

3DAP および LACBED 法による GaN 自立基板上 pn ダイオードのリークの起源調査

Investigation of leakage origin of pn diode on free-standing GaN substrate by 3DAP and LACBED method

名大院工¹, JFCC², 東芝ナノアナリシス³, 名大未来材料・システム研究所⁴, 物質・材料研究機構⁵, 名大赤崎記念研究センター⁶, 名大 VBL⁷

宇佐美 茂佳¹, 菅原 義弘², 姚 永昭², 石川 由加里^{2,4}, 間山 憲仁³, 戸田 一也³, 安藤 悠人¹, 田中 敦之^{4,5}, 永松 謙太郎⁴, 久志本 真希¹, 出来 真斗⁴, 新田 州吾⁴, 本田 善央⁴, 天野 浩^{4,6,7}

Dept. of Electronics, Nagoya Univ.¹, JFCC², Toshiba Nanoanalysis Corp.³, Nagoya Univ. IMaSS⁴, NIMS⁵, Nagoya Univ. ARC⁶, Nagoya Univ. VBL⁷ S. Usami¹, Y. Sugawara², Y. Yao², Y. Ishikawa^{2,4}, N. Mayama³, K. Toda³, Y. Ando¹, A. Tanaka^{4,5}, K. Nagamatsu⁴, M. Kushimoto¹, M. Deki⁴, S. Nitta⁴, Y. Honda⁴, and H. Amano^{4,6,7}

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

背景 高耐圧かつ高速動作可能な次世代パワー半導体材料として注目されている GaN は、自立基板で $10^4 \sim 10^7 \text{ cm}^{-2}$ 程度の転位が存在し、ホモエピタキシャル層へ伝搬した転位が素子特性に影響を与えることが知られている¹。我々は pn ダイオード (PND) におけるリーク起源となる転位種の解明に着手し、TEM の消滅則 ($\mathbf{g} \cdot \mathbf{b} = 0$) を用いて特定の混合転位がリークに寄与することを報告した²。今回、転位のバーガースベクトルを定量的に解析できる LACBED 法を適用し、リークに関係する転位種の同定を試みた。また、同転位と不純物の関係を 3 次元アトムプローブ (3DAP) により評価したのでこれを報告する。

実験方法 転位密度 $\sim 10^7 \text{ cm}^{-2}$ の GaN 自立基上に、n 型 GaN ドリフト層 ($\text{Si}: 3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$) を 5 μm , p 型 GaN 層 ($\text{Mg}: 3 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$) を 500 nm, p⁺GaN 層を 40 nm 成長した後、メサ構造を有する素子直径 180 μm の PND を作製した。まず、逆方向バイアス印加時の Emission 顕微鏡像を取得、pGaN 除去後のドリフト層を溶融 KOH によりエッチピットを開かせ位置相関を確認した。リーク点と一致するピット下の転位を LACBED 法によりバーガースベクトルを解析し転位種を同定、同形状のエッチピット下を 3DAP 評価し、転位への不純物の凝集を確認した。

結果と考察 Fig.1 に Emission 顕微鏡像とエッチピットの位置相関を示す。KOH エッチングにより大中小 3 水準のピットが開き、その内の中ピットと発光点が一致した。この中ピットを形成する、リークに関係する転位を LACBED 法によりバーガースベクトルを定量評価したところ、1c の螺旋転位であることが明らかとなった。この結果は消滅則を用いた結果 (混合転位) と相反しており、消滅則による転位種同定では不十分であることを示す。また、ピット下ドリフト層中の 3DAP 評価の結果を Fig. 2 に示した。転位に沿うように Mg の分布が確認され、濃度定量的結果 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 程度で転位周りに分布していることが明らかとなった。以上の結果より、1c 螺旋転位周りに残留 Mg の凝集または pGaN からの Mg 拡散が起きていることが示された。逆方向リーク電流と Mg 凝集との関係を明らかにするためには、他転位 (小・大ピット下) への Mg 分布の調査が必須である。

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。

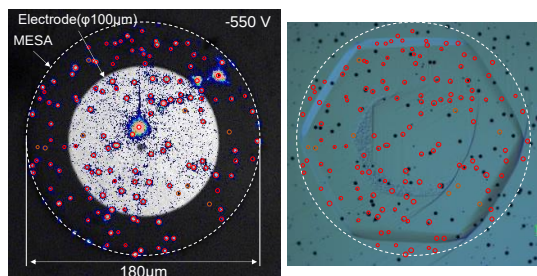


Fig.1 Positional relationship between emission image(left) and etch pit optical image(right). Red circles denote leakage spots.

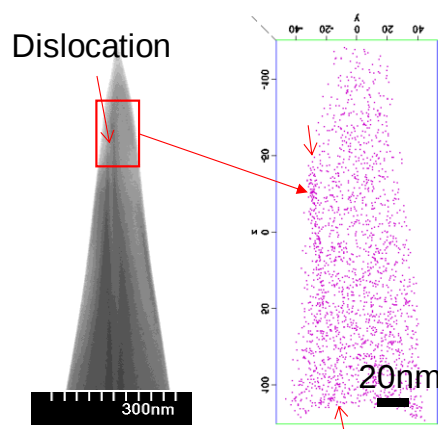


Fig.2 Needle sample of under medium pit (left) and Mg 3D mapping image by 3DAP analysis.

¹ Kim *et al.*, Appl. Phys. Lett. **104**, 102101 (2014)

² 宇佐美他, 第 64 回春季応用物理学会学術講演会, 横浜 2017, 14p-315-8