

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-520710

(P2004-520710A)

(43) 公表日 平成16年7月8日(2004.7.8)

(51) Int.Cl.⁷

H01S 5/16

F 1

H01S 5/16

テーマコード(参考)

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 65 頁)

(21) 出願番号	特願2002-560247 (P2002-560247)
(86) (22) 出願日	平成14年1月23日 (2002.1.23)
(85) 翻訳文提出日	平成15年7月22日 (2003.7.22)
(86) 國際出願番号	PCT/GB2002/000290
(87) 國際公開番号	W02002/060023
(87) 國際公開日	平成14年8月1日 (2002.8.1)
(31) 優先権主張番号	0101641.9
(32) 優先日	平成13年1月23日 (2001.1.23)
(33) 優先権主張國	英國(GB)

(71) 出願人	502287347 ザ ユニヴァーシティー コート オブ ザ ユニヴァーシティー オブ グラスゴー ^一 イギリス, グラスゴー ジー12 8キ ューキュー, ユニヴァーシティー アヴ エニュー, ギルバート スコット ビル ディング(番地なし)
(74) 代理人	100090033 弁理士 荒船 博司
(74) 代理人	100093045 弁理士 荒船 良男

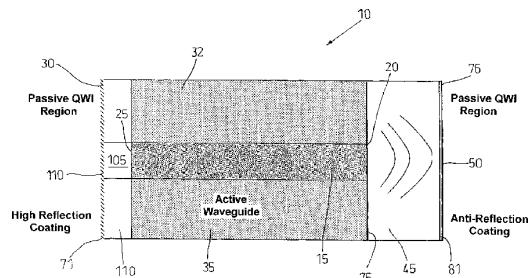
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】半導体レーザにおける又は関係する改良

(57) 【要約】

改良された半導体レーザ装置(10; 10a)、例えば单一モード屈折率導波レーザダイオードが開示される。装置(10; 10a)は光導波路(15; 15a)と、該導波路(15; 15a)の区間の一部に沿って延伸する少なくとも1つの電気接觸部(20; 20a)とから構成され、少なくとも1つの電気接觸部(20; 20a)は光導波路(15; 15a)よりも短い。この配置により、導波路(15; 15a)の部分又は一部は、使用中に、電気的にポンプで注入されない。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

光導波路を含む光学上活性領域と、
前記光導波路の一つ以上の端に与えられる少なくとも1つの光学上受動領域と、
を備え、

前記光学上受動領域の少なくとも1つは前記光導波路よりも幅広く、前記光導波路の光出力は、使用中、前記少なくとも1つの光学上受動領域を横切りながら、回折することを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 2】

前記光学上活性領域及び前記少なくとも1つの光学上受動領域は、第1の及び第2の光クラッド層間のコア又はガイド層内に与えられ、前記ガイド層は活性半導体レーザ光放出材により形成されていることを特徴とする請求項1に記載の半導体レーザ装置。 10

【請求項 3】

峰部が少なくとも前記第2の光クラッド層内に形成され、この装置の第1の端から該第1の端とこの装置の第2の端との間の途中の位置へ縦方向に延伸することを特徴とする請求項2に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 4】

前記活性半導体レーザ光放出材の層は、成長により量子井戸(QW)構造を含むことを特徴とする請求項2又は3に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 5】

前記少なくとも1つの光学上受動領域は、前記途中の位置から又はそれに隣接する位置からこの装置の前記第2の端に与えられる組成上無秩序な又は量子井戸混合(QWI)領域を備えることを特徴とする請求項3又は4に記載の半導体レーザ装置。 20

【請求項 6】

前記光学上活性領域に水平方向に境を接する第2の組成上無秩序な領域が与えられることを特徴とする請求項5に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 7】

この装置は一体構造であることを特徴とする請求項1～6のいずれか一項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 8】

この装置は基板層を含み、該基板層上に前記第1のクラッド層、前記コア層及び前記第2のクラッド層がそれぞれ与えられることを特徴とする請求項2～7のいずれか一項に記載の半導体レーザ装置。 30

【請求項 9】

前記第2の端は、この半導体レーザ装置の出力部を有し、前記第1のQWI領域は、使用中、このレーザ装置の出力部で回折領域として働き、前記第2の端の切開面に衝突する光放射の強度を前記光放射を広げることによって減少させることを特徴とする請求項5～8のいずれか一項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 10】

前記切開面は劈開された半導体上の反射防止コーティングを含むことを特徴とする請求項9に記載の半導体レーザ装置。 40

【請求項 11】

前記第1の及び第2の組成上無秩序な領域は実質的に同じ構造を有することを特徴とする請求項6～10のいずれか一項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 12】

前記峰部の表面及び基板の表面にそれぞれ接触する接触材料の層を備える、ことを特徴とする請求項8～11のいずれか一項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 13】

前記峰部の表面に接触する材料は、前記峰部の表面の面積よりも小さな面積を有し、前記峰部の接触無し部分が与えられ、該接触無し部分はこの半導体レーザ装置の前記コア層内 50

に第2の受動領域を与えることを特徴とする請求項12に記載の半導体レーザ装置。

【請求項14】

前記第2の受動領域は前記峰部の一部であることを特徴とする請求項13に記載の半導体レーザ装置。

【請求項15】

前記第2の受動領域の端は前記途中の位置に与えられ、前記第2の受動領域はこのレーザ装置の有効な出力端にあることを特徴とする請求項13又は14に記載の半導体レーザ装置。

【請求項16】

前記途中の位置からこの装置の前記第2の端までの長さは、この装置の前記第1の端と前記第2の端との間の長さよりもおよそ3桁の大きさで小さいことを特徴とする請求項15に記載の半導体レーザ装置。 10

【請求項17】

この半導体レーザ装置は、およそ $1\text{ }\mu\text{m} \sim 5\text{ }\mu\text{m}$ の前記峰部の幅と、前記峰部の幅のおよそ少なくとも3倍の幅と、前記両端間のおよそ $1 \sim 2\text{ mm}$ の間隔と、前記第1の端と前記中途の位置との間のおよそ 1.5 mm の間隔と、およそ 0.5 mm の長さを有する受動領域とを有することを特徴とする請求項5～16のいずれか一項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項18】

この半導体レーザ装置はIII-V族の半導体材料系で製造されていることを特徴とする請求項1～17のいずれか一項に記載の半導体レーザ装置。 20

【請求項19】

前記III-V族の半導体材料系は、実質的に 600 nm と 1300 nm との間の波長で半導体レーザ光を放出する系に基づくガリウム-砒素(GaAs)であることを特徴とする請求項18に記載の半導体レーザ装置。

【請求項20】

前記第1の及び第2の組成上無秩序な材料は実質的にインジウム-ガリウム-砒素(InGaAs)から構成されることを特徴とする請求項6～19のいずれか一項に記載の半導体レーザ装置。 30

【請求項21】

前記III-V族の半導体材料系は、実質的に 1200 nm と 1700 nm との間の波長で半導体レーザ光を放出する系に基づくインジウム-磷(InP)材料系であることを特徴とする請求項18～20のいずれか一項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項22】

(1) 第1の光クラッド荷電キャリア閉じ込め層と、
量子井戸(QW)構造部が形成されたコア(レーザ光放出材料)層と、
第2の光クラッド閉じ込め層とを、
順に形成する工程と、

(2) レーザ光放出材料層内に少なくとも1つの受動領域を形成する工程と、
(3) 前記第2のクラッド層の少なくとも一部から峰部を形成する工程と、
を有する半導体レーザ装置を製造する方法。 40

【請求項23】

工程(1)は、分子ビームエピタクシ(MBE)及び金属有機化学気相成長法(MOCVD)から選ばれる成長技術によってなされることを特徴とする請求項22記載の半導体レーザ装置を製造する方法。

【請求項24】

工程(2)及び(3)は互いに入れ替えられ得ることを特徴とする請求項22又は23に記載の半導体レーザ装置を製造する方法。

【請求項25】

前記受動領域は、該受動領域内に空隙を生み出すことを有する量子井戸混合(QWI)技 50

術によって形成され、前記量子井戸構造よりも大きな禁制帯幅を有する前記コア層の組成上無秩序領域を作り出すためにアニールすることを特徴とする請求項22に記載の半導体レーザ装置を製造する方法。

【請求項26】

前記量子井戸(QW)技術は、

実質的にアルゴンガス雰囲気内でダイオードスパッタリング装置の使用によって、半導体装置材料の表面の少なくとも一部上に誘電体層を、該誘電体層に隣接する前記材料の一部に少なくとも点構造欠陥を持ち込むように、堆積する工程と、

非スパッタリング技術によって、前記材料の表面の少なくとも他の一部上に更なる誘電体層を随意に堆積する工程と、

前記材料をアニールし、それによって、前記材料から前記誘電体層にイオン又は原子を移す工程と、

を有することを特徴とする請求項22~25のいずれか一項に記載の半導体レーザ装置を製造する方法。

【請求項27】

工程(3)はエッチング技術によって実行されることを特徴とする請求項22~26のいずれか一項に記載の半導体レーザ装置を製造する方法。

【請求項28】

前記受動領域の長さはこの装置の長さよりも短いことを特徴とする請求項22~27のいずれか一項に記載の半導体レーザ装置を製造する方法。

【請求項29】

前記受動領域の少なくとも一部は前記峰部よりも幅広いことを特徴とする請求項22~28のいずれか一項に記載の半導体レーザ装置を製造する方法。

【請求項30】

前記峰部は前記受動領域にわたって延伸しないことを特徴とする請求項22~29のいずれか一項に記載の半導体レーザ装置を製造する方法。

【請求項31】

はじめに基板を与える工程を備え、前記基板上に前記第1のクラッド層、前記コア層及び前記第2のクラッド層が成長することを特徴とする請求項22~30のいずれか一項に記載の半導体レーザ装置を製造する方法。

【請求項32】

複数の電気的接触層を前記基板の表面及び前記峰部の表面に当てる工程を備えることを特徴とする請求項31に記載の半導体レーザ装置を製造する方法。

【請求項33】

電気的接触層の1つは前記峰部の一部に當てられ、前記半導体レーザ装置は、前記峰部の領域に活性領域と、少なくとも1つの第2の受動領域とを有することを特徴とする請求項32に記載の半導体レーザ装置を製造する方法。

【請求項34】

前記峰部の一部は前記装置の第1の端に隣接し、前記第2の受動領域は前記レーザ装置の出力端に又は近くに与えられることを特徴とする請求項33に記載の半導体レーザ装置を製造する方法。

【請求項35】

光導波路と、

該導波路の区間の一部に沿って延伸する少なくとも1つの電気接触部と、
を備え、

前記少なくとも1つの電気接触部は前記光導波路よりも短いことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項36】

前記電気接触部の少なくとも一端は前記光導波路のそれぞれの端から離れていることを特徴とする請求項35に記載の半導体レーザ装置。

10

20

30

40

50

【請求項 3 7】

前記光導波路はリッジ導波路であり、前記少なくとも1つの電気接触部は前記リッジ導波路上に与えられることを特徴とする請求項35又は36に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 3 8】

前記光導波路の長さはおよそ $200\mu m$ から $2000\mu m$ であり、前記電気接触部の長さ又は全長はおよそ $100\mu m$ から $1900\mu m$ であることを特徴とする請求項35～37のいずれか一項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 3 9】

前記光導波路の両側に境を接する組成上無秩序な又は量子井戸混合（QWI）領域が与えられることを特徴とする請求項35～38のいずれか一項に記載の半導体レーザ装置。

10

【請求項 4 0】

(1) 光導波路を形成する工程と、

(2) 該導波路の区間の一部に沿って延伸する少なくとも1つの電気接触部を、該少なくとも1つの電気接触部が前記光導波路よりも短くなるように、形成する工程と、を有する半導体レーザ装置を製造する方法。

【請求項 4 1】

添付図面に従い本明細書に記載されるような光学装置を製造する方法。

【請求項 4 2】

添付図面に従い本明細書に記載されるような光学装置。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】**【0001】**

本発明は半導体レーザに関し、特に、限定するものではないが、単一モード屈折率導波（index guided）レーザダイオードに関する。

【背景技術】**【0002】**

多くの出願において、単一空間モード出力で動作する半導体レーザ装置が望まれている。この出力は、例えば、単一モードファイバーへの増加する結合のために、及び高い光強度を伴って小さなスポット寸法を生み出すために望ましい。典型的には、単一モード出力を生み出すレーザダイオードは、1つの峰部（リッジ）又は1つの埋め込まれたヘテロ構造の導波路を有する屈折率導波レーザ構造を用いる。そのような装置は、例えばヨーロッパ出願（EP）0 475 330に開示されるように、1つの基板と、該基板上の下方及び上方の荷電キャリア閉じ込め層と、その上方閉じ込め層の一部に渡って延伸しレーザの光モードを水平方向で閉じ込める1つの峰部とから構成されるレーザ構造を備え、活性のレーザ光放出材の1つの層が、前述の閉じ込め層の間に挟まれ、量子井戸構造を有し、1つの活性領域のように形作られる。

30

【0003】

これらの装置は単一空間モード出力を与え、全出力は装置の両端（両切開面）でカタストロフィ光学鏡ダメージ（COMD）レベルにより制限される。それぞれのレーザ切開面は劈開面に沿って割られた半導体であり、そういうものとして生み出された光の吸収作用をもたらし得る高密度の空隙及び切断された束縛部を含む。レーザ切開面で吸収される光又は電流は、励起したキャリアが非放射性で再結合しながら、熱を生み出す。この熱は半導体の禁制帯幅（バンドギャップ）のエネルギーを低減し、カタストロフィ光学鏡ダメージに帰着する吸収誘導熱暴走（ランナウェイ）における増加をもたらす。

