

課題番号 : F-13-UT-0010
利用形態 : 技術代行
利用課題名 (日本語) : 放射光を用いた XANES スペクトル測定時のチャージアップ効果に関する研究
Program Title (English) : Study on charge-up effects in synchrotron XANES
利用者名 (日本語) : 岡田啓太郎¹⁾, 小林大輔²⁾, 廣瀬和之²⁾, 山本知之¹⁾
Username (English) : K. Okada¹⁾, D. Kobayashi²⁾, K. Hirose²⁾, T. Yamamoto¹⁾
所属名 (日本語) : 1) 早稲田大学大学院基幹理工学研究科, 2) 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所
Affiliation (English) : 1) School of Fundamental Science and Engineering, Waseda University, 2) Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

1. 概要 (Summary)

XANES (X 線吸収端近傍構造)スペクトル測定は吸収原子の局所的な電子状態などを取得できる分析手法である。XANES スペクトルは透過法, 蛍光法, 全電子収量法などによって測定される。全電子収量法では, 吸収強度が光電効果により放出される電子の流量に対応しているという仮定のもとで測定される。放出される電子の流量はアースと試料ホルダを流れる電流 (試料電流) 値として測定される。ここで吸収強度は励起源および測定物質により決まるため, チャージアップ効果 (試料表面の帯電) の影響を受けない。一方, 放出される電子の流量はチャージアップ効果の影響を受ける。そのため絶縁体を試料とした場合, 吸収強度と放出される電子の流量は対応しなくなり, 上記の仮定が成立せず, XANES スペクトルにも影響を及ぼすことが予想される。本研究では, チャージアップ効果が放出される電子の流量, そして XANES スペクトルに与える影響を調べるために試料電流の時間変化を測定した。

2. 実験 (Experimental)

試料電流の時間変化測定および XANES スペクトル測定 (全電子収量法) は UVSOR BL2A で行った。入射 X 線の単色化には二結晶分光器 (InSb) を用いた。試料は膜厚 1.0 μm の熱酸化膜付 p 型 Si を用いた。元々この基板は両面に熱酸化膜が形成されていたので, 試料電流の測定のために, 裏面酸化膜のエッチング除去を行った。これはナノテクノロジー・プラットフォーム東京大学超微細リソグラフィ・ナノ計測拠点に技術代行として依頼した。エッチング装置は CE-300 ICP-RIE を用いた。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

Fig.1 に試料電流の時間変化を示す。興味深いことに,

入射 X 線エネルギーを 1848.6 eV とした場合のみ電流が減少した。試料電流変化は試料の帯電量の時間変化に対応しているため, 試料表面の帯電が確認された。ここで Henke らのデータベース[1]を元に各入射 X 線エネルギーの X 線侵入深さを見積もると, 1848.6 eV では X 線侵入深さが酸化膜厚より小さかったのに対し, 1820.0 eV, 1880.0 eV では X 線侵入深さが酸化膜厚より大きくなった。1820.0 eV, 1880.0 eV では p 型 Si 基板においても多くの電子・正孔対が生成され, これらの電子が酸化膜に注入され帯電補償に寄与したのではないかと考えられる。ただし電子の平均自由行程と比較すると酸化膜厚 (1.0 μm) は非常に大きい。p 型 Si 表面から酸化膜表面まで電子がどのようにして伝導されたのか, その伝導機構は明らかになっておらず今後の検討課題としたい。

Fig.2 に Si K 端 XANES スペクトルを示す。大きな歪みは確認されず, 透過法により得られた XANES スペクトル[2]と一見したところ良く似ており, もっともらしいスペクトルが得られた。しかし Fig.2 から, このスペクトルの 1848.6 eV 付近の吸収強度は本来の値より小さく, XANES スペクトルの解析に影響を与える可能性があることが示唆されている。

以上より絶縁体測定時にもっともらしいスペクトルが得られた場合においても, チャージアップ効果の影響を必ずしも受けていないとは言えないことが明らかになった。そしてチャージアップ効果の有無を厳密に判断するためには, XANES スペクトルを見るだけでなく, 本研究で行ったように各入射 X 線エネルギーの試料電流の時間変化を測定しなければならないことがわかった。

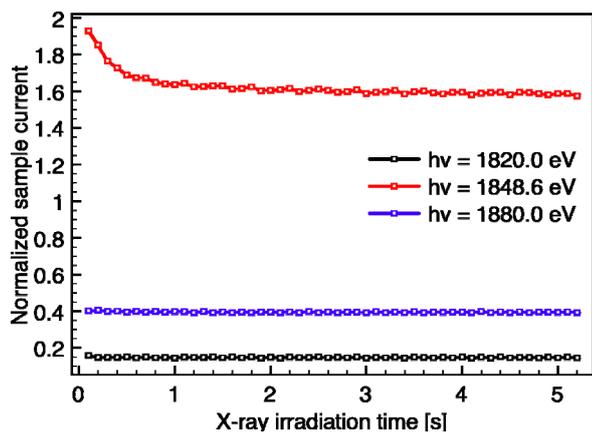


Fig.1 Measured transient responses of sample currents for the p-type SiO₂/Si stack under X-ray irradiation: the measured currents are normalized by the intensity of the input X-ray.

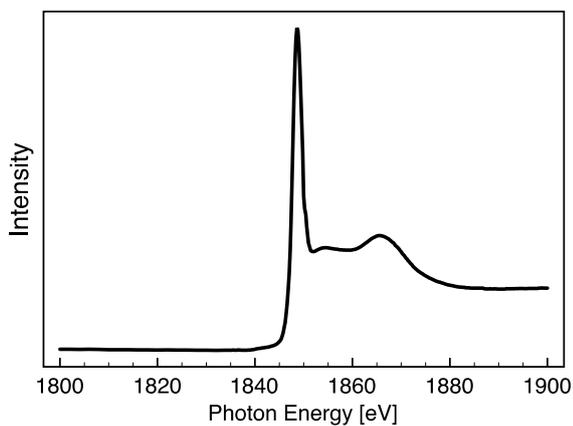


Fig.2 Measured Si K-edge XANES spectrum of the tested p-type SiO₂/Si stack.

[1] B. L. Henke et al., At. Data Nucl. Data Tables 54 (1993) 181-342.

[2] N. Nagashima et al., Phys. Rev. B **48** (1993) 18257.

4. その他・特記事項 (Others)

なし.

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

(1) 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, 平成 25 年 12 月 7 日.

6. 関連特許 (Patent)

なし.