

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-344743
(P2006-344743A)

(43) 公開日 平成18年12月21日(2006.12.21)

(51) Int. Cl.

H01S 5/024 (2006.01)

F I

H01S 5/024

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 14 頁)

(21) 出願番号

特願2005-168469 (P2005-168469)

(22) 出願日

平成17年6月8日(2005.6.8)

(71) 出願人

000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(74) 代理人

100098785

弁理士 藤島 洋一郎

(74) 代理人

100109656

弁理士 三反崎 泰司

(72) 発明者

佐々木 堅志

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ

ニー株式会社内

(72) 発明者

浜口 雄一

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ

ニー株式会社内

最終頁に続く

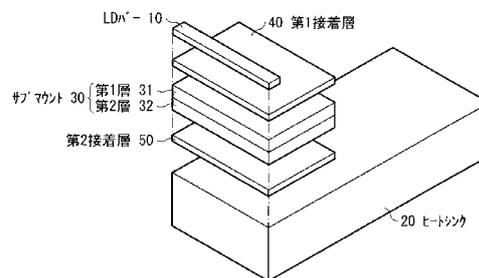
(54) 【発明の名称】 半導体レーザ装置

(57) 【要約】

【課題】 半導体レーザ素子と支持部材との間、または支持部材と放熱部材との間の接着層にかかる応力を低減し、信頼性を高めることができる半導体レーザ装置を提供する。

【解決手段】 LDバー10とヒートシンク20との間にサブマウント30を配設し、例えばロウまたは金(Au)-スズ(Sn)はんだよりなる第1接着層40および第2接着層50によりそれぞれを接合する。サブマウント30の第1層31は、銅タンゲステン(CuW)など、LDバー10に略等しい熱膨張係数とし、第2層32は、銅(Cu)など、ヒートシンク20に略等しい熱膨張係数とする。第1接着層40および第2接着層50にかかる応力を低減し、信頼性を向上させる。第1層31および第2層32は、ロウ付けまたは拡散接合により互いに接合して一体構造とし、強固な接合界面で、熱膨張係数差による応力を確実に吸収させる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体レーザー素子と、

前記半導体レーザー素子よりも熱膨張係数の大きな放熱部材と、

前記半導体レーザー素子に略等しい熱膨張係数を有すると共に前記半導体レーザー素子側の表面に配置された第 1 層、および前記放熱部材に略等しい熱膨張係数を有すると共に前記放熱部材側の裏面に配置された第 2 層を含む複数の層の積層構造を有し、かつ、前記複数の層がロウ付けまたは拡散接合により互いに接合されて一体構造をなしている支持部材と

、前記半導体レーザー素子と前記支持部材とを接合する第 1 接着層と、

前記放熱部材と前記支持部材とを接合する第 2 接着層と

を備えたことを特徴とする半導体レーザー装置。

10

【請求項 2】

前記支持部材は、前記複数の層の熱膨張係数が前記第 1 層から前記第 2 層に向かって順に大きくなる

ことを特徴とする請求項 1 記載の半導体レーザー装置。

【請求項 3】

前記支持部材は、前記第 1 層と前記第 2 層との間に、熱膨張係数が前記第 1 層よりも大きく前記第 2 層よりも小さい第 3 層を有する

ことを特徴とする請求項 2 記載の半導体レーザー装置。

20

【請求項 4】

前記支持部材は、前記複数の層のうち熱膨張係数が最も小さい層と、前記層の前記放熱部材側に積層された層との間で強制的に熱膨張係数差による応力を吸収させている

ことを特徴とする請求項 1 記載の半導体レーザー装置。

【請求項 5】

前記支持部材は、前記第 1 層と前記第 2 層との間に、熱膨張係数が前記第 1 層よりも小さい第 3 層を有する

ことを特徴とする請求項 4 記載の半導体レーザー装置。

【請求項 6】

前記複数の層のうち少なくとも 1 層は、ダイヤモンドを含む材料により構成されている

ことを特徴とする請求項 1 記載の半導体レーザー装置。

30

【請求項 7】

前記放熱部材は、前記半導体レーザー素子に対応する領域に水冷機構を備えており、前記複数の層のうち前記第 1 層以外の少なくとも 1 層は、絶縁材料により構成されている

