

# Optoelettronica

## 1. DESCRITTORI

- 1.1 *Settore scientifico-disciplinare*: ELETTRONICA 09/E3 ex ING-INF01
- 1.2 *Crediti formativi universitari*: 6-CFU
- 1.3 *Docente*: Antonio d'Alessandro
- 1.4 *Contatti docente*: 06-44585459 antonio.dalessandro@uniroma1.it
- 1.5 *Offerto ai corsi di studio*: Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica 2° anno, Laurea Magistrale in Ingegneria delle Nanotecnologie 2° anno
- 1.6 *Calendarizzazione*: primo semestre
- 1.7 *Tipologia di valutazione*: esame con votazione in trentesimi
- 1.8 *Anni accademici di riferimento*: 2013-2014

## 2. OBIETTIVI DEL MODULO E CAPACITÀ ACQUISITE DALLO STUDENTE

<NON più di 80 parole per ognuna delle due lingue, equivalenti a MASSIMO 6 righe in Calibri 11 pt.>

### ITALIANO

L'obiettivo del corso intende fornire una conoscenza solida e coordinata dei fenomeni, dei materiali, dei dispositivi e delle tecniche optoelettroniche, relativamente alla generazione, rivelazione ed elaborazione di segnali ottici per diversi contesti applicativi dalle telecomunicazioni, alla sensoristica, alla strumentazione ottica. Lo studente acquisirà le capacità di progettazione e valutazione delle prestazioni dei principali componenti optoelettronici.

### INGLESE

The course provides a consistent knowledge of phenomena, materials, devices and optoelectronic techniques related to the generation, detection and processing of optical signals for several applications, from telecom, to sensors, to optical instrumentation. The student will acquire the expertise to design and to evaluate performance of most optoelectronic devices.

## 3. RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

<NON più di 80 parole per ognuna delle due lingue, equivalenti a MASSIMO 6 righe in Calibri 11 pt.>

### ITALIANO

Lo studente acquisirà attraverso il corso, padronanza dei criteri di progetto e di valutazione delle prestazioni dei principali dispositivi in base alle specifiche relative a specifiche applicazioni, sia attraverso le lezioni frontali che attraverso esperienze di laboratorio. Inoltre sarà aggiornato sullo stato dell'arte anche attraverso seminari di esperti internazionali.

### INGLESE

The students will acquire capabilities to design and to evaluate performance of devices according to the specifications provided for specific applications, both by lectures and laboratory experiences. Furthermore student will be able to be updated with the state of the art in the field through lectures and seminars of invited international experts.

## 4. PROGRAMMA

<MASSIMO 250 parole per ognuna delle due lingue, equivalenti a MASSIMO 18 righe in Calibri 11 pt.>

### ITALIANO

Proprietà ottiche dei semiconduttori: equazione di Schrödinger, diagramma energia-momento, semiconduttori diretti e indiretti. Interazione luce-materia: tassi di assorbimento, di emissione spontanea e stimolata. Semiconduttori III-V, energy gap-lunghezza d'onda, leghe ternarie e quaternarie. Omogiunzioni ed eterogiunzioni. Pozzi quantici multipli (MQW). Epitassia a fascio molecolare. LED: relazioni luce-corrente, modulazione. LED colorati e bianchi. LASER a semiconduttore: guadagno ottico, cavità Fabry-Perot. Equazioni dinamiche e corrente di soglia. Caratteristiche luce-corrente. Modulazione per piccoli e grandi segnali. Chirp della frequenza. Rumore d'intensità, di fase e larghezza di riga spettrale. Laser DFB, DBR, VCSEL, MQW, accordabili e pompati a diodi. Fotorivelatori a semiconduttore. Efficienza quantica, sensibilità, banda, corrente di buio. Fotodiodi a giunzione p-n, p-i-n, a barriera Schottky, a valanga e MQW. Principio di funzionamento e caratteristiche di celle solari. Fotocatodi, e fotomoltiplicatori: strutture,

