

Ge/Si 量子ドット上への Si 選択成長と室温 PL 特性

Selective Growth of Si on Ge/Si-QDs and Their Photoluminescence Properties

名大院工 ○藤森 俊太郎, 山田 健太郎, 永井 僚, 池田 弥央, 牧原 克典, 宮崎 誠一

Nagoya Univ., °Shuntaro Fujimori, Kentaro Yamada, Ryo Nagai, Mitsuhsa Ikeda,

Katsunori Makihara and Seiichi Miyazaki

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

序＞これまでに、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で Si 熱酸化膜上に Ge コア/Si シェル量子ドットを自己組織化形成することができ[1]、この量子ドットからのフォトルミネセンス(PL)においては、Ge コアの量子準位を介した発光が支配的であることを明らかにした[2]。本研究では SiH₄-LPCVD を用いた Ge/Si-QDs 上への Si キャップ選択成長時の H₂ 希釈が Ge コア Si 量子ドットの PL 特性へ及ぼす影響を調べた。

実験方法＞p-Si(100)基板上に 1000°C で膜厚~15nm の熱酸化膜を形成し、希釈 HF 処理を施した後、pure SiH₄ の LPCVD により Si 量子ドットを高密度・一括形成した。引き続き、10%H₂ 希釈 GeH₄ の LPCVD により Si 量子ドット上に Ge を選択的に成長した。その後、SiH₄ 分圧を一定として pure SiH₄ (@4.5Pa)および H₂ 希釈 SiH₄ (SiH₄:H₂=1:9@45Pa)を用いて、Ge/Si-QDs 上に Si を選択成長した。PL 測定は InGaAs 検出器を用い、励起光源は半導体レーザー(波長:976nm、出力:1.3W/cm²)を用いて室温で行った。

結果および考察＞各プロセス後の表面形状測定から算出した下地 Si 量子ドットの平均高さは~5nm であり、GeH₄-LPCVD 後においては、ドット面密度(~2×10¹¹cm⁻²)に顕著な変化は認められず、ドット高さは~10nm に増大することから、~5nm の Ge が選択成長していることが分かる。その後、再度 SiH₄-LPCVD を行った後においても、ドット面密度に変化は認められず、H₂ 希釈の有無に関わらずドット高さが~3nm 増大することから Ge/Si-QDs 上に Si が選択成長していることが確認できる。形成した試料の室温 PL を測定した結果、Ge/Si-QDs では 0.65~0.85eV にブロードな発光が認められるものの、pure SiH₄-LPCVD を用いて Ge/Si-QDs 上に Si を選択成長した後では、PL 強度が大幅に減少した。これは、選択成長した Si と Ge/Si-QDs の界面に、非発光再結合中心となる欠陥が形成された結果であると解釈できる。一方、H₂ 希釈 SiH₄-LPCVD により選択成長した Si/Ge/Si-QDs では、Si 選択成長前と同程度の PL 強度が認められた。これは、Si 選択成長時の H₂ 希釈によりドット表面の H₂ 被覆率が増加したことに起因して、Si と Ge/Si-QDs の界面欠陥が抑制された結果であると考えられる。

結論＞Ge/Si-QDs 上への Si 選択成長時の H₂ 希釈が、Si と Ge/Si-QDs の界面における欠陥形成の抑制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. Kondo et al., J. Appl. Phys. 119 (2016) 033103.

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。

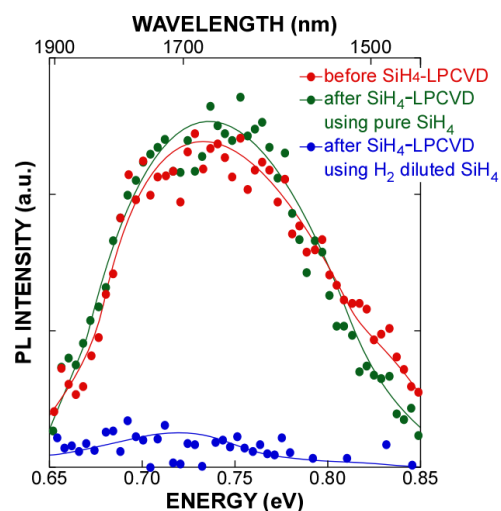


Fig. 1 PL spectra of Ge/Si-QDs taken before and after Si-selective deposition by using pure SiH₄ and H₂ diluted SiH₄.