

課題番号 : 2016A-E25
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 Heterointerfaces for Wide Bandgap Semiconductor 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⁾, 野崎幹人¹⁾
Username (English) : H. Watanabe¹⁾, T. Hosoi¹⁾, T. Yamada¹⁾, 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 :

1. 概要 (Summary)

GaNは高い絶縁破壊電界などSiC以上の優れた物性を有し、またAlGaIn/GaNヘテロ界面に高濃度の2次元電子ガスを形成することから、パワーデバイス応用が期待されている。AlGaIn/GaNヘテロ接合トランジスタ(HFET)のノーマリオフ化とゲートリーク電流低減のためにMOSゲート構造が検討されているが、報告例の多い原子層堆積法(ALD)によるAl₂O₃ゲート絶縁膜では、ヒステリシスやAl₂O₃/AlGaIn界面欠陥が問題となっている。一方で、我々はこれまでに反応性スパッタ法により形成したAION膜が優れた界面特性を示すことを報告しており、また同様の手法で形成したAl₂O₃膜も比較的良好な特性を示すことがわかっている。ALDでは基板温度を300°C程度まで昇温するのに対し、スパッタ法は室温成膜であったことから、成膜温度が界面特性に影響を与えていると推察される。そこで本研究では、Al₂O₃およびAION膜について、反応性スパッタ成膜時の基板温度を室温から300°Cの範囲で変化させ、その際の界面構造の違いについて放射光電子分光法により評価した。

2. 実験(目的,方法) (Experimental)

Si(111)面上にAlGaIn/GaN層をエピタキシャル成長した基板をHCl溶液により洗浄し、反応性スパッタ法により基板温度室温から300°Cの条件下でAIONまたはAl₂O₃を3nm成膜した。これらの試料に対してSPring-8内の日本原子力研究開発機構専用軟X線ビームライン(BL23SU)に設置された表面反応分析装置を用いて評価した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

成膜直後のAION/AlGaIn界面とAl₂O₃/AlGaIn界

面に対して、放射光XPS(hv=1253eV)によりGa3d(O2s)およびN1sスペクトルを取得した。結合エネルギーおよびピーク強度を、Ga3dスペクトルにおけるAlGaIn層ピーク(結合エネルギー19.4eV)で較正・規格化したところ、AION膜の場合、室温成膜と300°C成膜でほぼスペクトルが一致しているのに対して、Al₂O₃膜では室温成膜に比べて300°C成膜の方がO2sピークが増大する一方で、N1sピークが減少していることがわかった。このことは、Al₂O₃の場合、成膜温度が高温ほどAlGaIn表面の窒素脱離を伴う酸化が起きることを示唆している。また、MOSキャパシタを作製して電気特性を確認したところ、300°C成膜では大きな周波数分散が見られ、ALD成膜とほぼ同様の界面特性劣化が起きていることがわかった。一方で、AION膜では電気特性でも成膜温度依存性は見られなかった。以上のことから、Al₂O₃成膜時のAlGaIn表面酸化が界面特性劣化を引き起こしており、N₂をベース雰囲気とするAION成膜の場合はそういった反応が回避でき、優れた電気特性の実現につながったと考えられる。

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)