

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-339477

(P2006-339477A)

(43) 公開日 平成18年12月14日(2006.12.14)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
 HO1S 5/22 (2006.01) HO1S 5/22 610 5F173

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2005-163576 (P2005-163576)	(71) 出願人	301005371 日本オプネクスト株式会社 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地
(22) 出願日	平成17年6月3日(2005.6.3)	(74) 代理人	110000350 特許業務法人 日東国際特許事務所
		(72) 発明者	青木 雅博 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内
		(72) 発明者	野本 悦子 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内
		Fターム(参考)	5F173 AA08 AD06 AF04 AF32 AF33 AG05 AH08 AP05 AP53

(54) 【発明の名称】 半導体光素子及びそれを用いたモジュール

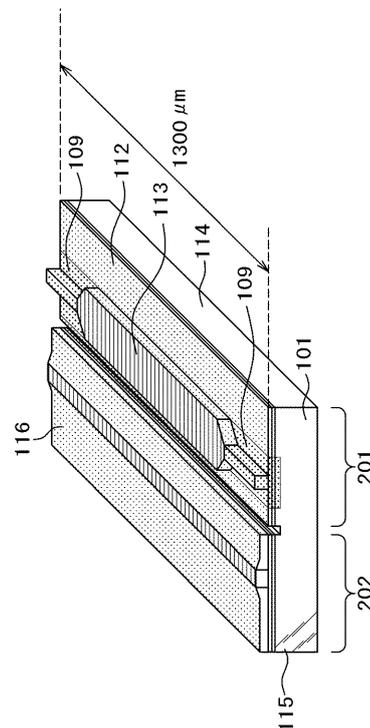
(57) 【要約】

【課題】 高出力化、キンクの抑制を同時に達成でき、かつ短いチップ長でこれらの特性を実現する構造を持つ高出力動作可能な半導体レーザ素子を提供する。

【解決手段】 マルチモード干渉レーザの導波路構成において、シングルモード導波路とマルチモード導波路の間に意図的にテーパ形状の導波路を挿入する。また、マルチモード干渉レーザの導波路構成において、シングルモード導波路を受動導波路とする。これらの個々の手段、およびそれらの組み合わせにより、上記課題が解決される。

【選択図】 図11

図11



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体基板上に形成されたコア領域と、前記コア領域の前記半導体基板側または前記半導体基板に対向する側の少なくとも一方の面上に設けられたクラッド領域とを含み、前記コア領域もしくは前記クラッド領域の少なくとも一方がストライプ形状である導波路を有し、

前記導波路は、該導波路の利得領域内における水平方向の横幅が発振される光の横モードが単一となるカットオフ幅よりも狭く設定された単一横モード導波路が、発振される光の横モードが単一となるカットオフ幅よりも広く設定されたマルチ横モード導波路の両端に接続されてなる複合導波路からなり、

10

前記単一横モード導波路が受動領域からなるとともに、

前記マルチ横モード導波路の横幅および光軸方向の長さが、前記複合導波路内でのモード変換損失が所定量となるように設定されることを特徴とするファブリペロ共振導波路型の半導体光素子。

【請求項 2】

半導体基板上に形成されたコア領域と、前記コア領域の前記半導体基板側または前記半導体基板に対向する側の少なくとも一方の面上に設けられたクラッド領域とを含み、前記コア領域もしくは前記クラッド領域の少なくとも一方がストライプ形状である導波路を有し、

前記導波路は、該導波路の利得領域内における水平方向の横幅が発振される光の横モードが単一となるカットオフ幅よりも狭く設定された単一横モード導波路が、発振される光の横モードが単一となるカットオフ幅よりも広く設定されたマルチ横モード導波路の両端に接続されてなる複合導波路からなり、

20

前記単一横モード導波路と前記マルチ横モードとの接続領域に導波路の水平方向の横幅が変化するテーパ領域が設けられ、

前記マルチ横モード導波路の横幅および光軸方向の長さが、前記複合導波路内でのモード変換損失が所定量となるように設定されることを特徴とする半導体光素子。

【請求項 3】

前記テーパ領域の光軸方向の長さが、前記テーパ部のモード変換が滑らかに達成されるための最短テーパ長であるアディアパティック長よりも短い請求項 2 記載の半導体光素子。

30

【請求項 4】

半導体基板上に形成されたコア領域と、前記コア領域の前記半導体基板側または前記半導体基板に対向する側の少なくとも一方の面上に設けられたクラッド領域とを含み、前記コア領域もしくは前記クラッド領域の少なくとも一方がストライプ形状である導波路を有し、

前記導波路は、該導波路の利得領域内における水平方向の横幅が発振される光の横モードが単一となるカットオフ幅よりも狭く設定された単一横モード導波路が、発振される光の横モードが単一となるカットオフ幅よりも広く設定されたマルチ横モード導波路の両端に接続されてなる複合導波路からなり、

40

前記単一横モード導波路が受動領域からなるとともに、

前記単一横モード導波路と前記マルチ横モードとの接続領域に導波路の水平方向の横幅が変化するテーパ領域が設けられ、

前記マルチ横モード導波路の横幅および光軸方向の長さが、前記複合導波路内でのモード変換損失が所定量となるように設定され、

前記テーパ領域の光軸方向の長さが、前記テーパ領域のモード変換が滑らかに達成されるための最短テーパ長であるアディアパティック長よりも短いことを特徴とする半導体光素子。

