

Titolo: Ricombinazione radiativa di eccitoni e cariche in pozzi quantici di InGaN per la realizzazione di LED bianchi

Candidato: Gioele Consani , [gioele.consani@stud.unifi.it](mailto:gioele.consani@stud.unifi.it)

Relatore: Prof.ssa Anna Vinattieri, [vinattieri@fi.infn.it](mailto:vinattieri@fi.infn.it)

Eterostrutture di tipo pozzo quantico basate sulla lega  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  sono da anni impiegate per la realizzazione di dispositivi optoelettronici quali LED, laser a diodo nel vicino ultravioletto, fotodiodi e supporti di archiviazione dei dati. La forte dipendenza dell'Energy Gap dell' $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  dalla concentrazione di Indio consente di accordare la lunghezza d'onda della luminescenza dei pozzi quantici in tutto lo spettro visibile e nel vicino UV. LED a luce bianca possono essere realizzati crescendo eterostrutture con pozzi multipli a diverso contenuto di Indio, ciascuno dei quali emette nella propria banda di energie caratteristica.

La crescita epitassiale di pozzi e barriere di  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  su substrati di zaffiro con costanti reticolari diverse provoca l'accumulo di energia elastica nel cristallo con lo sviluppo di una polarizzazione piezoelettrica e la comparsa di difetti reticolari estesi ( $\sim 10^9 \text{ cm}^{-2}$ ). Questi due fenomeni riducono l'efficienza quantica esterna aumentando il tempo di ricombinazione dei portatori e introducendo centri di ricombinazione non radiativa. Nonostante l'elevata densità di difetti reticolari estesi e il manifestarsi di Effetto Stark a Confinamento Quantistico in InGaN, l'efficienza esterna dei LED basati su questo materiale è tipicamente più alta di quella dei LED prodotti con altre tecnologie. L'elevata efficienza quantica è probabilmente collegata alla presenza nel materiale di efficienti centri di cattura, ovvero stati di trappola più o meno profondi, nei quali i portatori si ricombinano radiativamente.

In questo lavoro di tesi ho analizzato 4 eterostrutture a pozzo quantico di InGaN/GaN realizzate all'Università di Cambridge. I campioni, elementi di base per la realizzazione di LED bianchi, differiscono per l'ordine di crescita di 3 pozzi a diverso contenuto di Indio e per il loro spessore. In regioni spaziali diverse di ogni campione ho condotto misure di fotoluminescenza integrata nel tempo (TI-PL) al variare della densità di eccitazione, della temperatura e della lunghezza d'onda di eccitazione (304 nm per eccitare negli stati di barriera e 370 nm per eccitare selettivamente gli stati di pozzo). I 4 campioni presentano, con eccitazione in barriera, una forte disomogeneità su scala macroscopica, con regioni in cui è visibile unicamente luminescenza dovuta a stati di difetto nel materiale di barriera (come risulta dal confronto con le misure a 370 nm). Il confronto tra campioni con ordine di crescita dei pozzi invertito ha mostrato che, in questo caso, le intensità delle bande di emissione dei tre pozzi sono più omogenee nei campioni con il pozzo quantico meno profondo vicino alla superficie e quindi più densamente eccitato. Il pozzo quantico più profondo risulta, in tutti i campioni, quello più luminoso e nelle misure al variare della temperatura mostra un quenching termico inferiore agli altri due. Il quenching termico è in generale inferiore nella coppia di campioni con pozzi quantici più stretti, nella quale è meno importante l'Effetto Stark a Confinamento Quantistico. Le misure di fotoluminescenza eccitando sotto il bandgap delle barriere mostrano una maggiore omogeneità spaziale della luminescenza, in accordo con una distribuzione più omogenea dei portatori, l'assenza dell'emissione da stati di difetto profondi e un quenching termico più importante nei due pozzi più profondi. Tutto questo suggerisce che un forte contributo alla disomogeneità dei campioni sia dovuto al processo di trasporto delle cariche, che vengono tipicamente catturate da stati di difetto in barriera e rilasciate tramite attivazione termica.