ことを特徴とする請求項 1 記載の半導体レーザー装置。

【請求項 8】

前記半導体レーザー素子は GaAs よりなる基板に形成されたものであり、前記第 1 層は銅タングステン (CuW)、イリジウム (Ir) およびシリコンカーバイド (SiC) のうち少なくとも 1 種により構成されている

ことを特徴とする請求項 1 記載の半導体レーザー装置。

40

【請求項 9】

前記放熱部材および前記第 2 層は、銅 (Cu) により構成されている

ことを特徴とする請求項 1 記載の半導体レーザー装置。

【請求項 10】

前記第 1 接着層および前記第 2 接着層は、ロウまたは金 (Au) - スズ (Sn) はんだにより構成されている

ことを特徴とする請求項 1 記載の半導体レーザー装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【0001】

本発明は、半導体レーザ素子と放熱部材との間に支持部材を配設し、それぞれを接着層により接合した半導体レーザ装置に係り、特にGaAs基板を用いた赤外レーザなどに好適な半導体レーザ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

数W～数十Wクラスの高出力半導体レーザでは、高出力化および信頼性向上のため、二次元的に発光点を並べたレーザダイオードバー（LDバー）と称される半導体レーザ素子が多用される。LDバーからは大きな熱が発生し、その発熱量は出力に比例して大きくなるので、LDバーが配設されるヒートシンク（放熱部材）の構成材料としては、主として熱伝導率が高く加工が容易な銅（Cu）が用いられる。

10

【0003】

銅（Cu）の熱膨張係数は 17×10^{-6} [1/K]程度であるのに対して、高出力半導体レーザで一般的に用いられているGaAs基板の熱膨張係数は 5.9×10^{-6} [1/K]と大きな差がある。そのため、例えばGaAs基板に形成したLDバーを銅（Cu）よりなるヒートシンクにはんだ付けして常温に冷却すると、LDバーに応力を生じる。LDバーに応力が生じた状態で通電すると、結晶欠陥の増殖を促進し、レーザの信頼性に悪影響を及ぼすことが知られている。

【0004】

従来では、この問題を回避するため、例えば、LDバーの構成材料と比較的熱膨張係数が近い材料として銅タングステン（CuW）などを用いたサブマウント（支持部材）をLDバーとヒートシンクとの間に配設するようにしていた。

20

【0005】

更に、LDバーとヒートシンクとの間に複数のサブマウントを配設することも提案されていた。例えば特許文献1では、ヒートシンク上にSiCサブマウントおよびダイヤモンドサブマウントを順に積層し、その上にレーザチップを配設している。また、例えば特許文献2では、サブマウントを上層、中間層および下層の3層構造とし、上層および下層をダイヤモンド、中間層を銅によりそれぞれ構成している。

【特許文献1】特開平11-307875号公報

【特許文献2】特開2001-291925号公報

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、従来では、LDバーとサブマウントとの間、およびサブマウントとヒートシンクとの間に、インジウム（In）はんだ等の軟らかいはんだよりなる接着層を設け、この接着層により、接合時に生じる応力を吸収・緩和させるようにしていた。そのため、接着層を構成するはんだに応力がかかってストレスマイグレーションが生じたり、連続した出力オン/オフによりはんだにかかる応力が変動し、はんだが塑性変形して変質してしまうという問題があった。

【0007】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、半導体レーザ素子と支持部材との間、または支持部材と放熱部材との間の接着層にかかる応力を低減し、信頼性を高めることができる半導体レーザ装置を提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明による半導体レーザ装置は、以下の（A）～（E）の要件を備えることにより信頼性を高めたものである。

（A）半導体レーザ素子

（B）半導体レーザ素子よりも熱膨張係数の大きな放熱部材

（C）半導体レーザ素子に略等しい熱膨張係数を有すると共に半導体レーザ素子側の表面

50

に配置された第1層、および放熱部材に略等しい熱膨張係数を有すると共に放熱部材側の裏面に配置された第2層を含む複数の層の積層構造を有し、かつ、前記複数の層がロウ付けまたは拡散接合により互いに接合されて一体構造をなしている支持部材