【請求項 5】

前記マルチ横モード導波路の両端に接続された単一横モード導波路のいずれか一方が、

50

導波路の横幅が所定の周期で光軸方向に変調された横幅変調型回折格子が形成された導波路である請求項 2 記載の半導体光素子。

【請求項 6】

請求項 1 記載の半導体光素子が具備する導波路構造を有する半導体レーザ。

【請求項 7】

請求項 2 記載の半導体光素子が具備する導波路構造を有する半導体レーザ。

【請求項 8】

請求項 4 記載の半導体光素子が具備する導波路構造を有する半導体レーザ。

【請求項 9】

レーザの共振器方向の全長が $1,300\mu\text{m}$ 以下である導波路構造を有する請求項 4 記載の半導体レーザ。 10

【請求項 10】

レーザの共振器方向の全長が $1,300\mu\text{m}$ 以下である導波路構造を有する請求項 5 記載の半導体レーザ。

【請求項 11】

レーザの共振器方向の全長が $1,300\mu\text{m}$ 以下である導波路構造を有する請求項 6 記載の半導体レーザ。

【請求項 12】

同一チップ内に複数の異なる波長のレーザ光を出力するモノリシック多波長レーザであって、 20
前記複数の波長レーザの少なくとも一つが請求項 4 記載の導波路構造を有する半導体レーザ。

【請求項 13】

同一チップ内に複数の異なる波長のレーザ光を出力するモノリシック多波長レーザであって、
前記複数の波長レーザの少なくとも一つが請求項 5 記載の導波路構造を有する半導体レーザ。

【請求項 14】

同一チップ内に複数の異なる波長のレーザ光を出力するモノリシック多波長レーザであって、 30
前記複数の波長レーザの少なくとも一つが請求項 6 記載の導波路構造を有する半導体レーザ。

【請求項 15】

単一基板上に搭載された 780nm 波長帯レーザと 650nm 波長帯レーザとからなるモノリシック 2 波長レーザであって、
前記 650nm 波長帯レーザが請求項 7 記載の半導体光素子の導波路構造を有する半導体レーザ。

【請求項 16】

単一基板上に搭載された 780nm 波長帯レーザと 650nm 波長帯レーザとからなるモノリシック 2 波長レーザであって、 40
前記 650nm 波長帯レーザが請求項 8 記載の半導体光素子の導波路構造を有する半導体レーザ。

【請求項 17】

単一基板上に搭載された 780nm 波長帯レーザと 650nm 波長帯レーザとからなるモノリシック 2 波長レーザであって、
前記 650nm 波長帯レーザが請求項 9 記載の半導体光素子の導波路構造を有する半導体レーザ。

【請求項 18】

請求項 1 記載の半導体光素子が、コンパクトディスク用半導体レーザに用いられる標準キャンパッケージに搭載された半導体レーザモジュール。

【請求項 19】

請求項 2 記載の半導体光素子が、コンパクトディスク用半導体レーザに用いられる標準キャンパッケージに搭載された半導体レーザモジュール。

【請求項 20】

請求項 4 記載の半導体光素子が、コンパクトディスク用半導体レーザに用いられる標準キャンパッケージに搭載された半導体レーザモジュール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体光素子及びそれを用いたモジュールに係わり、特に、情報処理端末あるいは光通信等に好適な高い光出力で安定に動作する半導体光素子の光源に関する。 10

【背景技術】

【0002】

半導体レーザの高出力化は、応用分野を問わない恒久的な課題である。各応用分野に応じ、様々な波長帯の高出力レーザが今日も精力的に研究開発がなされている。これらの高出力半導体レーザの構造は導波路横モードの観点から、単一横モードレーザ、単一マルチモードレーザに大別できる。一般に単一横モードレーザでは、レーザ導波路の横幅をマルチ横モードが許されないカットオフ幅以下の小さな値に設定する必要がある。このため活性層のボリュームに上限が生じることから、高出力化の直接的な制限要因となる。具体的には、レーザの導波路の活性層の幅が、2～3 μm 程度以下の狭い幅に制限されている。従って、レーザに注入できる電流がある程度の小ささに制限され、それに伴って光出力に限界が生じる。高い注入電流を許容し、飽和光出力レベルを向上するためには、レーザの導波路の横幅を広くすることが最も簡単な方法である。しかし、この方法は前述の単一横モード導波路を実現するための制約と相反するため、結局レーザの高出力化には技術的な限界があった。このような単一横モードの高出力半導体レーザとしては、ファイバ光増幅器に用いられる励起光源や光ディスク書き込み用光源、プリンタ用光源などがある。 20

【0003】

この横モードと高出力化のトレードオフを打破するレーザ導波路構造として、マルチモード干渉効果を使った MMI (Multi-Mode-Interference) 導波路が知られている。この例は、例えば、図 1 に示す 2004 IEEE 19th International Semiconductor Laser Conference Digest の 24 ページ (非特許文献 1) や特許第 3244115 号 (特許文献 1) に見られる。このような導波路構造においては、レーザ導波路内部にマルチモードを許容する導波路を含んでいながら、MMI として動作させることにより出力に設置する単一横モード導波路に自動的に出力を集光させることが一次原理上可能となる。このため、飽和注入電流値の制限が緩和され、高電流注入によるレーザの高出力化が達成できる。また、極めて光の閉じ込めが強いマルチモード干渉導波路領域を含む構造となっているため、そのしきい値電流密度が大幅に低減される上に、レーザ内の電界と光との重なり積分が大きくなる効果により、電気-光変換効率が通常の単一横モードレーザと比較して改善される。 30

