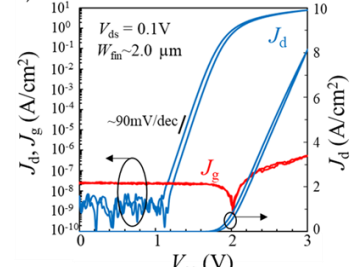
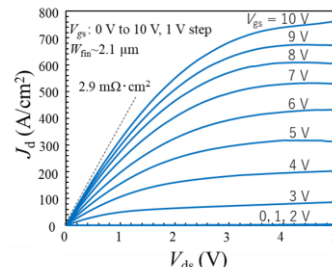
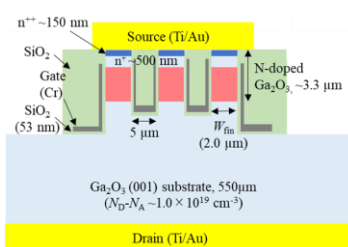


窒素ドープウェル層を有するノーマリーオフ β -Ga₂O₃ トレンチ MOSFETNormally-off β -Ga₂O₃ trench MOSFET with nitrogen-doped well layer.ノベルクリスタルテクノロジー ○脇本 大樹, 林 家弘, ティュ クァン トウ,
宮本 広信, 佐々木 公平, 倉又 朗人Novel Crystal Technology ○D. Wakimoto, C.-H. Lin, Q. T. Thieu,
H. Miyamoto, K. Sasaki, and A. KuramataE-mail: daiki.wakimoto@novelcrystal.co.jp

β -Ga₂O₃ は、4.5 eV と大きなエネルギーバンドギャップを有し、6 MV/cm 以上の高い絶縁破壊電界を有することが予測され、SiC、GaN を凌ぐ電子物性を有するパワーデバイス用半導体材料として注目されており、パワートランジスタ開発も積極的になされている。p 型導電層形成技術が未確立であるため、ノーマリーオフ特性は p 型導電層を用いないデバイス構造で実現されてきた。我々はこれまでサブミクロンフィンチャネル構造を用いて、しきい値電圧(V_{th}) が 0 V 以上の 5.0 kV 耐圧 single-fin FET[1]やドレイン電流が 2.4 A の multi-fin FET[2]を報告してきた。しかし、この構造では V_{th} がフィンの幅に強く依存し、従来の 4-6 インチ量産ラインでミリサイズのアンペア級パワーデバイスを安定的に製造することは困難と判断した。一方で β -Ga₂O₃ へ N をドーピングすることで、ディープアクセプタとして機能し[3]、ノーマリーオフ特性を有するトランジスタが実現できること[4,5,6]が報告されている。そこで我々は V_{th} がフィン幅に強く依存しないデバイスを得るため、N ドーピングエピを p-like-well としてチャネル部に用いたフィン幅 2 μ m の縦型トレンチ MOSFET を作製し、しきい値電圧 1.3 V、特性オン抵抗 2.9 m Ω ·cm²、電界効果移動度 100 cm²/Vs という良好な特性を得たので報告する。

トレンチ MOSFET は、n 型 β -Ga₂O₃ 基板上にハライド気相成長法にて N ドープエピタキシャル層(膜厚 3.3 μ m)を形成したウェハを用い、前回報告と同様プロセス[2]で作製した(Fig.1)。ソース電極サイズ 70 μ m × 60 μ m、フィン幅 2.1 μ m、セルピッチ 7 μ m、fin 長さ 60 μ m、ゲート長 2.6 μ m のトレンチ MOSFET の J_d - V_{ds} 特性を Fig.2 に示す。良好な FET 特性が確認でき、最大電流密度 760 A/cm²、特性オン抵抗 2.9 m Ω ·cm² であった。複数回測定後の安定化した J_d 、 J_g - V_{gs} 特性を Fig.3 に示す。 J_d - V_{gs} 特性から V_{th} は初期値 1.3 V、安定化後は増加して 2.0 V となった。電界効果移動度は 100 cm²/Vs であった。今回の検討で、N ドープ層をウェル層に用いることでメサ幅が 2 μ m と大きいにも関わらず、ノーマリーオフ特性が得られることが実証できた。また、N ドープ Ga₂O₃ MOS 界面の移動度を初めて評価し高い値を確認した。今後、N ドープ層(チャネル層)/n 型低キャリア濃度厚膜層(ドリフト層)積層ウェハを用いて $V_{th} > 1$ V、10 kV、10 A 級 β -Ga₂O₃ MOS トランジスタの実現を目指す。

本研究は、防衛装備庁が実施する安全保障技術研究推進制度 JPJ004596 の支援を受けたものである。

Fig. 1. β -Ga₂O₃ MOSFET structure.Fig. 2. J_d - V_{ds} characteristics.Fig. 3. J_d , J_g - V_{gs} characteristics.

[1] D. Wakimoto *et al.*, 第 68 回応用物理学会秋季学術講演会 (2021). [2] D. Wakimoto *et al.*, 第 69 回応用物理学会秋季学術講演会 (2022). [3] A. Mishra *et al.*, Appl. Phys. Lett. **117**, 243505 (2020). [4] T. Kamimura *et al.*, IEEE Electron Device Lett. **40**, 1064 (2019). [5] H. Miyamoto *et al.*, 第 69 回応用物理学会春季学術講演会 (2022). [6] H. Miyamoto *et al.*, 第 83 回応用物理学会秋季学術講演会 (2022).