

(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2011-151293

(P2011-151293A)

(43) 公開日 平成23年8月4日(2011.8.4)

(51) Int.Cl.
H01S 5/183 (2006.01)

F I
H01S 5/183

テーマコード (参考)
5F173

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2010-12993 (P2010-12993)
(22) 出願日 平成22年1月25日 (2010.1.25)

(71) 出願人 000005496
富士ゼロックス株式会社
東京都港区赤坂九丁目7番3号
(74) 代理人 100098497
弁理士 片寄 恭三
(74) 代理人 100087480
弁理士 片山 修平
(72) 発明者 吉川 昌宏
神奈川県海老名市本郷2274番地 富士
ゼロックス株式会社内
(72) 発明者 中山 秀生
神奈川県海老名市本郷2274番地 富士
ゼロックス株式会社内
Fターム(参考) 5F173 AC03 AC13 AC35 AC42 AC48
AC52 AH02 AP05 AP33 AR33
AR42

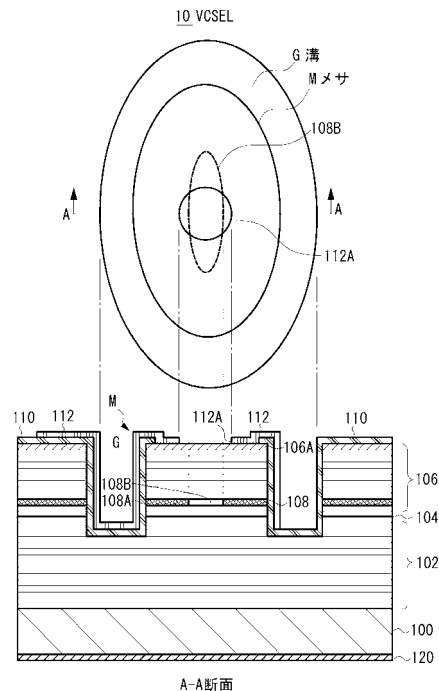
(54) 【発明の名称】 面発光型半導体レーザ、面発光型半導体レーザ装置、光伝送装置および情報処理装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 偏光制御された基本横モード発振を得ることができる面発光型半導体レーザを提供する。

【解決手段】 VCSEL 10は、n型のGaAs基板100と、基板100上に形成されたn型の下部DBR102と、活性領域104と、活性領域上に形成されたp型の上部DBR106と、上部DBR106内に形成されたp型の電流狭窄層108と、上部DBR106と電氣的に接続されたp側電極112と、n側電極120とを有する。電流狭窄層108には、長軸と短軸を有する楕円形状の導電領域108Bが形成され、p側電極112には、光射出口を規定する開口112Aが形成される。開口112Aの前記長軸方向の径は、導電領域108Bの長軸の長さよりも小さい。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板と、

基板上に形成された第 1 導電型の第 1 の半導体多層膜反射鏡と、
第 1 の半導体多層膜反射鏡上に形成された活性領域と、
活性領域上に形成された第 2 導電型の第 2 の半導体多層膜反射鏡と、
前記第 1 および第 2 の半導体多層膜反射鏡の間に形成された電流狭窄層と、
前記第 2 の半導体多層膜反射鏡上に形成され、前記第 2 の半導体多層膜反射鏡と電氣的に接続された金属電極とを有し、
前記電流狭窄層には、長手方向と短手方向の長さが異なる異方性の導電領域が形成され

10

、
前記金属電極には、光出射口を規定する開口が形成され、前記開口の前記長手方向の径は、前記導電領域の長手方向の長さよりも小さい、
面発光型半導体レーザ。

【請求項 2】

前記導電領域の長手方向の両端部は、前記金属電極と重なり合う関係にある、請求項 1 に記載の面発光型半導体レーザ。

【請求項 3】

前記金属電極と重なり合う関係にある前記導電領域の一方の端部と他方の端部の各長手方向の長さは等しい、請求項 2 に記載の面発光型半導体レーザ。

20

【請求項 4】

前記開口の短手方向の径は、前記導電領域の短手方向の長さよりも大きい、請求項 1 ないし 3 いずれか 1 つに記載の面発光型半導体レーザ。

【請求項 5】

前記基板上に、前記第 2 の半導体多層膜反射鏡から前記第 1 の半導体多層膜反射鏡に至る柱状構造が形成され、前記柱状構造は、前記長手方向と前記短手方向の大きさを異にしており、

前記電流狭窄層は、前記柱状構造内に形成され、前記導電領域は、前記柱状構造の側面から選択的に酸化された酸化領域によって囲まれている、請求項 1 または 2 に記載の面発光型半導体レーザ。

30

【請求項 6】

前記導電領域は、平面形状が楕円状であり、前記開口は、円形である、請求項 1 ないし 5 いずれか 1 つに記載の面発光型半導体レーザ。

【請求項 7】

前記導電領域は、平面形状が矩形状であり、前記開口は、円形である、請求項 1 ないし 5 いずれか 1 つに記載の面発光型半導体レーザ。

【請求項 8】

請求項 1 ないし 7 いずれか 1 つに記載の面発光型半導体レーザと、
前記面発光型半導体レーザからの光を入射する光学部材と、
を有する面発光型半導体レーザ装置。

