

可視波長全域で発光する (Al,Ga)O_x マイクロワイヤ群(Al,Ga)O_x microwire ensembles exhibiting luminescence over the entire visible wavelengths愛媛大院理工¹, Paul-Drude-Institut², ○石川 史太郎¹, Pierre Corfdir², Uwe Jahn², Oliver Brandt²Ehime Univ.¹, Paul-Drude-Institut², ○F. Ishikawa¹, P. Corfdir², U. Jahn², O. Brandt²

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。これまで本研究では、水蒸気酸化により化合物半導体ナノワイヤの酸化物への変換と、が可能であることを見出している。さらに、同ナノワイヤからは可視光全域にまたがる白色領域発光を示すことを見出した。[1]今回は、同ワイヤ群の発光性 AlGaO_x の直径を拡大し、大出力白色光源として有望なワイヤ群の形成と、その発光特性について検討した結果を報告する。

【実験】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 2 時間成長した。これにより、Fig. 1 に示す直径約 1 μm の表面専有面積率約 40% となるマイクロワイヤ群を形成した。作製した試料に対して、370 °C で 2 時間水蒸気酸化を行い、シェル層を酸化物 AlGaO_x に変質させた。同試料に対して、カソードルミネッセンス (CL) および顕微フォトルミネッセンス (μ-PL) 測定を行い、その光学特性を評価した。

【結果】Fig. 1 は斜めから撮影したマイクロワイヤ群の走査型電子顕微鏡 (SEM) 像である。観察領域全体に高密度に形成されたマイクロワイヤ群の形成が確認できる。同ワイヤ群に対して CL 測定を行ったところ、これらワイヤ群から均質な発光が得られ、さらに、その波長帯は可視光全域に広がる幅広い発光特性を有するものであった。同試料に対して PL 測定を低温 10K および室温 300K (Fig. 2) で行ったところ、発光強度は室温において積分強度で約 2 倍程度と大きくなった。一方、CL 測定では発光は低温でのみ強く観測され、室温では消失した。これらの結果は、観測される幅広い可視域の発光が (Al,Ga)O_x 中の F 中心によるものであり、紫外光で励起した際は共鳴的にその発光中心が励起されるため室温でも強く発光を示すのに対して、CL では高いエネルギーでバンド端に存在するキャリアを励起するため、それらが表面および界面に存在する非発光再結合中心へ拡散してしまうことが考えられた。以上の結果より、同試料は新規な大出力白色光源としての可能性を有しており、その高効率利用のためには適切なキャリア励起が必要であることが示唆された。

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

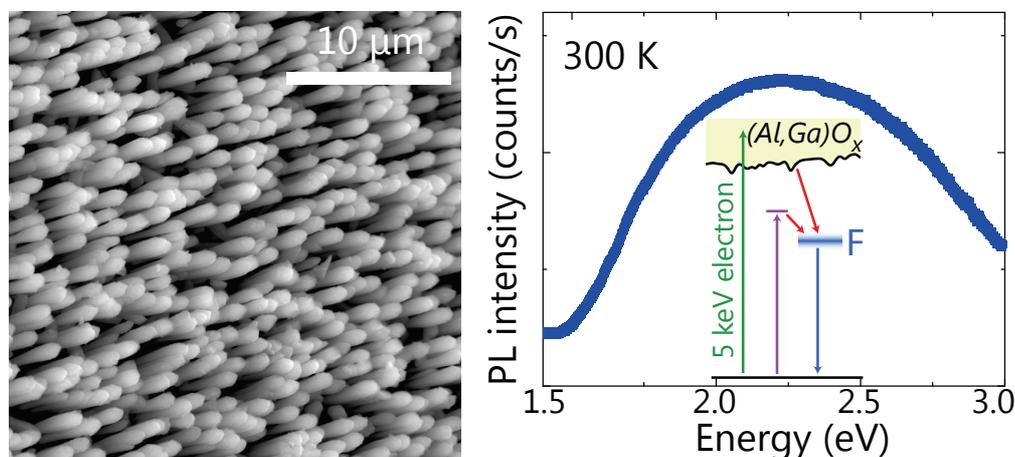


Fig. 1: (Left) Tilted SEM image taken on an ensemble of GaAs/(Al,Ga)O_x μ-wires. (Right) PL spectra taken on the ensemble at 300 K. The inset shows schematic representation of the carrier generation and recombination process.