

フレキシブル基板上 Eu 添加 GaN ナノワイヤからの室温赤色発光 Room-temperature red light emission from Eu-doped GaN nanowires on flexible membranes

阪大院工¹, 量子情報・量子生命研究センター², 電顕センター³, 基礎工⁴

○大田原 崇也¹, 館林 潤^{1,2}, 長谷川 竣也¹, 市川 修平^{1,3}, 芦田 昌明⁴, 藤原 康文¹

Grad. Sch. Eng.¹, QIQB², UHVEM³, Grad. Sch. Eng. Sci.⁴, Osaka Univ.

○T. Otabara¹, J. Tatebayashi^{1,2}, S. Hasegawa¹, S. Ichikawa^{1,3}, M. Ashida⁴, Y. Fujiwara¹

E-mail: takaya.otabara@mat.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、超小型プロジェクタや網膜投影ディスプレイ等「マイクロ(ナノ)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、希土類元素である Eu を添加した GaN (GaN:Eu)を活性層にした赤色発光ダイオードの作製に成功しているが[1]、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構造として GaN 系ナノワイヤに注目した。ナノワイヤ構造は格子不整合を無視した材料組成を組み合わせた結晶成長が可能であることから、薄膜に比べて高 Eu 濃度化が可能であり、既に分子線エビタキシャル法による希土類添加 GaN 系ナノワイヤが報告されている[5]。今回、有機金属気相エビタキシャル(OMVPE)法により位置制御された GaN:Eu/GaN コアシェルナノワイヤ構造の結晶成長技術を確認し光学特性評価を行うとともに、フレキシブル基板であるポリジメチルシロキサン(polydimethylsiloxane: PDMS)への転写技術を検討し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した。その後、選択 OMVPE 法により ud-GaN コア、GaN:Eu シェル層の順に再成長を行った。また、コア成長の際、均一性向上のために2段階成長法[4]を用いた。ナノワイヤ成長後、走査型電子顕微鏡(SEM)による構造観察と、フォトルミネッセンス(PL)およびカソードルミネッセンス(CL)測定による発光特性評価を行った。最後に、成長したナノワイヤ構造表面に PDMS をスピンコートにより塗布し、硬化処理後基板から剥離を行った。

【実験結果】Fig.(a)に成長した GaN:Eu/GaN コアシェルナノワイヤ構造の SEM 像と 10K における 621nm 付近の発光強度の CL 像を示す。コア・シェル層の各々の成長条件を最適化することで GaN:Eu/GaN コアシェルナノワイヤ構造の OMVPE 法を用いた作製に成功した。また、CL 像において、白い領域は発光強度が強いことを示しており、Eu が主にナノワイヤ側壁に取り込まれていることを示唆している。Fig.(b)に GaN:Eu ナノワイヤ構造の 10K における PL スペクトルを示す。同一条件で成長した GaN:Eu 膜と比較して GaN:Eu ナノワイヤ構造から強い Eu 発光が観測された。スペクトル形状や発光ピーク波長の違いから、ナノワイヤ構造中の Eu イオンは膜構造と異なり、発光効率の高い発光中心 (OMVPE7) の形状と酷似しており、膜構造より OMVPE7 の発光が優位であると考えられる[7]。本発光中心は電流注入において有利とされており、光取出し効率の向上も相俟って電流注入デバイス応用時の発光効率の改善も期待される。加えて、PDMS に転写した GaN:Eu ナノワイヤの発光スペクトルを測定した結果、Eu 発光が観測されており(Fig.(c))、GaN:Eu ナノワイヤのフレキシブル基板への転写に成功したことを示している。

【謝辞】本研究は科研費「基盤(B) (No.19H02573)」「特別推進 (No.18H05212)」、村田学術振興財団、サムコ財団、キャノン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] H. Sekiguchi *et al.*, Appl. Phys. Lett. **96**, 231104 (2010). [3] K. Choi *et al.*, J. Cryst. Growth **58-61**, **357** (2012). [4] B. O. Jung *et al.*, Cryst. Eng. Comm. **16**, 2273 (2014). [5] H. Sekiguchi *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **55**, 05FG07 (2016). [6] S. Kamiyama *et al.*, ECS. J. Solid State Sci. Technol. **9**, 015007 (2020). [7] R. Wakamatsu, Y. Fujiwara *et al.*, J. Appl. Phys. **114**, 043501 (2013).

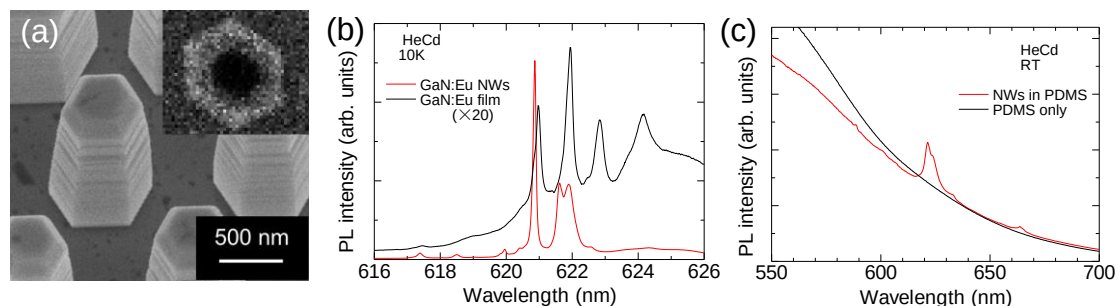


Figure. (a) SEM image of GaN:Eu/GaN core-shell NWs. An inset shows the top-view CL mapping of the single NW, (b) PL spectra at 10K of GaN:Eu/GaN core-shell NWs and film, (c) PL spectra at RT of GaN:Eu/GaN core-shell NWs embedded in PDMS membranes.