40

【請求項 9】

請求項 8 に記載された面発光型半導体レーザ装置と、
前記面発光型半導体レーザ装置から発せられたレーザ光を光媒体を介して伝送する伝送手段と、
を備えた光伝送装置。

【請求項 10】

請求項 1 ないし 7 いずれか 1 つに記載の面発光型半導体レーザと、
前記面発光型半導体レーザから出射されるレーザ光を記録媒体に集光する集光手段と、
前記集光手段により集光されたレーザ光を前記記録媒体上で走査する機構と、
を有する情報処理装置。

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、面発光型半導体レーザ、面発光型半導体レーザ装置、光伝送装置および情報処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

面発光型半導体レーザ（VCSEL：Vertical Cavity Surface Emitting Laser）は、通信装置や画像形成装置の光源に利用されている。典型的な選択酸化型の面発光型半導体レーザは、選択酸化により酸化アパーチャが形成された電流狭窄層を垂直共振器構造内に配置している。酸化アパーチャは、電極から注入された電流を狭窄し、密度の高い電流を活性領域内に注入する働きがあり、さらに活性領域で発生した光を酸化アパーチャ内外の屈折率差により発光中心に閉じ込める働きを有している。電子機器の光源に利用される面発光型半導体レーザとしては、単一横モードが望まれ、そのために酸化アパーチャの径は小さく設計される。

10

【0003】

また、光軸と垂直な基板面内において、酸化アパーチャの平面形状を楕円形状とすることで、レーザ光の偏光面を酸化アパーチャの長軸方向に偏光制御した面発光型半導体レーザが提案されている。例えば特許文献1は、長径および短径をもつポスト構造を形成し、その異方性によって偏光を制御している。また、特許文献2は、金属をメサの側面に形成し異方性の歪みを与え偏光制御を行っている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平8-181391号公報

【特許文献2】特開平11-330630号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は、偏光制御された基本横モード発振を得ることができる面発光型半導体レーザを提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0006】

請求項1に記載の発明は、基板と、基板上に形成された第1導電型の第1の半導体多層膜反射鏡と、第1の半導体多層膜反射鏡上に形成された活性領域と、活性領域上に形成された第2導電型の第2の半導体多層膜反射鏡と、前記第1および第2の半導体多層膜反射鏡の間に形成された電流狭窄層と、前記第2の半導体多層膜反射鏡上に形成され、前記第2の半導体多層膜反射鏡と電気的に接続された金属電極とを有し、前記電流狭窄層には、長手方向と短手方向の長さが異なる異方性の導電領域が形成され、前記金属電極には、光出射口を規定する開口が形成され、前記開口の前記長手方向の径は、前記導電領域の長手方向の長さよりも小さい面発光型半導体レーザである。

40

請求項2に記載の発明は、前記導電領域の長手方向の両端部は、前記金属電極と重なり合う関係にある請求項1に記載の面発光型半導体レーザである。

請求項3に記載の発明は、前記金属電極と重なり合う関係にある前記導電領域の一方の端部と他方の端部の各長手方向の長さは等しい、請求項2に記載の面発光型半導体レーザである。

請求項4に記載の発明は、前記開口の短手方向の径は、前記導電領域の短手方向の長さよりも大きい、請求項1ないし3いずれか1つに記載の面発光型半導体レーザである。

請求項5に記載の発明は、前記基板上に、前記第2の半導体多層膜反射鏡から前記第1の半導体多層膜反射鏡に至る柱状構造が形成され、前記柱状構造は、前記長手方向と前記

50

短手方向の大きさを異にしており、前記電流狭窄層は、前記柱状構造内に形成され、前記導電領域は、前記柱状構造の側面から選択的に酸化された酸化領域によって囲まれている、請求項 1 または 2 に記載の面発光型半導体レーザである。

請求項 6 に記載の発明は、前記導電領域は、平面形状が楕円状であり、前記開口は、円形である、請求項 1 ないし 5 いずれか 1 つに記載の面発光型半導体レーザである。

請求項 7 に記載の発明は、前記導電領域は、平面形状が矩形状であり、前記開口は、円形である、請求項 1 ないし 5 いずれか 1 つに記載の面発光型半導体レーザである。

請求項 8 に記載の発明は、請求項 1 ないし 7 いずれか 1 つに記載の面発光型半導体レーザと、前記面発光型半導体レーザからの光を入射する光学部材とを有する面発光型半導体レーザ装置である。

請求項 9 に記載の発明は、請求項 8 に記載された面発光型半導体レーザ装置と、前記面発光型半導体レーザ装置から発せられたレーザ光を光媒体を介して伝送する伝送手段とを備える光伝送装置である。

請求項 10 に記載の発明は、請求項 1 ないし 7 いずれか 1 つに記載の面発光型半導体レーザと、前記面発光型半導体レーザから出射されるレーザ光を記録媒体に集光する集光手段と、前記集光手段により集光されたレーザ光を前記記録媒体上で走査する機構とを有する情報処理装置である。

