

NITRURI DILUITI

L'analisi della risposta ottica (Fotoriflettanza e Fotoluminescenza) di buche quantiche di $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_{1-y}\text{N}_y/\text{GaAs}$ ha permesso di correlare il red-shift della transizione fondamentale e la sua dipendenza dalla temperatura con il contenuto di azoto della matrice ospite. La riduzione del gap è stata spiegata sulla base del carattere fortemente localizzato della perturbazione del potenziale reticolare introdotta dagli atomi di azoto. In un approccio perturbativo, la perturbazione può essere ridotta fenomenologicamente all'interazione fra il livello di un atomo isolato di azoto e il minimo della banda di conduzione (CBM). Un più dettagliato e completo modello basato su considerazioni di rottura di simmetria, prevede un carattere fortemente localizzato della banda di conduzione e la comparsa di livelli associati a aggregati (clusters) di azoto, come pure un aumento della massa efficace dell'elettrone.

Il confronto dei dati sperimentali con l'andamento teorico ha permesso di determinare la intensità della interazione repulsiva (fra stati localizzati di azoto e il minimo della banda di conduzione) responsabile dello splitting della banda di conduzione del reticolo ospite e della conseguente riduzione del gap. L'analisi della forma di riga della transizione dovuta a buca pesante, eseguita in modo del tutto innovativo separando i contributi banda-banda e eccitonico, ha permesso di ottenere la prima evidenza sperimentale dell'aumento ($\approx 50\%$ per concentrazioni di azoto del 3%) dell'energia di legame dell'eccitone nelle buche quantiche contenenti azoto, in sostanziale accordo con le predizioni dei modelli teorici che indicano un significativo aumento della massa efficace dell'elettrone per concentrazioni di azoto di 1-3 %.

La grande riduzione della banda proibita e la deformazione della struttura della banda di conduzione osservata nei sistemi $(\text{In,Ga})(\text{As,N})$ rende questi semiconduttori di estremo interesse per le telecomunicazioni via fibra ottica, per le celle solari a più giunzioni, per i transistor bipolari a eterogiunzioni e per le applicazioni nel campo dei Terahertz. L'incorporazione di azoto nel GaAs (e nel GaP) offre nuove opportunità di realizzare leghe III-V con proprietà elettroniche prestabilite, in particolare dopo che si è scoperto che l'irraggiamento con idrogeno del GaAsN e GaPN permette di modificare le proprietà elettroniche di questi materiali (dopo la crescita) in modo pienamente reversibile. In tempi recenti è stata anche prodotta la prima evidenza sperimentale di come la riapertura del gap e la inversione dello strain nel GaAsN, indotti dall'irraggiamento con idrogeno, siano accompagnati da una significativa riduzione dell'indice di rifrazione nelle finestre spettrali a 1.31 e 1.55 micron di interesse per comunicazioni via fibre ottiche. Questo risultato apre la possibilità di ottenere l'ingegnerizzazione della banda proibita nel piano di crescita del GaAsN mediante irraggiamento selettivo con idrogeno di eterostrutture GaAsN/GaAs, confinando così contemporaneamente portatori e fotoni con un singolo processo.

Nell'immediato futuro questa possibilità, dovuta alla proprietà unica dell'idrogeno di modulare post-crescita il gap e le funzioni ottiche (in particolare l'indice di rifrazione), verrà verificata anche su punti quantici e guide d'onda realizzate presso altre unità di ricerca (Roma1, INFM-TASC). Verrà inoltre approfondito lo studio del ruolo dei diversi complessi N-H nel condizionare le proprietà elettroniche e strutturali del GaAsN idrogenato.