

B 添加が Ge コア Si 量子ドットの PL 特性に及ぼす影響

Effect of B-doping on Photoluminescence Properties of Si-QDs with Ge Core

名古屋大学 永井 僚, 藤森 俊太郎, 前原 拓哉, 池田 弥央, 大田 晃生,
牧原 克典, 宮崎 誠一

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

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

序 SiH₄ と GeH₄ の LPCVD において、反応初期過程を交互に精密制御することによって、Si 熱酸化膜上に Ge コア/Si シェル量子ドットが自己組織化形成でき[1]、このコア/シェル構造における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ることを明らかにした[2]。また、表面電位計測において、電子は Si シェルに、正孔は Ge コアに安定保持されることも明らかにしている[3]。本研究では、Si シェルへの B デルタドーピングが室温発光特性に及ぼす影響を評価した。

実験 Si(100)基板上に 1000°C で膜厚~2.9nm の SiO₂ 膜を形成し、希釈 HF 処理を施した後、pure SiH₄、10%H₂ 希釈 GeH₄ および 10%H₂ 希釈 SiH₄ ガスの LPCVD を段階的にを行い、下地 Si ドット形成、Ge コアおよび Si キャップの選択成長することで、Ge コア Si 量子ドットを自己組織化形成した。量子ドットへの B 添加には、SiH₄ CVD 中に He 希釈 1%B₂H₆ をパルス導入した (B デルタドーピング)。PL 測定は、検出器に冷却 InGaAs フォトダイオードを用い、励起光源は半導体レーザー(波長:976nm、出力:~1.3W/cm²)を使用した。

結果および考察 形成した試料の AFM 表面形状像から、B 添加の有無に依らず Ge コア Si 量子ドットが面密度 $2 \times 10^{11} \text{cm}^{-2}$ (平均 Ge コア高さ: ~3.3nm) で形成されていることを確認した。真性および B 添加 Ge コア Si 量子ドットの室温 PL スペクトルには、いずれも 0.62~0.86eV に Ge コアの量子準位間での電子-正孔再結合に起因した発光が認められた。PL 積分強度は、下地 Si ドットのみ B デルタドーピングした場合、真性ドットに比べ~2.2 倍に増大し、さらに下地 Si ドットと Si キャップ両方に B 添加した場合には、~3 倍に増大した(Fig. 1)。これらの結果は、Ge コア/Si シェル構造のエネルギーバンド構造が Type-II 型であることを考慮すると、下地 Si ドットおよび Si キャップに添加された B から供給された正孔が Ge コアの深いポテンシャル井戸に閉じ込められることで、Ge コアの正帯電と Si クラッドの負帯電が顕在化することに起因して、Si クラッド層で光生成した電子波の Ge コアへの染み込みが増大する結果、電子-正孔の再結合レートが向上したとして解釈できる(Fig. 2)。

結論 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] K. Makihara et al., Thin Solid Films 517 (2008) 306.

謝辞 本研究の一部は、科研費基盤研究(S)の支援を受けて行われた。

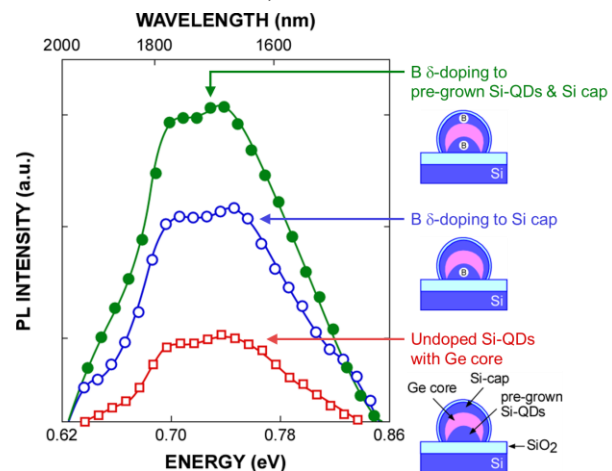


Fig. 1 Room temperature PL spectra from undoped and B-doped Si-QDs with Ge core.

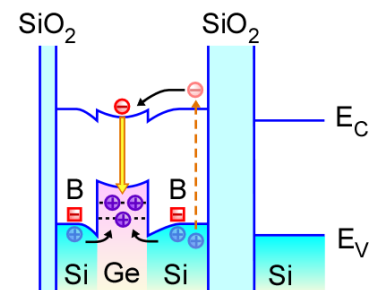


Fig. 2 Energy band diagram of B-doped Si-QDs with Ge core.