

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 12870 号
------	---------------

氏 名 磯部 康裕

論文題目

窒化物半導体パワーデバイスの高性能化とプラズマによる低温成膜技術に関する研究
(Study on Performance Enhancement of GaN Power Devices and the Low Temperature Plasma Process Technologies)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	堀 勝
委員	名古屋大学	教授	豊田 浩孝
委員	名古屋大学	特任教授	関根 誠
委員	名古屋大学	准教授	本田 善央
委員	名古屋工業大学	教授	三好 実人

論文審査の結果の要旨

磯部康裕氏提出の論文「窒化物半導体パワーデバイスの高性能化とプラズマによる低温成膜技術に関する研究」は、次世代のGaNパワーデバイスの実用化に向けて、ノーマリーオフ動作における高性能化、電流コラプス抑制に関する評価技術の開発、低コストを目指した新規GaNエピタキシャル成長方法の検討の3つの課題に取り組み、その成果を学術かつ実用的な成果としてまとめたものであり、全7章から構成されている。

第1章は序論で、省エネルギー化社会を構築するために、GaNデバイスの位置づけやその重要性を物性面から論じ、次世代パワーデバイスとしての実用化に向けた課題を整理し、それらの課題解決に向けたアプローチを概観し、本論文の目的と意義、そして構成について述べている。

第2章では、本研究で用いたGaNエピタキシャル結晶成長方法として、有機金属化学気相堆積法（MOCVD）や新規ラジカル支援MOCVD法および結晶評価方法とプラズマ評価方法について詳述している。

第3章は、GaN系のデバイスで重要なノーマリーオフ動作とその特性改善を目指し、非極性面GaNを用いたAlGaN/GaN構造のデバイスに着目し、成長方法の検討や成長中の不純物の取り込みの抑制に工夫を施し、GaN結晶の欠陥と不純物である酸素濃度を検出限界まで低減させることに成功した。これによって、意図した不純物ドーピングなしで、優れたトランジスタ特性がえられることを実証している。これらの結果を基にして、非極面を用いたGaNデバイスのノーマリーオフ動作の可能性を示しており、次世代のデバイス開発に有用な知見を示した。

第4章は、GaN系のデバイスに特有の問題である電流コラプスの抑制を目指し、電流コラプスが生じる要因を解明するための評価方法の開発に取り組んでいる。カソードルミネッセンス法に着目し、断面の観察ができるように同評価手法の検討を行った。その結果、GaN系の多層構造の各層からのカソードルミネッセンスの特性を計測し、それらを詳細に解析することで、電流コラプスとカソードルミネッセンス特性との相関を見出すことに成功した。この成果は、電流コラプスを改善する指針を提示しており、極めて有用な解析方法である。

第5章は、プラズマで窒素ガスを解離して原子状の窒素原子を生成し、その窒素原子と有機ガリウムガスと反応させることによって、GaNを低温でエピタキシャル成長する技術に取り組んでいる。本方法では、低温のGaN成長の実現が期待できることのみならず、従来の多量のアンモニアガスを用いた成長法とは異なり、アンモニアガスを使用しないで成長が可能になるために、低コストのGaNデバイスの生産技術を開発することができる。シミュレーションによって、窒素原子の密度やその装置内での分布を可視化し、新たなプラズマ装置を設計した結果、ウエハ上に多量の窒素原子を供給することで、表面平坦性と高結晶性を維持しつつ、高速でGaN結晶成長を実現できる装置の指針を明らかにした。

第6章は、第5章で得られた知見を基にして、実際に誘導結合型の高密度プラズマ源を製作し、そのプラズマ特性を評価するとともに、ラジカル支援MOCVD装置でGaNを成長させた結果、アンモニアガスを使わないで、従来の数倍の成長速度を得ることに成功し、GaN高速成長に対するポテンシャルを示した。この知見は、次世代のGaN成長装置の開発に対して極めて重要な知見である。

第7章では、本研究の結果を総括し、今後の課題および展望について述べている。

以上のように、本研究では、次世代のGaNパワーデバイスの開発の3つの課題に対して、課題の解決方法を提案し、これらの成果を統合することで、次世代GaNデバイス技術を開発するための重要な知見としてまとめるに至っている。したがって、これらの成果は、学術上、又工業上寄与するところが極めて大きいと判断できる。よって、本論文提出者磯部康裕氏は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があるものと判断した。