

TITOLO: *Spettroscopia ottica di perovskiti ibride per celle solari*

Candidato: Erica Burzi

Relatore: Prof.ssa Anna Vinattieri

In questa tesi presento uno studio sperimentale sulla fotoluminescenza (PL) di diverse strutture per celle solari basate su una perovskite ibrida, nello specifico $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ (chiamato anche MAPI), che è quella di maggiore interesse in ambito fotovoltaico, in quanto la semplicità della tecnica di fabbricazione e le rilevanti proprietà hanno reso il materiale molto competitivo rispetto ai convenzionali semiconduttori. I campioni analizzati sono stati realizzati presso i laboratori CHOSE dell'Università Tor Vergata di Roma dall'equipe del professor Aldo di Carlo e sono costituiti da una deposizione di un film sottile di perovskite su un vetro con ossido di stagno drogato con fluoro (FTO). Ogni campione si differenzia dall'altro perché tra il vetro e la perovskite è stato inserito un diverso strato ETM (Electron Transporting Material) che favorisce la raccolta degli elettroni fotogenerati. Tramite misure di fotoluminescenza (PL) in continua e sotto eccitazione impulsiva, variando numerosi parametri (potenza, temperatura, energia dei fotoni di eccitazione, etc.) ho studiato il ruolo dell'ETM nel processo di raccolta degli elettroni nei vari campioni.

Per ciascun campione il segnale di PL è stato misurato sia eccitando i campioni dal lato dell'overlayer di perovskite che dal lato del substrato conduttivo FTO. Questo ha consentito di sondare sia l'overlayer che la regione in cui la perovskite è inglobata nello strato mesoporoso (ETM). Perciò, i diversi risultati ottenuti, messi a confronto, ci permettono di determinare sperimentalmente come la ricombinazione radiativa della perovskite venga modificata in conseguenza dell'interazione con lo strato ETM. Questo ci consente inoltre di individuare da quale tipo di ETM ci si possa attendere una maggiore efficienza della cella.

A 300 K la PL mostra il tipico spettro della $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$. Il segnale di PL è spettralmente omogeneo e con forma spettrale identica indipendentemente dal lato di eccitazione. Tuttavia, mentre eccitando sul lato della perovskite l'intensità di PL è molto simile per tutti i campioni, variazioni significative di intensità di PL dipendenti dal materiale ETM vengono rivelate quando si eccita dal lato B.

Lo spettro di PL a 11 K mostra la presenza della fase ortorombica, che emette a 1.65 eV, ed è la fase strutturale stabile a temperature al di sotto di 150 K, mentre fra 1.6 e 1.45 eV compare una banda composita fortemente asimmetrica che origina in parte dalla ricombinazione radiativa dalla fase tetragonale del MAPI (picco ~1.57 eV) e da una banda associata a trappole radiative a più bassa energia. Eccitando dal lato del substrato conduttivo FTO, differenze rilevanti si osservano in presenza del ETM. Prima di tutto si osserva un minor contributo della fase ortorombica indicante che si verifica una transizione di fase incompleta per la perovskite inglobata nello strato mesoporoso. Inoltre, in particolare per il campione GOLi Grafene, si osserva il quenching delle trappole radiative e il predominio dell'emissione dalla fase tetragonale indicante che la qualità cristallina della perovskite migliora in presenza di questo ETM data l'assenza di stati trappola che in letteratura sono associati ai bordi di grano.

Per il campione GOLi Grafene ho eseguito ulteriori misure in funzione della densità di potenza e dell'energia dei fotoni del laser di eccitazione. Dal confronto delle misure in funzione della densità di potenza posso osservare che la densità dei difetti radiativi è, in questo caso, di circa due ordini di grandezza inferiore rispetto agli altri campioni. Un risultato significativo è stato ottenuto eseguendo misure di PL al variare della energia dei fotoni usati per l'eccitazione: in questo caso ho dimostrato che i nanocristalli di MAPI inglobati nello strato mesoporoso vengono "congelati" nella fase tetragonale anche a temperatura criogenica e quindi la transizione strutturale viene inibita in conseguenza della morfologia dello strato mesoporoso.