

Risonatori ottici a bolla in microcapillari di silice

Candidato: Daniele Farnesi

Relatore: Giancarlo Righini

Il presente lavoro di tesi è stato dedicato alla progettazione, costruzione e caratterizzazione di microrisonatori a bolla.

In un microrisonatore con sezione circolare esistono modi di propagazione, detti modi di galleria (Whispering Gallery Mode - WGM), che corrispondono a condizioni di risonanza per le quali la luce si propaga, tramite successive riflessioni totali, in prossimità della superficie.

Se la tipologia del materiale, il sistema di fabbricazione ed il sistema di accoppiamento della radiazione sono opportunamente individuati, questi microrisonatori possono presentare delle caratteristiche di straordinario confinamento della radiazione elettromagnetica, tali da renderli di grande interesse come micro-sensori. Infatti, un modo WGM risulta estremamente sensibile sia alle variazioni delle caratteristiche del mezzo in cui il risonatore è inserito (come, ad esempio, il suo indice di rifrazione) che alle variazioni della superficie dello stesso (ad esempio, a causa del legame con molecole di natura chimica e/o biologica). Questi cambiamenti possono essere quantificati attraverso lo spostamento (shift) della risonanza rispetto alla condizione imperturbata iniziale.

I risonatori cavi, quali sono le microbolle, hanno l'ulteriore vantaggio di presentare due campi evanescenti uno sulla parete interna e l'altro su quella esterna che possono, rispettivamente, essere sfruttati per l'interazione con il mezzo contenuto nella bolla e per accoppiare la luce all'interno della cavità.

Per produrre le microbolle, in genere la tecnica usata è quella di sottoporre un capillare di silice, in cui è iniettato un gas inerte, ad un trattamento termico con laser a CO₂. Il rammollimento locale della parete permette un rigonfiamento dovuto alla pressione interna del gas. In questo lavoro abbiamo sviluppato una nuova tecnica in cui il calore è fornito da una scarica elettrica che lambisce la parete esterna del capillare. La scarica proviene dagli elettrodi di una giuntatrice per fibre ottiche, che sono opportunamente collegati elettricamente ai loro siti originari e posizionati su di una struttura ad 'U' posta su una base, in grado di ruotare di 360°. In questa maniera abbiamo prodotto microrisonatori con un fattore di qualità superiore a 10⁷, allo stato dell'arte internazionale.

Inoltre, per ottenere indicazioni sulle dimensioni ottimali della cavità ed una stima della sensibilità al variare dell'indice di rifrazione del mezzo contenuto nella bolla, sono state fatte delle simulazioni, utilizzando il programma di calcolo MatLab, al fine di evidenziare la distribuzione radiale del campo nella microbolla e l'estensione del campo

evanescente in prossimità della sua parete interna, al variare delle dimensioni della bolla, della lunghezza d'onda di lavoro e dell'ordine n del modo di propagazione.

Infine, le potenzialità delle microbolle come rifrattometri sono state verificate sperimentalmente facendo fluire, all'interno delle stesse, soluzioni di acqua ed etanolo a diverse concentrazioni. La sensibilità, dipendente dallo spessore della parete, è risultata dello stesso ordine di quella riportata in bibliografia per risonatori ad anello con lo stesso spessore di parete, e potrà essere aumentata utilizzando microcapillari (e quindi microbolle) con minor spessore.

Una prospettiva interessante è quella di funzionalizzare la parete interna della microbolla allo scopo di renderla bioselettiva e quindi di sviluppare la sua applicazione come biosensore.