

課題番号 : 2019A-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<sup>1)</sup>, 細井卓治<sup>1)</sup>, 野崎幹人<sup>1)</sup>  
Username (English) : H. Watanabe<sup>1)</sup>, T. Hosoi<sup>1)</sup>, M. Nozaki<sup>1)</sup>  
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 : 窒化ガリウム、XPS、極性

### 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、自立基板の開発も進んでいることから、超高耐圧縦型パワーデバイスの実現が期待されている。GaN の導電型制御は Si と Mg のドーピングによりそれぞれ n 型、p 型となることが知られているが、Mg の活性化率の低さや炭素不純物による補償効果などが問題となっている。本研究では、GaN 基板上にホモエピ成長した n 型および p 型層それぞれについて XPS 分析を行い、表面状態の違いを評価した。

### 2. 実験(目的,方法) (Experimental)

GaN(0001)基板上に Si ドープ n 型層 ( $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ) あるいは Mg ドープ p 型層 ( $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ) をエピ成長した試料をアセトンと HF 溶液の順で洗浄し、一部の p-GaN 試料のみ Mg 活性化のための熱処理を窒素雰囲気中 800°C で 20 分間行った。その後、チャージアップ防止のために試料裏面に Ti 層を 40 nm 堆積した。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 3d、Ga 2p、N 1s、O 1s 内殻準位スペクトル、そして価電子帯スペクトルを取得した。取得した各スペクトルについて、表面は酸化が懸念されるため、GaN 基板由来の N 1s ピークで強度と結合エネルギーを規格化および校正した。

### 3. 結果と考察 (Results and Discussion)

各試料から取得した N 1s スペクトルでは、n-GaN

層からのピークが最も半値幅が小さく、p-GaN からのピークは高結合エネルギー側にも低結合エネルギー側にも広がっていることが確認できた。また、高結合エネルギー側では違いは見られなかったが、低結合エネルギー側では Mg 活性化熱処理によってピークが広がっていることがわかった。同様のピークの広がり Ga 3d スペクトルでも見られた一方、O 1s スペクトルや価電子帯スペクトルでは各試料間で大きな違いはなかったことから、表面の酸化状態や GaN そのものの電子状態が n 型と p 型で大きく異なっているとは考えられない。よって、p-GaN 試料で観測された N 1s および Ga 3d スペクトルの広がり、GaN 表面近傍でのバンドベンディングを示唆している。GaN 表面の電荷中性点は真性フェルミ準位よりも伝導帯側に位置することを考えると、p 型の方が n 型よりもバンドベンディングが大きいというのは妥当と言えるが、今後より詳細な分析が必要である。

### 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」の委託を受け実施された。  
共同研究者：吉越章隆