



Title	低転位GaN基板の開発とEu添加GaNエピタキシャル成長への応用
Author(s)	笠井, 仁
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/57565
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	笠井 仁
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 23814 号
学位授与年月日	平成22年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科マテリアル生産科学専攻
学位論文名	低転位Ga _N 基板の開発とEu添加Ga _N エピタキシャル成長への応用
論文審査委員	(主査) 教授 藤原 康文 (副査) 教授 掛下 知行 教授 山下 弘巳

論文内容の要旨

ワイドギャップマテリアルであるGa_Nに希土類元素を添加することにより、可視領域に4f電子系の内核遷移に起因する、半値幅の狭いシャープな発光を得ることができる。特にTm、Er、Eu等の希土類元素をGa_Nに添加することで光の3原色である青、緑、赤色発光がそれぞれ得られることは既に知られている。この特性はRGB発光デバイスを用いた同一の基板(材料)に並べることが可能(RGB1チップ)とし、従来よりも小型で高精細な新しいディスプレイへの応用が期待され興味深い。希土類元素を添加したGa_N発光デバイスの高品質化には格子不整合の存在しない低転位のGa_N基板上に成長させることが望ましい。本研究はGa_N系発光デバイスの高品質化に有用である低転位Ga_N基板の開発について述べるとともに、新しい発光デバイス用材料として応用が期待されるEu添加Ga_Nについて、その基礎物性を調べるとともに、低転位Ga_N基板上への成長により実現される結晶品質の改善及び発光強度の増大について論じた。

本論文は以下の6章で構成されている。

第1章では、本研究の目的と意義を述べた。

第2章では、Ga_N系発光デバイスにおける低転位自立Ga_N基板の有用性と市場について述べた。Ga_N系発光デバイスの高品質化にはデバイス層を格子不整合の存在しない低転位自立Ga_N基板上に成長させることが望ましい。特に青紫色レーザーについてはレーザーの寿命とデバイス層の転位密度との相関が明らかとなっており、ミスフィット転位を発生させないGa_N基板の存在が必須である。その他、LEDや電子デバイスにおいてもGa_N基板は有用である。

第3章では、実際に低転位自立Ga_N基板の開発について述べた。Ga_N基板開発において転位低減は最重要課題であり、様々な方法を用いてGa_N基板の転位密度低減に取り組んだ。その中で特にDEEP (Dislocation Elimination by the Epitaxial growth by inverse-pyramidal Pits) 法を用いることにより転位を低減し、従来にない転位密度 $10^8/\text{cm}^2$ 以下の低転位自立2インチGa_N基板の開発に成功した。

第4章では、赤色発光が得られるEuをGa_N基板並びにGa_N系材料へイオン注入法により添加し、Eu発光特性と母体結晶の結晶性との相関について調べた。特にAlGa_N、Ga_N、InGa_NにEuをイオン注入したところ、Eu発光強度はAlGa_N、Ga_N、InGa_Nの順で強く、これはイオン注入、アニール後のそれぞれの母体材料の結晶性(イオン注入ダメージ)の違いに起因していることを明らかにした。

第5章では、有機金属気相エピタキシャル法によりEu添加Ga_Nを低転位Ga_N基板上に成長し、その発光特性について調べた。従来のサファイア基板上に成長したものに比べて、X線ロックアップの半値幅が減少し、結晶性が向上していることを明らかにした。また、Eu発光強度も1.4倍に向上していることを見出した。この現象はGa_N基板上に成長したEu添加Ga_N膜において転位密度が低減されたことにより、母体で励起されたキャリアのエネルギ-

が効率的にEuに輸送された結果であると考えられる。

第6章では、本研究で得られた成果を総括した。

論文審査の結果の要旨

ワイドバンドギャップ半導体である GaN に希土類元素を添加することにより、可視域に 4f 電子系の内殻遷移に起因する、半値幅の狭いシャープな発光線を得ることができる。特に Tm、Er、Eu 等の希土類元素を GaN に添加することにより、光の 3 原色である青、緑、赤色発光がそれぞれ得られることから、RGB 発光デバイスを同一の基板に並べることが可能であり、従来よりも小型で高精細な新しいディスプレイへの応用が期待される。希土類元素を添加した GaN 系発光デバイスの高性能化には格子不整合の存在しない低転位密度の GaN 基板上に成長させることが望ましい。本論文は DEEP (Dislocation Elimination by the Epitaxial growth by inverse-pyramidal Pits) 法を用いた低転位 GaN 基板の開発について述べるとともに、新しい発光デバイス用材料として応用が期待される Eu 添加 GaN について、その基礎物性と、低転位 GaN 基板上へのエピタキシャル成長により実現される結晶品質の改善及び Eu 発光強度の増大について纏めたものであり、以下の知見を得ている。

- (1) 高品質 GaN 基板の開発を念頭に、様々な方法を用いて GaN 基板の転位密度低減に取り組んでいる。その中で、特に (0001)面と{11-22}面からなる巨大なピット状の結晶成長を用いる DEEP 法を独自に提案し、従来にない転位密度 10^6 cm^{-2} 以下の低転位自立 2 インチ GaN 基板の開発に成功している。また、電気的特性の評価より、発光デバイス用基板として十分な導電性を有することを明らかにしている。
- (2) 赤色発光が得られる Eu を GaN 基板並びに GaN 系材料へイオン注入法により添加し、Eu 発光特性と母体結晶の結晶性との相関について調べている。特に AlGaIn、GaIn、InGaIn に Eu をイオン注入したところ、Eu 発光強度は AlGaIn、GaIn、InGaIn の順で強く、イオン注入後、あるいはそのアニール後の母体材料の結晶性の違いに起因していることを明らかにしている。
- (3) 有機金属気相エピタキシャル法により Eu 添加 GaN を低転位 GaN 基板上にエピタキシャル成長し、その発光特性について調べている。従来のサファイア基板上に成長したものに比べて、X 線ロックアップカーブの半値幅が減少し、結晶性が向上することを明らかにしている。また、Eu 発光強度が増大することを新たに見出している。この Eu 発光強度の増大は GaN 基板上に成長した Eu 添加 GaN において転位密度が低減されたことにより、母体で励起されたキャリアのエネルギーが効率的に Eu に輸送された結果であることを明らかにしている。

以上のように、本論文は次世代 GaN 系デバイスの性能向上に不可欠な低転位自立 2 インチ GaN 基板を開発するとともに、Eu 添加 GaN エピタキシャル成長において、その優位性を明らかにする等、新しい知見を与えていることから、材料工学分野に寄与するところが大きい。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。