

DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

Materiali e Dispositivi per l'Optoelettronica

MATERIALS AND DEVICES FOR OPTOELECTRONICS

INFORMAZIONI INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

A.A.	2026-2027	CdS	LM SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI
Codice	8068723	Canale	Unico
CFU	6	Lingua	Italiano

DOCENTE RESPONSABILE DELL'INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

Fabio De Matteis

CODOCENTE

Paolo Proposito

Modulo: Laser, sorgenti e rivelatori di luce / Laser, light sources and detectors

OBIETTIVI FORMATIVI E RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

Italiano	OBIETTIVI FORMATIVI Il corso si propone di fornire agli studenti le nozioni fondamentali di alcuni processi ottici: dalla generazione di luce al rilevamento di segnali ottici e alla modulazione della luce. Il corso presenta le nozioni fondamentali di ottica integrata e la loro applicazione nell'ambito dei circuiti fotonici integrati (PIC) per applicazioni avanzate di sensoristica, telecomunicazioni e calcolo quantistico. CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE Di saper connettere argomenti diversi, ma correlati tra loro, affrontati durante il corso. Il corso si propone di stimolare quelle capacità di apprendimento che consentano loro di continuare a studiare anche in modo autonomo i temi della ricerca avanzata nel campo. CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE Applicare la comprensione dei principi di base alla determinazione delle caratteristiche dei materiali e dei parametri di funzionamento dei dispositivi optoelettronici. Si richiede di saper analizzare un problema e saper organizzare una risposta adeguata giustificandola. Si richiede di saper rifare/riorganizzare gli esperimenti eseguiti in laboratorio. Si richiede che siano in grado di astrarre concetti generali da casi particolari. AUTONOMIA DI GIUDIZIO Lo studente dovrà sviluppare la capacità di integrare le conoscenze e gestire la complessità, nonché di organizzare l'approfondimento tematico per ampliare la comprensione dei fenomeni fisici.
----------	--

	ABILITÀ COMUNICATIVE Lo studente dovrà saper descrivere gli argomenti trattati durante il corso, i fenomeni fisici, nonché le conoscenze a esse sottese, in modo chiaro e privo di ambiguità, in un quadro sintetico anche fornendo esempi. CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO Deve dimostrare conoscenze e capacità di comprensione di testi scientifici in lingua inglese. Capire grafici e figure scientifiche. Saper selezionare e correlare argomenti.
English	LEARNING OBJECTIVES The course aims to provide students with the basics of optical processes in materials: from light generation to the detection of optical signals and light modulation. The basic concept of the integrated optics and their application to the field of Photonic Integrated Circuits (PIC's) for advanced applications of sensoristics, telecommunication and quantum optics. KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING Ability to relate the different though connected topics presented in the course. The course aims to stimulate those learning skills that enable them to continue to study advanced research topics, also in an autonomous way. APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING Apply the comprehension of the basic principles to the determination of the operating parameters of optoelectronic devices It is required to have the ability to analyze a problem and find an adequate answer being able to justify it. It is required to be able to design the setting of the experiments shown in the labs during the course. The students are required to be able to abstract general concepts from particular cases. MAKING JUDGEMENTS The student shall develop the ability to integrate the knowledge and manage complexity and organize the thematic study to broaden his/her understanding of the physical phenomena. COMMUNICATION SKILLS The student shall be able to communicate clearly and without ambiguity the physical phenomena together with the knowledge underlying them, in a synthetic framework also providing examples. LEARNING SKILLS The student shall prove knowledge and comprehension skills of scientific texts in English; ability to interpret graphics and scientific figures; ability to select and correlate topics in the field.

