



Title	III－V族混晶の分子線結晶成長と光・電子素子への応用に関する研究
Author(s)	藤井, 俊夫
Citation	大阪大学, 1989, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/36779
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名・(本籍)	ふじ 藤	い 井	とし 俊	お 夫
学位の種類	工	学	博	士
学位記番号	第	8810	号	
学位授与の日付	平成元年8月4日			
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当			
学位論文題目	Ⅲ-V族混晶の分子線結晶成長と光・電子素子への応用に関する研究			
論文審査委員	(主査)			
	教授	権田	俊一	
	(副査)			
	教授	三宅	正宣	教授 中井 貞雄 教授 井澤 靖和
	教授	渡辺	健二	教授 西原 功修 教授 石村 勉
	教授	浜口	智尋	教授 三間 罔興 教授 横山 昌弘

論文内容の要旨

本論文は、化合物半導体Ⅲ-V族混晶の分子線結晶成長と光・電子素子への応用に関する研究の成果をまとめたもので、6章から構成されている。

第1章では、化合物半導体の分子線結晶成長(MBE)技術の発展、および同技術による新しい光・電子素子開発の歴史的な背景を概観し、Ⅲ-V族混晶のMBEとその応用に関する本研究の目的と意義について述べている。

第2章では、MBEに関する基本技術の確立と、良質のGaAs・AlGaAs結晶の作製について述べている。高品質化を進め液相法による結晶とくらべて遜色のないすぐれた光学特性を有するGaAs/AlGaAsヘテロ構造を作製した。また、本成長法の特長である極薄膜の精密制御性を活かし、極めて高効率の量子井戸レーザーを作製できることを実証している。

第3章では、InP基板に格子整合したⅢ-V族混晶-InGaAs, InAlAs, In(GaAl)As, GaAsSb-のMBE技術の開発について述べている。ここでは、主に4元混晶の新しい組成制御技術として開発したパルス分子線および二つのV族元素をふくむGaAsSbの成長技術を明らかにしている。また、結晶成長条件と膜質の関係を明らかにすると共に、ドーピング特性や持続性光伝導度など素子応用上重要な性質を評価している。

第4章では、前章で開発した結晶成長技術を用いてInP基板に格子整合したⅢ-V族混晶を組み合わせInGaAs/In(Ga_{1-x}Al_x)AsおよびInGaAs/GaAsSb多層ヘテロ構造を作製している。そのヘテロ界面がGaAs/AlGaAsヘテロ界面と同程度に急峻であること、InGaAs/In(Ga_{1-x}Al_x)Asヘテロ接合における伝導帯端不連続値とAl組成が直線関係にあること、InGaAs/GaAsSbヘテロ接合におけるエネルギー帯構造がスタガード型であることなど、ヘテロ接合の基本的な性質を明らかにしている。さらに、

InGaAs/N-InAlAs 選択ドープ構造において、2次元電子ガス濃度が大幅に改善されることを理論計算と実験により示し、この結晶による選択ドープ構造のGaAs系結晶に対する優位性を実証している。

第5章では、InP基板に格子整合したⅢ-V族混晶ヘテロ構造の超高速電子素子への初期的な適用を試みている。パルス分子線法により作製したInGaAs/In(Al_{0.5}Ga_{0.5})As多層ヘテロ構造をホットエレクトロン・トランジスタに適用し、電流利得 β の大幅な改善($\beta=15$)を達成し、パルスティック走行素子実用化の可能性を明らかにしている。また、InGaAs/N-InAlAs HEMTのPINフォトダイオードとのモノリシック集積について述べている。

第6章では、本研究の総括として、前章までに得られた研究成果を要約している。

論文の審査結果の要旨

これからの光・電子素子の開発にあたっては精密結晶成長技術が重要な役割を担うが、分子線結晶成長法はもっとも重要な成長技術の一つである。材料としてはGaAs-AlGaAsがよく研究されているが、素子によっては他のⅢ-V族半導体が必要となる。しかし、AlGaAs系以外、特に多元系混晶の分子線結晶成長の研究はまだ十分には行われていない。本論文は、分子線結晶成長法の高度化をはかり、作製した材料の基本的な性質を明らかにして、半導体光・電子素子の開発に資することを目的として行った一連の研究結果をとりまとめたもので、主な成果は次の通りである。

GaAs, AlGaAs系材料についての分子線結晶成長の基本技術を確立し、この方法を用いて極めて高効率の量子井戸レーザの作製が可能であることを示している。

InP基板に格子整合するInGaAs, InAlAsの成長を行うとともに、4元混晶の新しい組成制御技術としてパルス分子線法を開発発展させ、これをIn(GaAs)As材料の成長に適用して高い制御性が得られることを示している。また制御のむずかしい二つのV族元素を含むGaAsSbの成長技術を開発している。さらに、これらの結晶についてドーピング特性の持続性光伝導度など素子応用上重要な性質を評価している。上記の技術を用いて、InGaAs/In(Ga_{1-x}Al_x)AsおよびInGaAs/GaAsSb多層ヘテロ構造を作製し、そのヘテロ界面が急峻であること、前者のヘテロ接合における伝導帯端不連続値とAl組成が直線関係にあることなど、ヘテロ接合の基本的な性質を明らかにしている。InGaAs/N-InAlAs選択ドープ構造においては2次元電子ガス濃度が大幅に改善されることを示し、この構造のGaAs系結晶に対する優位性を実証している。

InP基板に格子整合したⅢ-V混晶ヘテロ構造の超高速電子素子への適用を試み、InGaAs/In(Al_{0.5}Ga_{0.5})As多層構造ホットエレクトロン・トランジスタでは電流利得 β の大幅な改善を達成し、パルスティック走行素子実用化の可能性を明らかにしている。

以上のように、本論文はⅢ-V族混晶の分子線結晶成長法の高度化を達成し、これを光・電子素子の作製に応用してその有効さを実証したもので、光・電子素子工学ならびに結晶工学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。