また、特開 2003-289169 (特許文献 2) のように高出力で波長安定性に優れた波長可変レーザを実現する素子構造として、マルチモード干渉導波路活性層と単一横モードの分布反射導波路と組み合わせた構造が知られている。さらに特開 2003-289169 号公報 (特許文献 3) のように、埋め込みヘテロ型のマルチモード干渉型レーザの良好な埋め込み形状を実現するための素子構造の作製手法が知られている。 40

【0004】

一方、これらの新しい導波路構造は、実用の観点では技術的に確立されたものではない。MMI を用いない現状の単一横モード導波路を用いた高出力レーザの場合には、高出力化を達成するためにレーザ共振器を長くして活性層のボリュームを増やす手法が採られている。図 2 に一例として光記録用に用いられる半導体レーザの光出力とそれを達成するためのレーザ共振器長 (チップサイズ) のトレンドを示す。本データは本発明の時期である 2005 年度前半時点でのものである。光記録用ディスクの書き込み速度を向上するために 50

はレーザの高出力化が求められており、それを達成するためにレーザ共振器長の増大が不可欠であることがわかる。この場合、チップサイズ増大はチップ価格の上昇を招くという課題がある。同図の上側の軸に示すように、低コスト化が進む光ディスク用光源では、定形GaAs基板からの素子取得数を決めるチップサイズがそのコストをほぼ支配しているためである。

【0005】

光記録用ディスクには主に音楽、データ記録用に開発された従来のコンパクトディスク（CD）に加え、最近ではオーディオ・ビデオや大容量データ記録用のデジタルバーサタイルディスク（DVD）が普及期に入っている。このため、多くのディスクドライブでは1台でCD、DVD両者に対応可能な構成が標準となってきた。その心臓部品となる、CD用780nm帯半導体レーザ（以下CDレーザ）およびDVD用650nm帯半導体レーザ（以下DVDレーザ）は共にガリウム砒素（GaAs）基板上に作製するため、最近ではCDレーザ、DVDレーザ両者をモノリシック集積した2波長モノリシックレーザが開発されている。これにより、2波長の光学系を簡素化し、ピックアップ部の小型化が図れるだけでなく、両波長レーザが同じ基板に搭載されることにより、本質的なチップ面積の低減が図れる。レーザ発光層の構成材料としてはCDレーザにはアルミニウム・ガリウム砒素（AlGaAs）が、DVDレーザにはアルミニウム・ガリウム・インジウム・燐（AlGaInP）が用いられるが、材料の持つ電気・光学特性の差から後者のAlGaInPに対し高出力化がより難しい。このため、図2に示すように同じ光出力を達成するのに必要なレーザチップサイズはCDレーザの方が短く、その差は200mWクラスで400μm程度もある。

10

20

【0006】

2波長モノリシックレーザの場合、CD、DVDの読み込み・書き込み機能の選択に応じ、CDレーザ、DVDレーザの光出力の組み合わせとして、以下の4通りが考えられる。現在、(4)は既に市場への普及が進み、特に(1)および(2)が研究開発段階にある。

【0007】

- (1) CD高出力（読み込み＆書き込み）＋DVD高出力（読み込み＆書き込み）
- (2) CD低出力（読み込みのみ）＋DVD高出力（読み込み＆書き込み）
- (3) CD高出力（読み込み＆書き込み）＋DVD低出力（読み込みのみ）
- (4) CD低出力（読み込みのみ）＋DVD低出力（読み込みのみ）

尚、2波長モノリシックレーザに関する文献として、例えば、2004 IEEE 19th International Semiconductor Laser Conference Digestの123ページ（非特許文献2）が挙げられる。

30

【0008】

【特許文献1】特許第3244115号公報

【特許文献2】特開2003-289169号公報

【特許文献3】特開2005-72526号公報

【非特許文献1】2004 アイ・トリプル・イー 19回 インターナショナル・セミコンダクター・レーザー・コンファレンス・ダイジェスト（IEEE 19th International Semiconductor Laser Conference Digest）、p.24

【非特許文献2】2004 アイ・トリプル・イー 19回 インターナショナル・セミコンダクター・レーザー・コンファレンス・ダイジェスト（2004 IEEE 19th International Semiconductor Laser Conference Digest）、p.123

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

非特許文献1や特許文献1の従来例では、既にMMIの導入による高出力化の改善が達成されている。しかしながら、以下に述べる課題があり、本構造が広く実用に供されていないのが現状である。

一つ目の課題は、マルチモード導波路領域とシングルモード導波路領域の境界で導波路幅が急激に変化することによる光波の散乱・反射抑制である。この部位での光波の散乱・

50

反射を完全に抑制することは不可能であるが、これを最小限度に抑えることが必要である。また特に、反射光がレーザ共振器内に戻ることによって、複合共振器が形成されひいては発振モードが不安定になるため、これを自動的に回避できる構造が必要である。

二つ目の課題は、マルチモード導波路領域とシングルモード導波路領域での光パワー密度の差である。広い範囲にレーザ内部光が分布しているマルチモード導波路領域に比べ、シングルモード導波路領域では光パワー密度が数倍程度以上高くなる。このため、MMIレーザの典型的な適用例となる数100mW程度以上の高出力レーザでは、シングルモード導波路領域での結晶破壊に伴う信頼性の劣化や例えば横方向ホールバーニングなどによる光非線形現象によりレーザの高出力動作が制限されてしまう。

