

課題番号 : 2017B-E15
利用課題名 (日本語) : 高性能 MOS 型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 insulator/semiconductor and metal/semiconductor interfaces for power MOS devices
利用者名 (日本語) : 渡部平司¹⁾, 細井卓治¹⁾, 山田高寛¹⁾, 野崎幹人¹⁾
Username (English) : H. Watanabe¹⁾, T. Hosoi¹⁾, T. Yamada¹⁾, M. Nozaki¹⁾
所属名 (日本語) : 1) 大阪大学大学院工学研究科
Affiliation (English) : 1) Graduate School of Eng., Osaka University

キーワード : GaN, AlGaN, Ga₂O₃, thermal stability

1. 概要 (Summary)

高性能 GaN パワーMOSFET の実現には、絶縁性および界面特性に優れるゲート絶縁膜が必要である。我々は、SiO₂ をゲート絶縁膜、酸化ガリウム (GaO_x) 層を界面層とする SiO₂/GaO_x/GaN 構造が良好な界面特性や絶縁性を示すことを報告している(1)。また、GaO_x 界面層は、GaN 表面の熱酸化やプラズマ酸化、熱酸化、スパッタ成膜などその形成方法に関わらず、界面特性向上に効果的であることもわかっているが、高温熱処理によって Ga の SiO₂ 膜中への拡散や、絶縁性劣化が見られることから、GaO_x 層の熱的安定性についての理解が求められる。本研究では、GaN や Si 基板上に GaO_x 層を堆積し、分析室内で加熱処理を行う *in situ* 放射光光電子分光分析 (SR-XPS) により GaO_x 層の構造変化を評価した。

2. 実験(目的,方法) (Experimental)

GaN 自立基板または Si 基板上にスパッタ堆積で 3 nm の GaO_x を成膜した試料を SPring-8 BL23SU の表面化学反応解析装置 (SUREAC 2000) に導入し、400°C から 1000°C まで 100°C ずつ温度を上げながら超高真空中でその場分析を行った。放射光光電子分光測定は X 線波長 1253.6 eV とし、各温度で 5 分間加熱した後 400°C まで降温し、光電子脱出角 90°で Ga 3d、N 1s、O 1s、Si 2s スペクトルを取得した。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

GaO_x/GaN 構造から取得した Ga 3d 及び O 1s スペクトルは、室温と 400°C では大きな違いは見られなかったものの、500°C から 900°C まで熱処理温度が上がるにつれてピーク強度が徐々に弱くなり、1000°C での加

熱後は参照用 GaN 基板から取得したスペクトルとほぼ一致することがわかった。この結果は、500°C 以上の温度で GaO_x 層の熱分解が始まり、1000°C での加熱後は GaO_x 層が完全に消失したことを示している。この GaO_x 層の熱分解に関して、GaN 基板との界面での反応が熱分解を促進している可能性がある。そこで、Si 基板上に GaO_x 層を堆積した GaO_x/Si 構造でも同様の分析を行ったところ、Ga 3d スペクトルは GaO_x/GaN 構造と同様に 500°C 以上の温度で減少し始め、1000°C で完全に消失した。このとき、Ga 信号の減少に対応して、Si 2s スペクトルに Si-O 結合成分の増加が確認でき、GaO_x 層の熱分解と SiO_x 層形成が同時に進行していることがわかった。これらの結果は、GaO_x から基板側に酸素原子が移動することで Ga₂O などの揮発性分子が形成され、GaO_x 層の分解が促進されることを示唆している。また、GaO_x 層が完全に脱離した後の基板表面形状を AFM により評価したところ、ラフネスの発生が確認された。このことは、GaO_x/GaN 界面の制御・安定化が GaN MOSFET 開発の重要な課題であることを意味している。

4. その他・特記事項 (Others)

本研究は、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。

共同研究者: 吉越章隆 (日本原子力研究開発機構)