40

【0004】

これらの装置での他の問題は、高い駆動電流で高次のモードの伝播を含む。これらの高次のモードは活性領域にすぐ近くに隣接する領域での屈折率及び光利得に影響する高いレベルの注入キャリアにより伝播する。

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】**

50

【 0 0 0 5 】

前述の従来技術の不利益の少なくとも 1 つを除去するか又は軽減するレーザ装置（例えば、単一モード屈折率導波レーザ）を与えることが、本発明の少なくとも 1 つの側面の少なくとも 1 つの実施例の目的である。

【 0 0 0 6 】

1 つのレーザ領域（例えば、単一モード屈折率閉じ込め半導体レーザ領域）の 1 つの端部での回折領域の使用によって、増加した出力レベルでの単一モード出力として与える半導体レーザ装置を与えることが、本発明の少なくとも 1 つの局面の少なくとも 1 つの実施例の他の目的である。

【 0 0 0 7 】

1 つの利得領域において不純物無しの技術を用いて量子井戸混合によって形成される受動領域を組み入れることによって、レーザ装置のビームの向き操り特性が、例えばビーム操縦への傾向を低減することによって改良され得る半導体レーザ装置を与えることが、本発明の少なくとも 1 つの局面の少なくとも 1 つの実施例の更なる他の目的である。

【 課題を解決するための手段】**【 0 0 0 8 】**

本発明の第 1 の側面によれば、光導波路と、
該導波路の区間の一部に沿って延伸する少なくとも 1 つの電気接触部と、
を備え、

前記少なくとも 1 つの電気接触部は前記光導波路よりも短いことを特徴とする半導体レーザ装置が提供される。

【 0 0 0 9 】

好ましくは、電気接触部の少なくとも一端は光導波路のそれぞれの端から離れている。

【 0 0 1 0 】

1 つの実施形態では、光導波路はリッジ導波路であり、少なくとも 1 つの電気接触部はリッジ導波路上に与えられる。

【 0 0 1 1 】

この配置により、リッジ導波路の部分又は一部は、使用中に、電気的にポンプ注入されない。驚くべきことにこの配置によって見出されたことだが、半導体レーザ装置はモード制御識別器/安定器として操作されてもよい。波長は単一モードであるので、電流を注入しないで得られる波長のポンプ注入されない部分は、使用中に、単一モードのままである。

【 0 0 1 2 】

好ましくは、光導波路の長さはおよそ $200 \mu m$ から $2000 \mu m$ でもよく、電気接触部の長さ又は全長はおよそ $100 \mu m$ から $1900 \mu m$ であってもよい。

【 0 0 1 3 】

変更された実施形態では、光導波路の両側に境を接する組成上無秩序な又は量子井戸混合（QWI）領域が与えられてもよい。

【 0 0 1 4 】

本発明の第 2 の側面によれば、（1）光導波路を形成する工程と、
(2) 該導波路の区間の一部に沿って延伸する少なくとも 1 つの電気接触部を、該少なくとも 1 つの電気接触部が前記光導波路よりも短くなるように、形成する工程と、
を有する半導体レーザ装置を製造する方法が与えられる。

【 0 0 1 5 】

本発明の第 3 の側面によれば、
光導波路を含む光学上活性領域と、
前記光導波路の一つ以上の端に与えられる少なくとも 1 つの光学上受動領域と、
を備え、

前記光学上受動領域の少なくとも 1 つは前記光導波路よりも幅広く、前記光導波路の光出力は、使用中、前記少なくとも 1 つの光学上受動領域を横切りながら、回折することを特徴とする半導体レーザ装置が与えられる。

10

30

40

50

【0016】

このやり方において、装置の出力切開面に衝突する光放射（光）の強度が減少するように、光出力は広がってよい。このゆえに、装置の出力は出力切開面の C O M D 制限に達することなく増加し得る。

【0017】

好ましくは、前記光学上活性領域及び前記少なくとも 1 つの光学上受動領域は、第 1 の及び第 2 の光クラッド層間のコア又はガイド層内に与えられ、前記ガイド層は活性半導体レーザ光放出材により形成されてもよい。

【0018】

好ましくは、峰部が少なくとも前記第 2 の光クラッド層内に形成され、この装置の第 1 の端から該第 1 の端とこの装置の第 2 の端との間の途中の位置へ縦方向に延伸する。 10

【0019】

加えて、活性半導体レーザ光放出材の層は、成長につれて量子井戸（Q W）構造を含んでもよい。

【0020】

好ましくは、1 つの又は複数の光学上受動領域は、途中の位置から又はその隣接する位置からこの装置の第 2 の端に与えられる組成上無秩序な又は量子井戸混合（Q W I）領域を備えてよい。

【0021】

本装置の変更では、光学上活性領域に水平方向に境を接する第 2 の組成上無秩序な（レーザ光を放出する）領域が与えられてもよい。 20

【0022】

第 1 の及び第 2 の Q W I 材料は活性領域よりも大きな禁制帯幅を有する。第 1 の及び第 2 の組成上無秩序な（レーザ光を放出する）材料は、それ故、活性領域よりも小さな光吸収作用を有する。

【0023】

好ましくは、この装置は一体構造であってよい。

【0024】

より好ましくは、この装置は基板層を含み、該基板層上に第 1 のクラッド層、コア層及び第 2 のクラッド層がそれぞれ与えられてもよい。 30

【0025】

好ましくは、第 2 の端又は切開面は、半導体レーザ装置の出力部を備えてもよい。それ故、第 1 の Q W I 材料はこのレーザ装置の出力部で回折領域として働く。回折領域は、第 2 の端の切開面に衝突する光放射の強度を光放射を広げることによって減少させるよう、使用中、働いてもよい。

【0026】

より好ましくは、切開面は劈開された半導体上の反射防止コーティングを含む。好ましくは、反射防止コーティングはおよそ 1 % ~ 1 0 % 反射率であってもよい。第 1 の Q W I 回折領域と反射防止コーティングとの組み合わせは、切開面の C O M D レベルを更に持ち上げる非吸収鏡（N A M）を与え、結果的に、レーザ装置の出力は上がり得る。 40

【0027】

有利なように、第 1 の及び第 2 の組成上無秩序な領域は実質的に同じ構造を有してもよい。

【0028】

量子井戸混合（Q W I）は半導体レーザ材料内で井戸の量子井戸閉じ込めを消し去る。より好ましくは、量子井戸混合（Q W I）は実質的に不純物無しであってもよい。Q W I 領域は、青色ヘシフト”されてもよく、すなわち、典型的には、2 0 ~ 3 0 m e V より大きく、より典型的には、キャリアが注入された場合の光活性領域と量子井戸混合（Q W I）受動領域との間に 1 0 0 m e V 以上の違いが存在する。それ故、高次のモードが第 1 の組成上無秩序なレーザ光放出材料を通って伝播するとき高次のモードが基本モードよりも大 50

きな回折損失を被るので、第1の組成上無秩序なレーザ光放出材料は空間モードフィルタとして働く。このように、基本モードは活性領域とより大きな重なりを有し、選択的に増幅される。それ故、半導体レーザ装置は実質的に单一モードの出力を与えるように適合されてもよい。

【0029】

好ましくは、峰部の（上方の）表面及び下方クラッド層の（下方の）表面にそれぞれ接触する接触材料の層を更に備える。選択的に及び好ましくは、接触材料は峰部の上方の表面及び基板の下方の表面にそれぞれ接触してもよい。接触層は光活性又は“利得”領域への駆動電流のために与えてもよい。“上方”及び“下方”への参照は参照の容易さのためにここで使用され、使用中、装置はさまざまな配置のいずれかに向けられるだらうことは理解できるだらう。10

【0030】

本発明の一実施形態では、峰部の上方面に接触する材料は、峰部の上方面の面積よりも小さな面積を有してもよい。本実施形態では、峰部の接触無し部分が存在する。この接触無し部分は半導体レーザ装置のコア層内に第2の受動領域を与えてもよい。第2の受動領域は、活性領域よりも大きな禁制帯幅エネルギー及びより低い吸収作用を有するようにしててもよい。

【0031】

好ましくは、第2の受動領域は峰部の一部であってもよい。好ましくは、また、第2の受動領域の端は前述の位置に与えられ、第2の受動領域はこのレーザ装置の有効な“出力端”にある。第2の受動領域はビームの向き操りを修正するのを助けてもよい。20

【0032】

好ましくは、位置からこの装置の第2の端までの長さは、この装置の第1の端と第2の端との間の長さよりもおよそ3倍の大きさで短くてもよい。好ましくは、また、第2の受動領域は長さにおいて第受動領域よりも実質的に短くてもよい。

【0033】

本発明の一実施形態では、半導体レーザ装置は、およそ $1\text{ }\mu\text{m} \sim 5\text{ }\mu\text{m}$ の峰部の幅と、峰部の幅のおよそ少なくとも3倍の幅と、両端間のおよそ $1 \sim 2\text{ mm}$ の間隔と、第1の端と中途の位置との間のおよそ 1.5 mm の間隔と、およそ 0.5 mm の長さを有する受動領域とを有してもよい。30

【0034】

好ましくは、半導体レーザ装置はガリウム-砒素（GaAs）又はアリミニウム-ガリウム-砒素（AlGaAs）のようなIII-V族の半導体材料系で製造され、それ故、実質的に 600 nm と 1300 nm との間の波長で半導体レーザ光を放出するようにしててもよい。第1の及び第2の組成上無秩序な材料は実質的にインジウム-ガリウム-砒素（InGaAs）から構成されてもよい。しかしながら、他の材料系、例えばインジウム-燐（InP）が用いられてもよく、それ故、実質的に 1200 nm と 1700 nm との間の波長で半導体レーザ光を放出するだらうことは理解されるだらう。

【0035】

本発明の第4の側面によれば、半導体レーザ装置を製造する方法は、40
 (1) 第1の光クラッド荷電キャリア閉じ込め層と、
 量子井戸（QW）構造部が形成されたコア（レーザ光放出材料）層と、
 第2の光クラッド閉じ込め層とを、
 順に形成する工程と、
 (2) レーザ光放出材料層内に少なくとも1つの受動領域を形成する工程と、
 (3) 前記第2のクラッド層の少なくとも一部から峰部を形成する工程と、
 を有する。

【0036】

工程(1)は、分子ビームエピタクシ（MBE）又は金属有機化学気相成長法（MOCVD）などの知られた成長技術によって実行されてもよい。50

【0037】

工程(2)次いで工程(3)を実行することは好ましいことであるけれども、工程(2)と(3)は互いに入れ替えてよい。

【0038】

好ましくは、受動領域は、好ましくは受動領域内に空隙を生み出すことから成ってもよい量子井戸混合(QWI)技術によって形成されてもよく、或いは、選択的に、受動領域内にイオンを打ち込み拡散することから成ってもよく、次いで、量子井戸構造部よりも大きな禁制帯幅を有するコア層の組成上無秩序領域を作り出すためにアニールする。

【0039】

好ましくは、量子井戸(QW)技術は、不純物無しの空隙を生み出すことによって実施されてもよく、より好ましくは、量子井戸混合を達成するためにダメージ誘発技術を用いてもよい。そのような技術の好ましい実行において、この方法は、

実質的にアルゴンガス雰囲気内でダイオードスパッタリング装置の使用によって、半導体装置材料の表面の少なくとも一部上にシリカ(SiO₂)などの誘電体層を、該誘電体層に隣接する材料の一部に少なくとも点構造欠陥を持ち込むように、堆積する工程と、プラズマ強化(エンハンスト)化学気相成長法(PECVD)のような非スパッタリング技術によって、材料の表面の少なくとも他の一部上に更なる誘電体層を随意に堆積する工程と、

材料をアニールし、それによって、材料から誘電体層にガリウムを移す工程と、を有する。このような技術は、本出願人による、本出願と同一出願日を有する“光学装置を製造する方法及び関連する改良”と題する出願に記載されており、この内容は本願に含まれる。

【0040】

好ましくは、工程(2)で、受動領域は、量子井戸構造よりも大きな禁制帯幅を有するレーザ光放出層の組成上無秩序領域を作り出すために、QWIによって、1つ又は複数の領域内に形成されてもよい。

【0041】

好ましくは、工程(3)は乾式又は湿式エッチングなどのエッチング技術によって実行されてもよい。

【0042】

好ましくは、受動領域の長さはこの装置の長さよりも短い。この配置は、利得領域に隣接する受動領域を与える。

【0043】

より好ましくは、受動領域の少なくとも一部は峰部よりも幅広くてもよい。それ故、受動領域はQW構造内に光ビームを閉じ込める峰部に隣接する回折領域を与える。有利には、峰部は受動領域にわたって延伸しなくてもよい。

【0044】

好ましくは、はじめに基板を与える工程を備え、基板上に第1のクラッド層、コア層及び第2のクラッド層が成長する。

【0045】

好ましくは、工程(2)は、不純物無し間隙を生み出すことによって実施されてもよく、より好ましくは、量子井戸混合を達成するためにダメージを高める技術を使用してもよい。

【0046】

好ましくは、方法は、複数の電気的接触層を下方クラッド層の表面及び峰部の表面に当てる工程を含んでもよい。選択的には及び好ましくは、電気的接触層は基板の下方面及び峰部の上方面にそれぞれ当てられてもよい。

【0047】

本発明の一実施形態では、電気的接触層の1つは峰部の一部に当てられてもよく、半導体レーザ装置は、峰部の領域に活性領域と、少なくとも1つの第2の受動領域とを下方に、例えば峰部の領域内に有する。好ましくは、峰部の一部は装置の第1の端に隣接してもよ

く、第2の受動領域はレーザ装置の“出力端”に又は近くに与えられる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0048】

