

規則配列 InGaN/GaN 系ナノコラムと発光デバイス応用 Regularly Arrayed InGaN/GaN-Based Nanocolumns and the Application to Emitters

岸野 克巳^{1,2}、石沢 峻介¹、林 宏暁¹、山野 晃司¹、大音 隆男¹、加納 達也¹
(1.上智大理工、2.上智ナノテクセンター)

°Katsumi Kishino^{1,2}, Shunsuke Ishizawa¹, Hiroaki Hayashi¹, Koji Yamano¹, Takao Oto¹, Tatsuya Kano¹
(1. Sophia Univ., 2. Sophia Nanotech. Center) E-mail: kishino@sophia.ac.jp

GaN ナノコラムは、低転位性結晶で、自立性結晶であり、基板によらずに高品質結晶が得られ、コラム細線化とともに、In 組成揺らぎ、格子ひずみ、結晶欠陥発生の抑制、光取り出し効率の向上が期待され、高性能ナノ発光デバイスへの展開が期待される¹⁾。

高密度で微細なナノホールパターンでは成長核形成が不均一に起こり、コラム径 50nm 以下の超細線・規則配列 GaN ナノコラムの均一成長は未踏破域である。新たに二段階選択成長法を開拓し、図 1 に示すように、ナノコラム細線化(コラム径 27nm)を得た。デバイス領域(50×50μm²)に 50 万本以上のナノコラムをもつ高密度・規則配列ナノコラムでは 30nm 以下の細線化は例がない。

一方、コラム周期と径を変化させて規則配列ナノコラムを同一基板上に成長し、4 種類のナノコラム LED を作製し、四色集積型ナノコラム LED を実現した(図 2)。周期の異なる接近した LED ユニットから赤色発光が得られ、三原色 LED の微小領域・集積化の可能性を示した²⁾。一方、規則配列ナノコラムの光回折を活用して、指向性の高い鋭い放射ビームをもつナノコラム LED を実現した(図 3)。黄色発光で放射角は±20 度で、発光波長の安定性が高く、電流密度変化 250A/cm² に対する波長変動幅は 0.2nm 以下である³⁾。優れたビーム特性は、レンズ系を簡易化しディスプレイ応用に適する。さらに、ナノコラムフォトリソニック結晶をレーザ発振に展開し、多層膜反射鏡の内在化によって導波モードを制御して、光励起レーザ特性を安定化した。スペckル雑音フリーレーザへの応用性と実験結果について述べる。

Si 基板上 GaN ナノコラムの選択成長 (SAG) を三通りの方法で行った。ナノコラム成長核形成層として、AlN/GaN 超格子バッファ層を用いて成長した GaN/Si テンプレート層とスパッター AlN バッファ層を用いて、GaN ナノコラムの Ti マスク SAG を行った。前者では GaN ナノコラムの欠陥フィルタリング効果を系統的に議論し⁴⁾、後者ではナノコラム LED のフリップチップ実装法を述べる⁵⁾。ナノテンプレート SAG⁶⁾を Si 上で検討した。

謝辞 本研究は、科研費・特別推進研究 (#24000013) の援助を受けて行なわれた。

[1] K. Kishino and K. Yamano, IEEE J. Quantum Electron. 50, 538 (2014). [2] K. Kishino, A. Yanagihara et al., Electron. Letters 51, 852-854 (2015). [3] A. Yanagihara, ..., K. Kishino, Appl. Phys. Express 7, 112102 (2014). [4] K. Kishino and S. Ishizawa, Nanotechnology 26, 225602 (2015). [5] H. Hayashi, ..., K. Kishino, Phys. Status Solidi A. 212, 992 (2015). [6] K. Yamano, K. Kishino et al., J. Cryst. Growth 425, 316 (2015).

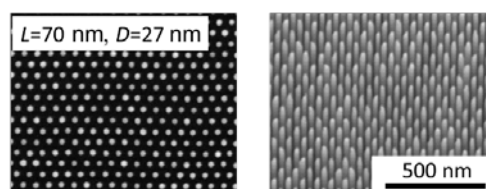


Fig.1 Regularly arrayed thin GaN nanocolumns

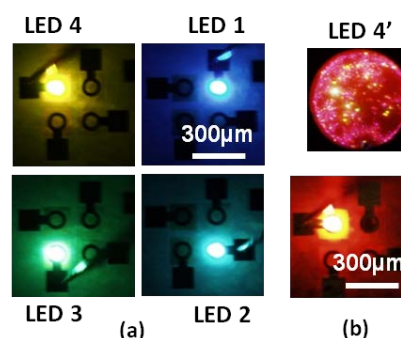


Fig.2 Multiple color integrated nanocolumn

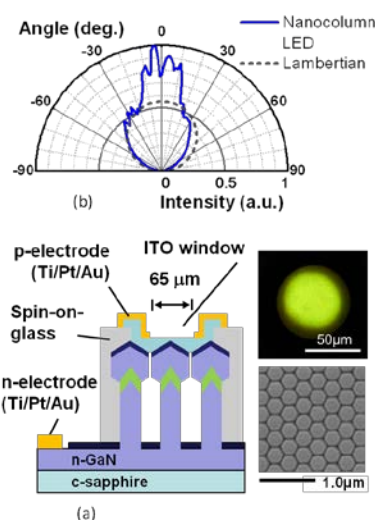


Fig. 3 Yellow-emitting nanocolumn LEDs with a high directional radiation beam profile