

Scattering risonante in campo vicino su microcavità fotoniche

Candidato: Francesco Batignani (francesco.batignani@alice.it)

Relatore: Dott.ssa Francesca Intonti (intonti@lens.unifi.it)

Negli ultimi decenni l'utilizzo di dispositivi elettronici è entrato sempre più a far parte di ogni aspetto della nostra vita quotidiana, ed in qualsiasi campo scientifico le potenze di calcolo dei microprocessori sono fondamentali; in questo senso grandi progressi sono stati compiuti nel corso degli anni, la miniaturizzazione dei microchip e dei transistor ha infatti portato a progettare macchine di grande potenza e di relativo ingombro. Vi è però un limite alla potenza ed alle dimensioni di questi componenti, basati sulla trasmissione dell'informazione tramite un flusso elettronico. Negli ultimi vent'anni è stata percorsa una strada alternativa all'utilizzo degli elettroni, ovvero il realizzare circuiti nei quali la trasmissione dell'informazione avviene per mezzo di fotoni (circuiti ottici). In questo ambito di grande importanza risultano i cristalli fotonici, mezzi caratterizzati da una periodicità spaziale dell'indice di rifrazione. Il fatto che tali materiali, in analogia ai semiconduttori, presentino in alcuni casi un intervallo di frequenze nel quale la luce non può propagarsi all'interno del materiale stesso, fa sì che essi risultino di grande interesse per quanto riguarda la realizzazione di circuiti interamente ottici. Introducendo intenzionalmente all'interno della loro struttura periodica dei difetti si possono infatti realizzare risonatori ottici (denominati microcavità fotoniche) capaci di confinare spazialmente la luce con fattori di qualità superiori a 10^6 e volume modale minore di λ^3 . Questi sistemi sono molto promettenti tecnologicamente per lo sviluppo di laser a bassa soglia e sorgenti di singolo fotone. Le microcavità a cristallo fotonico si rivelano inoltre di grande importanza anche nel campo della fisica di base: sono sistemi su cui studiare per esempio effetti di elettrodinamica quantistica in cavità (CQED) o accoppiamento forte tra cavità fotoniche (molecole fotoniche). È dunque di primaria importanza essere in grado di poter caratterizzare otticamente tali strutture. Fino ad oggi i metodi principali per la caratterizzazione ottica di microcavità a cristallo fotonico si basavano principalmente su due tecniche: la prima consiste nell'utilizzo di cavità realizzate su materiale semiconduttore reso otticamente attivo con l'inserimento di punti quantici che, opportunamente eccitati, emettono un segnale di fotoluminescenza che può accoppiarsi con i modi risonanti di cavità. La seconda consiste invece nel realizzare in prossimità della microcavità una guida d'onda ed accoppiare in quest'ultima un fascio laser accordabile in frequenza: ciò che accade è che la radiazione e.m. all'interno della guida d'onda interagisce in maniera evanescente con la microcavità, e studiando la modulazione spettrale del segnale in uscita dalla guida è possibile individuare le risonanze ottiche del difetto. Entrambi i metodi necessitano però di una progettazione specifica del campione prima della fase di fabbricazione. Recentemente è stato proposto un approccio alternativo applicabile a tutte le tipologie di microcavità a cristallo fotonico: inviare sul campione radiazione risonante con i modi di cavità e raccoglierne l'intensità diffusa; è il metodo della diffusione risonante o

resonant scattering. Eccitando il campione con un laser accordabile in frequenza, o dallo spettro sufficientemente ampio, si possono rapidamente individuare i modi della microcavità. In questo lavoro di tesi si è combinato il metodo della diffusione risonante con la microscopia ottica a scansione a campo vicino (SNOM) al fine di poter caratterizzare spettralmente e spazialmente con alta risoluzione microcavità fotoniche indipendentemente dalla piattaforma sulla quale sono state realizzate. Il confronto tra misure di fotoluminescenza e di *scattering* risonante su microcavità singole e molecole fotoniche ha portato a risultati consistenti sia dal punto di vista della caratterizzazione spettrale delle strutture, che per la distribuzione spaziale dei modi di campo e.m. supportati. Lo studio delle mappe di *scattering* risonante sembra inoltre indicare che sia possibile ricavare anche informazioni relative alla modulazione spaziale della fase dei modi delle microcavità.