

窒素ドーブチャネルを有するノーマリーオフ $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ MOSFETNormally-Off $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ MOSFET with Nitrogen-Doped Channel

情通機構 °上村 崇史, 中田 義昭, ワン マンホイ, タン ホング フック, 東脇 正高

NICT, °Takafumi Kamimura, Yoshiaki Nakata, Man Hoi Wong, Phuc Hong Than,

Masataka Higashiwaki

E-mail: kamimura@nict.go.jp

$\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ は、4.5 eV と大きなバンドギャップを持ち、5 MV/cm 以上の高い絶縁破壊電界を有することから、将来のパワーデバイス半導体材料として注目を集めている。これまでに我々は、 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 中でディープアクセプタとして機能する窒素 (N) をイオン注入ドーピングすることで電流ブロック層を形成した縦型ノーマリーオン MOSFET を実現している [1]。今回、N ドープ Ga_2O_3 チャネルを用いた横型ノーマリーオフ $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ MOSFET を作製したので報告する。

Fig. 1 に作製した素子構造の断面模式図を示す。まず、Fe ドープ半絶縁 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ (010) 基板上に、厚さ 100 nm の $(\text{AlGa})_2\text{O}_3$ バックバリア層、次いで厚さ 50 nm の Ga_2O_3 層を RF-MBE 成長した。このとき、MBE 成長膜中に N が濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ オートドーピングされる成長条件を用いた [2]。デバイスプロセスは以下の手順で行った。最初に、Si イオン注入ドーピングにより、厚さ 40 nm、濃度 $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ のボックスプロファイルとなる n^{++} 領域を形成し、その上にソース・ドレインオーミック電極を設けた。次に、 BCl_3 ガスを用いた RIE によりメサ分離を行った。ゲート絶縁膜にはプラズマ ALD 成膜した厚さ 20 nm の Al_2O_3 膜を用いた。素子寸法は、ゲート長 4 μm 、ゲート幅 200 μm 、ゲート電極と n^{++} 領域のオーバーラップ幅は 5 μm とした。

Fig. 2(a) に、作製した N ドープチャネル $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ MOSFET の DC 電流-電圧出力特性を示す。ドレイン電圧 5 V、ゲート電圧 +8 V のとき、最大ドレイン電流密度 1.2 $\mu\text{A}/\text{mm}$ が得られた。また、伝達特性からターンオンゲート電圧は約 +5 V であった [Fig. 2(b)]。なお、今回試作した素子では、この高いターンオン電圧のために、 Al_2O_3 ゲート絶縁膜のリーク電流で律速される最大ゲート電圧 +8 V 印加時でも、依然サブスレッシュホルド領域にあるため、小さいオンドレイン電流値に留まっている。この点は、今後のデバイス構造最適化で改善可能であると考えられる。以上の通り、N ドープチャネルを用いた $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ MOSFET のノーマリーオフ動作を実証した。

本研究の一部は、総合科学技術・イノベーション会議の SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) 「次世代パワーエレクトロニクス」(管理法人: NEDO) によって実施されました。

[1] M. H. Wong *et al.*, IEEE Electron Device Lett. **40** (2019). DOI 10.1109/LED.2018.2884542.

[2] 中田 義昭 他, 第65回応用物理学会 春季学術講演会予稿集 19p-P11-18.

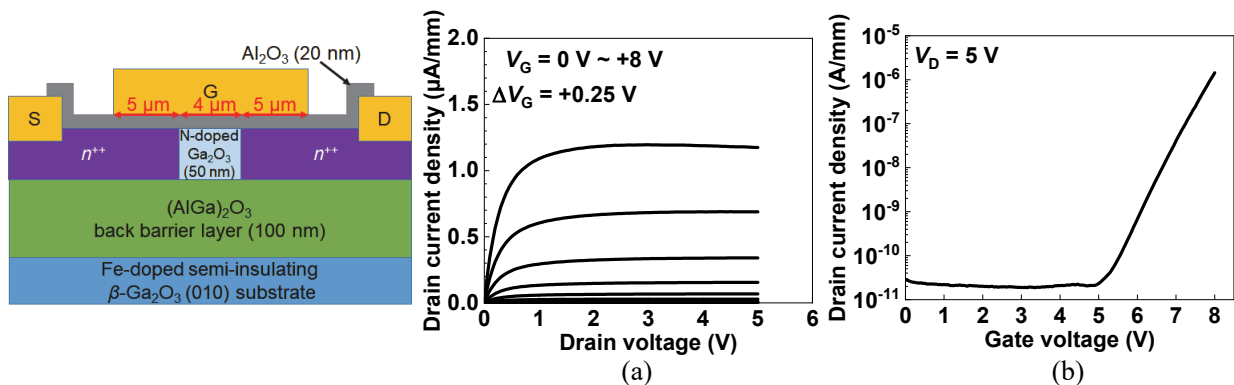


Fig. 1 Cross-sectional schematic of Ga_2O_3 MOSFET structure with N-doped channel.

Fig. 2(a) DC output and (b) transfer characteristics of Ga_2O_3 MOSFET with N-doped channel.