本発明に係る実施形態が、例示としてのみによって、添付図を参照して今説明される。

【0049】

図1～図3を最初に参照して、本発明の第1の実施形態にしたがって、全般的に10で指示される半導体レーザ装置が図示される。装置10は、1つの光導波路15と、導波路15の区間の一部に沿って延びる少なくとも1つの電気接触部20とを備え、少なくとも1つの電気接触部20は導波路15よりも短い。

【0050】

電気接触部20の一端25は光導波路15の各端30から離れている。本実施形態では、光導波路15はリッジ導波路であり、電気接触部20はリッジ導波路15の一部に沿って与えられる。この配置によって、リッジ導波路15の一部分或いは複数部分は、使用中、電気的に注入(ポンプ)されない。

【0051】

光導波路15の長さはおよそ200μmから2000μmでよく、一方、電気接触部20の全長はおよそ100μmから1900μmでよい。

【0052】

本実施形態では、接触部20を有するリッジ導波路15の一部はエッチングを施された部分32及び35に水平方向で境を接している。

【0053】

変更された実施形態では、エッチングを施された部分32及び35は、光導波路15の両側に接する組成上無秩序な又は量子井戸混合の部分を有する。

【0054】

装置10は、光導波路15を含む光学的に活性な又は利得の領域40と、光導波路15の一端に与えられる光学上受動領域45とを更に備え、光学上受動領域45は、光導波路15よりも幅広く、それで、使用中に、光導波路15の光出力は、それが光学上受動領域45を横切るときに回折する。

【0055】

このように、光出力は広がり、それで、装置10の1つの出力切開面50に衝突する光の強度は低減する。このゆえに、装置10の出力は出力切開面50のCOMD制限値に達することなく増加し得る。

【0056】

光学上活性領域40及び光学上受動領域45は、第1及び第2の(上方及び下方)光クラッド閉じ込め層60および65の間であって1つの光ガイド又はコア層55内に与えられる。第1のクラッド層60、ガイド層55及び第2のクラッド層65はそれぞれ3.0～3.5の屈折率を有し、ガイド層55はクラッド層60及び65よりも高い屈折率を有する。

【0057】

1つの峰部(リッジ)70が少なくとも第2のクラッド層65内に形成され、装置10の第1の端71から第1の端71と装置10の第2の端76との間の位置75へ縦に伸びる。

【0058】

光ガイド層55は量子井戸構造部77を含む1つの活性のレーザ光放出材層を備える。

【0059】

光学上受動領域45は、前述の位置75から又は位置75に隣接し、装置10の第2の端76までガイド層55内に与えられる1つの組成上無秩序半導体層78を含む。

【0060】

組成上無秩序レーザ光放出層78は量子井戸構造部77付きのガイド層55よりも大きな禁制帯幅を有する。組成上無秩序レーザ光放出層78は、組成上無秩序でない活性層55

10

20

30

40

50

よりも低い吸収作用を有する。

【0061】

図1～図3から分かるように、装置10は1つの基板80を含む一体式構造を有し、基板80上に他の層60、55及び65が従来のIII-V族の半導体成長技術、例えば分子ビームエピタクシ(MBE)又は金属有機化学気相成長法(MOCVD)によって成長する。

【0062】

出力切開面50の第2の端76は半導体レーザ装置10の出力部を有する。組成上無秩序レーザ光放出層78は、それ故、レーザ装置10の出力切開面50で回折領域として働く。回折領域は、使用中、光放射(光)の強度を低減するように働き、光放射を広げることによって切開面50に衝突する。

【0063】

切開面50は、光学的には、劈開された半導体上に反射防止コーティング81を含む。反射防止コーティング81は1%～10%の反射率である。回折受動領域45と反射防止コーティング81との組み合わせは、切開面50のCOMDレベルを更に上げる非吸収鏡(NAM)を与え、結果的に、レーザ装置10の出力を上げ得る。

【0064】

組成上無秩序レーザ光放出層78は、以下に詳細に述べられるように、量子井戸混合(QWI)を介して達成されるであろう。量子井戸混合はガイド層55、例えば半導体レーザ層内で量子井戸構造部77の量子井戸閉じ込めを消し去る。より好ましくは、量子井戸混合は実質的に不純物が無い。量子井戸混合受動領域45は“青色ヘシフト”される。すなわち、典型的には、キャリアが注入された場合の光利得領域40と量子井戸混合受動領域45との間に100meV以上の違いが存在する。それ故、高次のモードが組成上無秩序レーザ光放出層78を通って伝播するとき高次のモードが基本モードよりも大きな回折損失を被るので、組成上無秩序レーザ光放出層78は空間モードフィルタとして働く。このように、基本モードは活性領域40とより大きな重なりを有する。それ故、半導体レーザ装置10を実質的に単一モードの出力を与えるように適合させることが可能である。

【0065】

半導体レーザ装置10は、峰部70の上方面90及び基板80の下方面95にそれぞれ接触する金属の接触材料の層20及び85を更に備える。接触層20及び85は電流を光利得領域40に送り込むために与えられる。“上方”及び“下方”への参照は参考の容易さのために使用され、使用中、装置10はさまざまな配置のいずれかに向けられるだろうことは理解できるであろう。峰部70の上方面90に接触する材料の接触部20は峰部70の上方面90の全領域よりも小さな領域を有する。本実施形態では、峰部70の接触しない部分105が存在する。この接触しない部分105は、半導体レーザ装置10の光学上活性領域40の一端に更なる受動領域110を与える。第2の受動領域110は、光学的に活性な又は利得の領域40よりも大きな禁制帯幅エネルギー及びより低い吸収作用を有する。更なる受動領域110は量子井戸混合によって形成されるであろう。図1から分かるように、更なる受動領域110は峰部70と同じように水平方向に広い。

【0066】

好みの配置では、位置75から装置10の第2の端76までの長さは、装置10の第1の端71と第2の端76との間の長さよりも、およそ3倍の大きさほど小さい。

【0067】

半導体レーザ装置10のそのような実施形態で、半導体レーザ装置10は、およそ1μm～5μmの峰幅と、少なくともおよそ15μmの幅と、両端71及び76間のおよそ1～2mmの間隔と、第1の端71と位置75間のおよそ1.5mmの間隔と、およそ0.5mmの長さを有する受動領域45とを有する。

【0068】

半導体レーザ装置は、アルミニウム-ガリウム-砒素(AlGaAs)材料のようなガリウム-砒素(GaAs)材料系で製造される実施形態にあり、それ故に、600nmと13

10

20

30

40

50

0 0 nmとの間の、好ましくは約 9 8 0 nmの波長でレーザ光を放出する。ガイド層 5 5 は実質的には、インジウム-ガリウム-砒素 (InGaAs) から成ってもよい。その他に、装置 1 0 は、例えば 1 2 0 0 nmから 1 7 0 0 nmの波長範囲で動作するインジウム-燐 (InP) 材料系で製造されてもよい。

【0069】

半導体レーザ装置 1 0 を製造する方法は、

- (1) 板 8 0 上の第 1 の光クラッド荷電キャリア閉じ込め層 6 0 と、
量子井戸構造部 7 7 が形成されたガイド (レーザ光放出材料) 層 5 5 と、
第 2 の光クラッド閉じ込め層 6 5 とを順に形成し、
- (2) レーザ光放出材料層 5 5 内に受動領域 4 5 を形成し、
- (3) 上方クラッド層 6 5 の少なくとも一部から峰部 7 0 を形成する、
工程から構成される。

10

20

30

40

50

【0070】

工程 (2) 及び (3) は入れ替えててもよい。

【0071】

この実施形態では、受動領域 4 5 は、受動領域 4 5 内に空隙を生み出す工程を有する量子井戸混合 (QWI) 技術によって形成される。また、前記量子井戸混合技術は、イオンを受動領域 4 5 内に打ち込み又は拡散し、次いで量子井戸構造よりも大きな禁制帯幅を有するガイド層の複数の組成上無秩序領域を作り出すためにアニールする工程を有するものであってもよい。

【0072】

QWI 技術は、不純物無しの空隙を生み出すことによって実施され、都合よく、量子井戸混合を達成するために損傷 (ダメージ) 誘発技術を用いる。この技術は、実質的にアルゴンガス雰囲気内でダイオードスパッタリング装置の使用によって、半導体装置材料の表面の少なくとも一部上にシリカ (SiO_2) などの誘電体層を、少なくとも点構造欠陥を誘電体層に隣接する材料の一部に持ち込むように堆積し、

プラズマ強化 (エンハンスト) 化学気相成長法 (PECVD) のような非スパッタリング技術によって、半導体装置材料の表面の少なくとも他の一部上に更なる誘電体層を随意に堆積し、

半導体装置材料をアニールし、それによって、半導体装置材料から誘電体層にガリウムを移す、

ことを必要とする。

【0073】

また、この第 1 の実施形態の装置 1 0 を製造する方法は、装置の第 2 の実施形態の製造方法を参照して以下に述べられる工程を有するか又は含んでもよい。

【0074】

工程 (2) で、受動領域 4 5 は、量子井戸構造部 7 7 よりも大きな禁制帯幅及びより低い吸収作用を有するレーザ光放出材料層 5 5 の組成上無秩序層 7 8 を作るために、都合のよいように、QWI によって、領域 4 5 内に形成される。

【0075】

工程 (3) は、例えば、湿式又は乾式エッチングなどの知られたエッチングによって達成されてもよい。

【0076】

図 1 ~ 図 3 から分かるように、受動層 4 5 の長さは、本実施形態では、装置 1 0 の長さよりも短い。この配置で、光利得領域 4 0 に隣接する受動層 4 5 が与えられる。

【0077】

図 2 から分かるように、受動領域 4 5 の少なくとも一部は峰部 7 0 よりも幅広い。それ故、受動領域 4 5 は、量子井戸構造部 7 7 内で光ビームを閉じ込める峰部 7 0 に隣接する回折領域を与える。この実施形態では、峰部 7 0 は受動領域 4 5 を越えて延伸しない。

【0078】

この製造方法は、接触層 85 及び 20 を基板 80 の下方面 95 及び峰部 70 の上方面 90 にそれぞれつける工程を含む。接触層 20 は峰部 70 の一部につけられ、それで半導体レーザ装置 10 は活性層 40 及び峰部 70 の下方の少なくとも 1 つの第 2 の受動領域 110 を有する。第 2 の受動領域 110 がレーザ装置 10 の第 1 の端 71 に又は近くに与えられるように、峰部 70 の一部は装置 10 の一端に隣接する。量子井戸混合 (QWI) 技術によって第 2 の受動領域 110 が受動領域 45 に同様に形成されてもよい。

【0079】

それぞれ半導体レーザ装置 10 の後方反射体及び出力結合器を形成するコーティング部 71 及び 81 が図 1 に示される。コーティング部 71 及び 81 は装置 10 の第 1 及び第 2 の端を少なくとも部分的に覆う。コーティング部 71 は、高い反射作用のコーティングで、例えば、典型的には 90% よりも高く、光学上受動 QWI 領域 110 と共に非吸収鏡 (NAM) を与える。光学上受動領域 110 は利得領域 40 の出力側に位置し、回折領域として働く。回折領域は光放射 (光) を広げることによって第 2 の端 76 に衝突する光放射の強度を減少させる。反射防止コーティング部 81 は、レーザ装置 10 に戻る 1% と 10%との間のパーセンテージの光放射を、残りの光放射をレーザ装置出力として送波しながら、反射する。

【0080】

組成上無秩序レーザ光放出材料領域 45, 78 及び 110 は、後述するように、量子井戸混合 (QWI) を介して達成される。量子井戸混合 (QWI) は半導体レーザ光放出材料層又はガイド層 55 内で井戸の量子井戸閉じ込めを消し去る。本実施形態では、量子井戸混合 (QWI) は不純物が無く “青色ヘシフト” され、すなわち、典型的には、20 ~ 30 meV より大きく、より典型的には、キャリアが注入された場合の光活性領域 40 と量子井戸混合 (QWI) 受動領域 45 及び 110 との間におよそ 100 meV 以上の違いが存在する。高次のモードが領域 45 を通って伝播するとき高次のモードが基本モードよりも大きな回折損失を被るので、受動領域 45 は空間モードフィルタとして働く。このように、基本モードは活性領域 40 とより大きな重なりを有し、選択的に増幅される。それ故、半導体レーザ装置 10 は単一モードの出力を奨励する。

【0081】

さて、図 4 ~ 図 6 を参照して、本発明の第 2 の実施形態にしたがって、全般的に 10 で指示される半導体レーザ装置が図示される。装置 10a の似た部分は、接尾された “a” を除いて、装置 10 に似た番号によって示される。

【0082】

第 2 の装置 10a と第 1 の装置 10 との違いは、まだその上に更なる量子井戸混合 (QWI) 受動領域 150a が、峰部 70a の下で、かつ接触部 20a の一端 155a と位置 75a との間で、装置 10a に与えられることであり、すなわち、接触部 20a は位置 75a にまでは到らない。図 4 から分かるように、まだその上に更なる量子井戸混合 (QWI) 受動領域 150a は、本実施形態では、受動領域 45a よりも長さにおいて実質的に短い。

【0083】

まだその上に更なる量子井戸混合 (QWI) 受動領域 150a の一端 160a が、まだその上に更なる領域 150a が使用中に出力ビームの向き操りを防ぐことを手伝うように、位置 75a に与えられる。領域 150a は回折受動領域 45a よりも識別力がある空間モードフィルターとして働く。すなわち、導波路 15a は単一モードにおけるように設計されているので、更なる受動領域 150a は、電流が注入されないとき、使用中、单一モードのままである。

