

課題番号 : 2015B-E26
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 Heterointerfaces for Wide Bandgap Semiconductor 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, MOSFET, 熱酸化

1. 概要 (Summary)

ワイドバンドギャップ半導体である窒化ガリウム (GaN) は、炭化ケイ素 (SiC) 以上の絶縁破壊電界強度などの優れた物性値を有することから、次世代パワーデバイス材料として期待されている。高耐圧・大電流の両立が縦型 MOS (Metal Oxide Semiconductor) トランジスタの実現が期待されているが、それには高品質な絶縁膜/GaN 界面の形成が不可欠である。Si や SiC が熱酸化により良質な絶縁膜である SiO₂ を形成できるのに対して、GaN は酸化により Ga₂O₃ 層が形成されるものの、酸化が進行するほど粒状成長して表面荒れが生じることや、バンドギャップが GaN と比べて 2 eV 程度しか広くないこともあって、Ga₂O₃ のゲート絶縁膜としての利用は十分に検討されていない。一方で、熱酸化により形成した Ga₂O₃/GaN 界面特性が比較的良いとする報告も数は少ないものなされている。そこで本研究では、表面荒れを生じる厚膜領域でゲート絶縁膜とするのではなく、極薄 Ga₂O₃ 層を GaN 上に平坦に形成し、堆積絶縁膜 (例えば SiO₂) の界面層として用いることを目的として、GaN 表面の初期酸化過程を放射光光電子分光法により詳細に評価した。

2. 実験 (目的, 方法) (Experimental)

Si(111) 基板上に成長した GaN 層を HCl 溶液により洗浄した後、ドライ酸素雰囲気中で熱酸化を行った。酸化温度は 700~900°C、酸化時間は 30 分間とした。これらの試料に対して SPring-8 内 BL23SU に設置された表面反応分析装置 SUREAC2000 を用い、Ga の化学結合状態を評価した。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

熱酸化を施した GaN 表面から取得した Ga 2p スペ

クトルのピーク位置が熱酸化前と比較して高結合エネルギー側にシフトしていたことから、酸化が進行していることがわかった。ピーク分離を行ったところ、主に Ga-N と Ga-O の 2 つのピーク (結合エネルギー差は約 0.6 eV) でフィッティングでき、700°C 熱酸化試料の Ga-O ピーク強度は酸化前よりも明らかに増加したのに対して、800°C で熱酸化した場合は 700°C 試料とほぼ同等であった。一方で、酸化温度が 850°C 以上になると Ga-O ピーク強度はさらに増加したことから、800°C 以下の温度では GaN 表面は僅かに酸化された後、自己停止するのに対して、850°C 以上の温度では酸化は止まることなく進行すると考えられる。また、原子間力顕微鏡により熱酸化後の表面を評価したところ、850°C 以上の熱酸化では粒状成長が確認されたのに対して、熱酸化前および 800°C 熱酸化後の表面ラフネスの rms 値は共に 0.31 nm と変わらなかった。以上の結果は、比較的低温であれば平坦な Ga₂O₃ 薄膜が形成できることを意味しており、GaN MOS デバイスの界面層としての応用が期待できる。

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)