# $SiO_2/Al_2O_3$ 絶縁膜を有する 3C-SiC n-MOS キャパシタと n-MOSFET 動作

## 3C-SiC n-MOS capacitor and n-MOSFET with $SiO_2/Al_2O_3$ insulator

九大総理工 [1]，九大 GIC[2]，エア・ウォーター[3]
°山本 圭介 [1]，岡 龍誠 [1]，王 冬 [1]，中島 寛 [2]，菱木 繁臣 [3]，川村 啓介 [2,3]
IGSES Kyushu Univ. [1], GIC Kyushu Univ. [2], Air water[3]
°K. Yamamoto[1], R. Oka[1], D. Wang[1], H. Nakashima[2], S. Hishiki[3], K. Kawamura[2,3]
E-mail: yamamoto.keisuke.380@m.kyushu-u.ac.jp

**1. はじめに** 数あるSiCポリタイプの中でも、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・高温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。他の半導体と同様に、高性能MOSデバイス実現のためには高品質ゲートスタックが必須であるが、熱酸化 $SiO_2$ をゲート絶縁膜とした3C-SiC MOSキャパシタの特性は好ましくない[2]。一般に、MOS 構造の界面品質向上手段のひとつとして、絶縁膜/半導体界面への適切な界面層(IL)挿入が挙げられる。本研究では、原子層堆積(ALD)-$Al_2O_3$ を界面層とした3C-SiC n-MOSを作製し、さらにn-MOSFET動作をデモンストレーションした。その結果を報告する。

**2. 実験** n形Si(111)上にn形3C-SiC(111)（$N_D$~$10^{16}$ $cm^{-3}$）をエピタキシャル成長した基板を化学洗浄後、ALD-$Al_2O_3$ を300°Cで5 nm、次いで $SiO_2$ をECRスパッタリングで23 nm堆積した。$N_2$ 中での400-600°CのPDA後、ゲート電極としてAlを真空蒸着・パターニングした。更に、ゲート電極周囲の絶縁膜をエッチング後、バックコンタクトとしてAlを成膜してラテラル型MOSキャパシタとした。n-MOSFET作製にはp形3C-SiC(111)/p形Si(111)基板を使用し、Pの多段イオン注入（30~180 keV）及び活性化熱処理（1200°C）によってソース/ドレイン（S/D）を形成した後、上記のゲートスタックを形成してn-MOSFETとした。

**3. 結果・考察** Fig. 1に、作製した3C-SiC MOSキャパシタの高周波 *C-V* 特性を示す。比較として熱酸化 $SiO_2$、スパッタ堆積 $SiO_2$、スパッタ堆積 $SiO_2$＋プラズマ酸化界面層、を有するMOSキャパシタの特性も記載している。$Al_2O_3$ 界面層を有するMOSキャパシタは、他と比べて急峻な *C-V* 特性が得られており、良好な界面が示唆される。界面準位（$D_{it}$）を定量的に評価するために、Hi-Low法による測定を行った結果をFig. 2に示す[3]。熱酸化 $SiO_2$ が $10^{12}cm^{-2}eV^{-1}$ 以上の大きな $D_{it}$ を示しているのに対し、界面層の挿入によって $D_{it}$ が低減しており、特に $Al_2O_3$ の場合は測定範囲全域にわたって $10^{10}$ $cm^{-2}eV^{-1}$ の良好な結果が得られている。Fig. 3に作製したn-MOSFETの $I_D$-$V_D$ 特性を示す。典型的なn-MOSFETの動作特性が得られており、本研究のゲートスタックによって反転層キャリアの制御ができていることがわかる。

**参考文献** [1] S. Nishino *et al*., Appl. Phys. Lett., **42** (1983) 460. [2] Y. K. Sharma *et al*., J. Electronic Mat., **44** (2015) 4167. [3] D. Schroder, Semiconductor materials and device characteristics 3rd ed., Wiley (2006), p. 342.
**謝辞** イオン注入では九州工業大学マイクロ化総合技術センターの馬場教授にご協力頂いた。

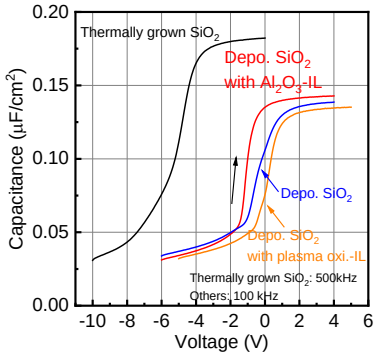


Fig. 1 High frequency *C-V* characteristics for 3C-SiC MOS capacitors with various structures.

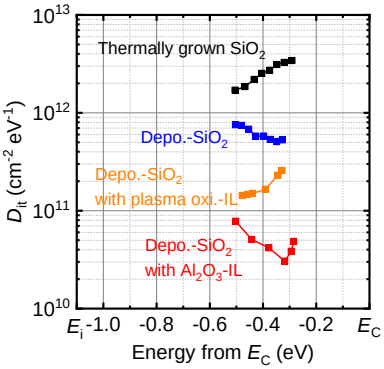


Fig. 2 $D_{it}$ distributions for 3C-SiC MOS capacitors in this study.

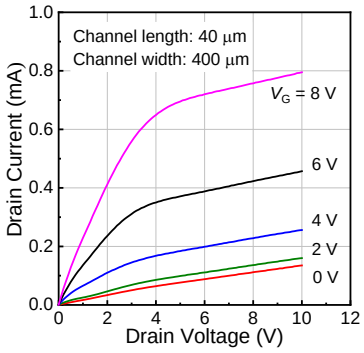


Fig. 3 $I_D$-$V_D$ characteristics of the fabricated 3C-SiC n-MOSFET.