

酸性アモノサーマル法合成 GaN 種結晶上にハイドライド気相 エピタキシャル成長させた m 面自立 GaN 基板の電氣的・光学的特性 Electronic and optical characteristics of an m -plane freestanding GaN substrate grown by hydride vapor phase epitaxy on a GaN seed crystal synthesized by the ammonothermal method using an acidic mineralizer

東北大多元研¹, 三菱化学(株)², 小島一信¹, 塚田悠介², 古川えりか¹, 斉藤真^{1,2}, 三川豊²,
久保秀一², 池田宏隆², 藤戸健史², 上殿明良³, 秩父重英¹
IMRAM-Tohoku Univ.¹, Mitsubishi Chemical Corporation², Univ. of Tsukuba³
K. Kojima¹, Y. Tsukada², E. Furukawa¹, M. Saito^{1,2}, Y. Mikawa²,
S. Kubo², H. Ikeda², K. Fujito², A. Uedono³, and S. F. Chichibu¹
E-mail: kkojima@m.tohoku.ac.jp

【はじめに】ハイドライド気相エピタキシャル成長 (HVPE) 法は、高い結晶性を持つ GaN を成長させることができるため GaN 基板の市販に用いられているが、開管系のため低コスト化に限界がある。一方、酸性鉱化剤を用いたアモノサーマル (AT) 法は、低転位密度で反りが無い結晶を一度に数十から数百個同時に育成できるため量産性に優れており [1]、 c 面や m 面といった結晶の方位も選択することができる。従って、AT 法成長 GaN 結晶を種として HVPE 法で GaN のホモエピ成長を行う方法は、光デバイス用途はもちろんのこと、パワースイッチング素子のような高耐圧性を要求される電子デバイス用途の大型 GaN 基板を作製する方式として極めて有望である。本研究では AT 法、特に酸性鉱化剤を用いて成長された GaN (SCAATTM-GaN) [2] を種結晶に用いて HVPE 法で成長させた、 m 面自立 GaN 基板の電氣的および光学的特性について報告する。

【試料構造と評価方法】SCAATTM-GaN 上に HVPE 成長させた m 面自立 GaN 基板の貫通転位と積層欠陥の密度は、それぞれ $\sim 10^4 \text{ cm}^{-2}$ および $< 10^0 \text{ cm}^{-1}$ と低く、高い結晶性を持つ SCAATTM-GaN を種結晶に用いた効果が表れている。また、X 線を用いた結晶性の評価の結果、 $[10\bar{1}0]$ と $[10\bar{1}2]$ のロッギングカーブ半値全幅はそれぞれ 18 arcsec および 25 arcsec であり、評価装置分解能に制限される程、低い値であった。試料の輸送特性評価はホール効果測定 (20 ~ 300 K) により行い、光学特性はフォトルミネセンス法、カソードルミネセンス法および時間分解 PL 法により評価した。点欠陥の評価は陽電子消滅法を用いて行った。

【結果】図 1 は陽電子消滅法で測定された S および L_+ と室温における発光寿命 τ_1 の関係である。 S はアクセプタ型点欠陥 (GaN では主に Ga 空孔) 濃度を、 L_+ は各種点欠陥の総量の逆数をそれぞれ反映する値である [3]。今回評価した試料の S は検出限界値であり、 L_+ も 89 nm と非常に長かった。また、室温における発光寿命は 2 ns を超え、既報告値 [3] の中で最長であった。これらの結果は、本手法により作製された GaN 基板の結晶性が極めて高い結果、非輻射再結合中心の起源である Ga 空孔複合体 [4] の濃度が非常に低く抑えられた事を強く示唆している。

【謝辞】本研究の一部は、NEDO の SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) と科研費 (若手研究 (A)) により実施された。

【参考文献】 [1] 秩父重英, 応用物理 **81**, 502 (2012), [2] Mikawa, *et al.*, *Proc. SPIE* **9363**, 936302 (2015), [3] Chichibu, *et al.*, *J. Appl. Phys.* **111**, 103518 (2012), [4] Chichibu, *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **86**, 021914 (2005); *Nature Mater.* **5**, 810 (2006).

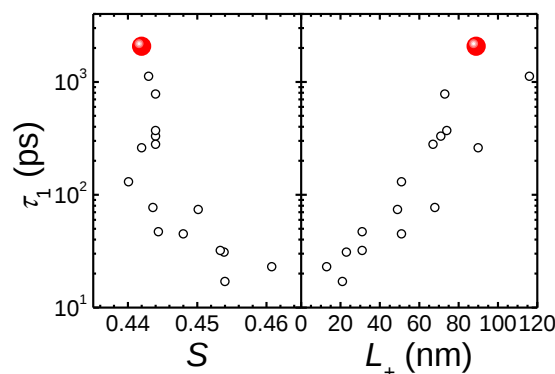


図 1 陽電子消滅法により測定された S および L_+ と室温における発光寿命 τ_1 の関係。大きな赤い丸は今回の試料、白抜きの丸は既報告済みのデータ [3] を表わす。