

Caratteristiche dell'emissione radiativa in eterostrutture di nitruri per la realizzazione di LED.

Candidato: Gustavo Ciardi (gustavociardi@gmail.com)

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

I nitruri sono i composti più comunemente utilizzati per la costruzione di LED ad alta efficienza nelle regioni spettrali del visibile e dell'ultravioletto ed è quindi molto importante studiarne le proprietà per cercare di migliorare l'efficienza della ricombinazione radiativa. I campioni studiati in questa tesi sono eterostrutture costituite da pozzi quantici di InGaN fra barriere di GaN, cresciute all'interno di una giunzione p-n di GaN su un substrato di zaffiro. Campioni di questo tipo presentano molti difetti reticolari dovuti al fatto che la crescita epitassiale di GaN su un substrato come lo zaffiro produce un accumulo di energia elastica (in conseguenza delle differenti costanti reticolari dell'epistrato rispetto al substrato). Questa energia viene rilasciata dando luogo alla formazione di difetti cristallini estesi come le dislocazioni. Inoltre, data la piezoelettricità dei nitruri ed in conseguenza della presenza di un momento dipolare nella cella wurtzite del GaN e dell'InGaN, in queste eterostrutture è presente un campo elettrico interno che modifica le caratteristiche della ricombinazione radiativa. Sia il campo interno che le dislocazioni provocano una riduzione dell'efficienza radiativa e quindi, ai fini della realizzazione di un LED, sono fattori che ne limitano le prestazioni. Il lavoro di tesi riguarda uno studio sperimentale della ricombinazione radiativa in tre campioni di pozzi quantici di InGaN fra barriere di GaN, con densità di dislocazioni (TDD: threading dislocation density) compresa fra 10^8 - $10^{10}/\text{cm}^2$. Queste eterostrutture sono state cresciute con tecnica epitassiale dal gruppo del Prof. Humphreys presso l'Università di Cambridge. L'analisi è stata effettuata con misure di fotoluminescenza integrata nel tempo (PL-TI) e fotoluminescenza risolta in tempo (PL-TR). La caratterizzazione preliminare, finalizzata a studiare l'omogeneità spaziale e l'efficienza relativa dei campioni, ha mostrato un buon grado di omogeneità nella crescita ed una significativa riduzione dell'efficienza radiativa, sia per l'emissione dal pozzo di InGaN (decremento ≈ 3) che dalle barriere di GaN (≈ 10), per il campione a più elevata densità di dislocazioni. Si è inoltre osservata la comparsa di una banda dovuta alla ricombinazione di stati donori e accettori il cui peso relativo cresce al crescere di TDD. La notevole diminuzione dell'intensità di fotoluminescenza nel campione più difettato è imputabile sia alla riduzione dell'efficienza di trasferimento dei portatori fotogenerati in barriera verso i pozzi quantici che alla presenza di canali non-radiativi nella regione dell'InGaN. Infatti, da misure di correlazione temporale di singolo fotone, ho determinato le vite medie caratteristiche della luminescenza nei vari campioni per energie differenti all'interno della banda di PL. L'osservazione di decadimenti progressivamente più lenti al diminuire dell'energia del fotone emesso è in accordo con processi di ricombinazione di elettroni e lacune in stati localizzati, come comunemente osservato in campioni di InGaN. Quest'ultimo dato è confermato anche da misure effettuate a temperature diverse. La cinetica di ricombinazione più veloce è stata misurata sul campione con maggiore TDD in accordo con un incremento della ricombinazione non-radiativa dovuto alle dislocazioni. Dalle misure effettuate al variare della potenza di eccitazione ne consegue che, almeno nell'intervallo di potenze accessibili negli esperimenti che ho effettuato, il campo elettrico interno non riveste un ruolo dominante nella ricombinazione radiativa dei portatori. In conclusione, dal confronto effettuato sui vari campioni si individua un valore critico della densità di dislocazioni pari circa a $10^9/\text{cm}^2$, al di sopra della quale si osserva una significativa riduzione della luminescenza, sia dalle barriere che dai pozzi, dovuta alla presenza di canali non radiativi.