

Emissioni laser in perovskiti microstrutturate

Candidato: Andrea Ristori (andrea.ristori1@stud.unifi.it)

Relatore: Dr. Francesco Biccari (francesco.biccari@unifi.it)

I laser (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*), fin dalla loro prima apparizione nel 1960, sono sempre stati oggetto di studio nel mondo scientifico a causa delle loro molteplici applicazioni. Il primo laser fu costruito da Theodore H. Maiman, il quale ottenne un fascio di luce collimata a 694 nm sfruttando le transizioni di un rubino sintetico. Da quel momento in poi, nel corso degli anni, sono comparse molteplici e diverse tecnologie laser che ne permisero una diffusione via via crescente, fino ad arrivare ai giorni nostri dove trovano applicazione praticamente ovunque, dal campo medico a quello informatico e così via.

Un ulteriore passo avanti è stato fatto grazie alla realizzazione di laser di dimensioni micrometriche e nanometriche i quali, come mezzo attivo, sfruttano *quantum well* o, più recentemente, *quantum dot*. Laser di tali dimensioni vengono già sfruttati in campo medico (per esempio il bisturi laser, utilizzato nelle operazioni alla cornea) e nel campo delle telecomunicazioni; è stato costruito un laser, che utilizza i QD, capace di trasportare fino a 10 Gbit/s e che è praticamente insensibile a variazioni di temperatura (tra i 20° C e i 70° C). In campo fisico le applicazioni di tali laser possono riguardare, per esempio, sorgenti di singoli fotoni.

In questo lavoro di tesi abbiamo analizzato un possibile nuovo materiale per la costruzione di "micro-laser": le perovskiti. Queste ultime sono diventate oggetto di studi a causa del loro possibile utilizzo nelle celle fotovoltaiche; la loro elevata efficienza ha subito un incremento così rapido negli ultimi anni che attualmente le perovskiti sono considerate uno dei più promettenti sostituti del silicio per il prossimo futuro. Recentemente, però, è stato osservato che le perovskiti sono caratterizzate anche da emissioni di luce intense con caratteristiche simili a quelle di un laser. Tuttavia, risultano sconosciuti i meccanismi fisici alla base di tali effetti.

Tra i vari tipi di perovskite esistenti abbiamo analizzato quelle caratterizzate da una struttura chimica detta MAPI. Nel nostro caso la sigla sta a indicare il composto $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$, che all'interno del nostro campione si trova sotto forma di *micro wire*. Una volta individuato il *micro wire* da analizzare, ci siamo concentrati nel verificare che la sua emissione stimolata presenti le tre caratteristiche principali associate ai laser: una banda di emissione molto stretta (nel caso ideale di tipo deltiforme), la presenza di una potenza di soglia e la variazione del tempo di diseccitamento dello stato eccitato (responsabile del *lasing*) sotto e sopra soglia.

Per far ciò abbiamo eseguito prima una serie di misure in potenza, con cui abbiamo verificato la presenza di una soglia a circa $73 \mu\text{W}$ e la presenza di una banda di emissione molto stretta (*spectral narrowing*) una volta superata tale soglia. In particolare abbiamo visto che la larghezza di banda degli spettri sopra soglia si aggira intorno ai $560 \mu\text{eV}$. Dopo di che abbiamo verificato, attraverso una serie di misure in tempo, che il tempo di diseccitamento medio dello stato eccitato diminuisce sensibilmente sopra soglia rispetto a sotto soglia.

In un caso abbiamo osservato la presenza di due picchi di emissione, che abbiamo indagato più a fondo attraverso una serie di misure in polarizzazione. Queste ultime hanno mostrato che le loro emissioni sono caratterizzate da due polarizzazioni ortogonali. Per giustificare ciò abbiamo ipotizzato che queste emissioni corrispondessero a due Fabry-Perot ortogonali, delimitate dalle varie facce del *micro wire*.

Dai risultati ottenuti abbiamo verificato che l'emissione delle perovskiti presenta tutte le caratteristiche di un'emissione laser.