

Università degli Studi di Firenze

Annamaria Campa

Verso una spettroscopia TeraHertz Sub-Doppler con Laser a Cascata Quantica

Tesi di Laurea Magistrale in Scienze Fisiche e Astrofisiche

Relatore: Dott. Paolo De Natale (paolo.denatale@ino.it)

Correlatore: Prof. Massimo Inguscio (inguscio@lens.unifi.it)

La regione spettrale del terahertz (0.1THz - 10THz) è una porzione dello spettro elettromagnetico che negli ultimi dieci anni ha vissuto una grande svolta tecnologica.

Questa finestra spettrale offre una moltitudine di allettanti applicazioni, tra le quali una delle più importanti è la spettroscopia. Il *range* THz può ben rappresentare la nuova frontiera del *molecular fingerprint region*, in quanto l'intensità delle righe di transizioni molecolari è di un ordine di grandezza maggiore rispetto a quelle delle transizioni nella regione delle microonde, confrontabili con l'intensità delle transizioni ro-vibrazionali del medio-IR, la cosiddetta *fingerprint region*.

Nel dominio THz, la larghezza naturale delle transizioni può essere dell'ordine di qualche Hz, per questo motivo è cruciale sondarle con sorgenti accordabili e con spettro di emissione sufficientemente stretto. In questa prospettiva i *THz-Quantum Cascade Laser* (QCL) offrono la possibilità di estendere, nel dominio THz, le tecniche spettroscopiche già note e sviluppate in altre regioni spettrali.

Al fine di esplorare tale potenzialità, questo lavoro di tesi, svolto presso i laboratori CNR-INO/LENS, si colloca all'interno della ricerca mirata ad aumentare la risoluzione nella spettroscopia molecolare THz. Le due attività svolte hanno riguardato la prima dimostrazione della saturazione, ottenuta con un QCL, di una transizione rotazionale a frequenza 2.55383THz del CH₃OH, propedeutica ad una spettroscopia Sub-Doppler, e la realizzazione di una cavità ottica iniettata con laser a cascata quantica nel THz.

In questo contesto è stato anche utilizzato un rivelatore THz di nuova generazione basato su un transistor a effetto di campo, realizzato con un nanofilo di InAs. Questa tipologia di rivelatori THz a nanofilo è attualmente in fase di sviluppo, in collaborazione con il CNR-NANO di Pisa e, nel corso di questa tesi, è stato dimostrato che questi sensori possono rivelare radiazione fino ad almeno 2.5THz, e possono essere efficacemente utilizzati in esperimenti di spettroscopia molecolare.

I risultati esposti rappresentano un promettente passo in avanti per la spettroscopia THz ad alta risoluzione basata su laser a cascata quantica, consentendo il raggiungimento di livelli di accuratezza nella misura di frequenza di transizioni molecolari dell'ordine di 10^{-12} , contro l'attuale 10^{-9} .

Il raggiungimento di questo obiettivo consentirà l'accesso ad una nuova fisica, con miriadi di applicazioni nel cosiddetto *terahertz gap*. Data l'elevata novità e rilevanza dei risultati ottenuti, questi saranno presentati in una sessione orale alla *CLEO conference 2014*, a San Jose, California, una delle conferenze più rilevanti nel settore dell'ottica.