極薄 GeO_x 界面層を有する Y₂O₃/Ge ゲートスタックの低温形成 Low-temperature fabrication of Y₂O₃/Ge gate stacks with ultrathin GeO_x-interlayer

九大・大学院総合理工学府¹,九大・産学連携センター²,学振特別研究員³ 永富 雄太¹,小島 秀太¹,亀沢 翔¹,山本 圭介^{2,3}, 王 冬¹,中島 寛² I-Eggs, Kyushu Univ.¹, KASTEC, Kyushu Univ.² JSPS Research Fellow³:
Y. Nagatomi¹, S. Kojima¹, S. Kamezawa¹, K. Yamamoto^{2,3}, D. Wang¹, H. Nakashima² E-mail: 2ES12029@s.kyushu-u.ac.jp

1. <u>はじめに</u>

近年、Si よりも高いキャリア移動度を有する Ge-MOSFET の研究開発が加速している。しかし、Ge は Si よりもドーパントの拡散係数が大きく固溶度が低いため、高濃度で浅い接合の S/D 形成は困難であ る。この問題を解決するため、我々はメタル S/D 型 MOSFET に着目している。既に、電子障壁の低い TiN コンタクト技術を確立し[1]、TiN を S/D に用いたメタル S/D 型の n-MOSFET 動作を実証している。 [2] この MOSFET をゲートラストプロセスで作製する場合、TiN-S/D 形成後のゲートスタックは 400°C 以下で形成しなければならない。今回、high-k/Ge スタックに於いて界面欠陥が Y で終端されるとの報告がある Y₂O₃に着目し[3]、Y₂O₃/Ge ゲートスタックの低温形成を試みたので、その結果を報告する。

2. <u>試料作製</u>

n-および p-形(100)Ge 基板の抵抗率はそれぞれ 0.29 および 0.38 Ω cm である。Ge 基板を化学洗浄後、 犠牲酸化を行った。試料を PVD チャンバーに搬入し、真空アニールにより GeO₂を完全に揮発させ、表 面クリーニングを行った。その後、同一真空中で低パワー ($P_{rf} = 5$ W) の O₂添加 rf スパッタリング (タ ーゲット: Y₂O₃)を室温で行った。この試料の XPS スペクトルを Fig. 1(a)に示す。パワーが低いため、 Y₂O₃のスパッタリングは行われず、Ge 表面に GeO_Xが形成されたことが分かる。次に、 $P_{rf} = 20$ W とし、 O₂添加無しで 3 nm-Y₂O₃を室温で堆積した。この試料の XPS スペクトルを Fig. 1(b)に示す。GeO_Xに対 応する信号が低エネルギー側にシフトしていることから、Y₂O₃が GeO_X と反応し、YGeO_Xが形成された ことが分かる。その後、同一チャンバー内で 400°C-30min の真空アニールを施した。この試料の XPS ス ペクトル[Fig. 1(c)]から、YGeO_X の組成に大きな変化がないことが分かる。最後にゲート電極として、 TiN を堆積して 350°C-20min の PMA を行い、Al の堆積後に電極加工を行った。こうして Al(100 nm)/TiN(50 nm)/ Y₂O₃/YGeO_X/GeO_X/Ge 構造の MOS キャパシタを作製した。

3. <u>電気特性</u>

試作した MOSCAP の *C-V* 特性(周波数:1MHz)を Fig. 2 に示す。n-および p-MOSCAP は典型的な MOS 特性を示した。この *C-V* 特性から得られた等価 SiO₂ 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. 2 中に示す。一定温度 DLTS で得られた界面準位密度(D_{it})のエネルギー分 布を Fig. 3 に示す。図中には、1 MV/cm のストレス電界印加の結果も示す。禁制帯中央付近で 5x10¹¹ cm⁻²eV⁻¹、価電子帯近傍で 3x10¹³ cm⁻²eV⁻¹、伝導帯近傍で 2x10¹² cm⁻²eV⁻¹であった。伝導帯側で低い D_{it} を示すことに加えてスロートラップも少ないことから、n-MOSFET のゲートとして有望である。 [参考論文][1] K. Yamamoto et al., JJAP 51, 070208 (2011), [2] K. Yamamoto et al., APEX 4, 051301 (2011), [3] K. Kita et al., Appl. Surf. Sci. 254, 6100 (2008).





1E14

Fig. 1. XPS spectra of samples with (a) O_2 irradiation, (b) Y_2O_3 sputtering, and (c) annealing at 400°C.

Fig. 2. C-V characteristics at 1 MHz for n- and p-MOSCAPs with TiN/Y_2O_3 /YGeO_X/GeO_X/Ge structures.

Fig. 3. D_{it} distributions for n- and p-MOSCAPs with TiN/Y₂O₃/YGeO_X/GeO_x structures.