

GaN 縦型 p-n ダイオードにおける 2 光子吸収光電流の測定 Measurement of Two-Photon Induced Current in GaN Vertical p-n Diode

名大院工¹, 名大未来研², 物材機構³, 阪大院工⁴, 赤崎記念研究センター⁵, 名大 VBL⁶

○川崎晟也¹, 安藤悠人¹, 田中敦之^{2,3}, 塚越真悠子⁴, 谷川智之⁴, 出来真斗²,
久志本真希¹, 新田州吾², 本田善央², 天野浩^{2,3,5,6}

Dept. of Electronics, Nagoya Univ.¹, IMASS², NIMS³, Osaka Univ.⁴ Akasaki R.C.⁵, VBL⁶

○Seiya Kawasaki¹, Yuto Ando¹, Atsushi Tanaka^{2,3}, Mayuko Tsukakoshi⁴, Tomoyuki Tanikawa⁴,
Manato Deki², Maki Kushimoto¹, Shugo Nitta², Yoshio Honda², and Hiroshi Amano^{2,3,5,6}

Email: s.kawasaki@nagoya-u.jp

＜背景＞ 多光子励起顕微鏡観察は多光子吸収過程を用いることで共焦点効果が得られ、試料内部の 3 次元イメージングが可能となる強力な評価ツールであり、最近ではワイドギャップ半導体の転位伝搬観察に利用されている[1][2]。しかしながら、多光子励起顕微鏡を用いた半導体の観察はフォトルミネッセンス等の光学的な評価にとどまっており、電気的な評価と組み合わせた報告は少ない[3][4]。そこで本研究では、多光子励起顕微鏡の電気特性評価への応用に向け、GaN 縦型 p-n ダイオード(PND)における 2 光子励起光電流の励起深さ依存性について評価を行った。

＜実験＞ n 型自立 GaN 基板上に MOVPE により n 型 GaN ([Si]: $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, 13 μm) , p 型 GaN ([Mg]: $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$, 600 nm) , p+型 GaN ([Mg]: $>2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$, 30 nm) 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 10 μm 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。多光子励起には NIKON 社製多光子励起顕微鏡(A1MP+)を用いた。励起光源として Ti/Sapphire 超短パルスレーザーを用い、励起波長は 2 光子励起となる 700 nm とし、対物レンズで PND へ集光照射した。X-Y スキャンは行わず、逆バイアスを印加した PND の表面から内部へレーザー焦点を移動させ、光電流を測定した。

＜結果＞ 測定結果を図 1 に示す。横軸は対物レンズの原点を 0 とした移動距離(NEP)、縦軸は無バイアス時の最大値で規格化した光電流である。NEP に対して、光電流はガウス分布状を呈した。焦点近傍における光軸方向の 2 光子励起光強度分布は点拡がり関数(PSF)で記述され、励起波長 700 nm の場合、半値全幅 3 μm 程度のガウス分布で近似できることが知られており[5]、得られた光電流の変化はこの PSF に起因したものと考えられる。また、逆バイアス電圧を高くするにつれ、ピーク位置がシフトし、光電流の変化が左右非対称になっていくことがわかる。これは逆バイアスを印加することで PSF が PND 内部で変調されていることを示唆している。多光子励起光電流測定で得られる光電流分布は PSF と PND 内部の光吸収に関する信号との畳み込みで記述できる。すなわち、得られた光電流分布に対して逆畳み込み演算を行い、信号を復元することで、デバイス動作時の深さ方向の電界強度分布や空乏層の広がりなどが評価可能であると考えられる。

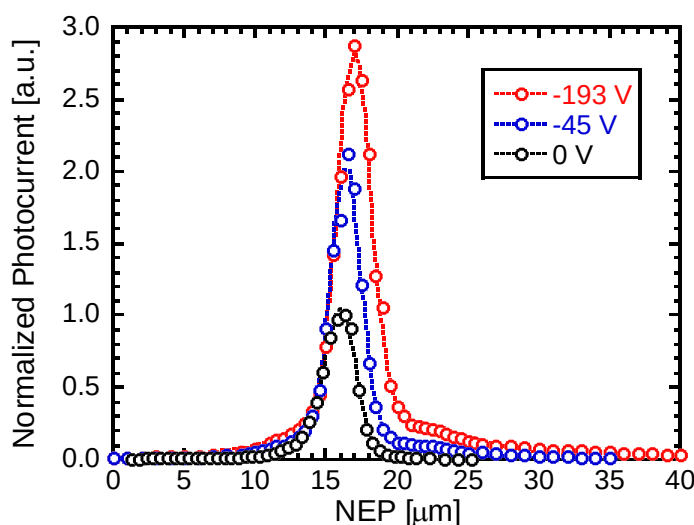


Fig.1. Depth distribution of two-photon induced photocurrent at several reverse bias conditions.

【謝辞】本研究は、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」の支援を受けたものです。本研究は、名古屋大学未来材料・システム研究所における共同利用・共同研究として実施されました。

参考文献

- [1] T. Tanikawa *et al.*, Appl. Phys. Express **11**, 031004 (2018).
- [2] R. Tanuma *et al.*, Appl. Phys. Express. **7**, 121303 (2014).
- [3] F. J. Kao *et al.*, Opt. Lett. **24**, 1407 (1999).
- [4] C. Xu *et al.*, Appl. Phys. Lett. **71**, 2578 (1997).
- [5] W. R. Zipfel *et al.*, Nat. Biotechnol. **21**, 1369 (2003).