(D) 半導体レーザ素子と支持部材とを接合する第1接着層

(E) 放熱部材と支持部材とを接合する第2接着層

【0009】

ここで第1層が「半導体レーザ素子に略等しい熱膨張係数を有する」とは、第1層と半導体レーザ素子との熱膨張係数が等しいか、または第1層と半導体レーザ素子との熱膨張係数差が第1層と放熱部材との熱膨張係数差よりも小さいことをいう。同様に、第2層が「放熱部材に略等しい熱膨張係数を有する」とは、第2層と放熱部材との熱膨張係数が等しいか、または第2層と放熱部材との熱膨張係数差が第2層と半導体レーザ素子との熱膨張係数差よりも小さいことをいう。第1層と半導体レーザ素子との熱膨張係数差、または第2層と放熱部材との熱膨張係数差は、 4×10^{-6} [1/K]以下であることが好ましく、 $1 \sim 2 \times 10^{-6}$ [1/K]以下であればより好ましく、 0.5×10^{-6} [1/K]以下であれば更に好ましい。

10

【0010】

この半導体レーザ装置では、半導体レーザ素子と支持部材の第1層との熱膨張係数が略等しい一方、放熱部材と支持部材の第2層との熱膨張係数が略等しくなっているため、第1接着層および第2接着層にかかる応力が低減される。これにより、第1接着層および第2接着層を構成するはんだ等が、ストレスマイグレーションや変質により破断してしまうことが抑制される。半導体レーザ素子と放熱部材との熱膨張係数差は、支持部材の複数の層の接合界面での応力となって吸収されるが、その接合界面ははんだ付けよりも一般に信頼性の高いロウ付けまたは拡散接合により強固に接合されているため、支持部材の複数の層が応力により剥離される事象は抑制される。

20

【発明の効果】

【0011】

本発明の半導体レーザ装置によれば、支持部材の第1層の熱膨張係数を半導体レーザ素子と略等しくする一方、第2層の熱膨張係数を放熱部材と略等しくしたので、第1接着層および第2接着層にかかる応力を低減し、信頼性を向上させることができる。また、複数の層をロウ付けまたは拡散接合により互いに接合して一体構造とするようにしたので、半導体レーザ素子と放熱部材との熱膨張係数差を、複数の層の接合界面での応力として確実に吸収することができ、更に信頼性を高めることができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【0013】

〔第1の実施の形態〕

図1は、本発明の第1の実施の形態に係る半導体レーザ装置の構成を表したものである。この半導体レーザ装置は、例えば、YAG励起光源などとして用いられるものであり、LDバー10とヒートシンク20との間にサブマウント30を配設した構成を有している。LDバー10は、例えばロウまたは金(Au)-スズ(Sn)はんだよりなる第1接着層40によりサブマウント30に接合され、ヒートシンク20は、例えばロウまたは金(Au)-スズ(Sn)はんだよりなる第2接着層50によりサブマウント30に接合されている。

40

【0014】

図2は、図1に示したLDバー10の一部を拡大して表したものである。このLDバー10は、ガリウムヒ素(GaAs)よりなる基板11に形成された赤外レーザである。LDバー10は、複数のレーザダイオード(LD)チップ12が並設されたものであり、その寸法は、例えば、幅約10mm、共振器長200μmないし1.5mm、具体的には約700μm程度、厚さ約100μmである。なお、ここで、幅とは、レーザダイオードチ

50

チップ12の配列方向における寸法であり、共振器長は、LDバー10からの光LBの出射方向すなわち共振器方向における寸法であり、厚さは、レーザダイオードチップ12の配列方向と共振器方向との両方に直交する方向における寸法である。

【0015】

LDバー10は、基板11上に、AlGaAs系化合物半導体よりなる、活性層を含む半導体層13を有している。なお、ここでいうAlGaAs系化合物半導体とは、短周期型周期表における3B族元素のうちアルミニウム(Al)およびガリウム(Ga)の少なくとも一方と5B族元素のうちヒ素(As)とを含む三元系半導体のことである。これらは、必要に応じてケイ素(Si)またはセレン(Se)などのn型不純物、または、マグネシウム(Mg)、亜鉛(Zn)または炭素(C)などのp型不純物を含有している。

10

【0016】

半導体層13の上には、例えば、各レーザダイオードチップ12に対応して、p側電極14が形成されている。p側電極14は、例えば、チタン(Ti)層、白金(Pt)層および金(Au)層を半導体層13の側から順に積層した構成を有している。また、基板11の裏面には、例えば、各レーザダイオードチップ12に対応して、n側電極15が設けられている。n側電極15は、例えば、金(Au)層、金(Au)とゲルマニウム(Ge)との合金層および金(Au)層を基板11の側から順に積層した構成を有している。なお、このようなLDバー10は、通常、p側電極14がサブマウント30に対向するように接合されているが、n側電極15がサブマウント30に対向するように接合されていてもよい。

