

Si(111)基板上への高密度 InAs 量子ナノワイヤの MBE 成長

High-Density InAs Quantum Nanowires on Si(111) Substrates by MBE

電気通信大学 基盤理工学専攻 ○(M1) 中川竜輔, (B) 渡部陸太, 宮下直也, 山口浩一

Univ. Electro-Comm.

○R. Nakagawa, R. Watanabe, N. Miyashita, K. Yamaguchi

E-mail: n2233065@edu.cc.uec.ac.jp

【はじめに】半導体ナノワイヤ(NW)は、エネルギー変換デバイスやセンサ、メモリ、トランジスタなどの光電子デバイスへの応用が期待されている。デバイス応用では、NW のサイズ制御、高密度化、縦型ヘテロ構造、コアシェル構造[1]、配列制御などの作製技術の開発が重要である。本研究では、Si(111)基板上への InAs NW の MBE 成長において、NW 以外の粒状堆積物を抑制した高密度 ($1\text{--}2 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$) の InAs NW 構造の作製手法を開発した。さらに、量子サイズ効果を有する高密度の InAs 量子 NW(QNW)構造の形成とその発光特性についても報告する。

【実験】Si(111)基板表面をフッ酸処理した後、 300°C で 10 分間の大気中での熱処理を行った後、MBE 装置に搬入した。 650°C で 20 分間の熱処理後、Ga 液滴により Si 基板表面にピンホールを形成した。その後、In と As の同時照射による InAs NW の成長を 450°C で行った。NW の PL 測定では、半導体レーザ (980 nm, 200 mW) の励起光源と PbS 光検出器を用いた。

【結果・考察】Si 表面酸化膜への pinhole 形成時に RHEED 観察用の電子線照射を行うと、InAs NW 以外の粒状堆積物が増加し、NW 密度が低下することが分かった。Fig. 1 には電子線照射を行わずに作製した InAs NW の SEM 像を示す。粒状堆積物の形成は抑制され、NW 密度は電子線照射を行った場合に比べ約 2 桁増加し、 $1.9 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ の高密度 NW が形成された。これは電子線照射による Si 酸化膜の還元が抑制されたことによるものと考えられる。Fig. 2 には、InAs NW 幅と 4 K での PL ピークエネルギーの関係を示す。NW の高密度成長では InAs の Bohr 半径(38 nm)よりも細い量子細線構造となり、InAs (wurtzite)のバルクのバンドギャップエネルギー(0.47eV)よりも高いエネルギーの発光が確認され、NW サイズの減少と共にブルーシフトすることが確認された。

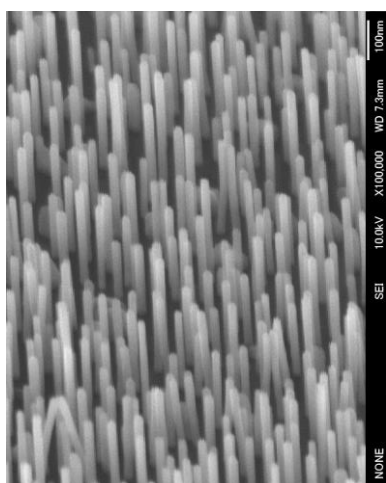


Fig.1. FE-SEM image of high-density InAs QNWs on Si(111).

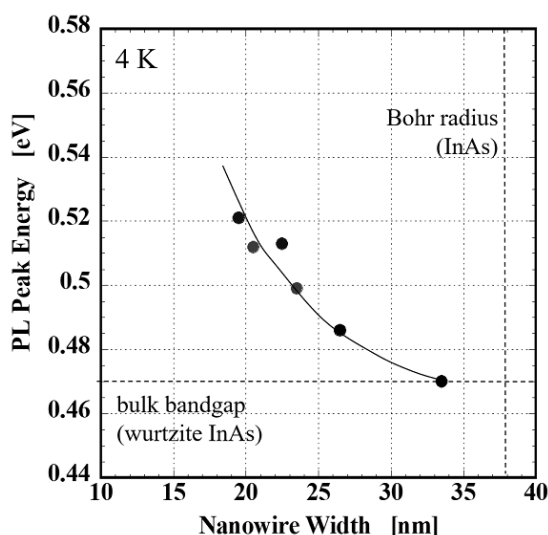


Fig.2. Relationship between PL peak energy (4 K) and InAs nanowire width. Dotted lines show Bohr radius for InAs and bulk bandgap energy of wurtzite InAs.

参考文献 [1] 柿澤, 田中, 山口, 第 67 回応用物理学会春季学術講演会(2020)13p-PA5-5.