

氏名	伊藤 国雄 いとう くにお
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第1138号
学位授与の日付	昭和54年1月23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	可視光ならびに赤外光発振用ストライプ型半導体レーザの研究

(主査)  
論文調査委員 教授 田中哲郎 教授 川端 昭 教授 佐々木昭夫

### 論文内容の要旨

半導体レーザを工学的に応用する場合には、室温連続発振を行うと同時に長寿命であることが必要で、さらに発振モードが単一であることが望まれる。本論文はこのような要求を満足する可視光ならびに赤外光半導体レーザを実現することを目標として行った研究結果を述べたもので、7章より成る。

第1章は序論で、GaAsを用いた赤外光半導体レーザ、化合物半導体混晶を用いた可視光半導体レーザおよび単一モード発振レーザ等に関する研究の沿革を述べ、本研究の目的を明らかにするとともに、本研究内容のあらましを述べている。

第2章では、活性領域の不純物濃度を低くしたダブルヘテロ構造のGaAlAsレーザの製法および特性について述べ、77Kではその発振エネルギーがGaAlAsのバンド幅に極めて近く、従来のレーザに比べて短波長が得られること、および放熱特性を良好にすれば7500 Å程度の可視光室温連続発振レーザを得る可能性があることを示唆している。

第3章では、新しく開発した放熱特性の良好なHIS型(ヘテロアイソレーションストライプ型)構造をもつGaAlAsレーザを作製し、室温で連続発振をする可視光レーザが得られることを示した。また実験より得られる種々の特性を、GaAlAsのバンド構造より得られる理論式と比較して、両者の間にかなり良い一致が見られることを示した。

第4章では、液相成長法で形成したダブルヘテロ構造のレーザの、ストライプ部以外を化学エッチングで除去し、その部分に高抵抗GaAsPを気相成長により作る新しい埋め込みストライプ型レーザを考案し、その作製法ならびに諸特性について述べている。この構造をもつレーザは、ストライプ幅を制御することにより安定な単一横モード発振が容易に得られ、さらにストライプ幅を狭くしても、しきい値電流があまり増加しないことを示した。

第5章では、上記の埋め込みストライプ型構造を用いて、レーザ共振面が化学エッチング面で構成されているモノリシックレーザを作製して、光IC用光源としての可能性について述べてある。化学エッチング液として、NaOH-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-NH<sub>3</sub>OHの混液を用いると、エッチングで形成したキャビティ面が鏡面になるこ

とを走査型電子顕微鏡写真で確認しているが、上記エッチング液を用いると、ストライプ方向が  $\langle 100 \rangle$ 、 $\langle 110 \rangle$  および  $\langle 120 \rangle$  のどの方向に対しても、良好なレーザ共振面が形成されることを述べている。なお上記構造のモノリシックレーザは、容易に単一モードで室温連続発振することを実験的に確かめている。

第6章では、第5章で述べたモノリシック埋め込みストライプ型レーザを、導波路と共に集積化した導波路付きモノリシックレーザについて述べている。導波路にバイアス電圧を印加すると、ストライプ型レーザからの出力が強度変調を受けることを示し、この埋め込みストライプ型レーザは、光 IC 用光源として十分応用出来ることを明らかにしている。

第7章では、本論文の総括を行い、本研究を通じて得られた重要な成果をまとめて示している。

### 論文審査の結果の要旨

室温連続発振をすると同時に長寿命をもつ半導体レーザの出現が待望されているが、本論文はこの条件を満足するような可視光ならびに赤外光の半導体レーザを作り出すことを目的として、著者が行った研究結果を述べたもので、得られた成果の主なものは次のとおりである。

1) 活性領域中の不純物濃度を非常に小さくしたダブルヘテロ構造の  $\text{Ga}_{1-y}\text{Al}_y\text{As}$  の半導体レーザを作製し、77Kで  $6198 \text{ \AA}$  の発振波長をもつ可視光レーザを実現したが、この波長はこの材料を用いたこれまでのレーザ中では最短発振波長である。

2) HIS (Hetero-Isolation Stripe) 型とよばれる著者独自の考案になる新しい構造のレーザを開発し、はじめて  $7610 \text{ \AA}$  の波長で室温連続発振をする可視光半導体レーザを作り出すことに成功した。なおこのレーザの発振モードは、縦横とも単一モードに近く、この HIS 型構造が優れていることは学会でも認められており、レーザの改良に有用な指針を与えるものと評価されている。

3) メサストライプ型レーザ素子部の側面をエッチングで除去したあと、気相成長法により高抵抗  $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$  で埋め込んだ、埋め込みストライプ型レーザとよばれる新しい構造のレーザを開発し、これによりストライプ幅が  $1\sim 2 \mu\text{m}$  の場合、スポット状の  $\text{TE}_{00}$  モードの発振を再現性よく得ることに成功した。このモードパターンはしきい値電流の  $5\sim 6$  倍まで電流値を変化しても変わらず、横モードが非常に安定であり、この構造が単一縦および横モード発振用レーザとして有効であることを示している。

4) 半導体レーザのキャビティ面は、結晶のへき開面を利用するのが通常であるが、著者は化学エッチングでキャビティ面をつくる新しいモノリシック埋め込み型レーザを作製した。化学エッチング液として新しく著者が開発した  $\text{NaOH-H}_2\text{O}_2\text{-NH}_4\text{OH}$  系溶液を用いて作ったレーザにおいて、室温連続発振が実現されたが、これはエッチしたキャビティ面を用いた最初の室温連続発振レーザである。なおこのレーザでは、発振横モードも完全円型単一モードのものが再現性よく得られることを明らかにした。

5) GaAs を活性層とするモノリシック埋め込み型レーザのキャビティ面の前面に、高抵抗  $\text{GaAs}_{0.9}\text{P}_{0.1}$  の導波路を付けた導波路付きモノリシック埋め込み型ストライプレーザを作製し、導波路を三次元導波路にした場合に、二次元導波路の場合より導波光の広がり小さく、導波路中での閉ぢ込めが完全であることを確認した。この導波路付きレーザは導波路の光吸収係数が小さく、また印加電圧により導波光を強度変調することが可能なので、光集積回路にも有用である。

これを要するに、本論文の著者は独自の構想に基づく新しい構造および新しい製法により、室温連続発振が可能だけでなく長寿命で発振モードが単純な、可視光および赤外光発振用半導体レーザを実現したもので、その成果は学術上実際上貢献するところが少くない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。