20

【0017】

図1に示したヒートシンク20は、LDバー10から発生する大量の強熱を放出させ、LDバー10を適当な温度に維持する放熱部材としての機能を有するものである。ヒートシンク20は、例えば熱伝導性の高い銅(Cu)により構成されており、LDバー10よりも熱膨張係数が大きくなっている。なお、ヒートシンク20は、電源(図示せず)からの電流をLDバー10に伝導させる電極部材としての機能も有している。

【0018】

図1に示したサブマウント30は、LDバー10側の表面に配置された第1層31と、ヒートシンク20側の裏面に配置された第2層32との積層構造を有しており、図3に示したように、第1層31はLDバー10に略等しい熱膨張係数を有し、第2層32はヒートシンク20に略等しい熱膨張係数を有している。これにより、この半導体レーザ装置では、第1接着層40および第2接着層50にかかる応力を低減し、信頼性を向上させることができるようになっている。

30

【0019】

これら第1層31および第2層32は、ろう付けまたは拡散接合により互いに接合されて一体構造をなしている。これらの接合方法ははんだ付けよりも一般に信頼性が高く、強固な接合界面が得られる。よって、この半導体レーザ装置では、第1層31と第2層32との接合界面で、熱膨張係数差による応力を確実に吸収させることができ、更に信頼性を高めることができるようになっている。

【0020】

第1層31は、例えば、金属を含む材料、ダイヤモンドを含む材料、またはセラミックにより構成されている。中でも、ダイヤモンドを含む材料は熱伝導率が高く、縦方向(第1層31と第2層32との積層方向)だけでなく横方向(第1層31の面内方向)にも熱拡散を促進し、より広範囲に熱を広げ排熱効率を上げることができ、好ましい。

40

【0021】

金属を含む材料としては、例えば、鉄(Fe)、ニッケル(Ni)およびコバルト(Co)を含む合金(コパー) (熱膨張係数 5.3×10^{-6} [1/K])、または銅タングステン(CuW) (熱膨張係数 6.5×10^{-6} [1/K]) が挙げられる。

【0022】

ダイヤモンドを含む材料としては、ダイヤモンド(熱膨張係数 2.3×10^{-6} [1/K])

50

])、または銅(Cu)などの金属とダイヤモンドとの複合材料(コンポジットダイヤ)(熱膨張係数(例) $4 \sim 6 \times 10^{-6}$ [1/K])が挙げられる。なお、金属とダイヤモンドとの複合材料の熱膨張係数は材料・組成などにより異なる。金属とダイヤモンドとの複合材料は、端面角部のシャープエッジを形成しにくい場合があるが、第2層32との積層構造をとることによりシャープエッジを形成しやすくすることができると共に排熱効率も高めることができる。

【0023】

セラミックとしては、例えば窒化アルミニウム(AlN)(熱膨張係数 4.5×10^{-6} [1/K])またはシリコンカーバイド(SiC)(熱膨張係数 3.8×10^{-6} [1/K])が挙げられる。なお、第1層31をセラミックにより構成した場合、第1層31の表面に金(Au)めっき等よりなる金属被覆層(図示せず)を形成し、LDバー10との電氣的接続をとれるようにすることが望ましい。

10

【0024】

第2層32は、例えばヒートシンク20と同様に、銅(Cu)(熱膨張係数 17×10^{-6} [1/K])により構成されている。これにより、第2接着層50がロウまたは金(Au)-スズ(Sn)はんだ等の硬いはんだにより構成されていても、第2接着層50にかかる応力を低減させることができる。なお、第2層32の構成材料は、銅(Cu)に近い熱膨張係数を有する他の金属、例えばステンレス鋼(熱膨張係数(例) $17 \sim 18 \times 10^{-6}$ [1/K])でもよい。

【0025】

第1層31および第2層32の合計厚みは、例えば0.15mm以上0.3mm以下とすることが好ましい。なお、第1層31および第2層32の各々の厚みは、各々の熱膨張係数や剛性を考慮し、第1層31と第2層32との接合後の反りが小さくなるように適切に定めることが望ましい。

