

AR-XPSによる4H-SiC (0001) on-Axis, 4° Off-Axis 基板の初期酸化過程の解明 Angle-resolved Photoelectron Spectroscopy studies of initial stage of thermal oxidation on 4H-SiC (0001) on-Axis, 4° Off-Axis Substrates

東京都市大工¹, 阪大院工²

°荒井 仁¹, 豊田 涼馬¹, 磯橋 藍², 佐野 泰久², 野平 博司¹

Tokyo City Univ.¹, Osaka Univ.²

°H. Arai¹, R. Toyoda¹, I. Isohashi², Y. Sano², H. Nohira¹

E-mail: g1481301@tcu.ac.jp

はじめに 近年、Si よりも優れた物性定数を持つ SiC のパワーデバイスが盛んに研究されており、実際に実用化もされている。しかし、現状では SiC MOSFET は、物性値から予測される性能を達成していない。その原因の一つが、SiO₂/SiC 界面の界面準位密度(D_{it})が SiO₂/Si 界面のそれよりも一桁から二桁高く、チャネル移動度が劣化するためと考えられている。よってデバイス性能向上のためには、D_{it}を減らすことが重要であり、多くの研究が D_{it}の起源を明らかにするためになされてきた[1]。界面欠陥のいくつかは、炭素クラスター、Si/C ダングリングボンド、シリコン酸化炭素(SiO_xC_y)種として確認されている[2]。しかし酸化の進行に伴いどのように SiO₂/SiC 界面が形成され、また界面欠陥が生じるのかその理解は不十分である。もし、酸化による界面構造の形成過程が明らかとなれば、その知見に基づき界面構造を制御し、界面欠陥の形成を抑制することで、SiC MOSFET の性能を向上させることが期待できる。

我々は、角度分解 X 線光電子分光法(AR-XPS)を用いて 4° オフ基板における SiO₂/4H-SiC (0001) (Si-face)構造の熱酸化に伴う化学結合状態の変化についての結果を報告した[3]。本稿では、4H-SiC (0001) (Si-face) on-axis 基板 (以降 on-axis 基板と表記)の場合について、詳細に調べた結果を報告する。

実験方法 4H-SiC(0001)面を平坦化処理を行い原子レベルで平坦な面を使用した[4]。洗浄は、有機洗浄後、硫酸過水処理(H₂SO₄:H₂O₂=4:1)を 10 分、流水洗浄を 10 分後、5%HF 処理 30 秒で表面酸化膜を除去し、最後に流水洗浄を 30 秒行った。その後真空槽に搬入し、133Pa の乾燥酸素雰囲気中、850°C で酸化時間 2~120 分で計 414 分まで酸化した。その後 900°C で同様の酸化時間で、計 682 分まで酸化した。さらに 950°C で酸化時間 2~40 分で計 750 分まで酸化した。試料は酸化毎に光電子分光装置 ESCA-300 (hν=1486.6eV) [5]で、Si 2p、C 1s 光電子を測定することで評価した。

結果 Fig. 1 に(0001)面の 4° オフ基板と on-axis 基板における酸化膜厚の酸化時間依存性を示す。Fig. 1 より、酸化膜厚が約 0.6nm で酸化速度が遅くなること、オフ角の違いによる酸化速度の違いはほとんど

見られないことが分かる。Fig. 2 に、Si 2p_{3/2} スペクトルを解析することにより求めた 4° オフ基板と on-axis 基板それぞれの強度比の酸化膜厚依存性を示す。Fig. 2 より、on-axis 基板の方が、4° オフ基板に比べて Si¹⁺と Si²⁺がやや少ないことが分かる。一方、Si³⁺に関しては酸化膜厚が約 0.6nm 以降で on-axis 基板の方がより大きく増加しており、4° オフ基板との顕著な違いが観測された。詳細な解析結果は当日報告する。

謝辞 本研究で使用した 4° オフ基板を提供いただいた富士電機(株)に感謝します。

文献

- [1] T. Zheleva, et al., Appl. Phys. Lett. **93**, 022108 (2008).
- [2] Q. Zhu, et al., Appl. Phys. Lett. **99**, 082102 (2011).
- [3] 荒井、野平、応用物理学会 2015 年秋 16a-1A-3
- [4] T. Okamoto, et al., J. Nanosci. Nanotechnol. **11**, 2928 (2011).
- [5] U. Gelius, et al., J Electr. Spectr. Rel. Phen. **52**, 747 (1990).

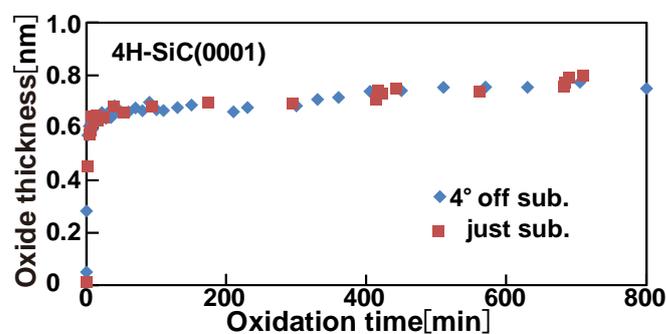


Fig. 1 The oxidation time dependence of oxide thickness of the 4° off and on-axis substrate oxidized.

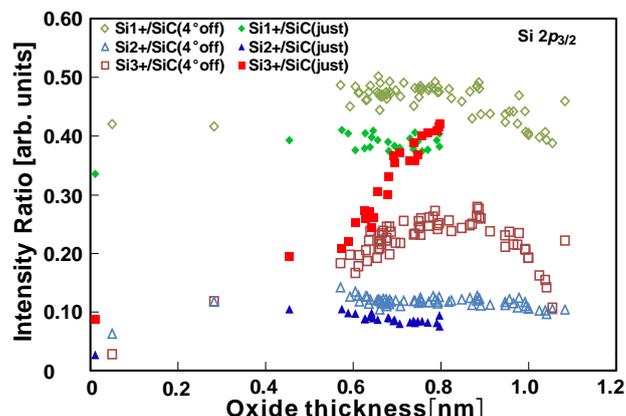


Fig. 2 The oxide thickness dependence of normalized intensity of 4° off and on-axis substrate.