

極性面フリーな三次元 InGaN-LED のデバイスプロセス検討

Experimental study on device processes of polar-plane-free faceted InGaN LEDs

京大院工, °(D) 松田 祥伸, 船戸 充, 川上 養一

Kyoto Univ., °Y. Matsuda, M. Funato, Y. Kawakami

E-mail: kawakami@kuee.kyoto-u.ac.jp

【はじめに】三次元 InGaN 量子井戸構造 (3D-InGaN QW) は、次世代の蛍光体フリーな多色発光素子として有望である。これまで、3D-InGaN QW は (0001) GaN テンプレート上に作製され、大きな分極誘起電界を有する (0001) 極性面が長波長発光を担い、その発光効率低下が問題であった。この問題解決を目的に、最近本研究室では、半極性 GaN 基板を用いて極性面フリーな 3D-InGaN QW を実現し、光励起における輻射再結合寿命の短いパステルカラー合成や白色合成に至っている [1, 2]。本研究では、極性面フリーな 3D LED のデバイス動作に向けて、デバイスプロセスに関する検討を行ったので報告する。

【実験方法】試料は、有機金属気相成長法 (MOVPE) を用いた選択成長法により、 $(\bar{1}\bar{1}2\bar{2})$ 面 n-GaN バルク基板の上に作製した。始めに、GaN 基板の露出する幅 $15\ \mu\text{m}$ 、 SiO_2 マスク幅 $5\ \mu\text{m}$ のストライプマスクを $[\bar{1}\bar{1}23]$ 方向に形成した。その後、MOVPE 法により、3D LED 構造の成膜を行った。デバイス動作実証の観点から、層構造は最も簡易な n-GaN/InGaN QW/p-GaN とした。3D LED の設計概要図を図 (a) に示す。三次元構造は、 $(\bar{1}\bar{1}2\bar{2})$ および $\{\bar{1}10\bar{1}\}$ 半極性面と $\{\bar{1}100\}$ 無極性面で構成されており、極性面フリーである。また、基板が n 型導電性を有することを活用し、縦型 LED 設計を採用した。電極形成プロセスは、汎用的な UV フトリソグラフィおよび抵抗加熱型真空蒸着法によって行った。チップサイズは $350\ \mu\text{m}^2$ とした。

【実験結果】電極形成プロセスの初期検討において、フトリソグラフィおよび真空蒸着それぞれに解決すべき課題があることが分かった。フトリソグラフィにおいては、三次元構造間のマスク上に通常の平坦膜上よりも厚いフォトレジストが形成され、従来の UV 露光時間では取り除くべき箇所にもフォトレジストが残ってしまう、という問題があった。また、真空蒸着においては、試料表面に対してほぼ垂直に蒸着源が入射するために、三次元構造の側面 $\{\bar{1}100\}$ に電極が形成されない、という問題があった。したがって、フトリソグラフィについては UV 露光時間の最適化、真空蒸着については、 $[\bar{1}\bar{1}23]$ 方向を軸に試料を傾けた傾斜蒸着を行い、上記課題の解決を図った。その結果得られた 3D LED の電流-電圧特性を図 (b) に示す。4V 付近から立ち上がる、比較的良好な整流性を示していることが分かる。よって、極性面フリーな 3D LED 構造内に確かに pn 接合が形成されていると考えられる。ただし、EL 発光強度は非常に微弱であったため、結晶成長条件は今後さらに検討が必要である。結晶成長条件や電極形成プロセスの詳細については、当日報告する。

参考文献 [1] Y. Matsuda *et al.*, *Appl. Phys. Express*, **10**, 071003 (2017). [2] 松田他, 2018 年度 第 79 回 応用物理学会秋季学術講演会, 20a-146-12.

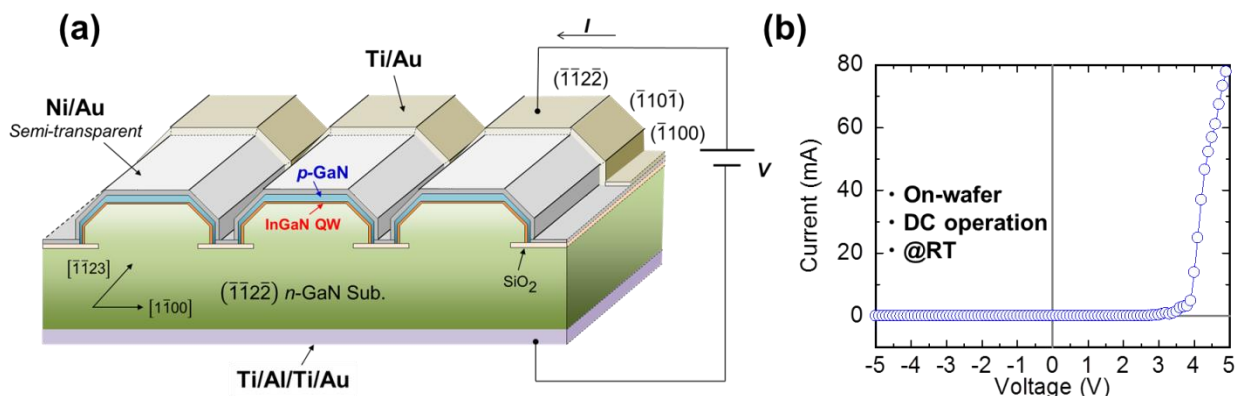


図 1 (a) 極性面フリーな 3D LED の設計概要図と、(b) 作製した 3D LED の電流-電圧特性。直流電圧を印加し、室温下で測定した。