20

【0026】

この半導体レーザ装置は、例えば、次のようにして製造することができる。

【0027】

まず、例えば、上述した材料よりなる基板11の表側に、例えばMOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition; 有機金属化学気相成長)法またはMBE(Molecular Beam Epitaxy; 分子線エピタキシ)法により、上述した材料よりなる半導体層13を形成する。次いで、p側電極14およびn側電極15を形成し、基板11を所定の大きさに整える。これにより、図2に示したLDバー10が形成される。

30

【0028】

次いで、上述した厚みおよび材料よりなる第1層31および第2層32を用意し、これらをロウ付けまたは拡散接合により互いに接合して一体構造とすることにより、サブマウント30を形成する。サブマウント30のLDバー10側の表面には、例えば上述した材料よりなる第1接着層40を設ける。

【0029】

続いて、LDバー10とサブマウント30とを同時に加熱し圧着することにより、第1接着層40を間にして互いに接合させる。接合温度は、第1接着層40がロウ付けの場合は例えば300℃以上、金(Au)-スズ(Sn)合金の場合は例えば280℃~350℃程度とする。

40

【0030】

そののち、上述した材料よりなるヒートシンク20を用意し、このヒートシンク20のサブマウント30が配設される領域に、上述した材料よりなる第2接着層50を設ける。続いて、ヒートシンク20に設けられた第2接着層50と、サブマウント30の裏面とを対向させ、位置合わせを精度よく行い、ヒートシンク20の上にサブマウント30を載せる。そののち、加熱および加圧により、サブマウント30の裏面を第2接着層50を間にしてヒートシンク20に接合させる。接合温度は第1接着層40の場合と同様である。以上により、図1に示した半導体レーザ装置が完成する。

50

【0031】

この半導体レーザ装置では、各レーザダイオードチップ12のn側電極15とp側電極14との間に所定の電圧が印加されると、半導体層13の活性層に電流が注入され、電子-正孔再結合により発光が起こる。ここでは、LDバー10と第1層31との熱膨張係数が略等しい一方、ヒートシンク20と第2層32との熱膨張係数が略等しくなっているので、第1接着層40および第2接着層50にかかる応力が低減される。これにより、第1接着層40および第2接着層50を構成するはんだ等が、ストレスマイグレーションや変質により破断してしまうことが抑制される。

【0032】

また、LDバー10とヒートシンク20との熱膨張係数差は、第1層31と第2層32との接合界面での応力となって吸収される。その接合界面ははんだ付けよりも一般に信頼性の高いロウ付けまたは拡散接合により強固に接合されているので、第1層31と第2層32とが応力により剥離される事象は抑制される。

10

【0033】

このように本実施の形態の半導体レーザ装置では、サブマウント30の第1層31をLDバー10に略等しい熱膨張係数とする一方、第2層32をヒートシンク20に略等しい熱膨張係数とするようにしたので、第1接着層40および第2接着層50にかかる応力を低減し、信頼性を向上させることができる。また、LDバー10への応力も緩和することができ、より信頼性の優れた半導体レーザ装置を実現することができる。

【0034】

更に、第1層31および第2層32を、ロウ付けまたは拡散接合により互いに接合して一体構造とするようにしたので、第1層31と第2層32との接合界面を強固にして、熱膨張係数差による応力を確実に吸収させることができる。よって、更に信頼性を高めることができる。

20

【0035】

〔第2の実施の形態〕

図4は本発明の第2の実施の形態に係る半導体レーザ装置の構成を表すものである。この半導体レーザ装置は、サブマウント30の第1層31と第2層32との間に第3層33が設けられていることを除いては、第1の実施の形態と同一の構成を有している。よって、同一の構成要素には同一の符号を付して説明する。

30

【0036】

第1層31、第3層33および第2層32の熱膨張係数は、図5に示したように、この順に大きくなっており、LDバー10から順にヒートシンク20との熱膨張係数を合わせてようになっている。すなわち、第3層33は、熱膨張係数が第1層31よりも大きく第2層32よりも小さい。これにより、この半導体レーザ装置では、熱膨張係数差による応力を緩和し、第1接着層40および第2接着層50にかかる応力を低減して、信頼性を向上させることができるようになっている。

