

Programma del workshop

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PAVIA
DIPARTIMENTO DI FISICA "A. VOLTA"

Ore 14.30 - Introduzione:

Lucio C. Andreani (Università di Pavia)

Ore 14.45 - Relazione di apertura:

Orazio Svelto (Politecnico di Milano e Istituto di Fotonica e Nanotecnologie, CNR)

"Recenti sviluppi nel campo della fotonica"

Ore 15.15 - Relazioni delle unità partecipanti al progetto:

Fabrizio Giorgis (Politecnico di Torino)

Stefano Cabrini e Filippo Romanato
(Laboratorio TASC@ELETTRA, Trieste)

Ore 16 - Coffee break

Ore 16.30 - Relazioni delle unità partecipanti al progetto:

Lorenzo Pavesi (Università di Trento)

Matteo Galli e Dario Gerace
(Università di Pavia)

Riccardo Sapienza
(Università di Firenze e LENS)

Ore 17.30 - Discussione e conclusioni

Università degli Studi di Pavia
Dipartimento di Fisica "A. Volta"
Via Bassi 6, 27100 Pavia

<http://fiscavolta.unipv.it/dipartimento/ricerca/fotonici/>

Politecnico di Torino
Dipartimento di Fisica
C.so Duca degli Abruzzi 24, 10129 Torino

<http://www.polito.it/thin-film>

LILIT- TASC Laboratory
ELETTRA Synchrotron Light Source
34012 Basovizza, Trieste

<http://www.elettra.trieste.it/experiments/beamlines/lilit/hdocs>

Università degli Studi di Trento
Dipartimento di Fisica
Via Sommarive 18, 38050 Povo, Trento

<http://science.unitn.it/~semicon>

Università degli Studi di Firenze
Dipartimento di Fisica e LENS
Via Nello Carrara 1, 50019 Sesto Fiorentino, Firenze

<http://www.lens.unifi.it>

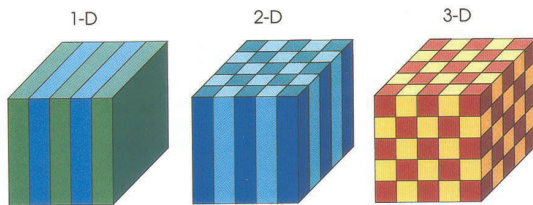
Workshop nell'ambito del progetto
MIUR-Cofin

CRISTALLI FOTONICI A BASE DI SILICIO PER IL CONTROLLO DELLA PROPAGAZIONE E DELLA EMISSIONE DI LUCE

Giovedì 19 Maggio 2005—Ore 14.30
Aula Giulotto dei Dipartimenti Fisici
Via Bassi 6, Pavia

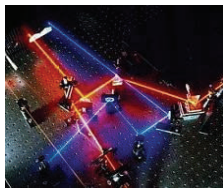
<http://fiscavolta.unipv.it/cofin2004/fotonici/>

I cristalli fotonici sono materiali nei quali la funzione dielettrica è periodica nello spazio in una, due o tre dimensioni. La modulazione dell'indice di rifrazione conduce alla formazione di regioni di frequenze permesse e proibite per la propagazione della luce, in analogia con i livelli degli elettroni nei solidi. Una regione di frequenze proibite per la propagazione della luce è detta "gap fotonico". Un gap fotonico completo in tre dimensioni può portare alla soppressione dell'emissione spontanea, se la frequenza di emissione cade all'interno del gap, oppure alla localizzazione della luce tramite il disordine.



Questo settore di ricerca, iniziato nel 1987 con i lavori pionieristici di E. Yablonovitch e S. John, è cresciuto rapidamente negli ultimi anni grazie allo sviluppo di nano-tecnologie di fabbricazione che permettono di preparare strutture fotoniche su scala sub-micrometrica con gap nel vicino infrarosso o nel visibile. I cristalli fotonici sono di grande interesse sia per lo studio di fenomeni fisici di base quali il controllo della propagazione e della emissione di luce in strutture di varie dimensionalità, sia per la realizzazione di dispositivi miniaturizzati quali interconnessioni ottiche integrate, transistor ottico, laser a bassa soglia.

La ricerca nel campo dei cristalli fotonici affronta tematiche comuni alla fisica dei solidi e dei semiconduttori, alla fotonica e optoelettronica, all'ottica non lineare, alle micro- e nanotecnologie. Richiede attività di preparazione delle strutture, di studio sperimentale delle proprietà ottiche e di design e modelling teorico. Nei gruppi di ricerca universitari (come quelli partecipanti ai progetti MIUR) essa è rivolta soprattutto allo studio della fisica di base, mentre nelle grandi strutture di ricerca e nelle industrie avanzate è orientata in gran parte allo sviluppo di nano-dispositivi fotonici per la società dell'informazione e per le telecomunicazioni.



