

GaN 横型 MISFET チャンネル移動度に対する界面準位の影響

The effect of interface state on channel mobility in GaN lateral MISFET.

名大院工¹, 名大未来材料・システム研究所², 物質・材料研究機構³, 名大赤崎記念研究センター⁴, 名大 VBL⁵

○安藤 悠人¹, 中村 徹², 出来 真斗², 宇佐美 茂佳¹, 田中 敦之^{2,3}, 渡邊 浩崇²,

久志本 真希¹, 新田 州吾², 本田 善央², 天野 浩^{2,3,4,5}

Dept. of Elec., Nagoya Univ.¹, IMASS, Nagoya Univ.², NIMS³, ARC, Nagoya Univ.⁴, VBL, Nagoya Univ.⁵

○Y. Ando¹, T. Nakamura², M. Deki², S. Usami¹, A. Tanaka^{2,3}, H. Watanabe²,

M. Kushimoto¹, S. Nitta², Y. Honda², and H. Amano^{2,3,4,5}

E-mail: yuuto_a@nuee.nagoya-u.ac.jp

窒化ガリウム(GaN)パワーMISFETにおいて、導通損失を物性限界に近づけるためゲート絶縁膜/GaN 界面におけるチャンネル移動度の向上が必須である。Si MOSFET においてチャンネルでのキャリアの散乱要因は、ゲート電極から印可されるチャンネルに対して垂直の実効電界強度 E_{eff} あるいは表面電子濃度 N_s に依って異なることが知られている^[1]。以前我々は $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{GaN}$ 蓄積チャンネル横型 MISFET における実効チャンネル移動度 μ_{eff} の成分分離を行い、低電界領域での Coulomb 散乱を受けた移動度成分 μ_{Coulomb} が Si MOSFET と同様 N_s のべき乗に比例することを報告した^[2]。本研究では μ_{Coulomb} への界面準位密度 D_{it} の影響の解明を目的とする。

c 面低抵抗 GaN 基板上に MOVPE 法により意図的なドーピングをしない GaN を $5\mu\text{m}$ 成長し、Si をイオン注入しソース・ドレイン領域を形成した。ゲート絶縁膜として熱 ALD 法によりステージ温度 350°C で $\text{TMA} \cdot \text{H}_2\text{O}$ を用いて Al_2O_3 を 50nm 堆積した。ソース・ドレイン電極として Ti/Al, ゲートおよびパッド電極として Ni/Au を堆積し、蓄積チャンネル横型 MISFET を作製した。金属の堆積には電子線蒸着装置を用いた。測定にはチャンネル長 $L_{\text{ch}}=100\mu\text{m}$ の素子を用いた。測定後に N_2 雰囲気中 400°C , 1 時間の熱処理(postmetallization annealing : PMA^[3])を施した後再度測定を行い、PMA 前後での特性の変化を観察した。

Fig.1 に $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{n-GaN}(\text{Si}:4 \times 10^{16} \text{cm}^{-3})$ MIS キャパシタにおける D_{it} 分布の PMA による変化を示す。PMA 処理により伝導帯下端 E_C 近傍の D_{it} は Terman 法の検出下限以下まで減少し、 $E_C - 0.2 \sim 0.3 \text{ eV}$ 付近では一桁程度減少した。またフラットバンド電圧 V_{FB} は PMA によって 2.7 V 程度正方向にシフトし、Ni の仕事関数と n-GaN の電子親和力の差より求まる理想 V_{FB} に近づくことから、PMA は D_{it} および正の実効固定電荷 Q_{F} の双方の低減に効果があることを確認した。

MISFET においては伝達特性から PMA によってサブスレッショルドスロープは 115 から 87 mV/decade へと減少し、 V_{TH} は 2.8 V 程度正にシフトしたことから、MIS キャパシタと同様に PMA によって D_{it} および Q_{F} が減少したと考えられる。Fig.2 に μ_{Coulomb} の N_s 依存性を示す。ここで N_s はゲート-チャンネル間容量-電圧特性から求め、 μ_{Coulomb} は測定した μ_{eff} のうち E_{eff} の増大に伴い低下する成分を Matthiessen's rule より除くことで抽出した。 μ_{Coulomb} は PMA により高移動度側へシフトしていることから、PMA は MISFET においても D_{it} および Q_{F} の減少に効果があり、Coulomb 散乱を受けた低電界での移動度が向上することが分かった。

【謝辞】本研究は内閣府「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)」の助成を受け行われました。

[1] S. Takagi, *et al.*, IEEE Trans. Electron Devices, **41**, 2357 (1994).

[2] 安藤他, 応用物理学会第 78 回秋季学術講演会, 21a-331-5 (2018).

[3] Hashizume, *et al.*, Appl. Phys. Exp., **11**, 124102 (2018).

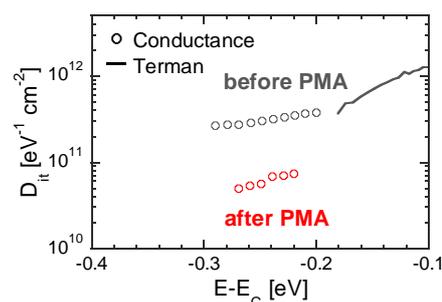


Fig.1 D_{it} distribution of $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{n-GaN}$ MIS capacitor before and after PMA.

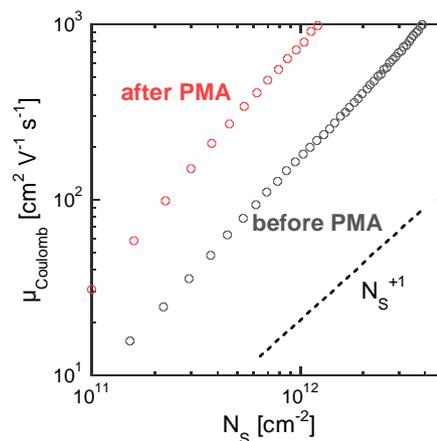


Fig.2 Electron mobility in low effective electric field versus surface electron density of MISFET before and after PMA.