一方、前節に記した2波長モノリシックレーザの4通りの応用の内、(1)、(2)はそれぞれコンピュータ用途やAV用途等、光ディスク分野での重要な位置づけになる。この場合、技術難易度の高いAlGaInP系DVDレーザを高出力化する必要があるため、DVDレーザをより長くしなければならぬ。通常のへき開法による2波長モノリシックレーザでは、CDレーザ、DVDレーザが同じ共振器長を持つ。このため、DVDレーザを高出力化するためには、必要以上にCDレーザの長さを長くしなくてはならない。これはCDレーザの性能を劣化させるだけでなく、基板面積の増大から経済性にも影響する大きな課題である。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記目的を達成するために、本発明者らは、MMIレーザの導波路構成において、シングルモード導波路とマルチモード導波路の間に意図的にテーパ形状の導波路を挿入し、この部位での光散乱・光反射を低減すると共に、抑えきれない僅かな反射光が再びレーザ共振器内に戻ることによって本来のレーザ縦共振モードが不安定化しないようなテーパ型MMI構造を考案した。また、MMIレーザの導波路構成において、シングルモード導波路を受動導波路とすることにより、特に光パワー密度が素子信頼性に与える影響が大きい、CD用レーザやDVD用レーザに好適なレーザ構造を考案した。これらの個々の手段、およびそれらの組み合わせにより、単一横モードレーザ高出力化と高信頼度化を同時に実現することが可能となる。さらに、回折格子による光反射鏡をシングルモード導波路部に採用すると、素子の動作温度が変化した場合などにMMI導波路が低損失となる条件が変化しにくくなることを発見し、これにより、特性のより優れたMMIレーザが実現される。

【0011】

一方、このMMIレーザでは、短いレーザ共振器長で、高い光出力を実現できるため、種々の新型レーザが実現される。一つは、MMI型DVDレーザとCD型レーザとをモノリシック集積する際、1300 μ m程度以下の従来のCD型レーザの共振器長でMMI型DVDレーザの高出力化が実現される。

さらに、短共振器型のレーザをより廉価なCD用のパッケージに組み込んだ場合にも高出力特性を損なわずに高出力化が達成できる。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、MMI型DVDレーザとCD型レーザとをモノリシック集積する際、1300 μ m程度以下の従来のCD型レーザの共振器長でMMI型DVDレーザの高出力化が実現できる。さらに、短共振器型のレーザをより廉価なCD用のパッケージに組み込んだ場合にも高出力特性を損なわずに高出力化が達成できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、本発明の実施の形態を図3～図12を用いて説明する。

<実施の形態1>

図3は本発明の第一の実施に係る波長650nm帯の高出力DVDレーザ構造を示す鳥瞰図である。また、図4はその上面図である。

(100)面方位から10°オフしたn型GaAs傾角基板101上に、膜厚0.5 μ mのn型GaAsバッファ層102、n型AlGaInPクラッド層103、多重量子井戸構造活性層104、膜厚0.05

10

20

30

40

50

μm の第一p型AlGaInPクラッド層105、膜厚5nmのp型GaInPエッチング停止層106、膜厚 $1.5\mu\text{m}$ の第二p型AlGaInPクラッド層107、膜厚 $0.2\mu\text{m}$ の p^+ 型GaAsコンタクト層108を順次有機金属気相成長(MOVPE)法によりエピタキシャル成長させる。尚、前記多重量子井戸構造活性層104は、膜厚5nmのアンドープ圧縮歪GaInP量子井戸層3層と膜厚4nmの引張歪AlGaInP量子障壁層4層及びその上下の膜厚20nmの無歪AlGaInP光分離閉じ込め層からなる。また、発光波長は、650nmから660nm程度に設定されている。

【0014】

次に、フォトリソグラフィ工程により、所望の拡散マスクを形成後、ZnO固体拡散源を蒸着する。そして、温度500～600で熱処理を行うことにより、共振器両端面部でこの後、単一横モード導波路に加工される領域にZn不純物拡散領域109を設ける。不純物拡散領域を形成した後、拡散源を除去する。この結果、この領域の多重量子井戸構造活性層104およびその上下のクラッド層103、105、107はIII族構成元素のインターミキシングにより混ざり合い、平均組成が約590nm相当のバンドギャップ組成に相当するAlGaInP混晶に変化する。このため、この領域は受動領域となる。この後、通例の方法によって、図3に示すMMI導波路パターンを有するリッジストライプ構造に加工する。フォトリソグラフィ工程とエッチング工程を経ることにより、層106に到るまで層107と層108をエッチング除去して、リッジストライプを形成する。この際、マルチ横モード導波路110の横幅 W_{mmi} とその長さ L_{mmi} とが理論式 $L_{mmi} = nW_{mmi}^2 / \lambda$ をほぼ満足するように各寸法を決定し、具体的な設計数値は複合導波路内でのモード変換損失が最小になるように、導波路の横幅、導波路長を実験的に定め、 $W_{mmi} = 7.4\mu\text{m}$ 、 $L_{mmi} = 1086\mu\text{m}$ とした。また、マルチ横モード導波路110から横幅 $1.8\mu\text{m}$ の単一横モード導波路111へ変換された導波光のモード安定化のため、単一横モード導波路長は $107\mu\text{m}$ とした。この結果、レーザの全長は $1300\mu\text{m}$ となる。

