

High-k/ $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ 界面層が反転層電子移動度に与える影響 Effects of interfacial layer between high-k gate dielectric and InGaAs surface on its inversion layer electron mobility

産総研 連携研究体グリーン・ナノエレクトロニクスセンター¹, 住友化学(株)²○小田 穰¹, 入沢 寿史¹, 上牟田 雄一¹, W. Jevasuwan¹, 前田 辰郎¹, 市川 磨², 手塚 勉¹
Collaborative Research Team Green Nanoelectronics center GNC¹, Sumitomo Chemical Co., Ltd.²M. Oda¹, T. Irisawa¹, Y. Kamimuta¹, W. Jevasuwan¹, T. Maeda¹, O. Ichikawa², T. Tezuka¹

E-mail: minoru2.oda@aist.go.jp

[序論] 低消費電力 CMOS を実現するにあたり、高い電子移動度と低い SS を有する InGaAs n-MISFET の実現が期待されている。低い SS を得るには低 EOT と良好な界面特性を得ることが重要であり、 $\text{HfO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{InGaAs}$ 構造が有望であると考えられる[1,2]。前記構造において、 Al_2O_3 の ALD 成膜温度は $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{InGaAs}$ 界面状態、特に界面酸化物の形成に影響を与えると考えられる。また、界面層は薄い方が低 EOT 実現には望ましいが、反転電子移動度悪化の懸念がある。本研究では、これらに関する知見を得るため、nMISFET 試作において ALD 成膜温度、および $\text{HfO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{InGaAs}$ の Al_2O_3 界面層厚を変えることで、high-k/InGaAs 界面における界面層が界面準位密度 D_{it} および移動度に与える影響、および、高電界移動度の温度依存性を評価した。

[実験] InP 基板上に p- $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ をエピタキシャル成長し、 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ 溶液にて 5 分間洗浄を行った後、ALD 成膜を行った。150°C から 275°C にて HfO_2 75cycle、 Al_2O_3 75cycle、および HfO_2 75cycle/ Al_2O_3 0~10cycle を堆積した。次に TaN 30nm を堆積した後にリソグラフィ、RIE によりゲートを形成した。次いで Ni 20nm を成膜し、350°C 5min アニールによりセルフアラインにて SD 領域を形成し、nMISFET を作製した。

[結果] 図 1 より、 HfO_2 、 Al_2O_3 何れにおいても、成膜温度が低いほど低電界移動度が高く (D_{it} は低く [3]) なることが分かった。一方、図 2 において Al_2O_3 成膜温度の違いによる界面酸化物の違いを XPS で調べた結果、成膜温度が低いほど As 酸化物が多いことが確認された。このことから界面準位の原因とされる As 酸化物の存在 [4] は、界面準位密度や移動度を悪化させる主要因でないことが示唆された。図 3 の移動度の温度特性結果から、室温付近における温度変化に対してほとんど移動度が変わらないことから、移動度は界面ラフネス散乱で決まっていると考えられる。図 3 は、種々の $\text{HfO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ スタックおよび Al_2O_3 単層における D_{it} と移動度の相関を示す。 D_{it} が大きくなると移動度が減少する負の相関があることが分かる。以上より、界面ラフネスの増大が D_{it} 増加に関係することが示唆される。

[謝辞] 本研究は、政府の最先端研究開発支援プログラムにより、助成されたものです。

[参考文献] [1] 小田ら, 第 59 回春季応用物理学会, 17p-A4-18 [2] R. Suzuki et al., Appl. Phys. Lett. Vol. 100, 132906 (2012) [3] M. Oda et al., SSDM2012, p797 [4] R. M. Wallace et al., MRS BULLETIN, Vol. 34, p493 (2009)

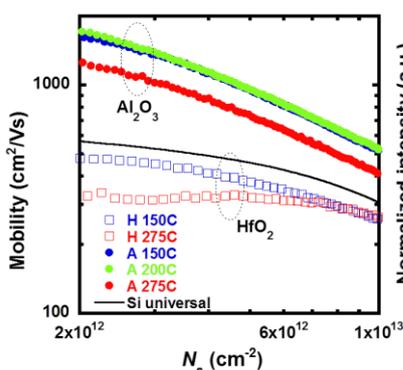


図 1 各成膜温度における HfO_2 および Al_2O_3 の移動度の N_s 依存性。H,A はそれぞれ HfO_2 、 Al_2O_3 を示し、それに続く数字は成膜温度を示す。

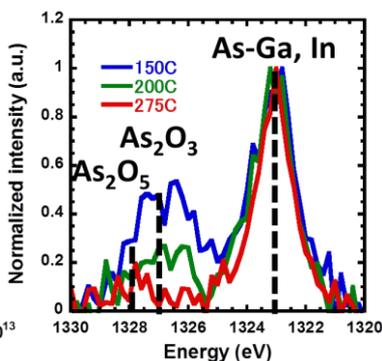


図 2 PDA350°C 1min 後の $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{InGaAs}$ 界面の XPS 測定結果。

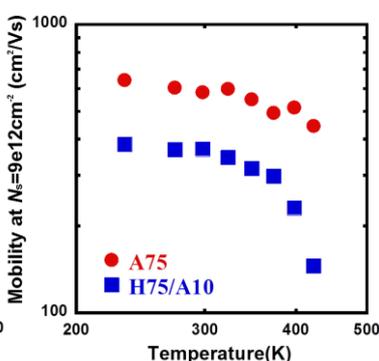


図 3 $\text{HfO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ および Al_2O_3 のキャリア密度 $N_s=9 \times 10^{12}\text{cm}^{-2}$ 移動度の温度特性。

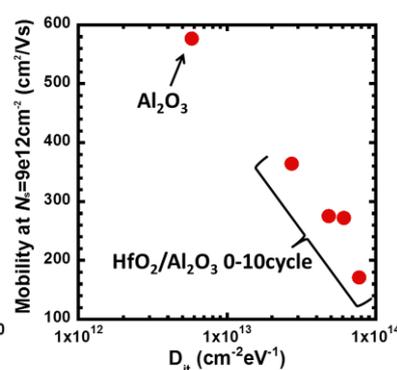


図 4 $\text{HfO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ および Al_2O_3 スタックにおける、キャリア密度 $N_s=9 \times 10^{12}\text{cm}^{-2}$ での移動度と界面準位密度との相関。