

Al₂O₃/SiO₂, MgO/SiO₂, MgO/Al₂O₃ 各界面におけるダイポール起因の V_{FB} シフトの温度依存性の違い

Difference of temperature dependent V_{FB} shift caused by interface dipole at Al₂O₃/SiO₂, MgO/SiO₂ and MgO/Al₂O₃

東京大学大学院工学系研究科マテリアル工学専攻 °濱口 高志、喜多 浩之

Dept. of Materials Engineering, The Univ. of Tokyo, °Takashi Hamaguchi and Koji Kita

E-mail: hamaguchi@scio.t.u-tokyo.ac.jp

[背景]MOS キャパシタの絶縁膜として使われる high-k 材料および SiO₂ のうち、ある組合せでは界面ダイポール層形成が報告されている^[1]。また既に我々は Al₂O₃/SiO₂ 界面ダイポール強度が温度依存性をもつと報告した^[2]。これは室温以外での MOS デバイス動作信頼性向上の観点で重要である。本研究では他の異種酸化膜について界面ダイポール強度の温度依存性を調べ、比較した。

[実験] 熱酸化 SiO₂(10nm)/p 型 Si 上(i)-(iv)の 4 つの MOS キャパシタを作製した。各試料は (i)MgO/SiO₂(PDA600°C)、(ii)SiO₂、(iii)MgO/Al₂O₃/SiO₂(PDA800°C)、(iv)Al₂O₃/SiO₂(PDA800°C)、を絶縁膜に有する。MgO と Al₂O₃ はスパッタリング法により成膜した。(iii)の最上面には MgO の吸湿を抑える目的で Al₂O₃ キャップ層を、Al₂O₃/MgO 界面ダイポールが形成されない程度の膜厚(~0.5nm)で成膜した^[3]。PDA は全て 0.1%O₂ 雰囲気下で行い、表裏の電極は各々 Au と Al とした。これらの試料の V_{FB} を 150K から 400K までいくつかの温度下で測定した。

[結果]MgO 膜厚の異なるいくつかの(i)について、その Capacitance Equivalent Thickness(CET)と V_{FB} との関係測定温度ごとに示した(Fig.1.)。CET の外挿により固定電荷の効果を除き、MgO/SiO₂ 界面ダイポール由来の V_{FB} シフト量 V_{dipole} を各温度で算出した。さらに各温度で(ii)の V_{FB} との差分をとり、SiO₂/Si 界面固定電荷の効果および Au の仕事関数と Si のフェルミ準位との差が示す温度依存性の効果を除いた上で、Fig.2.に示すように MgO/SiO₂ 界面ダイポール強度が~2mV/K の温度依存性を示す結果が得られた。これは Al₂O₃/SiO₂ 界面ダイポール強度の示す~3mV/K の温度依存性とオーダーで一致する^[2]。Kita らは界面の O²が自身の密度の小さい側に変位することが high-k/SiO₂ 界面ダイポールの起源であると提案している^[1]。MgO と SiO₂ の熱膨張率 β が各々 1×10⁻⁵ K⁻¹^[4]と 3×10⁻⁷ K⁻¹^[5]で異なることから、温度による界面構造の変化が界面ダイポール強度変化として現れた可能性がある。一方、MgO 膜厚の異なるいくつかの(iii)と(iv)の V_{FB} の比較からは、熱膨張率が同程度の MgO と Al₂O₃(β=7×10⁻⁶ K⁻¹^[6])の界面に生じるダイポール効果^[3]を評価できるが、実際この温度依存性は~0.7mV/K と小さかった(Fig.2)。以上より、異種酸化膜の界面ダイポール強度は材料の組み合わせに応じて異なる温度依存性を示し、特に SiO₂ を含む系は顕著な依存性を有することが示唆された。尚、本研究の一部は日本学術振興会科研費補助金の助成により行われた。

[参考文献][1] K. Kita *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **94**, 132902 (2009). [2] S. Nittayakasetwat *et al.*, 2017 秋季応用物理学会(5p-C11-3). [3] J. Fei *et al.*, *Microelectronic Engineering*, **178**, 225-229 (2017). [4] R. J. BEALS *et al.*, *J. Amer. Ceram. Soc.* **40**, 279 (1957). [5] H. Tada *et al.*, *J. Appl. Phys.*, **87**, 4189 (2000). [6] S. Skirl *et al.*, *Acta Mater.*, **46**, 2493 (1998).

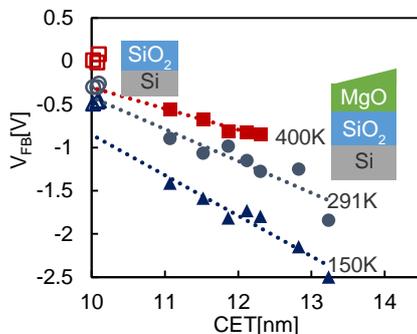


Fig.1. V_{FB} of sample(i) (filled symbols) and SiO₂/Si as a reference (open symbols) at different temperatures. V_{FB} was determined by 1MHz C-V characteristic.

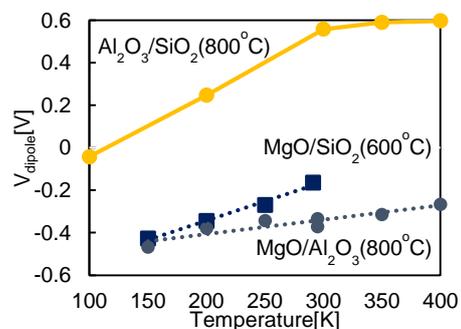


Fig.2. Temperature dependence of V_{dipole} values of Al₂O₃/SiO₂, MgO/SiO₂ and Al₂O₃/MgO interfaces.