(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3624618号
(P3624618)
(45)発行日　平成17年3月2日(2005.3.2)　(24)登録日　平成16年12月10日(2004.12.10)

(51)Int.Cl.[7]　F I
H01S　5/183　H01S　5/183

請求項の数 4　(全 12 頁)

(21)出願番号　特願平9-65167
(22)出願日　平成9年3月18日(1997.3.18)
(65)公開番号　特開平10-261830
(43)公開日　平成10年9月29日(1998.9.29)
審査請求日　平成14年11月29日(2002.11.29)

(73)特許権者　000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区西新宿２丁目４番１号
(74)代理人　100095728
弁理士　上柳　雅誉
(74)代理人　100107261
弁理士　須澤　修
(72)発明者　近藤　貴幸
長野県諏訪市大和３丁目３番５号　セイコーエプソン株式会社内
(72)発明者　川瀬　健夫
長野県諏訪市大和３丁目３番５号　セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】面発光型半導体レーザの製造方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
少なくとも一部に突起部を有する共振器を含む面発光型半導体レーザの製造方法において、
融点が４００℃以下の埋め込み金属を前記突起部の周囲に形成する工程と、
前記埋め込み金属の融点以上の温度で加熱処理を行い埋め込み金属を溶融する工程と、を含む面発光型半導体レーザの製造方法。
【請求項２】
請求項１に記載の面発光型半導体レーザの製造方法において、前記埋め込み金属を溶融する工程は、１０００Ｐａ以下の減圧条件で行うことを特徴とする面発光型半導体レーザの製造方法。
【請求項３】
請求項１に記載の面発光型半導体レーザの製造方法において、前記埋め込み金属を溶融する工程は、１０００Ｐａ以下の減圧条件で昇温および埋め込み金属の溶融を行い、前記埋め込み金属を溶融する工程後に、不活性ガス雰囲気の常圧条件で降温を行うことを特徴とする面発光型半導体レーザの製造方法。
【請求項４】
請求項１、２、３のいずれか一項に記載の面発光型半導体レーザの製造方法において、前記埋め込み金属を溶融する工程に先立ってプラズマクリーニング処理する工程を含むことを特徴とする面発光型半導体レーザの製造方法。

【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、基板の垂直方向にレーザを出射する面発光型半導体レーザに係わる。
【０００２】
【従来の技術】
従来の面発光型半導体レーザについては、アイ・イー・イー・イー、ジャーナル　オブ　クァンタム　エレクトロニクス、２７巻、６号（１９９１年）第１３３２頁から第１３４６頁［ＩＥＥＥ　Ｊｏｕｒｎａｌ　ｏｆ　Ｑｕａｎｔｕｍ　Ｅｌｅｃｔｒｏｎｉｃｓ，ｖｏｌ．２７，Ｎｏ．６　ｐｐ１３３２－１３４６（１９９１）］のＪａｃｋ　Ｌ．　Ｊｅｗｅｅｌ他の解説論文に、詳細にかつ系統的にまとめられている。
【０００３】
一般に半導体レーザの出力を制限したり信頼性を損なっている主な要因は、素子駆動時の発熱による温度上昇である。温度上昇を抑える一つの方法としては、放熱性を高める方法が一般に用いられている。半導体レーザ素子は化合物半導体基板上に形成されるが、化合物半導体は熱伝導度が小さいため基板側への放熱はあまり期待できない。そのため端面出射型半導体レーザでは、素子形成部を直接ヒートシンクに接触させることで放熱を高める方法が常套手段になっている。
【０００４】
しかし表面出射型の面発光型半導体レーザの場合、素子が形成されている基板表面側にレーザ出射を行うため素子に直接ヒートシンクを接触させることができず放熱が困難であるという問題をかかえていた。
【０００５】
これを解決するために、例えば特開平５－２８３７９６ではヒートシンク機能を有する電極をそなえている。このような突起状の共振器構造の面発光型半導体レーザでの主な発熱源は、ｐ型半導体多層反射層の抵抗、あるいはｐ型コンタクト層と上部電極のコンタクト抵抗によるジュール熱であると考えられる。これらの発熱源は主に共振器突起部に存在している。そのため共振器突起部周囲を熱伝導に優れた金属で密着して覆うことにより、放熱を高めて大幅に素子温度を下げられる可能性がある。
【０００６】
表面からレーザを出射するためには、共振器突起部の周囲だけを金属で埋め込み、レーザ出射部をもつ共振器突起部上面は金属で覆われないように形成しなければならない。前述の方法はメッキ法を用いて露出した金属部にだけ金属を析出させることで共振器周囲を金属で埋め込みながら共振器突起部上面のレーザ出射口を確保している。その材質としては金等が挙げられている。
【０００７】
【発明が解決しようとする課題】
前述の方法のようにメッキ法を用いて露出金属部にだけ金属を析出させるには、電解メッキ法を用いざるをえない。これは金属イオンを含む電解液中に導電性被メッキ物と電極を入れて、被メッキ物側を陽極として電流を流すことで金属を陽極に析出する方法である。電解液中の金属イオンは負イオンであるから陽極に引き寄せられて接触し、電子を失うことで中性化して陽極である被メッキ物の表面に金属膜として析出する。しかし電解液中での処理が必要なので、半導体素子に大敵の不純物汚染の恐れがある。また素子に電流を流すので素子の特性を劣化させてしまうという問題があった。
【０００８】
そこで本発明の目的は、素子を劣化させる工程を含まない簡単な方法で、表面出射を可能にするヒートシンク構造を実現し、高いレーザ出力と高い信頼性を有する面発光型半導体レーザを提供することにある。
【００１２】
【課題を解決するための手段】

