

ALD により形成した $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Ge}$ ゲートスタックに於ける Kr/O_2 ECR プラズマ酸化効果 Kr/O₂ ECR plasma oxidation effects on $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Ge}$ gate stack formed by ALD

九大・大学院総合理工学府¹, 九大・産学連携センター²
 長岡 裕一¹, 永富 雄太¹, 山本 圭介², 王 冬¹, 中島 寛²
 I-Eggs, Kyushu Univ.¹, KASTEC, Kyushu Univ.²;
 Y. Nagaoka¹, Y. Nagatomi¹, K. Yamamoto², D. Wang¹, H. Nakashima²
 E-mail: 2ES13032W@s.kyushu-u.ac.jp

1. はじめに

Ge は次世代 CMOS の高移動度チャネル材料として注目されている。CMOS をメタル・ソース/ドレイン (S/D) 型 MOSFET で構成する場合、コンタクト特性の劣化を避けるため、ゲートスタックは低温で作製する必要がある。我々の研究グループは、 SiO_2/Si ゲートスタックに於いて、 Kr/O_2 -ECR プラズマ酸化が Ar/O_2 -ECR プラズマよりも良好なゲートスタック形成に適していることを報告している[1]。今回、ALD と Kr/O_2 -ECR プラズマ酸化を用いて MOS キャパシタ (CAP) と p-MOSFET の作製を試みた。本講演では、それらの電気的特性を Ar/O_2 -ECR プラズマと比較し、 Kr/O_2 プラズマ酸化の優位性を報告する。

2. 試料作製

使用した n-, p-型 (100) Ge 基板の抵抗率はそれぞれ 0.4 および 0.3 Ωcm である。Ge 基板を化学洗浄後、トリメチル Al を原料とした ALD により 300 °C で 1 nm- Al_2O_3 を堆積した (1 cycle: 0.13 nm)。その後、ECR プラズマ酸化を室温で 1 min 行った。酸化条件は、マイクロ波: 500 W、 Kr/O_2 : 18/3 sccm または Ar/O_2 : 18/3 sccm、である。この試料に対して、300 °C で 3.9 nm の Al_2O_3 を再堆積し PDA を 400 °C-30 min 行った。その後、ゲート電極として膜厚 50 nm の TiN を堆積し、350 °C-20 min の PMA を行い、Al の堆積後に電極加工を行い、Al/TiN/ $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{GeO}_x/\text{p-Ge}$ 構造の MOS キャパシタを作製した。このゲートスタックを用いて、HfGe をメタル S/D とした p-MOSFET を試作した。

3. 電気特性

Kr/O_2 と Ar/O_2 プラズマ酸化を用いた MOSCAP の C-V 特性 (室温測定) を Fig. 1 に示す。この C-V 特性から得られた、等価 SiO_2 換算膜厚 (EOT)、フラットバンド電圧 (V_{fb})、ヒステリシス (HT) を Fig. 1 中に示す。両 MOSCAP の EOT は 2.9 nm で、典型的な C-V 特性を示す。 V_{fb} から推定された固定電荷密度は、 Kr/O_2 と Ar/O_2 の場合でそれぞれ 7×10^{10} と $6 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ であった。また、HT は Kr/O_2 と Ar/O_2 の場合で大きな違いはなかった。一定温度 DLTS 法[2]で測定した D_{it} 分布を Fig. 2 に示す。バンドギャップ下半分に於ける D_{it} は Kr/O_2 の場合が低く、特に価電子帯端近傍では D_{it} が約 1/2 に低減した。これらの電気的特性の比較から、 Kr/O_2 プラズマ酸化は $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{GeO}_x/\text{Ge}$ ゲートスタックの低温形成に有用と言える。Fig. 3 に S/D を HfGe/Ge コンタクト、ゲートスタックを Kr/O_2 と Ar/O_2 プラズマ酸化で作製した p-MOSFET (EOT=3 nm) の I_D - V_D 特性を示す。 Ar/O_2 よりも Kr/O_2 プラズマを用いて作製した MOSFET の方が電流駆動力が高いことが分かる。詳細な特性は本講演で述べる。

[参考論文] [1] J. Wang et al., JJAP **42**, 6496 (2003). [2] D. Wang et al., JAP **112**, 083707 (2012).

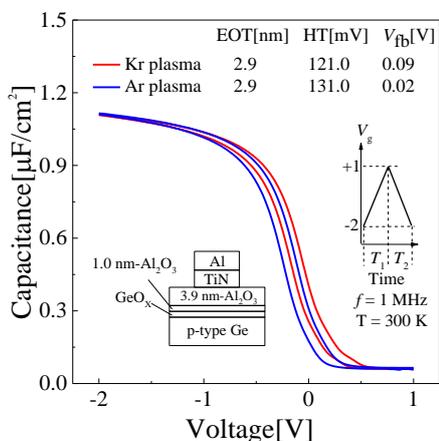


Fig.1 C-V characteristics of Al/TiN/ $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{GeO}_x/\text{p-Ge}$ MOSCAPs fabricated by Kr/O_2 and Ar/O_2 plasma oxidation.

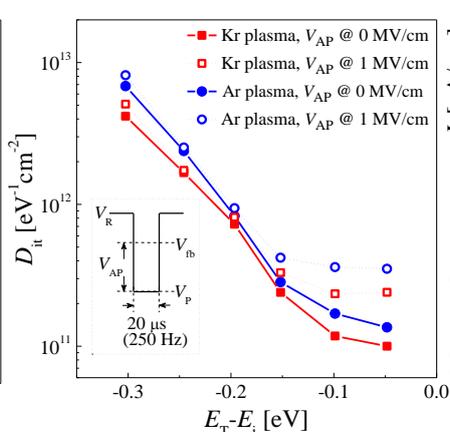


Fig.2 D_{it} distributions of MOSCAPs with Kr/O_2 and Ar/O_2 plasma oxidations.

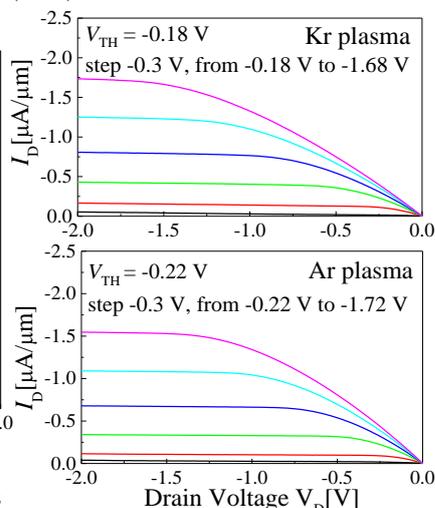


Fig.3 I_D - V_D characteristics of HfGe-S/D Ge p-MOSFETs with $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{GeO}_x/\text{Ge}$ gate stacks fabricated using Kr/O_2 and Ar/O_2 plasma oxidations.