

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 11458 号
------	---------------

氏 名 久志本 真希

論文題目

加工シリコン基板上半極性面窒化物半導体の発光素子に関する研究
(Study on optical devices using semipolar nitride semiconductors on patterned Si substrates)

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	川瀬 晃道
委員	東京大学	教授	藤岡 洋
委員	名古屋大学	准教授	本田 善央

論文審査の結果の要旨

久志本真希氏提出の論文「加工シリコン基板上半極性面窒化物半導体の発光素子に関する研究」では、8度オフSi(001)面基板を溝加工して形成した{111}面に成長した逆台形GaNの(10-11)面を用い、InGa_N/Ga_N多重量子井戸構造を形成してその光学的特性、特にレーザダイオード実現に向けて偏光特性を評価した結果、高密度励起して評価した誘導放出およびレーザ発振特性の評価、および長波長レーザダイオードの実現を目指して行ったInGa_N下地層におけるミスフィット転位形成による結晶の傾き、即ちチルトによる格子緩和がInGa_N活性層のIn組成に与える影響について解析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、窒化物半導体発光素子開発の歴史、化合物半導体レーザダイオードおよびSi基板上レーザの研究の歴史、Si基板上の窒化物半導体の結晶成長、半極性面窒化物半導体の特徴、半極性面窒化物半導体レーザダイオードのこれまでの研究開発の歴史、および半極性面レーザダイオードの偏光特性について概説している。

第2章では、基板として用いた8度オフSi(001)基板への溝加工の方法、結晶成長に用いたMOVPE法、(1-101)Ga_Nストライプの成長、InGa_N系発光層の成長、およびその結晶品質についてまとめている。

第3章では、さまざまなIn組成および井戸層膜厚のInGa_N/Ga_N量子井戸の偏光特性を詳細に評価し、400 nm付近の紫色領域で、井戸層が数 nm以下の薄い井戸層の場合のみ光の電界ベクトルとc軸が垂直になること、それ以外では光の電界ベクトルとc軸が平行になり、レーザダイオードの導波路層として問題ないことを確認している。

第4章では、誘導放出の解析のため高密度励起した場合の近視野像を観察し、成長したままではリッジ端の影響や裏面の(1-101)面での誘導放出も生じてしまうことを確認している。そのためリッジ端や裏面の影響の排除を目的として、CF₄を用いた超低レートエッチングによるリッジ導波構造を形成して、上部AlGa_Nクラッド層を除去して同様の高密度励起の評価を行っている。その結果、Si基板上では世界で初めて縦モードの観測に成功している。また、近視野像観測により横方向の閉じ込めにも成功し、上下方向の横モードの観測にも成功している。

第5章では、長波長発光のため行ったInGa_N下地緩和層導入の効果をまとめている。従来のc面では結晶を意識的に斜めに傾けることが困難であるため、行われた例は無かった。(1-101)面のような半極性面の場合、格子不整合が大きい場合、下地層とその上の層の界面でミスフィット転位を発生させることによりc軸投射方向に結晶を傾けることが可能であり、格子不整合によって生じる歪を緩和させることができる。余分な結晶面がデバイス特性に悪影響を及ぼす可能性が懸念されるが、TEMやEDXなどの詳細な観察を行い、余分な結晶面はバンドギャップの大きいGa_Nになることを実験的に確かめた。その結果、従来高効率発光が容易でなかった緑色から長波長のオレンジから赤色についても、青色発光とそん色のない強度を得ることができることを見出している。

第6章では、本研究の総括を行っている。

これらの結果は、特に今後の高精細ディスプレイや可視光通信光源として期待される可視長波長InGa_N系レーザダイオード開発にとって極めて重要な知見であり、特に活性層下の下地層の設計により高効率発光が可能であることを見出した功績は素晴らしく、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久志本真希氏は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。