

RIASSUNTO DELLA TESI

Laureando: Cosimo Mannucci (cosimo.mannucci@stud.unifi.it)

Relatore: Dott. Francesco Biccari (francesco.biccari@unifi.it)

Titolo: Caratterizzazione ottica di pozzi quantici di GaAs su Si microstrutturato.

Il silicio, grazie al suo basso costo di produzione, alla facilità di drogaggio e alla possibilità di crescervi il SiO₂, un ottimo isolante, si è imposto come il semiconduttore su cui si basa tutta l'industria elettronica e non solo. Una classe di dispositivi in cui però non può venir usato è quella degli emittitori di luce, come LED o laser, a causa della sua gap indiretta. Per questi dispositivi vengono usati i semiconduttori III-V (cioè formati da uno o più elementi del gruppo III della tavola periodica con uno o più elementi del gruppo V), come il GaAs.

La possibilità di crescere il GaAs direttamente su Si permetterebbe la realizzazione di circuiti integrati optoelettronici. Inoltre la possibilità di costruire un transistor con un canale di GaAs, permetterebbe l'ulteriore miniaturizzazione degli attuali dispositivi e li renderebbe anche meno energivori.

La crescita di GaAs su Si presenta però dei problemi, causati dalla differente costante reticolare dei due materiali e dal diverso coefficiente di espansione termica. Il primo porta alla comparsa di dislocazioni mentre il secondo al piegamento del wafer di silicio. Un altro problema è la formazione di *antiphase domain*, cioè zone del cristallo di GaAs con differenti orientazioni. Tutti questi effetti impediscono chiaramente la possibilità di crescere dispositivi di alta qualità.

Recentemente però sono stati fatti dei progressi nella crescita di GaAs su Si. Creando un tassellamento micrometrico regolare nel substrato di Si, il GaAs depositato successivamente si può sviluppare in verticale, limitando fortemente i problemi visti precedentemente. Purtroppo però questa tecnica ha forti limitazioni dal punto di vista industriale, perché lo strato di GaAs riproduce la struttura del tassellamento sottostante e quindi non ha una struttura planare facilmente lavorabile.

Una delle soluzioni è quella di crescere Ge su Si tassellato, fondere lo strato di Ge e infine crescere lo strato di GaAs. È noto infatti che il GaAs si accoppia bene con il Ge, dato che ha una costante reticolare e un coefficiente di espansione termica simile. In questa tesi abbiamo studiato tre campioni di GaAs ottenuti con questo approccio. Le potenzialità di sviluppo di strutture optoelettroniche su questo GaAs sono state sondate crescendo 3 pozzi quantici (quantum well, QW) di GaAs con barriere di AlGaAs, che sono stati studiati con la tecnica della fotoluminescenza (PL). I tre campioni, NF, F ed FA, si distinguono come segue: nell'NF non è stato fuso il Ge; gli altri due hanno invece entrambi il piano di Ge fuso e si differenziano per uno strato di GaAs, assente nel campione F, depositato tramite Migration Enhanced Epitaxy, immediatamente sopra lo strato di Ge.

Tramite misure di micro-PL (risoluzione 1 μm) sono state acquisite delle mappe di emissione di 50 μm × 50 μm. Su questi spettri sono stati effettuati dei fit per caratterizzare l'emissione spettrale dei pozzi quantici e per studiare come essa varia spazialmente. Sono state anche effettuate delle misure risolte in tempo.

Nel campione NF, come ci si aspettava, l'emissione proviene da un reticolo di punti che riproduce il tassellamento sottostante e lo spettro delle QW è poco intenso e molto largo. Nei campioni F ed FA, invece, si osserva chiaramente il segnale delle 3 QW. Nel campione F l'emissione del QW più vicino allo strato di Ge risulta molto meno intensa e con una larghezza maggiore rispetto agli altri due pozzi quantici dello stesso campione. Nel campione FA si osserva un'emissione del primo QW paragonabile a quella degli altri QW; inoltre le intensità di tutti i QW dell'FA sono maggiori rispetto al campione F. Questo fa propendere per un effetto molto positivo dello strato di GaAs per MEE.

Un'analisi più approfondita ha mostrato che le variazioni nei parametri del picco di emissione variano secondo una scala comparabile con la dimensione degli *antiphase domain* presenti sul campione. Questo risultato è stato ulteriormente confermato dalla correlazione delle energie di emissione: quando il segnale di un QW è elevato, lo sono anche quelle degli altri QW, e viceversa, suggerendo che la degradazione del segnale delle QW proviene da qualcosa di esterno a esse, e in particolare dal substrato di GaAs.

In conclusione possiamo assumere che la tecnica di crescita usata per il campione FA ha portato alla formazione di QW di buona qualità. Per il futuro sarebbe auspicabile limitare ulteriormente la formazione di *antiphase domain*, per migliorare l'omogeneità delle eterostrutture.