Il progetto nazionale MIUR-Cofin "Cristalli fotonici a base di Silicio per il controllo della propagazione e dell'emissione di luce" ha durata biennale (2005-2006) e comprende le seguenti unità di ricerca:

UNIVERSITÀ DI PAVIA, responsabile L.C. Andreani

POLITECNICO DI TORINO, responsabile F. Giorgis

LABORATORIO TASC@ELETTRA DI TRIESTE, responsabile E. Di Fabrizio

UNIVERSITÀ DI TRENTO, responsabile L. Pavese

UNIVERSITÀ E LENS DI FIRENZE, responsabili M. Colocci e D. Wiersma

Il progetto si propone di studiare cristalli fotonici di varie dimensionalità, come illustrato nel seguito.

Perché il Silicio?

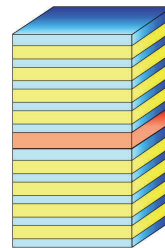
Il Silicio ha un indice di rifrazione elevato: $n=3.5$ nel vicino infrarosso. La preparazione di cristalli fotonici (soprattutto guide d'onda planari Si/SiO_2) è compatibile con la tecnologia CMOS della microelettronica: il Silicio si presta quindi alla realizzazione di circuiti integrati con funzionalità miste elettroniche e fotoniche. Il Silicio è trasparente alle lunghezze d'onda telecom, $\lambda=1.55$ e $1.3 \mu\text{m}$, e può essere drogato con ioni Erblio che emettono a $\lambda=1.55 \mu\text{m}$ e che realizzano effetti di guadagno ottico. Il Nitruro di Silicio è trasparente nel visibile, e può essere prodotto anche in forma amorfa, con luminescenza nel visibile o nel vicino infrarosso.

Cristalli fotonici monodimensionali

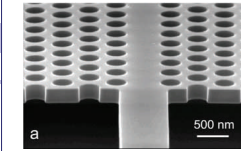
Un cristallo fotonico 1D dà origine a bande fotoniche, la cui velocità di gruppo $v_g=d\omega/dk$ tende a zero all'estremo della banda producendo effetti di rallentamento della luce o *slow wave*.

La presenza di uno strato di difetto o *microcavità* produce un modo localizzato, privo di dispersione, con energia all'interno del gap fotonico.

Nell'ambito del progetto vengono studiati cristalli fotonici monodimensionali di silicio poroso, con l'obiettivo di dimostrare il fenomeno della *slow wave* in una banda di frequenze adeguata per il rallentamento di impulsi ultra-corti.



Cristalli fotonici in guida d'onda planare



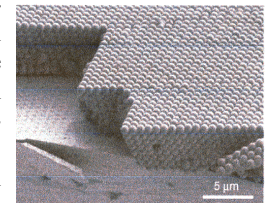
I reticoli fotonici 1D o 2D possono essere realizzati in guide d'onda planari: Si/SiO_2 , $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiO}_2$, membrane di Silicio. La propagazione della luce è controllata dal reticolo fotonico nel piano della guida, e dalla riflessione totale interna nella direzione verticale.

I difetti lineari di tipo W1 (linea di fori mancanti nel reticolo triangolare) si prestano alla realizzazione di interconnessioni ottiche e di altri dispositivi integrati. I difetti puntuali permettono di ottenere nano-cavità con confinamento completo dei modi fotonici in tre dimensioni.

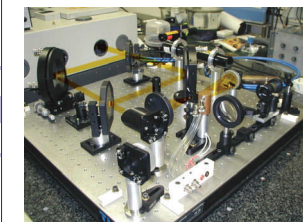
In questo progetto vengono studiati vari tipi di guide d'onda fotoniche basate sul silicio con l'obiettivo di controllare la propagazione di luce, in vista della realizzazione di dispositivi fotonici integrati quali il transistor ottico. Inoltre si propone di dimostrare effetti di guadagno ottico in guide d'onda fotoniche e di modifica dell'emissione spontanea in nano-cavità.

Cristalli fotonici tridimensionali

I cristalli fotonici tridimensionali quali gli opali diretti e inversi e la "Yablonovite" possono dare origine a un gap completo in tutte le direzioni e a forti modifiche dell'emissione spontanea.



Questi sistemi verranno studiati nell'ambito del progetto riguardo agli effetti di formazione del gap fotonico, di propagazione della luce in mezzi disordinati e di infiltrazione mediante cristalli liquidi o mezzi otticamente attivi. Un obiettivo specifico è il controllo della propagazione della luce tramite campi esterni, ossia la realizzazione di effetti di *switching*.



Interferometro di Mach-Zehnder per misure di fase e di effetti di *slow wave*