

氏名(本籍)	澤 昌 淳 二 (茨城県)		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第4243号		
学位授与年月日	平成19年3月23日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	数理物質科学研究科		
学位論文題目	希土類添加 GaN の MBE 成長と物性評価		
主査	筑波大学教授	理学博士	秋本克洋
副査	筑波大学教授	工学博士	重川秀実
副査	筑波大学教授	工学博士	山部紀久夫
副査	筑波大学助教授	工学博士	岡田至崇
副査	筑波大学客員教授	工学博士	秩父重英

論文の内容の要旨

固体中に希土類イオンを添加すると、母体の種類や温度にあまり左右されずに、各イオンに特有な波長で4f内殻遷移に起因する発光スペクトルと示し、蛍光体、固体レーザー、光ファイバー増幅器などに応用されている。これらのデバイスでは光や電子線で励起するが、半導体を母体材料として電流注入により希土類イオンを励起することができれば、高効率で小型の新規なデバイス開発が可能となる。

本研究では、希土類添加半導体の注入型デバイス作製を目指し、分子線法による結晶成長、構造的ならびに光学的結晶評価、デバイス試作までを行なった。希土類元素として赤色領域に発光波長を持つEuを選び、半導体母体材料にはGaNを選択した。希土類イオンの発光は、その母体材料のバンドギャップエネルギーが大きいほど強い事が経験的に知られており、GaNはp-n制御可能なワイドギャップ材料であることから極めて魅力ある材料である。

GaN中のEuが占めるサイトは複数種類存在することが知られているが、それぞれのサイトに存在するEuの光学的性質やその振る舞いはわかっていない。デバイスへの応用を考えた場合これらの発光特性を理解する必要がある。本研究では主にEuサイトの成長条件依存性を明らかにし、サイトの制御技術の確立、発光特性との関係より電流注入型素子の応用に関してどのようなEuサイトが有効であるかを見出した。

発光スペクトル解析より、Eu濃度3%程度で最大のEu発光が得られること、このときに3種のEuサイトが観察されること、この3種のサイトの存在比は3%あたりで大きく変化するがこれは多結晶化による構造変化に対応していることを明らかにした。構造変化においては、六方晶構造にEu濃度と共に積層欠陥が増加し立方晶の混入、双晶の形成が促進しつつには多結晶化することが観察された。3種のサイトはこれらの構造変化と対応して変化し、サイトの変化は結晶中のひずみに影響されていることが示された。3種のサイトのうち、母体励起で発光するのは1種のサイトのみで、他の2種は電荷移動励起によるものであり、注入型で発光しやすいスペクトルを特定することができた。母体励起で発光するサイトの存在比は、濃度、V/Ⅲ比で制御できることを見出し最適条件を確立した。

Eu添加GaNを発光層としたデバイスの試作を行った結果、Eu直接励起による発光が観測された。母体

励起による発光は観察できなかったがキャリアのオーバーフロー防止やホールキャリアの寿命を長くすることでデバイス化が実現できると期待でき、明確なデバイス設計指針を与えることができた。

審 査 の 結 果 の 要 旨

希土類元素を用いた新しい機能デバイスの開発にかかわる研究である。

発光スペクトルを詳細に検討することにより、希土類元素である Eu のサイトの種類を判別し、これらの発光メカニズムを明らかにした。サイトと励起の機構、希土類イオンへのエネルギー移動を関連付けて理解したことは学術的に重要な結果である。複数のサイトの存在が構造変化と関係していることを見出した点は、複数サイトの存在原因解明につながる重要な知見であり、希土類イオンのサイトに関する今後の研究に大きな指針を与えた。また、複数のサイトの存在比が結晶成長条件で制御できることを明らかにしており、これらはサイトの制御が可能であることを意味し、工学的に重要な結果であるといえる。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。