

ADVANCED PHOTONICS

Course year: 1 - Course period: 1 - Credits (CFU): 6 - SSD: ING-INF/02 - TAF: B (Caratterizzante)

Prof. Federica Poli

Phone: 0521-905766 E-mail: federica.poli@unipr.it

Language	English
Contents	<p>The first part of the course will be devoted to a thorough study of point and distributed optical fiber sensors, with particular attention to working principles, practical applications, products already available on the market or still subject of intense research worldwide.</p> <p>Optical fiber lasers will be the subject of the lessons in the second part of the course. Most common configurations, main parameters to characterize the performances and most important present and future applications will be presented in detail.</p> <p>During the last part of the course photonic crystal fibers will be illustrated, with a detailed description of their distinguishing characteristics with respect to conventional optical fibers, in particular of the different light guiding mechanisms, which make them particularly suitable for important applications.</p> <p>Some lessons of the course, devoted to experimental and simulation activities, will take place in laboratory.</p>
Textbooks	<p>S. Selleri, L. Vincetti, A. Cucinotta, "Componenti ottici e fotonici", Esculapio, 2012</p> <p>R. Paschotta, "Encyclopedia of laser physics and technology", Wiley, 2008</p> <p>E. Udd, "Fiber optic sensors : an introduction for engineers and scientists", Wiley, 1991</p> <p>F. Poli, A. Cucinotta, S. Selleri, "Photonic crystal fibers: properties and applications", Springer, 2007</p> <p>Scientific papers suggested during the course</p>
Learning objectives	<p>The main objective of the course is to let the students understand the importance of conventional optical fibers as basic component for optic and photonic devices with great impact on the market at present, such as optical fiber sensors and lasers, and of photonic crystal fiber, which is still an exciting research subject all over the world, for next generation devices.</p> <p>Moreover, the course has the aim to give the students a detailed knowledge of advanced numerical methods for the simulations of the properties of optical fibers and components, in order to make them develop the skill to analyze and design complex optic and photonic devices.</p>
Teaching methods	<p>Frontal lessons carried out in a lecture room, using blackboard and/or pc/projector to show multimedia presentations, videos/images, web pages, software applications (28 hours).</p> <p>Experimental and simulation activity carried out in laboratory, using the commercial software COMSOL Multiphysics for the analysis of electromagnetic waves at optical frequency propagating in linear and nonlinear media (~14 hours).</p>
Examination methods	<p>Individual report on an assigned project to be developed through numerical simulations made with COMSOL Multiphysics, evaluated according to accuracy, completeness and clarity.</p> <p>Oral exam to verify student's learning, analytical capacity and speaking ability on the topics explained during the course.</p> <p>Project report and oral exam with the same importance on the final mark.</p>
Contents details	<p>Present and future importance of optic and photonic technologies</p> <p>Main characteristics of conventional optical fibers (guided modes, propagation constant, numerical aperture, single-mode and multi-mode regime, attenuation, etc.)</p> <p>Point and distributed optical fiber sensors:</p> <p>Main properties, working principles, advantages and disadvantages</p>

Tipo testo

Testo

Sensor classifications, according to sensing zone, light modulation mechanism and spatial sensing distribution

Intensity sensors

Spectral sensors

Phase sensors

Polarization sensors

Sensor multiplexing

Distributed sensors

Sensors for bio-medical applications

Optical components and instruments used for optical fibers sensor and biosensor realization and characterization (laboratory activity)

Optical fiber lasers:

Configurations and pumping schemes (optical components, active and passive fibers)

Performance evaluation parameters (efficiency, beam quality) and parasitic effects (nonlinear effects, photodarkening, thermal effects)

Main applications, devoting particular attention to high-power fiber lasers

Photonic crystal fibers:

Main characteristics, fabrication techniques, most important applications

Light guiding mechanisms based on modified total internal reflection or photonic bandgap, with reference to photonic crystals

Examples of photonic crystal fibers suitable for applications in the sensing field and for high-power sources

Numerical simulation:

Presentation of the main characteristics of the COMSOL Multiphysics software

Introduction to the Finite Element Method (FEM)

Simulation activity (in laboratory) to analyze the properties of special optical fibers and optical components necessary for design and realization of sensors and lasers (step-index fiber, photonic crystal fiber, optical fiber with bending loss, beam splitter, directional coupler, Fabry-Perot cavity, etc.).

