

高濃度ボロンドープ層導入による縦型 2DHG ダイヤモンド MOSFET の電流密度向上化

Improvement of current density in Vertical-Type 2DHG Diamond MOSFET by high concentration boron doped layer

早大理工¹, 早大材研²

°太田 康介¹, 新倉 直弥¹, 行木 佑太¹, 張 潤銘¹, 角田 隼¹,
平岩 篤¹, 川原田 洋^{1,2}

Waseda Univ.¹, Kagami Memorial Research Institute for Materials Science and Technology.²

°Kosuke Ota¹, Naoya Niikura¹, Yuta Nameki¹, Runming Zhang¹, Jun Tsunoda¹,
Atsushi Hiraiwa¹, Hiroshi Kawarada^{1,2}

E-mail: ok0723@suou.waseda.jp

ダイヤモンドは、高い絶縁破壊電界(~10 MV/cm)、固体物質中最大の熱伝導率(~22 W·cm⁻¹·K⁻¹)、低い誘電率(~5.7)といった半導体材料として優れた物性値を有しており、高出力・高周波 p-FET への応用が期待されている。高出力・高速スイッチング相補型インバータの実現に向けて、n 型に対応する p 型パワー FET の開発が急務であり、我々は C-H 終端構造及び高温 ALD-Al₂O₃ により面方位に依存せず誘起される 2 次元正孔ガス(2DHG)を用いた縦型 2DHG ダイヤモンド MOSFET を報告[1]-[3]してきた。本研究では、ソース電極下に高濃度ボロンドープ(p++)層を備えた(001)縦型 2DHG ダイヤモンド MOSFET を初めて作製し、電流密度の向上化を達成したため報告する。Fig.1 に作製した縦型デバイスの断面図を示す。本デバイス寸法として、ソース・ソース間距離(L_{SS})は 6.0 μm、ソース・ドレイン間(L_{SD})は 5.0 μm、実効チャネル長(L_{ch})は 4.0 μm、ゲート幅(W_G)は 25 μm となった。また、デバイスアクティブ領域は L_{SS} と W_G の積で定義し、1.5×10⁻⁶ cm² となった。Fig. 2 の I_D-V_{DS} 特性より V_{DS}: -50 V、V_{GS}: -20 V にてゲート幅で規格化した最大ドレイン電流密度(I_{D,max})は 553 mA/mm となり、アクティブ領域規格では I_{D,max}: 18.4 kA/cm² 及びオン抵抗は R_{on}: 2.57 mΩ·cm² が得られた。また、Fig.3 より室温時においてゲートリーク電流は見られず、オンオフ比は 10⁷ となった。本研究で得られたドレイン電流密度(553 mA/mm)は p++層を持たない同寸法の縦型デバイス(393 mA/mm)[3]と比較し、40 %以上高く、I_{D,max}: 18.4 kA/cm² は同 L_{SS} では最大値である。ソース電極下に p++層を導入したことによる接触抵抗 R_C の低減が寄与している[4]。今後、窒素濃度及びホウ素濃度を最適化させた p-ドリフト層を導入することで、低オン抵抗かつ高耐圧な p 型パワートレンチダイヤモンド MOSFET が実現可能となる。

[謝辞] 本研究は、文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業(NIMS 微細加工プラットフォーム)の支援を得た。

[1] N. Oi, H. Kawarada et al., *Sci. Rep.*, vol. 8, Art. No. 10660, (2018).

[2] J. Tsunoda, H. Kawarada et al., *Carbon*, 176, 349-357, (2021).

[3] J. Tsunoda, H. Kawarada et al., *IEEE TED*, accepted, (2021).

[4] S. Imanishi, H. Kawarada, et al., *IEEE EDL*, 42, 2, 204-207, (2021).

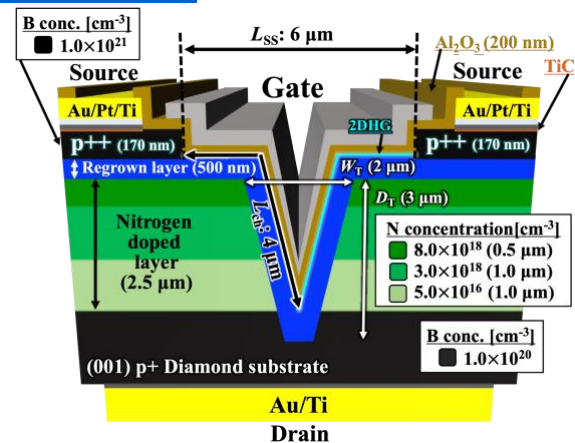


Fig.1 Cross-sectional view of the (001) vertical-type 2DHG diamond MOSFET with a high concentration boron doped (p++) layer.

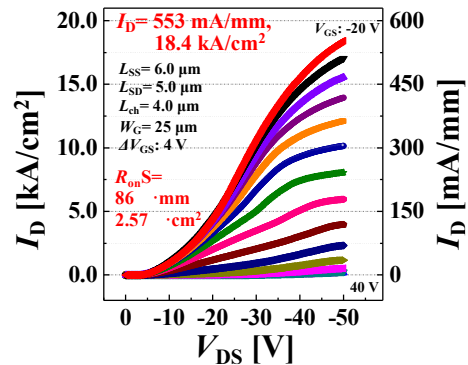


Fig.2 I_D-V_{DS} characteristics of the vertical-type device. The maximum I_D was 553 mA/mm, 18.4 kA/cm² at V_{DS} = -50 V and V_{GS} = -20 V. V_{DS} ranges up to -20 V and V_{GS} is varied from -20 V to 40 V in steps of 4 V

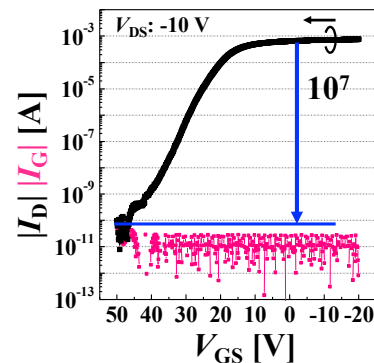


Fig.3 I_D-V_{GS} and |I_G|-V_{GS} characteristics for a V_{GS} of -20 V to 50 V at a V_{DS} of -10 V. The on/off ratio was seven orders of magnitude at room temperature.