

**Titolo:** Controllo dei modi in strutture fotoniche ordinate e disordinate su doppia membrana.  
**Relatore:** Massimo Gurioli (gurioli@lens.unifi.it)  
**Candidato:** Dario Balestri (dario.balestri@stud.unifi.it)

Le cavità fotoniche su membrana sono alla base di numerosi esperimenti di fisica fondamentale. In queste strutture la luce può essere confinata in regioni di piccole dimensioni per un tempo sufficientemente lungo da permettere lo studio dell'accoppiamento forte tra il campo elettromagnetico e un emettitore, come un punto quantico. Per queste applicazioni è richiesto un buon accordo in frequenza tra i modi di cavità e l'emettitore, che può essere ottimizzato in fase di progettazione delle strutture. Tuttavia, piccole imperfezioni del processo di fabbricazione hanno un notevole impatto sulle proprietà ottiche dei dispositivi e producono una modifica non deterministica della posizione spettrale dei modi di cavità. Questo ha richiesto lo sviluppo di tecniche di post-fabbricazione, mediante le quali sia possibile modificare la frequenza delle risonanze (*tuning*) in base a quanto richiesto per le diverse applicazioni.

In questo lavoro di tesi sono state studiate strutture fotoniche su doppia membrana, in cui la modifica della posizione spettrale dei modi viene realizzata controllando su scala nanometrica la distanza tra le membrane. Questa è abbastanza piccola da consentire la sovrapposizione dei campi evanescenti nella regione interstiziale, determinando l'accoppiamento dei modi localizzati nelle due membrane e la formazione di modi molecolari, separati in frequenza e con profilo verticale esteso sull'intera struttura. Riducendo la distanza tra le membrane si incrementa la sovrapposizione dei campi evanescenti, rafforzando la condizione di accoppiamento e aumentando così la separazione spettrale tra i modi accoppiati. La fisica che sta alla base del *tuning* dei modi è stata trattata, da un punto di vista analitico, sulla base della teoria dell'accoppiamento fotonico e nel contesto dell'espansione in modi guidati. Aspetti più specifici, come quelli relativi alla distribuzione spaziale dei modi, sono stati chiariti dai risultati delle simulazioni numeriche. A livello sperimentale la modifica dello spettro delle strutture è stata realizzata con due diverse tecniche, basate sull'attuazione meccanica ed elettrostatica dei dispositivi. Nella prima la distanza tra le membrane viene ridotta sfruttando la pressione esercitata sulla superficie del campione dalla punta dielettrica di un microscopio a scansione in campo vicino, nella seconda applicando una differenza di potenziale ai due strati di materiale dielettrico, opportunamente drogati in fase di fabbricazione. In questo modo abbiamo la possibilità di modificare in tempo reale e in maniera reversibile la posizione dei modi su un intervallo spettrale sufficientemente ampio per le applicazioni, senza modificare in modo significativo il loro profilo spaziale. Benché ogni deviazione dall'ordine spaziale e dalla periodicità sia stata considerata a lungo solo come un fattore degradante per le proprietà ottiche delle strutture, negli ultimi anni un crescente interesse è stato rivolto allo studio di sistemi fotonici disordinati, in cui lo *scattering* multiplo di luce produce fenomeni interessanti sia da un punto di vista fondamentale che per fini puramente applicativi. Una parte delle strutture studiate in questo lavoro di tesi presenta uno schema di fori d'aria disordinato, che determina la localizzazione della luce, su un ampio intervallo spettrale, in posizioni casuali nel piano della membrana. Le tecniche di accoppiamento opto-meccanico dette sopra sono state applicate anche a questi campioni, con esiti analoghi a quelli ottenuti sulle cavità ordinate. Questo, che costituisce il risultato più innovativo del lavoro di tesi, dimostra la possibilità di avere un controllo efficace e reversibile sulle proprietà ottiche di un sistema fotonico disordinato.