



Title	液相エピタキシャル成長法による短波長可視半導体レーザ材料の研究
Author(s)	藤本, 晶
Citation	大阪大学, 1990, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/43">https://hdl.handle.net/11094/43</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏名・(本籍)	藤 本	あきら 晶
学位の種類	工 学 博 士	
学位記番号	第 8944	号
学位授与の日付	平成 2 年 1 月 24 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	液相エピタキシャル成長法による短波長可視半導体レーザ材料の研究	
論文審査委員	(主査) 教授 難波 進 (副査) 教授 末田 正 教授 浜川 圭弘 教授 小林 猛 助教授 高倉 秀行	

### 論文内容の要旨

本論文は、著者が立石電機株式会社中央研究所において行った、「液相エピタキシャル成長法による短波長可視半導体レーザ材料の研究」をまとめたもので、本文 6 章と謝辞からなっている。

半導体レーザの発振波長を短くすることで数多くの利点が生じる。そのため半導体レーザの発振波長を短波長化する試みが、古くから行われている。本研究において著者は、室温で He-Ne ガスレーザよりも短い波長で動作する半導体レーザを世界で初めて実現した。

第 1 章では本研究の可視半導体レーザ材料として、 $\text{GaAs}_{1-y}\text{P}_y$  基板上の  $\text{InGaAsP}$  混晶系を選んだ理由を述べ、本研究の目的と意義を明らかにする。

第 2 章では  $\text{GaAs}_{1-y}\text{P}_y$  基板上へ  $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_z\text{P}_{1-z}$  混晶を LPE 成長する際に必要となる、 $\text{In}-\text{Ga}-\text{As}-\text{P}$  溶液の液相線を実験的に求めた。そして  $\text{GaAs}_{1-y}\text{P}_y$  基板上に、基板と格子整合のとれた鏡面状の表面を有する、エネルギーバンドギャップが  $1.874 \sim 2.17\text{eV}$  の範囲の組成の  $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_z\text{P}_{1-z}$  混晶を成長しうる液相組成と、成長条件とを明らかにした。成長した  $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_z\text{P}_{1-z}$  混晶は、すべて室温でバンド端発光のみからなる PL スペクトルを示し、その表面にはクロスハッチ状の周期的な凹凸が存在した。この凹凸の原因について考察する。またレーザの形成に必要な成長層への Zn, Te のドーピング特性も示す。

第 3 章では  $\text{GaAs}_{1-y}\text{P}_y$  基板上の  $\text{InGaAsPDH}$  レーザを設計し、活性層へのキャリヤと光の閉じ込め効果を評価する。設計した DH 構造を過冷却徐冷法を用いた LPE 成長法により形成し、各層間および基板との間の格子不整が  $\pm 0.1\%$  以下である良好な DH 構造を実現できることを示す。

第 4 章では  $\text{GaAs}_{1-y}\text{P}_y$  基板上に形成した  $\text{InGaAsPDH}$  レーザのパルス駆動下での特性を測定した。

$\text{GaAs}_{0.69}\text{P}_{0.31}$  基板上の波長660nmのレーザの室温での閾値電流密度は $2.21\text{kA}/\text{cm}^2$ であり、 $\text{GaAs}$ 赤外レーザに匹敵する、この系のレーザとして最も低い値が得られた。また  $\text{GaAs}_{0.61}\text{P}_{0.39}$  基板上にレーザを形成した場合は、室温において621.4nm、液体窒素温度において587nm（黄色）の短い波長で発振する半導体レーザを実現できた。室温での発振波長は  $\text{He}-\text{Ne}$  ガスレーザの波長を凌ぐもので、本研究の行われた1982年までに報告されている半導体レーザのなかで最短波長のものである。またこの材料系、もしくはLPE成長法で作製した半導体レーザに限定すれば、現在でも室温で最短波長の半導体レーザである。

第5章では、試作した波長640nmのレーザが216K（-57°C）において波長630nmで連続発振が可能であることを示す。室温連続発振を達成するための課題として、①活性層の量子効率の改善、②活性層のうねりによる散乱損失の低減、③キャリヤのオーバーフローによるリーク電流の低減、④ストライプ幅の最適化、⑤電気抵抗と熱抵抗の低減、を取り上げ、実験値と理論値とを比較することにより、これらの特性の改善可能性を考察する。そしてこの系のレーザが室温連続発振するための最適化設計を示す。

第6章では、本研究で得られた結論をまとめる。

### 論文の審査結果の要旨

可視域で発振する半導体レーザーの実現は応用上極めて重要であり、古くから多くの研究が行なわれてきた。本論文は  $\text{GaAs}_{1-y}\text{P}_y$  基板上の  $\text{InGaAsP}$  の液相エピタキシャル成長により可視半導体レーザーを開発した結果をまとめたものである。

まず  $\text{GaAs}_{1-y}\text{P}_y$  基板上に  $\text{InGaAsP}$  を液相成長させるために必要な  $\text{InGaAsP}$  溶液の液相線を求める、基板と格子整合のとれた鏡面状の  $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{P}_{1-z}$  液晶をエネルギー・バンドギャップ $1.874\sim2.17\text{eV}$  の範囲の組成で液相成長させることに成功し、また成長層をp形、n形にするための  $\text{Zn}_1\text{Te}$  の不純物導入特性を明らかにした。

次に  $\text{GaAs}_{1-y}\text{P}_y$  基板上  $\text{InGaAsP}$  のダブルヘテロ（DH）構造レーザーを作り、活性層へのキャリヤと光の閉じ込め効果を評価するとともに、基板と成長層間の格子不整±0.1%以下という良好なDH構造の実現に成功した。

試作したDHレーザーのパルス駆動特性は、 $\text{GaAs}_{0.69}\text{P}_{0.31}$  基板を用いた場合、波長660nmで発振し、室温での閾値電流密度は $2.21\text{kA}/\text{cm}^2$ という  $\text{GaAs}$  赤外レーザーに匹敵する低い値が得られた。また  $\text{GaAs}_{0.61}\text{P}_{0.39}$  基板上に形成したレーザーにより室温において621.4nm 液体窒素温度において587nmという短波長発振に成功した。

以上  $\text{GaAsP}-\text{InGaAsP}$  という新しい系により、その決勝成長から短波長レーザーの実現にいたる一連の研究は、半導体レーザーの開発に一つの指針を与えるものであり、工学博士論文として価値あるものと認める。