# サブバンドギャップ光を用いた GaN 中二次元電界マッピング手法の提案

## Proposal of Two-Dimensional Electric Field Mapping Method for GaN by Sub-Bandgap-Wavelength Light

名大工 [1]，名大院工 [2]，名大未来研 [3]，物質・材料研究機構 [4]，赤﨑記念研究センター[5]，VBL [6]
○川崎晟也 [1]，福島颯太 [2]，宇佐美茂佳 [2]，安藤悠人 [2]，田中敦之 [3,4]，出来真斗 [3]，
久志本真希 [2]，新田州吾 [3]，本田善央 [3]，天野浩 [3,4,5,6]
Nagoya Univ.[1], Dept. of Electronics, Nagoya Univ.[2], IMaSS[3], NIMS[4], Akasaki RC[5], VBL[6]
○Seiya Kawasaki[1], Hayata Fukushima[2], Shigeyoshi Usami[2], Yuto Ando[2], Atsushi Tanaka[3,4], Manato Deki[3], Maki Kushimoto[2], Shugo Nitta[3], Yoshio Honda[3], and Hiroshi Amano[3,4,5,6]
Email: s.kawasaki@nagoya-u.jp

＜背景＞ 我々は前回まで，GaN 基板上縦型 pn ダイオード(PND)について，垂直にかつ破壊電圧における空乏層幅よりも深くメサを掘ることで，素子端部への電界集中を防ぎ，素子全体でのアバランシェ降伏が観察できることを報告してきた[1]．しかし，エミッション顕微鏡像からは，アバランシェによる増倍の様子に不均一性が見て取れ，電界の面内不均一性が示唆された．そこで本研究では新規電界観察手法として，サブバンドギャップ光による光誘起電流(OBIC, Optical Beam Induced Current)法を提案し，電界不均一性の観察を試みる．高逆バイアスされた PND にサブバンドギャップの光を入射すると，Flanz-Keldysh 効果(F-K 効果)に起因したサブバンドギャップ光吸収が起こり，光電流が観察されるという報告がある[2]．F-K 効果による光吸収は pn 接合界面近傍の高電界領域でのみ発生するため，電界観察への応用に適していると考えられる．そこで今回，高逆バイアスされた PND に対しサブバンドギャップ光を入射し，F-K 効果により高電界領域に選択的に光励起を行い，その光電流を取り出すことで電界の面内マッピング像を得ることを試みた．
＜実験＞ n 型 GaN 自立基板上に MOVPE により n 型 GaN(Si:1~2×$10^{16}$cm$^{-3}$, 13μm)，p 型 GaN(Mg:2×$10^{19}$cm$^{-3}$, 600nm)，p+型 GaN(Mg:>2×$10^{20}$cm$^{-3}$, 30nm)を成長させた．素子分離および電界緩和として ICP-RIE により，垂直に 10μm のエッチングを行った後，p 側に Ni/Au オーミック電極，n 側に Al オーミック電極を形成し PND を作製した．OBIC 測定には，エミッション顕微鏡(Hamamatsu Photonics, PHEMOS-1000)の光加熱抵抗変化 (OBIRCH, Optical Beam Induced Resistance Change) 測定系を，入射レーザーを赤外レーザーから，GaN のバンドギャップに相当する 365nm よりも長波長で，かつ F-K 効果が観察可能な波長 405nm[2]のブルーレーザーへ変更し用いた．PND に降伏電圧程度の逆バイアスを印加した状態で，裏面(基板側)からレーザーを入射・走査させ，サブバンドギャップ光吸収で生じる光電流量をグレースケール像で取得した．
＜結果＞ 図 1 に作製した PND の逆方向 I-V 特性(光照射無し)を示す．従来通りアバランシェ降伏が観察されていることがわかる．図 2(a)に Si-CCD による無バイアス時の PND のパターン像を示す．パターン像からは GaN エピ層のマクロステップを反映したと考えられる縞状の濃淡が観察されている．図 2(b)にアバランシェ降伏近傍の電圧(930V)で，OBIC 測定により取得した光電流のグレースケール像(OBIC 像)を示す．OBIC 像においても，パターン像とよく一致した縞状の濃淡が観察されていることがわかる．OBIC 像は暗いほど光電流が大きいことを示している．光電流が大きい部分では F-K 効果による光吸収がよく起きていると考えられ，OBIC 像の暗部では局所的に電界が強くなっていることが示唆される．MOVPE により成長させた n 型 GaN では，マクロステップが不純物濃度の面内不均一性に影響を与えることが報告されており[3]，マクロステップによる不純物濃度の揺らぎを反映したものと考えられる．

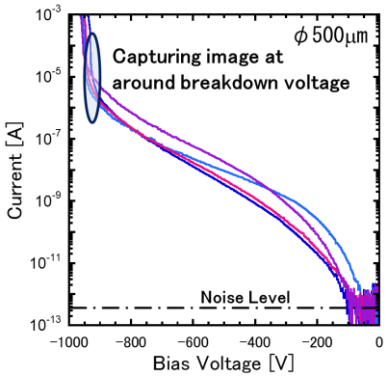


Fig.1. Reverse biased I-V characteristic of PND.

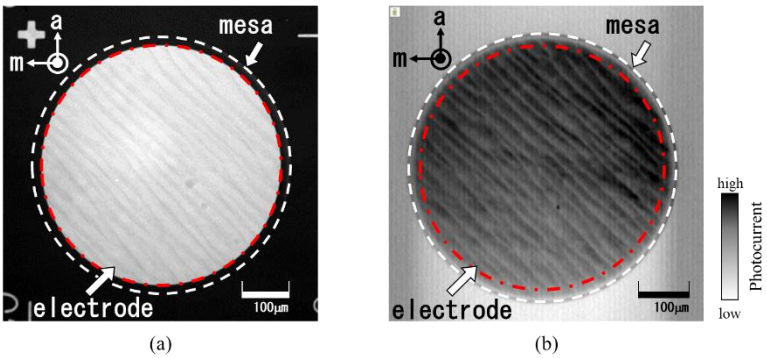


Fig.2. (a) Si-CCD image, (b)OBIC measurement image with applying voltage just before breakdown.

[1] H.Fukushima *et al.*, 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会, 20p-331-1 (2018)
[2] T.Maeda *et al.*, Appl. Phys. Lett. **112**, 252104 (2018)
[3] H.Fujikura *et al.*, Appl. Phys. Express **11**, 045502 (2018)

© 2019年 応用物理学会