

放射光光電子分光法による GaN 上 GaO<sub>x</sub> 層の熱脱離過程の評価*In situ* Photoemission Study on Thermal Decomposition of GaO<sub>x</sub>/GaN Structures阪大院工<sup>1</sup>, 原子力機構<sup>2</sup>, °野崎 幹人<sup>1</sup>, 寺島 大貴<sup>1</sup>, 渡邊 健太<sup>1</sup>, 山田 高寛<sup>1</sup>,吉越 章隆<sup>2</sup>, 細井 卓治<sup>1</sup>, 志村 考功<sup>1</sup>, 渡部 平司<sup>1</sup>Osaka Univ.<sup>1</sup>, JAEA<sup>2</sup>, °Mikito Nozaki<sup>1</sup>, Daiki Terashima<sup>1</sup>, Kenta Watanabe<sup>1</sup>, Takahiro Yamada<sup>1</sup>,Akitaka Yoshigoe, Takuji Hosoi<sup>1</sup>, Takayoshi Shimura<sup>1</sup>, and Heiji Watanabe<sup>1</sup>

E-mail: nozaki@mls.eng.osaka-u.ac.jp

MOS ゲート構造の採用による GaN パワーデバイスの高性能化のためにはリーク電流が少なく、かつ界面特性が良好なゲート絶縁膜が必要である。これまで我々は、バンドギャップの広い SiO<sub>2</sub> をゲート絶縁膜、酸化ガリウム (GaO<sub>x</sub>) 層を界面層とする SiO<sub>2</sub>/GaO<sub>x</sub>/GaN MOS 構造を検討してきた[1,2]。その結果、GaO<sub>x</sub> 界面層はスパッタ成膜、GaN 表面の熱酸化やプラズマ酸化など形成方法に関わらず、界面特性向上に効果的であることがわかった。さらに SiO<sub>2</sub>/GaO<sub>x</sub>/GaN MOS 構造に対する熱処理 (PDA) が界面特性をより向上させる一方で、Ga 成分の熱拡散による SiO<sub>2</sub> 膜の絶縁性劣化が起こることも確認しているが[2]、GaO<sub>x</sub> 層の熱的安定性については十分に理解できていない。本研究では放射光光電子分光分析 (SR-XPS) により *in situ* 加熱処理時の GaO<sub>x</sub> 層の構造変化を評価した。

まず GaN 自立基板に Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ターゲットを用いたスパッタ堆積で 3 nm の GaO<sub>x</sub> を成膜した。この試料を 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 刻みで加熱処理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、各処理温度で 5 分間加熱した後に 400°C まで降温してからスペクトルを取得した。Fig. 1 に室温及び加熱後の Ga 3*d* 及び O 1*s* スペクトルを示す。結合エネルギーの較正及びピーク強度の規格化は N 1*s* スペクトル中の GaN 基板からのピーク (N-Ga 結合) で行った。Ga 3*d*、O 1*s* ピーク強度は処理温度が上がるにつれて弱くなっており、1000°C での加熱後のピークは下地の GaN 基板と重なっている。これは 500°C 以上の温度で GaO<sub>x</sub> 層の分解が始まり、1000°C での加熱後は GaO<sub>x</sub> 層が完全に消失したことを示している。また Si 基板上に GaO<sub>x</sub> 層を堆積した GaO<sub>x</sub>/Si 構造でも同様の分析を行ったところ、Ga 3*d* スペクトルは GaO<sub>x</sub>/GaN 構造と同様に 500°C 以上の温度で減少し始め、1000°C で消失した (Fig. 2)。このとき、Ga 信号の減少に対応して、Si 2*s* スペクトルで Si 基板の酸化を意味する Si-O 結合成分 (~153.5 eV) の増加が認められる。これらの結果は、GaO<sub>x</sub> から基板へ酸素原子が移動することで揮発性の Ga<sub>2</sub>O が形成され、GaO<sub>x</sub> 層の分解が促進されることを示唆している。講演当日は GaO<sub>x</sub>/AlGaN 構造の評価結果も含め、より詳細に議論する。

【謝辞】本研究の一部は、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) によって実施された。また放射光 XPS 分析は JAEA の支援 (Proposal Nos. 2017A3833, 2017B3833) を受け、SPring-8 BL23SU で実施した。

[1] T. Yamada *et al.*, Appl. Phys. Lett. **110**, 261603 (2017). [2] T. Yamada *et al.*, Appl. Phys. Express **11**, 015701 (2018).

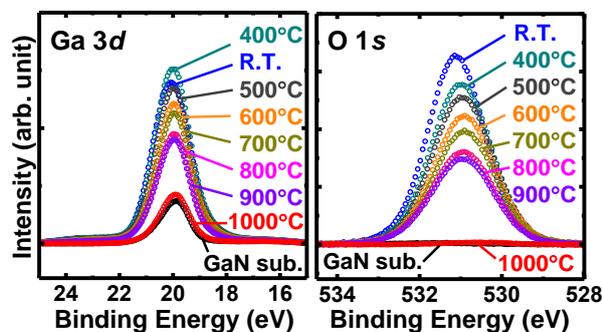


Fig. 1 Ga 3*d* and O 1*s* core-level spectra taken from GaO<sub>x</sub>/GaN structure and wet-cleaned GaN surface during *in situ* annealing.

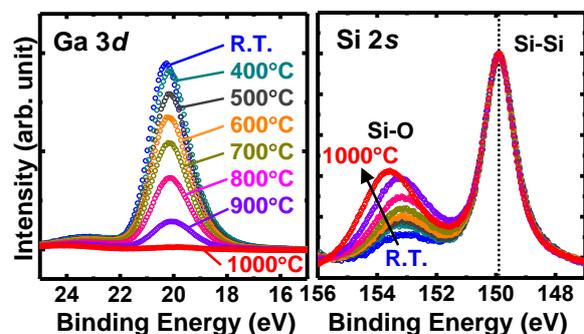


Fig. 2 Ga 3*d* and Si 2*s* core-level spectra taken from GaO<sub>x</sub>/Si structure during *in situ* annealing.