

Ge コア Si 量子ドットのフォトルミネッセンス特性評価

Characterization of Photoluminescence from Ge Core Si Quantum Dots

¹名大院工, ²広大院先端研 ^{○1}近藤 圭悟, ¹牧原 克典, ²池田 弥央, ¹宮崎 誠一¹Nagoya Univ., ²Hiroshima Univ., ^{○1}Keigo Kondo, ¹Katsunori Makihara,²Mitsuhsa Ikeda and ¹Seiichi Miyazaki

E-mail: kondou.keigo@b.mbox.nagoya-u.ac.jp

研究背景> 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、熱酸化膜上に Ge 核を有する Si 量子ドットが自己組織化形成し[1]、表面電位測定において、電子は Si クラッドに、正孔は Ge コアに安定保持されることを明らかにした[2]。本研究では、Ge コア Si 量子ドットのフォトルミネッセンス特性の評価を行った。

実験方法> n-Si(100)基板上に 1000°C で膜厚~4nm の SiO₂ 膜を形成し、希釈 HF 処理を施した後、pure SiH₄ ガスの LPCVD と 5%He 希釈 GeH₄ の LPCVD により、Ge コア Si 量子ドットを自己組織化形成した。Ge コア Si 量子ドット形成後、リモート He 希釈 1%O₂ プラズマにより~2nm のラジカル酸化膜をドット表面に形成した。フォトルミネッセンス測定は、波長領域 900~1300nm は光電子増倍管、1300~2200nm では PbS 検出器を用い、励起光源は半導体レーザー (波長:690nm、出力:9mW、および波長 979nm、出力 156mW) を使用した。

特色と独創的な点> Ge コア Si 量子ドットにおいて、光生成キャリアの空間分離を実験的に明らかにした。

研究成果>作成した試料の表面形状像 (Fig. 1) において、ドット (面密度: ~10¹¹cm⁻²、平均ドット高さ: ~8.0nm) の形成が認められる。各 LPCVD 後における表面形状像において、ドットの面密度に変化は認められず、第一段階目の SiH₄-LPCVD および

GeH₄-LPCVD を行った後では、個々のドット高さが~2nm 増大し、その後、SiH₄-LPCVD を行った結果、ドットサイズの増加が確認されたことから、Ge コア Si 量子ドットが高密度一括形成できていることが示唆される。形成した Ge コア Si 量子ドットの室温 PL 測定をした結果、~0.7eV にピークを持つ信号が認められた。一方、同条件で測定した c-Ge(100)基板は、ピーク波長~0.67eV のスペクトルが観測されたことから、Ge コア Si 量子ドットにおける PL は、Ge コアの量子準位間での発光再結合であることが示唆される (Fig. 2)。

また、波長領域 900~1300nm においては、Si クラッドからの発光に起因した PL 信号は認められなかった。試料を N₂ 雰囲気中で 700°C 熱処理 (5 分間) した結果、~0.7eV の PL 信号が消失し、~1.2eV 近傍に新たな PL 信号が認められた (Fig. 3)。

これは、熱処理により Ge コアと Si クラッドのミキシングが進行し、SiGe 量子ドットが形成された結果で説明できる。

参考文献>[1] Y. Darma et al., Nanotech. 14 (2003) 413. [2] K. Makihara et al., ECS Trans., 3 (2006) 257.

キーワード>量子ドット、スーパーアトム構造、フォトルミネッセンス、LPCVD

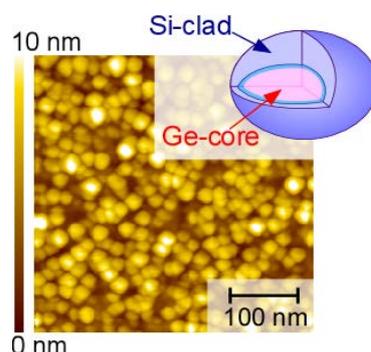


Fig. 1 Topographic image and schematically illustration of Ge core Si-QDs.

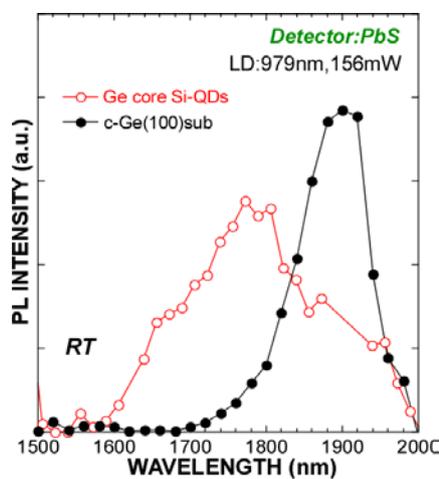


Fig. 2 PL spectra from Ge core Si-QDs at room temperature.

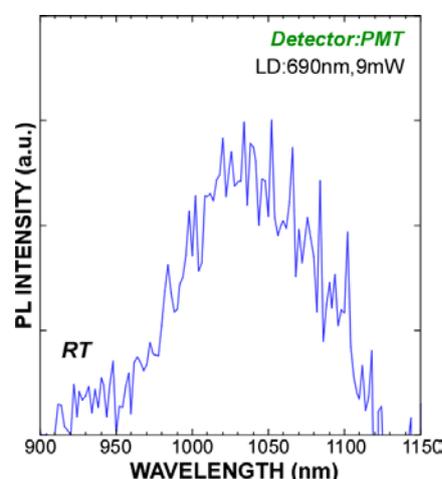


Fig. 3 PL spectra from SiGe-QDs at room temperature.