

1) Interferometria a retroiniezione con diodo laser

Questa tematica riguarda lo sviluppo di interferometri, vibrometri e rivelatori di echi ottici, per misure con la tecnica della retroiniezione, di grandezze di interesse scientifico e industriali. Studio di metodologie per la correzione degli errori di speckle. Misure interferometriche su grandi strutture.

Continuazione di un progetto iniziato nell'ambito del Programma BRITE-EURAM della UE, l'approccio permette di misurare non solo le vibrazioni (cioè forme d'onda periodiche) ma anche gli spostamenti in continua con il relativo segno e la distanza assoluta. Sono anche possibili misure di importanti parametri fisici del materiale, quali ad esempio il fattore di allargamento di riga α , oppure di quantità relative alla struttura, ad es. la lunghezza di coerenza e l'alfa-factor già oggetto di precedenti ricerche.

Responsabile: S. Donati
Partecipanti: S. Donati, E. Randone, A. Fanzio.
Collaborazioni: Università Toulouse, Gruppo ODIMAP
Finanziamento: FAR 2006-08 (22 kEuro)
Durata: 1 anno

2) Memorie tutto-ottiche basate su laser a semiconduttore ad anello, e studio della dinamica di laser a semiconduttore

Nell'ambito del progetto EU "IOLOS" sono stati progettati, e caratterizzati dispositivi laser a semiconduttore con cavità ad anello e raggi di curvatura di 100 micron, che esibiscono una robusta bistabilità direzionale, adatta a realizzare funzioni di memoria ottica digitale. Obiettivi per il secondo anno del progetto sono la caratterizzazione dinamica dei laser (risposta in frequenza) e la misura dei tempi di commutazione nel regime di funzionamento come Flip-Flop tutto-ottico, con valori attesi inferiori ai 100 ps. Obiettivi finali sono la realizzazione di laser con diametro di 30 micron, e tempi di commutazione dell'ordine della decina di ps.

Nell'ambito dell'Azione COST 288 "Nanoscale and Ultrafast Photonics" viene coordinata un'attività di misure comparate di dinamica di laser a semiconduttore comprendente sessioni di misura di tipo Round-Robin incentrate su: 1) misura di caratteristiche di laser Quantum-Dots a modelocking; 2) misure del fattore di allargamento di riga ("linewidth enhancement factor"). I risultati di queste sessioni di misure sono di grande interesse per tutte le applicazioni pratiche dei laser a semiconduttore alle telecomunicazioni in fibra ottica.

Responsabile: G. Giuliani
Partecipanti: G. Giuliani, Maria Jose Latorre Vidal, Marco Zanola, Stefano Henin, Andrea Fanzio
Collaborazioni: University of Glasgow, UK - Institute for Cross-Disciplinary Physics and Complex Systems (IFISC), Palma de Mallorca, Spain - University of Bristol, UK - Vrije Universiteit, Brussel - Intense Ltd., UK - Siemens, Portugal - Technische Universität Darmstadt - Germany, gruppo "COST 288".
Finanziamento: Progetto STREP FP6 "IOLOS" 2006-2009 (167 kEu); COST 288 2006-2008 "Nanoscale and Ultrafast Photonics" (140 kEu).
Durata: 3 anni

3) Sviluppo e caratterizzazione di cristalli fotonici in silicio microlavorato per applicazioni nella componentistica ottica e nei biosensori ottici.

L'attività di ricerca relativa alle microstrutture ottiche, già iniziata nell'ambito di un progetto PRIN con lo studio di microspecchi per commutazione ottica, continua con lo studio e la caratterizzazione di cristalli fotonici monodimensionali, fabbricati dall'Università di Pisa per attacco elettrochimico del silicio. Si tratta di strutture verticali periodiche costituite da schiere di piani di silicio di spessore dell'ordine del micrometro e periodo di alcuni micrometri. La caratterizzazione ha permesso di identificare le bande fotoniche proibite su campioni con parametri geometrici diversi, effettuando misure di riflettività spettrale in luce bianca e confrontando i risultati sperimentali con i dati ottenuti dalle simulazioni. Si inizierà a caratterizzare anche strutture a cavità ottica risonante e cristalli fotonici bidimensionali. In un progetto di ricerca finanziato dalla Fondazione Cariplo, è stato inoltre proposto l'uso di questi componenti per realizzare biosensori del tipo "label-free" per il monitoraggio di nanostrutture biologiche, cresciute sulla matrice di silicio funzionalizzata con opportuni monomeri. In questo contesto, verranno effettuate prove per evidenziare la variazione dello spettro di riflettività al variare del materiale inserito nelle intercapedini fra le pareti di silicio.

Responsabile: S. Merlo

Partecipanti: V. Annovazzi Lodi, S. Merlo, M. Benedetti, A. Fanzio.

Collaborazioni: Dipartimento di Ingegneria Elettronica - Università di Pisa, Dipartimento di Biochimica – Università di Pavia, Dipartimento di Fisica – Università di Genova.