【発明の効果】

【0007】

請求項 1 の発明によれば、長手方向の開口の径が導電領域の長手方向の長さよりも小さい構成を持たない面発光型半導体レーザと比べて、安定的に偏光制御された基本横モード発振を得ることができる。

請求項 2 の発明によれば、導電領域の長手方向の両端部の高次横モードの発振を抑制することができる。

請求項 3 の発明によれば、導電領域の長手方向の両端部において高次横モードの発振を均等に抑制し、より単峰性のレーザ光を得ることができる。

請求項 4 の発明によれば、基本横モードの光出力を維持することができる。

請求項 5 の発明によれば、選択酸化によって導電領域を形成することができる。

請求項 6 の発明によれば、異方性の導電領域の長手方向の高次横モード発振を容易に抑制することができる。

請求項 7 の発明によれば、異方性の導電領域の長手方向の高次横モード発振を容易に抑制することができる。

請求項 8 ないし 10 の発明によれば、偏光制御された基本横モード発振の面発光型半導体レーザを利用した面発光型半導体レーザ装置、光伝送装置および情報処理装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図 1】本発明の実施例に係る面発光型半導体レーザの平面図とその A - A 線断面図である。

【図 2】本実施例に係る面発光型半導体レーザの電流狭窄層と p 側電極との関係を説明する図である。

【図 3】本実施例に係る面発光型半導体レーザの変形例を説明する図であり、図 3 A ないし図 3 E は、電流狭窄層と p 側電極との関係を説明する図である。

【図 4】図 4 A ないし 4 C は、本実施例に係る面発光型半導体レーザの製造工程を説明する断面図である。

【図 5】図 5 A ないし 5 C は、本実施例に係る面発光型半導体レーザの製造工程を説明する断面図である。

【図 6】本実施例の面発光型半導体レーザに光学部材を実装した面発光型半導体レーザ装置の構成を示す概略断面図である。

【図 7】本実施例の面発光型半導体レーザを使用した光源装置の構成例を示す図である。

10

20

30

40

50

【図8】図6Aに示す面発光型半導体レーザ装置を用いた光伝送装置の構成を示す概略断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

次に、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。以下の説明では、選択酸化型の面発光型半導体レーザを例示し、面発光型半導体レーザをVCSELと称する。なお、図面のスケールは、発明の特徴を分かり易くするために強調しており、必ずしも実際のデバイスのスケールと同一ではないことに留意すべきである。

【実施例】

【0010】

10

図1は、本発明の実施例に係るVCSELの平面図とそのA-A線の概略断面図である。同図に示すように、本実施例のVCSEL10は、n型のGaAs基板100上に、Al組成の異なるAlGaAs層を交互に重ねたn型の下部分布ブラック型反射鏡(Distributed Bragg Reflector: 以下、DBR102、下部DBR102上に形成された、上部および下部スペーサ層に挟まれた量子井戸層を含む活性領域104、活性領域104上に形成されたAl組成の異なるAlGaAs層を交互に重ねたp型の上部DBR106を積層して構成される。

【0011】

n型の下部DBR102は、例えば、 $Al_{0.9}Ga_{0.1}As$ 層と $Al_{0.15}Ga_{0.85}As$ 層とのペアの複数層の積層体で、各層の厚さは $\lambda/4n_r$ (但し、 λ は発振波長、 n_r は媒質の屈折率)であり、これらを交互に40.5周期で積層してある。活性領域104の下部スペーサ層は、アンドープの $Al_{0.6}Ga_{0.4}As$ 層であり、量子井戸活性層は、アンドープ $Al_{0.11}Ga_{0.89}As$ 量子井戸層およびアンドープの $Al_{0.3}Ga_{0.7}As$ 障壁層であり、上部スペーサ層は、アンドープの $Al_{0.6}Ga_{0.4}As$ 層である。p型の上部DBR106は、例えば、 $Al_{0.9}Ga_{0.1}As$ 層と $Al_{0.15}Ga_{0.85}As$ 層とのペアの複数層の積層体で、各層の厚さは $\lambda/4n_r$ であり、これらを交互に30周期積層してある。また、上部DBR106の最上層には、p型GaAsからなるコンタクト層106Aが形成され、上部DBR106の最下層もしくはその内部には、p型AlAsの電流狭窄層108が形成される。

20

【0012】

30

上部DBR106から下部DBR102に至るまで半導体層をエッチングすることにより基板の上に環状の溝Gが形成され、これによって、基板の上に楕円状のメサMが形成される。電流狭窄層108は、メサMの側面で露出され、当該側面から選択的に酸化された酸化領域108Aと酸化領域108Aによって囲まれた導電領域(酸化アパーチャ)108Bとを有する。電流狭窄層108の酸化工程において、AlAs層の酸化速度は、AlGaAs層よりも速く、メサMの側面から内部に向けてほぼ一定の速度で酸化が進行する。このため、導電領域108Bの基板100の主面と平行な面内の形状は、メサMの外形を反映した楕円形状(図1の平面図に破線で示す)となる。つまり、メサMの平面形状は、長軸(または長手方向)と短軸(または短手方向)を有する楕円形状であり、導電領域108Bの平面形状は、メサMの長軸および短軸と一致する長軸および短軸を有する楕円形状である。導電領域108Bの長軸と短軸が交差する中心は、メサMの軸方向の中心、すなわち光軸と一致する。導電領域108Bの短軸方向の径は、基本横モード発振が生じる大きさであることができ、例えば、780nmの波長帯で、5ミクロンまたはそれ以下にすることができる。また、導電領域108Bの異形状によってレーザ光の偏光制御が安定化される。

