

InPナノワイヤ量子ドットの熱アニールによる直径微細化と発光特性 Miniaturization of InP/InAsP/InP nanowire quantum dots by thermal etching and their optical properties

○赤松 知弥¹, 佐々木 正尋¹, 富岡 克広¹, 本久 順一¹

北海道大学大学院情報科学研究科および量子集積エレクトロニクス研究センター¹

Graduate School of IST and RCIQE, Hokkaido Univ.¹

○Tomoya Akamatsu¹, Masahiro Sasaki¹, Katsuhiko Tomioka¹, Junichi Motohisa¹

E-mail: akamatsu@rciqe.hokudai.ac.jp

[はじめに] InP/InAsP/InP 縦ヘテロ構造からなる InP ナノワイヤ量子ドット(NW-QD)は、量子暗号通信用の単一光子源として期待されている。これまでに、我々は InAsP 量子構造による単一光子放出[1]と、As/P 組成比の変調による発光波長の長波長化[2]を実証してきた。これらの特徴をデバイスに応用するためにはさらに強い量子閉じ込め効果が必要であり、そのためにも NW 直径の微細化が重要となる。本研究では、熱アニールエッチング法[3]による InP NW 径の微細化[4]についてさらに検討し、頂上部直径 20 nm の InP NW を用いた InP/InAsP/InP NW-QD を作製して発光特性を評価したので報告する。

[実験方法] InP(111)A 基板表面にプラズマ CVD によって SiO₂ 膜を 15 nm 堆積させ、電子線リソグラフィとドライ・ウェットエッチングによって周期的開口部を作製し、有機金属気相(MOVPE)選択成長法によって NW 成長を行った。660°C で InP を 15 分成長した後、600°C、P 原料供給下で 5 分アニールを行った。その後 580°C で InAsP 層を 3 秒成長した後、580°C で InP を 2 分、660°C で InP を 10 分成長し、キャッピング層とした。また、フォトルミネセンス(PL)測定は 4.2K で行った。

[結果] 熱アニールエッチング後の InP NW と成長後の InP/InAsP/InP NW-QD の SEM 像を Fig.1 (a),(b)に示す。Fig.1(a)から、熱アニールエッチングによって、NW 径が 20 nm 以下に微細化されたことがわかる。NW-QD では、Fig.1 (a)の構造に加えて InP キャッピング層を低温成長するため、横方向成長が促進され Fig. 1(b)のようになる。作製した NW-QD の低温 PL スペクトルおよび発光強度の励起光強度依存性を Fig. 2 に示す。0.81 eV 付近に 2 本の急峻なピークが観測された。この発光強度の励起光強度依存性から、2 本のピークは QD 中の励起子(X)と励起子分子(XX)に由来する発光であると考えられる。半値幅はそれぞれ 370 μeV, 420 μeV であり、従来の半分以下となった。これは横方向の閉じ込め効果が強まり、スペクトル拡散の影響が小さくなったためと考えられる。また、1.0-1.2 eV 付近のブロードなピークは、熱アニールエッチング後の NW 側面に生じたステップ上に形成された InAsP 層に由来すると考えられる。

[参考文献] [1] S. Yanase *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **56** (2017) 04CP04.

[2] M. Sasaki *et al.*, The 24th Congress of the International Commission for Optics (ICO-24) (2017).

[3] B. Loitsch *et al.*, Advanced Materials. **27.13** (2015) 2195-2202.

[4] M. Sasaki *et al.*, 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会 (2018).

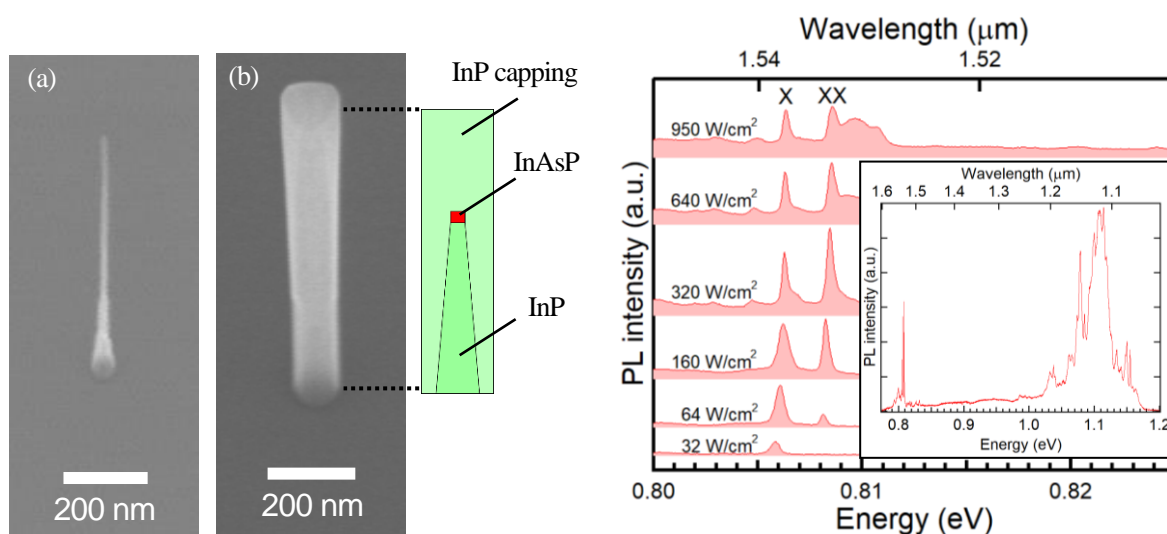


Fig. 1. SEM images of (a) thermally etched InP NW and (b) InP/InAsP/InP NW-QD and its schematic cross-section.

Fig. 2. Excitation power dependence of PL emission from InP/InAsP/InP NW-QD. Inset shows wide-range PL spectra.