

絶縁体表面帯電の自己補償機構の解明に向けた プラズマCVD SiO₂膜に対するXPSによる表面帯電評価

Evaluation of charge-up on surface of SiO₂ deposited by plasma CVD with XPS to investigate self-compensation mechanism of charge-up on dielectric surfaces

早大理工¹, 宇宙研²

○牛丸晃太^{1,2}, 張江貴大^{1,2} 小林 大輔², 山本 知之¹, 廣瀬 和之^{1,2}

Waseda Univ.¹, ISAS/JAXA²

E-mail: k.ushimaru@ac.jaxa.jp, hirose@isas.jaxa.jp

【背景と目的】

X線光電子分光法(XPS)とは、単色X線を試料に照射した際に、真空中に放出される光電子のエネルギースペクトルを測定する分析手法である。XPSによって絶縁体を測定する際に、試料表面が正に帯電してしまい、その結果測定スペクトルに影響を与えるチャージアップという問題がある。チャージアップに関する先行研究は数多くあり、Cauzaxは試料が自発的に起こす帯電補償効果について次のように述べている。まず、X線が絶縁体試料を支える金属試料ホルダーまで到達している条件では、金属から絶縁体へ電子の注入があることを説明している。その条件下で、絶縁体の厚さが電子の最大脱出深さよりも小さい場合に、表面に供給された電子が表面帯電を相殺できることを説明している。一方、膜厚が電子の最大脱出深さよりも大きい場合には、表面帯電を相殺できるかが不明であることも述べている[1]。これまで我々は、膜厚が電子の最大脱出深さよりも大きい場合の例として、Si基板上に形成された膜厚が1 μmの熱酸化SiO₂に対してXPS測定を行ったところ[2][3]、表面帯電が起こらない事を見出した。そこで本研究では、膜質が熱酸化SiO₂と異なると考えられるプラズマCVD SiO₂膜に対して、XPSを用いて膜質による表面帯電の違いを評価する事を目的とした。

【実験方法】

XPS装置(ESCALAB220i_XL)を用い、X線入射角度 0, 30, 58, 72, 84, 87 degとしてX線入射角度依存測定を行なった。単色化したAl-Kα線(1486.6 eV)により、SiO₂のSi 2pスペクトルを測定した。試料には、p型Si(100)(抵抗率1-10 Ω・cm)上にプラズマCVDで成膜したSiO₂(膜厚1 μm)を用いた。また、試料における基板抵抗率のばらつきを考慮するため、基板抵抗率が異なる3種のp型Si(100)(≦ 0.01 Ω・cm, ≦ 0.02 Ω・cm, 1-10 Ω・cm)上に成膜した熱酸化SiO₂(膜厚: 1 μm)に対しても同様の測定を行い、基板抵抗率による影響も合わせて評価した。また、長時間の測定によるピークシフトを避ける為、測定時間を90秒で固定した。

【実験結果】

成膜法の違い、および基板抵抗率の違いを比較した測定結果をそれぞれFig.1 (a), (b)に示す。Fig.1 (a)では、プラズマCVD SiO₂において、熱酸化SiO₂と比べて大きなピークシフトが観察された。この結果から、プラズマCVD SiO₂では熱酸化SiO₂と異なり表面帯電することがわかった。この大きなピークシフトは、ケミカルシフトでは説明のできない大きなシフトである。またFig.1 (b)より、基板抵抗率の違いが与える表面帯電への影響は極めて小さいことがわかった。これらの結果から、大きなピークシフトの原因は、膜質の違いによるものであることが示唆された。今後は、膜質におけるどの要因が異なる表面帯電を生み出したのかを詳細に検討していく予定である。

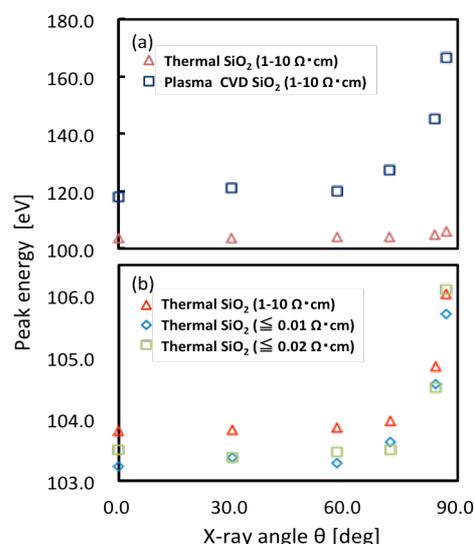


Fig.1. Peak energy of Si 2p from SiO₂ as a function of X-ray angle. (a)Effect of formation method. (b)Effect of substrate resistivity.

[1] J. Cauzax, J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom. 178-179 (2010) 357-372.

[2]津吹優太, 小林大輔, 廣瀬和之, 秋季第76回応用物理学会学術講演会, 16a-2D-7, 2015年9月, 愛知.

[3]張江貴大, 小林大輔, 山本知之, 廣瀬和之, 秋季第78回応用物理学会学術講演会, 8a-A411-6, 2017年9月, 福岡.