低欠陥密度 GaN 基板の熱酸化過程の評価

Investigation of Thermal Oxidation Process in Low-defect Density GaN Substrate ^o山田 高寛¹, 伊藤 丈予¹, 浅原 亮平¹, 渡邉 健太¹, 野崎 幹人¹, 中澤 敏志², 按田 義治², 石田 昌宏², 上田 哲三², 吉越 章隆³, 細井 卓治¹, 志村 考功¹, 渡部 平司¹ (1. 阪大院工, 2. パナソニック, 3. 原子力機構)

^oT. Yamada¹, J. Ito¹, R. Asahara¹, K. Watanabe¹, M. Nozaki¹, S. Nakazawa², Y. Anda², M. Ishida², T. Ueda², A. Yoshigoe³, T. Hosoi¹, T. Shimura¹, H. Watanabe¹, (1. Osaka Univ., 2. Panasonic, 3. JAEA) E-mail: tyamada@mls.eng.osaka-u.ac.jp

【はじめに】高性能 GaN パワーデバイスの実現には、リーク電流を抑制するための絶縁ゲート構造が 不可欠であるため、絶縁膜/GaN 界面の特性改善が必要である. Al₂O₃ など様々な絶縁膜が検討される 中,成膜中の Ga 酸化物界面層の形成や、GaN 表面の熱酸化による Ga₂O₃層の形成など、GaN 酸化物 との界面において良好な界面特性が得られることが報告されている[1,2]. 一方、GaN 表面の自然酸化 膜除去やプロセス中の酸化抑制が重要であるといった報告もあり[3]、GaN 酸化の更なる理解と制御が 求められている. 前回、Si 基板上に成長した *n*-GaN 層(GaN/Si)に対して熱酸化を施し、ピット状の 欠陥(転位)での優先的な酸化物形成という特異な初期酸化過程を報告した[4]. 今回は、GaN/Si より 欠陥密度の低い GaN 基板(自立 GaN)の熱酸化を行い、熱酸化過程のさらなる検討を行った.

【実験方法と結果】GaN 基板上に *n*-GaN 層をエピタキシャル成長した試料(転位密度:約10⁶ cm⁻²以下)を HCI 溶液により洗浄し,大気圧の酸素雰囲気中で熱酸化を行った.酸化温度は 800,900,1000[°]C,酸化時間は 30 min とした.熱酸化前後の表面形状(1 µm×1 µm)を原子間力顕微鏡(AFM)により評価した結果を Fig.1 に示す.比較のため,GaN/Si の結果も示している[4].熱酸化前の AFM 像(Fig.1(a),(g))から明らかなように,自立 GaN では観察領域内にピット状欠陥(転位)がほとんど存在しないことがわかる.そのため,GaN/Si 試料の 800[°]C 以上の熱酸化で見られた転位部での優先的な酸化物形成

(Fig. 1(c),(d)) は、自立 GaN (Fig. 1(h)) では全く確認されず、800°C での酸化後も RMS 値が 0.14 nm の平坦な表面形状を維持していることがわかった.しかしながら、X 線光電子分光分析から、表面の酸素量は熱酸化前と比べて増加しており、薄い酸化層が均一に形成されていることが示唆された. 一方、900°C (Fig. 1(i)) では微小な凹凸形状 (RMS 値: 0.62 nm) が確認され、1000°C (Fig. 1(j)) では Ga 酸化物の粒成長から成る表面形状の荒れが観察された.以上の結果から、自立 GaN の熱酸化は、欠陥密度が低いため、900°C 以上の高温から微細な粒状酸化物が形成され、さらなる高温では表面荒れをともなった酸化物成長が進行することが明らかとなった. 謝辞:本研究は、総合科学技術・イノベーション会議の SIP (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.また放射光 XPS 分析は JAEA の支援 (Nos. 2015A3872, 2015B3801, 2015B3872) を受け、SPring-8 BL23SU で実施しました.[1] X. Qin *et al.*, Appl. Phys. Lett. **107**, 081608 (2015).[2] Y. Nakano *et al.*, Appl. Phys. Lett. **82**, 218 (2003).[3] K. J. Chen *et al.*, Phys. Status Solidi A **212**, 1059 (2015).[4] 山田他、第 76 回応用物理学会秋季関係連合講演会 14p-PB2-8.



Fig. 1 Surface morphology measured by AFM (1 μ m × 1 μ m) for GaN/Si and self-standing GaN samples thermally oxidized at 700-1000°C. Initial surface after HCl cleaning are also shown.