【0015】

次に、表面保護膜112を、化学堆積法により形成し、続いて、フォトリソグラフィ工程とエッチング工程により、ストライプ両側に素子容量を低減するための溝を形成する(図示せず)。電極窓開け工程の後、p側電極113とn側電極114を蒸着した後、劈開スクライプによって素子を切り出し、所定の反射率の端面膜115、116を形成した。本素子は波長650nmから660nmで発振し、温度80においてキックフリーの最大光出力は300mWを達成した。この値は同時作製した単一横モード導波路のみで構成される従来型素子に比べ約50%大きい。図2に示したレーザ出力とチップサイズとの関係から、本発明により300mWの高出力動作を約2/3のチップサイズで実現できることがわかる。従って、その分のレーザチップの低コスト化が実現される。図5は、本レーザ素子117をキャンタイプの標準パッケージ118に組み込んだキャンモジュールである。レーザのチップ長を $1300\mu\text{m}$ 程度にまで短縮できたため、キャンモジュール筐体として金型プレス成型で作製されたCDレーザキャンモジュールで標準的に使用される廉価パッケージの利用が可能となった。これは、従来の $1300\mu\text{m}$ 程度以上のチップサイズの素子はこの標準廉価パッケージからはみ出してしまい搭載できなかったためである。このため、レーザチップサイズを短縮することは上述したレーザチップ自体の低コスト化に加え、キャンモジュール部品のコストの低減にも効果的であることがわかった。尚、この効果は、MMIレーザが本質的なのではなく小さいチップサイズが本質であることを付記する。

<実施の形態2>

図6、7は本発明の第二の実施に係る半導体レーザの構造を示す図である。本例は、MMI導波路に関する構造が相違するが、半導体レーザに関わる半導体積層構造に関しては、前述の実施の形態1と同様である。図6は波長650nm帯の高出力DVDレーザ構造を示す鳥瞰図である。また、図7はその上面図である。

【0016】

図7に示すように本実施の形態では、MMIレーザの導波路構成において、シングルモード導波路とマルチモード導波路の間に意図的にテーパ形状の導波路150を挿入し、この部位での光散乱・光反射を低減すると共に、抑えきれない僅かな反射光が再びレーザ共振

10

20

30

40

50

器内に戻ることによって本来のレーザ縦共振モードが不安定化しないようなテーパ型MMI構造としている。図8は、テーパ型MMI構造の効果をシュミレーション検討した結果の一例である。実施の形態1と同一のレーザ層構造を有する従来型の矩形MMI構造と本テーパ型MMI構造について、波長650nmの信号光に対する導波損失をビーム伝播法により解析している。図中、線は、MMI効果による光強度の減衰量を表しており、出力端面側の光強度が理想状態である100%から、いくら低減したかが導波損失の目安となる。図から判るように、テーパ形状がないときには、光強度は79%（シングルパス導波損失は21%）であった。これに対し、テーパ形状導波路の導入により、光強度は92%（シングルパス導波損失は8%）まで改善され約14%の改善が見られることがわかった。この値は数値上では僅かな差だが、レーザ光は両端面間の多重反射を通じて発振に至るものであり重要な改善である。

10

【0017】

また、図9に従来の矩形MMI構造内での光強度分布の計算例を示す。マルチモード干渉の効果でシングルモード導波路から入力された光波は所定の位置に設定された出力側のシングルモード導波路に集光されている様子が見られる。ここで重要な点は、矩形MMI形状の四隅の部分には殆ど導波光が存在しないことである。従って、従来構造の矩形MMI構造では、この矩形四隅部に流れるレーザ駆動電流は導波モードの利得に影響を与えないため無効電流となっている。本案で提案するテーパ型MMI構造はこの無効電流を未然に防ぐ効果もあるため、特にレーザの発光効率の向上に寄与する構成であることがわかる。

以上の改善効果を反映し、本実施の形態では温度80においてキックフリーの最大光出力は350mWを達成した。この値は実施の形態1の素子に比べ約17%の改善となる。

20

【0018】

次に、テーパ長の設定値について定量的な考察を述べる。図10は、テーパ長 L_{taper} を、0、10、20、100 μm と振った場合の光波伝播をビーム伝播法で解析した例である。 L_{taper} が0、10、20 μm の場合には、MMI効果による伝播光強度の脈動が見られるのに対し、 L_{taper} が100 μm の場合には、その脈動が非常に僅かとなると共にシングルパス導波損失がほぼゼロとなっている。これは、この導波路構成が既にMMI効果を失っていることを示している。

【0019】

一般に、導波路変調幅を一定にした条件でテーパ長を増大していくと、伝播光のモード拡大に伴う変換損失が無視できるほど小さくなる。このときのテーパ長を一般にアディアバティック長と呼び、導波路の層構造、導波路変調幅が決まれば一意に定まる物理量である。図10の例では100 μm の L_{taper} は、既にこのアディアバティック長を越えてしまったと考えられ、この領域に L_{taper} を設定することはMMI構造の設計に不適切であることがわかる。このため、本案で提案するテーパ型MMIレーザでは、テーパ長をアディアバティック長よりも小さな値に設定する必要があることを付記する。

30

<実施の形態3>

図11は本発明の第三の実施に係る650nm帯の高出力DVDレーザ201と780nm帯の高出力CDレーザ202のモノリシック2波長レーザの鳥瞰図である。ここで、DVDレーザは実施の形態2に示したテーパ型MMIレーザと同一の構成であり、共振器長は1300 μm である。一方、CDレーザは公知のAlGaAs系埋め込みリッジ型レーザであり、通常の単一モード導波路型の構成である。温度80においてキックフリー最大光出力はDVDレーザで350mW、CDレーザで250mWを達成した。この値は、DVD両面8倍速書き込み、CD48倍速書き込みに相当する。

40

<実施の形態4>

図12は本発明の第四の実施に係る650nm帯の高出力DVDレーザ301と780nm帯の低出力CDレーザ302のモノリシック2波長レーザの鳥瞰図である。ここで、DVDレーザはテーパ型MMIレーザであり、 $W_{mmi}=5.4\mu\text{m}$ 、 $L_{mmi}=578\mu\text{m}$ とした。共振器長は800 μm と非常に小さな値である。一方、CDレーザは公知のAlGaAs系埋め込みリッジ型レーザであり、通常の単一モード導波路型の構成である。温度80においてキックフリー最大光出力はDVDレーザ、CDレーザ共に150mWを達成した。この値は、DVD8倍速書き込み、CD24倍速書き込み

