

Ge コア Si 量子ドットにおける Ge コアサイズが PL 特性に及ぼす影響

Effect of Ge Core Size on Photoluminescence
from Si Quantum Dots with Ge Core

名大院工 °山田 健太郎, 近藤 圭悟, 池田 弥央, 牧原 克典, 宮崎 誠一

Nagoya Univ., °Kentarō Yamada, Keigo Kondo, Mitsuhiisa Ikeda, 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 コアを有する Si 量子ドットを自己組織化形成でき[1]、このコア/シェル構造からのフォトルミネッセンス (PL) においては、0.6~0.8eV のブロードなスペクトルが支配的であることを明らかにした[2]。本研究では、GeH₄-LPCVD の精密制御により Ge コアサイズの異なるコア/シェルドットを形成し、コアサイズが発光特性に及ぼす影響を評価した。

実験 p-Si (100) 基板の上に 850°C で膜厚~2nm の SiO₂ 膜を形成し、希釈 HF 処理後、SiH₄ ガスの LPCVD により Si 量子ドットを高密度(~10¹¹cm⁻²)一括形成した。その後、GeH₄ ガスの LPCVD により Si 量子ドット上に Ge を選択成長した。引き続き、SiH₄-LPCVD により、Ge を Si で被覆することで Ge コア/Si シェル量子ドットを形成した。その後、He 希釈 1%O₂ のリモートプラズマにより~2nm のラジカル酸化膜をドット表面に室温で形成した。尚、GeH₄-LPCVD において、堆積時間を変化させることで異なるサイズの Ge コアを形成した。PL 測定は、検出器に PbS フォトダイオード、励起光源に半導体レーザー(波長:979nm、出力:~15W/cm²)を用い室温で行った。

結果および考察 GeH₄-LPCVD 前後の AFM 表面形状像を測定した結果、堆積時間に依らずドットの面密度(~10¹¹cm⁻²)に変化が認められないことから、予め形成した Si 量子ドット上へ Ge が選択成長したことを確認できる。また、Ge 堆積後のドット高さは、Si 量子ドットに比べ、堆積時間 2.5 分および 3 分において、それぞれ~2nm および~6nm 増加した。Ge コア上に、Si キャップを形成した後に測定したコアサイズ~6nm のコア/シェルドットの PL スペクトルには、0.6~0.8eV にブロードなスペクトルが観測された。一方、コアサイズ~2nm のコア/シェルドットでは、コアサイズ~6nm の PL に比べ~80meV 高エネルギー側にシフトした PL スペクトルが観測された(Fig. 1)。しかしながら、発光強度に顕著な変化は認められないことから、Ge コア Si 量子ドットからの PL は、Ge コアの量子準位間の発光再結合であることを示し、Ge コアサイズの縮小による発光エネルギーのシフトは、界面組成ミキシングよりもサイズ効果による量子化エネルギーの増加として解釈できる。

結論 Ge コア Si 量子ドットからの PL は、Ge コアの量子準位間での電子-正孔再結合が支配的であり、Ge コアサイズの制御により発光波長の制御が可能であることが分かった。

文献 [1] Y. Darma et al., Nanotech. 14 (2003) 413. [2] K. Kondo et al., J. Appl. Phys. 119 (2016), in press.

謝辞 本研究の一部は、科研費基盤研究(S)および若手研究(A)の支援を受けて行われた。

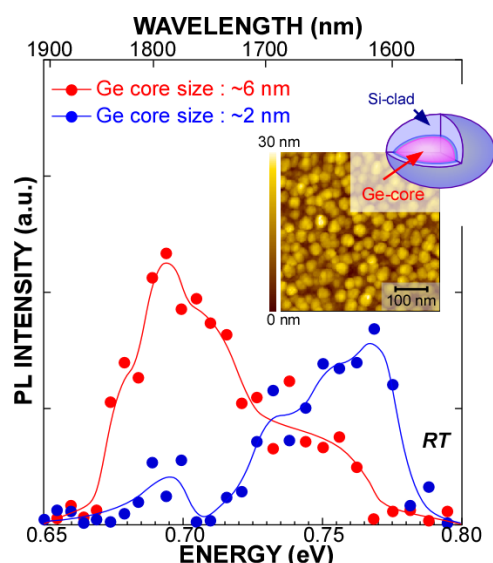


Fig. 1 PL spectra for Si-QDs with different sized Ge core. A typical AFM image of Si-QDs with ~2 nm Ge core and schematically illustration of this system shown in inset.