HCI 前洗浄した Al₂O₃/GaN 界面の高温電気的特性

Electrical Properties at Elevated Temperature of Al₂O₃/GaN Interface with HCl Pretreatment 名大院工⁰長井 大誠, 田岡 紀之, 大田 晃生, 牧原 克典, 宮崎 誠一 Nagoya Univ. T. Nagai, N. Taoka, A. Ohta, K. Makihara, and S. Miyazaki E-mail: <u>nagai.taisei@f.mbox.nagoya-u.ac.jp</u>

【序】GaN は新たなパワーMOSFET 向け材料として注目されている。しかし、GaN MOS 界面では、伝導帯端近傍の界面準位密度(D_{ii})は低いが、依然として界面欠陥が多量に存在すると考えられ、界面電荷の低減プロセスの確立が求められている。多量の界面欠陥の存在の原因の一つに、表面処理によって安定な GaN 表面を得ることが困難であることが挙げられる。一方、我々は HCl 洗浄により、GaN 表面を Cl によって概ね 70%被覆可能であることを報告しており[1]、それが界面の化学結合状態や室温での電気的特性に与える影響について報告した[2]。本研究では高温(425K)での電気的特性から HCl 前洗浄が Al₂O₃/GaN MOS 界面特性に与える影響について調べた。

【実験】n-GaN エピタキシャル層(不純物濃度: 5×10¹⁶ cm⁻³)を 有する GaN(0001)自立基板を HF 洗浄後、80℃の HCl, H₂O₂ と 水の混合溶液(SC2)で洗浄を行った。一部の試料では、SC2 洗 浄を行わなかった。その後、TMA と H₂O を用いた原子層堆積 法により、36 nm の Al₂O₃ 膜を 300℃で形成した。最後に、ゲ ート電極および裏面電極に Al を形成することにより、MOS キ ャパシタを作製し、これらのキャパシタの界面特性を *C-V* 法 およびコンダクタンス法により調べた。

【結果】図 1 に HF 洗浄(HF)および HF 洗浄と SC2 洗浄 (HF+SC2)を行った MOS キャパシタの *C-V* 特性を示す。測定 温度は 425K である。また、425K の理想 *C-V* 特性も合わせて 示す。*C_{FB}* はフラットバンド容量である。HF 試料の方が *C-V*

曲線のストレッチアウトが小さいことから、 D_{ii} が低い ことが考えられる。また、どちらの試料も理想 C-V曲 線に比べ、正バイアス方向にシフトしていることが分 かる。正負の電荷が界面に混在している場合、シフト 量から界面電荷量を評価することは困難である。表面 ポテンシャル揺らぎ(σ_s)は、正負の電荷量の混在に伴っ て増大することから、HF と HF+SC2 の試料に対して σ_s を比較する。図 2(a)に E_c-E~0.36 eV における 425K で測定したコンダクタンスカーブおよび Nicollian らの モデルを基に計算で求めたコンダクタンスカーブ(黒 線)[3]を示す。これらのフィッティングの結果から HF と HF+SC2 試料の D_{ii} と σ_s を求めた。その結果、E_c-E~0.36 eV において D_{ii} は、それぞれ 1.0×10¹¹、1.8×10¹¹ cm⁻²eV⁻¹ と算出された。一方、 σ_s のエネルギー分布(図



Fig. 1: 1MHz *C-V* curves of the MOS capacitors at 425K and the ideal *C-V* curve.



rig. 2. (a) σ_p/ω curves for the MOS capacitors measured at 425K. Here, solid lines are calculated curves. (b)Energy distributions of σ_s measured at 425K.

2(b))は HF+SC2 試料の方が小さく抑えられており、SC2 洗浄が Al₂O₃/GaN MOS 界面における帯電 電荷量を低減させている可能性を示唆している。

【謝辞】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。GaN 試料は(株)豊田中央研究所より御提供頂いた。

【参考文献】[1] Yue Xu et al., 第 66 回応用物理学会春季学術講演会, 11p-PB3-3 (2019).

[2] Nagai et al., 第68回応用物理学会春季学術講演会, 16a-Z13-2 (2021).

[3] E. H. Nicollian et al., MOS (Metal Oxide Semiconductor) Physics and Technology, 1982.