

## X線光電子分光法におけるチャージアップの帯電補償に関する研究

## Research on charge-up compensation in x-ray photoelectron spectroscopy

○津吹 優太,<sup>1,2</sup> 小林 大輔,<sup>1,2</sup> 廣瀬 和之<sup>1,2</sup> (1. 東大院工, 2. 宇宙研)○Yuuta Tsubuki,<sup>1,2</sup> Daisuke Kobayashi,<sup>1,2</sup> and Kazuyuki Hirose<sup>1,2</sup> (1. Univ. Tokyo, 2. ISAS/JAXA)E-mail: [y.tsubuki@ac.jaxa.jp](mailto:y.tsubuki@ac.jaxa.jp), [hirose@isas.jaxa.jp](mailto:hirose@isas.jaxa.jp)

【はじめに】X線光電子分光法(XPS)において、試料のチャージアップが測定に影響を与える。チャージアップを低減する手法はこれまで数多く提案されてきたが、基礎的な物理現象についての研究は途上にある。Cazaux はチャージアップの初期過程を、光電効果により表面に蓄積される正の電荷が試料ホルダに負の電荷を誘起すると考え、「平行平板コンデンサー+漏れ抵抗」というモデルで説明した[1]。これまで我々は試料電流の測定により Cazaux のモデルを検証しており、その結果として X 線侵入深さ  $R_D$  と絶縁膜の厚さの大小関係がチャージアップへ影響を与えることが示唆された[2]。しかし、試料電流の測定ではチャージアップの定量的評価は行うことができない。またチャージアップの速度によっては検出できない場合もある。そこで試料の表面ポテンシャルの変化量  $E_S$  がチャージアップを直接反映する事に着目して、光電子スペクトルの測定により試料の表面ポテンシャルの変化量  $E_S$  を評価し、X 線侵入深さ  $R_D$  と絶縁膜の厚さの大小関係がチャージアップに与える影響を調べたのでその結果を報告する。

【実験方法】試料として酸化膜厚が約 1  $\mu\text{m}$ , 2  $\mu\text{m}$ , 4  $\mu\text{m}$  の熱酸化膜付 p 型 Si(100) を用いた。光電子スペクトルの測定には XPS 装置 (VG 社製 ESCALAB 220i\_XL) を使い、照射 X 線源には単色化した Al-K $\alpha$  線 (1486.6 eV) を使用した。X 線入射角  $\theta$  は試料の法線方向を基準として  $0^\circ$  から  $86^\circ$  の範囲で変化させた。X 線侵入深さ  $R_D$  は、X 線入射角  $\theta$  と Henke らのデータベース[3]より計算した X 線侵入長  $R_L$  を用いて  $R_D = R_L \cos\theta$  として算出した。測定するスペクトルには SiO<sub>2</sub> の Si 2p スペクトルを選択した。表面ポテンシャルの変化量  $E_S$  は次のように定義した。すなわち、測定によって得られた Si 2p の結合エネルギーを  $E_B$  として、 $E_S = E_B - 103.4 \text{ eV}$ 。ここで 103.4 eV は文献[4]より得たものであり、チャージアップが起きていない時の結合エネルギーである。

【実験結果】実験結果の一例として、Fig. 1 に酸化膜厚 1  $\mu\text{m}$  の熱酸化膜付 p 型 Si の X 線侵入深さ  $R_D$  と表面ポテンシャルの変化量  $E_S$  の関係を示す。図中の縦線(赤色)は X 線侵入深さ  $R_D$  と酸化膜厚が等しい位置である。X 線侵入深さ  $R_D$  が酸化膜厚 1  $\mu\text{m}$  より大きい条件では、表面ポテンシャルの変化量  $E_S$  はほぼ 0 であった。これは p 型 Si 基板で生成された電子により試料の表面に蓄積された正の電荷の補償が起きたためであると推測される。一方で X 線侵入深さ  $R_D$  が酸化膜厚 1  $\mu\text{m}$  より小さい条件では 0.5 eV ~ 2.8 eV 程度の表面ポテンシャルの変化が観察された。また、X 線侵入深さ  $R_D$  が小さくなるにつれて表面ポテンシャルの変化量  $E_S$  が増加していく傾向が見られた。これらの結果から酸化膜厚 1  $\mu\text{m}$  の熱酸化膜付 p 型 Si については、[2] の通り X 線侵入深さ  $R_D$  が絶縁膜の厚さよりも大きい条件ではチャージアップがほぼ起きないことが明確になった。また、X 線侵入深さ  $R_D$  が絶縁膜の厚さよりも小さい条件では、X 線侵入深さ  $R_D$  が小さくなるにつれて表面ポテンシャルの変化量  $E_S$  が増加していくことが明らかになった。

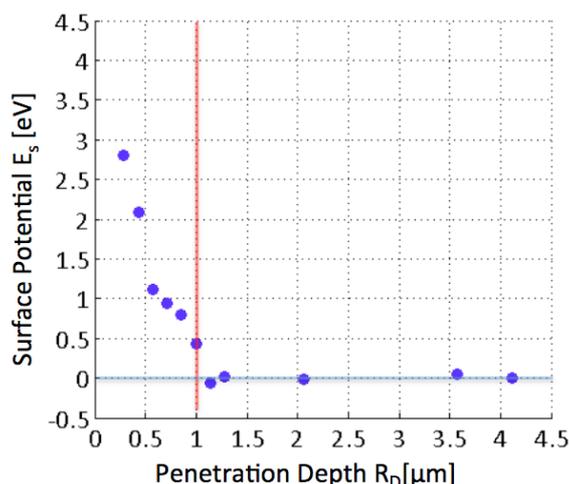


Fig. 1 The relationship between the Penetration Depth  $R_D$  and the Surface Potential  $E_S$  (SiO<sub>2</sub> thickness: 1  $\mu\text{m}$ ).

[1] J. Cazaux, J. Electron Spectrosc.

Relat. Phenom. 178-179(2010) 357-372.

[2] 岡田啓太郎, 村田秀信, 小林大輔, 山本知之, 廣瀬和之, UVSOR シンポジウム 2013, P13.

[3] B. L. Henke et al., At. Data Tables 54 (1994) 181-342.

[4] NIST X-ray Photoelectron Spectroscopy Database, <http://srdata.nist.gov/xps/Default.aspx>