

GaN 自立基板上 pn ダイオード逆方向リーク電流の成長条件依存性 II

Growth condition dependency of reverse leakage current of pn diode on free-standing GaN substrate II
名大院工¹, 名大未来材料・システム研究所², 物質・材料研究機構³, 名大赤崎記念研究センター⁴, 名大 VBL⁵

○宇佐美 茂佳¹, 福島 颯太¹, 安藤 悠人¹, 田中 敦之^{2,3}, 久志本 真希¹, 出来 真斗²,
新田 州吾², 本田 善央², 天野 浩^{2,4,5}

Dept. of Electronics, Nagoya Univ.¹, Nagoya Univ. IMaSS², NIMS³, Nagoya Univ. ARC⁴, Nagoya Univ. VBL⁵

○S. Usami¹, H. Fukushima¹, Y. Ando¹, A. Tanaka^{2,3}, K. Nagamatsu², M. Kushimoto¹,
M. Deki², S. Nitta², Y. Honda², and H. Amano^{2,4,5}

E-mail: s_usami@nuee.nagoya-u.ac.jp

背景 GaN パワーデバイスにおいてオフ時のリーク電流はエネルギー損失を生じるだけでなく、局所的な電流集中により長期信頼性を低下させる要因となり得る。縦型パワーデバイスにおけるリーク電流は特定の貫通転位により生じることが明らかとなっているが、ホモエピタキシャル成長において隣合う転位同士が会合分離することで、エピ層内で新たにリーク電流を引き起こす転位が生成されることを前回春の応物にて報告した¹。エピ層内での転位の反応は成長圧力に大きく影響されており、500 hPa から 1000 hPa まで成長圧力を上昇させることにより、飛躍的に転位反応が抑制される。しかしながら、前回は統計的にリークに寄与する転位反応を推測したのみであり、どの転位種がどのように反応しリーク電流を発生させるか不明であった。この点に関し、顕微多光子励起 PL (MMPL) イメージングによる転位伝搬観察と断面 STEM 分析による転位同定を組み合わせ詳細に観察し、リーク電流を発生させる転位反応の特定を試みる。また、得られた結果をもとに、よりリーク電流を低減できる成長条件を見出すことを目的とする。

実験方法 転位密度 10⁶ cm⁻² 台の GaN 基板上に n-GaN 層 (Si:2×10¹⁶ cm⁻³) を 10 μm、p-GaN 層 (Mg:4×10¹⁹ cm⁻³) を 500 nm 程度、500 hPa の減圧条件および 1000 hPa の大気圧条件で成膜し、デバイスプロセスを施して p-n ダイオードを作製した。逆方向 IV 特性を測った後、エミッション顕微鏡によりリーク箇所を観察、p-GaN をドライエッチングで除去した後、熔融 KOH 350°C に 30 sec ディップングしエッチピットを形成した。エミッション顕微鏡によるリーク位置と形成したエッチピットの位置関係を確認し、リーク箇所と一致するピットを形成する転位の伝搬挙動を MPLI により観察した。また、断面 STEM 観察により転位種の同定を行った。

結果と考察 減圧条件では素子径 540 μm 全ての素子が大きなリーク電流を示すのに対し、大気圧条件ではリーク電流の少ない素子が現れてくる。エミッション顕微鏡観察からは、減圧条件では 6.5×10³ cm²、大気圧条件では 8.7×10² cm² のリークスポットが観察された。IV 特性およびエミッション像に関しては、前回の予稿を参照されたい。減圧条件ではエッチピットの一部が、大気圧条件ではエッチピットのほぼ 100 % がリークスポットと一致した。MMPL によりリークと一致するピット下の転位伝搬を観察し、分類した結果を Table.1 に示す。また、MMPL イメージングにより得られた転位会合像を Fig.1 に示す。今回、リークと一致するピット下のみを調査した結果、分離タイプは観察されず、会合および会合分離なしのもののみであった。Table.1 より、大気圧条件でも会合タイプが多く存在しており、完全に転位会合を抑制できていないことがわかる。断面 STEM 観察の結果、リークを引き起こし、分離会合なしのものは螺旋転位であった。また、会合タイプは混合転位に刃状転位が引き寄せられるようにして起きていることも判明した。刃状転位を曲げず、転位を会合させない成長条件の追究によりさらなる歩留まりの向上が期待できる。

謝辞 本研究の一部は文部科学省「省エネルギー社会の実現に資する次世代半導体研究開発」の委託を受けたものである。

Table.1 Proportion of propagation behavior under etch pit

Observed pits number: 500hPa 13 pits/1000hPa 7 pits	Proportion (%)	
	Growth pres.500 hPa	Growth pres.1000 hPa
Merge in epi-layer	62	85
Split in epi-layer	0	0
Without merge & split	38	15

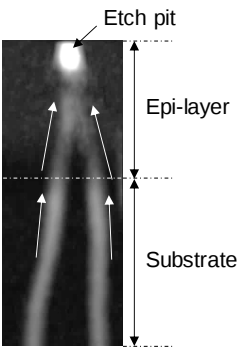


Fig.1 Merged dislocation image by multi photon microscopy

¹ 宇佐美他, 第 65 回秋季応用物理学会学術講演会, 東京 2018, 18a-302-4