

## X線照射によるSiO<sub>2</sub>表面帯電の自己補償機構の解明に向けた表面電位測定： 表面放出電子数を一定に制御した場合

### Measurement of surface potential for investigation of self-compensation mechanism of X-ray induced charge-up on SiO<sub>2</sub> surface : under a constant electron emission condition

早大理工<sup>1</sup>, 宇宙研<sup>2</sup>

°張江 貴大<sup>1,2</sup>, 小林 大輔<sup>2</sup>, 山本 知之<sup>1</sup>, 廣瀬 和之<sup>1,2</sup>

Waseda Univ.<sup>1</sup>, ISAS/JAXA<sup>2</sup>

°Takahiro Harie<sup>1,2</sup>, Daisuke Kobayashi<sup>2</sup>, Tomoyuki Yamamoto<sup>1</sup>, and Kazuyuki Hirose<sup>1,2</sup>

E-mail: takahiro.harie@ac.jaxa.jp, hirose@isas.jaxa.jp

#### 【背景と目的】

X線光電子分光法 (XPS) は, X線を励起源とし, 試料表面から真空中に放出される電子を測定する. XPSによって絶縁体試料を測定する場合, 試料表面が正に帯電することがある. この帯電は表面から放出する電子に影響を与え, 意図しないスペクトルの変化を引き起こす. 絶縁体の帯電に関する研究は数多くなされているが, そのメカニズムについては未だ明らかでない部分が多い. Cazauxは, 試料の自己帯電補償モデルを提案している[1]. そのモデルでは, X線が試料に侵入できる最大深さ(X線最大侵入深さ $3R_D$ )が絶縁体の厚さより大きい場合, 絶縁体の下の金属と絶縁体の間で電子の授受があることを説明している. これまで我々は, Si基板上に形成した膜厚1  $\mu\text{m}$ の熱酸化SiO<sub>2</sub>を用い, X線の入射角を変化させたときの表面電位から自己帯電補償を観察してきた[2], [3]. その結果から, X線が試料に侵入できる深さが大きくなるにつれ, 表面電位が減少することを明らかにした (Fig. 1 (b)). (ただし, 表面の帯電がない状態を表面電位 0eVとする.) すなわち, Cazauxが示したように, SiO<sub>2</sub>表面の帯電補償はSi基板でX線によって励起されSiO<sub>2</sub>中に注入された電子によるものであるということを実証した. X線の入射角を変化させた場合, 表面から放出する電子量とSi基板から注入される電子量が共に変化してしまうため, 本研究では, 表面から放出される電子量をほぼ一定に保ち, Si基板から注入される電子量のみの変化による自己帯電補償を観察するために, SiO<sub>2</sub>膜厚を変化させたときの表面電位を測定した.

#### 【実験方法】

絶縁体試料には, 抵抗率が0.02  $\Omega\cdot\text{cm}$ 以下のp型Si(100)基板上に形成した熱酸化SiO<sub>2</sub>(膜厚が0.5, 1.0, 1.5, 2.3, 2.5, 2.8  $\mu\text{m}$ )を用いた. XPS装置(ESCALAB220i\_XL)を用い, Si<sup>4+</sup> 2p<sub>3/2</sub>スペクトルを測定し, そのピークエネルギーから表面電位 $E_S$ を求めた. X線には, 単色化したAl-K $\alpha$ 線(1486.6 eV)を使用し, 60°の入射角で照射した.

#### 【実験結果】

Fig. 1 (a)にSiO<sub>2</sub>膜厚 $t_{\text{ox}}$ に対する表面電位 $E_S$ を示す. 先行研究(Fig. 1 (b))では, 最大で3 eV程度の表面電位が発生しているのに対し, 本結果では, 1 eV程度の表面電位であり, 自己帯電補償が起きていることがわかった. また, SiO<sub>2</sub>膜厚の増加に伴い, 表面電位が単調に増加することがわかった. これは, SiO<sub>2</sub>膜厚を増加させると, 表面からの電子放出量がほぼ一定であるのに対し, 基板からの電子注入量が減少したためと考えられる.

#### 【謝辞】

サンプルの作製にあたり, 文部科学省ナノテクノロジー・プラットフォーム東京大学VDEC「超微細リソグラフィ・ナノ加工拠点」を利用したことをここに感謝いたします.

[1] J. Cazaux, 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, 津吹優太, 岡田啓太郎, 小林大輔, 廣瀬和之, 秋季第77回応用物理学会学術講演会, 15p-B2-1, 2016年9月, 新潟.

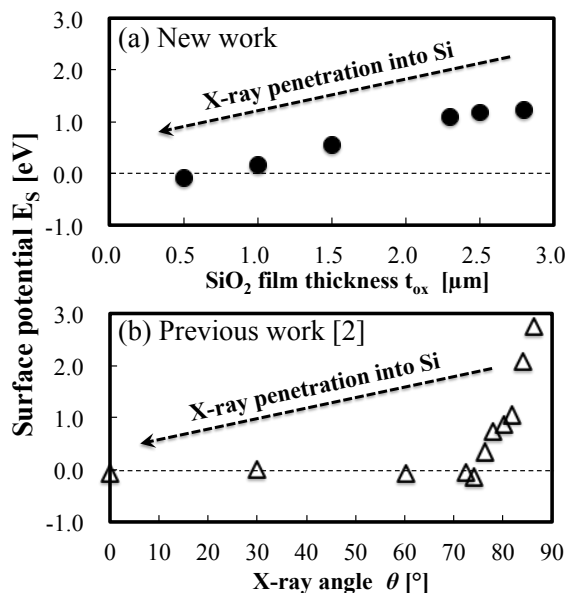


Fig. 1. Surface potential as a function of (a) SiO<sub>2</sub> film thickness and (b) X-ray angle.