

MBD 法により作製した Metal/High-*k*/GeO₂/Ge スタックの熱処理による構造変化Thermal stability of Metal/High-*k*/GeO₂/Ge stacks fabricated by MBD method阪大院工¹, 原子力機構² ◦秀島 伊織¹, 田中 亮平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¹Osaka Univ.¹, JAEA² ◦I. Hideshima¹, R. Tanaka¹, Y. Minoura¹, A. Yoshigoe², Y. Teraoka²,
T. Hosoi¹, T. Shimura¹, H. Watanabe¹

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

【緒言】高性能 Ge デバイスの実現には、Metal/High-*k* 複合技術の導入が必須である。界面特性向上の観点から極薄 GeO₂ 界面層の形成が求められるが[1]、High-*k*/GeO₂/Ge 構造に熱処理を施した際、GeO 分子の脱離が報告されており界面特性劣化が懸念される[2]。また我々は GeO₂ 膜と Al 電極が反応して Germanate 層 (Al-Ge 結合) を形成し、リーク電流増大などの特性劣化を引き起こす事を報告している[3]。これらの結果を踏まえると、ゲート電極を積層した Metal/High-*k*/GeO₂/Ge 構造において、ゲート電極が GeO₂ 界面層の分解を促進又は抑制する可能性があり、電極形成後の熱処理によるゲートスタック構造の変化を理解する必要がある。そこで本研究では Al/HfO₂/GeO₂/Ge 構造を作製し、熱処理による構造変化を、放射光光電子分光法によりその場分析したので報告する。

【実験及び結果】p 型 Ge(100)基板を洗浄し、超高真空中で 550°C、10 分間の表面清浄化アニールを施した後、電子ビーム蒸着により Hf を約 1 nm 堆積した。続けて真空を破らずに、ECR 酸素プラズマを基板温度 300°C で 10 分間照射した後、K-cell を用いて Al を約 3 nm 堆積した。作製した試料の熱的安定性について SPring-8 にて *in situ* XPS 測定を行った。Fig.1 に熱処理前の試料の Ge 3s スペクトルを示す。ピーク分離を行ったところ、Ge 基板成分よりも低結合エネルギー側にピークが存在する事が分かった。このピークは Al 電極形成後に生じたこと、また同時に測定した Hf4f のスペクトルは Al 電極の有無でピークに変化がなかったことから、Ge3s スペクトルにおける低結合エネルギー側のピークは Al-Ge 結合に帰属すると考えられる。その後試料を XPS チャンバー内で 300~500°C に昇温し、3 分間の真空アニール処理を施した後、室温で XPS 測定を行った。得られた Ge 3s スペクトルの Ge 酸化物成分及び Al-Ge 成分を、Ge 基板成分で規格化し熱処理温度に対してプロットした図を Fig. 2 に示す。この結果から、300°C 以上の熱処理を施すと Al 電極中への GeO 分子の拡散が進行し、Al-Ge 結合が増大している事が分かる。GeO₂/Ge 構造では 420°C で GeO 分子の脱離が始まることを考えると、反応性の高い Al 電極により、Ge-O 分子の分解反応が促進されたと言える。講演当日は、詳細な物理分析と電気特性評価結果についても報告する。【参考文献】[1] H. Matsubara *et al.*, Appl. Phys. Lett. **93**, 032104 (2008). [2] K. Kita *et al.*, Appl. Surf. Sci. **254**, 6100 (2008). [3] S. Ogawa *et al.*, Appl. Phys. Lett. **101**, 201601 (2012). 【謝辞】本研究の放射光光電子分光分析は、ナノテクノロジーネットワーク支援事業 (No.2011A3875) 及びナノテクノロジープラットフォーム事業 (No.2012B3809) の支援を受け、SPring-8 BL23SU で行われた。

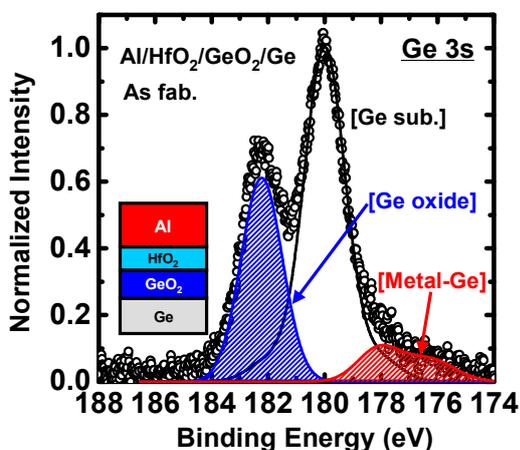


Fig. 1 Ge 3s XPS spectra measured for as-fabricated Al/HfO₂/GeO₂/Ge structure at TOA of 90°.

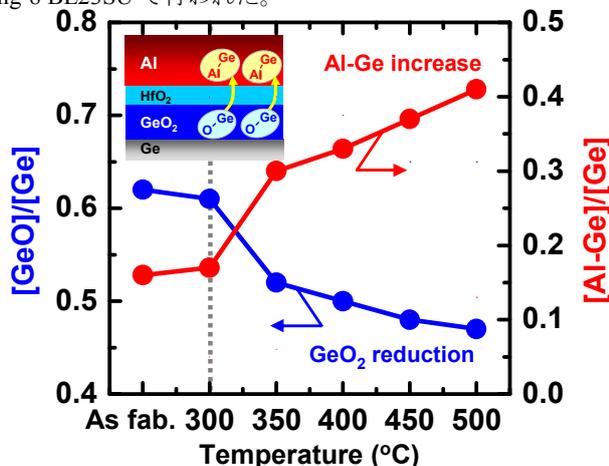


Fig. 2 Area intensity ratio of Ge-oxide and Al-Ge components as a function of annealing temperature estimated from Ge 3s spectra for Al/HfO₂/GeO₂/Ge stack.