50

に相当する。本素子はまた、金型プレス成型で作製されたCD用キャンモジュールに搭載された。

<実施の形態 5 >

図13は本発明の第五の実施に係る650nm帯の高出力DVDレーザの鳥瞰図である。素子の構造自体は、実施の形態2に示したものと以下に記す点以外は同一である。図13中の左手前葉光出射端であるが、この部位の単一モード導波路の横幅は、201nmの周期で光軸方向に変調された、横幅変調型回折格子が形成されている。この横幅変調型回折格子の周期201nmは、650nm波長帯のレーザ発振光に対し、2次の回折反射鏡を提供する。ここでは、回折格子領域の長さや横幅変調の深さを、電子ビーム露光によるリソグラフィと垂直ドライエッチングにより制御することにより、反射鏡の反射率を約6%に設定した。

また、室温において活性層の利得ピーク波長を横幅変調型回折格子によって決まるブラック波長に比べ約10nm短波長側に設定した。つまり両波長の差であるいわゆる離調量を正の値にした。この結果、実施の形態2に比べ、特に高温側での電流出力特性の改善が得られた。本素子構造では、発振波長が横幅変調型回折格子のブラック波長近傍に設定される。一方、実施の形態2の素子の共振器はファブリペロ構成であるため、発振波長は発光層の利得ピーク付近に設定される。前述したように、この際、MMI条件式 $L_{m m i} = n W_{m m i}^2 /$ において、温度変化に伴うMMI導波路の有効屈折率 n と発振波長は両者独立に変動する。

このため、温度変化に伴い、MMI条件式からの逸脱が比較的大きい。一方、本素子構造では、発振波長は n_0 (n_0 は出射側単一モードの有効屈折率、導波路は2次回折格子周期) で決定され、 n_0 がその温度変動を決定する。ここで、 n_0 、 n の温度変化は殆ど同じであるため、条件式 $L_{m m i} = n W_{m m i}^2 / n_0$ の分母、分子の変動がほぼキャンセルされて、温度変動に対するMMI条件の逸脱が無視できるほど小さくなる。さらなる本構造の利点は、室温での正離調量を採用することにより、高温時の離調量変動を低減できる。これらの組み合わせの結果、本案で提案するMMIレーザは温度が上昇し、レーザの発振特性が劣化しやすい環境でも、より良好な出力特性が得られやすい構造となる。

【0020】

本実施の形態では、横幅変調型の2次回折格子を便宜上用いたが、1次の回折格子や、通常の層中に二次元的に描画された回折格子を用いても同様の効果が得られることは、当業者には自明である。

以上、5例の実施の形態にて本発明の主に、光ディスク用途の半導体レーザへの適用事例を説明した。本発明の適用範囲は光ディスク用途の半導体レーザに限られるものではなく、任意の導波路型半導体レーザに適用可能であることを付記する。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】従来のMMIレーザを示す図である。

【図2】光記録用に用いられる半導体レーザの光出力とそれを達成するためのレーザ共振器長(チップサイズ)のトレンドを示す図である。

【図3】本発明の第一の実施例であるAlGaInP系半導体レーザの鳥瞰図である。

【図4】本発明の第一の実施例であるAlGaInP系半導体レーザの上面図である。

【図5】キャンタイプの標準パッケージに組み込んだキャンモジュールを表す図である。

【図6】本発明の第二の実施例であるAlGaInP系半導体レーザの鳥瞰図である。

【図7】本発明の第二の実施例であるAlGaInP系半導体レーザの上面図である。

【図8】テーパ型MMI構造の効果をシュミレーション検討した結果の一例を示す図。

【図9】従来の矩形MMI構造内での光強度分布の計算例を示す図である。

【図10】テーパ長を振った場合の光波伝播の解析例を示す図である。

【図11】本発明の第三の実施例であるAlGaInP系半導体レーザの鳥瞰図である。

【図12】本発明の第四の実施例であるAlGaInP系半導体レーザの鳥瞰図である。

【図13】本発明の第五の実施例であるAlGaInP系半導体レーザの鳥瞰図である。

【図14】本発明の第五の実施例であるAlGaInP系半導体レーザの上面図である。

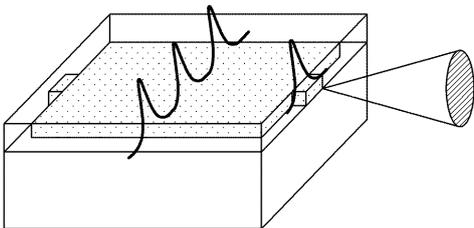
【符号の説明】

【0022】

101 ... n型GaAs傾角基板、102 ... n型GaAsバッファ層、103 ... n型AlGaInPクラッド層、104 ... 多重量子井戸構造活性層、105 ... 第一p型AlGaInPクラッド層、106 ... p型GaInPエッチング停止層、107 ... 第二p型AlGaInPクラッド層、108 ... p+型GaAsコンタクト層、109 ... Zn不純物拡散領域、110 ... マルチ横モード導波路、111 ... 単一横モード導波路、112 ... 表面保護膜、113 ... p側電極、114 ... n側電極、115 ... 端面膜、116 ... 端面膜、117 ... 本レーザ素子、118 ... キャンタイプ標準パッケージ、150 ... テーパー形状導波路、201 ... 650nm帯の高出力DVDレーザ、202 ... 780nm帯高出力CDレーザ、301 ... 650nm帯の高出力DVDレーザ、302 ... 780nm帯低出力CDレーザ。