【0084】

動作されたとき、接触無し更なる受動領域 150a は入力キャリアにより実質的に非線形の効果のいずれも有さず、電気的な駆動電流が変化するとき出力ビームの向き操りを避け、ビームの向き操りを修正する。同様の配置が非吸収鏡 (NAM) が動作する装置 10a の第 1 の端 71a に存在する。

【 0 0 8 5 】

また、この実施形態は、第1の実施形態を参照して記述されたように、回折受動領域45に帰する利点を有する。

【 0 0 8 6 】

特に図6を参照して、少なくとも第1の実施形態の装置10にもまた適用される複数の部分を有する半導体レーザ装置10aの製造のための方法が説明されるであろう。

【 0 0 8 7 】

この方法は基板80aの提供で始まる。基板80aはガリウム-砒素(GaAs)を有し、n型に強くドープされる。第1の光クラッド-荷電キャリア閉じ込め層60aが基板80a上で成長する。第1の荷電キャリア閉じ込め層60aは、アリミニウム-ガリウム-砒素(AlGaAs)を有し、第1の濃度でn型にドープされる。第1のクラッド層60aは、例えばおよそ3.0から3.5までの屈折率を有し、典型的に1μmから3μmまでの厚みである。光活性ガイドコア半導体レーザ光放出材層55aが第1のクラッド層60a上で成長する。また、この層55aはAlGaAsを有する。層55aは実質的には真性である。活性層55aは、例えばおよそ3.0から3.5までの屈折率を有し、典型的に数百nmの厚みまで成長する。層55a内に量子井戸構造部77aが与えられる。10

【 0 0 8 8 】

第2のクラッド層65aが層55a上で成長する。第2のクラッド層65aは実質的に低いクラッド層濃度に等しいドープ濃度でp型である。また、第2のクラッド層65aは第1のクラッド層60aと同様の厚さ、組成及び屈折率のAlGaAsを有する。このように、量子井戸(QW)構造部77aはn型の第1のクラッド層60aとp型の第2のクラッド層65aとの間に挟まれる。活性層55aはクラッド層60a及び65aよりも低いアルミニウム(Al)含有量を有する。活性層55aはクラッド層60a及び65aよりも大きな屈折率を有する。20

【 0 0 8 9 】

選択的なQWIマスク(図示せず)はQWIになっていない装置10aの複数部分に渡って置かれる。量子井戸構造部77aに及び周囲に量子井戸混合を作り出すために好ましく用いられる技術は、この実施形態では、間隙を用いるダメージ誘発技術である。しかしながら、量子井戸構造部77aと量子井戸混合受動領域45a及び105aとの間での禁制帯幅エネルギーでの違いを達成する如何なる他の量子井戸混合技術も本発明の範囲内で用いることができることは理解されるであろう。好ましいダメージ誘発技術は、装置10a上に堆積されるべきスパッタリングされる酸化シリコン(SiO₂)キャップを必要とする。堆積されるSiO₂の薄い層に引き続き、装置は、それをアニールするために、高められた(高い)温度に実質的に加熱される。30

【 0 0 9 0 】

一旦、装置10aがアニールされると、第2のクラッド層65aのいずれかの側に峰部70aが定められるのだが、ひとたび適切なエッチングマスクが峰部70aを定める領域に渡って置かれると、第2のクラッド層65aの複数部分が知られたエッチング技術によってエッチングされて取り除かれる。

【 0 0 9 1 】

次いで、金属の接触部20a及び85aが知られたリソグラフィー技術によって、装置10aの電気駆動を許すように、峰部70a及び引き続き部80aにそれぞれ堆積される。40

【 0 0 9 2 】

このように、図5で、断面で見せる装置10aは一体構造の(モノリシック)半導体レーザ装置構造である。レーザ装置10の活性又は利得部40aは層55a内にあり、上方の峰部70aによって量子井戸構造部77a内に閉じ込められる。量子井戸構造部77a周囲の量子井戸(QW)混合領域45a, 110a及び150aが前述のように配置される。

【 0 0 9 3 】

QWIマスクの寸法を変えることにより、又装置10a上で一度以上量子井戸混合(QW

50

I) を実行することにより、多数の量子井戸混合 (Q W I) 受動領域 4 5 a , 1 1 0 a 及び 1 5 0 a を作り出すことが可能である。追加的に、Q W I マスクが回折受動領域 4 5 a で量子井戸混合 (Q W I) のためにだけ与えられてもよく、このように、導波路 1 5 a が上方の峰部 7 0 a のみによって定められた装置 1 0 a を作り出す。

【 0 0 9 4 】

前述の両実施形態は、受動的であるときに回折作用を有し装置 1 0 又は 1 0 a の水平方向幅を横切って延伸する 5 5 又は 5 5 a 内に 1 つの部分 4 5 又は 4 5 a を含む。このように、半導体レーザ装置 1 0 又は 1 0 a は単一モード屈折率 (インデックス) 結合半導体導波路レーザの一端に 1 つの回折領域 4 5 又は 4 5 a を有する。回折領域 4 5 又は 4 5 a は、光放射が回折するのを許す受動スラブ導波路領域に効果的になる。

10

【 0 0 9 5 】

回折領域 4 5 又は 4 5 a は装置 1 0 又は 1 0 a の出力又は明るさを減少させることなく 1 つの出力端 8 1 又は 8 1 a 上での光強度を効果的に低めるが、その理由は、回折角度はリッジ導波路 7 0 又は 7 0 a と装置 1 0 又は 1 0 a の他の領域のそれぞれとの間の相対屈折率差によって制御されるからである。また、受動スラブ導波路回折領域 4 5 及び 4 5 a のそれぞれは、それらがレーザ空隙内で本質的に回折領域であるために、空間モードフィルターとして使用され得る。このことは、高次の導波路モードが回折領域 4 5 又は 4 5 a を横切って伝播するとき高次の導波路モードは基本モードよりも大きな回折損失を被るという、利点を有する。このように、基本モードは利得領域 4 0 とより大きな重なりを有し、選択的に增幅される。従って、本発明のため、回折領域 4 5 又は 4 5 a が装置 1 0 又は 1 0 a の光活性領域 4 0 又は 4 0 a よりも大きな禁制帯幅エネルギーを有することは有益である。

20

【 0 0 9 6 】

不純物無し混合は、これが不純物の追加を介する光損失を追加することなく禁制帯幅エネルギーでの増加を作り出すので、本発明において有益に用いられる。

【 0 0 9 7 】

本発明の更なる利点は、装置出力での受動量子井戸混合領域で利得領域を去る光放射を回折することである。ビーム寸法が装置 1 0 又は 1 0 a の両端で増加するので、それぞれの切開面でのカタストロフィ光学鏡ダメージ (C O M D) レベルが増加し、結果的に、より大きな出力を達成できる。回折領域が無い装置と比較して、屈折率変化を注意深く選択することにより、出力ビームのモードは水平方向に広がった基本モードとして保持される。

30

【 0 0 9 8 】

本発明の更なる利点は、高次のモードが伝播するというリスク無しで、大きな駆動電流を接触部 2 0 及び 8 5 、又は 2 0 a 及び 8 5 a 間で使用し得ることである。半導体レーザ装置で駆動電流が増加するにつれて、利得領域の周囲の部分の屈折率が非線形になるということは知られている。屈折率が変化すると、高次のモードは、“ キンク電流 ” に至るとき、維持される。本発明では、このことは、これらの高次モードが量子井戸混合 (Q W I) 領域内でより大きな広がり角度を被るので、除去される。さらに、更なる受動領域 1 5 0 a により、ビーム・ステアリング及び特別のモード識別が得られる。

40

【 0 0 9 9 】

本発明の範囲から逸脱することなく変更が本発明に対してなされ得ることは、本技術に熟練した者たちによって理解されるであろう。

【 0 1 0 0 】

特に、導波路よりも短い 1 つの又は複数の電気接触部を備えた本発明の実施形態の利点は、電気接触部無しでの導波路の一部又は複数の部分が、それ又はそれらに注入される電流が無いので、使用中に、単一モードに維持されることであるということが認識されるであろう。