PREREQUISITI

Italiano	I requisiti minimi per poter seguire con profitto il presente corso sono le nozioni di Fisica generale e i fondamenti di Struttura della materia che vengono impartite nei corsi di laurea triennale che danno accesso al Corso di laurea magistrale in Scienza e Tecnologia dei Materiali.
----------	--

English	The minimum requirements to be able to follow this course profitably are the notions of physics and the foundations of Structure of Matter that are learned during the Bachelor's degree programs giving access to the Master's Degree Program in Science and Technology of Materials.
---------	--

PROGRAMMA E CRONOPROGRAMMA

Italiano	MODULO: LASER, SORGENTI E RIVELATORI DI LUCE Concetti generali di ottica e di interazione della luce con la materia (10 ore) Polarizzazione della luce. Birifrangenza. Ottica non lineare. Effetti ottici indotti. Modulazione della luce: Effetto elettro-ottico. Modulatori ottici. Concetti fondamentali relativi ai Laser (10 ore) Coefficienti di Einstein. Inversione di popolazione. Modi assiali e trasversali. Allargamenti di riga. Laser a stato solido, a gas, a liquido, parametrici. Mode locking, Q-switching. Alcuni tipi di laser e loro applicazioni. Sessioni di laboratorio (4 ore) Sessioni di laboratorio verranno organizzate per l'approfondimento di alcune tematiche affrontate a lezione . MODULO: OTTICA GUIDATA E CIRCUITI OTTICI INTEGRATI Fondamenti di ottica confinata (6 ore) Si affrontano i concetti relativi al confinamento e alla propagazione guidata della luce: Ottica all'interfaccia tra due mezzi. Ottica guidata. Fibre ottiche Guide d'onda. Modi ottici in guide planari e guide canali. . Ottica integrata (6 ore) Perdite ottiche. Accoppiamento di luce in guida. Guide tapered. Reticoli di Bragg. Risonatori ad anello. Directional couplers. Sensori ottici basati su circuiti fotonici Ottica quantistica (12 ore) Formulazione quantistica: stati coerenti e stati numero di fotoni. Modifiche al formalismo per la coerenza del primo e del secondo ordine. Differenze ed analogie. Concetto di quadratura di campo e relazione di indeterminazione numero/fase del campo. Principi di base della crittografia quantistica. Distribuzione di chiavi quantistiche. Sorgenti di fotone singolo. Elementi di calcolo quantistico: qubits, gate logici e circuiti quantistici. Generazione di coppie di fotoni entangled. Esperimenti di interferenza a singolo-fotone.
English	MODULE: LASER, LIGHT SOURCES AND DETECTORS General concepts of optics and light interaction with matter (10 hours) Polarization of the light. Birefringence. Nonlinear optics. Induced optical effects. Light modulation. Electrooptic effect. Optical modulators. Fundamental concepts related to Lasers (10 hours) Einstein coefficients. Population inversion. Longitudinal and transversal modes. Line broadening. Solid state, gas, liquid and parametric lasers. Mode-locking, Q-switching. Examples of lasers and their applications.

	Workshop sessions (4 hours) Workshop sessions will be organized to deepen some themes addressed in class. MODULE: GUIDED OPTICS AND OPTICAL INTEGRATED CIRCUITS Fundamental concepts of confined optics (6 hours) The concepts related to confinement and guided light propagation will be introduced: Optics at the interface between two media. Guided optics. Optical fiber. Optical waveguide. Optical modes in planar and channel waveguides. Integrated Optics (6 hours) Optical losses. Light coupling. Tapered guides. Bragg gratings. Ring resonators, Directional couplers.. Optical sensors based on photonic circuits Quantum Optics (12 hours) Quantum formulation: coherent states and photon number states. How to change the formalism of the coherency of the first and second order. Differences and similarities. Field quadrature concept and uncertainty relation between field number / phase. Basic principles of quantum cryptography. Quantum key distribution. Single photon sources. Elements of quantum computation: qubits, quantum logic gates and circuits. Generation of entangled photon pairs. Single-photon interference experiments.
--	--

TESTI ADOTTATI E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Italiano	J. Wilson and J. Hawkes "Optoelectronics an introduction" Prentice Hall 1998 B.E. Saleh, M.C. Teich "Fundamentals of Photonics", Ed. Wiley&Sons,1991 G. Lifante, Integrated Photonics Fundamentals, Wiley 2003 Note del Docente sul canale della piattaforma Teams
English	J. Wilson and J. Hawkes "Optoelectronics an introduction" Prentice Hall 1998 B.E. Saleh, M.C. Teich "Fundamentals of Photonics", Ed. Wiley&Sons,1991 G. Lifante, Integrated Photonics Fundamentals, Wiley 2003 Teacher Notes on Teams channel

