

Titolo: Studio dell'effetto di trattamenti termici post-crescita sulla ricombinazione radiativa in pozzi quantici di InGaN/GaN

Candidato: Claudio Maddii <cmaddii@gmail.com>

Relatore: Prof. Anna Vinattieri <vinattieri@fi.infn.it>

Le nanostrutture basate su composti binari di elementi del III gruppo con l'azoto (nitrucci) come InN, AlN e GaN e le leghe ternarie come $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ e $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ sono da tempo impiegate per la costruzione di dispositivi LED per le loro importanti proprietà, come la possibilità di variare lo spettro d'emissione con continuità agendo sulle concentrazioni dei costituenti la lega, e studiate col proposito di ottimizzare l'efficienza del dispositivo. Purtroppo in questi sistemi materiali l'efficienza radiativa è ridotta dalla presenza di difetti strutturali che si formano in conseguenza alla crescita epitassiale. Infatti, nell'impossibilità di crescere l'eterostruttura su substrati perfettamente adattati dal punto di vista reticolare, nella fase di crescita si determina un accumulo di energia elastica che può essere rilasciata producendo difetti estesi come le dislocazioni. La presenza di dislocazioni (la densità di dislocazioni è tipicamente $\geq 10^9/\text{cm}^2$ in strutture a nitrucci) determina in generale l'esistenza di canali di ricombinazione non-radiativa, riducendo l'efficienza del dispositivo. Si è dimostrato che trattamenti termici post-crescita (annealing) possono in molti casi migliorare la qualità del materiale. In questo lavoro di tesi ho analizzato campioni di pozzo quantico di InGaN/GaN, che costituiscono la base di un dispositivo LED ad alta efficienza, tramite misure di fotoluminescenza (PL) integrata e risolta temporalmente. I campioni sono stati cresciuti per epitassia MOCVD (metal-organic chemical vapor deposition) presso l'Università di Cambridge. I sei campioni studiati si distinguono in due serie con differenti densità di dislocazioni (threading dislocation density TDD 8×10^8 e $8 \times 10^9/\text{cm}^2$) e ciascuna serie è costituita da un campione non trattato e due che hanno subito annealing a 800 e 900°C. Dall'analisi degli spettri e dei decadimenti di PL si osserva che l'annealing, sulla serie di campioni a più bassa densità di dislocazioni, non aumenta in generale l'efficienza di ricombinazione nel pozzo quantico (anzi la riduce lievemente). L'annealing, invece, riduce la presenza di canali non-radiativi come osservato dall'aumento della vita media della PL nella banda di emissione del pozzo quantico di InGaN. Un deciso miglioramento dell'efficienza radiativa della eterostruttura si misura nei campioni con più alta densità di dislocazioni sia nella banda di emissione del pozzo e ancora di più per l'emissione del GaN (materiale che costituisce la barriera e le regioni p ed n del diodo), che è trascurabile nel campione non trattato. In entrambe le serie l'annealing riduce la ricombinazione accettore-donore che presumibilmente origina dalle regioni del GaN drogato p ed n. Dall'analisi complessiva dei dati emerge che il trattamento termico ha due effetti: in primo luogo modifica le vite medie della PL della banda dell'InGaN agendo quindi su canali non radiativi del pozzo. Tuttavia, mentre nei campioni con TDD $= 8 \times 10^9/\text{cm}^2$ viene migliorata in modo significativo la qualità del GaN di barriera, rendendo più efficiente la cattura dei portatori nel pozzo, nei campioni TDD $= 8 \times 10^8/\text{cm}^2$ si osserva piuttosto una debole diminuzione del segnale della banda dell'InGaN non spiegabile con l'aumento misurato della vita media. Quindi nei campioni da me studiati l'annealing termico risulta efficiente nel migliorare sia la qualità del materiale di barriera che quello del pozzo solo per densità di dislocazioni $\geq 10^9/\text{cm}^2$.