40

【0013】

層間絶縁膜110は、例えばSiONまたはSiNなどから構成され、上部DBR106の表面、溝G、ならびにメサMの側面および頂部の一部(周縁)を覆っている。メサMの頂部の層間絶縁膜110には、円形状の開口であるコンタクトホールが形成され、コンタクトホールによってコンタクト層106Aが露出される。

50

【0014】

p側電極112は、AuまたはTi/Auなどを積層した金属であり、好ましくはリフトオフ工程により形成される。p側電極112は、メサMの頂部において層間絶縁膜110のコンタクトホールを介してコンタクト層106Aに電氣的にオーミック接続される。また、メサMの頂部においてP側電極112には、光出射口を規定する円形状の開口112Aが形成される。開口112Aの中心は、光軸に一致し、後述するように、開口112Aの径は、導電領域108Bの長軸の径よりも小さく短軸の径よりも大きい。なお、ここには図示されないが、開口112Aによって露出されたコンタクト層106Aは、光透過性の材料からなる出射保護膜などによって保護されてもよい。基板100の裏面には、下部DBR102と電氣的に接続されるn側電極120が形成される。

10

【0015】

次に、電流狭窄層108の導電領域108Bとp側電極112の開口112Aとの位置関係について説明する。図2は、VCSELを真上方向から見たとき、開口112Aを導電領域108Bに投影させたときの両者の位置関係を示す平面図である。導電領域108Bの平面形状は、長軸と短軸を有する楕円形状をしている。ここで、長軸方向の長さをD1、短軸方向の長さをD2 ($D1 > D2$) とする。また、p側電極112の開口112Aは、円形状を有し、その径をLとする。好ましくは、開口112Aの中心は、導電領域108Bの長軸と短軸の交点に一致し、 $L < D1$ 、 $L > D2$ の関係にある。このため、導電領域108Bの長軸方向の両端部(扇形状の部分)108B1、108B2は、p側電極112と重複し、実質的にp側電極112によって遮蔽される位置関係にある。

20

【0016】

導電領域108Bの両端部108B1、108B2の長軸方向の長さS1、S2は、導電領域108Bの長軸方向の長さD1と開口112Aの径Lの差である。開口112Aの中心が導電領域108Bの中心に整合されていれば、 $S1 = S2$ である。

【0017】

基本横モード発振を得るために、導電領域108Bの短軸方向の長さD2は、例えば5ミクロンまたはそれ以下に制限される。他方、安定的な偏光制御を得るため、導電領域108Bの長軸方向の長さD1を大きくすることが望ましい。しかし、長さD1が大きくなると、長軸方向において高次横モード(マルチモード)の発振が引き起こされ易くなる。開口112Aの径Lは、レーザ光の広がり角を考慮して導電領域108Bの短軸の長さD2よりも幾分大きく設計され、上部DBR106の短軸側の反射率は低減されない。すなわち、導電領域108Bの短軸方向において、基本横モード発振は抑制されない。これに対し、導電領域108Bの長軸側の両端部108B1、108B2は、p側電極108によって実質的に遮蔽される位置関係にあり、上部DBR106の長軸側の両端部108B1、108B2の反射率が低減され、長軸方向の高次横モード発振が抑制される。その結果、安定的な偏光制御された高出力の基本横モード発振を得ることができる。

30

【0018】

導電領域108Bの長軸方向の長さD1と開口112Aの径Lとの差S1、S2は、値が大きくなると発振モードの抑圧比が高くなるが、光出力が減少してしまう。要求されるビームプロファイルを得るために必要な発振モード抑圧比に応じてS1、S2の長さを調整する。また、 $S1 = S2$ とすることで、より単峰性の高いレーザ光を得ることができる。

40

【0019】

上記実施例では、電流狭窄層108の導電領域108Bが楕円形状をし、p側電極112の開口112Aが円形状である例を示したが、両者は、これ以外の形状であっても良い。図3Aは、導電領域108Bが楕円形状を有し、p側電極112の開口200が矩形形状を有している。矩形形状の開口200は、導電領域108Bの長軸方向の長さをL1、その短軸方向の長さをL2 ($L1 < L2$) としたとき、 $L1 < D1$ 、 $L2 > D2$ の関係にある。好ましくは、開口200の対角線の交点は、導電領域108Bの長軸と短軸の交点に一致し、その結果、導電領域108Bの長軸側の両端部がp側電極112と重複する位置関