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI SVOLGIMENTO E METODI DIDATTICI ADOTTATI

☒ In presenza

☐ A distanza

Italiano	Gli argomenti vengono proposti in lezioni frontali con ausilio di presentazioni e materiali digitali che vengono forniti in precedenza agli studenti in modo che possano avere una introduzione ai concetti proposti e abbiano la possibilità di avere una interazione critica durante la lezione. Verranno effettuate alcune lezioni laboratoriali con partecipazione diretta degli studenti nelle esperienze scientifiche pratiche ed esercitazioni di modellizzazione e simulazione di strutture guidanti mediante tool informatici freeware .
English	The topics are offered in lectures with the help of presentations and digital materials that are previously provided to the students so that they can have an introduction to the proposed concepts and have the possibility of a critical interaction during the lesson.

	We will try to constantly provide practical examples of applications of the described concepts and numerical exercises. There will be modeling exercises and simulation of guiding structures using freeware software tools.
--	--

MODALITÀ DI FREQUENZA

☐ frequenza obbligatoria ☒ frequenza facoltativa

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI FREQUENZA

Italiano	La frequenza alle lezioni, ancorché fortemente consigliata, non può essere obbligata. La fornitura del materiale didattico usato e la possibilità di discussione a distanza su singoli temi affrontati consentono, se necessario, di supplire all'interazione diretta in classe anche se quest'ultima rimane da preferire.
English	Attendance at lessons, although strongly recommended, cannot be strictly required. The supply of the didactic material used and the possibility of remote discussion on the single topics dealt with allows, if necessary, to make up for the direct interaction in the classroom even if the latter remains to be preferred.

MODALITÀ DI VALUTAZIONE

☐ Prova scritta ☒ Prova orale ☐ Prova di laboratorio ☐ Prova pratica
☐ Valutazione in itinere ☐ Valutazione di progetto ☐ Valutazione di tirocinio

COMPOSIZIONE DELLA COMMISSIONE VALUTATRICE

FABIO DE MATTEIS; PAOLO PROSPPOSITO, che potranno, eventualmente, essere sostituiti da uno dei seguenti esperti nel settore LUCA BURRATTI; ANDREA SALAMON

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ E DEI CRITERI DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

Italiano	La verifica dell'apprendimento avverrà mediante la discussione di alcuni argomenti compresi nel programma del corso. La prova di esame sarà valutata secondo i seguenti criteri: Non idoneo: importanti carenze e/o inaccuratezze nella conoscenza e comprensione degli argomenti; limitate capacità di analisi e sintesi, frequenti generalizzazioni. 18-20: conoscenza e comprensione degli argomenti appena sufficiente con possibili imperfezioni; capacità di analisi, sintesi e autonomia di giudizio sufficienti. 21-23: Conoscenza e comprensione degli argomenti routinaria; Capacità di analisi e sintesi corrette con argomentazione logica coerente. 24-26: Discreta conoscenza e comprensione degli argomenti; buone capacità di analisi e sintesi con argomentazioni espresse in modo rigoroso. 27-29: Conoscenza e comprensione degli argomenti completa; notevoli capacità di analisi, sintesi. Buona autonomia di giudizio. 30-30L: Ottimo livello di conoscenza e comprensione degli argomenti. Notevoli capacità di analisi e di sintesi e di autonomia di giudizio. Argomentazioni espresse in modo originale."
----------	---

<i>English</i>	The verification of learning will take place through the discussion of some topics included in the course program. The examination will be evaluated according to the following criteria: Ineligible: major deficiencies and/or inaccuracy in knowledge and understanding of topics; limited analytical and synthesis skills, frequent generalizations. 18-20: knowledge and understanding of topics only sufficient with possible imperfections; analytical skills, synthesis and judgment autonomy just sufficient. 21-23: knowledge and understanding of topics at a basic level; Correct analysis and synthesis skills with consistent logical reasoning. 24-26: Fair knowledge and understanding of the topics; good analytical and synthesis skills with rigorous arguments. 27-29: Complete knowledge and understanding of the topics; remarkable ability of analysis and synthesis. Good autonomy of judgment. 30-30L: Excellent level of knowledge and understanding of topics. Remarkable ability of analysis and synthesis and autonomy of judgment. Arguments expressed in an original way
-----------------------	--