

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 11461 号
------	---------------

氏 名 孫 政

論 文 題 目

Reduction in Mg Ion Implantation Damage and GaN Direct Growth on SiC Substrate for Vertical Power Device Applications
(縦型パワーデバイス応用のためのMgイオン注入ダメージの低減及びSiC基板へのGaN直接成長に関する研究)

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	准教授	本田 善央
委員	名古屋大学	教授	西澤 典彦
委員	名古屋大学	教授	中里 和郎
委員	北海道大学	教授	橋詰 保

論文審査の結果の要旨

孫 政君提出の論文「Reduction in Mg Ion Implantation Damage and GaN Direct Growth on SiC Substrate for Vertical Power Device Applications (縦型パワーデバイス応用のためのMgイオン注入ダメージの低減及びSiC基板へのGaN直接成長に関する研究)」は、GaN縦型パワーデバイス実現に重要なMgイオン注入の新技术、および熱伝導率が高く大電流駆動が期待されるSiC基板上へのGaNの結晶成長に関して、新規の成長法を見出した結果をまとめている。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、パワーデバイス応用に関して従来のSiに対するGaNのメリット、電流コラプスなど従来よく研究されているSi基板上GaN系高移動度トランジスタの問題点、および横型デバイスの問題点の解決策として期待される縦型デバイスの構造例を紹介している。

第2章では 従来よりp型GaNができず原因が不明であったMgイオン注入法について、スパッタリング法によりAlN薄膜を堆積の後イオン注入することによって、イオン注入により生じる着色化を低減させ、またMg濃度の深さ方向のプロファイルのピークを、従来の内部から表面へ制御可能であることを確認した。これはコンタクト抵抗低減のために重要な成果である。また、Mgイオン注入前後の格子定数を詳細に評価して、Mgイオン注入により面内格子定数は変化せず、c軸方向の格子定数のみ増加すること、および熱処理によって元の格子定数に戻ることを確認した。

第3章では、c面の6H-SiCおよび4H-SiC基板上のGaNのMOVPE成長について、従来は島状になってしまい直接GaN薄膜を成長することが困難なため、GaNの成長の前に数十nm以上の比較的厚いAlN薄膜が必要であった。孫君は、GaN成長前に窒素原料であるアンモニアは供給せずAl原料のみを供給すると、GaN薄膜が成長可能であることを見出した。また、Al供給時間を変化させると、GaN中の歪および貫通転位密度が変わり、Al供給時間が長いほど歪が減少して刃状転位成分が増加することを見出した。

第4章では、m面およびa面の4H-SiC基板を用いて、第3章と同様の結晶成長条件で直接成長を試みたところ島状成長すること、V/III比を半分以下に下げることにより、m面、a面とも平坦なGaN薄膜成長が可能にあることを見出している。また、基板とエピタキシャル層界面の構造をTEMやEDX等を用いて詳細に評価し、AlGaNが形成されていることを見出した。そのため、TMA1の供給により、炉内に残存するGaNとTMA1が反応して基板上に輸送された可能性が示されている。また、第3章で作製されたc面上のSiC/GaNについて、下地SiC基板の裏にオーム性電極、上のGaNにショットキー電極を形成して縦伝導を評価し、低抵抗GaN基板上のGaNのショットキーバリアダイオードと比較したところ、直列抵抗は若干高いものの、懸念されたGaN-SiC界面のエネルギー障壁は無視できるほど小さく、同程度の性能を示すショットキーバリアダイオードが作製可能であることを確かめている。

第5章では、本研究の結論をまとめている。

以上のように、本論文では従来p型GaNができなかったMgイオン注入によって生じる欠陥に関する新たな知見を得ている。また、従来困難であったSiC基板上へのGaN薄膜の直接成長に関して、成長初期にAl原料のみを供給することによって可能になることを初めて見出している。これらの結果は、今後のイオン注入法の開発にとって重要な知見であり、また熱伝導率の高いSiC上に成長が可能になったことから、将来の大電流デバイス実現の基幹技術になる可能性を秘めており、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である孫 政君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。