

課題番号 :2014A-E32
利用課題名 (日本語) :高性能 SiC パワーデバイス実現に向けたヘテロ界面評価とその制御技術の開発
Program Title (English) :Characterization and Control of Heterointerfaces for SiC Power Devices
利用者名(日本語) :渡部平司¹⁾, 細井卓治¹⁾, 吉越章隆²⁾, 寺岡有殿²⁾,
Username (English) : H. Watanabe¹⁾, T. Hosoi¹⁾, A. Yoshigoe²⁾, Y. Teraoka²⁾
所属名(日本語) :1) 大阪大学大学院工学研究科, 2) 日本原子力研究開発機構
Affiliation (English) :1) Graduate School of Eng., Osaka University, 2) Japan Atomic Energy Agency
キーワード:

1. 概要 (Summary)

シリコンカーバイド (SiC) は、SiO₂ 絶縁膜が熱酸化プロセスによって形成可能な唯一のワイドバンドギャップ半導体であり、次世代パワーデバイス用半導体材料として注目されている。しかし、熱酸化 SiO₂/SiC 界面に存在する高濃度の電氣的欠陥により、MOS トランジスタの移動度は著しく劣化しているのが実状である。NO 雰囲気中での熱処理により SiO₂/SiC 界面に窒素を導入して界面特性改善を図るのが一般的であるが、その特性改善機構の詳細は不明である上、十分な移動度向上が達成できていない。界面特性改善技術の開発には界面欠陥の起源の解明が求められるが、そのためには処理前後で界面構造がどのように変化したのかの微視的理解が非常に重要である。そこで本研究では、最も一般的な手法である NO 雰囲気中熱処理を施した熱酸化 SiO₂/SiC(0001)構造について、その界面構造及び化学結合状態を放射光光電子分光法により分析した。

2. 実験(目的,方法) (Experimental)

放射光実験は日本原子力研究開発機構専用軟 X 線ビームライン (BL23SU) に設置された表面反応分析装置を用いて実施した。測定試料として、4H-SiC(0001) 基板を洗浄後、ドライ酸素雰囲気中 1300°C で 60 分間の熱酸化により 75 nm の SiO₂ 層を形成したもの、そして熱酸化後に NO 雰囲気中 1250°C で 90 分間あるいは 180 分間の窒化処理を施したもの 3 種類を作製した。また、いずれの試料も作製工程の最後に N₂ 雰囲気中 1250°C で 60 分間の熱処理を行った。希 HF 溶液を用いて SiO₂ 層を約 3 nm まで薄層化した後、入射 X 線エネルギーを 686.5 eV として光電子分光測定を行った。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

3 種類の試料から取得した Si 2p および C 1s 内殻準位スペクトルから、SiC 基板ピーク強度はいずれの試料もほぼ同一となっていることが確認できた。一方で、基板ピークよりも高結合エネルギー側の 103.8 eV 付近に存在する SiO₂ ピークが、NO 処理を行った 2 試料ではやや低結合エネルギー側にシフトしていた。これは SiO₂/SiC 界面でエネルギーバンドアライメントが変化したことを示唆している。また、NO 熱処理時間が長い方が N 1s ピーク強度が高くなっていたことから、界面窒素量が増加していることがわかった。これは二次イオン質量分析法などによる結果と一致している。希 HF エッチングが不十分で SiC 基板信号が検出できないほど酸化膜が厚い試料では、N 1s 信号は全く観測されなかったことから、窒素原子は SiO₂/SiC 界面に局在していると考えられる。一方で、界面窒素量が増加してもそのスペクトル形状・ピーク位置がほぼ同一であったことから、今回の窒化条件の範囲内では、界面に導入される窒素原子の化学結合状態は窒化が進行しても変わらないことがわかった。

4. その他・特記事項 (Others)

試料をご提供いただいた京都大学・木本恒暢教授ならびに南園悠一郎博士に感謝いたします。