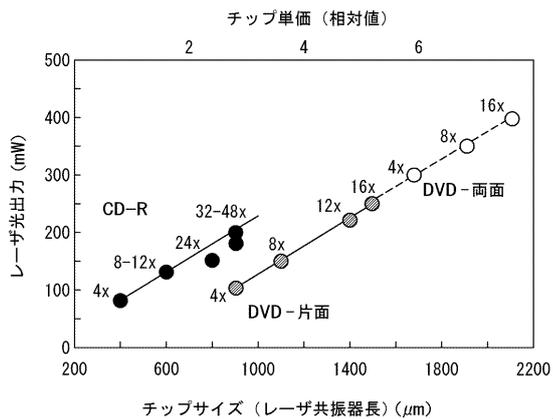
【図1】

図1



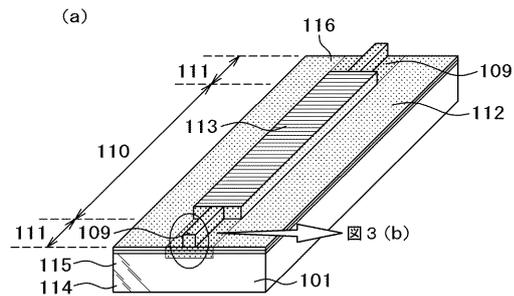
【図2】

図2

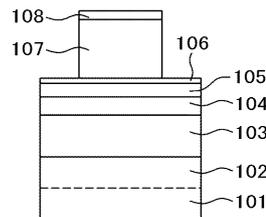


【図3】

図3



(b)



