## AR-XPS による 4H-SiC の初期酸化過程の解明 Elucidation of the initial oxidation process of 4H-SiC by AR-XPS study 東京都市大工<sup>1</sup> <sup>°</sup>笹子 知弥<sup>1</sup>,野平 博司<sup>1</sup> Tokyo City Univ.<sup>1</sup> <sup>°</sup>T. Sasago<sup>1</sup>, H. Nohira<sup>1</sup> E-mail: <u>g1381311@tcu.ac.jp</u>

はじめに 省エネルギー技術の根幹を支えている もののひとつに、パワーデバイスがある。従来の Si パワーデバイスは、その物性定数で決まる性能限界 に近づいている。近年、Si よりも優れた物性定数を 持つことから Si に比べて小型化、低損失化、高効率 化、冷却の簡易化が可能なシリコンカーバイド(SiC) が大いに期待されており、実際に SiC によるパワー デバイスが実用化されている。しかし、現状ではSiC の MOSFET デバイスは、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、一般的な SiO<sub>2</sub>/Si界面よりSiO<sub>2</sub>/SiC界面で界面準位密度の大き さが一桁から二桁高くなり、チャネル移動度が劣化 するためと考えられている。最近の研究によれば、 SiC MOSFET における界面トラップの起源は、(i) SiO<sub>2</sub>中に取り込まれた過剰カーボン、(ii) 三配位の 酸素と炭素の格子間原子の存在による界面欠陥、

(iii) SiO<sub>2</sub>/SiC 界面の下の SiC に存在する Si の空孔 のような点欠陥であるという報告がされている。[1] また、界面欠陥のいくつかの種類は、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<sub>x</sub>C<sub>y</sub>)種として確認されている。[2]したがって、 酸化による SiO<sub>2</sub>/SiC 界面構造の形成過程を明らかに し、その知見に基づいて界面構造を制御することは、 SiC MOSFET の性能を向上させるための鍵となる。 本稿では、角度分解 X 線光電子分光法を用いて 4H-SiC の酸化の初期における SiO2/SiC 構造の化学 結合状態の変化を調べた結果を報告する。

**実験方法** エピタキシャル成長させた C 面の 4° off の 4H-SiC 基板を使用した。洗浄は、イソプロピ ルアルコール中 10 分間の超音波洗浄、アセトンボイ ル 10 分、再びイソプロピルアルコール中超音波洗浄 を 10 分、流水洗浄を 10 分、硫酸過水処理 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>=4:1)を 10 分、流水洗浄を 10 分後、5% HF 処理 10 分で表面酸化膜を除去し、最後に流水洗 浄を 10 分行った。その後真空槽に搬入し、1Torr の 乾燥酸素雰囲気中、800℃で酸化時間 2~20 分で計 60 分まで酸化した。その後、同様に 850℃で酸化時 間 2~30 分で、計 360 分まで酸化した。試料は各酸 化毎に ESCA-300 (h  $\nu$  = 1486.6eV)[3]で、Si 2*p*, O 1*s*、 C 1*s* 光電子を測定することで評価した。 **結果** Fig. 1にSi 2p スペクトルとC1s スペクトルを示す。これらは、基板のSiCからの信号のピーク位置で揃えた。Fig. 1(b)のC1sスペクトルより、酸化の進行とともに高結合エネルギー側の成分が増加減少を繰り返していることがわかる。Fig. 2にFig. 1(a)に示したスペクトルの解析から求めた酸化膜厚を酸化時間の関数として示す。Fig. 2より、酸化温度800℃と850℃での酸化膜厚は、それぞれ0.9nm弱および1.5nm弱でほぼ飽和(酸化膜厚の差は、約0.6nm:この値は、SiC一層分のSi原子が全て酸化しSiO<sub>2</sub>になったと仮定した場合のSiO<sub>2</sub>膜厚とほぼ一致)していることがわかる。詳細な解析結果は、当日報告する。

謝辞 本研究で使用した基板を提供していただいた 富士電機(株)に感謝します。

## <u>文献</u>

- Tsvetanka Zheleva, Aivars Lelis, Gerd Duscher, Fude Liu, Igor Levin Das, Mrinal. Appl. Phys. Lett. 93, 022108 (2008).
- [2] Qiaozhi Zhu, Lingqin Huang, Wenbo Li, Shenmin Li, and Dejun Wang. Appl. Phys. Lett. 99, 082102 (2011).
- [3] U. Gelius, B. Wannberg, P. Baltzer, H. Fellner-Feldegg, G. Carlsson, C. G. Johansson, J. Larsson, P. Munger, G. Vergerfos, J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom. 52, 747 (1990).





Fig. 2 Dependence of oxide thickness on oxidation time.