請求項１の発明は、少なくとも一部が突起状の共振器を持つ垂直共振器型の面発光型半導体レーザにおいて、前記突起状共振器の周囲に融点が４００℃以下の埋め込み金属が埋め込まれてなる面発光型半導体レーザの製造方法を定義している。この方法では、共振器突起部上面に開口を有する上部電極を形成する工程と、融点が４００℃以下の埋め込み金属を共振器突起部の周囲に形成する工程と、埋め込み金属の融点以上の温度で加熱処理を行い埋め込み金属を溶融する工程とを含むことを特徴とする。

【００１３】

請求項２の発明の特徴は、前記埋め込み金属の融点以上の温度で加熱処理を行い埋め込み金属を溶融する工程は１０００Ｐａ以下の減圧条件下で行うことである。これにより埋め込み時の空隙の発生を抑え共振器突起部と埋め込み金属の密着性を高めることが出来る。

【００１４】

請求項３の発明の特徴は、前記埋め込み金属の融点以上の温度で加熱処理を行い埋め込み金属を溶融する工程は１０００Ｐａ以下の減圧条件で昇温および埋め込み金属の溶融を行い不活性ガス雰囲気の常圧条件で降温を行うことである。これにより埋め込み時の空隙の発生をさらに抑え共振器突起部と埋め込み金属の密着性をさらに高めることが出来る。

【００１５】

請求項４の発明の特徴は、請求項１、２、３のいずれか一項において、前記埋め込み金属の融点以上の温度に加熱処理し埋め込み金属を溶融する工程に先立ってプラズマクリーニング処理する工程を含むことである。これにより上部電極と埋め込み金属の濡れ性を高めることで密着不良を抑えることが出来る。

【００１６】

【発明の実施の形態】

（実施例１）

以下、本発明の実施例を図１を用いて説明する。図１は、本発明の面発光型半導体レーザの概略を示す断面図である。この面発光型半導体レーザは、ｎ型ＧａＡｓ基板１０１上にｎ型半導体多層反射層１０２　とｎ型クラッド層１０３と、活性層１０４と、ｐ型クラッド層１０５とｐ型半導体多層反射層１０６とｐ型コンタクト層１０７とが順次積層されている。

【００１７】

そしてｐ型コンタクト層１０７とｐ型半導体多層反射層１０６を経てｐ型クラッド層１０５の途中まで突起状にエッチングすることで共振器突起部１０８が形成されている。この共振器突起部を形成することによって注入された電流を空間的に閉じ込めることができ、効率的なレーザ発振が可能になる。

【００１８】

共振器突起部１０８の周囲にはＳｉＯ２膜からなる絶縁膜１０９とＴｉ膜とＡｕ膜の２層からなる上部電極１１０が形成されている。絶縁膜１０９は少なくともｐ型クラッド層１０５の表面を覆うように形成され、上部電極１１０は絶縁膜１０９と共振器突起部１０８側面とｐ型コンタクト層１０７の表面に沿って連続的に形成されている。さらに上部電極１１０は共振器突起部１０８の上面にレーザ出射口１１１備えている。レーザ出射口とは上部電極１１０の共振器突起部１０８の上面の開口部のことで、ここから基板の表面側にレーザ光が出射される。

【００１９】

そしてこの上部電極１１０表面に密着するように、共振器突起部１０８の周囲に埋め込み金属１１２が形成され、レーザ出射口１１１を遮らないようＡｕの電極パッド１１３が形成されている。　ｎ型ＧａＡｓ基板１０１の裏面にはＡｕＧｅ、Ｎｉ、Ａｕからなる下部電極１１４が形成されている。

【００２０】

ここでｎ型半導体多層反射層１０２は、ＡｌＡｓと$Al_{0.15}Ga_{0.85}As$を交互に３０ペア積層しレーザ発振波長に対して９９．９％以上の反射率を持つ。