【 図 4 】

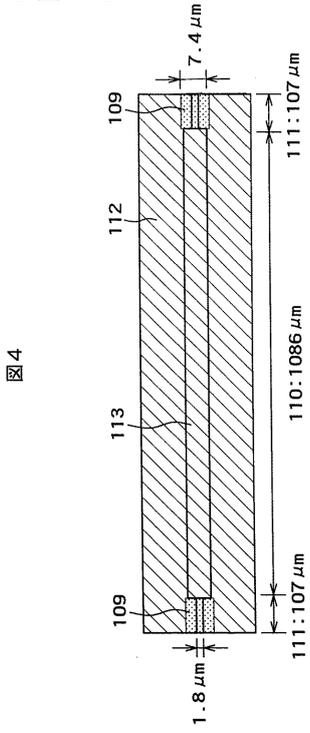


図 4

【 図 5 】

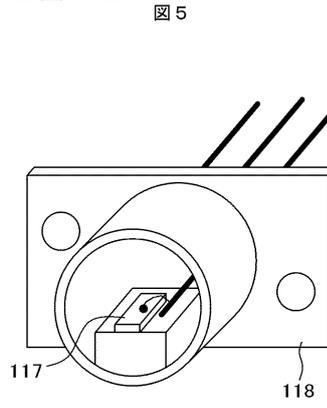


図 5

【 図 6 】

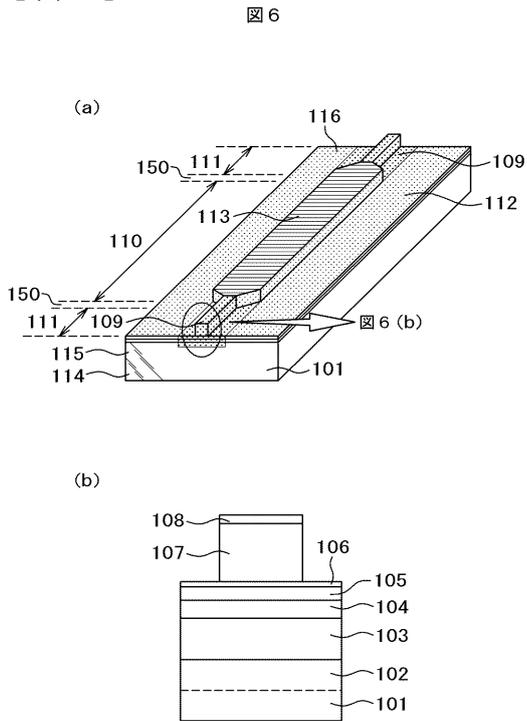


図 6

【 図 7 】

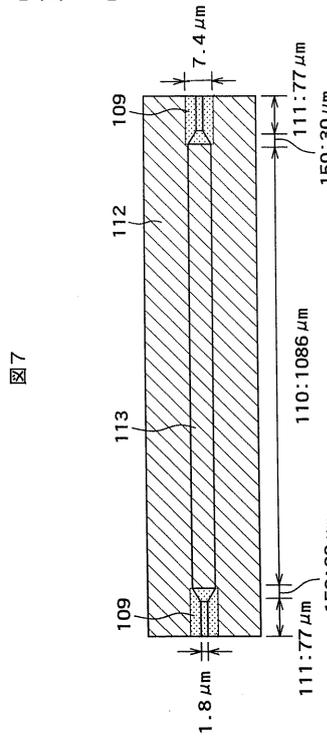
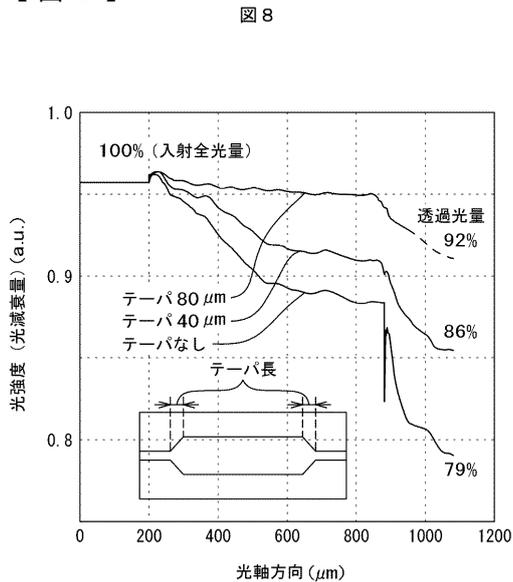
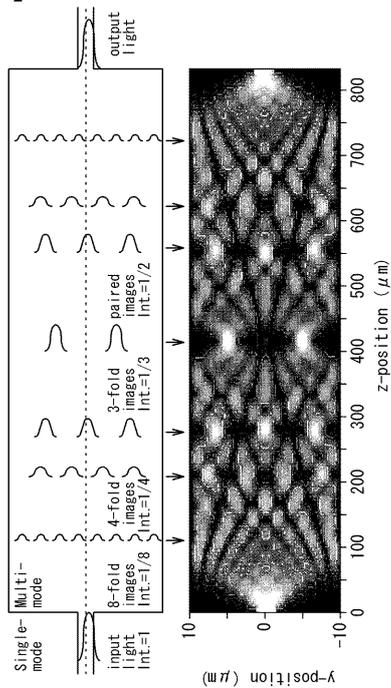


図 7

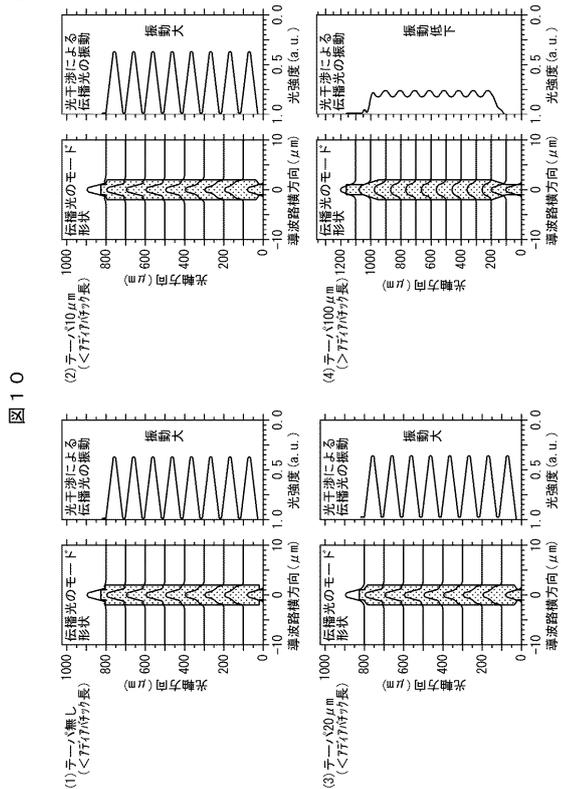
【 図 8 】



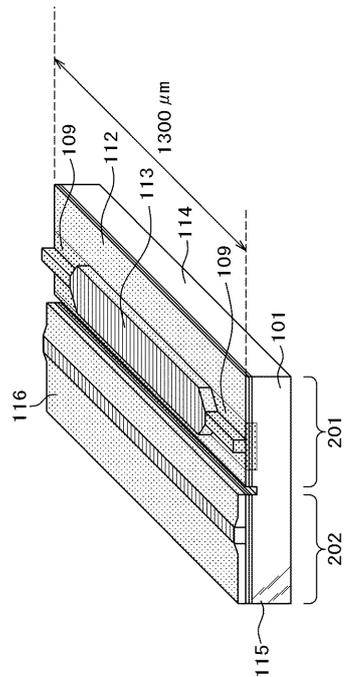
【 図 9 】



【 図 10 】

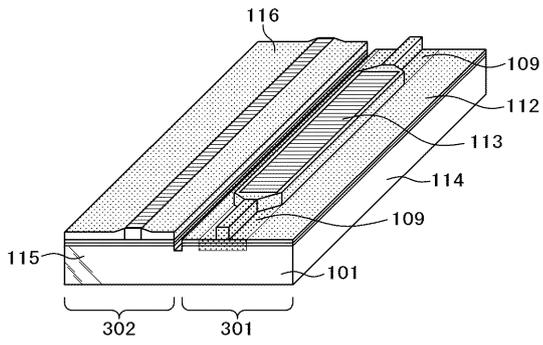


【 図 11 】



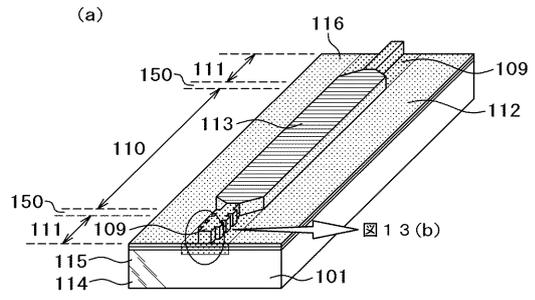
【 図 1 2 】

図 1 2

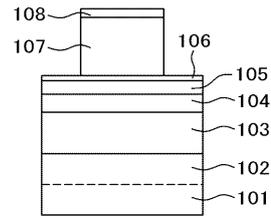


【 図 1 3 】

図 1 3



(b)



【 図 1 4 】

図 1 4