tecnologie, prestazioni. Charge coupled devices e CMOS per sensori di immagini. Rumore nei fotorivelatori. Le fibre ottiche: struttura, tecniche realizzative, caratteristiche di propagazione, attenuazione, dispersione cromatica e di polarizzazione. Effetti ottici non lineari. Circuiti ottici planari e Photonic Integrated Circuits (PIC's). Teoria dei modi accoppiati e progetto dell'accoppiatore coerente. Giunzioni a X e Y. Microrisonatori ad anello. Interferometro integrato di Mach-Zehnder. Effetto elettroottico Pockels e Kerr. Effetto Franz-Keldish e quantum confined Stark effect in pozzi quantici multipli. Modulatori di luce elettroottici integrati a larga banda. Effetto acustoottico. Filtri ottici accordabili e commutatori elettroottici e acustoottici in niobato di litio. Materiali e strutture a bandgap fotonico, calcolo delle bande fotoniche, guide a cristallo fotonico, legge di Purcell, nanolaser, nanocircuiti ottici, fibre a cristallo fotonico.

#### INGLESE

Optical properties of semiconductors: Schrödinger equation, energy-momentum dispersion diagrams, direct and indirect semiconductors. Light absorption, spontaneous and stimulated emission rates. III-V semiconductors and energy bandgaps. Homojunctions, heterojunctions, multi-quantum wells (MQW). Recombination rates and quantum efficiency. Molecular beam epitaxy. Semiconductor LED: materials, structures and technologies. Light-current characteristics, modulation, driving electronics, applications. Coloured and white LEDs. Semiconductor lasers: threshold condition, optical gain and Fabry-Perot cavities. Rate equations. Light-current characteristics. Direct modulation. Frequency chirp. Relative intensity noise, phase noise and spectral width. DFB, DBR, VCSEL, MQW, tuneable and diode pumped lasers. Semiconductor photodetectors. Photoresistors, p-n, p-i-n, Schottky junction, avalanche and MQW photodiodes. Single photon avalanche detectors. Solar cells for terrestrial and space applications. Charge coupled devices and CMOS for image sensors. Photomultipliers. Photonic integrated circuits. Thin and thick diffraction gratings. Coupled mode theory and the coherent coupler. Mach-Zehnder integrated interferometer. Optical fibers: structures, propagation characteristics, power attenuation and dispersion characteristics. Realization techniques. Optical fiber-waveguide coupling techniques. Electro-optic Kerr and Pockels effect and acousto-optic effect. Piezoelectric effect. Lithium niobate (LNB) and its optical properties. Realization of LNB titanium in-diffused and annealed proton-exchanged optical waveguides. Integrated optic polarizers, X and Y junctions, polarization beam splitters. Integrated optic phase and amplitude optical modulators, Mach-Zehnder modulators. Integrate optic electro-optic and acousto-optic tunable filters and switches. Photonic crystals (PC): materials and photonic bandgaps. PC waveguides, Purcell's law, nanolaser, photonic nanocircuits, PC fibers. Photonic integrated circuits for optical interconnections. Laboratory experiences on optical fibers, optical CAD tools, lasers power and spectral analysis. Optical couplers and switches.

#### **5. MATERIALE DIDATTICO**

- G. P. Agrawal, Lightwave Technology: Components and Devices, Wiley Interscience, 2004
- A. Yariv, Optical Electronics in Modern Communications, Oxford University Press, 1997
- J. Singh, Semiconductor Optoelectronics, McGraw-Hill, 1995
- P. Bhattacharya, Semiconductor Optoelectronic Devices, Prentice Hall, 1994
- H. Nishihara, H. Masamitsu, S. Toshiaki, Optical Integrated Circuits, McGraw-Hill, 1989
- Appunti di lezione e trasparenti PP proiettati a lezione
- Materiale integrativo (lucidi/diapositive del corso, articoli) disponibile sul sito web <http://elearning2.uniroma1.it/course/view.php?id=91> (registration is required)

#### **6. SITO WEB DI RIFERIMENTO**

[www.diet.uniroma1.it/personale/dalessandro](http://www.diet.uniroma1.it/personale/dalessandro)