GaN 基板上横型 MIS FET における移動度の面方位依存性

The plane orientation dependence of mobility in lateral MIS FET fabricated on GaN substrate.

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]，名大赤﨑記念研究センター[4]，名大 VBL[5]
○安藤 悠人[1]，中村 徹[2]，出来 真斗[2]，田中 敦之[2,3]，宇佐美 茂佳[1]，Ousmane 1 Barry[1]，
久志本 真希[1]，新田 州吾[2]，本田 善央[2]，天野 浩[2,3,4,5]
Nagoya Univ.[1,2,4,5], NIMS[3], ○Y. Ando[1], T. Nakamura[2], M. Deki[2], A. Tanaka[2,3], S. Usami[1], O. 1. Barry[1],
M. Kushimoto[1], S. Nitta[2], Y. Honda[2], and H. Amano[2,3,4,5]
E-mail: yuuto_a@nuee.nagoya-u.ac.jp

窒化ガリウム（GaN）パワーデバイスの実現に向けて極性面である c 面が多く研究されているが，非極性面や半極性面等の面も利用できる可能性がある．4H-SiC では MIS 構造の界面準位密度や MIS FET のチャネル移動度について面方位依存性が詳細に調査されており，GaN においてもこれらを調査することは縦型パワーFET の高性能化に向けて必要不可欠である．本報告では m 面および c 面に作製した横型 MIS FET の特性について報告する．

m 面（a 軸方向 0.5°オフ（a0.5）・c 軸方向−5°オフ（c−5），キャリア濃度 2×10^{17} cm^{-3}）および c 面（a 軸方向 0.4°オフ，キャリア濃度 2×10^{18} cm^{-3}）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 5μm 成長した．以前の報告[1]よりこれらの基板上のエピ層間では意図せず取り込まれる不純物の濃度に大きな差がないことを確認している．Si をイオン注入しソースならびにドレイン領域を形成した後，ゲート絶縁膜として熱 ALD 法により基板温度 260℃にて TMA，H_2O をソースとして Al_2O_3 を 50nm 堆積した．ソースならびにドレイン領域に Ti/Al を堆積し，シンタリングアニールを行った．ゲートおよびパッド電極として Ni/Au を堆積し，横型 MIS FET を作製した．金属の堆積には全て電子線蒸着装置を用いた．

Fig.1 に MIS FET と同条件にて n-GaN（Si:4×10^{16} cm^{-3}）上に Al_2O_3 を製膜し作製した MIS キャパシタの容量-電圧特性を示す．静電容量は最大値で規格化しており，測定周波数は 50~1MHz である．この周波数領域ではどの面方位においても目立った周波数分散は見られず，良好な界面を形成していると考えられる．ただし，フラットバンド電圧は c 面と m 面で大きく異なっており，ゲート電極の Ni の仕事関数を 5.20 eV，GaN の電子親和力を 4.10 eV としたとき，フラットバンドシフト量から求めた正の固定電荷密度は c 面，m 面 a0.5，c−5 でそれぞれ，N_f = 3.54，2.10，2.36×10^{12} [cm^{-2}]であり，m 面上では c 面上よりも Al_2O_3 膜中或は界面の固定電荷密度が低いことが明らかになった．

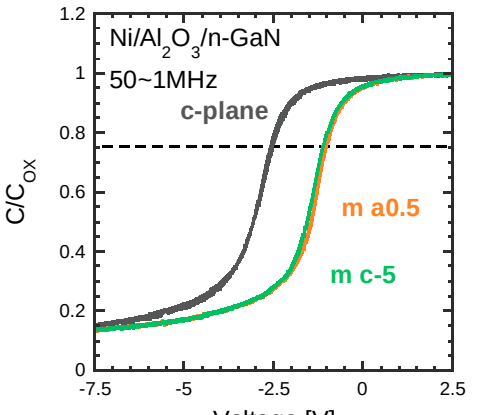


Fig.1 The C-V characteristics of Ni/Al_2O_3/GaN MIS capacitors measured from 50 to 1MHz. Broken line indicates flat-band capacitance normalized by C_{OX}.

Fig.2 にゲート長 L=100 [μm]，ゲート幅 Z=50 [μm] の素子の線形領域（ドレイン-ソース間電圧 V_{ds} = 100 [mV]）における伝達特性を示す．ドレイン電流の線形外挿により求めた閾値電圧は c 面，m 面 a0.5，c-5 に対してそれぞれ V_{th} = −2.80, −0.884, −1.09 [V]であり，MIS キャパシタのフラットバンド電圧と同程度であった．また相互コンダクタンスより求めた電界効果移動度の最大値はそれぞれ μ_{FE_max} = 136，163，156 [cm^2/Vs]であり，m 面が c 面よりも高い移動度を示した．以上の結果から，絶縁膜中固定電荷の面方位依存性が FET の静特性に影響を及ぼしていることが示唆された．

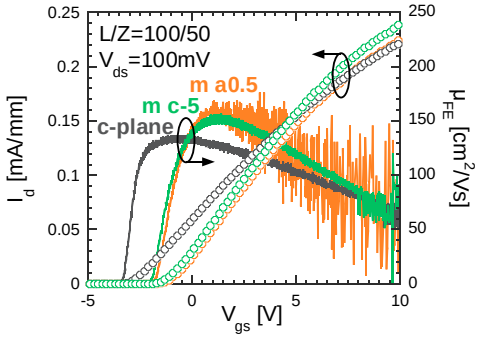


Fig.2 The transfer characteristics of MIS FET. Dots and lines represent drain current I_d and field-effect mobility μ_{FE}, respectively.

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」の助成を受け実施された．

参考文献 [1]A. Tanaka, *et al.*, Phys. Status Solidi A, **215**, 1700645 (2018).

© 2018年 応用物理学会