

点欠陥発生を介した統合 Si 酸化反応モデル： Si(111)表面相転移の実験的検証

Unified Si oxidation model mediated on point defects generation: phase transition of oxidation kinetics on Si(111) surfaces

小川 修一¹⁾ 唐 佳芸¹⁾ 西本 究¹⁾ 渡辺 大輝¹⁾ 吉越 章隆²⁾

石塚 眞治³⁾ 寺岡 有殿²⁾ 高桑 雄二¹⁾

Shuichi OGAWA Jayi TANG Kiwamu NISHIMOTO Daiki WATANABE Akitaka YOSHIGOE

Shinji ISHIDUKA Yuden TERAOKA Yuji TAKAKUWA

¹⁾東北大学 ²⁾原子力機構 ³⁾長岡技科大

(概要) Si(111)表面酸化過程における表面吸着酸素の挙動を解明するため、0.1s 光電子スペクトルのピーク分離解析を行った。室温酸化では分子状で吸着している酸素のピークが見られたが、高温では分子状での吸着状態は見られず不安定であることが分かった。

キーワード：リアルタイム光電子分光、Si(111)表面、準安定吸着酸素

1. 目的

熱酸化法により Si 表面に形成した 1 nm 以下の極薄 SiO₂ 膜は電界効果トランジスタなどの半導体デバイスに不可欠な材料である。極薄酸化膜形成では歪みによって放出された Si 原子が酸化反応サイトとなり、その放出量が界面反応を律速していると考えられる。この放出量はそれまで蓄積された酸化誘起歪みによって決まる。酸化誘起歪みが発生するのは Si-Si 結合間に O 原子が入り込むためであり、初期酸化における酸素の挙動を解明することによって酸化誘起歪み発生過程、ひいては極薄 Si 酸化膜形成機構の解明につながると考えられる。そこで本研究では Si(111)表面における表面酸素の挙動を調べるため、初期酸化過程を光電子分光法でリアルタイム観察する。

2. 方法

実験は BL23SU の表面化学反応装置で行った。簡易的 RCA 洗浄により清浄化した Si(111) 基板を真空槽に導入し、1000°C 10 分のアニールによって表面の酸化膜を除去したのち、純度 99.995% の乾燥酸素ガスによって Si 基板を酸化させた。酸化反応中に Si 2p および O 1s 光電子スペクトルを繰り返し測定し、光電子スペクトルの酸化時間依存を求めた。光電子分光測定に用いた放射光のエネルギーは 711 eV であった。基板温度を室温から 600°C まで変化させ、基板温度に依存した酸化状態の時間発展について測定した。

3. 結果及び考察

室温において 1218 秒酸化後の O 1s 光電子スペクトルを図 1 に示す。O 1s は五つのピークに分離した。化学シフト -4.15 eV のピークは分子状吸着酸素に対応し[1]、室温酸化では顕著なピークが見られたものの、500°C の高温ではこのピークは観察されなかった。一方で、高温酸化では化学シフト 0.6 eV と 1.5 eV のピークが増加した。これは解離した酸素原子 1 つが Si 原子アトム上に吸着している状態に対応する。すなわち、高温になると酸素分子の寿命は短くなり、容易に解離することが分かった。今後は表面反応の相転移において酸素分子の挙動を解明する。

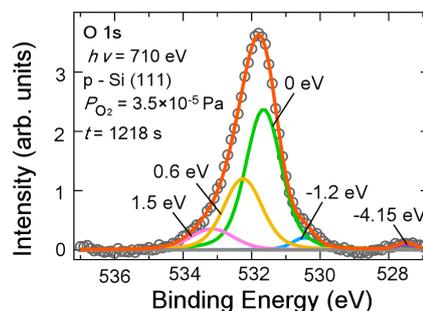


図 1. 室温で 1218 秒酸化させた後の O1s 光電子スペクトル。

4. 引用(参照)文献等

[1] K. Sakamoto et al., Phys. Rev. B 65 (2002) 201309.