

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 13137 号
------	---------------

氏 名 胡 楠

論 文 題 目

Study on growth of Ga-polar untwinned semi-polar (10-13) GaN templates and (10-13) InGaN/GaN quantum wells
(Ga極性非双晶半極性面(10-13)GaNテンプレート及び(10-13)InGaN/GaN量子井戸構造の成長に関する研究)

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	特任教授	PRISTOVSEK Markus
委員	名古屋大学	准教授	本田 善央
委員	名古屋大学	教授	宮崎 誠一
委員	名城大学	教授	竹内 哲也

論文審査の結果の要旨

胡楠君提出の論文「Study on growth of Ga-polar untwinned semi-polar (10-13) GaN templates and (10-13) InGaN/GaN quantum wells (Ga極性非双晶半極性面 (10-13) GaNテンプレート及び (10-13) InGaN/GaN量子井戸構造の成長に関する研究)」は、社会実装が進んでいる一般照明用LEDランプに用いられている青色LEDの波長拡大、特に可視長波長LEDの高効率化を目指して行った研究成果を纏めている。具体的には、GaN/InGaN量子井戸において、分極による電界が(0001)Ga面と同じ方向で且つ小さいために、量子井戸内の電子と正孔の波動関数同士の重なり積分が大きく、原理的に高い振動子強度を得ることのできる(10-13)面に着目し、バッファ層の堆積条件やGaN及び量子井戸構造の結晶成長条件を詳細に検討した結果をまとめている。すなわち基板として(10-10)サファイアm面を用い、方向性スパッタリングにおいて初期にAlを薄く堆積してその上にAlNを堆積してバッファ層とすることにより、有機金属化合物気相成長(MOVPE)法を用いて、表面平坦性の優れた(10-13)面GaN及びGaN/InGaN量子井戸構造を得ることができることを実験的に初めて示した論文である。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、GaN系LEDの概要、リン系赤色LEDと窒化物系青色LEDとの効率の谷、いわゆるグリーンギャップ、GaN/InGaN量子井戸内量子閉じ込めシュタルク効果、(10-13)面量子井戸における分極の向きと大きさ、および本研究の主旨と本論文の構成を紹介している。

第2章では、(10-13)面GaNを得るためのプロセスの概略、すなわち基板としてサファイアm面を用いること、方向性スパッタリング、およびMOVPE法について説明し、双晶のない(10-13)面の成長が可能であることを示している。

第3章では、サファイアm面の初期に方向性スパッタリングを用いて形成するAlの堆積時間、すなわち厚さ、堆積温度とGaNの結晶方位の関係を見出し、(10-13)面を成長させるために最適なAl厚さ及び堆積温度を決定した経緯をまとめている。

第4章では、Al堆積層の上のAlNについて、MOVPEで直接AlN及びGaNを成長した場合と方向性スパッタリングで薄膜成長させた後にMOVPEでAlN及びGaNを成長させた場合を比較し、方向性スパッタリングによる堆積が重要であることを示し、次に方向性スパッタリングAlNの膜厚を最適化し、X線ロックアップカーブ半値幅の狭い結晶品質の優れたGaNの成長に成功している。

第5章では、MOVPEによるGaNの成長条件を精査し、初期の成長モードを三次元、ある程度の膜厚になってからV/Ⅲ比の低い条件で二次元成長することにより、結晶品質及び表面平坦性の優れたGaNを得ることに成功している。また、三次元成長と二次元成長を繰り返し行ったり、AlN/GaN超格子を挟んだ構造を試みたが、結晶品質の向上にはつながらないことも示した。更に透過電子顕微鏡観察により、所望の(10-13)Ga面が成長していることを確認した。

第6章では、GaN/InGaN量子井戸構造を成長させ、高速成長モードで成長させることにより、c面と変わらないIn取り込まれ率になることを見出し、また青色領域ではc面量子井戸とそんな色ないフォトルミネッセンス半値幅であることを見出している。

第7章では、分極の点で(10-13)面という重要な結晶面を再現性良く得ることができるプロセスの構築という本研究の学術上及び産業上の成果をまとめ、今後LED実現のための方策を提案している。

以上のように、本研究によって、いままで困難と言われていた高品質(10-13)面GaN/InGaN量子井戸をサファイア基板上に成長させるプロセスを構築した。その成果は、学術上のみならず産業上も顕著であり、本論文の提出者である胡楠君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。