

低温・超低損傷中性粒子ビーム酸化を用いた $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{GeO}_x/\text{Ge}$ 構造の形成Formation of $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{GeO}_x/\text{Ge}$ structure Using Low-Temperature and Damage-Free Neutral-Beam

Oxidation Process

東北大流体研¹、東北大 μSIC ²、東大院工³、東北大 WPI-AIMR⁴○和田 章良^{1,2}、中山 大樹¹、張 睿³、高木 信一³、寒川 誠二^{1,4}○Akira Wada^{1,2}, Daiki Nakayama¹, Rui Zhang³, Shinichi Takagi³, and Seiji Samukawa^{1,4}

E-mail: samukawa@ifs.tohoku.ac.jp

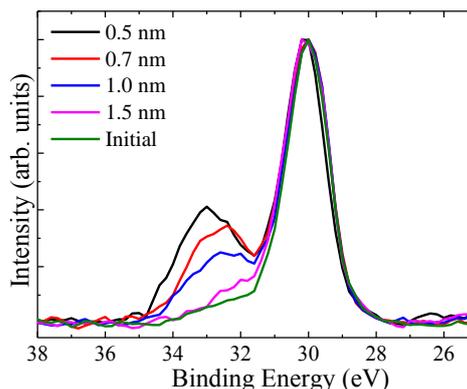
[序論] Ge は Si に代わる pMOSFET の新チャネル材料として注目されている。しかし、Ge 酸化膜(GeO_2 膜)は熱的不安定性や水溶性から、従来の熱酸化法では良好な GeO_2/Ge 界面の形成は困難であり、新しい酸化プロセスが求められている。これまでに、東京大学・高木らの研究により、 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Ge}$ 上に酸素プラズマによる後酸化処理(post-oxidation)をすることによって $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{GeO}_x/\text{Ge}$ ゲートスタックを形成し、EOT=0.98nm、界面準位密度 $2 \times 10^{11} \text{ eV}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ ($E_f-0.2\text{V}$)が実現されている[1]。しかしこの手法はプラズマ酸化を用いているため、作製したデバイスではプラズマ照射による Al_2O_3 上のチャージアップや GeO_2/Ge 界面への紫外線の透過が起こっていると考えられる[2]。そのため、電荷蓄積及び紫外線照射損傷が起こらないプロセスを用いることで、さらなる特性向上が見込める。そこで我々は、プラズマ酸化に変わるプロセスとして低温・超低損傷中性粒子ビーム酸化(NBO)プロセスを提案する。本研究では、NBO プロセスによる後酸化処理によって $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{GeO}_x/\text{Ge}$ 構造を形成し、膜特性評価を行った。

[実験] 自然酸化膜を除去した Ge 基板の上に Al_2O_3 膜を ALD 300°Cにて堆積し、その後酸素中性粒子ビームを照射して post-oxidation することで $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{GeO}_x/\text{Ge}$ 構造を形成した。 Al_2O_3 膜は 0.5、0.7、1.0、1.5nm、中性粒子ビーム条件としては、ICP パワー：500W、ビームエネルギー：5eV、照射時間：20 秒とした。作製した $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{GeO}_x/\text{Ge}$ 構造を XPS により膜構造の解析を行った。

[結果・考察] 図に Ge3d の XPS スペクトルの Al_2O_3 膜厚依存性を示す。結果から、 Al_2O_3 膜厚を薄くすることで中間層である酸化膜厚が増加していることがわかる。これは、 Al_2O_3 膜厚が薄くなることで、酸素中性粒子の Al_2O_3 膜中から界面への拡散が増加したことを示しており、中性粒子ビームを用いることで、中間層に GeO_x が形成されていることを確認した。今後、詳細な膜質や界面の解析を行っていく。

[謝辞] 本研究は先端融合領域イノベーション創出拠点形成プログラムによってサポートされた。

[1] R. Zhang, et. al., Tech. Dig. IEDM (2011) 642.

[2] Kusumandari et. Al., Jpn. J. Appl. Phys. **51** (2012) 01AJ01.Figure XPS Ge3d spectra of $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{GeO}_x/\text{Ge}$ structure