50

係にある。

【0020】

図3Bは、導電領域108Bが楕円形状を有し、p側電極の開口210が正方形を有している。開口210の一辺の長さをLとしたとき、 $L < D_1$ 、 $L > D_2$ の関係にある。開口210の中心が導電領域108Bの長軸と短軸の交点に一致するとき、導電領域108Bの長軸側の両端部がp側電極112と重複する位置関係にある。

【0021】

図3Cは、導電領域108Bが楕円形状を有し、p側電極の開口220が楕円形状を有する。開口220は、導電領域108Bの長軸方向の長さをL₁、短軸方向の長さをL₂としたとき、 $L_1 < D_1$ 、 $L_2 > D_2$ の関係にある。開口220の中心が導電領域108Bの中心に一致するとき、導電領域108Bの長軸側の両端部がp側電極112と重複する位置関係にある。

10

【0022】

図3Dは、導電領域108Bが矩形状を有し、p側電極の開口230が円形状を有する。導電領域108Bの長手方向の長さをD₁、短手方向の長さをD₂($D_1 > D_2$)、開口230の径をLとしたとき、 $L < D_1$ 、 $L > D_2$ の関係にある。開口230の中心が導電領域108Bの対角線の交点に一致するとき、導電領域108Bの長手方向の両端部がp側電極112によって遮蔽される位置関係にある。なお、矩形状の導電領域108Bは、メサMを矩形状にすることでメサの外形を反映した形状とすることができる。図3Eは、図3Dの導電領域108Bのコーナーが面取りされた点を除き図3Dの構成と同じである。

20

【0023】

導電領域108Bの平面形状は、楕円形状または矩形状のように長手方向と短手方向の長さを異にした異方性を有していれば、他の形状であってもよい。さらにp側電極112の開口の形状は、導電領域108Bの長手方向の少なくとも一方の端部を遮蔽できるような位置関係にあれば、特定のものに限定されない。同様に、メサMも楕円状に限定されることなく、長手方向と短手方向をもつような矩形状の柱状構造であってもよい。

【0024】

次に、本発明の実施例に係るVCSELの好ましい製造方法を図4および図5を参照して説明する。まず、図4Aに示すように、有機金属気相成長(MOCVD)法により、n型GaAs基板100上に、キャリア濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、膜厚0.2 μm 程度のn型GaAsバッファ層を積層し(バッファ層は図示されていない)、その上に、キャリア濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のAl_{0.9}Ga_{0.1}AsとAl_{0.15}Ga_{0.85}Asとをそれぞれの膜厚が媒質内波長の1/4となるように交互に40.5周期積層した総膜厚が約4 μm のn型下部DBR102が積層される。その上に、アンドープ下部Al_{0.6}Ga_{0.4}Asスペーサー層とアンドープ量子井戸活性層(膜厚7nmGaAs量子井戸層3層と膜厚8nmAl_{0.3}Ga_{0.7}As障壁層4層とで構成されている)とアンドープ上部Al_{0.6}Ga_{0.4}Asスペーサー層とで構成された膜厚が媒質内波長となる活性領域104、その上にキャリア濃度が $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のAl_{0.9}Ga_{0.1}AsとAl_{0.15}Ga_{0.85}Asとをそれぞれの膜厚が媒質内波長の1/4となるように交互に30周期積層した総膜厚が約2 μm のp型上部DBR106を形成する。上部DBR106の最下部に、選択酸化を行うために、20nm程度のp型のAlAs層108を挿入している。また、キャリア濃度 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ となる膜厚20nm程度のp型のGaAsコンタクト層106Aが最上部に形成される。

30

40

【0025】

また、詳しくは述べないが、DBR層の電気的抵抗を下げるために、Al_{0.9}Ga_{0.1}AsとAl_{0.15}Ga_{0.85}Asの界面にAl組成を90%から15%に段階的に変化させた膜厚が20nm程度の領域を設けることも可能である。原料ガスとしては、トリメチルガリウム、トリメチルアルミニウム、アルシン、ドーパント材料としては、p型用にシクロペンタジエルマグネシウム、カーボン、n型用にシランを用い、成長時の基板温度は750とし、真空を破ることなく、原料ガスを順次変化し、連続して成膜を行った。

50

【0026】

次に、図4Bに示すように、フォトリソ工程により結晶成長層上にレジストマスクRを形成し、三塩化ホウ素をエッチングガスとして用いた反応性イオンエッチングにより下部DBR102の途中までエッチングし、環状の溝Gを形成する。これにより、基板上に楕円状のメサ(柱状構造)Mと、その周囲にパッド形成領域Bが形成される。

【0027】

次いで、レジストマスクRを除去した後、例えば340の水蒸気雰囲気中に基板を一定時間晒し、酸化処理を行う。電流狭窄層108を構成するAlAs層は、同じくその一部を構成するAl_{0.9}Ga_{0.1}As層やAl_{0.15}Ga_{0.85}As層と比べ著しく酸化速度が速いため、メサMの側面からメサ形状を反映した酸化領域108Aが形成され、酸化されずに残った非酸化領域が導電領域108Bとなる。

