

Below-gap 光照射を用いた SiO₂/p 型 GaN 構造の正孔トラップ評価 Evaluation of Hole Traps in SiO₂/p-GaN Structures by Below-gap Light Illumination

阪大院工¹ ○富ヶ原 一樹¹, 小林 拓真¹, 野崎 幹人¹, 志村 考功¹, 渡部 平司¹

Osaka Univ.¹ ○Kazuki Tomigahara¹, Takuma Kobayashi¹,

Mikito Nozaki¹, Takayoshi Shimura¹, and Heiji Watanabe¹

E-mail: tomigahara@ade.prec.eng.osaka-u.ac.jp

【はじめに】高効率・高信頼性 GaN MOS デバイスの実現に向け、高品質な GaN MOS 構造の形成が不可欠である。これまでに我々は、SiO₂/n 型 GaN 構造に酸素熱処理を施すことで、良好な界面特性が得られることを報告してきた[1]。一方、SiO₂/p 型 GaN 構造では、顕著な C-V ヒステリシスが観測され、正常な正孔蓄積に至らないことから高密度の正孔トラップの存在が示唆される[2]。従って、正孔トラップの低減に向け、その起源の理解が重要であり、正孔トラップの密度およびエネルギー位置を正確に評価する必要がある。本研究では、SiO₂/p 型 GaN 構造に対し、Below-gap 光 ($E_{hv} = 1.39 - 2.21$ eV) を照射することで、正孔トラップの評価を行った。

【実験方法・結果】試料には n 型 GaN 自立基板上に成長した p 型 GaN エピ層 (Mg: 5.0×10^{17} cm⁻³) を用いた。試料をアセトンおよび 50% HF で洗浄後、800°C 20 分の脱水素アニールを N₂ 雰囲気中で行った。続いて、プラズマ CVD 法により SiO₂ 膜を約 20 nm 成膜し、800°C 30 分の酸素熱処理を行った。最後に、表面に Ni ゲート電極、裏面に Al 電極を蒸着することで MOS キャパシタを作製した。図 1 に MOS キャパシタの暗状態における 1 kHz 双方向 C-V 特性を示す。まず、1 回目の掃引では、酸化膜容量 (C_{SiO_2}) までの正孔蓄積がみられず、正孔トラップに伴う大きなヒステリシスも確認された。続く 2 回目の掃引では、トラップされた正孔の大部分が放出されず、C-V 曲線の負方向シフトが観測された。このように正孔を界面に捕獲した後、図 2 のように空乏バイアス +10 V 下で Below-gap 光を 300s 照射し、正孔のデトラップ過程を観測した。この際、光のエネルギーを $E_{hv} = 1.39 - 2.21$ eV の範囲で変化させた。図 1 に示したように、一度界面にトラップされた正孔は暗状態ではほとんど放出されない。しかし、図 3 に示すように、光照射を行うことで正孔がデトラップし、初期 C-V 特性への回復が観測される。ここで、比較的低エネルギー (1.39 - 1.88 eV) の光照射の場合、特性が完全に回復し切らないことが確認できる。対して、2.07 eV 以上の光照射後の C-V 特性は初期特性と一致し、暗状態の掃引でトラップされた正孔を完全にデトラップできたといえる。以上のことから、SiO₂/p 型 GaN 構造においては GaN の価電子帯上端から 2.07 eV までの広いエネルギー範囲に正孔トラップが分布しており、この低減が重要と結論される。講演当日は界面形成プロセスを変えた試料の評価結果についても述べる。

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。

[1] T. Yamada *et al.*, Appl. Phys. Express **11**, 015701 (2018). [2] 山田他, 第 79 回 応用物理学会秋季学術講演会, 19p-CE-10 (2018).

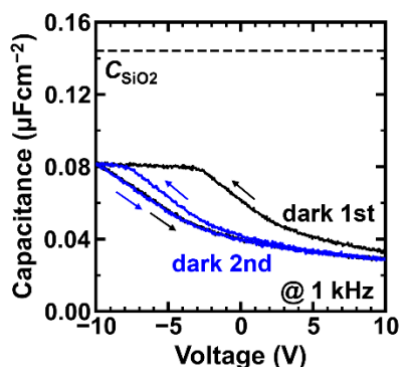


Fig. 1: Bi-directional C-V characteristics of p-type GaN MOS capacitors measured in dark (frequency: 1 kHz).

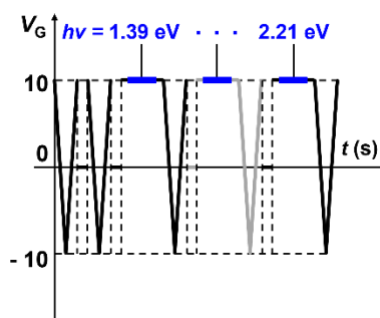


Fig. 2: Flow of below-gap photo-assisted C-V measurements in this study.

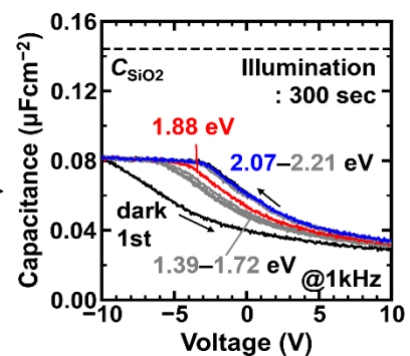


Fig. 3: C-V characteristics before and after below-gap light illumination (frequency: 1 kHz).