

課題番号 : 2019B-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⁾, 野崎幹人¹⁾
Username (English) : H. Watanabe¹⁾, T. Hosoi¹⁾, M. Nozaki¹⁾
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、ドーピング

1. 概要 (Summary)

GaN は絶縁破壊電界や飽和ドリフト速度などの物性値で SiC よりも優れており、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向けワイドバンドギャップ半導体として期待されている。GaN の導電型は Si と Mg のドーピングによりそれぞれ n 型、p 型の制御が可能であるが、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、自立 GaN 基板上にエピ成長した Mg 濃度の異なる p-GaN 層について 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)基板上に厚さ 5 μm の Mg ドープ p⁺-GaN 層 ($2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$) をエピ成長した試料、そして p⁺-GaN 層上にさらに厚さ 1 μm の p-GaN 層 ($1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) を成長した試料を HF 溶液で洗浄し、測定中のチャージアップ防止のために裏面に Al 層を堆積した。また、比較のために Si ドープ n 型層 ($1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$) をエピ成長した試料も用意した。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 3*d*、Ga 2*p*、N 1*s*、O 1*s* 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、GaN 基板由来の N 1*s* ピークで強度と結合エネルギーを規格化および校正して解析を行った。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

p⁺-GaN 層 (Mg 濃度 : $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$) 表面から取得した N 1*s* スペクトルは、n-GaN 層からのものと比べ

て半値幅が大きく、高結合エネルギー側にも低結合エネルギー側にもピークの広がりを示した。さらに、p⁺-GaN 層からの Ga 3*d* スペクトルは低結合エネルギー側に、Ga 3*p* スペクトルは高結合エネルギー側にピークの広がりが見られた。Ga 2*p* スペクトルは Ga 3*d* スペクトルよりも表面敏感であることを考慮すると、p⁺-GaN 表面が n 型となる方向 (下向き) にバンドベンディングしていると考えられる。一方で、p-GaN 層 (Mg 濃度 : $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) 表面から取得した Ga 3*d*、Ga 2*p*、N 1*s* スペクトルはいずれも n-GaN 層からのものと一致した。これは p-GaN と n-GaN で表面状態に大きな違いがないことを意味しており、p⁺-GaN のみの特異であることを示している。一方、今回測定した p-GaN 層は p⁺-GaN 層上にエピ成長したものであることから、結晶構造的な違いがあるとは考えられず、今後より詳細な調査が必要である。

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