高移動度 3C-SiC n-MOSFET の作製と高温動作実証

High Mobility 3C-SiC n-MOSFET and Demonstration of High Temperature Operation

九大総理エ ¹,九大 GIC²,エア・ウォーター³

^O山本 圭介¹, 王 冬¹, 中島 寛², 菱木 繁臣³, 浦谷 泰基³, 坂井田 佳紀³, 川村 啓介³ IGSES Kyushu Univ.¹, GIC Kyushu Univ.², AIR WATER INC.³

^oK. Yamamoto¹, D. Wang¹, H. Nakashima², S. Hishiki³, H. Uratani³, Y. Sakaida³, K. Kawamura³ E-mail: yamamoto.keisuke.380@m.kyushu-u.ac.jp

1. はじめに 数ある SiC 結晶構造の中でも、3C-SiC は Si(111)面上にエピタキシャル成長が可能な 特徴を有しており[1]、パワーデバイス材料・極限環境下で動作する半導体材料などとしての応用 が期待される。我々は、3C-SiC の MOS デバイス実現に向けて、プラズマ酸化層や原子層堆積(ALD) Al₂O₃ を界面層としたゲートスタックが、良好な *C-V* 特性や低い界面準位密度(*D_{it}*)を示すこと を報告してきた[2]。今回は、これらのゲートスタックを用いた MOSFET を作製し、その高移動度 と高温環境(~200°C)動作を実証した結果を報告する。

2. 実験 作製した MOSFET の模式図を Fig. 1 に示す。使用した基板は p 形 Si(111)上にホウ素ドー プ p 形 3C-SiC(111)をエピタキシャル成長したもので、試料全面に窒素を多段イオン注入(20~70 keV)した後に RIE でパターニングを行い、さらに活性化熱処理(1200°C)を行ってソース/ドレ イン(S/D)を形成した。ゲート絶縁膜として、#1. 熱酸化 SiO₂(1200°C)、#2. スパッタ堆積 SiO₂/ プラズマ酸化界面層、#3. スパッタ堆積 SiO₂/Al₂O₃ 界面層、の 3 種類を形成した。ゲート電極、 S/D コンタクト電極には Al を使用した。

3. 結果・考察 作製した MOSFET の室温での I_D - V_G 特性を Fig. 2 に示す。#2,#3 が低いしきい値電 圧 (V_T) と良好な ON/OFF 比を示す一方で、#1 の V_T は負に大きく、また ON/OFF 比は悪い。こ れは、熱酸化 SiO₂ 中に含まれる正の固定電荷が SiC 表面を反転状態にして、 V_T のシフトとチャネ ルを迂回するリーク電流を誘起しているためと考えられる[3]。Fig. 3 に、室温~200°C で評価した #2,#3 の MOSFET の電界効果移動度 (μ_{FE})を示す。#2 は室温でピーク値 131 cm²/Vs の良好な値 を示した。しかしながら、高温では μ_{FE} の劣化が顕著となった。このことから、#2 の μ_{FE} 劣化の主 要因はフォノン散乱であり、クーロン散乱は#3 と比較して抑えられていると推察できる。一方で、 Fig. 2 の subtreshold slope 値およびそこから算出される D_{it} は#3 の方が良好(低密度)であった。 この大小関係は、High-Low 法から求めた D_{it} 値とも一致した[2]。これらの結果から、3C-SiC MOSFET におけるクーロン散乱には、界面準位以外の要因が強く働いていることが示唆される。 講演では、より詳細な解析を通じて、クーロン散乱の主要因が何であるかについて言及する。

参考文献 [1] S. Nishino *et al.*, Appl. Phys. Lett., **42** (1983) 460. [2] R. Oka *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., **59** (2020) SGGD17. [3] Y. K. Sharma *et al.*, J. Electronic Mat., **44** (2015) 4167.



Fig. 1 Cross-sectional illustration of the 3C-SiC MOSFET in this study.

Fig. 2 $I_{\rm D}$ - $V_{\rm G}$ characteristics of the fabricated 3C-SiC n-MOSFET.



Fig. 3 μ_{FE} vs N_{inv} characteristics of the fabricated 3C-SiC n-MOSFETs measured at various temperatures.