

紫外光照射による GaN MOS 構造における正孔トラップの評価

Evaluation of Hole Traps in GaN MOS Structures by Ultraviolet Light Illumination

阪大院工¹ °富ヶ原 一樹¹, 中沼 貴澄¹, 溝端 秀聡¹, 野崎 幹人¹,

小林 拓真¹, 志村 考功¹, 渡部 平司¹

Osaka Univ.¹ °Kazuki Tomigahara¹, Takato Nakanuma¹, Hidetoshi Mizobata¹, Mikito Nozaki¹,

Takuma Kobayashi¹, Takayoshi Shimura¹, and Heiji Watanabe¹

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

【はじめに】低損失 GaN MOSFET の実現に向け、高品質な GaN MOS 界面の形成が不可欠である。これまでに我々は、SiO₂/GaN 構造に酸素熱処理を施すことで、電子トラップが低減することを報告した[1]。一方、GaN MOS 界面では正孔伝導が極めて困難であることを指摘しており[2]、正孔トラップの詳細な評価が必要である。本研究では比較的入手が容易な n 型 GaN 基板上に MOS キャパシタを作製し、紫外光照射により少数キャリアである正孔を誘起することで、正孔トラップの評価を行ったので報告する。

【実験方法・結果】n 型 GaN エピ層 ([Si]: $2.0 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$) を 50% HF で洗浄後、プラズマ CVD で SiO₂ 膜を約 50 nm 成膜した。成膜初期には、窒素添加条件で SiON 層を約 5 nm 形成することで、SiO₂ 中への Ga 拡散を抑制した上[3]、800°C、30 分の酸素熱処理を行った。また、比較のために NO 窒化処理を施した SiO₂/SiC (0001) 試料も用意した。これらの試料に対し、薄い Ni 表面電極 (厚さ 11 nm, 直径 200 μm) を蒸着することで MOS キャパシタを作製した。ここで電極を薄くしたのは、紫外光 (λ : 250–450 nm) を電極越しに界面に照射するためである。図 1 に作製した MOS キャパシタの 1 kHz 双方向 C-V 特性 (紫外光有/無) を示す。まず、SiC, GaN のいずれの試料も紫外光を照射することで、正孔蓄積による負バイアス側での容量増加が確認された。つづいて正孔トラップ評価のために、紫外光照射下で酸化膜電界 -4 MV/cm に対応する負電圧ストレスを印加し、C-V 特性の変動を観測した。その結果、図 2 に示すように、ストレス印加に伴い、膜中トラップへの正孔充電による C-V 特性の負方向シフトが観測された。特性の変動は GaN の場合に顕著であることが分かる。図 3 にフラットバンド電圧変動 (ΔV_{FB}) をストレス印加時間に対してプロットした結果を示す。図には、比較のために厚い Al 電極 (厚さ 60–70 nm, 直径 100 μm) の SiC MOS キャパシタの結果も示す。SiC は間接遷移半導体であるために正孔の再結合寿命が長く、電極面積が小さい場合 (直径 100 μm) は、紫外光照射により電極周囲に誘起した正孔が電極直下に十分に供給される[4]。本研究では薄い Ni 電極を採用して紫外光を電極越しに照射することで、電極面積が大きい場合 (直径 200 μm) にも十分な正孔を誘起し (図 1), 正孔トラップの評価を可能にしている。実際に図 3 に示すように、 V_{FB} の変動は厚い電極の場合とほぼ整合することが分かる。一方、GaN は直接遷移半導体であるため正孔の再結合寿命が短く、電極周囲から直下に正孔を供給することは困難である。しかし GaN の場合にも、薄い電極を採用することで十分な正孔蓄積が確認され (図 1), 本手法で正孔トラップの評価が可能である。図 3 に示すように GaN MOS 構造では V_{FB} 変動が SiC の場合よりも顕著であり、GaN MOS 構造では正孔トラップが高密度に存在するといえる。講演当日は成膜条件を変えた場合の比較についても紹介する。

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) 及び科研費 (19H00767) の助成を受けた。

[1] T. Yamada *et al.*, Appl. Phys. Express **11**, 015701 (2018). [2] 和田他, 第 82 回 応用物理学会秋季学術講演会, 12p-N305-6 (2021).

[3] T. Yamada *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **58**, SCCD06 (2019). [4] Y. Katsu, *et al.*, Mater. Sci. Forum **858**, 599 (2016).

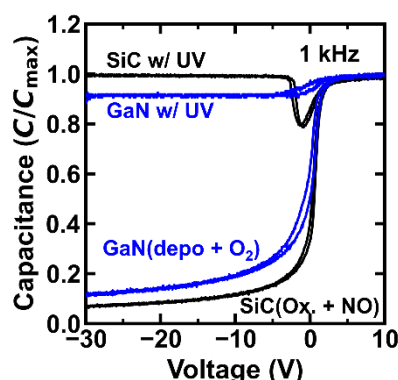


Fig. 1: Bi-directional C-V characteristics of GaN and SiC MOS capacitors with and without UV illumination (frequency: 1 kHz).

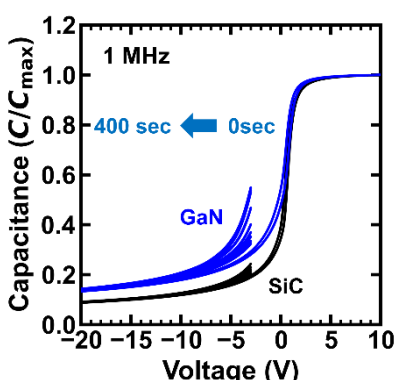


Fig. 2: Exemplary C-V characteristics obtained during the negative bias stress measurements (frequency: 1 MHz).

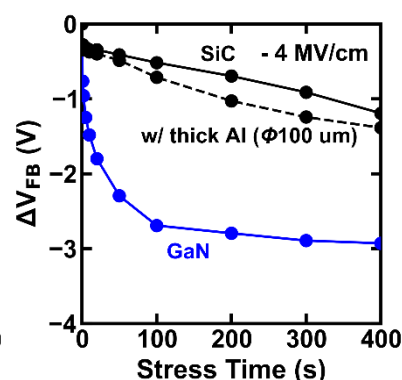


Fig. 3: ΔV_{FB} as a function of stress time. A stress corresponding to oxide field of -4 MV/cm was applied.