

Title	希薄窒化物および希薄磁性化合物半導体の結晶成長と物性評価
Author(s)	東, 晃太郎
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/27584">https://hdl.handle.net/11094/27584</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

氏名	東 晃 太 朗
博士の専攻分野の名称	博 士 (工学)
学位記番号	第 26232 号
学位授与年月日	平成25年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電気電子情報工学専攻
学位論文名	希薄窒化物および希薄磁性化合物半導体の結晶成長と物性評価
論文審査委員	(主査) 准教授 長谷川 繁彦 (副査) 教授 伊藤 利道 教授 近藤 正彦 教授 森 勇介 教授 片山 光浩 教授 尾崎 雅則 教授 栖原 敏明 教授 大森 裕 教授 八木 哲也

#### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、デバイス応用への期待の高い二つの化合物半導体材料、希薄窒化物半導体GaInNAsおよび希薄磁性半導体GaGdNの結晶成長、物性評価について論じた。

希薄窒化物半導体GaInNAsでは、アニールによる発光波長の短波長化の原因とされる、原子の再配列に関して評価を行った。試料はGaAs基板上に分子線エピタキシー(MBE)によって作製した。局所構造解析にはX線微細構造(XAFS)測定を用い、Ga原子周りの構造解析を行った。その際、解析の障害となるGaAs基板からの情報を除去するため、エピタキシャルリフトオフ(ELO)を用いた試料加工を行った。それによってGaAs基板上に成長されたGaAs, GaNAsおよびGaInNAs試料についてGa原子周りの局所構造解析を行うことができ、ELOによる加工手法の有効性を実証することができた。GaInNAsのアニール前後でのGa原子周りの局所構造から、第一近接As原子の配位数の増加が見られ、アニールによって原子の再配列が起きていることを明らかにした。

希薄磁性半導体GaGdNについては、Gd添加増量と成長条件が与える諸物性への影響を評価した。MBEによってGaNテンプレート上に成長されたGaGdNは、GaNに対してコヒーレントに成長していることを明らかにし、X線回折(XRD)から格子定数のGd濃度の関係性を導いた。また、このコヒーレント成長は、成長温度を上げることで格子緩和していくことを明らかにした。発光特性の評価から、作製したGaGdNはバンド端発光に加え、Ga空格子点由来の発光、Gd添加によって形成された準位での発光が観測された。磁気特性評価では、Gd濃度を上げるに従い超常磁性クラスターが強磁性的な振る舞いへと変化していく事がわかり、GaGdNの強磁性成分の増大にはGd添加量を増やすことが必要であることを議論した。

GaGdN薄膜において、Gd濃度の異なる層の周期構造が観測された。この自然超格子が与える影響をしらべるため、AlGaIn/GaGdN短周期多重量子井戸構造を作製した。その結果、GaGdN井戸層の膜厚が自然超格子1周期分であるときに強磁性成分が大きく観測された。このことから、形成された自然超格子の層間で反強磁性的相互作用が働くと推察し、また自然超格子1周期分の井戸幅であれば、強磁性的性質を利用し得ることを見いだした。

## 論文審査の結果の要旨

本論文では、デバイス応用への期待の高い二つの化合物半導体材料、希薄窒化物半導体GaInNAsおよび希薄磁性半導体GaGdNの結晶成長、物性評価について論じている。

希薄窒化物半導体GaInNAsでは、アニールによる発光波長の短波長化の原因とされる、原子の再配列に関して評価を行っている。試料はGaAs基板上に分子線エピタキシー (MBE) によって作製している。局所構造解析にはX線微細構造 (XAFS) 測定を用い、Ga原子周りの構造解析を行っている。その際、解析の障害となるGaAs基板からの情報を除去するため、エピタキシャルリフトオフ (ELO) を用いた試料加工を行っている。それによってGaAs基板上に成長されたGaAs, GaNAsおよびGaInNAs試料についてGa原子周りの局所構造解析を行うことができ、ELOによる加工手法の有効性を実証することが可能となっている。GaInNAsのアニール前後でのGa原子周りの局所構造から、第一近接As原子の配位数の増加が見られ、アニールによって原子の再配列が起きていることを明らかにしている。

希薄磁性半導体GaGdNについては、Gd添加増量と成長条件が与える諸物性への影響を評価している。MBEによってGaNテンプレート上に成長されたGaGdNは、GaNに対してコヒーレントに成長していることを明らかにし、X線回折 (XRD) から格子定数のGd濃度の関係性を導いている。また、このコヒーレント成長は、成長温度を上げることで格子緩和していくことを明らかにしている。発光特性の評価から、作製したGaGdNはバンド端発光に加え、Ga空格子点由来の発光、Gd添加によって形成された準位での発光が観測されている。磁気特性評価では、Gd濃度を上げるに従い超常磁性クラスターが強磁性的な振る舞いへと変化していく事がわかり、GaGdNの強磁性成分の増大にはGd添加量を増やすことが必要であることを見いだしている。

GaGdN薄膜において、Gd濃度の異なる層の周期構造を観測している。この自然超格子が与える影響をしらべるため、AlGaIn/GaGdN短周期多重量子井戸構造を作製している。その結果、GaGdN井戸層の膜厚が自然超格子1周期分であるときに強磁性成分が大きく観測されている。このことから、形成された自然超格子の層間で反強磁性的相互作用が働くと推察し、また自然超格子1周期分の井戸幅であれば、強磁性的性質を利用し得ることを見いだしている。

以上のように、本論文は希薄窒化物半導体GaInNAs薄膜の局所原子配置を評価する手法の確立と発光特性向上に求められる知見を導き、希薄磁性半導体GaGdN薄膜およびその半導体ヘテロ構造の高品質な結晶性を得る結晶成長技術と磁気特性向上の指針を示している。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。