

17a-B5-5

Si 酸化膜正孔トラップ密度の Si 面方位依存性

Dependence of Oxide Hole Trap Density on Si Surface Orientation

東京都市大工,¹ 早稲田大,² 宇宙研³○梅田 啓介,^{1,3} 岡田 啓太郎,^{2,3} 小林 大輔,³ 野平 博司,¹ 廣瀬 和之³Tokyo City Univ.,¹ Waseda Univ.,² ISAS/JAXA³○Keisuke Umeda,¹ Keitarou Okada,^{2,3} Daisuke Kobayashi,³ Hiroshi Nohira,¹ and Kazuyuki Hirose³

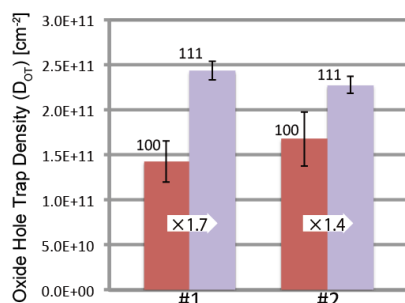
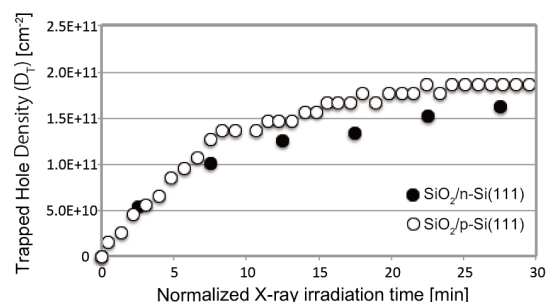
E-mail: k.umed@ac.jaxa.jp

【はじめに】 現在、デバイス性能を向上させる手法として、様々な面方位の Si を酸化してゲート酸化膜を形成する 3 次元構造 MOSFET が注目されている。前回、我々は 1 nm 程度の Si 酸化膜を形成して XPS 時間依存測定を行い、Si(100)基板上に形成した Si 酸化膜より Si(111)基板上に形成した Si 酸化膜の正孔トラップ密度が大きいということ報告した[1]。今回、推定した正孔トラップ密度の Si 面方位依存性の妥当性について検証したので報告する。

【試料】 1TorrO₂ 中、900℃でドライ熱酸化により、ドナー濃度 1×10^{15} 個/cm³ の n 型基板上には、1.29 nm SiO₂/Si(100) と 1.34 nm SiO₂/Si(111)を、アクセプター濃度 1×10^{15} 個/cm³ の p 型基板上には、1.23 nm SiO₂/Si(100)と 1.15 nm SiO₂/Si(111)を形成した。n 型の試料はそれぞれ 2 つ(#1, #2)用意して測定を行った。

【実験方法】 X 線照射により試料から光電子が放出される際、その光電子の散乱により電子/正孔対が生成される。生成された電荷が SiO₂ 中のトラップ準位に捕獲されて Si 基板のバンドベンディングが変化する。XPS 時間依存測定法とは、X 線照射時間毎の Si 基板の Si 2p_{3/2} ピークエネルギー（ピークシフト）を測定することで、SiO₂ 中のトラップ密度を推定する手法である[2]。まず、n 型と p 型の電荷捕獲前のバンドベンディングの比較より界面準位密度と電荷中性点を決定した。そして、(1)ピークシフトが飽和した時のバンドベンディングの値より、界面電荷密度と空間電荷密度を求め、そのカウンターチャージとして SiO₂ 中の捕獲断面積の大きい正孔トラップ密度を推定した。(2)X 線照射毎のバンドベンディングの値より、X 線照射によってその時間までに捕獲された正孔密度を推定した。

【結果】 飽和シフト量より推定した SiO₂ 中の正孔トラップ密度の推定結果を Fig. 1 に示す。これより、Si 基板の面方位の違いを反映して極薄 SiO₂ 膜の正孔トラップ密度が異なることが分かる。また、X 線照射時間毎のバンドベンディングより推定した捕獲された正孔密度 D_T を Fig. 2 に示す。測定に使用した X 線の強度は n 型と p 型の測定時で等しいので、X 線が照射されたときに SiO₂ 中に単位時間当たりにトラップされる正孔量は同量であると予想されるが、予想どおり p 型と n 型で時間変化はほぼ一致している。これより、正孔トラップ密度 D_{OT} を推定する際に用いた界面準位密度と電荷中性点の妥当性が確認され、正孔トラップ密度に Si 面方位依存性があることが検証された。

Fig.1 Oxide hole trap density of SiO₂/n-Si(100) and SiO₂/n-Si(111).Fig.2 Trapped hole density for SiO₂/n-Si(111) and SiO₂/p-Si(111) during X-ray irradiation.

[1] 梅田 啓介, 岡田 啓太郎, 小林 大輔, 野平 博司, 廣瀬 和之, 第 73 回秋季応用物理学会 12p-F4-15 (2012).

[2] K. Hirose, J. Electron Spectroscopy and Related Phenomena. **17**, 46 (2010).