【 0 1 0 1 】

開示された実施形態に対する変更の一つは、開示された峰部の代わりに、埋め込みヘテロ構造の導波路を用いることであろう。

50

【図面の簡単な説明】**【0 1 0 2】**

【図1】本発明の第1の実施形態に係る半導体レーザ装置の平面図である。

【図2】図1の半導体レーザ装置の一端及び上方の側からの斜視図である。

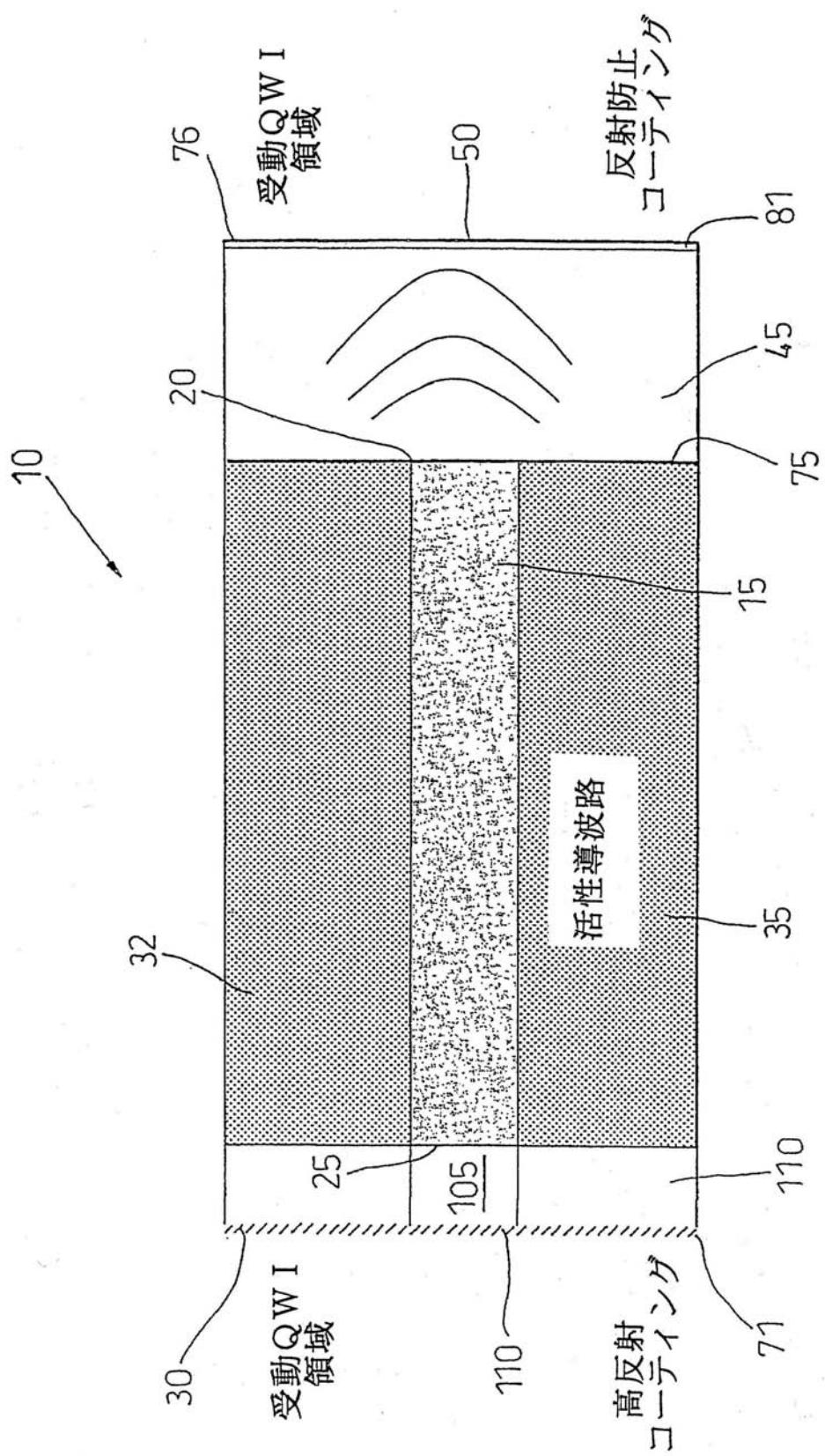
【図3】線A-A'に沿った図2の装置の断面図である。

【図4】本発明の第2の実施形態に係る半導体レーザ装置の平面図である。

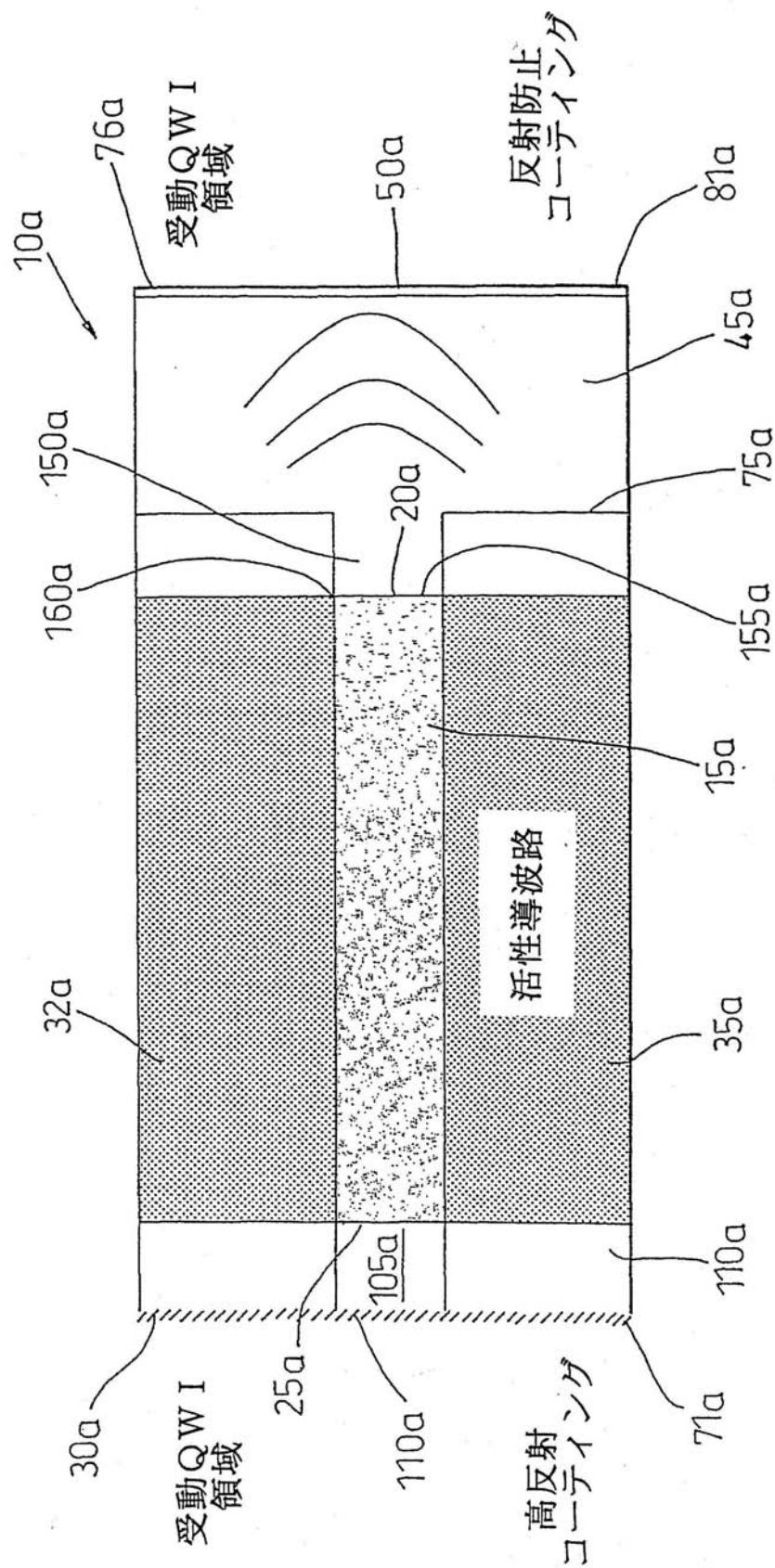
【図5】図4の半導体レーザ装置の一端及び上方の側からの斜視図である。

【図6】線A-A'に沿った図5の装置の断面図である。

【図1】



【図4】



【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau(43) International Publication Date
1 August 2002 (01.08.2002)

PCT

(10) International Publication Number
WO 02/060023 A1

(51) International Patent Classification: H01S 5/16 (74) Agent: CHARIG, Raymond, J.; Eric Potter Clarkson, Park View House, 58 The Ropewalk, Nottingham NG1 5DD (GB).

(21) International Application Number: PCT/GB02/00290

(22) International Filing Date: 23 January 2002 (23.01.2002)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
0101641.9 23 January 2001 (23.01.2001) GB

(71) Applicant (for all designated States except US): THE UNIVERSITY COURT OF THE UNIVERSITY OF GLASGOW [GB/GB]; Gilbert Scott Building, University Avenue, Glasgow G12 8QQ (GB).

(81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, IIR, IHU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SL, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NL, SN, TD, TG).

(72) Inventors: and

(75) Inventors/Applicants (for US only): HAMILTON, Craig, James [GB/GB]; 45 Lamont Avenue, Bishopton, Renfrewshire PA7 5JU (GB). MARSH, John, Haig [GB/GB]; 1 Bellshaugh Gardens, Glasgow G12 0SN (GB).

Published:

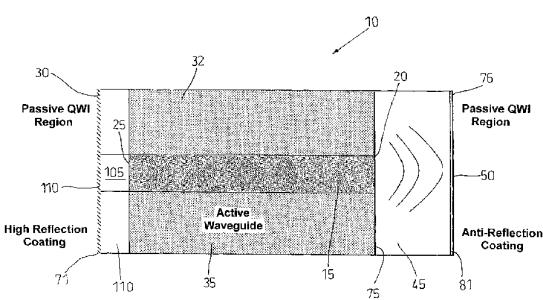
with international search report

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: IMPROVEMENTS IN OR RELATING TO SEMICONDUCTOR LASERS



WO 02/060023 A1



(57) Abstract: There is disclosed an improved semiconductor laser device (10; 10a), e.g. a single mode index guided laser diode. The device (10; 10a) comprises: an optical waveguide (15; 15a); at least one electrical contact (20; 20a) extending along part of a length of the waveguide (15; 15a); and wherein the at least one electrical contact (20; 20a) is shorter than the optical waveguide (15; 15a). By this arrangement a part of parts of the waveguide (15; 15a) are not electrically pumped, in use.

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

IMPROVEMENTS IN OR RELATING TO SEMICONDUCTOR LASERSFIELD OF INVENTION

The present invention relates to semiconductor laser devices, and in particular, though not exclusively, to a single mode index guided laser diode.

BACKGROUND OF INVENTION

In many applications there is a desire for semiconductors laser devices to operate with a single spatial mode output. This output is desirable, for example, for increased coupling to single mode fibres, and for generating small spot sizes with high light intensities. Typically laser diodes generating single mode outputs use index guided laser structures which have either a ridge or a buried heterostructure waveguide. Such devices comprise, for instance as disclosed in EP 0 475 330, a laser structure comprising a substrate, lower and upper charge carrier confining layers on said substrate, a ridge extending over a portion of said upper confining layer and laterally confining the optical mode of said laser, whereby a layer of active lasing material is sandwiched between said confining layers, said layer comprising a quantum well structure and being configured as an active region.

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

2

Though these devices provide a single spatial mode output, the total output power is limited due to the Catastrophic Optical Mirror Damage (COMD) level at ends (facets) of the device. Each laser facet is cleaved semiconductor, and as such contains a high density of vacancies and broken bonds which can lead to the absorption of generated light. Light or electrical current absorbed at the laser facets generates heat as excited carriers recombine non-radiatively. This heat reduces the semiconductor band-gap energy, leading to an increase in absorption inducing thermal runaway which results in COMD.

Other problems with these devices include the propagation of higher order modes at high drive currents. These higher order modes propagate due to high levels of injected carriers influencing the refractive index and optical gain in areas immediately adjacent the active region.

It is an object of at least one embodiment of at least one aspect of the present invention to provide a laser device (such as a single mode index guided laser) which obviates or mitigates at least one of the aforementioned disadvantages of the prior art.

It is a further object of at least one embodiment of at least one aspect of the present invention to provide a semiconductor laser device, which, by use of a diffractive region at an end of a laser region (such as a single mode

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

3

index confined semiconductor laser region), provide as single mode output at increased output power levels.

It is a still further object of at least one embodiment of at least one aspect of the present invention to provide a semiconductor laser device wherein, by incorporating a passive region formed by Quantum Well Intermixing using an impurity free technique in a gain region, beam steering characteristics of the laser device can be improved, ie by reducing the tendency to beam steer.

SUMMARY OF INVENTION

According to a first aspect of the present invention, there is provided a semiconductor laser device comprising:

an optical waveguide;
at least one electrical contact extending along part of a length of the waveguide; and wherein the at least one electrical contact is shorter than the optical waveguide.

Preferably, at least one end of the/each electrical contact is spaced from a respective end of the optical waveguide.

In one embodiment, the optical waveguide is a ridge waveguide, and the at least one electrical contact is provided on the ridge waveguide.

By this arrangement a part or parts of the ridge waveguide will not be electrically pumped, in use. It has

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

4

been surprisingly found by this arrangement, that the semiconductor laser device may be operated as a mode control discriminator/stabiliser. Since the waveguide is single mode, the non pumped portion of the waveguide with no current injection should remain single mode, in use.

Preferably a length of the optical waveguide may be around 200 to 2000 μm , while a length/total length of the electrical contact(s) may be around 100 to 1900 μm .

In a modified embodiment there may be provided a first compositionally disordered or quantum well intermixed material bounding sides of the optical waveguide.

According to a second aspect of the present invention, there is provided a method of fabricating a semiconductor laser device comprising the steps of:

- (i) forming an optical waveguide;
- (ii) forming at least one electrical contact along part of a length of the waveguide, such that the at least one electrical contact is shorter than the optical waveguide.

According to a third aspect of the present invention there is provided a semiconductor laser device, comprising:

an optical active region including an optical waveguide and an optically passive region(s) provided at one or more ends of the optical waveguide; wherein the at least one of the optically passive region(s) is broader than the optical waveguide so that, in use, an

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

5

optical output of the optical waveguide diffracts upon traversing the at least one optically passive region.

In this way, the optical output may be expanded so that an intensity of optical radiation (light) impinging on an output facet of the device is reduced. Hence an output power of the device can be increased without reaching the COMD limit of the output facet.

Preferably the optically active and passive region(s) are provided within a core or guiding layer between first (lower) and second (upper) optical cladding/charge carrier confining layers, which guiding layer may comprise an active lasing material.

Preferably a ridge is formed in at least the second cladding layer and extends longitudinally from a first end of the device to a position between the first end and a second end of the device.

Additionally the active lasing material layer may include a Quantum Well (QW) structure.

Preferably the optically passive region(s) may comprise a first compositionally disordered or Quantum Well Intermixed (QWI) semiconductor (lasing) material region provided from or adjacent to the aforesaid position to the second end of the device.

In a modification of the device there may be provided second compositionally disordered (lasing) material regions laterally bounding the optical active region.

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

6

The first and second QWI materials may have a larger band-gap than the active region. The first and second compositionally disordered lasing materials may therefore have a lower optical absorption than the active region.

Preferably the device may be of a monolithic construction.

More preferably the device may include a substrate layer upon which may be provided the first cladding layer, core layer, and second cladding layer respectively.

Preferably the second end or facet may comprise an output of the semiconductor laser device. The first QWI material may therefore act as a diffractive region at the said output of the laser device. The diffractive region may act, in use, to reduce the intensity of optical radiation impinging on the said facet by spreading out the optical radiation.

More preferably the facet includes an anti-reflective coating on cleaved semiconductor. Preferably the anti-reflective coating may be around 1% - 10% reflective. The combination of the first QWI diffractive region and the anti-reflective coating provides a Non-Absorbing Mirror (NAM) which further raises the COMD level of the facet and consequently the output power of the laser device can be raised.

Advantageously, the first and second compositionally disordered materials may be substantially the same.

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

7

The QWI washes out the quantum well confinement of the wells within the semiconductor laser material. More preferably, the QWI may be substantially impurity free. The QWI regions may be "blue-shifted", that is, typically greater than 20 - 30 meV, and more typically, a 100meV or more difference exists between the optical active region when pumped with carriers and the QWI passive regions. The first compositionally disordered lasing material therefore acts as a spatial mode filter as higher order modes will experience greater diffraction losses as they propagate through the first compositionally disordered lasing material than the fundamental mode. Thus the fundamental mode will have a greater overlap with the active region and be selectively amplified. The semiconductor laser device may therefore be adapted to provide a substantially single mode output.

Preferably the semiconductor laser device further comprises respective layers of contact material contacting an (upper) surface of the ridge and a (lower) surface of the lower cladding layer. Alternatively and preferably, the contact material may contact an upper surface of the ridge and a lower surface of the substrate. The contact layers may provide for drive current to the optical active or "gain" region. It will be appreciated that references to "upper" and "lower" are used herein for ease of reference, and that in use, the device may be oriented in any of

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

8

various dispositions.

In an embodiment of the present invention the material contacting an upper surface of the ridge may have a smaller area than the area of the upper surface of the ridge. In this embodiment a contact-free portion of the ridge exists. This contact-free portion may provide a second passive region within the core layer of the semiconductor laser device. The second passive region may have a larger band-gap energy and therefore lower absorption than the active region. The second passive region may be formed by Quantum Well Intermixing as hereinbefore described.

Preferably the second passive region may be part of the ridge. Preferably also an end of the second passive region is provided at the aforesaid position such that the second passive region is at an effective "output end" of the laser device. The second passive region may assist in correct beam steering.

Preferably, a length from the position to the second end of the device may be around three orders of magnitude smaller than a length between the first and second ends of the device. Preferably also the second passive region may be substantially smaller in length than the passive region, i.e. the distance between the aforesaid position and the second end of the device.

In an embodiment of the semiconductor laser device, the semiconductor laser device may have a ridge width of

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

9

around 1 to 5 μm , a width of around at least three times that of the ridge, and preferably around 15 μm , a distance between the ends of around 1-2mm, a distance between the first end and the position of around 1.5mm, and a passive region having a length of around 0.5mm.

Preferably the semiconductor laser device is fabricated in a III - V materials system such as Gallium Arsenide (GaAs) or as Aluminium Gallium Arsenide (AlGaAs), and may therefore lase at a wavelength of substantially between 600 and 1300 nm. The first and second compositionally disordered materials may substantially comprise Indium Gallium Arsenide (InGaAs). It will, however, be appreciated that other material systems may be employed, eg Indium Phosphide, (InP), and may therefore lase at a wavelength of substantially between 1200 and 1700 nm.

According to a fourth aspect of the present invention there is provided a method for fabricating a semiconductor laser device comprising the steps of:

- (i) forming in order:
 - a first optical cladding/charge carrier confining layer;
 - a core (lasing material) layer, in which is formed a Quantum Well structure; and
 - second optical cladding/charge carrier confining layer;

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

10

- (ii) forming a passive region(s) in the lasing material layer; and
- (iii) forming a ridge from at least a portion of the second cladding layer.