【0037】

これら第1層31ないし第3層33は、第1の実施の形態と同様に、ロウ付けまたは拡散接合により互いに接合されて一体構造をなしており、これらの強固な接合界面で熱膨張係数差による応力を確実に吸収することができるようになっている。

40

【0038】

このような第1層31ないし第3層33の構成材料としては、例えば、以下のような組み合わせが挙げられる。

第1層31：銅タングステン(CuW)(熱膨張係数 6.5×10^{-6} [1/K])

第3層33：酸化アルミニウム(Al_2O_3)(熱膨張係数 6.7×10^{-6} [1/K])

、アルミニウム/シリコンカーバイド(Al/SiC)(熱膨張係数 8.0×10^{-6} [1/K])、

銅モリブデン(CuMo)(熱膨張係数 7.0×10^{-6} [1/K])、チタン

(Ti)(熱膨張係数 8.9×10^{-6} [1/K])、ベリリウム(Be)(熱膨張係数

1.6×10^{-6} [1/K])、ロジウム(Rh)(熱膨張係数 8.2×10^{-6} [1/K])

50

)、鉄 (Fe) (熱膨張係数 11.7×10^{-6} [1/K])、パラジウム (Pd) (熱膨張係数 11.8×10^{-6} [1/K])、ルテニウム (Ru) (熱膨張係数 9.1×10^{-6} [1/K]) またはニッケル (Ni) (熱膨張係数 14.5×10^{-6} [1/K])
 第2層32：銅 (Cu) (熱膨張係数 17×10^{-6} [1/K])

【0039】

なお、上記の組み合わせにおいて、第1層31は銅タングステン (CuW) に代えてイリジウム (Ir) (熱膨張係数 6.4×10^{-6} [1/K]) により構成してもよい。また、第3層33は他の特殊機能合金により構成することも可能である。

【0040】

第1層31ないし第3層33の合計厚みは、例えば0.15mm以上0.3mm以下とすることが好ましい。なお、第1層31ないし第3層33の各々の厚みは、各々の熱膨張係数や剛性を考慮し、第1層31ないし第3層33の接合後の反りが小さくなるように適切に定めることが望ましい。

10

【0041】

この半導体レーザ装置は、第1の実施の形態と同様にして製造することができる。

【0042】

この半導体レーザ装置では、各レーザダイオードチップ12のn側電極15とp側電極14との間に所定の電圧が印加されると、第1の実施の形態と同様にして発光が起こる。ここでは、第1層31、第3層33および第2層32の熱膨張係数がこの順に大きくなっているため、熱膨張係数差による応力が緩和され、第1接着層40および第2接着層50にかかる応力が低減される。これにより、第1接着層40および第2接着層50を構成するはんだ等が、ストレスマイグレーションや変質により破断してしまうことが抑制される。

20

【0043】

このように本実施の形態の半導体レーザ装置では、第1層31、第3層33および第2層32の熱膨張係数をこの順に大きくなるようにしたので、熱膨張係数差による応力を緩和し、第1接着層40および第2接着層50にかかる応力を低減して、信頼性を向上させることができる。また、LDバー10への応力も緩和することができ、より信頼性の優れた半導体レーザ装置を実現することができる。

【0044】

なお、本実施の形態では、サブマウント30が第1層31、第3層33および第2層32の3層構造である場合について説明したが、サブマウント30の複数の層の熱膨張係数が第1層31から第3層32に向かって順に大きくなっていけば、第1層31と第2層32の間に2以上の層を含む4層以上の積層構造としてもよい。

30

【0045】

〔第3の実施の形態〕

本発明の第3の実施の形態に係る半導体レーザ装置は、図6に示したように、第3層33の熱膨張係数が第1層31よりも低くされていることを除いては、第2の実施の形態と同一の構成を有している。よって、同一の構成要素には同一の符号を付して説明する。

【0046】

本実施の形態では、サブマウント30内で第3層33の熱膨張係数が最も小さく、この第3層33と第2層32との間で、強制的に熱膨張係数差による応力を吸収させるようになっている。

40

【0047】

また、これら第1層31ないし第3層33は、第2の実施の形態と同様に、ロウ付けまたは拡散接合により互いに接合されて一体構造をなしている。

【0048】

このような第1層31ないし第3層33の構成材料としては、例えば、以下のような組み合わせが挙げられる。

第1層31：銅タングステン (CuW) (熱膨張係数 6.5×10^{-6} [1/K])

