深堀メサ型 GaN 縦型 pn ダイオード絶縁破壊電界の貫通転位密度依存性

Threading dislocation density dependence of GaN p-n diodes with deeply etched mesa structure 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 ^O宇佐美 茂佳¹,田中 敦之^{2,3},福島 颯太¹,安藤 悠人¹,出来 真斗²,新田 州吾²,本田 善央²,天野 浩^{2,3,4,5} Dept. of Electronics, Nagoya Univ.¹, Nagoya Univ. IMaSS², NIMS³, Nagoya Univ. ARC⁴, Nagoya Univ. VBL⁵ ^oS. Usami¹, A. Tanaka^{2,3}, H. Fukushima¹, Y. Ando¹, M. Deki², S. Nitta², Y. Honda², and H. Amano^{2,3,4,5} E-mail: s usami@nuee.nagoya-u.ac.jp

背景 我々は深堀メサ構造の導入により, GaN 縦型 pn ダイオード (PND)のアバランシェ降伏現象の 観測に成功した[1]. しかしながら,その破壊電界は実効キャリア濃度 2×10¹⁶ cm⁻³において 2.48 MV/cm と,予想される GaN の破壊電界 (3.3 MV/cm) よりも小さい値であった. この原因としてドリフト層ド ナー濃度の面内揺らぎが挙げられた.一方,用いた GaN 自立基板の貫通転位密度は 3×10⁶ cm⁻² である ため,素子内に多量の貫通転位が含まれる. 貫通転位はリーク電流を増大させるだけでなく,破壊電界 を低下させるという報告があるため[2],深堀メサ構造における破壊電界の貫通転位密度依存性も調査 する必要がある.そこで本研究では,市販品では最も低い貫通転位密度を有するアモノサーマル (AT) GaN 自立基板上に PND を作製することで貫通転位密度依存性を評価した.

<u>実験方法</u>転位密度 5×10^4 cm⁻²未満の 2 inch 塩基性 AT-GaN 自立基板 (AT 基板)上に n⁺GaN 200 nm, n⁻GaN (Si: 2×10^{16} cm⁻³) 13 µm, pGaN (Mg: 3×10^{19} cm⁻³) 500 nm, p⁺GaN ~30 nm を 1000 hPa で成膜し, 深堀プロセスを施して縦型 PND を作製した.比較対象として同様のプロセスにて転位密度 3×10^6 cm⁻² の 2 inch HVPE-GaN 自立基板上 (HVPE 基板) に縦型 PND を作製した.まず CV 測定にて実効キャリ ア濃度を評価した後,逆方向 IV 特性より得た降伏電圧より破壊電界を求めた.

結果と考察 Fig. 1 に AT, HVPE 基板上 PND の素子径 540 μm の CV 測定結果を示す. AT 基板上では 1.98×10¹⁶ cm⁻³, HVPE 基板上では 1.99×10¹⁶ cm⁻³ とどちらも実効ドナー濃度は 2×10¹⁶ cm⁻³ 程度に制御 されていることがわかる. Fig. 2 に素子径 540 μm 複数素子 (HVPE 15 素子, AT 11 素子) の IV 特性を 示す. 降伏電圧は AT で-897 V, HVPE で-891 V となった. 電界シミュレーションの結果から, 深堀メ サ構造では電界分布が素子全体に均一に分布すると考えられるため, 破壊電圧と実効キャリア濃度お よび比誘電率 10.4 を用いて絶縁破壊電界を計算すると, どちらも 2.49 MV/cm となった. この結果から転位密度は絶縁破壊電界には影響しないものと考えられる. 絶縁破壊電界が依然として低いが, Fig. 3 に示すアバランシェ降伏時のエミッション像より, マクロステップに起因した不均一な絶縁破壊が発 生しており, 低破壊電界の要因は濃度揺らぎが支配的と考えられる. これらの結果は素子径 540 μm と 大きいため, 直径 100 μm のような小口径のデバイスで測定することにより, 濃度揺らぎの影響を抑えた評価が可能と考える.

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.

<u>参考文献</u> [1] 福島他, 第 79 回秋応物, 20p-331-1. [2] Y. Yoshizumi *et al.*, J. Cryst. Growth **298** (2007) 875.



Fig. 1 Net donor concentration evaluated by CV measurement



Fig. 2 Reverse IV characteristics



Fig. 3 Emission image at avalanche breakdown