課題番号　:2020A-E12
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)], 野崎幹人 [1)], 溝端秀聡 [1)]
Username (English)　:H. Watanabe[1)], T. Hosoi[1)], M. Nozaki[1)], H. Mizobata[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 Engineering, Osaka University

キーワード：窒化ガリウム、極性、XPS

1. 概要（Summary）

GaN は SiC 以上の絶縁破壊電界などの優れた物性を有しており、次世代パワーデバイス材料として注目されている。N 極性である GaN(000$\bar{1}$)面は Ga 極性面である GaN(0001)面よりも熱安定性が高いことが知られており、より高温の活性化アニールへの適用が期待されている。しかし、N 極性 GaN 基板を用いた GaN MOS デバイスの報告はほとんどない。そこで本研究では GaN(000$\bar{1}$)面上および GaN(0001)面上に形成した SiO_2/GaN 界面構造について XPS 分析を行い、MOS 界面構造の違いを評価した。

2. 実験（目的,方法）（Experimental）

本研究では n 型 N 極性 GaN 基板（キャリア濃度: 3×10^{16} cm^{-3}）および Ga 極性 GaN 基板（Si 濃度 5×10^{16} cm^{-3} の n 型エピ層付き）を使用した。N 極性基板表面は研磨処理仕上げのため、GaN 基板表面部の加工ダメージが懸念される。従って、表面の加工変質層の除去を目的に誘導結合プラズマによる反応性イオンエッチング（ICP-RIE）を施した。Cl_2 および BCl_3 の混合ガスを使用した ICP-RIE で両基板の表面を 600 nm 程度エッチングした後、王水および HF 溶液で洗浄を行った。その後、プラズマ CVD により SiO_2 層を 2 nm 成膜した。これらの試料を SPring-8 BL23SU の表面化学反応解析装置（SUREAC 2000）に導入し、光電子脱出角度は 90°、X 線波長 1253.6 eV で放射光 XPS 分析を行った。

3. 結果と考察（Results and Discussion）

SiO_2 成膜前の GaN 基板表面から取得した N 1*s* スペクトルには GaN 基板由来の N-Ga 結合のピークが観測される。Ga 極性 GaN 基板ではエッチング前後でのピーク形状の変化は見られなかったが、N 極性 GaN 基板ではエッチング後にピークの半値幅が狭くなった。エッチングにより物理損傷が導入される場合、半値幅はむしろ広くなる傾向を示すはずである。本研究の ICP-RIE では基板バイアス電力を 1 W まで抑えており、低損傷エッチングで研磨による加工変質層の除去に成功したと言える。また N 極性 GaN 基板から取得した O 1*s* スペクトルのピーク強度はエッチング後に弱くなっており、ICP-RIE が基板表面の自然酸化膜除去にも有効であることがわかった。

SiO_2/GaN 構造から取得した Ga 2*p* スペクトルは Ga 極性面と N 極性面試料でほぼ重なっており、基板極性による界面構造の違いはないと言える。ただし、SiO_2 成膜前に比べて Ga 2*p* ピーク位置は高結合エネルギー側にシフトしており、SiO_2 堆積時の酸素プラズマにより GaN 表面が酸化され、GaO_x 界面層が形成されたことを示唆している。

4. その他・特記事項（Others）

本研究は、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」事業（JPJ005357）の委託を受け実施された。
共同研究者：吉越章隆