

Tesi: *Studio di cristalli YAG drogati con Erblio e Neodimio per applicazioni fotovoltaiche*

Candidato: **Luigi Torre** (*luigitorre@yahoo.it*)

Relatore: **Dott.ssa Elisa Sani** (*elisa.sani@ino.it*)

Correlatore: **Prof. Riccardo Pratesi** (*riccardo.pratesi@unifi.it*)

Nello sfruttamento fotovoltaico dell'energia solare, uno dei campi di ricerca attuali è lo studio di sistemi in grado di aumentare il rendimento delle celle solari in Silicio. Tra le varie tecniche sfruttate negli anni, un metodo prevede l'accoppiamento del Si con un altro materiale, in grado di assorbire le lunghezze d'onda altrimenti inutilizzate e di convertirle in radiazione che abbia lunghezze d'onda corrispondenti a quelle di massimo rendimento per il substrato. Tali celle, dette "a conversione di lunghezza d'onda", sono costituite in genere da un cristallo drogato con uno o più tipi di ioni, depositato sul materiale semiconduttore costituente la cella. Tra i processi fisici che possono avvenire in un dispositivo simile, quelli di *down-shifting* e *down-conversion* creano rispettivamente uno o più fotoni nell'intervallo di energia di interesse a partire da un fotone di energia maggiore. Viceversa, nel processo di *up-conversion* si crea un fotone di energia maggiore convertendo due o più fotoni di energia minore.

In questo lavoro di tesi sono stati studiati tre cristalli YAG drogati con ioni Erblio Er^{3+} al 10%, e con una percentuale diversa di ioni Neodimio Nd^{3+} , pari allo 0.05, 0.1 e 0.2%, al fine di valutarne l'impiego in ambito fotovoltaico come *down-shifters* o *down-converters*. I cristalli sono stati caratterizzati mediante misure di spettroscopia di assorbimento, di emissione e di eccitazione, oltre a misure di vita media dei principali livelli energetici coinvolti nelle transizioni tra gli ioni droganti. I risultati delle misure di emissione mostrano una forte interazione tra gli ioni Er^{3+} e Nd^{3+} . Eccitando il campione su un picco di assorbimento dell'Er a 366 nm, i campioni mostrano bande di fluorescenza nel verde, nel rosso e nel vicino infrarosso. Le transizioni in questione hanno origine dai livelli energetici inferiori a quello di eccitazione dell'Er, ma si osservano anche picchi di emissione tipici del livello $Nd: {}^4F_{3/2}$, con le bande principali centrate a 1064 nm e 885 nm e di intensità crescente all'aumentare della concentrazione di Nd. Questo è indice di un trasferimento energetico efficiente dall'Er al Nd, confermato anche dallo spettro di eccitazione del picco di fluorescenza principale del Nd, a 1064 nm. Una forte interazione ed un efficiente trasferimento energetico tra le due specie ioniche sono evidenziati anche dalle misure di vita media di fluorescenza dei livelli $Er: {}^4I_{11/2}$, $Er: {}^4I_{13/2}$ e $Nd: {}^4F_{3/2}$. Le elevate sezioni d'urto di emissione delle transizioni ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{11/2}$ e ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{9/2}$ del Nd possono essere sfruttate per ottenere emissioni nell'intervallo spettrale tra 870 e 1080 nm, dopo aver popolato il livello di partenza ${}^4F_{3/2}$ tramite trasferimento energetico dall'Er: ${}^4I_{11/2}$. Dal punto di vista delle possibili applicazioni fotovoltaiche, abbiamo dimostrato che i cristalli YAG drogati con Er e Nd funzionano già come *down-shifters*, anche alle basse concentrazioni di Nd da noi indagate, in quanto sono in grado di convertire i fotoni della parte UV-blu dello spettro, assorbiti principalmente dall'Er, in radiazione di energia inferiore, emessa da entrambe le specie ioniche.

A partire dai risultati delle nostre misure, non siamo in grado di stabilire se il convertitore di lunghezza d'onda costituito dai nostri cristalli agisca effettivamente come *down-shifter* (efficienza quantica $\eta \leq 1$) o come *down-converter* ($\eta \geq 1$). A questo scopo, poiché il processo di *down-conversion* è direttamente legato alla probabilità di *cross-relaxation* fra i livelli dell'Erblio, la quale aumenta con la percentuale di drogaggio dello ione Er^{3+} , un ulteriore sviluppo del presente lavoro di tesi potrebbe essere lo studio del comportamento del cristallo al variare della percentuale di Er drogante, e comunque con concentrazioni superiori alle nostre, tali da favorire i trasferimenti energetici mediati da *cross-relaxation* tra gli ioni Er^{3+} . Inoltre, studi successivi potrebbero esplorare anche l'incremento della concentrazione di Nd, per aumentare il trasferimento energetico dall'Er e, conseguentemente, anche la fluorescenza intorno a 1 μm del Nd. A causa della ricca struttura di livelli dell'Er, incrementando la sua concentrazione si rendono possibili anche alcuni processi di *up-conversion*. Tuttavia, va osservato che processi di questo tipo che risulterebbero sfavorevoli per applicazioni fotovoltaiche, risultano inibiti dalla presenza dello ione Nd^{3+} , già alle basse concentrazioni prese in esame nel presente lavoro. In conclusione, i risultati ottenuti permettono ragionevolmente di prevedere una buona efficienza di *down-conversion* per applicazioni fotovoltaiche, da parte di convertitori di lunghezza d'onda costituiti da cristalli YAG drogati con concentrazioni di Er e Nd superiori a quelle qui analizzate, dato che, alle percentuali di drogaggio da noi investigate, abbiamo dimostrato che il sistema si comporta già come *down-shifter*.