Step (i) may be carried out by known growth techniques such as Molecular Beam Epitaxy (MBE) or Metal Organic Chemical Vapour Deposition (MOCVD).

Steps (ii) and (iii) may be interchanged, though it is preferred to carry out step (ii) then step (iii).

Preferably the passive region(s) may be formed by a Quantum Well Intermixing (QWI) technique which may preferably comprise generating vacancies in the passive region(s), or may alternatively comprise implanting or diffusing ions into the passive region(s), and annealing to create a compositionally disordered region(s) of the core layer, having a larger band-gap than the Quantum Well structure.

Preferably the QWI technique may be performed by generating impurity free vacancies, and more preferably may use a damage induced technique to achieve Quantum Well Intermixing. In a preferred implementation of such a technique, the method may include the steps of:

depositing by use of a diode sputterer and within a substantially Argon atmosphere a dielectric layer such as Silica (SiO_2) on at least part of a surface of the semiconductor laser device material so as to introduce

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

11

point structural defects at least into a portion of the material adjacent the dielectric layer;

optionally depositing by a non-sputtering technique such as Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition (PECVD) a further dielectric layer on at least another part of the surface of the material;

annealing the material thereby transferring Gallium from the material into the dielectric layer. Such a technique is described in co-pending application entitled "Method of Manufacturing Optical Devices and Related Improvements" also by the present Applicant, and having the same filing date as the present application, the content of which is incorporated herein by reference.

Preferably in step (ii) the passive region may be formed by QWI into the region(s) to create a compositionally disordered region of the lasing material having a larger band-gap than the Quantum Well structure.

Preferably step (iii) may be achieved by known etching techniques, eg dry or wet etching.

Preferably a length of the passive region is shorter than a length of the device. This arrangement provides a passive region adjacent a gain region.

More preferably, at least part of the passive region may be broader than the ridge. The passive region therefore provides a diffractive region adjacent the ridge which confines an optical beam within the QW structure.

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

12

Advantageously the ridge may not extend over the said passive region.

Preferably the method may include the step of initially providing a substrate onto which is grown the first cladding layer, core layer, and second cladding layer, respectively.

Preferably, step (ii) may be performed by generating impurity free vacancies, and more preferably may use a damage enhanced technique to achieve Quantum Well Intermixing.

Preferably, the method may include the step of applying electrical contact layers to a surface of the lower cladding layer and a surface of the ridge. Alternatively and preferably, electrical contact layers may respectively be applied to a lower surface of the substrate, and an upper surface of the ridge.

In an embodiment of the invention, one of the electrical contact layers may be applied to a portion of the ridge so that the semiconductor laser device has an active region, and at least one second passive region below, ie within the area of the ridge. Preferably the portion of the ridge may be adjacent a first end of the device, such that the second passive region is provided at or near an "output end" of the laser device.

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

13

BRIEF DESCRIPTION OF DRAWINGS

A number of embodiments of the present invention will now be described, by way of example only, with reference to the accompanying drawings, which are:

- Figure 1 align a plan view of a semiconductor laser device according to a first embodiment of the present invention;
- Figure 2 a perspective view from one side to one end and above of the semiconductor laser device of Figure 1;
- Figure 3 a cross-sectional view of the device of Figure 2 along line A-A;
- Figure 4 a plan view of a semiconductor laser device according to a second embodiment of the present invention;
- Figure 5 a perspective view from one side to one end and above of the semiconductor laser device of Figure 4; and
- Figure 6 a cross-sectional view of the device of Figure 5 along line A-A'.

DETAILED DESCRIPTION OF DRAWINGS

Referring firstly to Figures 1 to 3, there is shown a semiconductor laser device, generally designated 10, according to a first embodiment of the present invention.

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

14

The device 10 comprises: an optical waveguide 15; at least one electrical contact 20 extending along part of a length of the waveguide 15, and wherein the at least one electrical contact 20 is shorter than the optical waveguide 15.

One end 25 of the electrical contact 20 is spaced from a respective end 30 of the optical waveguide 15. In this embodiment, the optical waveguide 15 is a ridge waveguide, and the electrical contact 20 is provided along part of the ridge waveguide 15. By this arrangement a part or parts of the ridge waveguide 15 will not be electrically pumped in use.

A length of the optical waveguide 15 may be around 200 to 2000 μm , while a length total length of the electrical contact 20 may be around 100 to 1900 μm .

In this embodiment, the part of the ridge waveguide 15 having contact 20, is laterally bounded by etched portions 32,35.

In a modified embodiment the etched portions 32,35 may comprise compositionally disordered or Quantum Well Intermixed portions bounding sides of the optical waveguide 15.

The device 10 further comprises:

an optical active or gain region 40 including 45 optical waveguide 15, and an optically passive region 45 provided at an end of the optical waveguide 15; wherein

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

15

the optically passive region 45 is broader than the optical waveguide 15 so that, in use, an optical output of the optical waveguide 15 diffracts as it traverses the optically passive region 45.

In this way, the optical output is expanded so that the intensity of light impinging on an output facet 50 of the device 10 is reduced, and hence an output power of the device 10 can be increased without reaching the COMD limit of the output facet 50.

The optically active and passive regions 40,45 are provided within an optical guiding or core layer 55 between first and second (lower and upper) optical cladding confining layers 60,65. The first cladding layer 60, guiding layer 55, and second cladding layer 65 may each have a refractive index of around 3.0 to 3.5, the guiding layer 55 having a higher refractive index than the cladding layers 60,65.

A ridge 70 is formed in at least the second cladding 65, and extends longitudinally from a first end 70 of the device 10 to a position 75 between the first end 70 and a second end 76 of the device 10.

The optical guiding layer 55 comprises an active lasing material layer including a Quantum Well structure 77.

The optically passive region 45 includes a compositionally disordered semiconductor material 78

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

16

provided within the guiding layer 55 from or adjacent to the aforesaid position 75 to the second end 76 of the device 10.

The compositionally disordered lasing material 78 has a larger band-gap than the guiding layer 55 with Quantum Well structure 77. The compositionally disordered lasing material 78 has a lower absorption than the active layer 55 without composition disorder.

As can be seen from Figure 1 - 3, the device 5 is of a monolithic construction including a substrate 8, upon which the other layers 60, 55, 65 are grown by conventional III - V semiconductor growth techniques, eg Molecular Beam Epitaxy (MBE) or Metal Organic Chemical Vapour Deposition (MOCVD).

The second end 76 output facet 50 comprises an output of the semiconductor laser device 10. The compositionally disordered lasing material 78 therefore acts as a diffractive region at the said output facet 50 of the laser device 5. The diffractive region acts, in use, to reduce the intensity of optical radiation (light), impinging on the said facet 50 by spreading out the optical radiation.

The facet 50 optically includes an anti-reflective coating 81 on cleaved semiconductor. The anti-reflective coating 81 may be around 1% - 10% reflective. The combination of the diffractive passive region 45, and the anti-reflective coating 81 provides a Non-Absorbing Mirror

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

17

(NAM) which further raises the COMD level of the facet 50, and consequently the output power of the laser device 10 can be raised.

The compositionally disordered lasing material 78 may be achieved through Quantum Well Intermixing (QWI), as will be described in greater detail hereinafter. The QWI washes out the Quantum Well confinement of the wells 77 within the guiding layer 55, ie semiconductor laser material. More preferably, the QWI may be substantially impurity free. The QWI passive region 45 is "blue shifted", that is, typically 100 meV or more difference exists between the optical gain region 40 when pumped with carriers and the QWI passive region 45. The compositionally disordered lasing material 78 therefore acts as a spatial mode filter as higher order modes will experience greater diffraction losses as they propagate through the compositionally disordered lasing material 78 than the fundamental mode. Thus the fundamental mode will have a greater overlap with the active region 40 and be selectively amplified. The semiconductor laser device 10 can therefore be adapted to provide a substantially single mode output.

The semiconductor laser device 10 further comprises respective layers of metallic contact material 20,85 contacting an upper surface 90 of the ridge 70, and a lower surface 95 of the substrate 80. The contact layers 20,85 provide for drive current to the optical gain region 40.

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

18

It will be appreciated that references to "upper" and "lower" are used for ease of reference and that, in use, the device 10 may be oriented in any of various dispositions. The contact 20 material contacting the upper surface 90 of the ridge 70 has a smaller area than a total area of the upper surface 90 of the ridge 70. In this embodiment, a contact-free portion 105 of the ridge 70 exists. This contact-free portion 105 provides a further passive region 110 at an end of the optically active region 40 of the semiconductor laser device 10. The second passive region 105 has a larger band-gap energy and lower absorption than the optically active or gain region 40. The further passive region 10 may be formed by QWI. As can be seen from Figure 1, the further passive region 105 is as laterally extensive as the ridge 70.

In a preferred arrangement, a length from the position 75 to the second end 76 of the device 10, is around three orders of magnitude smaller than a length between the first end 71 and the second end 76 of the device 10.

In such an embodiment of the semiconductor laser device 10, the semiconductor laser device 10 has a ridge width of around 1 to 5 µm, a width of around at least 15µm, a distance between the ends 71,76 of around 1-2mm, a distance between the first end 71 and the position 75 of around 1.5mm, and a passive region 45 having a length of around 0.5mm.

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

19

The semiconductor laser device is in the embodiment fabricated in a Gallium Arsenide (GaAs) materials system such as Aluminium Gallium Arsenide (AlGaAs) material system, and may therefore lase at a wavelength of between 600 and 1300 nm, and preferably around 980 nm. The guiding layer 55 may substantially comprise in Indium Gallium Arsenide (InGaAs). Alternatively, the device 10 may be fabricated in an Indium Phosphide (InP) materials system, eg operating in a wavelength range of 1200 to 1700 nm.

A method for fabricating the semiconductor laser device 10 comprises the steps of:

- (i) forming in order:
the first optical cladding charge carrier
confining layer 60 on substrate 80;
guiding (lasing material) layer 55 in which is
formed Quantum Well structure 60;
and
second optical cladding confining layer 65;
- (ii) forming passive region 45 in the lasing material
layer 55; and
- (iii) forming ridge 70 from at least a portion of the
upper cladding layer 65.

Steps (ii) and (iii) may be interchanged.

In this embodiment, the passive region 45 is formed by a Quantum Well Intermixing (QWI) technique which comprises generating vacancies in the passive region 45, or may

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

20

alternatively comprise implanting or diffusing ions into the passive region 45, and annealing to create compositionally disordered regions of the guiding layer having a larger band-gap than the Quantum Well structure 77.

The QWI technique is performed by generating impurity free vacancies and advantageously uses a damage induced technique to achieve Quantum Well Intermixing. The technique requires depositing by use of a diode sputterer, and within a substantially Argon atmosphere, a dielectric layer such as Silica (SiO_2) on at least part of a surface of the semiconductor layer device material so as to introduce point structural defects at least into a portion of the material adjacent the dielectric layer;

optionally depositing by a non-sputtering technique such as Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition (PECVD) a further dielectric layer on at least another part of the surface of the material;

annealing the material thereby transferring Gallium from the material into the dielectric layer.

The method of fabricating the device 10 of this first embodiment may also comprise or include steps hereinafter described with reference to a method of fabrication of a second embodiment of the device.

In step (ii) the passive region 45 is advantageously formed by QWI into the region 45 to create the

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

21

compositionally disordered region 78 of the lasing material layer 55 having a larger band-gap and lower absorption than the Quantum Well structure 60.

Step (iii) may be achieved by known etching, eg wet or dry etching.

As can be seen from Figures 1 to 3, a length of the passive region 45 is in this embodiment shorter than a length of the device 10. This arrangement provides a passive region 45 adjacent optical gain region 40.

As can be seen from Figure 2, at least part of the passive region 45 is broader than the ridge 75. The passive region 45 therefore provides a diffractive region adjacent the ridge 75 which confines an optical beam within the QW structure 60. The ridge 70 does not in this embodiment extend over the said passive region 45.

The fabrication method includes the step of applying the contact layers 85,20 to the lower surface 95 of the substrate 80 and to an upper surface 90 of the ridge 75. The contact layer 80 is applied to a portion of the ridge 70 so that the semiconductor laser device 10 has an active region 40, and at least one second passive region 110 below the ridge 75. The portion of the ridge 70 is adjacent an end of the device 10, such that the second passive region 110 is provided at or near a first end 71 of the laser device 10. The second passive region 110 may be formed by a QWI technique in a similar manner to the passive region

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

22

45.

Illustrated in Figure 1 are coatings 71,81 which form a back reflector and an output coupler of the semiconductor laser device 10, respectively. The coatings 71,81 at least partly cover the first and the second ends 70,76 of the device 10. Coating 71 is a high reflection coating, ie typically > 90% which together with optically passive QWI region 110 provides a Non-Absorbing Mirror (NAM). Optically passive region 110 is positioned at the output of the gain region 40 and acts as a diffractive region. The diffractive region reduces the intensity of optical radiation (light) impinging on the second end 76 by spreading out the optical radiation. Anti-reflection coating 81 reflects a percentage of optical radiation of between 1% and 10% back into the laser device 10, while transmitting the remaining optical radiation as the laser device output.

The compositionally disordered lasing material regions 45, 78, 110 are achieved through Quantum Well Intermixing (QWI) as described hereinafter. The QWI washes out the quantum well confinement of the wells within the semiconductor lasing material layer or guiding layer 55. The QWI is in this embodiment impurity free and "blue-shifted", that is, typically greater than 20 to 30 meV, and more typically greater than around 100meV or more difference exists between the optical active region 40,

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

23

when pumped with carriers and the QWI passive regions 45,110. The passive region 45 acts as a spatial mode filter as higher order modes will experience greater diffraction losses as they propagate through the region 45 than the fundamental mode. Thus the fundamental mode will have a greater overlap with the gain region 40 and be selectively amplified. The semiconductor laser device 10 therefore favours a single mode output.

