

O₂ ON-OFF 切り替えによる SiO₂/n-Si(001) 界面酸化反応の加速

Reaction rate enhancement of SiO₂/n-Si(001) interface oxidation

by switching O₂ exposure ON-OFF

原子力機構¹, 日本大学², 東北大学³

○津田泰孝¹, 吉越章隆¹, 岡部優希², Hengyu Wen², 小川修一², 高桑雄二^{1,3}

JAEA¹, Nihon univ.², Tohoku univ.³

Yasutaka Tsuda¹, Akitaka Yoshigoe¹, Yuki Okabe², Hengyu Wen²,

Shuichi Ogawa² and Yuji Takakuwa^{1,3}

E-mail: tsuda.yasutaka@jaea.go.jp

Si ドライ酸化における SiO₂/Si(001) 界面での O₂ の反応は、界面欠陥 V⁰ にバルク Si から多数キャリアが捕獲され活性化 (V⁺, V⁻) された後、分子状吸着、過剰少数キャリアの捕獲を経て O₂ が解離することで進行する[1-3]。この時、O₂ 解離にともなう局所歪みの発生が新たな V⁰ 生成を誘起し、一段階(Loop A: 高速)あるいは二段階(Loop B: 低速)の O₂ 解離をとまなう二種類の反応ループが界面で進行する。本研究では、O₂ OFF-ON を繰り返した際に膜厚成長速度が増加する特異な現象を上記のモデルに基づいて考察した。

温度 300°C の n-Si(001) 清浄表面を、圧力 4×10^{-5} Pa の O₂ に 2 h 曝したのち、図 1 上部に示したように 30 min ずつ O₂ OFF-ON を繰り返した。一連の操作中にリアルタイムで O 1s、Si 2p 光電子スペクトルを取得した。図 1(b,c) に示した Si 2p ピーク成分から、SiO₂ 膜厚 X₀ の時間変化を求め、微分することで図 1(a) に示した膜厚成長速度 dX₀/dt を得た。O₂ ON により、O₂ OFF 直前と比べて dX₀/dt が増加した。図 1(c) において、O₂ OFF の期間に界面歪み Si (Si^α, Si^β) が徐々に減少しており、これは V⁰ 生成による歪みの解消によるものと考えられる。また、それにとまなう V⁻ も増加するため、図 1(d) に示すように、V⁻ の負電荷によりバンドベンディングが大きくなる。よって、O₂ OFF 中に増加した V⁻ が O₂ ON により急激に消費され、dX₀/dt の加速が起こったと考えられる。O₂ ON 時の歪み Si の増加 (図 1(c)) およびバンドベンディングの急峻な減少 (図 1(d)) からこのことが読み取れる。また、X₀ の変化をピークフィッティングにより Loop A/B の寄与に分離すると、O₂ OFF 直前は Loop B のみで反応が進行していたが、O₂ ON 直後には Loop A の寄与も現れた。Loop A から B への分岐比は Loop B 中の欠陥での分子状吸着状態 V-O₂(chem) の量に比例するため、O₂ ON 直後の V-O₂(chem) の増加により Loop B による反応過程の一部が分岐し、Loop A で加速過程が進行する。

[1] S. Ogawa et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **59**, SM0801 (2020). [2] Y. Tsuda et al., *J. Chem. Phys.* **157**, 234705 (2022). [3] Y. Tsuda et al., *e-J. Surf. Sci. Nanotech.* **21**, 30 (2023).

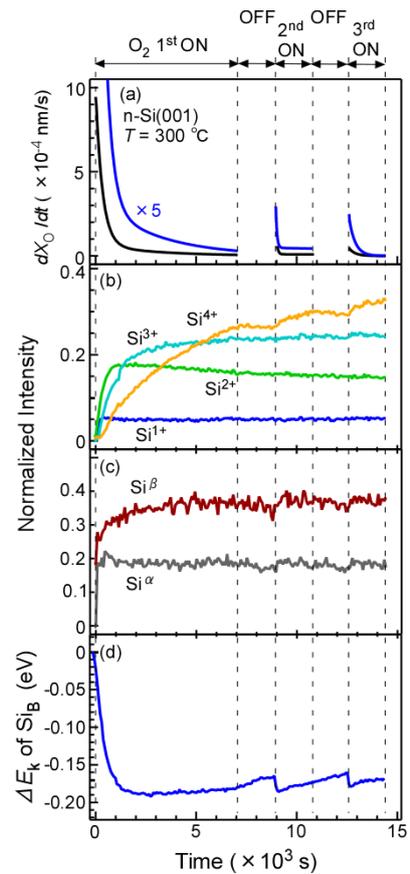


図 1 n-Si(001)における(a)膜厚 X₀ の成長速度、(b)酸化状態、(c)Si^α と Si^β、(d)バンドベンディングの時間変化。