

高密度 InGaAsN/GaP 量子ドットの多積層化における中間層厚さの影響

Effect of spacer layer thickness in multiple stack high density InGaAsN/GaP quantum dots

豊橋技科大工¹, EIIRIS², 浦上 法之¹, 伊藤 宏成¹, 関口 寛人¹, 岡田 浩^{2,1}, 若原 昭浩¹Toyohashi Tech.¹, Toyohashi Tech. EIIRIS², N. Urakami¹, H. Ito¹, H. Sekiguchi¹, H. Okada^{2,1}, A. Wakahara¹

E-mail: urakami-n@int.ee.tut.ac.jp

InGaAsN/GaP 量子ドット(QD)構造は、格子不整合転位の導入なしに Si 上へ直接成長可能であり、[1,2]、レーザなどの高効率発光デバイスの活性層材料への応用が期待できる。QD 構造は、多積層化による単位体積当たりの密度を増加することにより、素子性能の向上が期待できる。しかし、実験的に得られている GaP/Si ヘテロ接合の臨界膜厚が 50~70nm であるため[3,4]、積層数を増加する場合、GaP 中間層厚を薄くする必要がある。そこで本報告では、自己形成 InGaAsN/GaP QD 構造の多積層化に向けて、GaP 中間層厚さの影響について検討した。

全ての試料は、N 源にプラズマセルを備えた固体源分子線エピタキシー装置により作製した。半絶縁性 GaP(001)基板上に GaP 緩衝層を成長後、成長速度を 0.3ML/sec として自己形成 In_{0.4}Ga_{0.6}AsN/GaP QD を Stranski-Krastanov 成長様式により 1.8ML 成長した。成長温度および等価分子線圧力比 $BEP_{As_2}/BEP_{(In+Ga)}$ は、それぞれ 460°C および 20 とした。N プラズマセル供給電力および N 流量は、それぞれ 180W および 0.1sccm とした。作製した試料の表面形状は原子間力顕微鏡(AFM)、発光スペクトルはフォトルミネッセンス(PL)により評価した。

図 1 に、InGaAsN/GaP QD 成長表面の AFM 像および、QD の高さ分布を示す。合体したドットも観測されるが、多くは高さの均一性が高いドットが成長できている。面内密度は $4.08 \times 10^{11} \text{cm}^{-2}$ が得られ、単層の InAs 系 QD と比較して高密度であった。図 2 に、2 層積層した InGaAsN/GaP QD の PL スペクトルの GaP 中間層厚依存性を示す。すべての試料において、単層のものと比較して発光強度は 1.5~1.7 倍程度増加している。中間層が薄くなるとミニバンドが形成されることにより、ピークエネルギーは低エネルギー側に偏移することが報告されているが[5]、本実験ではすべての試料において、そのような傾向は観測されていない。図 1 より、ドットの平均高さはおよそ 2.5nm と比較的微小であるため、中間層厚が 5nm 以上の場合でもそれぞれの QD は分離されていると予想される。以上より、InGaAsN/GaP QD の多積層化において、GaP 中間層厚を 5nm まで薄膜化しても単に発光強度のみを増加できることが分かった。

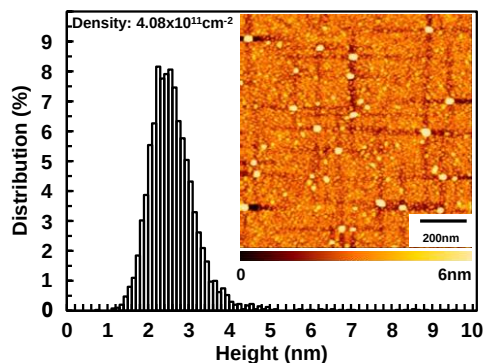


図 1 InGaAsN/GaP QDs の表面 AFM 像および高さ分布

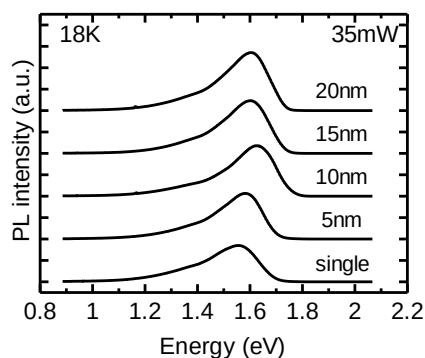


図 2 PL スペクトルの中間層厚依存性

- [1] K. Umeno, N. Urakami, et al., Physica E **42** (2010) 2772. [2] F. Fukami, N. Urakami, et al., Phys. Stat. sol. C **8** (2011) 322.
 [3] Y. Takagi, et al., J. Appl. Phys. **107** (2010) 053506. [4] K. Volz, et al., J. Cryst. Growth. **315** (2011) 37.
 [5] L. Bouzaïene, et al., Appl. Phys. A **79** (2004) 587.