Referring now to Figures 4 - 6, there is illustrated a semiconductor laser device, generally designated 10a, according to a second embodiment of the present invention. Like parts of the device 10a are indicated by like numerals to the device 10 of the first embodiment but suffixed "a".

A difference between the second device 10a and first device 10, is that in the device 10a a yet further QWI passive region 150a is provided under ridge 70a, and between an end 155a of the contact 20a and the position 75a, that is to say, the contact 20a stops short of the position 75a. As can be seen from Figure 4, the further passive region 150a is in this embodiment substantially smaller in length than the passive region 45.

An end 160a of the yet further passive region 150a is provided at the position 75a such that the yet further region 150a may, in use, assist in preventing output beam steering. The region 150a acts as a spatial mode filter that is more discriminatory than the diffractive passive

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

24

region 45a. That is to say since the waveguide 15a will be designed to be single moded, the further passive region 150a will remain single mode, in use, as it is not injected with current.

When operated, contact free further passive region 150a has no substantially non-linear effects due to input carriers, so avoiding steering the output beam as electrical drive current is varied, thus correcting for beam steering. A similar arrangement exists at the first end 71a of the device 10a where a NAM operates.

This embodiment also has the advantages attributed to the diffractive passive region 45 as hereinbefore described with reference to the first embodiment.

With reference particularly to Figure 6, a method will now be described for fabrication of the semiconductor laser device 10a at least parts of which also apply to the device 10 of the first embodiment.

The method begins with provision of substrate 80a. The substrate 80a may be Gallium Arsenide (GaAs) and may be highly n-type doped. Grown on the substrate 80a is the first optical cladding/charge carrier confining layer 60a. First charge carrier confining layer 60a may comprise Aluminium Gallium Arsenide (AlGaAs) and may be n-type doped to a first concentration. This first cladding layer 60a, eg having a refractive index of around 3.0 to 3.5 is typically 1 to 3 μ m thick. Grown on the first cladding

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

25

layer 60a, is the optical active guiding core semiconductor lasing material layer 55a. This layer 55a also comprises AlGaAs. Layer 55a is substantially intrinsic. The active layer 55a, eg having a refractive index of around 3.0 to 3.5, is grown to be a few hundred nm thick typically. Within the layer 55a is provided Quantum Well structure 77a.

On the layer 55a is grown the second cladding layer 65a. The second cladding layer 65a is p-type with a substantially equal doping concentration to the lower cladding layer concentration. The second cladding layer 65a is also made of AlGaAs with a thickness, composition and refractive index similar to that of the first cladding layer 60a. Thus the Quantum Well (QW) structure 77a is sandwiched between n-type and p-type layers first and second cladding layers 60a, 65a respectively. Active layer 55a has a lower Aluminium (Al) content than cladding layers 60a, 65a. The active layer 55a has a higher refractive index than the cladding layers 60a, 65a.

A selective QWI mask (not shown) is then placed over portions of the device 10a which are not to be QWI. The technique preferably used to create Quantum Well Intermixing in and around the Quantum Well structure 77a in this embodiment is a damage induced technique using vacancies. However, it will be understood that any other Quantum Well Intermixing technique which achieves a

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

26

difference in the band-gap energy between the Quantum Well structure 77a and the Quantum Well intermixed passive regions 45a,105a could be used within the scope of this invention. The preferred damage induced technique requires a sputtered silicon oxide (SiO_2) cap to be deposited upon the device 10a. Following a thin layer of SiO_2 being deposited, the device may be subsequently heated to an elevated (high) temperature to anneal it.

Once the device 10a has been annealed, portions of the second cladding layer 65a on either side of where the ridge 70a is to be defined are etched away by known etching techniques once a suitable etch mask has been placed over the area defining the ridge 70a.

Metal contacts 20a, 65a may then be deposited by known lithographic techniques or ridge 70a and subsequent 80a, respectively, so as to allow for electrical driving of the device 10a.

Thus the device 10a shown in cross-section in Figure 5 is of a monolithic semiconductor laser device structure. The active or gain portion 40a of the laser device 10a is within the layer 55a and confined in the Quantum Well structure 77a by the ridge 70 above. The QW intermixed regions 45a, 110a, 150a around the quantum well structure 77a are arranged as described hereinbefore.

By varying the size of the QWI mask and by carrying out QWI more than once on the device 10a, multiple QWI

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

27

passive regions 45a, 110a, 150a can be created. Additionally the QWI mask may only provide for QWI intermixing in the diffractive passive region 45a, thus creating a device 10a wherein the waveguide 15a is defined by only the ridge 70a above.

Both embodiments hereinbefore described, include a portion 45, 45a in the layer 55, 55a, which is diffractive as it is passive and extends across the breadth of the device 10, 10a. Thus the semiconductor laser device 10, 10a has a diffractive region 45, 45a at the end of a single mode index combined semiconductor waveguide laser. The diffraction region 45, 45a is effectively a passive slab waveguide region where optical radiation is allowed to diffract.

The diffractive region 45, 45a effectively lowers the intensity of light on the output end 81, 81a without reducing the output power or brightness of the device 10, 10a, since the diffraction angle is controlled by the relative refractive index differences between ridge waveguide 70, 70a and other regions of the device 10, 10a. The passive slab waveguide diffractive region 45, 45a can also be used as a spatial mode filter because they are essentially diffractive regions within the laser cavity. This has an advantage that higher order waveguide modes will experience greater diffraction losses than the fundamental mode as they propagate across the diffractive

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

28

region 45, 45a. The fundamental mode will then have a greater overlap of the gain region 40 and be selectively amplified. Thus for the present invention it is advantageous that the diffractive region 45, 45a has a larger band-gap energy than the optically active region 40, 40a of the device 10, 10a.

Impurity free intermixing is advantageously used in the present invention as this creates an increase in the band-gap energy without adding optical losses through the addition of impurities.

A further advantage of the present invention is that the passive Quantum Well Intermixed region at the device output diffracts optical radiation leaving the gain region. The increased beam size at the ends of the device 10, 10a increases the COMD level at each facet and consequently higher output powers are attainable. Careful selection of the refractive index variations keeps the mode of the output beam as the fundamental with a horizontal divergence comparable to devices without a diffractive region.

A further advantage of the present invention is that high drive currents can be used between the contacts 20, 85; 20a, 85a without the risk of higher order modes propagating. It is known that as the drive current in semiconductor laser devices is increased, nonlinearities occur in the refractive index of portions around the gain region. A change in the refractive index allows higher

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

29

order modes to be supported as the "kink-current" is reached. The present invention obviates this as these higher order modes experience larger divergence angles within the QWI regions. Further, beam steering and extra mode discrimination is gained from the further passive region 150a.

It will be understood by those skilled in the art that modifications may be made to the present invention without departing from the scope thereof.

It should particularly be appreciated that an advantage of embodiments of the present invention provided with an electrical contact(s) shorter than the waveguide is that a portion(s) of the waveguide without the electrical contact(s) remain single moded, in use, as it/they have no current injected therein.

A modification to the disclosed embodiment would be to employ a buried heterostructure waveguide in place of the ridge disclosed.

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

CLAIMS

1. A semiconductor laser device, comprising:

an optically active region including an optical waveguide and at least
5 one optically passive region provided at one or more ends of the optical
waveguide; wherein
at least one of the optically passive region is broader than the optical
waveguide so that, in use, an optical output of the optical waveguide
diffracts upon traversing the at least one optically passive region.

10

2. A semiconductor laser device as claimed in Claim 1, wherein the
optically active and at least one passive region are provided within a core or
guiding layer between first and second optical cladding layers, which
guiding layer comprises an active lasing material.

15

3. A semiconductor laser device as claimed in Claim 2, wherein a ridge
is formed in at least the second optical cladding layer and extends
longitudinally from a first end of the device to an intermediate position
between the first end and a second end of the device.

20

4. A semiconductor laser device as claimed in either of Claims 2 or 3,
wherein the active lasing material layer includes a Quantum Well (QW)
structure, as grown.

25

5. A semiconductor laser device as claimed in either of Claims 3 or 4,
wherein the at least one optically passive region comprises a first
compositionally disordered or Quantum Well Intermixed (QWI) region
provided from or adjacent to the intermediate position to the second end of
the device.

30

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

6. A semiconductor laser device as claimed in Claim 5, wherein there are provided second compositionally disordered regions laterally bounding the optical active region.
- 5 7. A semiconductor laser device as claimed in any one of Claims 1 to 6, wherein the device is of a monolithic construction.
8. A semiconductor laser device as claimed in any one of Claims 2 to 7, wherein the device includes a substrate layer upon which are provided the 10 first cladding layer, core layer, and second cladding layer respectively.
9. A semiconductor laser device as claimed in any of Claims 5 to 8, wherein the second end comprises an output of the semiconductor laser device, and the first QWI region acts, in use, as a diffractive region at the 15 said output of the laser device, so as to reduce an intensity of optical radiation impinging on a facet of said second end by spreading out the optical radiation.
10. A semiconductor laser device as claimed in Claim 9, wherein the 20 facet includes an anti-reflective coating on cleaved semiconductor.
11. A semiconductor laser device as claimed in any of Claims 6 to 10, wherein the first and second compositionally disordered regions have substantially the same structure.

25

12. A semiconductor laser device as claimed in any of Claims 8 to 11, wherein the semiconductor laser device further comprises respective layers of contact material contacting a surface of the ridge and a surface of the substrate.

30

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

13. A semiconductor laser device as claimed in Claim 12, wherein the material contacting a surface of the ridge has a smaller area than an area of the surface of the ridge, such that a contact-free portion of the ridge is provided, which contact-free portion provides a second passive region
5 within the core layer of the semiconductor laser device.

14. A semiconductor laser device as claimed in Claim 13, wherein the second passive region is part of the ridge.

10 15. A semiconductor laser device as claimed in either of Claims 13 or 14, wherein an end of the second passive region is provided at the intermediate position such that the second passive region is at an effective output end of the laser device.

15 16. A semiconductor laser device as claimed in Claim 15, wherein a length from the intermediate position to the second end of the device is around three orders of magnitude smaller than a length between the first and second ends of the device.

20 17. A semiconductor laser device as claimed in any of Claims 5 to 16, wherein the semiconductor laser device has a ridge width of around 1 to 5 μm , a width of around at least three times that of the ridge, a distance between the ends of around 1 to 2 mm, a distance between the first end and the position of around 1.5 mm, and a passive region having a length of
25 around 0.5 mm.

18. A semiconductor laser device as claimed in any of Claims 1 to 17, wherein the semiconductor laser device is fabricated in a III-V semiconductor materials system.

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

19. A semiconductor laser device as claimed in Claim 18, wherein the III-V semiconductor materials system is a Gallium Arsenide (GaAs) based system lasing at a wavelength of substantially between 600 and 1300 nm.

5 20. A semiconductor laser device as claimed in any of Claims 6 to 19, wherein the first and second compositionally disordered materials substantially comprise Indium Gallium Arsenide (InGaAs).

10 21. A semiconductor laser device as claimed in any of Claims 18 to 20, wherein the III-V semiconductor materials system is an Indium Phosphide (InP) based system lasing at a wavelength of substantially between 1200 and 1700 nm.

15 22. A method for fabricating a semiconductor laser device comprising the steps of:

- (i) forming in order:
 - a first optical cladding / charge carrier confining layer;
 - a core (lasing material) layer, in which is formed a Quantum Well (QW) structure; and
- 20 (ii) forming at least one passive region in the lasing material layer; and
- (iii) forming a ridge from at least a portion of the second cladding layer.

25 23. A method of fabricating a semiconductor laser device as claimed in Claim 22, wherein step (i) is carried out by a growth technique selected from Molecular Beam Epitaxy (MBE) and Metal Organic Chemical Vapour Deposition (MOCVD).

30 24. A method of fabricating a semiconductor laser device as claimed in either of Claims 22 or 23, wherein steps (ii) and (iii) are interchanged.

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

25. A method of fabricating a semiconductor laser device as claimed in Claim 22, wherein the passive region(s) are formed by a Quantum Well Intermixing (QWI) technique which comprises generating vacancies in the 5 passive region(s), and annealing to create a compositionally disordered region(s) of the core layer, having a larger band-gap than the Quantum Well (QW) structure.

26. A method of fabricating a semiconductor laser device as claimed in 10 any of Claims 22 to 25, wherein the Quantum Well (QW) technique includes the steps of:

depositing by use of a diode sputterer and within a substantially Argon atmosphere a dielectric layer on at least part of a surface of the semiconductor laser device material so as to introduce point structural 15 defects at least into a portion of the material adjacent the dielectric layer;

optionally depositing by a non-sputtering technique a further dielectric layer on at least another part of the surface of the material;

annealing the material thereby transferring ions or atoms from the material into the dielectric layer.

20

27. A method of fabricating a semiconductor laser device as claimed in any of Claims 22 to 26, wherein step (iii) is carried out by etching techniques.

25 28. A method of fabricating a semiconductor laser device as claimed in any of Claims 22 to 27, wherein a length of the passive region is shorter than a length of the device.

