



Tesi di Laurea Triennale in Fisica e Astrofisica

Spettroscopia Ottica di Perovskiti per Celle Solari Innovative

Optical Spectroscopy of Perovskites for Innovative Solar Cells

Sessione di Laurea: 1 Marzo 2016

Candidato: Giammarco Roini (giammarco.roini@stud.unifi.it)
Relatore: Anna Vinattieri (vinattieri@fi.infn.it)

Abstract

Il Sole costituisce la più abbondante sorgente di energia pulita e rinnovabile. Infatti l'energia che raggiunge annualmente la Terra è pari a circa $1.8 \cdot 10^{17}$ W-anno, cioè circa 10^4 volte il fabbisogno mondiale. Pertanto lo sfruttamento dell'energia solare ed in particolare l'ottimizzazione dei materiali e delle celle e l'abbattimento dei costi per la realizzazione di efficienti impianti fotovoltaici su piccola e larga scala rappresenta uno dei temi più rilevanti nell'ambito della ricerca di base ed applicata. Recentemente abbiamo assistito ad un vero e proprio exploit nello sviluppo di celle solari basate su perovskite (semiconduttori ibridi con componente inorganica ed organica) grazie alla loro perfetta combinazione tra alte efficienze e processi di fabbricazione basati su soluzioni a basso costo. In questa tesi, utilizzando differenti tecniche di spettroscopia ottica, ho studiato campioni di perovskite organometalliche di alogeni $CH_3NH_3PbI_3$, realizzati nel laboratorio CHOSE (Centre for Hybrid and Organic Solar Energy) dal gruppo del Professor Aldo di Carlo, presso l'Università di Roma "Tor Vergata". In particolare ho eseguito misure di trasmissione e misure di fotoluminescenza (PL) al variare di parametri quali la temperatura, la lunghezza d'onda di eccitazione ed il flusso di fotoni incidenti, per confrontare la qualità di questi campioni con quanto presente in letteratura. Eccitando il campione di perovskite in prossimità dei minimi di trasmissione (in particolare alle lunghezze d'onda di 390 nm, 410 nm e 532 nm), ne ho studiato la fotoluminescenza variando la temperatura del campione: questo mi ha permesso di osservare due diverse fasi cristallografiche, tetragonale e ortorombica, a determinate temperature. Dagli spettri di PL a 532 nm ho potuto constatare che la diminuzione del popolamento degli stati trappola, presenti a basse temperature, coincide con l'aumento dell'emissione corrispondente alla fase tetragonale, ovvero avviene un rilascio termico da parte degli stati trappola a favore della fase tetragonale. L'intensità di PL risulta circa costante fino a ~ 70 K mentre a temperature più alte decresce e l'energia di attivazione del canale non radiativo è pari a $E_A = (87.5 \pm 0.8)$ meV. Al crescere di T gli spettri di PL mostrano uno spostamento verso alte energie contrariamente a quanto osservato comunemente nei semiconduttori (*Legge di Varshni*). Quest'anomalia potrebbe essere ricondotta alla complessa origine della PL che presenta contributi estrinseci e emissioni da fasi cristalline differenti. Inoltre è stato possibile osservare l'allargamento della curva di PL all'aumentare della temperatura in sostanziale accordo con dati di letteratura. Al variare della potenza di eccitazione, la PL mostra una crescita più che lineare, suggerendo quindi che il processo di ricombinazione radiativa coinvolga coppie non correlate elettrone-lacuna piuttosto che eccitoni. Infine ho effettuato alcune misure di spettroscopia di fotoluminescenza risolta in tempo in modo da ricavare, attraverso i profili temporali del segnale di PL, informazioni sul decadimento della popolazione di portatori a causa dei processi di ricombinazione. Queste misure hanno messo in evidenza come la potenza di eccitazione possa influire sulla cinetica di ricombinazione, oltre al fatto che la ricombinazione radiativa è più rapida per la fase ortorombica rispetto alla fase tetragonale. La caratteristica non esponenziale del decadimento di PL è in accordo con quanto osservato nei semiconduttori disordinati, quali appunto i film di perovskite da me studiati.