Finanziamento: CARIPLO 2007 "Sviluppo di un biosensore ottico per la rivelazione dell'interazione fra fibrille amiloidi e ligandi su matrice di silicio microstrutturato" (20 kEu)

Durata: 2 anni

4) Caos in sistemi elettronici ed ottici: studio e sperimentazione su diodi laser che manifestano comportamento caotico a frequenze ottiche od elettriche. Studio di metodi crittografici ottici a codifica caotica. Applicazione di modelli caotici allo studio dell'epilessia.

Oggetto principale di questa attività è lo studio, teorico e sperimentale, di diodi laser per telecomunicazioni che manifestano comportamento caotico in seguito a retroriflessione da specchio remoto. L'applicazione principale è lo studio di metodi crittografici ottici a codifica caotica per la trasmissione di dati riservati nelle reti ottiche. Il messaggio può essere sovrapposto al caos (mascheratura caotica) o codificato sulla portante caotica utilizzando diversi possibili schemi. La decodifica del messaggio avviene tramite sincronizzazione della sorgente caotica del trasmettitore con una sorgente caotica gemella collocata al ricevitore. Questa attività è oggetto di un progetto europeo (PICASSO) cui collaborano sei Università e Centri di ricerca europei, attivo a partire dall'ultimo trimestre del 2006. Scopo di questo progetto è di realizzare e caratterizzare moduli di ricevitore e trasmettitore per crittografia caotica, in ottica integrata ed eventualmente in altre tecnologie costruttive. Nell'ambito del progetto si studieranno anche metodi avanzati di crittografia, come la modulazione di fase della portante caotica. Inoltre, si studieranno gli effetti sulla portante caotica della propagazione in tratte di fibra ottica, e si valuteranno le prestazioni di diversi metodi di crittografia ottica nella trasmissione su lunga distanza.

Un'altra attività correlata, nel settore biomedico, consisterà nello studio di tracciati elettroencefalografici di ratti mediante tecniche di analisi caotica per lo studio e la diagnosi dell'epilessia.

Responsabile: V. Annovazzi Lodi

Partecipanti: V. Annovazzi Lodi, S. Merlo, M. Benedetti, A. Fanzio, G. Aromataris.

Collaborazioni: Rete europea PICASSO (I, F, E, D, UK, H); Istituto Farmacologia M. Negri, Istituto Besta, Dipartimento di Informatica e Automatica dell'Università di Pavia.
Finanziamento: Residui OCCULT (40 kEu), Progetto PICASSO (150 kEu)
Durata: 3 anni

5) Ottiche a recupero del fill-factor per matrici ad alta dimensionalità di fotodiodi a valanga in regime di rivelazione al singolo fotone (APD-SPAD)

Oggetto dell'attività è lo studio e la progettazione di una matrice di elementi ottici di raccolta della radiazione sul piano focale, per il recupero del fattore di riempimento (o fill-factor) in matrici ad alta dimensionalità di fotodiodi a valanga in regime di rivelazione al singolo fotone (APD-SPAD).

Gli elementi sono stati modellizzati mediante programmi di simulazione al fine di ottimizzarne le prestazioni di raccolta in funzione dell'apertura numerica. E' stata poi progettata la matrice di elementi ottici, di dimensioni tipiche 2x2 mm e pixel di 50x50 micrometri. E' in fase di approntamento il banco ottico per la misura del fattore di concentrazione.

La ricerca fa parte del progetto europeo (STREP FET) Megaframe in collaborazione con EPFL (Losanna), STMicroelectronics, Università di Glasgow e IRST (Trento).

Responsabile: S. Donati
Partecipanti: G. Martini, E. Randone, A. Fanzio
Collaborazioni: Rete di università europee MEGAFRAME (CH, UK, ITA)
Finanziamento: UE-FET (241 kEu)
Durata: 3 anni

6) Generazione di segnali a radiofrequenza a riga stretta con tecniche optoelettroniche

Il progetto ha lo scopo di esplorare le possibilità di integrazione di dispositivi laser nanostrutturati su di un unico chip di materiale semiconduttore per la generazione di segnali elettrici a onde millimetriche (10-300 GHz), con applicazioni a sistemi di telecomunicazione di tipo *wireless* e ad esperimenti di radioastronomia. L'estensione al campo di frequenze dei THz (300-3000 GHz) consente l'applicazione all'*imaging* di sistemi biologici ed all'analisi strutturale di manufatti industriali. L'idea abilitante consiste nell'accoppiare mutuamente due oscillatori laser con emissione a frequenze ottiche differenti, per mezzo di un effetto ottico non-lineare di *Four-Wave-Mixing*. In tal modo, i due laser emettono campi elettromagnetici ottici agganciati in fase tra loro, consentendo di ottenere, attraverso il battimento su un fotodiodo a larga banda, un segnale elettrico ad onde millimetriche ad elevata purezza spettrale.

Responsabile: G. Giuliani
Partecipanti: G. Giuliani, Maria Jose Latorre Vidal, Andrea Fanzio
Collaborazioni: University of Glasgow, UK - Institute for Cross-Disciplinary Physics and Complex Systems (IFISC), Palma de Mallorca, Spain
Finanziamento: CARIPLO 2007 "Laser a semiconduttore con reticoli nanostrutturati per la generazione di segnali per applicazioni *wireless*" 2008-2010 (164 kEu)
Durata: 2 anni