

最外殻に自然酸化膜 AlGaOx を持つ GaAs/AlGaAs コアマルチシェル型ナノワイヤの特性 Characteristics of GaAs / AlGaAs core multi-shell nanowire having native oxide AlGaOx outermost shell

愛媛大学¹, 堤 陸朗¹, 津田 眞¹, 石川 史太郎¹

Ehime Univ.¹, Rikuo Tsutsumi¹, Naoki Tsuda², Fumitaro Ishikawa³

E-mail: g845015y@mails.cc.ehime-u.ac.jp

【はじめに】酸化物と半導体を組み合わせた材料は、MOS(Metal-Oxide-Semiconductor)デバイスに見られるように、個々の材料では達成できない優れた機能を発揮することが期待できる。これまで本研究では、Si 基板上に成長させた GaAs/AlGaAs コアシェル型ナノワイヤの選択酸化により、酸化物ヘテロ構造ナノワイヤを作製した。[1] [2] 試料の水蒸気酸化は内部構造への損傷が大きく、酸化前に比べ光学的性質を減少させる可能性がある。また、表面積の大きな GaAs ナノワイヤから高い発光強度を得るためには、表面パッシベーションによる表面非発光再結合の抑制が必要である。これらの背景のもと本研究では、ナノワイヤ最外殻に高 Al 濃度 AlGaAs 層を形成し、大気に曝露した際発生する自然酸化による AlGaOx シェル形成を試みた。[3]

【実験・結果】作製したナノワイヤは、MBE 装置を用いて Si (1 1 1) 基板上に Ga を自己触媒として VLS 成長させた。Ga のフラックスは、成長を通して GaAs (0 0 1) 基板上に GaAs が 1ML/sec で成長する値に設定した。まず GaAs コアを 15 分成長させ、10 分間成長中断することで触媒 Ga を結晶化させた。次に同径方向へ GaAs/Al_{0.3}Ga_{0.7}As/GaAs/Al_{0.9}Ga_{0.1}As 層を成長させ、コアマルチシェル構造を形成した。内側からコア、バリアおよびパッシベーション層、キャップ層、最外殻の高 Al 濃度 AlGaAs 層となっている。その後、数日間大気中に試料を曝し、最外殻を自然酸化膜 AlGaOx に変質させた。Fig.1 (a) に試料の走査型電子顕微鏡(SEM)像を示す。ナノワイヤ先端の形状が六角錐のことが多いことが確認された。また、ワイヤは基板に対し垂直方向に成長しており、長さは不均一で、長いもので 2 μm 程度であった。これは、ナノワイヤ成長開始時期に依存していると考えられる。Fig. 1 (b) にナノワイヤ断面、頂点付近の走査透過型電子顕微鏡(STEM)像を示す。GaAs コア及び多層構造領域界面でも結晶欠陥は見られなかった。パッシベーション層の多層構造は成長中の基板回転の影響、あるいは Al セルのフラックスの変動によるものと考えられる。これより、構想通りの良好な層構造形成が確認できた。

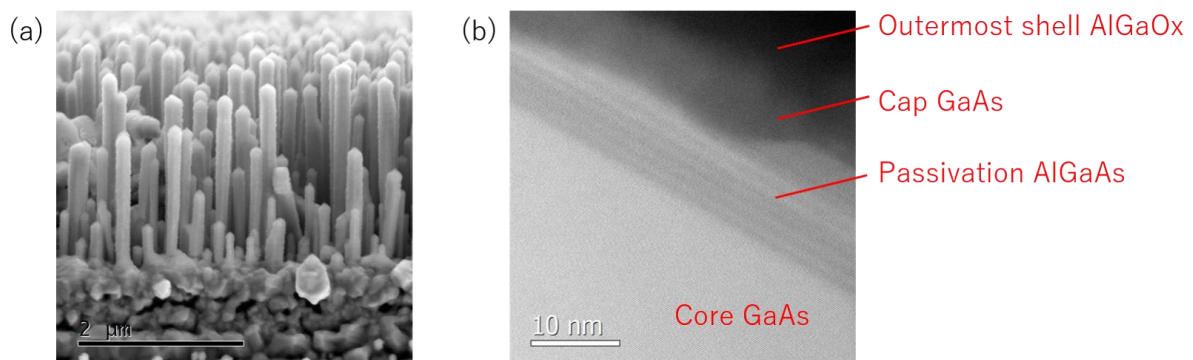


Fig.1 (a) Cross-sectional SEM observation of NWs and (b) HAADF-STEM observation

[1] H. Hibi, M. Yamaguchi, N. Yamamoto, and F. Ishikawa, Nano Lett. 14, 7024 (2014).

[2] Ed. F. Ishikawa and I. Buyanova, Novel Compound Semiconductor Nanowires: Materials, Devices and Applications, Pan Stanford Publishing (2017).

[3] D. L. Huffaker, D. G. Deppe, and K. Kumar, Appl. Phys. Lett. 65, 97 (1994).