

広温度範囲にわたる 4H-SiC 熱酸化反応の面方位依存性の検証 Surface orientation dependence of oxide growth in thermal oxidation of 4H-SiC over wide temperature range

○永井 大介¹、染谷 満^{1,2}、細井 卓治¹、志村 考功¹、渡部 平司¹

(1. 阪大院工、2. 富士電機)

○D. Nagai¹, M. Sometani^{1,2}, T. Hosoi¹, T. Shimura¹ and H. Watanabe¹

(1. Osaka Univ., 2. Fuji Electric Co., Ltd.)

E-mail: nagai@asf.mls.eng.osaka-u.ac.jp

【はじめに】SiC パワーMOSFET の大きな課題として、熱酸化 SiO₂/SiC 界面の高密度の界面欠陥に起因する移動度及び信頼性の劣化がある。界面特性改善のためには熱酸化メカニズムについての理解を深めることが重要である。我々は、4H-SiC(0001)面 (Si 面) に対して 1150°C で 24 時間に及ぶ熱酸化を行い、少なくとも 150 nm までは酸化膜厚が酸化時間に比例する界面反応律速段階にあることを明らかにすると共に[1]、超高温急速加熱炉を用いて 1600°C でも界面反応律速で熱酸化膜形成が進行すること[2]を報告してきた。一方、4H-SiC(000-1)面 (C 面) は Si 面よりも酸化速度が速いことから、超高温域で熱酸化した報告例はほとんどない。今回、SiC 熱酸化における界面反応に注目し、幅広い温度で Si 面及び C 面上の酸化速度を詳細に検証したので報告する。

【実験結果及び考察】n 型 4H-SiC Si 面及び C 面基板を洗浄し、赤外線ランプ式加熱炉を用いて、ドライ酸素雰囲気中で 900°C、1 分間の予備加熱を行った後、30 秒間で酸化温度 (1150~1600°C) まで昇温し酸化膜を形成した。その後、分光エリプソメトリを用いて酸化膜厚を測定した。

酸化温度 1150°C と 1600°C における Si 面と C 面の酸化膜厚と酸化時間の関係を図 1 に示す。1150°C では、C 面の酸化速度は Si 面に比べ約 10 倍速いことが確認できる (図 1(a))。また、1600°C という超高温でも Si 面、C 面共に酸化膜厚が時間に対し直線的に増加しているものの、酸化速度は面方位に関係なくほぼ同じになっていることがわかる (図 1(b))。1150°C から 1600°C までの幅広い温度で取得した酸化速度のアレニウスプロットを図 2 に示す。C 面の酸化速度は Si 面より早いことが知られているが、酸化温度の上昇と共にその差は縮まり、1550~1600°C で Si 面と C 面の酸化速度はほぼ同じになることがわかった。また、いずれの面方位でも超高温域までよく直線近似できることから、酸化膜の分解が起きていたとしてもその影響は小さく、酸化反応は酸化膜成長が支配的であると考えられる。近似直線の傾きから Si 面及び C 面の熱酸化反応の活性化エネルギーを算出したところ、それぞれ 3.2 eV と 2.0 eV となった。この値は、第一原理計算による SiO₂/SiC 界面近傍で CO 分子を形成する活性化エネルギー (Si 面: 3.2 eV、C 面: 2.4 eV) [4]と近く、熱酸化反応の理解を進める上で重要な知見を与えるものである。

【謝辞】本研究は、総合科学技術・イノベーション会議の SIP (戦略的イノベーション創造プログラム)「次世代パワーエレクトロニクス」(管理法人: NEDO) によって実施されました。

[1] T. Hosoi *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **54**, 098002 (2015). [2] 永井 他, 第 76 回応用物理学会秋季学術講演会 16a-1A-7.

[3] Y. Song *et al.*, J. Appl. Phys. **95**, 4953 (2004). [4] T. Akiyama *et al.*, Surface Science **641**, 174 (2015).

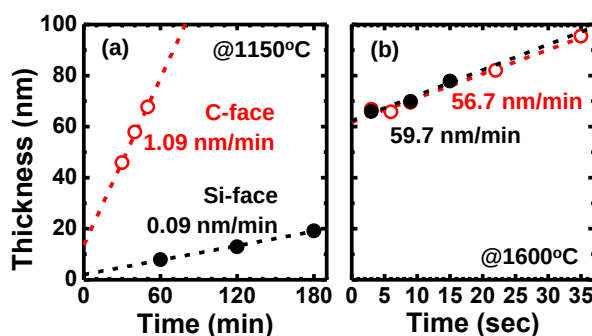


図 1. Si 面及び C 面を(a) 1150°C (b) 1600°C で熱酸化した際の酸化膜厚と酸化時間の関係

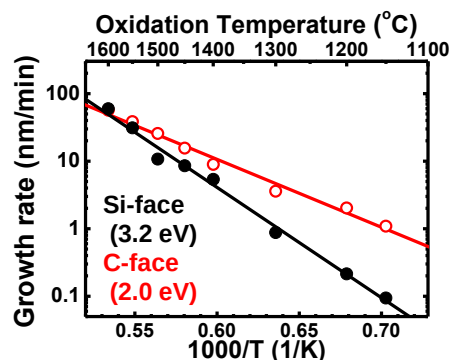


図 2. 酸化温度 1150~1600°C における Si 面及び C 面の酸化速度のアレニウスプロット