

有機金属気相エピタキシャル法を用いた AlGa_N:Tb/GaN ナノワイヤの成長と光学・構造評価

Formation and optical characteristics of AlGa_N:Tb/GaN core-shell nanowires grown by organometallic vapor phase epitaxy

阪大院工¹, IQIB², 超高压電顕センター³, 産研⁴, 立命館大イントラフォトニクスリサーチセンター⁵

○館林 潤^{1,2}, 吉村 拓真¹, 佐藤 和久³, 市川 修平^{1,3}, 藤原 康文^{4,5}

Grad. Sch. Eng.¹, IQIB², Research Center for UHVEM³, and Sanken⁴, Osaka Univ.,
Intra-Photonics Research Center, Ritsumeikan Univ.⁵

○J. Tatebayashi^{1,2}, T. Yoshimura¹, K. Sato,³ S. Ichikawa^{1,3}, Y. Fujiwara^{4,5}

E-mail: tatebayashi.jun.eng@osaka-u.ac.jp

【はじめに】超スマート社会実現に向けた次世代ディスプレイ技術として、超小型プロジェクトや網膜投影ディスプレイに代表される「マイクロディスプレイ」実現への社会的要素が高まっている。我々は、次世代ディスプレイ実現に向け素子サイズを格段に小型化できるナノワイヤに注目し、有機金属気相エピタキシャル(OMVPE)法により赤色蛍光体である Eu を添加した GaN[1,2] を発光層に有するナノワイヤ成長技術を確認し、室温での電流注入による Eu 発光観測に成功した[3-5]。今回、他の光の三原色である青および緑色を希土類元素で実現すべくテルビウム(Terbium: Tb)に注目し、Tb を添加した AlGa_N(AlGa_N:Tb)をシェル層として GaN コアナノワイヤ上に成長する技術を確認するとともに、Tb 発光特性および構造の評価を行ったのでこれを報告する。

【実験方法】本研究では、(0001)サファイア基板の上に無添加 GaN (ud-GaN)層成長後、円孔を三角格子状に配置した SiO₂ マスクパターンを電子線描画により形成することによりパターンテンプレートを作製した。その後、選択 OMVPE 法によりテンプレート上に ud-GaN コアを形成し、Al 原料流量比を変化させた複数の AlGa_N:Tb 層の成長を行った (Fig. (a))。ナノワイヤ成長後、走査型電子顕微鏡(SEM)や透過電子顕微鏡(TEM)を用いたエネルギー分散型蛍光 X 線分析(EDS)による構造観察および室温フォトルミネッセンス(PL)測定 (YAG 4 倍波レーザ励起(波長 266 nm)) による発光特性評価を行った。側面からの断面構造評価の際、集束イオンビーム装置によりガリウムイオンを[0001]方向から照射しナノワイヤの切出および薄片化 (~100 nm) を行った。

【実験結果】Fig. (b)に今回作製した AlGa_N:Tb/GaN ナノワイヤの SEM 像を示す。頂上部が六角錐で構成される六角柱形状 (平均高さ 900 nm、対角線の長さ 390 nm) のナノワイヤ構造が形成されていることがわかる。作製したナノワイヤ構造の室温 PL 評価の結果 (Fig. (c))、Tb³⁺イオンの ⁵D₄-⁷F_J (J=3,4,5,6)遷移に起因する青・緑・黄および赤色領域の発光が観測されている。また、Al 原料流量比を上げることにより AlGa_N:Tb 層中 AlN モル分率が大きくなる結果、Tb 発光強度は増大している[6]。ここで、広いバックグラウンド発光は主にテンプレートの GaN 中欠陥発光に起因すると考えられる。TEM-EDS による断面構造評価の結果 (Fig. (d))、GaN コアナノワイヤ上に AlGa_N:Tb 層がシェル状に形成されていることがわかる。加えて、EDS 元素マッピングの分析により Al 原料流量比が 50%の時の AlGa_N:Tb 層中 AlN モル分率は約 60%程度と推定される。

【謝辞】本研究は科研費「基盤(B) (No.19H02573, 24K00925)」「特別推進研究 (No.18H05212)」「基盤(A) (No.23H00185)」「基盤(S) (No.23H05449)」、村田学術振興財団、サムコ科学技術振興財団、キャノン財団および池谷科学技術振興財団の支援を受けた。

【参考文献】[1] A. Nishikawa, Y. Fujiwara *et al.*, Appl. Phys. Exp. **2** 071003 (2009). [2] S. Ichikawa, Y. Fujiwara *et al.*, Appl. Phys. Exp. **14** 031008 (2021). [3] T. Otabara, J. Tatebayashi, Y. Fujiwara *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **61**, SD1022 (2022). [4] T. Otabara, J. Tatebayashi, Y. Fujiwara *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **62** SG1018 (2023). [5] J. Tatebayashi *et al.*, ECS J. of Solid State Sci. & Tech. **12** 096003 (2023). [6] R. Komai, Y. Fujiwara *et al.*, J. Appl. Phys. **131** 073102 (2022).

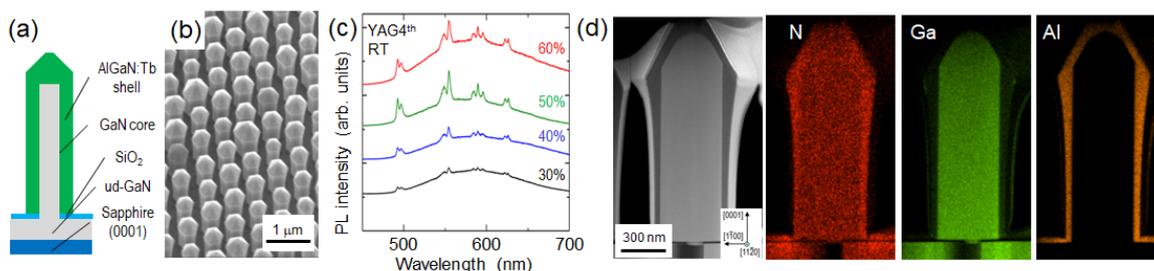


Figure (a) Schematic, (b) SEM image and (c) RT PL spectra of AlGa_N:Tb/GaN core-shell NWs at different TMAI molar flow ratios during the AlGa_N:Tb growth from 30 to 60%. (d) Cross-sectional HAADF scanning TEM image and its EDS elemental mapping of N, Ga and Al of the single AlGa_N:Tb/GaN NW with the TMAI molar flow ratio of 50%.