

低温水素アニール処理が Ge コア Si 量子ドットの PL 特性に及ぼす影響 Impact of Low Temperature H₂ Anneal on Photoluminescence Properties of Si Quantum Dots with Ge Core

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

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

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

序 SiO₂ 膜上に 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 シェル量子ドット構造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ることを報告した[1]。さらには、Ge コアへの B のデルタドーピングが、Ge コア内での発光効率の増加に有効であることを明らかにした[2]。本研究では、Ge コア/Si シェル量子ドット形成後の低温水素アニールが Ge コアからの発光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~3.0nm 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 量子ドットを高密度・一括形成した。その後、リモートプラズマ酸化により、ドット表面に~1.0nm の酸化膜を形成した。各工程における表面形状像測定から、下地 Si ドット高さは~3.0nm、Ge コア高さ~4.6nm、Si キャップ高さ~3.0 nm であり、面密度は~2×10¹¹ cm⁻²であることを確認している。Ge コア Si 量子ドット形成後、H₂ 雰囲気 350°C のアニール処理を行った。比較として N₂ 雰囲気中においても同様のアニール処理を行った。試料の PL スペクトルは、半導体レーザー(波長:976 nm、出力:1.3 W/cm²)を用いて室温で測定した。

結果および考察 Ge コア Si 量子ドットの室温 PL スペクトル測定では、0.60~0.85 eV にブロードな発光が認められ、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 : ~0.66 eV)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 : ~0.70 eV, Comp. 3 : ~0.74 eV, Comp. 4 : ~0.79 eV)で分離できる。350°C で H₂ アニールした場合、PL 強度の大幅な増大が認められ、アニール処理無しの場合と同じ成分(ピーク位置および半値幅)で分離できることが分かった(Fig. 1)。波形分離した各成分の PL 積分強度まとめた結果、Comp.1 に比べて Comp. 2~4 の増加率が顕著であった(Fig. 2)。尚、350°C の N₂ アニールでは PL スペクトルに顕著な変化は認められなかった。この結果は、Ge コア内部および Si クラッド/Ge コア界面の欠陥が、水素パッシベーションされることによって非発光再結合レートが減少し、発光効率が向上したとして解釈できる。

結論 Ge コア Si 量子ドット形成後の低温水素アニールが、Ge コア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] T. Maehara et al., Materials Science in Semiconductor Processing 119 (2020) 105215.

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。

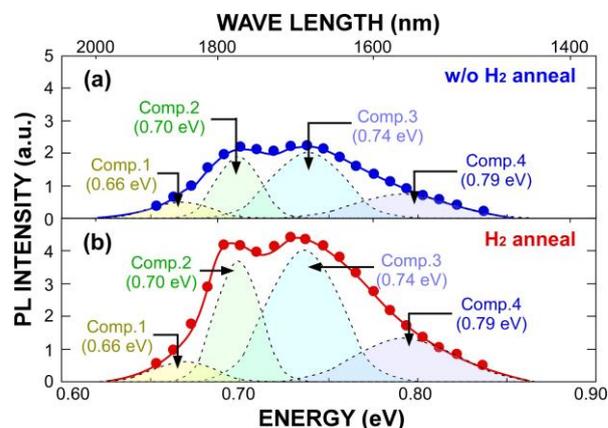


Fig. 1 Room temperature PL spectra of Si-QDs with Ge core before (a) and after (b) H₂ annealing.

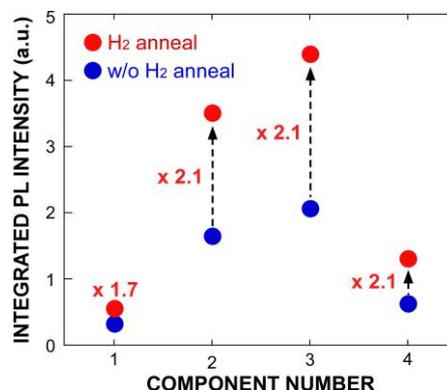


Fig. 2 Integrated PL intensities of each deconvoluted component. Red and blue points show the PL intensities after and before H₂ anneal, respectively.