

High- k /Ge ゲートスタック界面特性向上に向けた ゲート電極形成後熱処理条件の検討

Improvement of Interfacial Properties of High- k /Ge Gate Stacks by Post-Metal Anneal

¹阪大院工, ²原子力機構 °田中 亮平¹, 秀島 伊織¹, 箕浦 佑也¹, 吉越 章隆²,
寺岡 有殿², 細井 卓治¹, 志村 考功¹, 渡部 平司¹

¹Osaka Univ., ²JAEA °R. Tanaka¹, I. Hideshima¹, Y. Minoura¹, A. Yoshigoe², Y. Teraoka²,
T. Hosoi¹, T. Shimura¹, and H. Watanabe¹

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

【緒言】高移動度 Ge-MOSFET の実現には、EOT 1 nm 以下及び優れた界面特性を持つ high- k /Ge ゲートスタック作製技術の確立が急務である。近年、 Al_2O_3 界面層を挿入した $\text{HfO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{GeO}_x/\text{Ge}$ スタックが EOT 0.76 nm で優れた MOSFET 動作を示す一方で、 HfO_x/Ge 構造の場合、顕著な絶縁特性および界面特性の劣化が見られたことから[1]、 Al_2O_3 界面層挿入による HfO_2 膜および GeO_x 膜の特性向上が示唆されていた。前回我々は、放射光光電子分光分析を用いて極薄 AlO_x 界面層挿入が HfO_2 成膜時の HfGeO_x 形成の回避および GeO_x 界面層の薄層化に効果的であることを明らかにし、0.56 nm という極薄 EOT で、Poly-Si/ SiO_2 スタックに対して 5 桁のリーク電流低減を実現した[2]。本研究では、界面特性向上を目的に、ゲート電極形成後熱処理 (PMA) について検討した。

【実験及び結果】p 型 Ge(100)基板を洗浄し、超高真空中で 500°C、30 分間の表面清浄化アニールを施した。続けて 0.15 nm または 0.3 nm の AlO_x 層を室温で堆積した後、室温で 5 分間の ECR プラズマ酸化を施して $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{GeO}_x/\text{Ge}$ 構造を形成し、さらに室温で電子ビーム蒸着により HfO_x を 1 nm 堆積した。その後、室温で ECR プラズマ酸化を行い、 $\text{HfO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{GeO}_x/\text{Ge}$ スタックを形成後、ゲート電極として Pt を 3 nm 堆積した。以上のプロセスは全て真空中で連続して実施した。一部の試料に Au キャップ層を堆積した後、ゲート電極加工を行い作製した MOS キャパシタの電気特性評価を行った。3 nm の Pt 電極越しに 400°C、10 分間の熱処理 (PMA) 及び Au キャップ層形成後に 500°C、10 分間の熱処理 (Cap-PMA) を行った試料について、室温で測定して得られた C-V 特性を Fig. 1 に示す。キャップ層形成後に熱処理を行った試料では Pt 電極越しに熱処理を施した試料と比較して EOT 増膜が見られたものの、界面準位の応答を示す周波数分散が大きく低減したことがわかる。低温コンダクタンス法により界面準位密度を算出したところ、Fig. 2 に示すように $2.4 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2} \text{ eV}^{-1}$ と熱酸化 GeO_2/Ge 界面に匹敵する界面特性を示した。発表当日は、high- k /Ge ゲートスタックの EOT スケーリング及び界面特性向上技術について、より詳細な報告を行う。【謝辞】本研究の一部はキャノン財団の助成を受け行われた。また放射光光電子分光分析はナノテクノロジープラットフォーム事業 (Nos. 2012B3809, 2013B3872) の支援を受け、SPring-8 BL23SU で実施した。【参考文献】[1] R. Zhang *et al.*, VLSI Tech. Symp., 161 (2012). [2] 田中他, 2013 年秋季第 74 回応用物理学会学術講演会予稿集, 17p-B5-17.

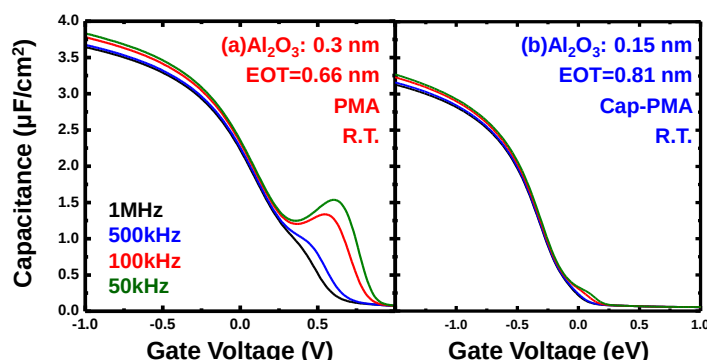


Fig. 1 C-V characteristics of Pt/ $\text{HfO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{GeO}_x/\text{Ge}$ stacks after (a) PMA at 400°C and (b) Cap-PMA at 500°C.

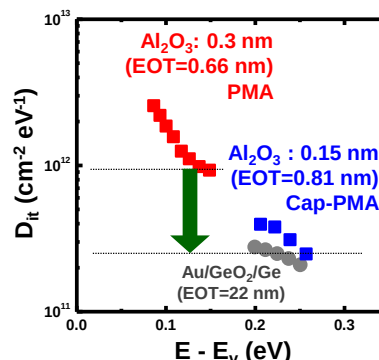


Fig. 2 Energy distribution of D_{it} for the stacks after PMA at 400°C and Cap-PMA at 500°C.