

課題番号 : 2015A-E27  
利用課題名 (日本語) : リアルタイム光電子分光を用いた SiO<sub>2</sub>/Si 界面歪みによる SiO 発生メカニズムの解明  
Program Title (English) : SiO generation mechanism induced by SiO<sub>2</sub>/Si strain studied by real-time photoelectron spectroscopy  
利用者名(日本語) : 小川修一<sup>1)</sup>、唐佳芸<sup>1)</sup>、吉越章隆<sup>2)</sup>、石塚眞治<sup>3)</sup>、高桑雄二<sup>1)</sup>  
Username (English) : S. Ogawa<sup>1)</sup>, J. Tang<sup>1)</sup>, A. Yoshigoe<sup>2)</sup>, S. Ishidzuka<sup>3)</sup>, and Y. Takakuwa<sup>1)</sup>  
所属名(日本語) : 1) 東北大学多元物質科学研究所, 2) 日本原子力研究開発機構, 3) 秋田工業高等専門学校  
Affiliation (English) : 1) IMRAM, Tohoku University, 2) JAEA, 3) Akita National College of Technology  
キーワード : Si 酸化、リアルタイム光電子分光、酸化誘起歪み、界面反応

### 1. 概要 (Summary)

Si 基板上に熱酸化で形成した SiO<sub>2</sub>膜の分解において、酸化誘起歪みが分解のトリガーになることが示唆された。特に圧縮歪みはボイド形成前も増加し、ボイド発生を引き起こす点欠陥を生成すると考えられる。

### 2. 実験(目的,方法) (Experimental)

Si 基板上に成膜された SiO<sub>2</sub>膜は、真空中の高温加熱により分解され、揮発性の SiO となり Si 基板から脱離する。SiO 脱離は、まず始めに SiO<sub>2</sub>膜にボイドが形成され、それが二次元的な拡大によって進行する。しかしながら、ボイドの形成過程についてはそのメカニズムが未だ明らかになっていない。本研究では、酸化誘起歪みによって SiO<sub>2</sub>/Si 界面に生成された点欠陥がボイド発生に寄与していると予想し、SiO<sub>2</sub>膜の分解過程と界面歪みの相関について調べた。

実験は SPring-8 の BL23SU に設置されている表面反応解析装置を用いて行った。Si(001)表面を 500°C で熱酸化し、SiO<sub>2</sub>膜を形成した。約 0.5nm の極薄酸化膜形成後、真空中で 650°C で加熱することにより、SiO<sub>2</sub>膜を分解させた。酸化反応および分解反応の最中は O 1s、Si 2p スペクトルを繰り返し測定し、スペクトルの時間変化を得た。Si2p 光電子スペクトルの Si<sup>a</sup> と Si<sup>b</sup>ピークから、界面歪みの大きさを見積もった。

### 3. 結果と考察(Results and Discussion)

Si 2p スペクトルのピーク分離解析より、酸化膜成長が進むにつれて界面歪みが大きくなることが分かった。酸素供給を止めて酸化膜の分解を開始したとき

も、圧縮歪みは増加を続ける一方、引張り歪みはほぼ変化がなかった。酸化膜分解によるボイド形成後、圧縮歪みおよび引張り歪みともにボイドの拡大とともに減少していった。この結果から、酸化膜の分解によって界面に空孔が形成され、空孔と SiO<sub>2</sub>の接触面に大きな圧縮歪みが発生すると考えられる。大きな圧縮歪みが印加されるとさらに点欠陥発生が進行し、空孔は自己増殖的に大きくなり、ついには酸化膜にボイドが形成される。このことから、界面に生成された点欠陥のうち、空孔がボイド発生のトリガーになっていることが示唆された。また、酸化膜の分解速度には界面に残留する酸化誘起歪みの大きさが重要な影響を与えていると考えられる。

### 4. その他・特記事項 (Others)

本研究の一部は科研費 (特別研究員奨励費 26・4955) および倉田記念日立科学技術財団の支援を受けて行われた。