

Ge コア Si 量子ドットにおける Ge 選択成長温度が発光特性に及ぼす影響 Impact of Ge Selective-Growth Temperature on Luminescence Properties of Si Quantum Dots with Ge Core

名大院工 ○藤森 俊太郎, 前原 拓哉, 今井 友貴, 池田 弥央, 牧原 克典, 宮崎 誠一
Nagoya Univ., °Shuntaro Fujimori, Maehara Takuya, Imai Yuuki, Mitsuhisa Ikeda,
Katsunori Makihara and Seiichi Miyazaki
E-mail: makihara@nuee.nagoya-u.ac.jp

序>SiH₄ と GeH₄ の LPCVD において、Si 熱酸化膜上に形成した Si 量子ドットの上に Ge を選択成長し、Si キャップで Ge を選択的に覆うことによって、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/シェル構造の光励起では、Ge コアの量子準位を介した発光(PL)が支配的であることを明らかにした[2]。さらに、Si キャップ形成における H₂ 希釈が、発光強度の増大に有効であることを報告した[3]。本研究では、Ge コア Si 量子ドットにおける Ge の選択成長温度が PL 特性へ及ぼす影響を調べた。

実験方法>n-Si(100)基板上に 1000 °C で膜厚~3 nm の酸化膜を形成し、希釈 HF 処理を施した後、pure-SiH₄ を用いた LPCVD により Si 量子ドットを 600 °C で高密度・一括形成した。続いて、H₂ 希釈 5%GeH₄ の LPCVD により Si 量子ドット上に Ge を選択的に成長した。このとき、基板温度は 450 °C および 500 °C とし、ドット平均高さが~6-7 nm となるように成長時間を制御した。その後、H₂ 希釈 5%SiH₄ の LPCVD を用いた選択成長により、580 °C で Ge を Si で被覆することで Ge コア Si 量子ドットを形成した。なお、各形成段階における AFM 表面形状像測定により Ge コア Si 量子ドットが面密度~10¹¹ cm⁻² で形成されていることを確認している。PL 測定は、検出器に冷却 InGaAs、励起光源に半導体レーザー(波長:976 nm、出力:138 mW/cm²)を用いて室温で評価した。

結果および考察>形成した試料の室温 PL を測定した結果、Ge コアの成長温度に依らず、波長 1700nm 付近に Ge コア中の量子化準位を介したブロード発光が認められる(Fig. 1)が、450 °C で Ge を選択成長した場合の発光強度は、500 °C で成長した Ge コア Si 量子ドットに比べ、約 1 桁高い。各々の試料のラマン散乱スペクトルを測定した結果、500 °C で Ge コアを形成した場合には、僅かながら 390 cm⁻¹ 付近に Si-Ge に起因するピークが認められ、450 °C の Ge コアでは殆ど認められなかった(Fig. 2)。これらの結果は、Ge を低温で選択成長することで、下地 Si 量子ドットと Ge コア界面のミキシングが抑制され、極めて組成急峻且つ低欠陥密度な界面が得られたことで、Ge コア中での発光再結合レートが増大したとして解釈できる。

結論>Ge コアを低温選択成長することが、Ge コア Si 量子ドットにおける発光再結合の促進に極めて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. [3] S. Fujimori et al., Jpn. J. Appl. Phys.58 (2019) S11A01.

謝辞>本研究の一部は、科研費基盤研究(A)19H00762 の支援を受けて行われた。

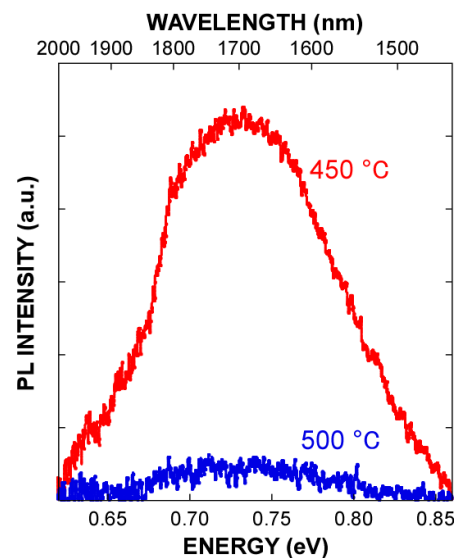


Fig. 1 Room Temperature PL spectra of Si-QDs with Ge core. Ge core deposition temperatures were 450 and 500 °C.

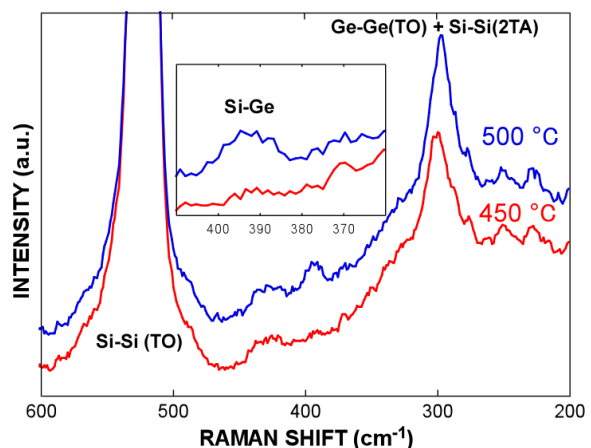


Fig. 2 Raman scattering spectra of Si-QDs with Ge core. Ge core was deposited at 450 and 500 °C.