

## 極性面フリーな三次元 InGaN-LED 構造の結晶成長と評価

### Crystal growth and evaluation of polar-plane-free faceted InGaN LED structure

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 を作製することに成功し、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、LED 構造の結晶成長とその基礎的な評価を行ったので、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 バルク基板上に作製した。最初に、 $[\bar{1}\bar{1}2\bar{3}]$  方向に  $\text{SiO}_2$  ストライプマスクを形成した基板の上に、GaN 基板の露出する幅  $15 \mu\text{m}$ 、 $\text{SiO}_2$  マスク幅  $5 \mu\text{m}$  のマスクパターンを用意した。その後、MOVPE 法により、3D LED 構造の成膜を行った。LED 構造の設計概要図を図 1(a) に示す。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 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。

**【実験結果】** 作製した試料の p-GaN 活性化アニール後の断面 SEM 像を図 1(b) に示す。SEM 観察において、p-GaN は n-GaN に比べて明るいコントラストを示すことが報告されている [3, 4]。よって、図 1(b) の各ファセット面の拡大 SEM 像から、全てのファセット面において pn 接合が形成されていると考えられる。ただし、 $(\bar{1}\bar{1}2\bar{2}) > \{\bar{1}10\bar{1}\} > \{\bar{1}100\}$  の順に p-GaN の膜厚分布が見られ、各ファセット面で p-GaN の抵抗値は異なると予想される。次に、室温における試料の発光スペクトルを確認した。励起光源には He-Cd レーザ (波長  $325 \text{ nm}$ ) を使用し、励起密度は約  $31.8 \text{ W/cm}^2$  とした。結果、図 1(c) に示すように、 $\{\bar{1}100\}$  面由来の短波長発光と、 $(\bar{1}\bar{1}2\bar{2})$  および  $\{\bar{1}10\bar{1}\}$  面由来の長波長発光を有する明瞭なダブルピークスペクトルが確認出来た。以上の結果は、極性面フリーな 3D 構造を用いた多色発光 LED 動作につながると期待できる。詳細な作製条件やデバイスプロセスに関する検討は、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. [3] B. Neubert *et al.*, *phys. stat. sol. (c)* **3**, 1587 (2006). [4] M. Funato *et al.*, *Appl. Phys. Express* **1**, 011106 (2008).

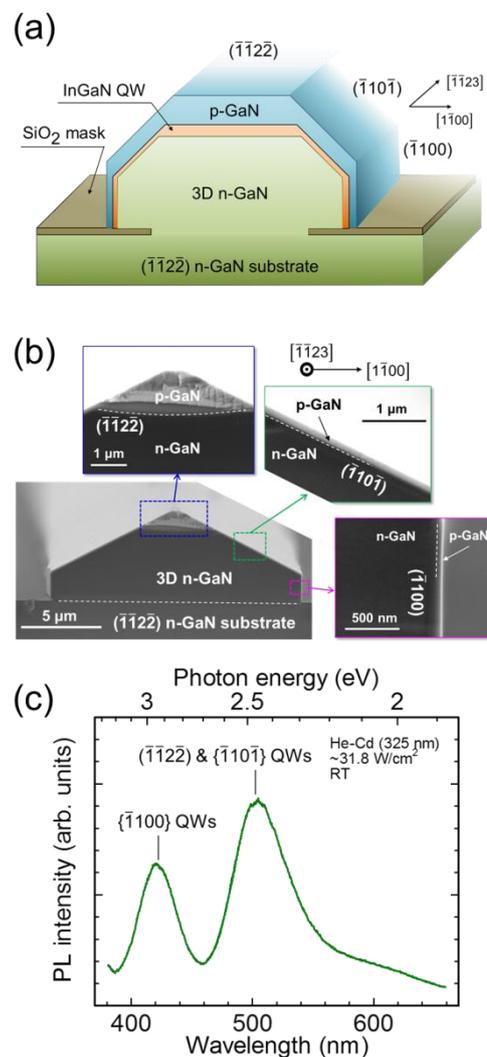


図 1 (a) 極性面フリーな 3D LED 構造の設計概要図, (b) 作製した試料の断面 SEM 像, および(c) 室温 PL スペクトル。