

RF-MBE 法を用いた AlN/Si 基板上への規則配列 Eu 添加 GaN ナノコラムの成長 Fabrication of regularly arranged Eu-doped GaN nanocolumns on AlN/Si substrate grown by RF-MBE

豊橋技科大¹, 上智大²

○藤原慎二郎¹, 関口寛人¹, 助川睦¹, 玉井良和¹, 山根啓輔¹, 岡田浩¹, 岸野克巳², 若原昭浩¹
○S. Fujiwara¹, H. Sekiguchi¹*, A. Sukegawa¹, Y. Tamai¹, K. Yamane¹, H. Okada¹, K. Kishino², and
A. Wakahara¹

Toyohashi Tech¹, Sophia Univ.²

e-mail: fujiwara-s@int.ee.tut.ac.jp, sekiguchi@ee.tut.ac.jp

単一光子源は、量子情報通信用の光源として考えられており、単一量子ドットは1つの候補であるが、室温で動作可能な単一光子源の実現は困難である^[1]。GaN/AlGaN ナノワイヤを用いることで室温での単一光子放出が観察されているが、波長再現性や発光波長が紫外域であるといった課題がある。^[2]そこで、我々は発光特性の環境温度耐性が高く、波長再現性が極めて高い Eu 添加 GaN (GaN:Eu)に着目している。GaN:Eu により単一光子源を実現するためには発光中心である Eu イオンの濃度を下げることが必要である。しかしながら、GaN 薄膜においては極低 Eu 濃度では発光効率が低下しやすいことやイエローミネッセンスと Eu イオンからの発光のスペクトルの重なりが問題となる。そこで無転位性という特徴をもちイエローミネッセンスが抑制されるナノコラム結晶を用いた手法を検討した^[3]。また単一光子源実現に向けてはナノコラム 1 本での評価が必要であるため選択成長を活用することを提案したが、これまで選択成長法で用いられる GaN 薄膜上への選択成長では薄膜からのイエローミネッセンスが問題となる。そこで本研究では、Fig.1 におけるコンセプト図のように、AlN/Si 基板上への規則配列 GaN:Eu ナノコラムの成長を試みたので報告する。

Ti マスク選択成長法を用いて Si 基板上に規則配列 GaN ナノコラムを成長させた。Si 基板への直接的な選択成長は難しいため AlN 薄膜が成膜された AlN/Si テンプレートを基板として用いた。まずは Ti および SiO₂(10/20 nm)を EB 蒸着およびプラズマ化学気相成長法によって AlN/Si テンプレート上に成膜した。その後、EB 描画とドライエッチングによりナノホールパターンを作製した。そこに、RF-MBE 法で基板温度を 850°C で 240 分間 GaN ナノコラムを成長させた後、基板温度 610°C で 60 分間 GaN:Eu ナノコラムを成長させた。今回は、配列パターンなどによる Eu 取り込み効率の影響が懸念されるため、Eu 濃度の設計値を $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ と高めに設定した。

Fig.2 に HF 処理前後の AlN/Si 基板上 GaN ナノコラムの鳥瞰 SEM 像を示す。形状や周期の制御が可能であり、HF 処理を行うことにより SiO₂ 層を剥離し、Ti 上に成長した自己形成ナノコラムを除去できることを確認した。Fig.3 に AlN/Si 基板上に成長させた GaN:Eu ナノコラムおよびリファレンスとして GaN テンプレート上に作製した試料の室温 PL スペクトルを示す。どちらの試料においても Eu イオンの ⁵D₀-⁷F₂ の電子遷移に対応する 620nm での発光が得られた。また GaN テンプレート上では下地の GaN 薄膜を起因としたイエローミネッセンスが観察されたが、AlN/Si 上にはイエローバンド発光が確認されなかった。この結果は単一光子源の実現に向けて Si 上 GaN:Eu ナノコラム結晶が有効な手段になりうることを示唆している。

[参考文献] [1] A. J. Bennett, *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **86**, 181102 (2005). [2] M. J. Holmes, *et al.*, *Nano Lett.* **14**, 982, 2014. [3] H. Sekiguchi, *et al.*, *J. Cryst. Growth* **300**, 259 (2007).

[謝辞] 本研究の一部は科研費(#18K04233)と村田学術振興財団の助成を受けたものである。

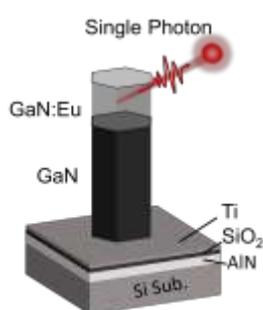


Fig.1 Schematic diagram of GaN:Eu nanocolumn on AlN/Si template

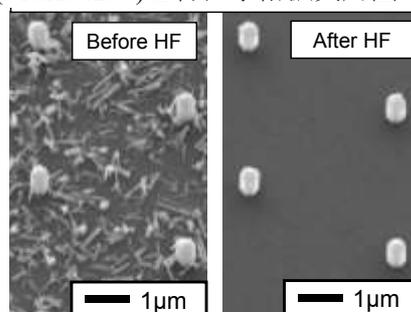


Fig.2 Bird's-eye view SEM images of GaN nanocolumns on AlN/Si template before and after HF process (Diameter/Period = 360/4000 nm)

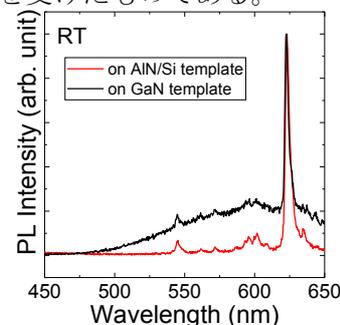


Fig.3 PL spectra at RT of GaN:Eu nanocolumns on AlN/Si template and GaN template