【００２１】

ｐ型半導体多層反射層１０６は、ＡｌＡｓと$Al_{0.15}Ga_{0.85}As$を交互に２５ペア積層しレーザ発振波長に対して９９．６％以上の反射率を持つ。

【００２２】

活性層１０４は、３つのＧａＡｓの井戸層とそれを挟むように積層された$Al_{0.3}Ga_{0.7}As$の障壁層からなる多重量子井戸活性層になっている。

【００２３】

ｐ型コンタクト層１０７は、キャリア濃度$1\times10^{19}cm^{-3}$以上のＧａＡｓ層からなっている。

【００２４】

上部電極１１０はＴｉ薄膜とＡｕ薄膜の２層で構成されており、埋め込み金属１１２と接する方にＡｕ薄膜が面している。

【００２５】

埋め込み金属１１２は融点が１９０℃のＡｕＳｎ合金であり、共振器突起部１０８の高さを上回る厚さに形成されている。埋め込み金属としてはＡｕＳｎの他にＳｎ、Ｉｎ、ＳｎＩｎ、ＰｂＳｎ、ＡｕＳｉ等の融点が４００℃以下の金属を用いることができる。本発明では埋め込み金属を溶融することで共振器突起部を密着よく埋め込むため、融点以上の温度の加熱処理工程を必要とする。この温度が４００℃以上の場合、ドーパントなどの予期せぬ拡散等が生じる恐れがある。この温度はできるだけ低い方が好ましく、融点が３００℃以下の金属を用いればなお良い。

【００２６】

本実施例のような突起状の共振器構造の面発光型半導体レーザでの主な発熱源は、ｐ型半導体多層反射層１０６の抵抗、あるいはｐ型コンタクト層１０７と上部電極１１０のコンタクト抵抗によるジュール熱などであると考えられ、これらの発熱源は主に共振器突起部１０８に存在している。本発明によれば、この共振器突起部１０８周囲を熱伝導に優れた埋め込み金属１１２で密着して覆うことにより放熱性が高まり、素子温度を下げることができた。その結果、大幅なレーザ出力の増加および信頼性の向上が実現できた。

【００２７】

また、本発明ではＡｕの電極パッド１１３を埋め込み金属１１２の表面上に形成することにより電流供給のために電極パッド１１３に接続される金属のワイヤーをもヒートシンクとして機能させることができ、放熱性をさらに高めることができる。

【００２８】

次に製造方法について図２～図９を用いて説明する。まず図２に示すようにｎ型ＧａＡｓ基板１０１上にｎ型半導体多層反射層１０２とｎ型クラッド層１０３と、活性層１０４と、ｐ型クラッド層１０５とｐ型半導体多層反射層１０６とｐ型コンタクト層１０７を有機金属気相成長法で順次エピタキシャル成長する。ｎ型ドーパントとしてセレン、ｐ型ドーパントとして亜鉛を用いた。そして、この表面にフォトレジストを塗布しフォトリソグラフ法で共振器の形状にレジストマスクを形成する。ここではレジストマスクの形状として円形、矩形、ストライプ形状など任意の形状を選ぶことが出来る。

【００２９】

次に図３に示すように、このレジストマスクをマスクにしてｐ型クラッド層１０５の途中まで塩素等のガスを用いた反応性イオンビームエッチングによりエッチングして共振器突起部１０８を形成し、レジストマスクを除去した後、表面に絶縁膜１０９として例えばＳｉＯ２膜をモノシランを原料にした熱ＣＶＤ法によって形成する。ここではｐ型クラッド層１０５の途中まで約５μｍの深さまでエッチングしたが、任意の深さまでエッチングしてもかまわない。

【００３０】

次に図４に示すよう、表面にレジストを塗布する。塗布されたレジストは、表面張力のためできるだけ平坦になろうとする。そのため共振器突起部１０８上のレジストの厚さは、それ以外の場所よりも薄くなる。

【００３１】

次に図５に示すように、アッシング法によりレジストを選択的に削り、絶縁膜１０９で覆われた共振器突起部１０８の途中まで露出した後、　ＣＦ４などの反応性ガスを用いた反応性イオンエッチングにより、露出した絶縁膜１０９を除去する。アッシング法とは、オゾン中の酸素ラジカルのような酸化力の大きい気体を用いて選択的にレジストを削る方法である。スパッタのような半導体へのダメージが少ないため、レジストマスクの除去等に広く用いられている。アッシングはレジストに対して等方的に進むので共振器突起部１０８の薄いレジストが先に消失する。ここでは少なくとも共振器突起部１０８の上面、より好ましくは共振器突起部１０８の側面のすべてを露出させる。この工程の目的は共振器突起部１０８の絶縁膜だけを除去することにあるので、共振器突起部１０８以外の表面が露出することは好ましくない。

