

Ge 量子ドット/Si 界面への P デルタドーピングが発光特性とドット形成に与える影響

Influences of P delta-doping at Ge quantum dots / Si interface on photoluminescence properties and dot formation

○渡邊 幸樹、徐 学俊、澤野 憲太郎、丸泉 琢也 (都市大総研)

○Koki Watanabe, Xu Xuejun, Kentarou Sawano, Takuya Maruizumi (Tokyo City Univ.)

E-mail:sawano@tcu.ac.jp

【はじめに】近年、集積回路内での光配線の実現に向けてシリコンフォトニクスへの期待が高まっており、Si 上の発光デバイスの開発が求められている。しかし Si 自体は発光しにくいという特性を持っており、Si 基板上 Ge 量子ドットが発光体としてこれまで研究されてきている。Ge 量子ドットにおいて、正孔の閉じ込め効果が強い反面、電子の閉じ込め効果は弱く、室温での発光効率低下の要因となる。そこで Si と Ge 量子ドットの界面に P のドーピングを行うことで、電子の閉じ込め効果を向上させ、発光強度の変化を調べた。

【実験】作製した試料構造を Fig.1 に示す。SOI 基板上に固体ソース分子線エピタキシー (MBE) を用いて、Si バッファ層を 600°C で成長後に、Ge 量子ドット層を 600°C で 12 ML 成長し、その上に P のデルタドーピングを $0 \sim 5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ の濃度で行った。P は表面偏析が強いので、その後基板温度を 500°C に下げ、Si spacer 層を 30 nm 成長させ、再び 600°C に昇温してから、2 層目の Ge ドットを成長した。以上の工程を繰り返し、3 層の Ge ドット積層構造を形成した。試料作製後、PL により発光特性評価を行った。また、Si キャップのない試料も作製し、AFM 評価を行った。

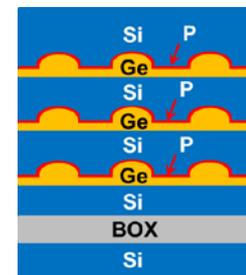


Fig.1 Ge QDs with P δ -doping.

【結果と考察】各ドーピング濃度の試料の室温 PL スペクトルを Fig.2 に示す。これより、発光のピーク位置はほぼ通信波長領域の 1500 nm 周辺に得られている。発光強度のドーピング濃度依存性を Fig.3 に示す。ドーピング濃度 $2.5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ の試料でドーピングなしの試料の約 2 倍の発光強度が得られた。P をドーピングしたことによって電子の閉じ込め効果により発光強度が改善されたと言える。一方濃度がさらに増えると発光強度が減少していることが分かる。AFM による表面形状評価により、ドーピングした P 原子の影響で Ge ドットのサイズ、密度が影響を受けることが分かり、発光に影響を与えていることが示唆される。以上の結果より、最適な濃度で P ドーピングを施すことで、Ge 量子ドットからの発光強度を増大させ、より高効率な発光デバイスへとつながる可能性があることが示された。本研究の一部は文科省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業、科学研究費補助金の支援を受けて行われた。

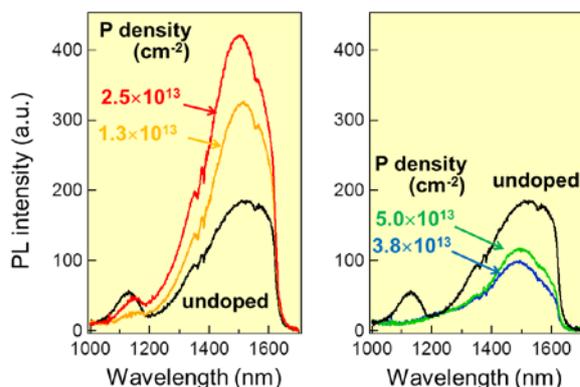


Fig.2 PL spectra at room temperature for Ge QDs samples with various P doping densities.

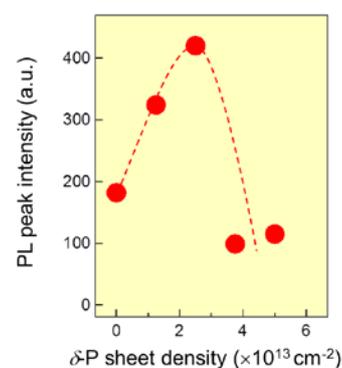


Fig.3 PL peak intensity as a function of P doping densities.