

SiC ジャンクションレス MOSFET による Al 原子がチャネル移動度に与える影響の検証

Al ion implantation into n⁺-channel SiC junctionless MOSFET

for evaluating the impact of Al atoms on channel mobility

○武田 紘典、細井 卓治、志村 考功、渡部 平司 (阪大院工)

○Hironori Takeda, Takuji Hosoi, Takayoshi Shimura, Heiji Watanabe (Osaka Univ.)

E-mail: takeda@asf.mls.eng.osaka-u.ac.jp

【はじめに】SiC MOSFET は熱酸化 SiO₂/SiC 界面に存在する高密度の界面準位の影響でチャネル移動度が極端に低い。熱酸化後の NO 雰囲気下でのアニール処理により界面特性改善及び電界効果移動度向上を図るのが一般的である[1]。この移動度向上要因の一つとしてチャネル中への窒素ドーピング効果が挙げられる[2]。またチャネル中の Al ドープ濃度が高い領域 (>10¹⁸ cm⁻³) でチャネル移動度が劇的に劣化することも報告されている[3]。これらの報告を踏まえて我々は Al ドープフリーな高濃度 n⁺層をチャネルとしたジャンクションレス MOSFET を作製し、その MOS 界面における電子の実効移動度を算出した結果、同じゲート酸化条件で作製した一般的な反転型 MOSFET に比べ高移動度であることを前回報告した[4]。そこで今回は n⁺チャネル中に Al を意図的にイオン注入したジャンクションレス MOSFET を作製し、チャネル中の Al 原子が MOS 界面の電子移動度に与える影響について検証したので報告する。

【実験及び結果】n 型 4H-SiC(0001)上に p 層と n⁺層 (N_D=1.2×10¹⁹ cm⁻³, 厚さ 220 nm) を順にエピ成長した基板を用い、図 1 に示すようなジャンクションレス MOSFET を作製した。ICP-RIE によりメサ分離とゲートリセスエッチングを行った後、チャネル領域も含むウェハ全面に Al を深さ 50 nm、濃度 1×10¹⁸ cm⁻³ のボックスプロファイルとなるよう室温でイオン注入した。1650°C、1 分間の活性化アニールを行った後、1300°C、30 分間の熱酸化により厚さ 60 nm のゲート絶縁膜を形成し、Ar 雰囲気下で 1300°C、30 分間の後アニールを施した。チャネルとなる n⁺層の厚さは約 10 nm 程度である。図 2 に Al イオン注入を施した素子 (赤) と施していない素子 (黒) のドレイン電流-ゲート電圧 (I_D-V_G) 特性を示す。チャネル層の厚さが僅かに異なるためにオフに要するゲート電圧が異なるものの、ほぼ同等の特性が得られていることがわかる。またホール効果測定を行ったところ、n⁺層中の電子のホール移動度は Al イオン注入の有無に関係なく 45 cm²/Vs 程度となったことから、Al イオン注入による結晶性劣化はほとんどないと言える。図 3 に作製した MOSFET の実効移動度を示す。実効移動度のピーク値は Al イオン注入したもので 14.4 cm²/Vs を示しており、この値は Al イオン注入を施していない素子の実効移動度 16.8 cm²/Vs に比べ僅かに低いものの、劇的な移動度劣化は確認できなかった。このことより Al 濃度 1×10¹⁸ cm⁻³ 程度では極端な移動度劣化を引き起こす要因ではないことが示唆される。講演当日は Al イオン濃度依存性など、より詳細な実験結果について報告する。

[1] G. Y. Chung *et al.*, IEEE Electron Device Lett. **22**, 176 (2001). [2] T. Umeda *et al.*, Appl. Phys. Lett. **99**, 142105 (2011). [3] S. Nakazawa *et al.*, IEEE Trans. Electron Devices **62**, 309 (2015). [4] 武田 他, 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会 6a-A201-4.

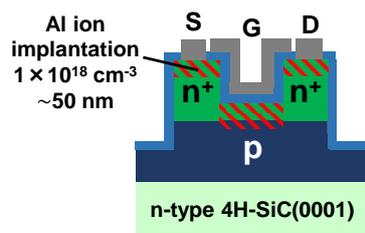


Fig. 1 Schematic illustration of n⁺-channel junctionless MOSFET fabricated on 4H-SiC(0001) epilayer with Al implantation.

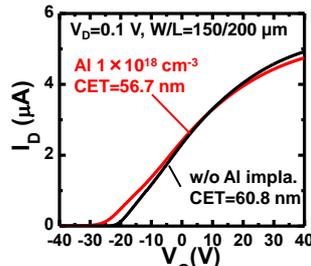


Fig. 2 I_D-V_G characteristics of n⁺-channel junctionless MOSFET with and without Al⁺ ion implantation.

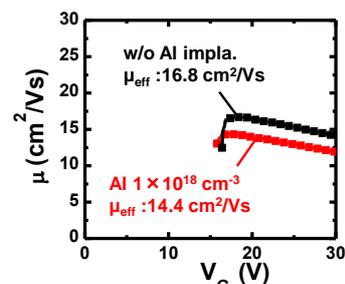


Fig. 3 Effective mobilities of n⁺-channel MOSFET with and without Al⁺ ion implantation