

ICP エッチングが AlGaIn/GaN 界面の 2DEG に与える影響の評価

Evaluation of Reactive Ion Etching-induced Damage on 2DEG at AlGaIn/GaN Interface

阪大院工¹, 原子力機構², °野崎 幹人¹, 寺島 大貴¹, 吉越 章隆², 細井 卓治¹,
志村 考功¹, 渡部 平司¹

Osaka Univ.¹, JAEA², °Mikito Nozaki¹, Daiki Terashima¹, Akitaka Yoshigoe², Takuji Hosoi¹,
Takayoshi Shimura¹, and Heiji Watanabe¹

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

【研究背景と目的】 GaN は高い絶縁破壊強度等の優れた物性値に加え、AlGaIn/GaN ヘテロ界面に高移動度の 2 次元電子ガス (2DEG) が誘起されるため、高周波・高出力トランジスタ用の半導体材料として期待されている。一方で、トランジスタのノーマリーオフ化のためにはゲート下の AlGaIn 層を薄層化したリセス構造の形成等が必要となる。AlGaIn 層は誘導結合プラズマを用いた反応性イオンエッチング (ICP-RIE) により比較的容易に薄層化できるが、エッチング時の損傷による特性劣化が懸念される。本研究では ICP-RIE 後の AlGaIn 層に対し、放射光光電子分光 (SR-XPS) 分析やホール効果測定を行い、AlGaIn/GaN 高移動度トランジスタ (HEMT) 向け低損傷リセスエッチング技術について検討した。

【実験結果および考察】 Si(111)上に Al_{0.2}Ga_{0.8}N(50 nm)/GaN 層をエピ成長した基板に対して、ICP-RIE により AlGaIn 層を薄層化した。RIE には BCl₃ と Cl₂ の混合ガスを用い、ICP 電力は 50 W に固定し、基板バイアス電力を 1、2、4、10 W と変化させた。エッチング前 (w/o RIE) と AlGaIn 層を 10 nm エッチングした後の試料表面の SR-XPS 測定結果を Fig. 1 に示す。XPS スペクトルのピーク強度は AlGaIn 基板由来の Ga 3d ピークで規格化した。Al 2p ピークはバイアス電力に関わらず RIE 後に減少しており、RIE 表面では Al が Ga よりも優先的に脱離することがわかる。一方、バイアス電力 1 W では N 1s ピーク強度はほとんど変化しないのに対して、O 1s ピークは大幅に減少したことから、AlGaIn 表面の自然酸化膜の除去が示唆される。ところが、バイアス電力が 2 W 以上になると N 1s ピークも減少し、また O 1s ピークはバイアス電力が大きいくほど増大したことから、AlGaIn 表面が酸化したと考えられ、バイアス電力に依存して AlGaIn 表面が変質することがわかる。次に RIE が 2DEG に与える影響を調べるため、ホール効果測定によりシートキャリア密度 (N_s) と電子移動度 (μ) を評価した。一般的に、AlGaIn 層の薄層化は分極を弱めるために N_s が減少するが、バイアス電力 4 W および 10 W の場合、1 W や 2 W の場合と比べて AlGaIn 膜厚 15 nm 以下の領域で N_s が顕著に減少した (Fig. 2(a))。さらに、バイアス電力 1 W や 2 W では AlGaIn 層が 15 nm 程度になっても μ の劣化はほとんど見られないのに対して、4 W および 10 W では大幅な μ の低下が見られた。これらの結果は、4 W 以上の高バイアス電力を用いた ICP-RIE では、AlGaIn/GaN 界面の分極の緩和や電子トラップの生成が起こるのに対して、極低バイアス電力での ICP-RIE によって低損傷加工が可能であり、AlGaIn/GaN HEMT のゲートリセスプロセスとして有用であることを示している。

【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) および文部科学省「省エネルギー社会の実現に資する次世代半導体研究開発」の委託、JSPS 科研費 JP19K15027 の助成を受け実施した。放射光 XPS 分析は JAEA の支援 (Proposal Nos. 2018B3833) を受け、SPring-8 BL23SU で実施した。

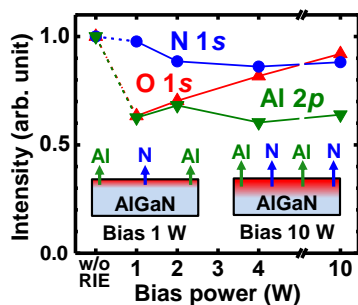


Fig. 1 Normalized intensity of N 1s, O 1s and Al 2p spectra taken from AlGaIn surfaces at a take-off angle of 90° plotted as a function of bias power for ICP-RIE.

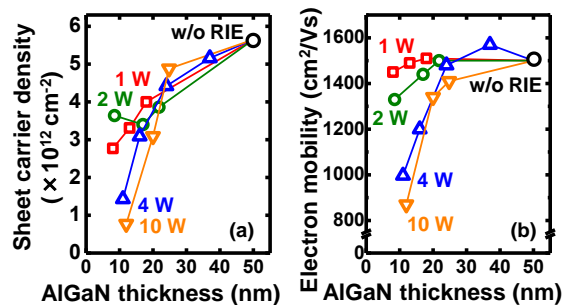


Fig. 2 (a) Sheet carrier density and (b) electron mobility of 2DEG as a function of AlGaIn thickness. Bias power of ICP-RIE varies from 1 to 10 W.