【００３２】

次に図６に示すように、再びアッシングを行い残ったレジストを完全に除去し、共振器突起部１０８上面に所望の形状のフォトレジストマスクを形成し、真空蒸着法で上部電極１１０を蒸着した後、アセトン等の有機溶剤中で超音波振動を加えレジストマスクと共にレジストマスク表面に蒸着された上部電極膜を除去する。この方法は一般的にリフトオフ法と呼ばれている。こうして上部電極１１０は、共振器上面にレーザ出射口１１１を備え、共振器突起部１０８の周囲と絶縁層１０９の表面に沿って連続的に形成される。ここでは上部電極１１０として、チタンを０．１μｍと金を０．１μｍずつ積層した。チタン層は、化合物半導体からなる共振器とオーミック接触できる材料であり、この他にもｎ型の半導体に対してはＡｕＧｅの合金、ｐ型の半導体に対してはＡｕＺｎの合金などを用いることができる。金は、後述する埋め込み金属との濡れ性に優れている材料として選んだ。もし上部電極１１０表面に酸化皮膜が生じると、溶融した埋め込み金属がはじかれるなどして濡れ性が悪くなり、空隙を生じてしまうなど隙間なく埋め込むことができない。酸化皮膜を作りにくい材料としては、金が最も優れている。

【００３３】

次に図７に示すように、少なくともレーザ出射口１１１とレーザ出射口１１１端から１μｍ以上または共振器突起部１０８側面から５μｍ以内を完全に覆うようレジストマスクを形成し、埋め込み金属１１２としてＡｕＳｎの合金を真空蒸着法で厚さ６μｍ堆積させる。埋め込み金属としてはＡｕＳｎ合金の他にＳｎ、Ｉｎ、ＳｎＩｎ合金、ＰｂＳｎ合金、ＡｕＳｉ合金等の融点が４００℃以下の金属を用いることができる。ここでは真空蒸着法を用いたが、このほかにスパッタ法などを用いることができることはいうまでもない。埋め込み金属１１２の厚さは、共振器突起部１０８の高さと同等か、それ以上にすることが好ましい。

【００３４】

次に図８に示すように、アセトンなど有機溶剤中で超音波振動を加えてレジストマスクを溶解するとともにレジストマスク上に堆積していた埋め込み金属を剥離する。こうして共振器突起部１０８の周囲に厚さ６μｍの埋め込み金属１１２が堆積形成される。この時レジストマスクパターンの選び方によっては、共振器突起部１０８と埋め込み金属１１２の間に最大で５μｍの隙間が存在することがあるが、後述する理由により問題にはならない。ただし隙間は５μｍ以下であることが望ましい。また、埋め込み金属１１２のエッジ部にバリなどが発生することがあるが、埋め込み金属１１２のエッジ部がレーザ出射口１１１端から１μｍ以上はなれていれば、同様に後述する理由により問題にはならない。

【００３５】

そして露出した上部電極１１０表面を清浄化するため、基板表面をアルゴンプラズマクリーニングを行う。これにより露出した上部電極１１０表面上の有機物等の汚れをより完全に除去することが出来、埋め込み金属に対する濡れ性がより高まる。ここでは共振器突起部１０８上面のレーザ出射口１１１へのダメージを最小限に抑えるためアルゴンプラズマを用いたが酸素プラズマや反応性ガスプラズマなどを用いることもできる。その場合、ダメージを少なくするようプラズマ密度や処理時間などにより注意する必要がある。

【００３６】

次に図９に示すように、加熱処理を加えて埋め込み金属１１２を溶融し、共振器突起部１０８周囲を上部電極１１０に密着するよう埋め込む。加熱処理の方法としては、まず基板を１０００Ｐａ以下の減圧中に置き、埋め込み金属ＡｕＳｎ合金の融点１９０℃よりやや高い温度２００℃まで昇温する。温度が安定したところでゆっくりとアルゴンガスを供給し常圧にした後、アルゴン雰囲気の常圧状態のまま温度を下げて加熱処理は完了する。埋め込み金属溶融前に共振器突起部１０８と埋め込み金属１１２の間に最大で５μｍの隙間が存在する場合でも、埋め込み金属１１２を溶融し液化すると上部電極１１０に対して濡れ性がよいので自動的に隙間が埋まるよう共振器突起部１０８周囲が完全に密着して埋めこまれる。ただし埋め込み金属溶融前の共振器突起部１０８と埋め込み金属１１２の隙間が５μｍを越える場合には、溶融後も空隙が残ってしまうことがあった。したがって埋め込み金属溶融前の共振器突起部１０８と埋め込み金属１１２の間の隙間は５μｍ以下が望ましい。

