

|              |  |
|--------------|--|
| Title        | GaAs基板上InGaAsP薄膜のMOVPE成長における非混和性に関する研究   |
| Author(s)    | 小野, 健一   |
| Citation     | 大阪大学, 2008, 博士論文   |
| Version Type |  |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/48645">https://hdl.handle.net/11094/48645</a>  |
| 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">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a>〉</a> をご参照ください。 |

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

|               |  |
|---------------|--|
| 氏 名           | お 小 野 健 一  |
| 博士の専攻分野の名称    | 博 士 (工 学)  |
| 学 位 記 番 号     | 第 2 2 0 3 2 号  |
| 学 位 授 与 年 月 日 | 平成 20 年 3 月 25 日                                       |
| 学 位 授 与 の 要 件 | 学位規則第 4 条第 1 項該当<br>工学研究科マテリアル生産科学専攻                   |
| 学 位 論 文 名     | <b>GaAs 基板上 InGaAsP 薄膜の MOVPE 成長における非混和性に関する研究</b>     |
| 論 文 審 査 委 員   | (主査)<br>教 授 藤 原 康 文<br>(副査)<br>教 授 森 博 太 郎 教 授 白 井 泰 治 |

### 論 文 内 容 の 要 旨

近年、 $0.7\sim 0.8\mu\text{m}$  帯半導体レーザの高出力化のため、GaAs 基板に格子整合する InGaAsP 材料が注目されている。本論文では、この材料の結晶成長時に問題となる、非混和性に起因した相分離の発生メカニズムの解明と、その抑制手法について述べた。

第 1 章では、半導体レーザの開発史における InGaAsP 材料の重要性と、ウエハ製造工程における MOVPE 成長法の優位性について言及し、それに基づき本研究の意義を述べた。

第 2 章では、非混和性を考える上で基礎とされる、厳密正則溶液近似による熱力学計算について概説し、さらに実際の結晶成長について液相成長法や分子線エピタキシー成長法におけるこれまでの研究を振り返り、我々の実験結果を考察するための一助とした。

第 3 章では、本研究における実験条件の概要として、MOVPE 装置と成長条件、結晶評価手法について述べた。非混和性領域内組成の結晶成長においては、フォトルミネッセンス (PL) 発光異常が起こるため、PL バンドギャップと格子不整合度の測定の組み合わせによる InGaAsP 組成決定手法が使えない。本研究では、非混和性領域外組成で取得した気相比と固相比の関係式と、X 線回折測定による格子定数を組み合わせる方法により、この問題を解決した。

第 4 章では、一部の InGaAsP 組成領域において観測される特異な PL 波長シフトが、非混和性領域に起因した相分離の発生と関係していることを見出した。こうした相分離の定量手法として、通常用いられる TEM-EDX 分析だけでなく、新たに PL エネルギーの温度依存性測定を組み合わせる手法を用い、その定量結果から、この大きな PL 波長シフトが、相分離した InAs-rich な領域からのバンド端発光に起因しているものではないことを明らかにした。

第 5 章では、相分離発生の MOVPE 成長条件依存性を、上述の特異な PL 特性を利用することにより調査した。成長速度の低減と、V/III 比の増加が相分離を抑える傾向にあることを明らかにした。この現象について熱力学的見地から議論し、表面の関与するエネルギー項の影響を考慮することにより説明できることを示した。

第 6 章では、InGaP に近い InGaAsP 組成までの全組成域に調査を広げ、相分離の InGaAsP 組成依存性と、それに対する成長温度と基板面方位の影響を調査した。その結果、相分離の発生を抑えることが出来る成長条件 ( $630^{\circ}\text{C}$ 、(100) 基板) を見出すとともに、本研究で見出した新奇な相分離の振舞いを明らかにし、その熱力学的モデルを示した。

第 7 章では、前章で示した As 比の小さい組成における相分離の抑制と、表面再配列との関連を明らかにするため、

成長温度、基板面方位を変えた試料について偏光 PL 測定と TED 観察を行なった。低温 (630°C) 成長では再配列の指標となる CuPt<sub>B</sub> 型オーダリングが観察され、相分離抑制に表面再配列構造が関与していることを明らかにした。

第 8 章は結論であり、本研究の内容を総括した。

## 論文審査の結果の要旨

近年、0.7~0.8 μm 帯半導体レーザの高出力化のため、GaAs 基板に格子整合する InGaAsP 材料が注目されている。本論文は、この材料の結晶成長時に問題となる、非混和性に起因した相分離の発生メカニズムの解明と、その抑制手法について纏めたものである。

主な成果を要約すると下記の通りである。

(1)非混和性領域外組成で取得した気相比と固相比の関係式と、X 線回折測定による格子定数を組み合わせることにより、InGaAsP 組成を決定する新たな手法を開発している。

(2)一部の InGaAsP 組成領域において観測される特異な PL 波長シフトが非混和性領域に起因した相分離の発生と関係していることを見出している。こうした相分離の定量手法として、通常用いられる TEM-EDX 分析だけでなく、新たに PL エネルギーの温度依存性測定を組み合わせた手法により、この PL 波長シフトが相分離した InAs-rich な領域からのバンド端発光に起因しているものではないことを明らかにしている。

(3)上述の特異な PL 特性を利用することにより相分離発生の MOVPE 成長条件依存性を調べ、成長速度の低減と、V/III 比の増加が相分離を抑制することを明らかにしている。また、この現象について熱力学的見地から議論し、表面の関与するエネルギー項の影響を考慮することにより説明できることを示している。

(4)InGaP に近い InGaAsP 組成までの全組成域について、相分離の InGaAsP 組成依存性と、それに対する成長温度と基板面方位の影響を調べ、相分離の発生を抑制できる成長条件 (630°C、(100) 基板) を見出すとともに、その熱力学的モデルを示している。

(5)As 比の小さい組成における相分離の抑制と、表面再配列との関連を明らかにするため、成長温度、基板面方位を変えた試料について偏光 PL 測定と TED 観察を行なっている。低温 (630°C) 成長では表面再配列の指標となる CuPt<sub>B</sub> 型オーダリングが観察され、相分離抑制に表面再配列構造が関与していることを明らかにしている。

以上のように、本論文は GaAs 基板に格子整合する InGaAsP 材料において発現する非混和性に起因する相分離の発生メカニズムとその抑制手法について新しい知見を与えており、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。