

氏名(国籍)	ちん 陳	しよ きょう 少 強	(中 国)
学位の種類	博 士 (工 学)		
学位記番号	博 甲 第 4919 号		
学位授与年月日	平成 21 年 3 月 25 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	数理解物質科学研究科		
学位論文題目	Molecular Beam Epitaxial Growth and Characterization of Erbium Doped GaN (エルビウム添加 GaN の結晶成長と評価)		
主 査	筑波大学教授	理学博士	秋 本 克 洋
副 査	筑波大学教授	博士 (工学)	佐々木 正 洋
副 査	筑波大学教授	工学博士	山 部 紀久夫
副 査	筑波大学准教授	工学博士	上 殿 明 良
副 査	筑波大学准教授	博士 (理学)	牧 村 哲 也

論 文 の 内 容 の 要 旨

希土類元素は 4f 軌道に電子が完全に充填されないうちに、4f 軌道よりも外側にある 5s, 5p 軌道に電子が詰まる、すなわち、f 電子系が閉殻構造の外殻電子により遮蔽されるため外部環境にほとんど影響されず原子様の状態を保っている。その結果、発光スペクトルの発光波長や強度が母体材料や環境温度に大きく依存せず、その半値幅が狭いといった希土類特有の性質が出現する。近年、希土類を半導体に添加し新しい機能を持つ光デバイス開発に大きな期待が寄せられている。発光デバイスの発光層に希土類を添加すれば発光波長やその強度が環境温度に依存しないデバイスが実現でき、光通信に応用できる。また、超 LSI においては光配線を実現したいとの要請があるが、希土類を用いることで Si 系電子デバイスとの融合が可能となる。このように希土類添加半導体はデバイス開発の展開に大きな期待が寄せられているが、母体材料に分散された希土類の発光メカニズムについてはよくわかっていないのが現状である。希土類の発光を自由に制御し利用するためには、その発光機構、発光センターの構造の理解が必要である。

本研究では、希土類の発光中心がどのような構造をもつかに焦点を当て研究を進めた。希土類としてエルビウム (Er) を、母体材料に GaN を選び、分子線法で試料作成を行った。フォトルミネセンス測定より、Er の濃度が 2% より大きくなると急に Er の発光強度が大きくなることがわかった。この時、X 線回折等から結晶格子の変化が飽和することがわかり発光中心となっている Er が格子間に存在する可能性を見出した。

格子間に存在する原因を調べる目的で、陽電子消滅法やラマン分光法による欠陥の検出を試みた。その結果、発光強度が急に増大する近傍では窒素空孔が増大することを見つけた。すなわち、Er と窒素空孔の複合体形成により Er は格子位置から変位し格子間位置を占め、対称性の低下に伴う遷移確率の増大が生じたと解釈できることを示した。発光プロセスには欠陥が関与していることは以前からモデルとして提案されていたが、実験的に欠陥との複合体が発光センターとなっていることを示したのは初めてである。

また、励起エネルギー依存性の実験より、よりエネルギーの高い励起の方が発光強度が強くなる現象を見出した。これらの原因は、GaN 中の欠陥レベルとの考察より、バンドギャップエネルギー相当の励起の場

合は欠陥レベルと相互作用しやすく欠陥にキャリアがトラップ, 再結合する確率が高くなることで説明できることを示した。

これらの結果は希土類添加材料の光学的性質を理解・制御するためには重要な知見である。

審 査 の 結 果 の 要 旨

蛍光体をはじめ, 希土類添加材料の発光過程や発光センターの構造はよく理解されていなかった。今回, 発光センターの構造を明らかにした成果はより発光効率の高い材料設計や開発の際に指針となる重要な知見である。希土類の種類によらず発光センターに欠陥が関与しているのかなど今後明らかにすることで, より一般的な知見となることが期待される。

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。