

Tesi: Ricombinazione radiativa in pozzi quantici di InGa_xN/GaN

Candidato: Andrea Tabani (andreatabani@tin.it)

Relatore: Prof. Anna Vinattieri (vinattieri@fi.infn.it)

Lo studio della ricombinazione radiativa dei portatori di carica in pozzi quantici a base di nitru di gallio e leghe ternarie da essi derivate è oggetto di estremo di interesse per le alte potenzialità di questi semiconduttori nel campo della optoelettronica. In particolare la grande differenza tra le bande proibite di Nitru di Gallio e Nitru di Indio offre la possibilità di realizzare diodi emettitori di luce (LED) estremamente efficienti e con lunghezza d'onda che copre tutto lo spettro del visibile variando la concentrazione x di Indio in pozzi quantici di In_xGa_{1-x}N/GaN. I limiti maggiori, nello sviluppo di dispositivi basati su nitru nella forma cristallografica della wurtzite, risiedono: nell'elevata presenza di difetti reticolari che si riscontra nella crescita epitassiale di nanostrutture di materiali dal passo reticolare e dal coefficiente di espansione termica molto diversi; nella presenza di intensi campi elettrici interni ($\approx 1\text{MV/cm}$) che modificano la struttura delle bande di energia riducendo la probabilità di ricombinazione radiativa; nel caso dell'InGa_xN, nell'alto grado di disordine associabile a fluttuazioni locali della concentrazione di Indio dovute a fenomeni di segregazione nella lega che producono significativi allargamenti delle bande di luminescenza e localizzazione dei portatori.

Nonostante l'elevata concentrazione di difetti estesi, come le dislocazioni (tipicamente $10^9/\text{cm}^2$), che normalmente costituiscono centri di ricombinazione non radiativa, queste eterostrutture mostrano un'altissima efficienza radiativa e ancora non è chiara l'origine della luminescenza.

La concentrazione dei difetti dipende da molti fattori legati alla crescita dei campioni, primo fra tutti la scelta del substrato. Per potere realizzare nanostrutture di nitru con ottime proprietà ottiche il substrato di elezione è lo zaffiro, che però rende più difficile la deposizione di contatti elettrici. Un'innovativa tecnica permette la separazione di un *buffer* di GaN dal substrato di zaffiro su cui è stato cresciuto. I campioni di InGa_xN/GaN come quelli analizzati in questo lavoro sono stati cresciuti a partire da questi *buffer*, detti *Free Standing*, di GaN e questo ha consentito di limitare i difetti legati ai diversi coefficienti di dilatazione termica nelle fasi di raffreddamento dei campioni successive alla crescita. La concentrazione di difetti misurata nei nostri campioni ($\approx 10^7/\text{cm}^2$) indica che si tratta di nanostrutture allo stato dell'arte, con un allargamento delle bande di luminescenza di poche decine di meV, ben al di sotto dei valori tipici.

In questo lavoro di tesi ho compiuto uno studio dei processi di ricombinazione dei portatori di carica in due nanostrutture a pozzi quantici multipli di InGa_xN/GaN cresciute all'Istituto Politecnico Federale di Losanna (Svizzera) dal gruppo di ricerca coordinato dal Prof. N. Grandjean. Tramite la misura a basse temperature (15K) del segnale di fotoluminescenza, sia integrato che risolto nel tempo al variare di parametri quali la densità del fascio laser e l'energia dei fotoni di eccitazione, ho dimostrato che in questi campioni il segnale di luminescenza origina da due bande, molto simili nei due campioni, il cui popolamento è fortemente dipendente dall'energia dei fotoni di eccitazione. Queste bande derivano dalla ricombinazione di portatori localizzati in stati profondi (≈ 200 meV di *Stokes shift*) e la cinetica di ricombinazione, sostanzialmente identica nei due campioni, non è modificata variando la densità di eccitazione, ad escludere un ruolo significativo dovuto alla presenza del campo elettrico interno. Il confronto dei risultati presentati nella tesi con immagini dei campioni, ottenute con un microscopio a forza atomica, suggerisce che la localizzazione dei portatori avvenga in regioni spazialmente separate fra le quali non si manifesta alcun trasferimento di popolazione. Queste regioni sono probabilmente originate dalla fitta rete di dislocazioni reticolari che sfociano nella formazione di profonde valli (nella direzione di crescita) che si alternano (sul piano perpendicolare alla direzione di crescita) a zone di maggiore spessore dei pozzi, con separazione tipica di ≈ 0.5 μm .

Si intende sviluppare il lavoro di tesi effettuando misure di microfotoluminescenza per evidenziare la correlazione fra ciascuna banda e la morfologia locale del campione.