

B 添加が Ge コア Si 量子ドットの PL 特性に及ぼす影響

Characterization of Photoluminescence of Si-QDs with B- δ Doped Ge Core

名大院工 ○前原 拓哉, 藤森 俊太郎, 池田 弥央, 大田 晃生, 牧原 克典, 宮崎 誠一

Nagoya Univ., ○Takuya Maehara, Shuntaro Fujimori, Mitsuhsa Ikeda, Akio Ohta, Katsunori Makihara, and Seiichi Miyazaki

E-mail: makihara@nuee.nagoya-u.ac.jp

序 > SiH₄ および GeH₄-LPCVD の反応初期過程を精密制御することにより自己組織化形成した Ge コア/Si シェル量子ドットからのフォトルミネッセンス(PL) は、Ge コアからの発光が支配的であり[1, 2]、Si シェルへの B のデルタドーピングが Ge コア内での発光再結合レートの増加に有効であることを報告した[3]。本研究では、Ge コア内への B デルタドーピングが PL 特性に及ぼす影響を評価した。

実験 > n-Si(100)基板を 1000 °C で酸化することにより 3.0 nm の SiO₂ 膜を形成し、希釈 HF 処理した後、pure SiH₄ ガスと H₂ 希釈 5%GeH₄ ガスの LPCVD により、Ge コア Si 量子ドットを自己組織化形成した。B 添加は Ge コア形成時に He 希釈 1%B₂H₆ ガスを複数回パルス導入(0.1 sec)して行った。その後、リモートプラズマ酸化により、ドット表面に~1nm の酸化膜を形成した。比較のため、真性 Ge コア Si 量子ドットも形成し、B デルタドーピングの有無に依らず Ge コア Si 量子ドットが面密度~2×10¹¹ cm⁻²(下地 Si ドット高さ~3.0 nm、Ge コア高さ~4.6 nm、Si キャップ高さ~3.0 nm)で形成されていることを確認している。試料の PL スペクトルは、半導体レーザー(波長:690nm、出力:138.9mWcm⁻²)を用いて室温で測定した。

結果および考察 > 真性および B 添加 Ge コア Si 量子ドットの室温 PL スペクトルを測定した結果(Fig. 1)、Ge コア内への B 添加の有無に依らず、0.60~0.85 eV にブロードな発光が認められ、B 添加により発光強度は増大した。また、真性ドットのスペクトルは Si クラッドの伝導帯の量子準位から Ge コアの価電子帯の量子準位への電子遷移に伴った発光成分(Comp. 1 :~0.658eV)と Ge コアの量子準位間の発光再結合に起因する 3 成分(Comp. 2 :~0.695eV, Comp. 3 :~0.737eV, Comp. 4 :~0.790eV)とで分離できる。一方、B 添加 Ge コアは、真性ドットの 4 成分と Comp. 5 (~0.635eV) で分離することができる。B 添加 Ge コアで観測された Comp. 5 は Si クラッドの伝導帯の量子準位(あるいは、Ge コアの伝導帯の第一量子準位)と B アクセプタ準位間の発光再結合として解釈できる。PL 積分強度を δ ドーピング回数に対してまとめた結果(Fig. 2)、PL 積分強度は、 δ ドーピング回数の増加に伴い増大するが、5 回 δ ドーピングした場合には、顕著な低下が認められた。Rh コート Si 探針を用いた表面電位計測において、接地電位の探針で表面走査した後では、真正ドットには明瞭な変化は認められないが、B- δ ドーピングを 1 回施した試料では、表面走査した領域が~18 mV 低下した。この結果は、Ge コア内の B アクセプタが活性化しており、正孔へ電子が注入されていることを示している。また、 δ ドーピング回数の増加に伴い Ge コア内への電位変化量は増大するものの、5 回 δ ドーピングした場合には、4 回に比べ顕著な変化は認められなかった。これらの結果から、PL 積分強度の減少は、B のクラスタリングに起因すると考えられる。

結論 > Ge コアへの B のデルタドーピングが、Ge コア内での発光再結合レートの増加に有効であることが分かった。

文献 > [1]Y. Darma et al., Nanotech. 14 (2003) 413. [2]K. Makihara et al., ECS Trans., 3 (2006) 257. [3]R. Nagai et al., Semicond. Sci. Technol. 33 (2018) 124021.

謝辞 > 本研究の一部は、科研費基盤研究(A)の支援を受けて行われた。

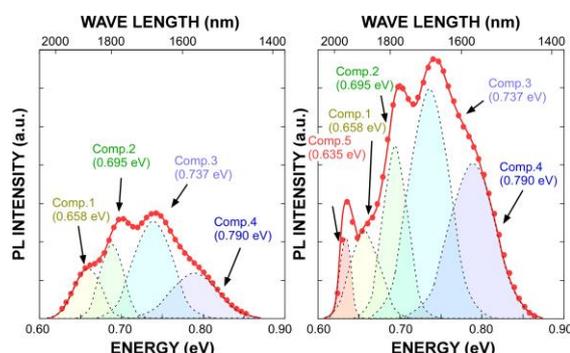


Fig. 1 Room temperature PL spectra of Si-QDs with (a) undoped and (b) B-doped Ge core (4 pulse) and their deconvoluted spectra.

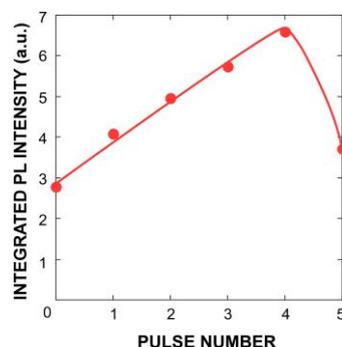


Fig. 2 Integrated PL intensity of Si-QDs with undoped and B-doped Ge core as a function of pulse number.