

多光子励起 OBIC を用いた GaN 縦型 p-n ダイオード駆動中における キャリア濃度分布測定手法の提案

Proposal of a Method for Carrier Concentration Distribution Measurement in GaN Vertical p-n Diode under Forward Bias utilizing Multi Photon Excitation OBIC

名大院工¹, 名大未来研², 赤崎記念研究センター³, 名大 VBL⁴

○八木誠¹, 川崎晟也¹, 隈部岳瑠¹, 安藤悠人², 田中敦之², 出来真斗^{1,4},
久志本真希¹, 新田州吾², 本田善央², 天野浩^{2,3,4}

Dept. of Electronics, Nagoya Univ.¹, IMASS, Nagoya Univ.², ARC, Nagoya Univ.³, VBL, Nagoya Univ.⁴

○Makoto Yagi¹, Seiya Kawasaki¹, Takeru Kumabe¹, Yuto Ando², Atsushi Tanaka², Manato Deki^{1,4},
Maki Kushimoto¹, Shugo Nitta², Yoshio Honda², and Hiroshi Amano^{2,3,4}

Email: yagi.makoto@k.mbox.nagoya-u.ac.jp

【背景】 GaN は, SiC などの間接遷移型の半導体に比べ再結合寿命が短く, PiN ダイオード等のバイポーラデバイスにおいて, 伝導度変調は遙かに発生しにくい. しかし最近, 縦型 GaN p-n ダイオードにおいて抵抗領域での伝導度変調による直列抵抗の低下が報告された[1]. これは, キャリア再結合によって発生した光子が再び吸収されるフォトンリサイクリング効果によると考えられている. しかし, 順方向電圧を印加中のキャリア拡散から変調分の電流を評価する実験に基づいた伝導度変調機構の解析は未だ報告されていない. 多光子励起顕微鏡による光誘起電流(OBIC)を測定することで, キャリア分布を測定できる可能性がある. この手法は通常の 1 光子励起と比較して, 空間的に狭い箇所に絞ってキャリアを生成することができる[2]. そこで本研究では, 伝導度変調機構の解析に向けて, 多光子励起顕微鏡を用いて微小領域にキャリアを注入しながら順方向 I-V 測定を行うことで, ダイオード内部のキャリア分布測定を試みた.

【実験】 本研究では, n 型 GaN 基板を用いて, MOVPE により 10 μm の n 型 GaN([Si]: $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$) ドリフト層, 600 nm の p 型 GaN([Mg]: $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$)層, 20 nm の p⁺型 GaN([Mg]: $>2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$)コンタクト層を成長させた. ICP-RIE による 10 μm の素子分離エッチングを行い, p 側に Ni/Au, n 側に Al 電極を形成した. 劈開で光入射用の断面を露出させ, 波長 700 nm の Ti/Sapphire 超短パルスレーザーを用いて, 二光子励起によりキャリア注入を行った. 二光子励起には NIKON 社製多光子励起顕微鏡(AIMP⁺)を用いた. 図 1 に示す GaN 基板とエピタキシャル層の界面を原点として成長方向にキャリア注入領域を移動させ, 順方向電流を測定した. その後, 各点で得られた電流に拡散電流や再結合電流を用いてフィッティング解析を行うことで直列抵抗を算出した.

【結果】 測定結果を図 2 に示す. 横軸は自立 GaN 基板とエピタキシャル層の界面を原点とした成長方向への移動距離 縦軸は光照射無しの直列抵抗で規格化を行った規格化直列抵抗である. n⁺近傍領域にキャリア注入を行った場合に, 直列抵抗が減少する傾向が見られた.これは図 3 に示すような正孔枯渇領域に正孔が注入されることで, 内部が伝導度変調に近い状態に変化したためと考えられる. シミュレーションによる電流値と比較することにより, キャリアの分布を電流として測定できる可能性が示唆された.

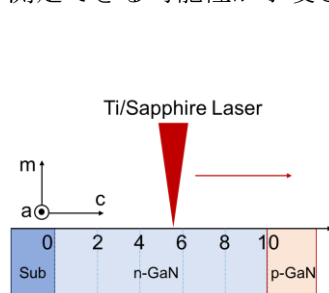


Fig1. Schematic of measurement

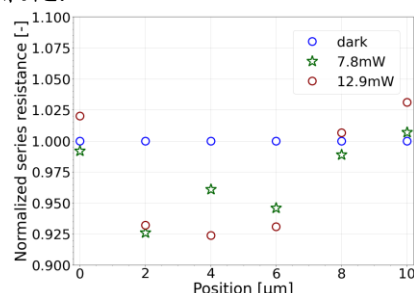


Fig2 Position dependence of normalized series resistance.

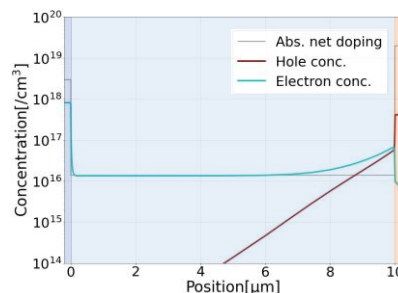


Fig3. Simulation results for carrier distribution inside diode at 0.1 kA/cm²

本研究は, 文部科学省 革新的パワーエレクトロニクス創出基盤技術研究開発事業 JPJ009777 の助成を受けたものです.

参考文献

- [1] J. Takino *et al.*, Appl. Phys. Express **13**, 071010 (2020).
- [2] C.Xu *et al.*, J.Appl. Phys. **86**, 2226 (1999).