課題番号　:2018B-E13

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)], 野﨑幹人 [1)]

Username (English)　: H. Watanabe[1)], T. Hosoi[1)], T. Yamada[1)], M. Nozaki[1)]

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：

## 1. 概要（Summary ）

GaN は SiC 以上の絶縁破壊電界など優れた物性を有し、AlGaN/GaN ヘテロ接合界面に発生する高移動度の二次元電子ガス（2DEG）が利用可能であるため、次世代の高周波・高出力パワーデバイスへの応用が期待されている。現在、ショットキーゲート型の AlGaN/GaN ヘテロ接合電界効果トランジスタ（HFET）が高周波デバイスとして実用化されているが、2DEG の存在によりノーマリーオン動作となる。より安全性に優れるノーマリーオフ化に向け、ゲート直下の AlGaN 層を薄層化して 2DEG を部分的に消失させ、ゲート絶縁膜を堆積したリセスゲート MOS-HFET が検討されている。AlGaN 薄層化は誘導結合プラズマによる反応性イオンエッチング（ICP-RIE）が一般的であるが、エッチング損傷による移動度低下が報告されている。そこで、ICP-RIE エッチング後の AlGaN 表面状態ならびに $SiO_2$ 絶縁膜堆積後の $SiO_2$/AlGaN 界面について、放射光 XPS 分析により評価した。

## 2. 実験（目的,方法）（Experimental）

Si(111)基板上に $Al_{0.2}Ga_{0.8}N$(50 nm)/GaN 層をエピ成長した基板を洗浄した後、$BCl_3$ と $Cl_2$ ガスを用いた ICP-RIE により AlGaN 層を約 10 nm エッチングした。なお、エッチング条件は ICP 電力を 50 W とし、基板バイアス電力を 1、2、4、10 W と変化させた。作製した試料を SPring-8 BL23SU の表面化学反応解析装置（SUREAC 2000）に導入し、X 線波長 1253.6 eV で放射光 XPS 分析を行った。光電子脱出角は 90°とし、Ga 3*d*、Ga 2*p*、Al 2*p*、N 1*s*、O 1*s*、Si 2*s* スペクトルを取得した。取得した各スペクトルについて、強度と結合エネルギーを AlGaN 基板由来の Ga 3*d* ピークで規格化および較正した。

## 3. 結果と考察（Results and Discussion）

基板バイアス 2 W で $Cl_2$ および $BCl_3$ ガスそれぞれのみ（20 sccm）の場合と、混合ガス（$Cl_2/BCl_3$=9/20 sccm）の場合の 3 条件でエッチングを施した AlGaN 表面からスペクトルを取得し、ガス種によるエッチング表面の違いを評価した。その結果、Al 2*p* と N 1*s* ピークはいずれのガス条件でも同様の減少が見られ、Ga よりも Al の方が選択的にエッチングされることがわかった。一方、$Cl_2$ のみの場合、O 1s ピークが増大したことから、エッチングレートは速いものの、その表面は損傷により酸化しやすくなっていることが示唆された。一方で、$BCl_3$ のみと混合ガスの場合は O 1s ピークはむしろエッチング前よりも減少しており、また N 1*s* ピークの減少量も少なかったことから、$BCl_3$ 添加が窒素脱離などによる表面変質の抑制に効果的であることがわかった。さらに、混合ガス条件で基板バイアスを変えてエッチングした AlGaN 表面を分析したところ、Al 2*p* ピークの減少量はほぼ基板バイアス条件に依存しないことがわかった。一方、N 1s ピークは、基板バイアス 1 W ではエッチング前後でほぼ変わらなかったものの、基板バイアス 2 W 以上では、N 1*s* ピークの減少量もほぼ同じとなっており、エッチングにより AlGaN 表面近傍から Al および N が優先的に脱離し、基板表面の元素組成が変化したことを示している。

## 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）