【００３７】

上部電極１１０と埋め込み金属１１２の密着は、表面張力と相互の良好な濡れ性によって起こる一方、レーザ出射口１１１で露出しているｐ型コンタクト層１０７に対する埋め込み金属１１２の濡れ性は小さいため、電極のない共振器突起部１０８上面のレーザ出射口１１１は埋め込み金属１１２に覆われることなく確保される。また埋め込み金属１１２のエッジ部に発生したバリも溶融するとともに消失する。ただしレーザ出射口１１１の端と埋め込み金属１１２のエッジが１μｍ以下の場合、極まれにレーザ出射口１１１上に埋め込み金属が付着してしまうことがあった。よってレーザ出射口１１１の端と埋め込み金属１１２のエッジ部の間は１μｍ以上離すことが望ましい。

【００３８】

埋めこみ金属の溶融時に１０００Ｐａ以下の減圧状態にすることで埋め込み金属１１２内への気泡の混入を防ぎ共振器突起部１０８周囲の空隙の発生を抑えることができる。このような効果は１０００Ｐａを越える圧力では認められず、空隙が発生する頻度が大きくなってしまう。より好ましくは、１００Ｐａ以下である。さらに溶融中に常圧に戻し、降温することで空隙の発生を完全に抑えることができる。ここでは雰囲気ガスにアルゴンガスを用いたが、不活性ガスまたは還元性ガスを用いても良い。ここでいう不活性ガスとはヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン等の希ガスあるいは窒素のような反応性の小さなガスである。還元性ガスとしては例えば水素などが挙げられる。こうして十分な厚さを持ち、共振器突起部１０８周囲を隙間なく密着し放熱性にすぐれた埋め込み金属１１２を形成することができる。共振器突起部１０８の高さと堆積厚をそろえておけば平坦化することもできる。加熱処理温度は４００℃以下の比較的低温なので原子拡散はほとんど起こらず、素子劣化の心配がない。我々の実験では、４００℃を越える加熱処理を行うとドーパントや上部電極金属原子の予期せぬ拡散が起こりレーザ発振性能が著しく低下した。

【００３９】

そして図１に示すように、レーザ出射口１１１に掛からないよう埋め込み金属１１２表面に金の電極パッド１１３を形成し、最後に基板裏側にＡｕＧｅ、Ｎｉ、Ａｕを積層した下部電極１１４を蒸着して面発光型半導体レーザが完成する。

【００４０】

以上に述べたように本発明の面発光型半導体レーザの製造方法によると、埋め込み金属を融点以上の温度で加熱溶融することで共振器突起部周囲を密着よく埋め込むことができ、溶融した埋め込み金属と上部電極の濡れ性と表面張力によってセルフアライン的に埋め込むことで埋め込み金属のパターニング堆積の際に高いアライメント精度を必要とせず極めて簡単に埋め込み金属を備えた面発光型半導体レーザを作成できた。また、融点が４００℃以下の金属を埋め込み金属に選び、溶融工程での加熱処理温度を４００℃以下に抑えることでドーパント等の予期せぬ熱拡散によるレーザ特性の低下は全く生じなかった。

【００４１】

なお本発明は上記の実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨の範囲内で種々の変

形実施が可能である。活性層１０４は面発光型半導体レーザの発振波長に応じてＩｎＧａＡｓ，ＧａＡｓ，ＡｌＧａＡｓ，ＧａＩｎＰ，ＡｌＧａＩｎＰ，ＩｎＧａＡｓＰ，ＺｎＳｅ，ＺｎＳ，ＧａＮ，ＡｌＧａＮ，ＩｎＮ，ＩｎＧａＮのいずれかからなる単層あるいは量子井戸層を用いることが可能で、さらに半導体の導電型のｐ型とｎ型を入れ替えても実施が可能である。

【００４２】

（実施例２）

次に本発明の第２の実施例について説明する。

【００４３】

図１０は、本発明の第２の実施例の面発光型半導体レーザの概略を示す断面図である。この面発光型半導体レーザは、ＡｌＡｓ層の自然酸化を利用した酸化Ａｌ層を電流狭窄構造として用いているところが第１の実施例と異なる。

【００４４】

以下、図１０を用いて詳しく説明する。この面発光型半導体レーザは、ｎ型ＧａＡｓ基板２０１上にｎ型半導体多層反射層２０２　とｎ型クラッド層２０３と、活性層２０４と、ｐ型クラッド層２０５と電流狭窄層２１５とｐ型半導体多層反射層２０６とｐ型コンタクト層２０７とが順次積層されている。

