

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 13604 号
------	---------------

氏 名 安藤 悠人

論文題目

窒化ガリウムMISゲート構造における界面およびキャリア輸送特性に関する研究
(Study on Interface and Channel Transport Properties in GaN MIS Gate Stack)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	天野 浩
委員	名古屋大学	教授	須田 淳
委員	名古屋大学	特任教授	橋詰 保
委員	名古屋大学	准教授	本田 善央
委員	名古屋大学	特任准教授	田岡 紀之

論文審査の結果の要旨

安藤悠人君提出の論文「窒化ガリウムMISゲート構造における界面およびキャリア輸送特性に関する研究」は、シリコントランジスタに代わる高効率窒化ガリウム（GaN）パワーデバイス高性能化のカギとなるゲート部の金属-絶縁膜-半導体（Metal-Insulator-Semiconductor：MIS）構造における、界面及び電子輸送特性に関する研究成果をまとめたものである。

第1章では、本研究の背景、次世代半導体パワーデバイス材料としてのGaNの優位性、GaNパワーデバイスの課題を述べたのち、GaN MIS界面の研究動向と現状の課題をまとめ、本論文の位置づけを確認している。特にゲート直下のチャネル移動度がバルク移動度と比較して1/5～1/6程度と低いことを指摘し、その理由の解明と改善が急務であることを強調している。その一つとして、従来用いられているc面に加え、m面にも着目し、実験では従来作製が困難であった不純物濃度の制御されたm面エピタキシャル層を用いて評価していることを明示している。

第2章では、本論文で評価したMIS構造の作製プロセス、作製に用いた装置の概要、また評価手法について詳細に説明している。

第3章では、c面及びm面に形成されたMIS構造の界面及びチャネル輸送特性について検討している。m面GaNは分極が生じないことから、チャネル移動度に対する分極の影響などを実験的に検証するうえで興味深い面方位である。また電極形成後の熱処理、通称PMA処理はc面におけるチャネル輸送特性の改善に有効であることはわかっていたが、m面では報告例がなかった。検討の結果、PMA処理前ではm面の方がチャネル移動度が高いこと、PMA処理によってc面m面ともに界面準位密度を $10^{10} \text{eV}^{-1} \text{cm}^{-2}$ 台にまで低減できることを明らかにしている。二つの面でのPMA処理前の特性の違いから、界面準位としてGaの未結合手に起因する界面準位を提案している。特にm面GaNに形成されたMISチャネルでは、c面と比較して界面電荷によるクーロン散乱に起因した制限が少なくなり、高いチャネル移動度を示すことを見出している。これは、c面GaN上に作製したm面をチャネルとするトレンチ構造の縦型MOSFETでは、プレーナー型と比較してチャネル抵抗を低減できる可能性があることを示す結果である。またPMA処理は、面方位に関係なく界面電荷密度の低減に効果があり、閾値電圧の正方向シフトおよびチャネル移動度の向上に効果的なプロセスであることを示している。

第4章では、ゲート電極堆積法として電子線蒸着を用いると伝導帯近傍の界面トラップおよび界面に正の固定電荷が導入されることを見出し、これらの界面電荷はクーロン散乱中心として振る舞い、チャネル移動度の低下を招くことを見出した。青色LEDでもp層への電極形成に電子線蒸着を用いると特性が劣化するため使用されていなかったが、その理由は不明であった。様々な検討の結果、電子線蒸着時の制動輻射によって生じるX線が原因であることを示唆した。また、導入された界面電荷が300℃程度の熱処理によって不活性化が可能であることを併せて示しており、抵抗加熱蒸着と比較してメンテナンスの容易な電子線蒸着利用の可能性を示した点は産業応用上重要である。

第5章では、本研究において得られた知見をまとめるとともに、今後のGaNパワーデバイスの展望について述べている。

以上のように安藤悠人君提出の論文「窒化ガリウムMISゲート構造における界面およびキャリア輸送特性に関する研究」は、次世代パワーデバイスのキーテクノロジーとして期待される金属-絶縁膜-GaN構造のキャリア輸送特性の詳細を実験的に明らかにした点で、学術的価値および産業応用上の価値は顕著であり、本論文の提出者である安藤悠人君は博士（工学）の学位を授与されるに十分な資格があると判断した。