

Titolo della tesi: *Caratterizzazione spettroscopica di vetri drogati con terre rare e realizzazione di guide d'onda per lo sviluppo di LED a luce bianca*

Candidato: Elisa Pasquini – elisa.pasquini2@stud.unifi.it

Relatore: Prof. Stefano Pelli – stefano.pelli@unifi.it

Negli ultimi decenni l'optoelettronica e la fotonica hanno conosciuto un notevole sviluppo grazie alle loro possibili applicazioni in molti settori tecnologici. In particolar modo i diodi LED (Light Emitting Diodes) sembrano sempre più adatti a sostituire le fonti di illuminazione tradizionali per la loro efficienza, durata, affidabilità e per l'assenza di emissioni nell'infrarosso e nell'ultravioletto. Nonostante i numerosi vantaggi, la realizzazione dei LED a luce bianca, essenziali nel settore dell'illuminazione, presenta ancora alcune difficoltà. Data la natura quasi monocromatica dell'emissione dei LED, infatti, per generare luce bianca solitamente si utilizza un LED blu o UV, trasferendo parte dell'emissione a lunghezze d'onda maggiori tramite l'eccitazione e la fotoluminescenza di fosfori. Tali fosfori possono però presentare problemi di efficienza e devono inoltre essere assemblati insieme al LED tramite apposite resine, che presentano però problemi di deterioramento nel tempo e alle temperature di operazione dei LED.

I vetri drogati con terre rare, largamente studiati per la realizzazione di amplificatori ottici ad elevato guadagno, in fibra o integrati, si sono proposti sempre più negli ultimi anni come validi sostituti all'utilizzo dei fosfori nella realizzazione di LED a luce bianca. Le molteplici qualità dei vetri, come la trasparenza, la robustezza chimica e meccanica e la struttura isotropa, unite alle proprietà spettroscopiche delle terre rare, li hanno resi ottimi candidati per tale applicazione. Utilizzando questo tipo di materiali, ed eccitandoli con i LED blu o UV già esistenti, si possono infatti ottenere sorgenti con differenti tipologie di bianco in funzione del drogaggio utilizzato, senza l'utilizzo dei fosfori attuali o delle resine.

L'obiettivo di questo lavoro di tesi, che si inserisce all'interno di un progetto bilaterale tra CNR e CONACYT (Messico), è stato quello di effettuare la caratterizzazione di campioni di vetro drogati con differenti composizioni di ioni europio (Eu^{3+}), terbio (Tb^{3+}), disprosio (Dy^{3+}), e cerio (Ce^{3+}).

Inizialmente sono stati misurati assorbimento, eccitazione ed emissione dei campioni bulk, che hanno permesso di mettere in evidenza i principali livelli di energia di tali elementi. Nei campioni contenenti europio e terbio abbiamo osservato un trasferimento di energia dal Tb verso l'Eu che aumenta l'efficienza di emissione del vetro. Dal calcolo delle coordinate cromatiche di tali campioni abbiamo inoltre riscontrato che il colore dell'emissione risulta molto vicino allo standard definito per i fosfori rossi. I vetri drogati solamente con disprosio presentano invece un'emissione di colore giallo mentre, in presenza del co-drogaggio con il cerio le coordinate cromatiche ottenute risultano estremamente vicine a quelle del bianco di riferimento. La presenza del cerio all'interno dei vetri comporta però anche un incremento dell'assorbimento fino a 400 nm ed una diminuzione dell'emissione complessiva. Tali fenomeni potrebbero trovare risposta nella compresenza di ioni Ce^{4+} che non hanno decadimenti radiativi e pertanto non contribuiscono all'emissione. La presenza del Ce^{4+} può avere origine sia dalla basicità ottica della matrice vetrosa utilizzata, sia da un processo di fotoionizzazione del cerio indotto dall'irraggiamento con radiazione UV. Abbiamo infine ricavato i tempi di vita dei livelli eccitati delle terre rare presenti nei campioni analizzati, riscontrando la possibile presenza di quenching da concentrazione per il cerio, che comporta la diminuzione dell'emissione e della vita media misurata.

Si sono successivamente realizzate guide d'onda planari su alcuni dei campioni analizzati tramite scambio ionico sodio-argento. Dalla caratterizzazione modale effettuata è risultato che, eseguendo lo scambio a 310°C ed immergendo il vetro nella soluzione per 150s, si ottengono già guide multimodali. Inoltre abbiamo potuto osservare come la presenza dell'europio rallenti il processo di diffusione. Effettuando infine un'analisi spettroscopica della fotoluminescenza emessa tramite eccitazione in guida, abbiamo ottenuto, eccetto che per i campioni codrogati con cerio che probabilmente induce la riduzione degli ioni argento ad argento metallico, risultati analoghi a quelli osservati nei campioni bulk per tutti i drogaggi studiati, dimostrando che lo scambio ionico non influenza le caratteristiche spettroscopiche dei vetri e può essere utilizzato per la realizzazione di dispositivi ottici guidati in questi materiali.