【００４５】

そしてｐ型コンタクト層２０７とｐ型半導体多層反射層２０６と電流狭窄層２１５を経てｐ型クラッド層２０５の途中まで突起状にエッチングすることで共振器突起部２０８が形成されている。

【００４６】

共振器突起部２０８の周囲にはＳｉＯ２膜からなる絶縁膜２０９とＴｉ膜とＡｕ膜の２層からなる上部電極２１０が形成されている。絶縁膜２０９は少なくともｐ型クラッド層２０５の表面を覆うように形成され、上部電極２１０は絶縁膜２０９と共振器突起部２０８側面とｐ型コンタクト層２０７の表面に沿って連続的に形成されている。さらに上部電極２１０は共振器突起部２０８の上面にレーザ出射口２１１備えている。レーザ出射口とは、上部電極２１０の共振器突起部２０８の上面の開口部のことで、ここから基板の表面側にレーザ光が出射される。

【００４７】

そしてこの上部電極２１０表面に密着するよう共振器突起部２０８の周囲に埋め込み金属２１２が形成され、レーザ出射口２１１を遮らないようＡｕの電極パッド２１３が形成されている。ｎ型半導体基板の裏面にはＡｕＧｅ、Ｎｉ、Ａｕからなる下部電極２１４が形成されている。

【００４８】

ここでｎ型半導体多層反射層２０２　はＡｌＡｓと$Al_{0.15}Ga_{0.85}As$を交互に３０ペア積層しレーザ発振波長に対して９９．９％以上の反射率を持つ。

【００４９】

ｐ型半導体多層反射層２０６は$Al_{0.9}Ga_{0.1}As$と$Al_{0.15}Ga_{0.85}As$を交互に３０ペア積層しレーザ発振波長に対して９９．５％以上の反射率を持つ。

【００５０】

活性層２０４は３つのＧａＡｓの井戸層とそれらを挟むように積層された$Al_{0.3}Ga_{0.7}As$の障壁層からなる多重量子井戸活性層になっている。

【００５１】

ｐ型コンタクト層２０７はキャリア濃度$1\times10^{19}\ cm^{-3}$以上のＧａＡｓ層からなっている。

【００５２】

電流狭窄層２１５は、ＡｌＡｓ層２１６とその周囲を囲むように形成された酸化Ａｌ層２１７で構成されている。酸化Ａｌ層２１７は、ＡｌＡｓ層２１６を共振器突起部２０８側面から自然酸化することで得られる。その方法として例えば、少なくともＡｌＡｓ層が共

振器突起部に含まれるように共振器突起部を形成し、水蒸気雰囲気中で約４００℃のの加熱処理を行う方法がよく知られている。ＡｌＡｓ層２１６が共振器突起部２０８側面から内部に向かって酸化反応を起し、徐々に酸化Ａｌ層２１７に置き変わっていく。その結果ＡｌＡｓ層２１６は、周囲を絶縁体である酸化Ａｌ層２１７で切れ目なく囲まれることになる。

【００５３】

上部電極２１０はＴｉ薄膜とＡｕ薄膜の２層で構成されており、埋め込み金属２１２と接する方にＡｕが面している。

【００５４】

埋め込み金属２１２は、融点が１９０℃のＡｕＳｎ合金であり、共振器突起部２０８の高さを上回る厚さに形成されている。埋め込み金属としてはＡｕＳｎの他にＳｎ、Ｉｎ、ＳｎＩｎ、ＰｂＳｎ、ＡｕＳｉ等の融点が４００℃以下の金属を用いることができる。

【００５５】

このレーザは、ＡｌＡｓ層の自然酸化を利用した酸化Ａｌ層を電流狭窄構造として用いているところが第１の実施例と異なる。

【００５６】

上部電極から注入された電流は、酸化Ａｌ層２１７が絶縁体であるため遮られ、共振器突起部２０８の中央に位置する導電体であるＡｌＡｓ層２１６を通って共振器突起部２０８の中央に集中するよう流れる。このようにして電流狭窄層２１５は水平方向の電流狭窄構造として機能する。注入された電流が、共振器突起部２０８の中央に集中することで、単純な突起状共振器構造に比べて大幅に無効電流が抑えられ、しきい値電流の低減やレーザ出力の向上が期待できる。

