

## Dot-on-dot Ge ナノドットにおける多層化が歪および光学特性に及ぼす影響 Multilayering Effects to Strain and Optical Properties of Dot-on-dot Ge Nanodots

○伊藤 佑太<sup>1</sup>、横川 凌<sup>2,3,4</sup>、Wen W.-C.<sup>5</sup>、山本 裕司<sup>5</sup>、前田 唯葉<sup>1</sup>、小椋 厚志<sup>1,2</sup>

(1. 明治大理工、2. 明大 MREL、3. 広島大 RISE、4. 広島大院先進理工、5. IHP)

○Y. Ito<sup>1</sup>, R. Yokogawa<sup>2,3,4</sup>, W.-C. Wen<sup>5</sup>, Y. Yamamoto<sup>5</sup>, Y. Maeda<sup>1</sup>, and A. Ogura<sup>1,2</sup>

(1. Sch. of Sci. and Tech., Meiji Univ., 2. MREL, 3. RISE, Hiroshima Univ.,

4. Grad. Sch. of Adv. Sci. and Eng., Hiroshima Univ., 5. IHP - Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik)

E-mail: yuta\_ito@meiji.ac.jp

**【序論】**IV族材料によるナノドットは従来のSiプロセスとの高い親和性を有することから On chip、Chip 内光デバイスへの応用が期待される。これらIV族材料による低次元光デバイスの運用にはナノドットの3次元積層による密度向上が不可欠である。自己組織化成長によるナノドット形成は多層化が容易であり、表面形状やプロセス温度による積層配列やサイズの制御が可能である。その中でも Wen らは自己組織化成長法を用い、SiGe スペーサ表面の残留歪と表面形状のバランスを制御することで Dot-on-dot Ge ナノドット[1]、Bi-layer staggered Ge ナノドット[2]の作製に成功している。これらナノドットの歪量は SiGe スペーサの組成により制御される。一方、多層化に伴い、上下 SiGe スペーサより Ge ナノドットに導入される歪量、さらには光学特性の関係については未だ不明確である。以上を鑑み、本研究では歪評価に強力な手法であるラマン分光法および光学特性評価に PL 分光法を用い、露出ナノドット、埋め込みナノドットの比較を行うことで、多層化がナノドットの発光特性に与える影響について調査した。

**【実験方法】** Si<sub>0.4</sub>Ge<sub>0.6</sub> 仮想基板の上に減圧化学気相成長法により作製され、最表面が Ge ナノドット、SiGe スペーサで終了している Dot-on-dot Ge ナノドット[1] ( $\{\text{Ge nanodot/Si}_{0.48}\text{Ge}_{0.52}\text{ spacer}\} \times 20$  層)の計 2 試料を用意し、ラマンおよび低温 PL 分光測定を実施した。ラマン分光法は DPSS (Diode Pumped Solid State) レーザ(波長: 532 nm、出力: 1 mW、スポット径: 1  $\mu\text{m}$ )照射、波数分解能 0.1  $\text{cm}^{-1}$  の条件の下、測定を行った。PL 法はステージ温度 4 K 下にて DPSS レーザ(波長: 532 nm、出力: 115 mW)を照射し、約 0.9-2.2  $\mu\text{m}$  に感度を持つ Extended InGaAs diode array により検出した。

**【結果・考察】** Figure 1 に最表面がドットで終了している Dot-on-dot Ge ナノドットのラマンスペクトルを示す。302.5  $\text{cm}^{-1}$  付近に露出した Ge ナノドットを由来とする Ge-Ge mode、306.1  $\text{cm}^{-1}$  付近に埋め込み Ge ナノドットを由来とする Ge-Ge mode が確認された。ドットの埋め込みに伴い Ge ナノドットには下部 SiGe 層に加え、上部 SiGe 層からより強い圧縮歪の導入されており、露出したナノドットと埋め込まれたナノドットには歪量に大きな差があることを示唆する。さらに、Fig. 2 より最表面を Ge ナノドットとする PL スペクトルに比べ、最表面を SiGe スペーサとする Ge ナノドットではピークトップの低エネルギー側へのシフトに加え、欠陥準位が起源と考えられる低エネルギー側へ続くブロードな発光が確認された。以上より、Ge ナノドット多層化においては上部の SiGe 層の存在により強い圧縮歪が加わり、その結果、赤方への発光スペクトルのシフトおよび欠陥形成の誘発が示唆された。

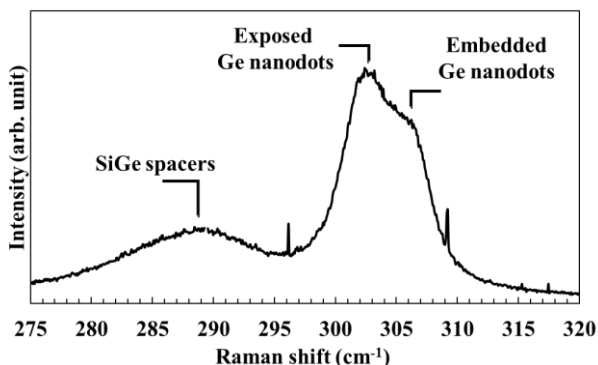


Fig. 1 Raman spectrum of the dot-on-dot Ge nanodots (surface: Ge nanodot) excited by DPSS laser.

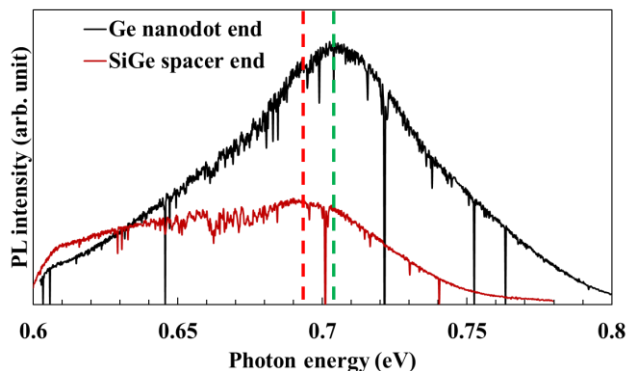


Fig. 2 PL spectra measured at 4 K of the dot-on-dot Ge nanodots (surface: Ge nanodot and SiGe spacer).

**【参考文献】** [1] W.-C. Wen *et al.*, ECS J. Solid. State Sci. Technol. **12**, 055001 (2023).

[2] W.-C. Wen *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **62**, SC1057 (2023).