10

【0028】

次に、図4Cに示すように、プラズマCVD装置を用いて、溝Gを含む基板全面にSiN等からなる層間絶縁膜110を着膜する。その後、図5Aに示すように、通常のフォトリソ工程およびドライエッチング法を用いて層間絶縁膜110をエッチングし、メサMの頂部の層間絶縁膜110を除去し、そこに円形状のコンタクトホール110Aを形成する。

【0029】

その後、図5Bに示すように、フォトリソ工程を用いてレジストパターンR1を形成する。次いで、図5Cに示すように、その上方からEB蒸着機を用いて、p側電極材料としてAu層112(またはAu/Tiの積層)を100~1000nm、望ましくは600nm蒸着する。次に、レジストパターンR1を剥離すると、図1に示すように、レジストパターンR1上のAuが取り除かれ、p側電極112がパターンニングされる。p側電極112のパターンニングによって、メサMの頂部には、光出射口である開口112Aが形成され、かつ溝Gを介してパッド形成領域B上に延在する引き出し配線が形成される。

20

【0030】

そして、基板裏面には、n電極としてAu/Geが蒸着される。その後、アニール温度250~500、望ましくは300~400で10分間アニールを行う。尚、アニール時間は10分に限定されるわけではなく、0~30分の間であればよい。また、蒸着方法としてEB蒸着機に限定されるものではなく、抵抗加熱法、スパッタリング法、マグネトロンスパッタリング法、CVD法を用いてもよい。また、アニール方法として通常の電気炉を用いた熱アニールに限定されるものではなく、赤外線によるフラッシュアニールやレーザアニール、高周波加熱、電子ビームによるアニール、ランプ加熱によるアニールにより、同等の効果を得ることも可能である。

30

【0031】

本実施例によれば、p側電極112を形成するためのレジストパターンR1のマスクパターンを変更するだけで、容易に開口112Aを形成することができ、低コストでの量産が可能になる。

【0032】

上記実施例では、AlAsから構成された電流狭窄層を例示したが、電流狭窄層は、Al組成を他のDBRのAl組成よりも高くしたAlGaAs層であってもよい。さらに上記実施例では、GaAs系のVCSELを例示したが、本発明は、他のIII-V族の化合物半導体を用いたVCSELにも適用することができる。さらに上記実施例では、シングルスポットのVCSELを例示したが、基板上に多数のメサ(発光部)が形成されたマルチスポットのVCSELあるいはVCSELアレイであってもよい。

40

【0033】

次に、本実施例のVCSELを利用した面発光型半導体レーザ装置、光情報処理装置および光伝送装置について図面を参照して説明する。図6Aは、VCSELと光学部材を実装(パッケージ)した面発光型半導体レーザ装置の構成を示す断面図である。面発光型半導体レーザ装置300は、VCSELが形成されたチップ310を、導電性接着剤320

50

を介して円盤状の金属ステム 330 上に固定する。導電性のリード 340、342 は、ステム 330 に形成された貫通孔（図示省略）内に挿入され、一方のリード 340 は、V C S E L の n 側電極に電氣的に接続され、他方のリード 342 は、p 側電極に電氣的に接続される。

【0034】

チップ 310 を含むステム 330 上に矩形の中空のキャップ 350 が固定され、キャップ 350 の中央の開口 352 内に光学部材のボールレンズ 360 が固定されている。ボールレンズ 360 の光軸は、チップ 310 のほぼ中心と一致するように位置決めされる。リード 340、342 間に順方向の電圧が印加されると、チップ 310 から垂直方向にレーザ光が出射される。チップ 310 とボールレンズ 360 との距離は、チップ 310 から
10
のレーザ光の広がり角 内にボールレンズ 360 が含まれるように調整される。また、キャップ内に、V C S E L の発光状態をモニターするための受光素子や温度センサを含ませるようにしてもよい。

【0035】

図 6 B は、他の面発光型半導体レーザ装置の構成を示す図であり、同図に示す面発光型半導体レーザ装置 302 は、ボールレンズ 360 を用いる代わりに、キャップ 350 の中央の開口 352 内に平板ガラス 362 を固定している。平板ガラス 362 の中心は、チップ 310 のほぼ中心と一致するように位置決めされる。チップ 310 と平板ガラス 362 との距離は、平板ガラス 362 の開口径がチップ 310 からのレーザ光の広がり角度 以上になるように調整される。
20

【0036】

図 7 は、V C S E L を光情報処理装置の光源に適用した例を示す図である。光情報処理装置 370 は、図 6 A または図 6 B のように V C S E L を実装した面発光型半導体レーザ装置 300 または 302 からのレーザ光を入射するコリメータレンズ 372、一定の速度で回転し、コリメータレンズ 372 からの光線束を一定の広がり角で反射するポリゴンミラー 374、ポリゴンミラー 374 からのレーザ光を入射し反射ミラー 378 を照射する f レンズ 376、ライン状の反射ミラー 378、反射ミラー 378 からの反射光に基づき潜像を形成する感光体ドラム（記録媒体）380 を備えている。このように、V C S E L からのレーザ光を感光体ドラム上に集光する光学系と、集光されたレーザ光を光体ドラム上で走査する機構とを備えた複写機やプリンタなど、光情報処理装置の光源として利用
30
することができる。

