



| | |
|--------------|--|
| Title | III-V族化合物半導体のエピタキシャル成長素過程の研究 |
| Author(s) | 山口, 浩司 |
| Citation | 大阪大学, 1993, 博士論文 |
| Version Type | |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/38585 |
| 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、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について |

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名 山 口 浩 司

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 1 1 0 3 4 号

学 位 授 与 年 月 日 平 成 5 年 12 月 24 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第4条第2項該当

学 位 論 文 名 III-V族化合物半導体のエピタキシャル成長素過程の研究

論 文 審 査 委 員 (主査) 教 授 権田 俊一

教 授 三宅 正宣 教 授 中井 貞雄 教 授 井澤 靖和

教 授 西川 雅弘 教 授 西原 功修 教 授 三間 圭興

教 授 冷水 佐壽 教 授 青木 亮三

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、III-V族化合物半導体の分子線エピタキシャル成長とその表面素過程に関する研究の成果をまとめたもので、8章から構成されている。

第1章では、本研究の背景、およびその目的と意義について述べ、光・電子素子の発展に対して本研究が果たす役割について概観するとともに、本論文の具体的な構成について述べている。

第2章では、本研究において中心的な役割を果たすマイグレーション・エンハンスド・エピタキシ（MEE）法に関する概説し、その分子線変調の手法が表面素過程の研究に極めて有益であることを示している。

第3章では、MEE成長における表面素過程についてRHEEDによるその場観察を通して調べ、実際にマイグレーションの促進効果があることを明らかにしている。また、X線回折、フォトルミネッセンス法により実際に作製した構造の評価を行い、MEE法を用いることにより界面の均一性が向上することを示している。

第4章では、微傾斜基板を用いた実験から表面拡散と核形成の過程について調べ、III族元素供給中のAs圧を低減することにより、表面構造の均一性が向上することを明らかにしている。また、この結果を用いて最適化した条件により、分数超格子の作製に成功している。

第5章では、成長時のV/III比を決定する重要な表面素過程のひとつであるAs分子の脱離過程を、改良した電子線回折の手法を用いた定量性の高い観察から解析した結果について述べ、脱離過程に表面再構成が大きな役割を果たすことを初めて明らかにしている。

第6章では、InAs表面における1次相転移について改良したRHEEDの手法を用いて詳しく調べ、GaAsとInAsの間にはAs被覆率の変化において、大きな差異が存在することを見出している。またモンテカルロシミュレーションによるモデル計算から、このような差異が、表面を被覆しているAs原子間の横方向の相互作用によるものであることを明らかにしている。

第7章では、III族原子の置換現象について詳しく調べ、GaAs中InAsの単分子層構造の作製において、95%以上の確率でIn原子のGa原子による置換が起きることを、モデル計算との比較などにより明らかにしている。また、

この置換現象を逆に利用し, GaAs/InAs 系, GaAs/AlAs 系において, Ⅲ族元素の組成を 2 分子層厚周期で変調することに成功している。

第 8 章では, 本研究の総括として, 前章までに得られた研究結果を要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は, 新しい光・電子素子の開発に重要な役割を果たすⅢ-V 族化合物半導体の分子線結晶成長機構を明らかにすることを目的として, 分子線エピタキシ法における表面素過程に関する研究の成果をまとめたもので, その主な成果を要約すると次の通りである。

- (1) 分子線変調手法を利用したマイグレーション・エンハンスド・エピタキシ (MEE) 法が, 表面素過程の研究に極めて有益であることを示すとともに, 表面素過程を電子線回折を用いたその場観察により調べ, MEE 成長においては実際にマイグレーションの促進効果があることを明らかにしている。また, 実際に作製した試料構造を X 線回折法等により評価し, MEE 法を用いることにより界面の均一性が向上することを示している。このような実験結果をもとに, ガウス関数型の組成変化をもつ量子井戸構造を作製し, 発光特性が改善されることを示している。
- (2) 微傾斜基板を用いた実験を行うことにより表面拡散と核形成の過程について調べ, GaAs 成長においてⅢ族元素供給中の As 圧を低減する MEE モードにより, 表面構造の均一性が向上することを明らかにしている。また, この結果を用いて最適化した条件により, 良質の GaAs/AlAs 分数超格子の作製に成功している。
- (3) 成長時の V / Ⅲ比を決定する重要な表面素過程のひとつである As 分子の脱離過程を, 電子線回折を用いた定量性の高い観察とその解析により調べ, 表面再構成が脱離過程に大きな役割を果たすことを見い出している。
- (4) InAs 表面における 1 次相転移について調べ, GaAs と InAs とでは As 被覆率の変化において, 大きな差異が存在することを見い出している。またモンテカルロシミュレーションによるモデル計算から, このような差異が, 表面を被覆している As 原子間の横方向の相互作用によるものであることを明らかにしている。
- (5) Ⅲ族原子の置換現象について調べ, GaAs 中 InAs の単分子層構造の作製において, 95% 以上の確率で In 原子が Ga 原子により置換されることを, モデル計算との比較などにより明らかにしている。また, この置換現象を利用し, GaAs/InAs 系, GaAs/AlAs 系において, Ⅲ族元素の組成を 2 分子層厚周期で変調した構造を作製することに成功している。

以上のように, 本論文は, 半導体素子開発で重要な分子線エピタキシ法の結晶成長機構を明らかにするとともに, 従来困難であった精密かつ複雑な試料構造の作製を可能にする道を開いたもので, 結晶工学, 電子材料工学の発展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。