

AR-XPS による 4H-SiC の初期酸化過程の解明 (Ⅱ)

Elucidation of the initial oxidation process of 4H-SiC by AR-XPS study (Ⅱ)

東京都市大工¹°笹子 知弥¹, 荒井 仁¹, 野平 博司¹Tokyo City Univ.¹°T. Sasago¹, J. Arai, H. Nohira¹

E-mail: g1381311@tcu.ac.jp

はじめに 近年、Si よりも優れた物性定数を持つシリコンカーバイド(SiC)が盛んに研究されており、実際に SiC によるパワーデバイスが実用化されつつある。しかし、現状では SiC の 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。このような SiC MOSFET における界面トラップの起源は、(i) SiO₂ 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) SiO₂/SiC 界面の下に 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]。最近の研究によると、界面欠陥としては、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)種が確認されている[2]。もし、酸化による SiO₂/SiC 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 SiO₂/4H-SiC 構造の化学結合状態の変化を酸化温度 800°C、850°C で酸化した試料の酸化膜厚の時間依存性を調べ、結晶構造を反映して酸化速度が変化することを前回報告した[3]。今回、酸化温度 850°C で酸化した試料を AR-XPS を用いて詳細に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(H₂SO₄:H₂O₂=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、850°C で 2 分間の酸化を計 10 分まで行った。試料は酸化毎に ESCA-300 (hν = 1486.6eV) [4]で、Si 2p, O 1s, C 1s 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 C 1s 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 C 1s スペクトルより、2 分の酸化で高結合エネルギー側の成分が増加していることがわかる。これは、酸化によりシリコン酸化炭素が生じたことを示唆している。Fig. 2 に Fig. 1(a)に示した Si 2p 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。ここで、酸化膜厚に基づき、850°Cでの酸化時間 1 分が 800°Cの酸化時間 15 分に相当すると仮定した。Fig. 2 より、前回の結果と同様に酸化膜厚が 0.9nm 弱でほぼ飽和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。

文献

- [1] 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] 笹子他：2014 春応用物理学会予稿集, 17a-PG3-3
- [4] 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).

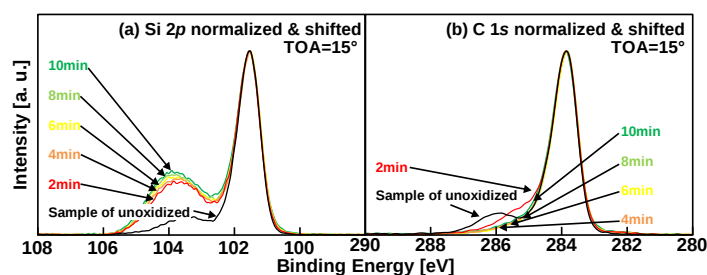


Fig. 1 Changes in (a) Si 2p and (b) C 1s photoelectron spectra.

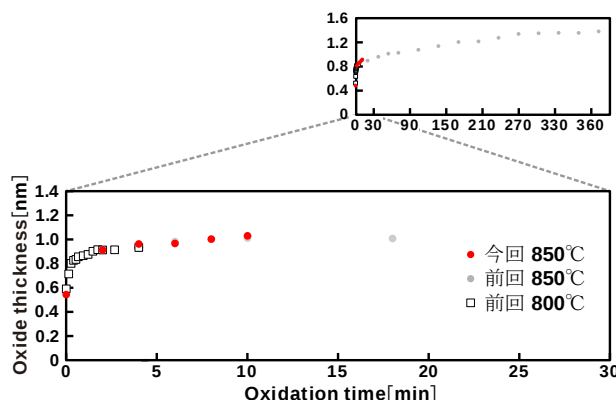


Fig. 2 Dependence of oxide thickness on oxidation time.