【００５７】

しかし、この酸化Ａｌ層を用いた電流狭窄構造にも放熱の点で大きな問題がある。酸化Ａｌ層はＡｌＡｓ層に比べて約５倍ほど熱抵抗が大きいため、共振器突起部の放熱性が悪く駆動時の温度上昇を招いてしまうことである。突起状の共振器構造の面発光型半導体レーザでの主な発熱源は、ｐ型半導体多層反射層の抵抗、あるいはｐ型コンタクト層と上部電極のコンタクト抵抗によるジュール熱などであると考えられ、これらの発熱源は主に共振器突起部に存在している。電流狭窄層は、製法上の都合で共振器突起部に形成しなければならず、電流狭窄層は活性層から離れると電流狭窄効果がなくなるため、共振器突起部の根元近傍に形成せざるをえない。熱抵抗の高い電流狭窄層を共振器突起部の根元に配置することで、共振器突起部は熱的に孤立しやすくなり、電流狭窄層を持たない突起状共振器構造よりも駆動時の温度上昇を招くのである。その結果、期待程はレーザ出力が得られないことがあった。特に熱の影響を受けやすい信頼性には大きな問題があった。

【００５８】

しかし本発明を適用すると、共振器突起部２０８の周囲に熱伝導性の良い埋め込み金属２１２を密着して形成出来るので、共振器突起部２０８で生じた熱を埋め込み金属２１２へ逃がすことで放熱性が飛躍的に高まり、駆動時の素子温度が下がった結果、著しいレーザ出力の増加と信頼性の向上が得られた。

【００５９】

よって、酸化Ａｌ層を電流狭窄層に用いる突起状共振器構造に、本発明を用いると従来出来なかった電流狭窄と放熱を両立でき極めて効果的である。

【００６０】

【発明の効果】

以上のように本発明によれば、融点の低い金属を埋め込み材に用い、溶融させて共振器突起部を埋め込むことで極めて簡単な方法で密着性よく埋め込むことができる。その結果放熱性が飛躍的に高まり、駆動中の素子温度の上昇を抑えレーザ出力の向上を可能にし、さらに信頼性を高めることができる。とくに、酸化Ａｌ層を用いた電流狭窄層を有する面発光型半導体レーザに適用すると効果的である。

【００６１】

また本発明の製造方法によると、埋め込み金属は溶融することで自動的に共振器突起部を埋め込むので、埋め込み金属を堆積する際のパターニングに高いアライメント精度を必要とせず、極めて簡単に密着性の高い埋め込みを実現できる。共振器突起部周囲と埋め込み金属の間に隙間ができたりすることもない。パターニング時に発生しがちなエッジ部のバリなども溶融することで消失し、平坦性の高い埋め込みが実現できる。融点が４００℃以下という比較的低温な金属を用いることで、半導体素子への原子拡散などの心配がなく、素子を劣化させる工程を含まないで作成できる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の第１の実施例の面発光型半導体レーザを示す断面図である。

【図２】本発明の第１の実施例の面発光型半導体レーザの製造工程を示す断面図である。

【図３】本発明の第１の実施例の面発光型半導体レーザの製造工程を示す断面図である。

【図４】本発明の第１の実施例の面発光型半導体レーザの製造工程を示す断面図である。

【図５】本発明の第１の実施例の面発光型半導体レーザの製造工程を示す断面図である。

【図６】本発明の第１の実施例の面発光型半導体レーザの製造工程を示す断面図である。

【図７】本発明の第１の実施例の面発光型半導体レーザの製造工程を示す断面図である。

【図８】本発明の第１の実施例の面発光型半導体レーザの製造工程を示す断面図である。

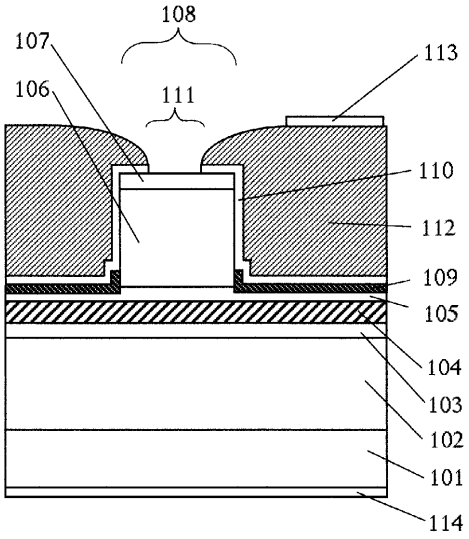
【図９】本発明の第１の実施例の面発光型半導体レーザの製造工程を示す断面図である。

【図１０】本発明の第２の実施例の面発光型半導体レーザを示す断面図である。

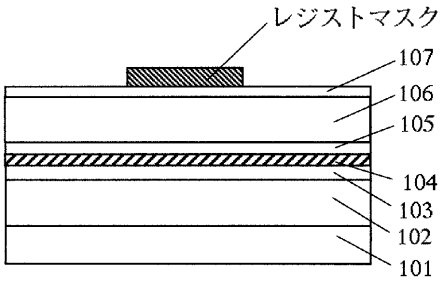
【符号の説明】

１０１，２０１　ｎ型ＧａＡｓ基板
１０２，２０２　ｎ型半導体多層反射層
１０３，２０３　ｎ型クラッド層
１０４，２０４　活性層
１０５，２０５　ｐ型クラッド層
１０６，２０６　ｐ型半導体多層反射層
１０７，２０７　ｐ型コンタクト層
１０８，２０８　共振器突起部
１０９，２０９　絶縁膜
１１０，２１０　上部電極
１１１，２１１　レーザ出射口
１１２，２１２　埋め込み金属
１１３，２１３　電極パッド
１１４，２１４　下部電極
２１５　電流狭窄層
２１６　ＡｌＡｓ層
２１７　酸化Ａｌ層