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

29. A method of fabricating a semiconductor laser device as claimed in any of Claims 22 to 28, wherein at least part of the passive region is broader than the ridge.
- 5 30. A method of fabricating a semiconductor laser device as claimed in any of Claims 22 to 29, wherein the ridge does not extend over the said passive region.
- 10 31. A method of fabricating a semiconductor laser device as claimed in any of Claims 22 to 30, wherein the method includes the step of initially providing a substrate onto which is grown the first cladding layer, core layer, and second cladding layer, respectively.
- 15 32. A method of fabricating a semiconductor laser device as claimed in Claim 31, wherein the method includes the step of applying electrical contact layers to a surface of the substrate and a surface of the ridge.
- 20 33. A method of fabricating a semiconductor laser device as claimed in Claim 32, wherein one of the electrical contact layers is applied to a portion of the ridge so that the semiconductor laser device has an active region and at least one second passive region within the area of the ridge.
- 25 34. A method of fabricating a semiconductor laser device as claimed in Claim 33, wherein the portion of the ridge is adjacent a first end of the device, such that the second passive region is provided at or near an output end of the laser device.
35. A semiconductor laser device comprising:
an optical waveguide;

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

at least one electrical contact extending along part of a length of the waveguide; and wherein

the at least one electrical contact is shorter than the optical waveguide.

5

36. A semiconductor laser device as claimed in Claim 35, wherein at least one end of the/each electrical contact is spaced from a respective end of the optical waveguide.

10 37. A semiconductor laser device as claimed in either of Claims 35 or 36, wherein the optical waveguide is a ridge waveguide and the at least one electrical contact is provided on the ridge waveguide.

15 38. A semiconductor laser device as claimed in any one of claims 35 to 37, wherein a length of the optical waveguide is around 200 to 2000 µm, while a length / total length of the electrical contact is around 100 to 1900 µm.

20 39. A semiconductor laser device as claimed in any one of claims 35 to 38, wherein there are provided compositionally disordered or Quantum Well Intermixed (QWI) material bounding sides of the optical waveguide.

40. A method of fabricating a semiconductor laser device comprising the steps of:

25 (i) forming an optical waveguide;
(ii) forming at least one electrical contact along part of a length of the waveguide, such that the at least one electrical contact is shorter than the optical waveguide.

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

41. A method of manufacturing an optical device as hereinbefore described with reference to the accompanying drawings.

42. An optical device as hereinbefore described with reference to the
5 accompanying drawings.

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

1/4

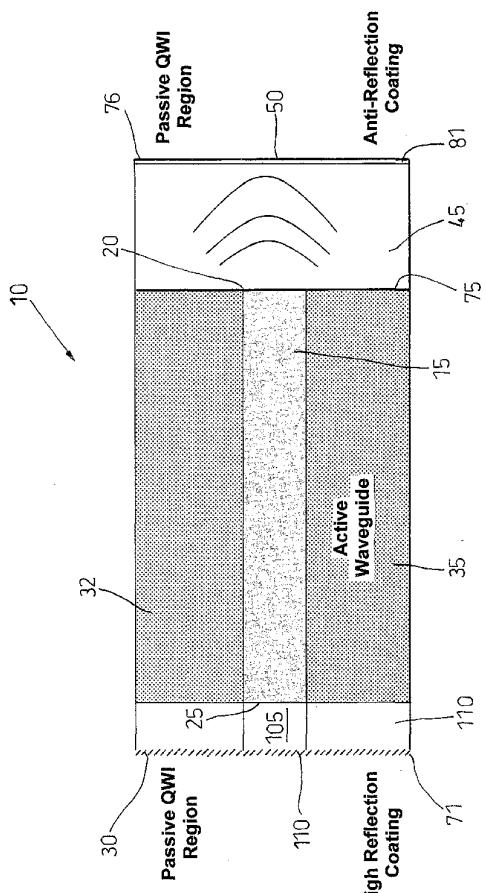
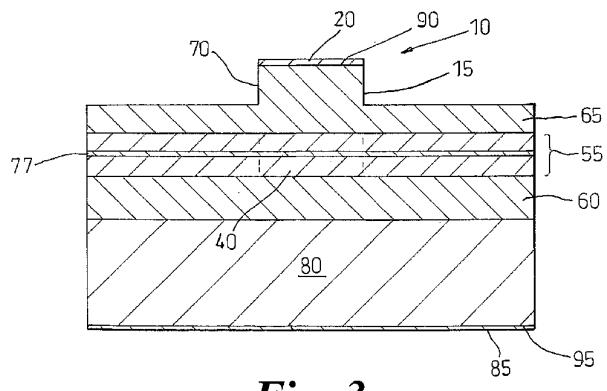
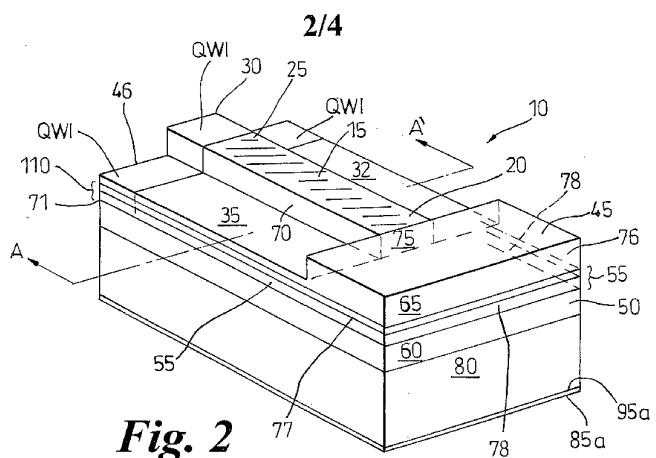


Fig. 1

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 02/060023

PCT/GB02/00290



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

3/4

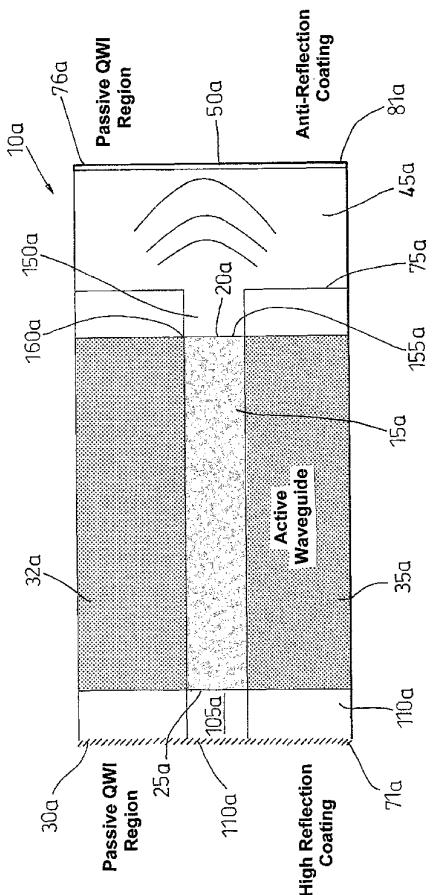


Fig. 4

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 02/060023

PCT/GB02/00290

4/4

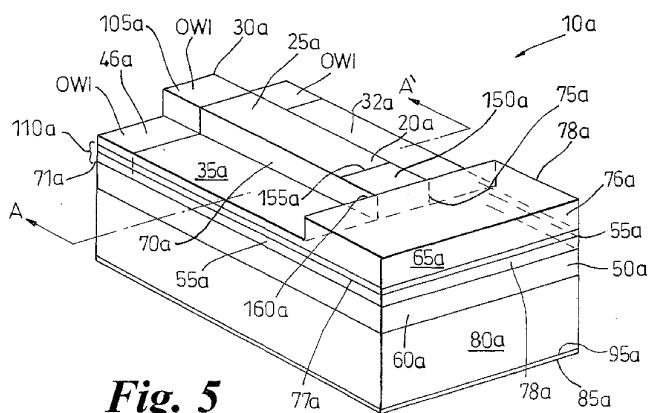


Fig. 5

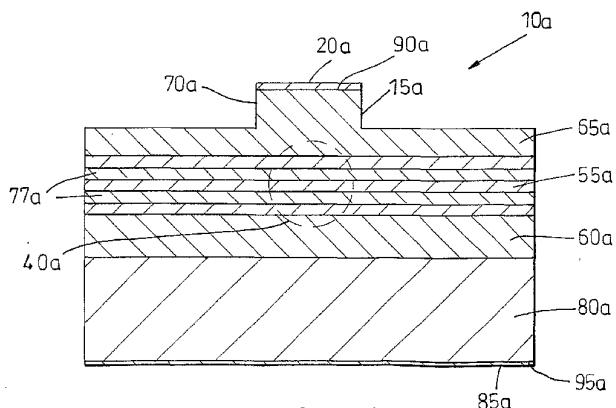


Fig. 6

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		PCT/GB 02/00290
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 H01S5/16		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 H01S		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) PAJ, IBM-TDB, INSPEC, COMPENDEX, EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 240 (E-1211), 3 June 1992 (1992-06-03) -& JP 04 048792 A (ANRITSU CORP), 18 February 1992 (1992-02-18) abstract --- X PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 008, no. 036 (E-227), 16 February 1984 (1984-02-16) -& JP 58 192394 A (HITACHI SEISAKUSHO KK), 9 November 1983 (1983-11-09) abstract ---	1-3,7,8, 18 1,35,36, 40-42 -/-
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.		<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.
* Special categories of cited documents:		
A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance		
E earlier document but published on or after the International filing date		
L document which may be cited to establish the priority date of another claim or other special reason (as specified)		
O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		
P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 21 March 2002	Date of mailing of the international search report 02/04/2002	
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Gnugesser, H	

Form PCT/SA210 (second sheet) (July 1992)

page 1 of 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		PCT/GB 02/00290
C(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 511 408 A (HOLONYAK JR NICK) 16 April 1985 (1985-04-16) column 3, line 1 -column 5, line 14; figures 1-4 ---	1,7-9, 11,18, 19,35, 40-42
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 476 (E-693), 13 December 1988 (1988-12-13) -& JP 63 196088 A (NEC CORP), 15 August 1988 (1988-08-15) abstract ---	22,23, 27-29, 32,34
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 03, 30 March 2000 (2000-03-30) -& JP 11 354880 A (ROHM CO LTD), 24 December 1999 (1999-12-24) abstract ---	35,36, 40-42
X	DE 23 37 116 A (NIPPON ELECTRIC CO) 14 February 1974 (1974-02-14) page 7, paragraph 5 -page 9, paragraph 1; figure 4 ---	35-42
X	US 4 508 366 A (KASHIWADA YASUTOSHI ET AL) 19 March 1985 (1985-03-19) column 2, line 40 -column 7, line 65; figure 6 ---	35-37, 40-42
X	US 4 845 725 A (THORNTON ROBERT L ET AL) 4 July 1989 (1989-07-04) column 4, line 9 -column 5, line 30; figures 1-5 ---	35,40-42
X	EP 0 845 841 A (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD) 3 June 1998 (1998-06-03) column 6, line 3-31; figure 4 ---	35,40-42
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 008, no. 135 (E-252), 22 June 1984 (1984-06-22) -& JP 59 044884 A (NIPPON DENSHIN DENWA KOSHA), 13 March 1984 (1984-03-13) abstract ---	1
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 04, 31 March 1998 (1998-03-31) -& JP 09 326504 A (NIPPON TELEGR &TELEPH CORP <NTT>), 16 December 1997 (1997-12-16) abstract ---	1 -/-

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		PCT/GB 02/00290
C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 301 438 A (ORTEL CORP) 1 February 1989 (1989-02-01) column 8, line 36 -column 9, line 43; figure 5 -----	1
E	WO 02 11257 A (KOWALSKI OLEK PETER; MARSH JOHN HAIG; HAMILTON CRAIG JAMES; UNIV GLASGO) 7 February 2002 (2002-02-07) figures 4,5 -----	35,36,40

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1990)

page 3 of 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT				PCT/GB 02/00290	
Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date	
JP 04048792	A 18-02-1992	NONE			
JP 58192394	A 09-11-1983	NONE			
US 4511408	A 16-04-1985	DE 3276979 D1 EP 0077825 A1 JP 58500681 T JP 63051557 B WO 8203946 A1 US 4639275 A US 4594603 A	17-09-1987 04-05-1983 28-04-1983 14-10-1988 11-11-1982 27-01-1987 10-06-1986		
JP 63196088	A 15-08-1988	JP 2082780 C JP 6048742 B	23-08-1996 22-06-1994		
JP 11354880	A 24-12-1999	NONE			
DE 2337116	A 14-02-1974	JP 49032589 A JP 56024397 B DE 2337116 A1	25-03-1974 05-06-1981 14-02-1974		
US 4506366	A 19-03-1985	JP 58006191 A CA 1184285 A1 DE 3270600 D1 EP 0069563 A1	13-01-1983 19-03-1985 22-05-1986 12-01-1983		
US 4845725	A 04-07-1989	NONE			
EP 0845841	A 03-06-1998	JP 10163563 A EP 0845841 A2 US 5953358 A	19-06-1998 03-06-1998 14-09-1999		
JP 59044884	A 13-03-1984	JP 1472198 C JP 63020038 B	27-12-1988 26-04-1988		
JP 09326504	A 16-12-1997	NONE			
EP 0301438	A 01-02-1989	US 4764934 A DE 3887222 D1 EP 0301438 A2 JP 11266061 A JP 1050481 A JP 2786636 B2 JP 3136337 B2 JP 10163579 A US 4843611 A	16-08-1988 03-03-1994 01-02-1989 28-09-1999 27-02-1989 13-08-1998 19-02-2001 19-06-1998 27-06-1989		
WO 0211257	A 07-02-2002	WO 0211257 A1	07-02-2002		

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,CH,CY,DE,DK,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NZ,PH,PL,P
T,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VN,YU,ZA,ZW

(72)発明者 ハミルトン, クレイグ, ジェームズ
イギリス, レンフレウシャー ピーエー7 5 エルティー, ピショプトン, 45 ラモント
アヴェニュー

(72)発明者 マーシュ, ジョン, ヘイグ
イギリス, グラスゴー ジー12 0エスエヌ, 1 ベルシャウ ガーデンズ