



Title	InGaAsP/InPヘトロ構造のエピタキシャル成長と高速受光デバイスへの応用
Author(s)	大塚, 健一
Citation	大阪大学, 1989, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/36595">https://hdl.handle.net/11094/36595</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。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏名・(本籍)	おお 大	つか 塚	けん 健	いち 一
学位の種類	工	学	博	士
学位記番号	第	8465	号	
学位授与の日付	平成元年2月28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	InGaAsP/InP ヘテロ構造のエピタキシャル成長と高速受光デバイスへの応用			
論文審査委員	(主査) 教授	浜川 圭弘		
	(副査) 教授	難波 進	教授 末田 正	教授 山本 錠彦

### 論文内容の要旨

本論文は低損失光ファイバ通信の実現をめざして、1.5~1.6 $\mu\text{m}$ の光波帯で使用可能な高品位受光素子の開発を目的とし、InGaAsP 混晶の液相エピタキシンとそのヘテロ接合界面の光電物性ならびに高速受光素子の開発に関する一連の研究をまとめたもので、本文5章と謝辞より構成されている。

第1章は序論で、まず光通信用半導体デバイスの研究開発の歴史について述べ、現用されている1.3 $\mu\text{m}$ 帯と比べて、より低損失な情報伝送が可能な1.5~1.6 $\mu\text{m}$ 帯への移行に伴う技術的問題点を洗い出し、特にこの波長帯で動作可能な半導体デバイスの開発をめぐる技術課題について述べ、本研究を始めた動機ならびに目的を明らかにするとともに、本研究の成果がもたらす意義を明確にしている。

第2章では、光電子デバイスの素子構造の基本であるInGaAsP/InP ダブルヘテロ(DH)構造について、波長1.5~1.7 $\mu\text{m}$ 帯における成長条件、および受光素子や電子素子の作製に必要な高純度結晶の成長条件について述べている。まず、1.5~1.7 $\mu\text{m}$ 帯のDH構造の成長においては、上部InPクラッド層とInGaAsP層との間に挿入する中間組成のInGaAsP層の組成が波長1.3 $\mu\text{m}$ よりも長波長の組成のものに限定され、また中間組成のInGaAsP層ならびに上部InPクラッド層の成長用溶液の過飽和度の制御が重要であることが示された。次に高純度結晶の成長には成長用溶液の水素雰囲気中時間熱処理が有効であることが明らかにされ、InGaAs 3元混晶において室温における電子移動度として12000( $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ )という値を再現性よく得ることができた。また高純度結晶のキャリア濃度をフォトルミネッセンス測定により評価できることがわかった。

第3章では、光デバイス作製に不可欠なプロセス技術であるInP, InGaAsへのCd拡散について、その拡散特性と拡散メカニズムについて述べている。まず、InP, InGaAsにCdを気相拡散して作製し

た p-n 接合について、その特性を検討し、拡散温度、時間などの拡散条件と拡散を行う結晶のキャリア濃度とを適切に選択することにより、階段接合と傾斜接合とのいずれの接合をも実現可能であることが判明した。次に各種の拡散条件に対する拡散特性の変化をもとに、Cd アクセプタ濃度プロファイルと結晶中の欠陥濃度の平衡状態との対応関係、ならびに拡散熱処理時の拡散源の状態や拡散する Cd の価電状態が明らかにされた。さらに、フォトルミネッセンス測定によって、Cd アクセプタの表面濃度や深さ方向濃度分布を評価できることがわかった。

第 4 章では、以上の結晶成長、プロセス、評価技術を用いて実現した受光素子について述べている。低電圧での動作すなわち pin フォトダイオードとしての動作が可能なヘテロ接合アバランシェフォトダイオード、ならびに表面処理により低暗電流化を実現した InGaAs ホモ接合 pin フォトダイオードと InP MIS FET とを集積したデバイスの 2 種の受光素子を開発し、それらの特性を解析するとともに、設計技術を確立した。

第 5 章では、第 4 章までに得た実験結果を総括し、本研究における結論を述べている。

## 論文の審査結果の要旨

近年、情報処理の巨大化にともなって、“より速く”、“より多くの情報”を“より低エネルギー”が処理可能な、“光情報処理技術”に大きな期待がかけられている。本研究は光ファイバー通信において、最も低損失である  $1.55\mu\text{m}$  の光波帯で、高速動作可能な光入力機能デバイスの開発をめざした基礎研究をまとめたものである。

本論文では、まず  $1.55\mu\text{m}$  光波帯で光感度の高い新素材として、 $\text{In}_{(1-x)}\text{Ga}_x\text{As}_{(1-y)}\text{P}_y$  四元混晶半導体の InP 上へのヘテロエピタクシー成長について組織的な研究を行ない、混晶比  $x$  および  $y$  の変化による高品位薄膜の成長実験について一連のデータを揃え、基礎技術を確立した。ついで、こうした技術을駆使して、各種の光波帯で最も高感度を持たせるためのバンドギャップ制御と価電子制御を研究し、InP、InGaAs への Cd 拡散とその不純物プロファイルの制御が可能な気相拡散条件を見いだした。また、論文ではこうした Cd の拡散について、フォトルミネッセンス法や光電物性に対するキャラクタリゼーションを通して、微視的メカニズムを考察し、混晶半導体における価電子制御の物性について、幾つかの新知見と新技術を見い出した。

こうして得られた技術データに基づいて、 $1.5\sim 1.6\mu\text{m}$  帯で高速動作する光センサとして、ダブルヘテロ接合アバランシェフォトダイオード、ならびに InGaAs ホモ接合型 p-i-n 高速フォトダイオードを試作し、それらの特性を解析するとともに、その設計技術を確立した。さらに、これらの光センサ部と入力信号処理部としての MIS FET (電界効果型トランジスタ) を InP 上にモノリシックに集積化した光 IC は、極めて低雑音で高速光応答性の秀れた光入力デバイスとして、光通信のみならず、光情報処理技術全般にわたって広い応用分野を擁する新機能素子として高く評価されている。

以上述べたように、本研究は混晶半導体の結晶成長とその価電子制御をめぐる基礎電子物性の分野に

有益な新知見を提供し、またこの新素材の薄膜製造技術を一步前進させた。さらに、光情報処理技術で一つの壁とされてきた $1.55\ \mu\text{m}$ 光波帯光入力機能素子とその光IC化技術を生み出し、この分野の進歩に貢献するところ大きく、工学博士論文として価値あるものと認める。