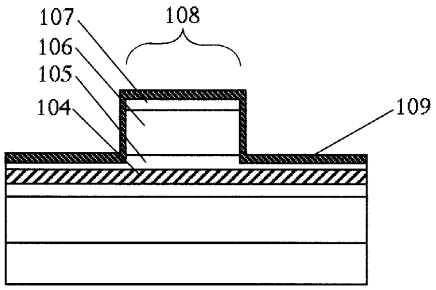
【図１】



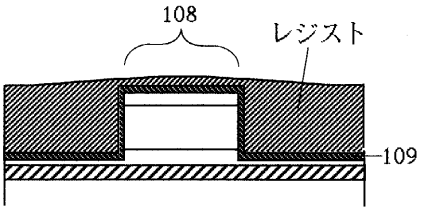
【図２】



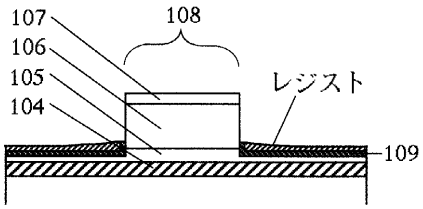
【図３】



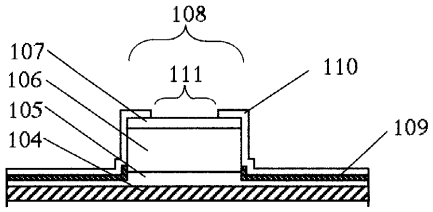
【図４】



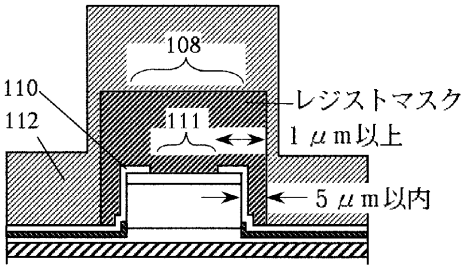
【図５】



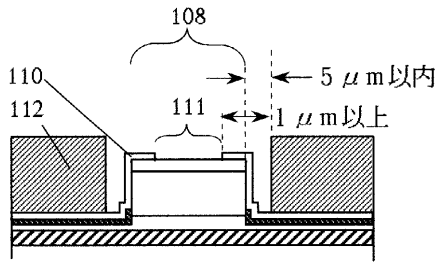
【図６】



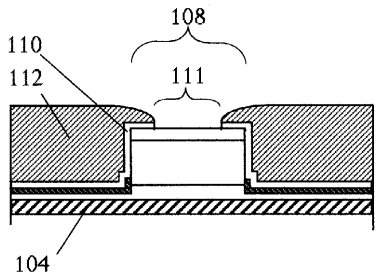
【図７】



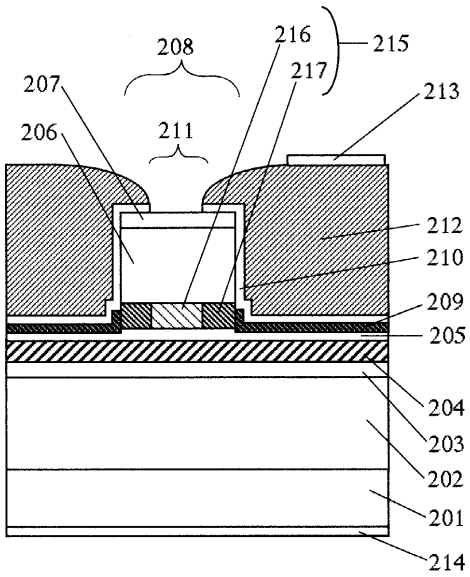
【図８】


108
110
112
111
5μm以内
1μm以上

【図９】


108
110
112
111
104

【図１０】


208
216
215
207
217
213
206
211
212
210
209
205
204
203
202
201
214

フロントページの続き

(72)発明者　森　克己
長野県諏訪市大和３丁目３番５号　セイコーエプソン株式会社内

審査官　吉野　三寛

(56)参考文献　特開平０８－１６２７１３（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－２８３７９６（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
H01S　5/00-5/50