



Title	STUDY OF Ga ION IMPLANTATION EFFECT ON InGaAs／InP SYSTEM AND ITS APPLICATION TO LOW DIMENSIONAL STRUCTURES.
Author(s)	俞, 淳戴
Citation	大阪大学, 1991, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/37285
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)	俞	淳	載
学位の種類	工学	博	士
学位記番号	第	9758	号
学位授与の日付	平成3年3月26日		
学位授与の要件	工学研究科	電磁エネルギー工学専攻	
学位論文題目	STUDY OF Ga ION IMPLANTATION EFFECT ON InGaAs/InP SYSTEM AND ITS APPLICATION TO LOW DIMENSIONAL STRUCTURES. (InGaAs /InP系材料におけるGaイオン注入効果とその低次元構造への応用に関する研究)		
論文審査委員	(主査) 教授 権田 俊一 教授 西川 雅弘 教授 横山 昌弘 教授 西原 功修	教授 中井 貞雄 教授 石村 勉 教授 青木 亮三	教授 三宅 正宣 教授 三間 圭興 教授 井澤 靖和

論文内容の要旨

本論文は、Ⅲ-V族半導体材料のInP, InGaAs系におけるGaイオン注入による改質効果に関する研究およびその低次元量子効果構造への応用に関する研究成果をまとめたもので、以下の6章から成っている。

第1章では、本研究の背景、目的、および各章の内容についての概略を述べている。

第2章では、AsH₃とPH₃を用いるガスソース分子線エピタキシー法、これを用いたInGaAs/InP超格子の成長、ブロードおよび集束イオンビーム注入、熱処理、光学的、電気的評価法等の実験技術について述べている。

第3章では、InP, InGaAsへのGaイオン注入による改質効果について述べている。注入効果を結晶学的、光学的、電気的に評価し、損傷効果はラマンの対称性と選択則のずれから定量的に評価している。Gaイオンの損傷効果はInGaAsよりInPで大きく線量が $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ の注入で結晶はアモルファス状態になること、集束イオンビームを注入したダイオード構造では電気抵抗が 10^6 倍も高くなることを見出している。

第4章では、超格子構造での構成原子の移動に関し、熱処理による拡散とGaイオン注入による拡散について述べている。Ⅲ族とV族の原子の拡散はInGaAsPに対し、二元結合に相当する四つのモードの解析と、これにランダムエレメントイソデプレイスメントモデルを適用することにより評価している。Ⅲ族とV族の原子が相互拡散し、格子整合をとりながら混晶化すること、界面でのストレインが拡散の仕方に大きく影響すること、またその拡散過程や組成プロファイルがAs系とP系の損傷や回復の差に起因すること等を明らかにしている。

第5章では、Ga集束イオンビームによる幅138nm-268nmの低次元構造の量子細線の作製およびその光学特性について述べている。細線構造ではPL発光の50meVにものぼるブルーシフトと強度変化を観測している。細線のエネルギー・バンド構造を注入したイオンの分布と超格子での拡散距離から求め、これを用いて発光のシフト量を計算し、実験とよい一致を得ている。集束イオンビーム注入による混晶化の結果キャリアの閉じ込めができるることを明らかにしている。

第6章では、以上のGaイオン注入による改質効果と集束イオンビームの応用に関する研究結果をまとめている。

論文審査の結果の要旨

化合物半導体材料中で、GaAsの次の世代の材料と目されるInP, InGaAs系材料のプロセス技術はこれから開拓されるべきところの多い分野である。本論文はプロセス技術の一つとしてイオン注入技術をとりあげ、本材料系における構成原子の拡散など、イオン注入によって生ずる現象の基礎過程を明らかにするとともに、これを用いて微細構造の作製を試みた結果についてまとめたもので、主な成果を要約すれば次の通りである。

- 1) InPおよびInGaAsの作製を、AsH₃およびPH₃を用いたガスソース分子線エピタキシー法により行い、個々の薄膜結晶やInGaAs/InP超格子の高品質化をもたらす技術的ノウハウや諸条件を明らかにしている。
- 2) InPおよびInGaAsにGaイオンを注入し、その結果生じる変化を、ラマン散乱、フォトルミネッセンス、電気抵抗測定等によって調べ、注入後の結晶損傷の状態、熱処理による結晶性の回復、それにともなう電気的性質の変化などを定量的に明らかにしている。InPでは $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ の低い線量で結晶はアモルファス状態になるが、InGaAsでは同じ線量ではInPより損傷が少ないと、高い電子濃度のInPにGaイオン注入すると、損傷によるトラップ状態ができる電子濃度が減少し、電気抵抗が 10^6 倍にもなることなどを見出している。
- 3) InGaAs/InP超格子の構成原子の移動の様子を、熱処理のみをした場合とGaイオン注入・熱処理をした場合についてラマン散乱効果を用いて詳細に調べ、In, GaのⅢ族原子とAs, PのⅤ族原子が相互拡散し、基板のInPと格子整合しながら混晶化すること、相互拡散の仕方は構成原子の移動によって生ずる歪の大きさに依存すること、また拡散の過程や組成のプロファイルのようすは、As系とP系の損傷や回復の仕方の差によるこことを明らかにしている。
- 4) Gaの集束イオンビームを用いて低次元構造の量子細線をInGaAs/InP系材料で作製することを試み、作製した試料のフォトルミネッセンス測定により線径の減少による大きなブルーシフトや、線量の増加にともなう発光強度の増大を観測している。前に求めたイオン注入による原子移動を考慮に入れて細線の電子状態を求め、発光シフト量を計算して実験結果とよい一致を得ている。このようにイオン注入によるInGaAsP混晶化を用いて作製した細線構造によりキャリアの閉じこめができるこ

を示している。

以上のように本論文は、InP, InGaAs 材料系においてイオン注入によって生ずる種々の現象とその基礎過程を明らかにするとともにこれらの現象を微細構造作製に応用し、新しいデバイスプロセス技術としての可能性を明らかにしたもので、電子材料工学および電子素子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。