NEGF (Non-Equilibrium Green Function).
 - Computazione quantica.
 - Nanotubi di carbonio e nanowire di silicio.
 - Canali ionici.
 - Naso elettronico (progettazione e misura di sensori integrati per sostanze volatili).
 - Manipolatore di batteri (progettazione, modellistica e misura di *Lab on a chip*).
 - MEMS per applicazioni a circuiti a radiofrequenza.
 - Memorie a cambiamento di fase (calcogenuri).
- ❑ Parte di questi argomenti saranno oggetto di seminari durante il corso.

TESI DI LAUREA (III)



- Gli argomenti per l'Attività preparatoria o per la Tesi di Laurea esposti qui, più altri seguiti da Colleghi, sono svolti presso il

***Centro di Ricerca sui Sistemi Elettronici per l'Ingegneria
dell'Informazione e delle Telecomunicazioni***

“Ercole De Castro” (ARCES)

- I Docenti di Elettronica della Sede di Bologna che fanno parte di ARCES sono: G. Baccarani, G. Masetti, M. Rudan, A. Gnudi, R. Guerrieri, R. Rovatti, S. Reggiani, E. Franchi, N. Speciale.

ARCES è un Centro di Ricerca dell'Università di Bologna, non un'Azienda privata.



IEEE

- ❑ La sigla IEEE significa *Institute of Electrical and Electronic Engineers*. Si pronuncia “I triple E”.
- ❑ IEEE è un Istituto internazionale ripartito in un grande numero di Società specialistiche: *Dispositivi elettronici, Circuiti elettronici, Elettronica quantistica, Antenne, Telecomunicazioni, Calcolatori, Elettronica di potenza, ecc.*
- ❑ L’associazione a IEEE consente l’iscrizione a una o più Società.
- ❑ Nelle Sedi universitarie in cui IEEE è presente esiste anche lo *Student Branch*. Le quote associative per gli Studenti sono più basse di quelle dei Soci normali.

Le informazioni fornite su IEEE non hanno nessuna relazione con la didattica istituzionale. Servono solo a indicare la possibilità, per gli Studenti interessati ad associarsi a IEEE, di ottenere l’associazione a condizioni più favorevoli.