

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	収差補正走査透過電子顕微鏡解析を用いたInGaN量子井戸の微細構造と発光効率低下に関する研究
Title(English)	Study of Nanostructure and Luminescence Degradation of InGaN Quantum Wells by Aberration-corrected Scanning Transmission Electron Microscopy
著者(和文)	丹下貴志
Author(English)	Takashi Tange
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11949号, 授与年月日:2021年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:三宮 工,尾中 晋,吉本 護,舟窪 浩,和田 裕之
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11949号, Conferred date:2021/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	丹下 貴志	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	三宮 工	准教授	和田裕之	准教授
	審査員	尾中 晋	教授		
		吉本 護	教授		
舟窪 浩		教授			

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「収差補正走査透過電子顕微鏡解析を用いた InGaN 量子井戸の微細構造と発光効率低下に関する研究」と題し、全7章から構成されている。

第1章「緒論」では、InGaN 量子井戸の発光原理と In 濃度を増加させたときの相安定性や内部電界の効果、さらに構造解析のための透過電子顕微鏡 (TEM) 試料作製における問題点について述べ、本研究の目的が、収差補正した走査透過電子顕微鏡による原子分解能構造観察を用いた InGaN 量子井戸の発光低下の解明であることを説明している。

第2章「低ダメージ TEM 解析用サンプル作製技術の構築」では、新たに開発したサンプル作製方法についてまとめている。既存のイオンミリングによる薄膜化手法において、サンプル作製時に導入されていたダメージを物理計算および数値計算を用いて定量的に評価し、実験データと比較することで、新たにダメージを最小限に抑えた試料作製方法とその条件を見出している。

第3章「InGaN/GaN ダブルヘテロ構造における格子歪解析技術確立」では、走査透過電子顕微鏡を用いた原子分解能観察から InGaN 量子井戸の局所歪を解析する方法についてまとめている。信号/ノイズ比とサンプルドリフトの影響を最適化し、Geometrical Phase Analysis 法を用いて、積算した格子像データからサブ%の歪ゆらぎが計測できることを示している。

第4章「インジウム組成変化と InGaN 層歪挙動の解明」では、InGaN 量子井戸層における格子歪を評価している。エピタキシャル膜の成長方向であるウルツ鉱型構造の c 軸のみ歪があり、In 濃度が高くなるにつれてその歪が増大し、また空間的な揺らぎも大きくなっていることを示している。しかし、その歪量は、In 濃度が増えるにつれてバルクから想定される値よりも小さい値に外れる傾向があることを見出している。

第5章「高インジウム InGaN/GaN 量子井戸構造に発生する欠陥の発光特性」では、単一量子井戸構造の発光特性を、In 濃度の増加に伴い発生するトレンチ欠陥の存在と関連づけて、フォトルミネッセンスとカソードルミネッセンスを用いて評価している。カソードルミネッセンスによる発光ピーク強度分布からは、発光強度がトレンチ欠陥位置で局所的に低下していることが確認されている。一方、発光ピークの波長は、トレンチ欠陥でのみ変化しているわけではなく、より広い範囲で空間的に揺らいでおり、In 濃度のムラがトレンチ欠陥発生と関連していることが示唆されている。

第6章「高インジウム InGaN/GaN 量子井戸構造に発生する欠陥の構造と発生メカニズム」では、トレンチ欠陥の構造と発生メカニズムを構造観察から明らかにしている。原子間力顕微鏡を用いた計測では、トレンチ欠陥の面積と高さには一定の関係があることを見出している。また、収差補正走査透過電子顕微鏡による原子観察では、欠陥位置において、InGaN 量子井戸層の直上の GaN キャップ層に積層欠陥が発生しており、局所的に閃亜鉛鉱型構造をとることで歪緩和していることが見出されている。原子位置解析からは、トレンチ欠陥位置では InGaN 上層に高歪層が形成されていることが確認され、前章までで得られた結果と合わせてトレンチ欠陥の発生メカニズムを説明している。

第7章「結論」では、本研究を通して得られた結果をまとめ、本論文を総括するとともに将来展望について述べている。

以上を要するに本論文は、透過電子顕微鏡用の InGaN 系半導体試料のダメージレスなサンプル作製および歪解析法を開発し、InGaN 量子井戸構造の評価に適用することで、発光効率の低下と欠陥発生のメカニズムを明らかにしたもので、工学及び科学技術上貢献するところが大きい。よって本論文は博士 (工学) の学位論文として十分価値のあるものと認められる。

注意: 「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。