

GaN 自立基板上 pn ダイオードの逆方向リーク電流と 貫通螺旋転位周りに存在する Mg との関係

Relationship between reverse leakage current of p-n diodes on GaN free-standing substrate and Mg existing around threading screw dislocations

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, 東芝ナノアナリシス⁴, JFCC⁵, 名大赤崎記念研究センター⁶, 名大 VBL⁷

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

Dept. of Electronics, Nagoya Univ.¹, Nagoya Univ. IMASS², NIMS³, Toshiba Nanoanalysis Corp.⁴, JFCC⁵, Nagoya Univ. ARC⁶, Nagoya Univ. VBL⁷ S. Usami¹, A. Tanaka^{2,3}, N. Mayama⁴, K. Toda⁴, Y. Sugawara⁵, Y. Yao⁵, Y. Ishikawa^{2,5}, Y. Ando¹, M. Deki², S. Nitta², Y. Honda², and H. Amano^{2,3,6,7}

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

背景 我々は前回まで, GaN 自立基板上縦型 pn ダイオード (PND) において逆方向リーク電流を発生させる貫通転位について調査してきた. これまでのところ, 逆方向リークを示したのは Fig. 1(a)に示す大ピットを形成するナノパイプおよび Fig. 1(b)に示す中ピットを形成する螺旋転位であった[1,2]. Fig. 1(c)に示す小ピットはリークを示していない. しかしながら, その螺旋転位, ナノパイプ全てがリークを発生するわけではなく, 漏れない螺旋転位, 漏れないナノパイプが存在することが明らかとなっている[2]. すなわち GaN におけるリーク電流発生に関して, 転位種は必要条件であって必要十分条件ではない. 転位に付随してリークを発生させる別の要因が存在することが示唆される. 本発表ではその要因の一つとして転位への不純物凝集・拡散に着目し, 中ピットを形成する螺旋転位周りの Mg とリークの関係について調査した.

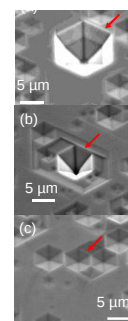


Fig. 1 Etch pits' shape.

実験方法 逆方向リーク特性の異なる二つの縦型 PND (PND-A, PND-B) を用意した.

IV 特性を Fig. 2 に示すように, PND-A は大きなリーク電流を示し, PND-B は比較的小さいリーク電流を示す. これら PND の逆バイアス印加時のエミッション観察より, ドット状のリークスポットが観察された. リークスポット密度は PND-A で $4.8 \times 10^5 \text{ cm}^{-2}$, PND-B で $3.0 \times 10^4 \text{ cm}^{-2}$ あった. これらリークスポットと転位種との比較を行うため, PND 上にエッチピットを形成した. エッチピット形成後の光学顕微鏡像にリークスポット位置を重ね合わせた結果を Fig. 3 に示す. PND-A ではほぼ全てのリークスポットと中ピットが一致した. それに対し PND-B は中ピットとの一致がほぼ見られない. このように中ピットとリークに関して全く異なる傾向を示す PND-A と PND-B の中ピットを 3 次元アトムプローブ (3DAP) によって転位周りの Mg 及び O, C を観察した.

結果と考察 中ピット下の転位の 3DAP 評価結果を Fig. 4 に示す. PND-A の中ピットを形成する螺旋転位の 3DAP 評価は ref. 3 にて既発表であるが, 螺旋転位に沿って Mg の分布が明瞭に観察される. それに対し, PND-B では中ピット下の転位に Mg の分布が観察されず, Mg の凝集・拡散が起きていないか, 検出下限 ($\sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-5}$) 以下の分布であったと考えられる. O および C についても転位に沿った分布は観察されなかった. 以上の結果から, 中ピットを形成する螺旋転位への Mg のデコレーションがリークを発生するものと考えられる.

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.

参考 [1] Usami et al., Appl. Phys. Lett. **112** (2018) 182106. [2] 宇佐美他, 第 79 回秋応物 20p-331-2. [3] 宇佐美他, 第 65 回春応物 18a-302-5.

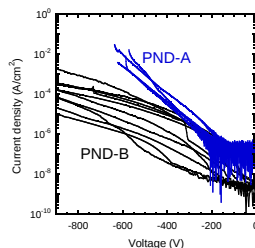


Fig. 2 Reverse IV characteristics.

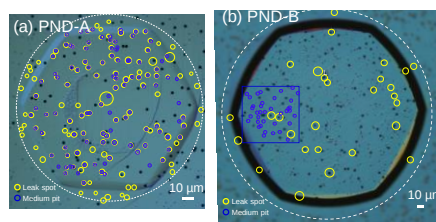


Fig. 3 Correlation between leak spots and etch pits.

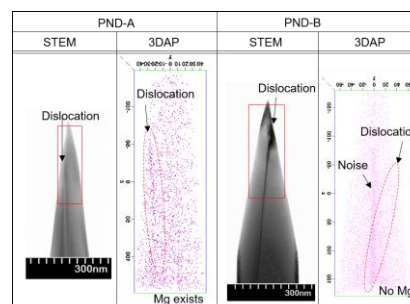


Fig. 4 STEM and 3DAP image under medium pits.