

19a-A17-7

SiO<sub>2</sub>/Si 界面の緩和エネルギーから推定した誘電率の評価Evaluation of Dielectric Constant that Deduced from Relaxation Energy at SiO<sub>2</sub>/Si interfaces早大理工,<sup>1</sup> 東京都市大,<sup>2</sup> 宇宙研<sup>3</sup>○ 森谷 真帆,<sup>1,3</sup> 天野 裕士,<sup>2,3</sup> 小林 大輔,<sup>3</sup> 山本 知之,<sup>1</sup> 廣瀬 和之<sup>3</sup>Waseda Univ.,<sup>1</sup> Tokyo City Univ.,<sup>2</sup> ISAS/JAXA<sup>3</sup>○ Maho Moriya,<sup>1,3</sup> Yuji Amano,<sup>2,3</sup> Daisuke Kobayashi,<sup>3</sup> Tomoyuki Yamamoto,<sup>1</sup> and Kazuyuki Hirose<sup>3</sup>E-mail: [m.moriya@ac.jaxa.jp](mailto:m.moriya@ac.jaxa.jp), [hirose@isas.jaxa.jp](mailto:hirose@isas.jaxa.jp)

【はじめに】 現在、新しい構造の MOSFET として 3 次元立体構造 MOSFET の研究が注目されている。これまで、我々は Si(100)基板上と Si(111)基板上に形成した 1 [nm] 程度の Si 酸化膜に、酸化膜トラップ密度の基板面方位依存性があることを報告している [1]。今回、この酸化膜トラップ密度の面方位依存性と同様に、Si と SiO<sub>2</sub> の緩和エネルギーの差  $\Delta R$  にも面方位依存性があることを見いだした。そして、新たに Si(110)面を加えて、 $\Delta R$  から SiO<sub>2</sub>/Si(100)、SiO<sub>2</sub>/Si(110)、SiO<sub>2</sub>/Si(111)界面の 1 [nm] 程度の Si 酸化膜の誘電率を推定したので報告する。

【試料】 p 型の Si(100)、Si(110)、Si(111)面基板上に膜厚 1.2~1.3 [nm] の SiO<sub>2</sub> をドライ酸化で形成した。

【実験方法】 SiO<sub>2</sub>/Si(100)、SiO<sub>2</sub>/Si(110)、SiO<sub>2</sub>/Si(111)界面における Si 1s 軌道と Si 2p 軌道の光電子の結合エネルギーと、Si KLL オージェ電子の運動エネルギーを SPring-8 で測定した。測定は同一試料で 3 回ずつ行った。

【実験結果】 SiO<sub>2</sub>/Si(100)、SiO<sub>2</sub>/Si(110)、SiO<sub>2</sub>/Si(111)界面の Si 1s 軌道と Si 2p 軌道のピークエネルギーと、KLL オージェ電子のピークエネルギーから Si と SiO<sub>2</sub> の  $\Delta R$  を算出したものを Fig. 1 に示す。Si と SiO<sub>2</sub> の  $\Delta R$  は式(1)から求めた [2]。Fig. 1 に示した値は 3 回の測定の平均値である。 $\Delta R$  は SiO<sub>2</sub>/Si(100)、SiO<sub>2</sub>/Si(110)、SiO<sub>2</sub>/Si(111)の順に大きくなり面方位依存性が見られた。次に、 $\Delta R$  から Si 酸化膜の誘電率  $\epsilon_{\text{SiO}_2}$  を推定したものを Fig. 2 に示す。Si 酸化膜の誘電率は式(2)から求めた [3]。誘電率は、SiO<sub>2</sub>/Si(100)、SiO<sub>2</sub>/Si(110)、SiO<sub>2</sub>/Si(111)の順に小さくなっている。誘電率と原子間距離は比例の関係にある [4]。このことより、Si-O の結合長は SiO<sub>2</sub>/Si(100)、SiO<sub>2</sub>/Si(110)、SiO<sub>2</sub>/Si(111)の順に小さくなっていることが推測される。

$$2\Delta R = 2\Delta E_b(2p) - \Delta E_b(1s) + \Delta E_k(KLL) \quad (1) \quad \Delta R = -\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{\epsilon_{\text{Si}}} - \frac{1}{\epsilon_{\text{SiO}_2}} \right) \quad (2)$$

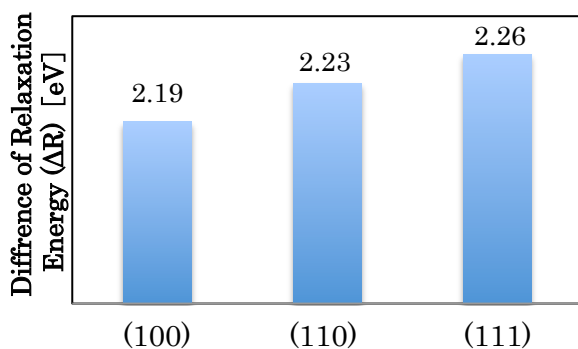


Fig. 1 Difference of Relaxation Energy at SiO<sub>2</sub>/Si interfaces.

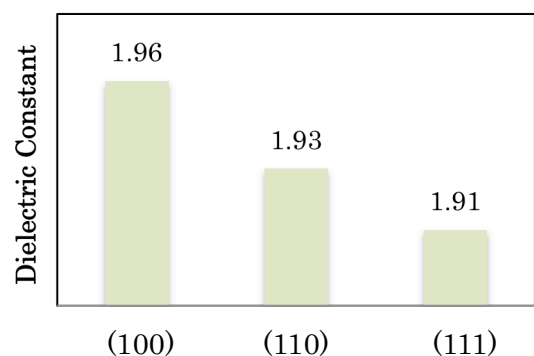


Fig. 2 Data of Dielectric Constant

[1] 梅田 啓介, 岡田 啓太郎, 小林 大輔, 野平 博司, 廣瀬 和之第 74 回秋季応用物理学会 17a-B5-1-10 (2013).

[2] Th. Eickhoff, V. Medicherla, and W. Drube, Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena, 137-140, (2004).

[3] Sigemi Kohiki, Shinji Ozaki, Tomoko Hamada, and Kazuo Taniguchi, Applied Surface Science 28, 103-110, (1987).

[4] 文珠史郎 秀昭, 素材物性学雑誌, 18(1/2), 1-9, (2006).