

最大発振周波数 27 GHz を有する Ga₂O₃ MOSFET

Ga₂O₃ MOSFET with Maximum Oscillation Frequency of 27 GHz

情通機構 ○上村 崇史, 中田 義昭, 東脇 正高

NICT, °Takafumi Kamimura, Yoshiaki Nakata, Masataka Higashiwaki

E-mail: kamimura@nict.go.jp

Ga₂O₃ は、非常に大きな絶縁破壊電界と比較的高い飽和電子速度を有すると理論的に予測されている [1, 2]。そのため、Ga₂O₃ FET は高耐圧スイッチング素子のみならず、高周波デバイスへの応用も期待される。本研究では、高周波 FET において一般的に用いられるサブ μm ゲートスケールリングで生じる短チャネル効果を抑制するために、浅く、高濃度の Si イオン注入チャネルドーピングを行い、ゲート長/チャネル層厚のアスペクト比を高く保った Ga₂O₃ MOSFET を作製し、その DC, RF デバイス特性を評価した。その結果、Ga₂O₃ FET としては最大発振周波数 (f_{max}) の最高値を記録することに成功した。

図 1 に、作製した Ga₂O₃ MOSFET 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、プラズマ MBE により 200 nm 厚のアンドープ Ga₂O₃ 層を成長した。続いて、チャネルおよびオーミックコンタクト領域を作製するために、Si イオン注入ドーピングを 2 回実施し、それぞれ、濃度 $2.4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ と $5.0 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ で 70 nm 厚のボックスプロファイルを形成した。そして、オーミックコンタクト領域上に Ti/Au オーミック電極を作製した。ソース-ドレイン間距離は 2 μm とした。次に、プラズマ原子層堆積法を用いて成膜した 20 nm 厚の Al₂O₃ ゲート絶縁膜上に、電子線描画プロセス、Ti/Pt/Au 蒸着、リフトオフにより T 型ゲート電極を作製した。ゲート長 (L_g) は 200 nm、ゲート幅は 50 $\mu\text{m} \times 2$ とした。

図 2 に作製した $L_g=200 \text{ nm}$ の Ga₂O₃ MOSFET の DC ドレイン電流密度-電圧 (I_d - V_d) 出力特性を示す。 $V_d=10 \text{ V}$ 、ゲート電圧 (V_g) +4 V の条件で、最大 $I_d=300 \text{ mA/mm}$ を記録した。また、良好なピンチオフ特性も得られており、そのしきい値 V_g は -24 V であった。

図 3 に RF 小信号特性を示す。ここで、測定した MOSFET と同一基板上に作製したオープンパターンの容量値を、寄生パッド容量として差し引くことで真性パラメータを導出した。電流利得 ($|H_{21}|^2$) を、-20 dB/decade で外挿して求めた電流利得遮断周波数 (f_T) は 9 GHz であった。また、最大有能電力利得 (MAG) と単方向電力利得 (U_g) が共に 0 dB となる周波数で定義した f_{max} は 27 GHz であった。この f_{max} 値は、従来の報告で最高値であった 17 GHz の約 1.6 倍に相当する [3]。これらの結果から、Ga₂O₃ FET はマイクロ波帯無線通信応用に十分な能力を有することを実証した。

本研究の一部は、総務省戦略的情報通信研究開発推進事業 (SCOPE) の助成によって実施されました。

[1] M. Higashiwaki *et al.*, Appl. Phys. Lett., **100**, 013504 (2012). [2] K. Ghosh and U. Singiseti, J. Appl. Phys. **122**, 035702 (2017). [3] K.D. Chabak *et al.*, *Proceedings of IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on Advanced Materials and Processes for RF and THz Applications*, 2018.

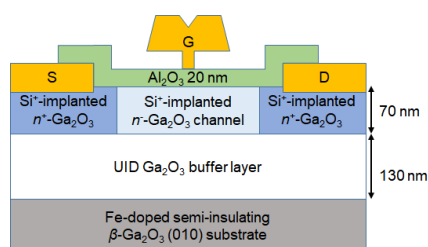


Fig. 1. Schematic cross section of Ga₂O₃ MOSFET.

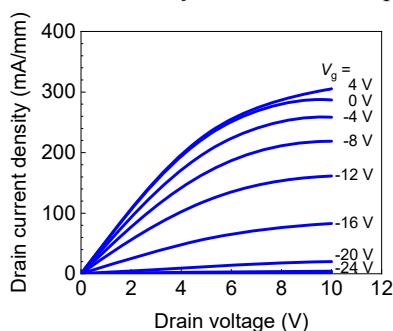


Fig. 2. DC output characteristics ($L_g=200 \text{ nm}$).

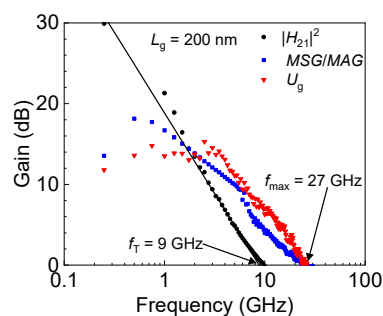


Fig. 3. RF small-signal characteristics measured at $V_g=-20 \text{ V}$ and $V_d=10 \text{ V}$.