

XPS を用いた HfO_2/Si および $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{Si}$ アニール界面の構造解析Structure analysis of annealed HfO_2/Si and $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{Si}$ interfaces by XPS

兵庫県立大学¹, 明治大学², JST-CREST³, [○]豊嶋 祐樹¹, 谷脇 将太¹, 堀田 育志^{1,3},
吉田 晴彦^{1,3}, 新船 幸二^{1,3}, 小椋 厚志^{2,3}, 佐藤 真一^{1,3}

Univ. of Hyogo¹, Meiji Univ.², JST-CREST³, [○]Y. Toyoshima¹, S. Taniwaki¹, Y. Hotta^{1,3},
H. Yoshida^{1,3}, K. Arafune^{1,3}, A. Ogura^{2,3}, and S. Satoh^{1,3}

E-mail: er13x041@steng.u-hyogo.ac.jp

【はじめに】イオン結合性の金属酸化物と共有結合性の SiO_2 との界面では、それぞれの物質が持つ酸素イオンの面密度の差によって一方向に酸素イオンが移動し、その結果金属酸化物と SiO_2 との界面に双極子が生じる。¹⁾ このようなシステムは界面にのみ双極子を導入できる興味深い現象であり、双極子が作り出す局所的な強い電界によって物質界面の電子状態やバンド構造が変調され、そこにバルクとは異なる現象が現れることが期待される。我々は、金属酸化物/ SiO_2 界面に生じる双極子の大きさや量を制御し、これを積極的に電子デバイスに活用することを目指している。本研究では、逆極性の双極子の形成が期待できる $\text{HfO}_2/\text{SiO}_2$ 界面と $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 界面を HfO_2/Si と $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{Si}$ の前駆体構造をアニールすることによって作製し、その界面状態を XPS によって調べた結果を報告する。

【実験方法】 HfO_2/Si 及び $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{Si}$ 前駆体構造は、 HfO_2 と Y_2O_3 薄膜を PLD 法によって RCA 洗浄と希 HF エッチングを行った Si 基板上に直接成膜することで作製した。成膜後、ポストアニール処理 (PAT) によってそれらの界面に SiO_2 を成長させることで $\text{HfO}_2/\text{SiO}_2/\text{Si}$ 構造および $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2/\text{Si}$ 構造の作製を試みた。PAT の条件は、1 atm の酸素気流中において $500^\circ\text{C} \sim 800^\circ\text{C}$ で 1 時間とした。各温度で PAT を施した試料の XPS 測定を行い、界面構造と電気特性の関連性を調べた。

【実験結果】図 1(a), (b), (c) は、各温度でアニールされた $\text{HfO}_2/\text{Si}(100)$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{Si}(100)$ 、 $\text{SiO}_2/\text{Si}(100)$ 試料の $\text{Si}2p$ 領域の XPS スペクトルを示している。図のスペクトル強度と結合エネルギーは基板 $\text{Si}(\text{Si}^0)$ のピークで規格化している。図 1(a), (b) の温度変化より、 600°C と 700°C の間でスペクトルに大きな変化が見られる。まず、上部層のピーク強度が基板 Si のピーク強度に対して大きくなっており、これは上部層の膜厚が急激に増加していることを意味しているが、 $\text{Hf}4f$ と $\text{Y}3d$ ピークの強度に変化が無いことから、 HfO_2 と Y_2O_3 層は表面近傍に存在していると考えられる。また、エネルギー位置も高結合エネルギー方向にシフトしている。図 1(c) に示す SiO_2/Si 構造の XPS スペクトルと比較すると、 700°C 以上のアニールで見られる上部層のピークは Si^{4+} のものであると考えられる。以上の結果から、 700°C 以上で見られる上部層ピークの増加は、界面 SiO_2 層の成長と考えることができ、 HfO_2/Si と $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{Si}$ 前駆体構造を PAT することで $\text{HfO}_2/\text{SiO}_2$ 界面と $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 界面が得られたことが XPS の測定結果から明らかとなった。

【参考文献】1) K. Kita et al., Appl. Phys. Lett. 94,132902 (2009)

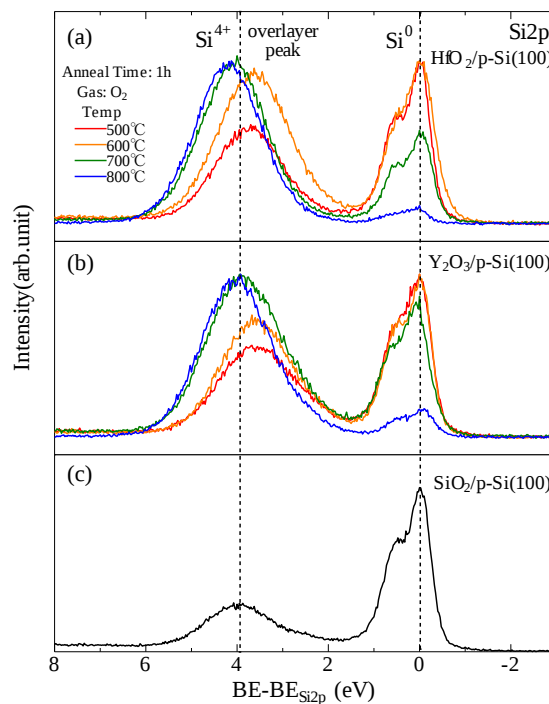


図 1 (a) $\text{HfO}_2/\text{Si}(100)$ 、(b) $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{Si}(100)$ 、(c) $\text{SiO}_2/\text{Si}(100)$ 試料に関する $\text{Si}2p$ 領域の XPS スペクトル