Tipo testo	Testo
Lingua insegnamento	Inglese
Contenuti	<p>Nella prima parte del corso verrà affrontata in modo approfondito la tematica dei sensori in fibra ottica, sia puntuali, sia distribuiti, con particolare attenzione ai principi di funzionamento, alle applicazioni pratiche e ai prodotti presenti sul mercato, ma anche ai temi di ricerca di maggiore interesse.</p> <p>La seconda parte delle lezioni riguarderà invece i laser in fibra ottica, con la presentazione delle configurazioni più diffuse, dei parametri per caratterizzarne le prestazioni e delle principali applicazioni presenti e future.</p> <p>L'ultima parte del corso verterà sulle fibre a cristallo fotonico, con una descrizione dettagliata delle caratteristiche che le distinguono dalle fibre ottiche convenzionali, con particolare riferimento ai meccanismi di guidaggio della luce, e che le rendono particolarmente adatte per importanti applicazioni.</p> <p>Sono previste lezioni in laboratorio, con attività sperimentale e di simulazione.</p>
Testi di riferimento	<p>S. Selleri, L. Vincetti, A. Cucinotta, "Componenti ottici e fotonici", Esculapio, 2012</p> <p>R. Paschotta, "Encyclopedia of laser physics and technology", 2008</p> <p>E. Udd, "Fiber optic sensors : an introduction for engineers and scientists", Wiley, 1991</p> <p>F. Poli, A. Cucinotta, S. Selleri, "Photonic crystal fibers: properties and applications", Springer, 2007</p> <p>Articoli scientifici segnalati durante il corso</p>
Obiettivi formativi	<p>Il corso si propone di far comprendere agli studenti l'importanza della fibra ottica convenzionale come componente di base per la realizzazione di dispositivi ottici e fotonici di grande successo sul mercato attuale, come sensori e laser in fibra, e della fibra a cristallo fotonico, ancora oggetto di attiva ricerca a livello internazionale, per i dispositivi del futuro. Inoltre, il corso si propone di fornire agli studenti conoscenze approfondite sulle metodologie numeriche più avanzate per lo studio di fibre e componenti ottici, in modo da sviluppare la capacità di analisi e progettazione di dispositivi ottici e fotonici complessi.</p>
Metodi didattici	<p>Lezioni frontali svolte in aula dal docente con ausilio di lavagna e di computer/proiettore per presentazioni multimediali, video/immagini, pagine web, applicazioni software (approssimativamente 28 ore).</p> <p>Attività sperimentale e di simulazione in laboratorio, con utilizzo del software commerciale COMSOL Multiphysics per l'analisi della propagazione di onde elettromagnetiche a frequenze ottiche in mezzi ottici lineari e non lineari (approssimativamente 14 ore).</p>
Modalità di verifica dell'apprendimento	<p>Tesina individuale su un progetto da svolgere tramite simulazione numerica con COMSOL Multiphysics, valutata in base a correttezza, completezza e chiarezza espositiva.</p> <p>Prova orale con verifica di apprendimento e capacità analitica ed espositiva degli argomenti trattati durante il corso.</p> <p>Identico peso di entrambe le prove sulla valutazione finale.</p>
Programma esteso	<p>Importanza attuale e futura delle tecnologie ottiche e fotoniche</p> <p>Richiami sulle fibre ottiche standard (modi guidati, costante di propagazione, apertura numerica, monomodalità e multimodalità, attenuazione, ecc.)</p> <p>Sensori in fibra ottica puntuali e distribuiti:</p> <p>Caratteristiche e proprietà principali, principio di funzionamento e svantaggi</p> <p>Esempi applicativi più importanti</p>

Tipo testo

Testo

Classificazioni dei sensori, in base a zona di sensing, meccanismo di modulazione della luce e distribuzione spaziale del sensing

Sensori di intensità

Sensori di spettro

Sensori di fase

Sensori di polarizzazione

Multiplexing di sensori

Sensori distribuiti

Sensori per applicazioni bio-mediche

Componenti e strumenti ottici per la realizzazione e caratterizzazione di sensori e biosensori in fibra ottica (in laboratorio)

Laser in fibra ottica:

Configurazioni e schemi di pompaggio (componenti ottici, fibre attive e passive)

Parametri di qualità (efficienza, qualità del fascio) ed effetti parassiti (effetti nonlineari, photodarkening, effetti termici)

Principali applicazioni, con particolare attenzione ai laser ad alta potenza

Fibre a cristallo fotonico:

Caratteristiche principali, tecniche di fabbricazione, applicazioni più importanti

Meccanismo di guidaggio basato su riflessione interna totale modificata o photonic bandgap, con riferimento ai cristalli fotonici

Esempi di fibre a cristallo fotonico per applicazioni sensoristiche e per laser ad alta potenza

Simulazione numerica:

Presentazione delle caratteristiche principali del software COMSOL Multiphysics

Cenni sul Metodo degli Elementi Finiti (FEM)

Simulazione (in laboratorio) di fibre ottiche speciali e di componenti ottici necessari per la progettazione e la realizzazione di sensori e laser in fibra (fibre step-index, fibre a cristallo fotonico, fibre con perdite per curvatura, beam splitter, accoppiatori direzionali, cavità Fabry-Perot, ecc.)

Testi del Syllabus

Docente	POLI FEDERICA	Matricola: 207088
Anno offerta:	2014/2015	
Insegnamento:	1006072 - ADVANCED PHOTONICS	
Corso di studio:	5052 - COMMUNICATION ENGINEERING - INGEGNERIA DELLE TELECOMUNICAZIONI	
Anno regolamento:	2014	
CFU:	6	
Settore:	ING-INF/02	
Tipo attività:	B - Caratterizzante	
Partizione studenti:	-	
Anno corso:	1	
Periodo:	Primo Semestre	