【0037】

図 8 は、図 6 A に示す面発光型半導体レーザ装置を光伝送装置に適用したときの構成を示す断面図である。光伝送装置 400 は、ステム 330 に固定された円筒状の筐体 410、筐体 410 の端面に一体に形成されたスリーブ 420、スリーブ 420 の開口 422 内に保持されるフェルール 430、およびフェルール 430 によって保持される光ファイバ 440 を含んで構成される。ステム 330 の円周方向に形成されたフランジ 332 には、筐体 410 の端部が固定される。フェルール 430 は、スリーブ 420 の開口 422 に正確に位置決めされ、光ファイバ 440 の光軸がボールレンズ 360 の光軸に整合される。フェルール 430 の貫通孔 432 内に光ファイバ 440 の芯線が保持されている。
40

【0038】

チップ 310 の表面から出射されたレーザ光は、ボールレンズ 360 によって集光され、集光された光は、光ファイバ 440 の芯線に入射され、送信される。上記例ではボールレンズ 360 を用いているが、これ以外にも両凸レンズや平凸レンズ等の他のレンズを用いることができる。さらに、光伝送装置 400 は、リード 340、342 に電気信号を印加するための駆動回路を含むものであってもよい。さらに、光伝送装置 400 は、光ファイバ 440 を介して光信号を受信するための受信機能を含むものであってもよい。

【0039】

以上、本発明の好ましい実施の形態について詳述したが、本発明は、特定の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内において、
50

種々の変形・変更が可能である。

【符号の説明】

【0040】

10: VCSEL

100: 基板

102: 下部DBR

104: 活性領域

106: 上部DBR

106A: コンタクト層

108: 電流狭窄層

108A: 酸化領域

108B: 導電領域

110: 層間絶縁膜

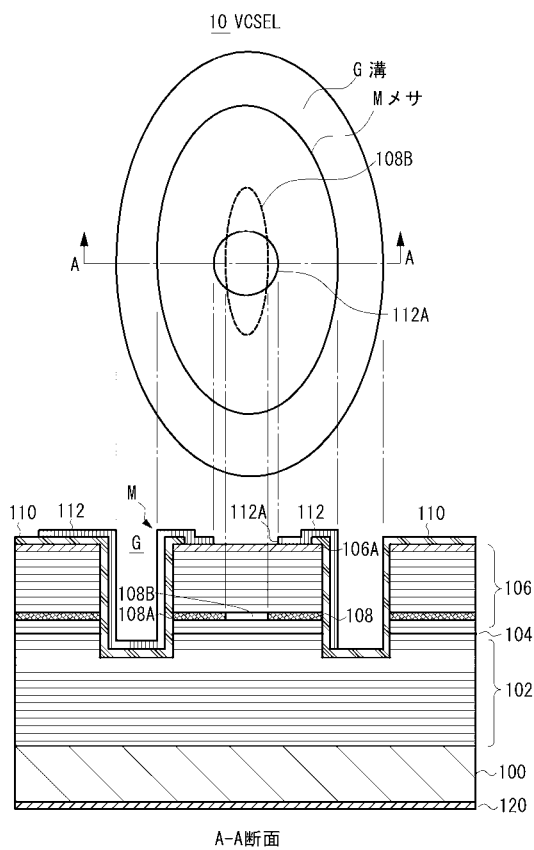
110A: コンタクトホール

112: p側電極

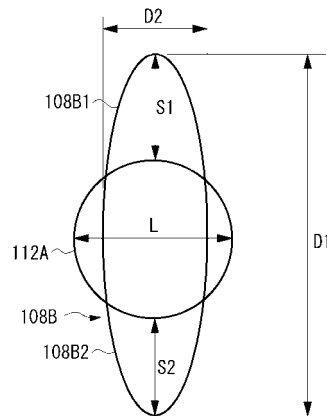
112A: 開口(光出射口)

