

中性粒子ビームエッチング法による高効率 GaN マイクロ LED の作製

Fabrication of High-Efficiency GaN Micro-LEDs by Using Neutral-Beam Etching

産総研 ESPRIT¹, 産総研 NeRI², 東北大 IFS³, 東北大 AIMR⁴, 産総研 GaN-OIL⁵, 名大 IMASS⁶

朱俊¹, 高橋言緒¹, 遠藤和彦², 大堀大介³, 寒川誠二^{3,4,2}, °王学論^{5,6,1}

ESPRIT, AIST¹, NeRI, AIST², IFS, Tohoku Univ.³, AIMR, Tohoku Univ.⁴, GaN-OIL, AIST⁵,
IMASS, Nagoya Univ.⁶

J. Zhu¹, T. Takahashi¹, K. Endo², D. Ohori³, S. Samukawa^{3,4,2}, and °X.-L. Wang^{5,6,1}

E-mail: xl.wang@aist.go.jp

【はじめに】GaN マイクロ LED ディスプレイ実現のための課題の一つとして、LED サイズの縮小に伴う発光効率の低下が挙げられる。従来の GaN マイクロ LED の作製では、LED メサの加工に誘導結合プラズマ (ICP) が一般的に用いられる。この場合、イオン衝突および紫外光の照射により、マイクロ LED の側面に欠陥が高い密度で導入される。これにより、マイクロ LED のサイズが小さくなるにつれて、側面欠陥に捕獲されるキャリアの割合が高くなり、LED の内部量子効率が特にディスプレイ動作に重要な低電流密度領域 ($<20\text{A}/\text{cm}^2$) において著しく低下する。本研究では、超低損傷エッチングが可能な中性粒子ビームエッチング技術[1]を用いて、サイズを小さくしても発光効率低下のほとんどない GaN マイクロ LED の作製に初めて成功したので報告する。

【実験と結果】図 1 に本研究で作製したマイクロ LED の模式図を示す。試料として、c 面サファイア基板上に MOVPE 法により成長した青色 GaN/InGaN LED を用いた。中性粒子ビームエッチングは、 Cl_2 をエッチングガスに用い、ICP パワー400W、RF パワー5W の条件において行った。上記条件を用いて、メササイズ $6\mu\text{m}$ 角、 $10\mu\text{m}$ 角、 $20\mu\text{m}$ 角、 $40\mu\text{m}$ 角の 4 種類のマイクロ LED を作製した。マイクロ LED の発光は Ni/Au 半透明電極側から取り出した。図 2 に作製したマイクロ LED の外部量子効率の電流密度依存性を示す。この図から、全てのマイクロ LED の外部量子効率は電流密度の増加に対して $5\text{A}/\text{cm}^2$ 付近で最大値に達しているのが分かる。また、試料間の最大外部量子効率の差は 7%程度しかなく、サイズ依存性がほとんど見られなかった。これに対して、従来の ICP 法で作製したマイクロ LED の外部量子効率は、特に低電流密度領域においてサイズの縮小とともに急激に低下し、 $6\mu\text{m}$ マイクロ LED の電流密度 $1\text{A}/\text{cm}^2$ での外部量子効率は大面積 ($\sim 50\mu\text{m}$) デバイスの 1/10 以下になってしまう。以上の結果から、中性粒子ビームエッチング技術は高効率マイクロ LED の作製に非常に有効であることが分かった。

[1] S. Samukawa, ECS J. Solid State Sci. Tech. 4 (2015) N5089.

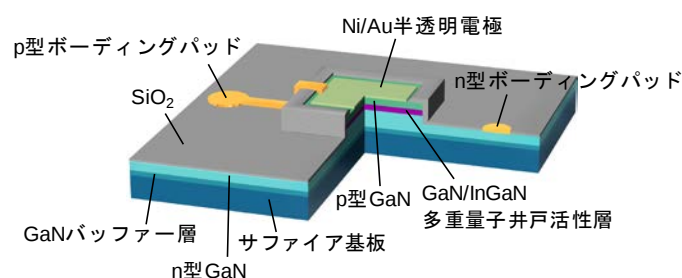


図 1 本研究で作製したマイクロ LED の模式図

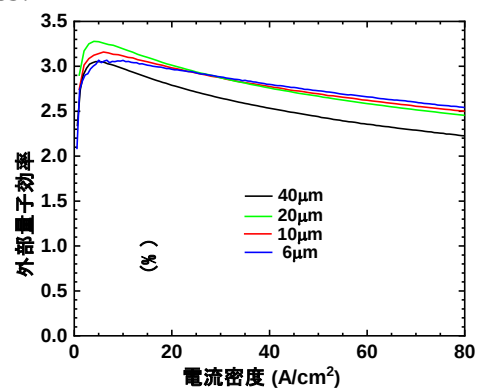


図 2 本研究で作製したマイクロ LED の外部量子効率の電流密度依存性