

## Abstract tesi di laurea di Gabriele Frigenti, sessione Aprile 2017

**Candidato:** Gabriele Frigenti ( [gab.frige@gmail.com](mailto:gab.frige@gmail.com) / [gabriele.frigenti@stud.unifi.it](mailto:gabriele.frigenti@stud.unifi.it) )

**Titolo italiano:** Caratterizzazione di risonatori ottici a modi di galleria ad alto Q in configurazione add-drop mediante spettroscopia cavity ring down

**Titolo inglese:** Characterisation of high-Q whispering gallery mode optical resonators in add-drop configuration through cavity ring down spectroscopy

**Relatore:** Dr. Gualtiero Nunzi Conti ( [g.nunziconti@ifac.cnr.it](mailto:g.nunziconti@ifac.cnr.it) )

**Correlatore:** Prof. Duccio Fanelli ( [duccio.fanelli@unifi.it](mailto:duccio.fanelli@unifi.it) )

La motivazione principale di questo lavoro di tesi è stata la messa a punto di un metodo originale capace di ottenere univocamente i vari parametri e i regimi di accoppiamento di un risonatore (o risonatore) ottico a modi di galleria (*whispering galley mode*, WGM) in configurazione *add-drop*. La tecnica è basata sulla spettroscopia di *cavity ring down* (CRD) e richiede solamente un singolo gruppo di misure.

I risonatori a modi di galleria sono una famiglia di risonatori aventi interfacce dielettriche curve a simmetria cilindrica che permettono di confinare la luce in due direzioni tramite riflessione totale su un percorso quasi-circolare. I risonatori WGM possono avere molte forme possibili, quali anelli, toroidi, sfere e dischi, e, se sono realizzati in materiali a basse perdite ed hanno dimensioni compatte (pochi millimetri o meno), condividono la caratteristica di avere alti fattori di qualità e piccoli volumi modali. Queste proprietà li rendono di grande interesse sia per studi più di base, ad esempio in ottica non lineare, che per applicazioni pratiche, ad esempio nel campo della sensoristica e del *processing* di segnali ottici. In ogni caso poter caratterizzare in modo univoco le proprietà intrinseche del risonatore WGM e la sua interazione con gli accoppiatori di ingresso/uscita è un requisito fondamentale per sfruttare al meglio le sue potenzialità.

Il metodo di analisi usuale, che è basato sul *fitting* dei profili delle risonanze in regime stazionario, non è sufficiente per questi scopi, in quanto presenta dei limiti nella caratterizzazione dei principali parametri del sistema e dei regimi di accoppiamento. Perciò abbiamo messo a punto un approccio diverso, usando la tecnica di *cavity ring down*, che permette di caratterizzare completamente il sistema. Abbiamo sviluppato un modello teorico che descriva la radiazione ottica in uscita su entrambi i canali cosiddetti di *transfer* e *drop* della configurazione *add-drop* (detta anche a doppia porta), partendo dalla soluzione nota per il caso di porta singola. Successivamente, abbiamo allestito un esperimento basato su un risonatore ad anello in fibra utilizzando accoppiatori con caratteristiche note al fine di validare il modello. In effetti quest'ultimo è stato in grado di predire correttamente i profili CRD di entrambi i canali. Il modello è stato quindi utilizzato per sviluppare una procedura di *fitting* originale in ambiente Matlab al fine di calcolare i principali parametri del risonatore, cioè il tempo di vita del fotone in cavità e l'efficienza degli accoppiatori. I valori attesi sono stati ben riprodotti con errori relativi dell'ordine di pochi punti percentuali.

Infine abbiamo messo a punto un esperimento basato su un risonatore WGM a disco ed eseguito le misure di caratterizzazione avendo grande cura nel realizzare un corretto allineamento del sistema, che risulta piuttosto critico. Il programma di analisi sviluppato ha dimostrato di funzionare ottimamente e di essere del tutto generale, essendo capace di caratterizzare risonatori ad anello di diverse tipologie. Infatti, il metodo ha stimato univocamente le perdite intrinseche e il regime di accoppiamento dei risonatori esaminati tramite un singolo gruppo di misure, raggiungendo lo scopo principale di questo lavoro di tesi. I risultati dell'analisi hanno anche evidenziato l'eccellenza del processo di fabbricazione dei dischi WGM da noi utilizzato in quanto consente di realizzare risonatori con fattore di qualità intrinseco e finezza intrinseca allo stato dell'arte, con valori prossimi, rispettivamente, a  $10^9$  e  $10^5$ .