

次世代 CMOS テクノロジーを基礎付ける Si(110)面初期酸化過程の 放射光光電子分光解析

SR-PES analysis of initial oxidation of Si(110) surface for
next generation CMOS technology

末光 眞希¹⁾ 富樫 秀晃¹⁾ 松本 光正¹⁾ 高橋 裕也¹⁾
Maki Suemitsu Hideaki Togashi Mitsutaka Matsumoto Yuya Takahashi

中野 卓哉¹⁾ 山本 喜久¹⁾ 遠田 義晴²⁾
Takuya Nakano Yoshihisa Yamamoto Yoshiharu Enta

寺岡 有殿³⁾ 吉越 章隆³⁾
Yuden Teraoka Akitaka Yoshigoe

¹⁾東北大学 ²⁾弘前大学 ³⁾日本原子力研究開発機構

次世代 Si テクノロジーで重要な役割を果たすと期待される Si(110)表面に関し、その初期酸化カイネティクスをリアルタイム光電子分光を用いて詳細に調べ、その特異性を明らかにした。

キーワード: シリコン, 酸化, 放射光光電子分光

1. 目的

次世代 CMOS テクノロジーのキーテクノロジーと目される Si(110)表面の初期ドライ酸化過程を、リアルタイム放射光光電子分光を用いて解明する。具体的には、室温および高温酸化時における 0 1s および Si 2p スペクトルをピーク分離し、Si(110)表面に特徴的な酸化状態を抽出する。また、これら諸酸化状態の時間発展と相互変換過程を求め、Si(110)酸化における表面原子過程を解明すると共に、酸化構造と電気特性との関係を明らかにする。

2. 方法

表面化学実験ステーションにてエネルギー650eVの放射光を用いて X 線光電子分光実験を行った。シリコン酸化膜の 0 1s および Si 2p 高分解能光電子スペクトルを測定し、そのスペクトル解析から、酸素分子の解離吸着過程と酸化膜形成過程を解明した。

3. 研究成果

酸素圧力・基板温度の関数としての 0 1s 及び Si 2p スペクトル、及びそれらの時間発展を得た。また、UV オゾン酸化時間による 0 1s 及び Si 2p スペクトル、及びそれらの時間発展を得た。

4. 結論・考察

①室温の Si(110)清浄表面に酸素ガスを 10L 暴露したところ、Si 2p 光電子スペクトルは有意な量のサブオキサイド (Si^{n+} , $n=1, 2, 3$) 成分を示した。この低暴露量で Si^{2+} , Si^{3+} といった高次酸化種まで形成される点は Si(110)酸化の大きな特徴である。室温吸着であることを考えると、見出された酸素原子のクラスタリングは、表面酸素原子の泳動というよりは、既存酸化状態への優先酸化によって生じていると考えられる。

②酸素室温吸着表面を 300°C で 15 分間アニールすると、アニール前に比べて Si^{3+} 成分が大幅に増大し、 Si^{4+} 成分も出現した。その間、0 1s スペクトルの積分強度は不変だった。このことは、室温において Si 表面に準安定状態で離散的に吸着していた酸素原子がアニールによってより安定な酸化構造に凝集したことを示唆する。このとき、0 1s スペクトルでは準安定状態に対応すると見られる低結合エネルギー成分が消失した。

③Si 2p ピーク位置に注目すると、このアニールにより、 Si^{2+} , Si^{3+} 成分のエネルギー位置がそれぞれ 0.33eV, 0.19eV ほど高結合エネルギー側にシフトし、高温熱酸化膜のピーク位置に近づいた。Si サブオキサイドのピーク位置は Si-O-Si 結合角や Si-O 結合長を反映することが知られているから*、これより、室温で準安定状態に吸着していた酸素原子がアニールによってバルク SiO_2 に近い原子配置に移動し、その歪みを緩和させたことが示唆される。

5. 引用(参照)文献等

* H. W. Yoem et al, Phs. Rev. B 59 (1999) R10413.