歪み補償を用いない多重積層量子ドットの結合状態

Wave-function coupling in multi stacked quantum dots without strain balancing

愛知工大 [1]， 産総研 [2]， ○五島敬史郎 [1],犬飼圭裕 [1],津田紀生 [1]，菅谷武芳 [2]
AIT[1]， AIST[2]， ○K. Goshima[1], K.Inukai[1], N. Tsuda[1], T. sugaya[2],
E－mail: ke- goshima@aitech.ac.jp

１． はじめに

自己組織化 InGaAs 量子ドットを用いたデバイス応用として、高効率太陽電池、高効率半導体レーザ、量子暗号通信等が考えられている。これらのデバイスを実現するためには、ドットを上下に重ねた構造を持つ積層化技術が重要である。積層化においては、上下ドット間に歪み補償技術を取り入れた方法では中間層は薄くできない。ドットの結合状態やトンネル効果などの量子効果を強く引き出すためには中間層の薄膜化が重要である。我々は中間層の薄い多重積層を実現する為に歪み補償を用いない方法で作成した [1)]。この多重積層ドットにおいて、時間分解 PL より結合状態における電子と正孔の波動関数の重なりについて調べたのでご報告する。

２． 実験

GaAs(001)基版を用い、InGaAs/GaAs 量子ドット積層構造を 10 層積層した。上下の量子ドット間距離は 15nm、7nm、3.5nm のサンプルを用いた。フォトルミネッセンス（PL）測定において、サンプルはクライオスタッドで 77K に冷却し、分光器を通して発光を観測した。なお励起光源は 780nm のパルスレーザを使用した。時間分解 PL 測定は、時間相関単一光子計数法（TCSPC）を用いた。

３． 結果及び考察

Fig.1,および Fig..2 は、ドット間距離 15nm,7nm,の発光寿命の PL スペクトル依存性を示したものである。この結果からドット間距離 15nm においては、発光寿命は PL スペクトルに大きく依存し、1.25eV において 17nsec を観測した。 一方ドット間距離 7nm においては、発光寿命が 5nsec 前後で PL スペクトルに依存しない傾向を示した。これらの結果より歪補償を用いていない積層ドットでは電子と正孔の波動関数の重なりが少なく、発光寿命の増大を招いていると考えられる。バリア層が薄くなると結合効果によって電子の波動関数が広がり正孔との波動関数の重なりが増大する。その結果、発光寿命の低減に寄与したと考えられる。

[1)]T. Sugaya, et.al, J. Vac. Sci. Technol. B, Vol. 28, No. 3, pp.C3C4-C3C8, 2010.

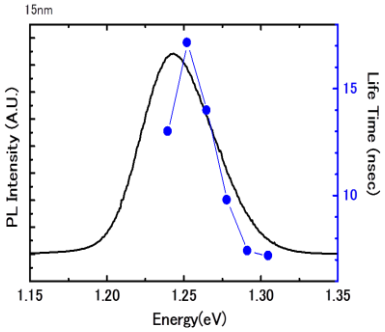

Fig.1. Carrier life time dependence on the PL spectrum (inter-dot spacing 15nm)

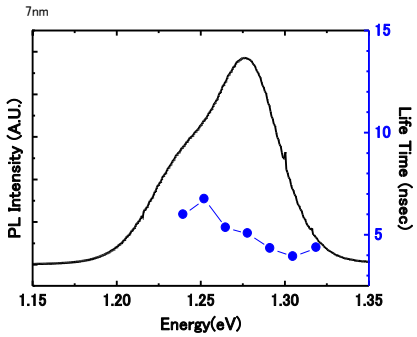

Fig.2. Carrier life time dependence on PL spectrum (inter-dot spacing 7nm)