120: n側電極

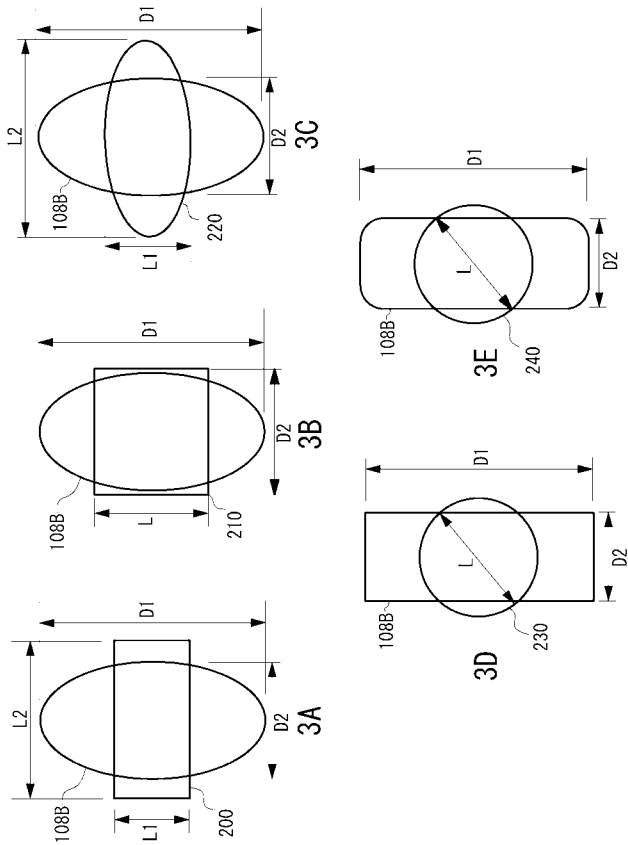
【図1】



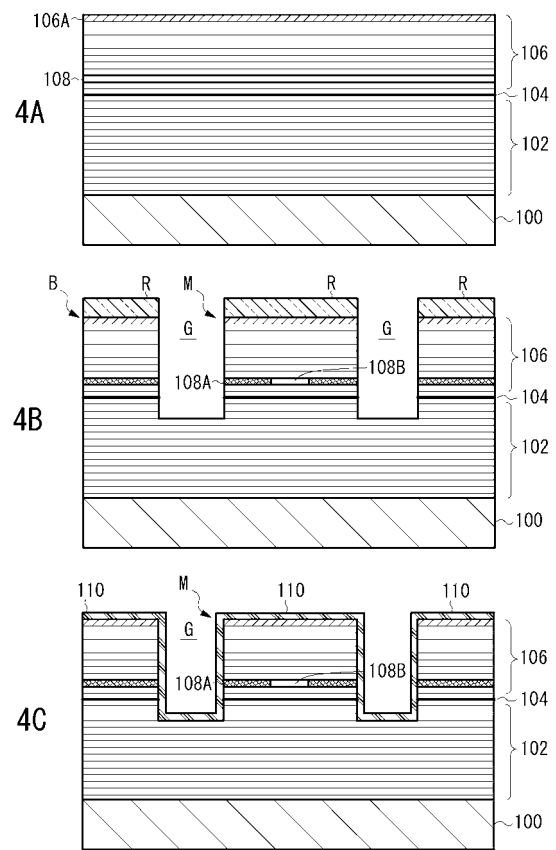
【図2】



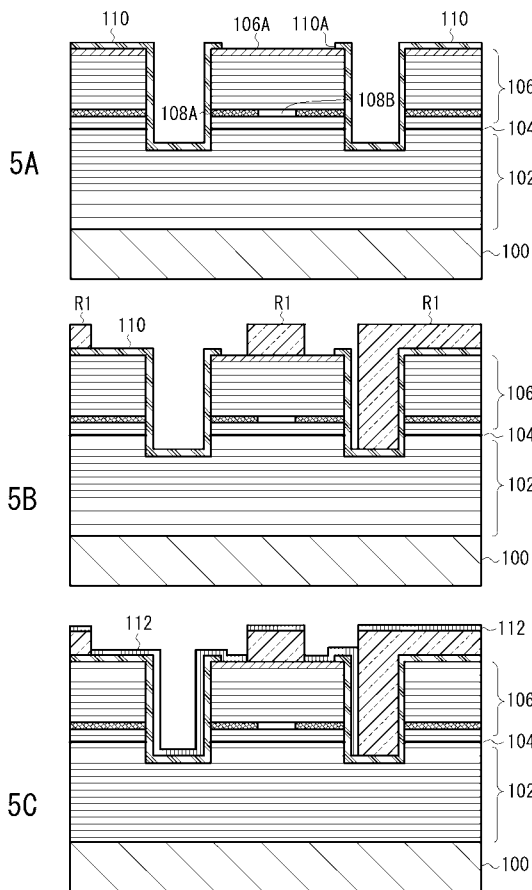
【 図 3 】



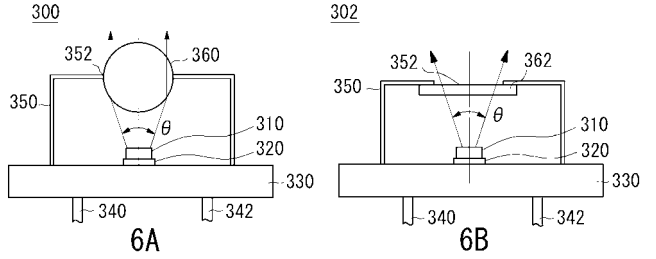
【 図 4 】



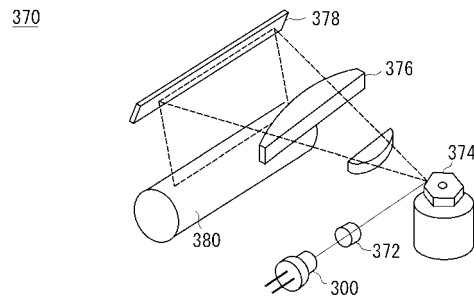
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】

