

白色発光を伴う化合物半導体/酸化物複合ナノワイヤの作製

Fabrication of Compound Semiconductor/Oxide Heterostructure Nanowires Providing White Luminescence

愛媛大院理工¹, 阪大院工², 東工大院理工³, ○石川 史太郎¹, 日比 秀昭², 山本 直紀³

Ehime Univ.¹, Osaka Univ.², Tokyo Tech.³ ○Fumitaro Ishikawa¹, Hideaki Hibi², Naoki Yamamoto³

E-mail: ishikawa@ee.ehime-u.ac.jp

【はじめに】化合物半導体ナノワイヤは、次世代の光・電子デバイスへの基礎材料として期待されている。化合物半導体デバイス作製時に利用される水蒸気酸化プロセスは、構成層間の大きな屈折率差による光閉じ込めや、酸化物の絶縁性を利用した電流狭窄を可能にし、特に光デバイスの高機能化に有効な技術として用いられる。本研究では、同水蒸気酸化により詳細に構造制御された化合物半導体ナノワイヤの酸化物への変換が可能であること、また、作製した同ナノワイヤからは酸化物ナノ粒子に起因すると思われる白色領域発光が観測された結果について報告する [1]。

【実験】出発材料となる GaAs/AlGaAs コアシェルナノワイヤの結晶成長は、Si(111) 基板上に MBE 法を用いて行った。最初に、As₄ フラックスを 1.3×10^{-6} Torr とし、Ga フラックスを GaAs(001) 基板上で GaAs が 1ML/s で成長される条件で、15 分間 GaAs ナノワイヤを成長した。その後 15 分の成長中断を行い、As フラックスを 2.5×10^{-5} Torr に上昇させた。続いて Al_{0.9}Ga_{0.1}As シェル層を 1ML/s で 30 分成長して形成した。作製した試料に対して、Fig. 1 に示すように、酸化温度を変化させて 2 時間酸化を行うことで、酸化物ナノワイヤを形成した。酸化前後の試料に対して、走査型電子顕微鏡 (SEM) 測定、透過型電子顕微鏡 (TEM) 測定、エネルギー分散型 X 線分光法 (EDX) 測定により評価した。さらに、酸化温度 370 °C で作製した GaAs/AlGaOx ナノワイヤ試料に対して、透過型電子顕微鏡によるカソードルミネッセンス測定を行った。

【結果】Fig.1 は、本研究で行ったナノワイヤ水蒸気酸化の模式図である。SEM, TEM および EDX 測定から、図に示すように良好に構造制御された化合物半導体/酸化物複合型ナノワイヤが形成できることを確認した。また同図中には、GaAs/AlGaOx ナノワイヤ試料に対して測定を行ったパングロマティックカソードルミネッセンス (CL) 画像、波長 342nm および 423nm におけるモノクロマティック CL 画像、ナノワイヤから取得された CL スペクトルおよびワイヤを横切る線に沿った CL スペクトルのラインスキャン測定も示されている。結果より、長さ約 5 μ m の 2 本のワイヤは直線的な形状を持ち、ワイヤ先端は尖った形状となっている。また、内部にコアが残っていることも把握できる。ワイヤからはスペクトルに見られるように深紫外から可視光全域を網羅した広い領域で発光が観測され、モノクロ CL 画像からも各波長においてワイヤから明確に発光していることが確認できる。さらに、ワイヤ断面のラインスキャンから、観測される発光は酸化物となっている AlGaOx シェルで発光していることがわかり、これは同層に存在する酸化物ナノ粒子に起因したものであることが考えられた [1]。

[1] H. Hibi, M. Yamaguchi, N. Yamamoto, F. Ishikawa, Nano Letters 14, 7024, 2014.

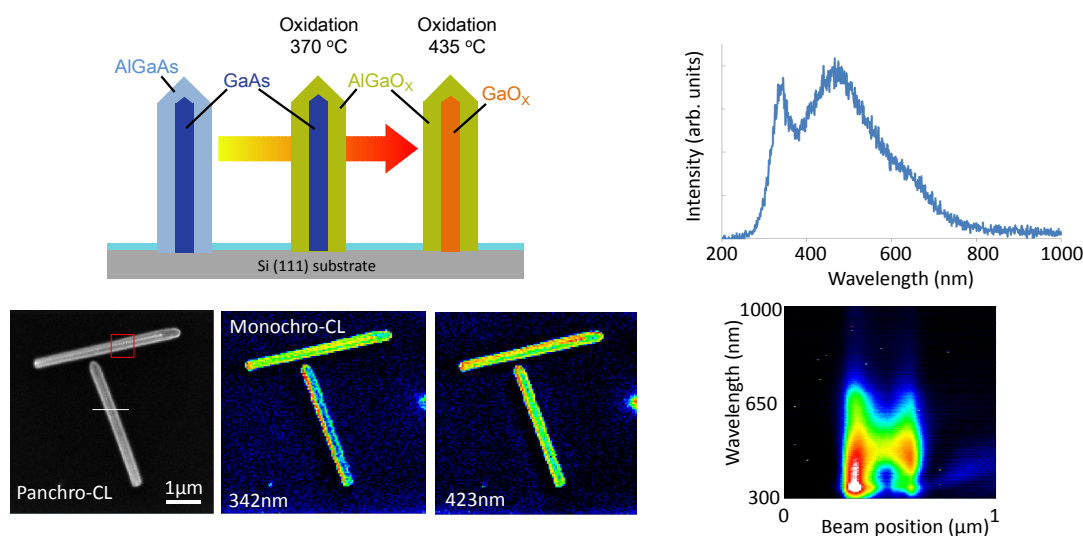


Fig. 1: Formation mechanism of compound semiconductor/oxide composite nanowires. Panchromatic CL image; monochromatic cathodoluminescence image at 342 nm and 423 nm; cathodoluminescence spectra acquired from the $1 \times 1 \mu\text{m}^2$ area involving the nanowire; spectral mapping of line scanning across the nanowire.