50

第3層33：鉄（Fe）、ニッケル（Ni）およびコバルト（Co）を含む合金（コバル）（熱膨張係数 5.3×10^{-6} [1/K]）、窒化アルミニウム（AlN）（熱膨張係数 4.5×10^{-6} [1/K]）、SiSiC（熱膨張係数 3×10^{-6} [1/K]）、シリコンカーバイド（SiC）（熱膨張係数 3.8×10^{-6} [1/K]）、タングステン（W）（熱膨張係数 4.5×10^{-6} [1/K]）、モリブデン（Mo）（熱膨張係数 5.1×10^{-6} [1/K]）、ダイヤモンド（熱膨張係数 2.3×10^{-6} [1/K]）または金属とダイヤモンドとの複合材料（コンポジットダイヤ）（熱膨張係数（例） $4 \sim 6 \times 10^{-6}$ [1/K]）

第2層32：銅（Cu）（熱膨張係数 17×10^{-6} [1/K]）

【0049】

また、以下のような組み合わせも可能である。

第1層31：シリコンカーバイド（SiC）（熱膨張係数 3.8×10^{-6} [1/K]）

第3層33：金属とダイヤモンドとの複合材料（コンポジットダイヤ）（熱膨張係数（例） 2.3×10^{-6} [1/K]）

第2層32：銅（Cu）（熱膨張係数 17×10^{-6} [1/K]）

【0050】

特に、第3層33はダイヤモンドを含む材料により構成されていることが好ましい。ダイヤモンドを含む材料は熱伝導率が高く、縦方向（第1層31ないし第2層32の積層方向）だけでなく横方向（第3層33の面内方向）にも熱拡散を促進し、より広範囲に熱を広げ排熱効率を上げることができるからである。

【0051】

第1層31ないし第3層33の合計厚みは、第2の実施の形態と同様に、例えば0.15mm以上0.3mm以下とすることが好ましい。なお、第1層31ないし第3層33の各々の厚みは、各々の熱膨張係数や剛性を考慮し、第1層31ないし第3層33の接合後の反りが小さくなるように適切に定めることが望ましい。

【0052】

この半導体レーザ装置は、第1の実施の形態と同様にして製造することができる。

【0053】

この半導体レーザ装置では、各レーザダイオードチップ12のn側電極15とp側電極14との間に所定の電圧が印加されると、第1の実施の形態と同様にして発光が起こる。ここでは、第3層33の熱膨張係数が第1層31よりも低く、サブマウント30内で最小となっており、この第3層33と第2層32との間で、強制的に熱膨張係数差による応力が吸収される。よって、第1接着層40および第2接着層50にかかる応力が低減され、第1接着層40および第2接着層50を構成するはんだ等が、ストレスマイグレーションや変質により破断してしまうことが抑制される。

【0054】

このように本実施の形態の半導体レーザ装置では、第3層33の熱膨張係数を第1層31よりも低くし、サブマウント30内で熱膨張係数の最も小さい第3層33と第2層32との間で、強制的に熱膨張係数差による応力を吸収させることができる。よって、第1接着層40および第2接着層50にかかる応力を低減して、信頼性を向上させることができる。また、LDバー10への応力も緩和することができ、より信頼性の優れた半導体レーザ装置を実現することができる。

【0055】

なお、本実施の形態では、サブマウント30が第1層31、第3層33および第2層32の3層構造である場合について説明したが、本実施の形態は、サブマウント30が第1層31と第2層32の間に2以上の層を含む4層以上の積層構造の場合にも適用可能である。例えば、図7に示したように、サブマウント30が第1層31、第3層33、第4層34および第2層32の4層構造の場合、第1層31と第3層33との熱膨張係数を略等しくすると共に、第4層34の熱膨張係数を最小とし、第4層34と第2層32との間で、強制的に熱膨張係数差による応力を吸収させるようにしてもよい。

10

20

30

40

50

【0056】

また、例えば、図8に示したように、サブマウント30が第1層31、第3層33、第4層34および第2層32の4層構造の場合、第3層33の熱膨張係数を最小とすると共に、第4層34と第2層32との熱膨張係数を略等しくし、第3層33と第4層34との間で、強制的に熱膨張係数差による応力を吸収させるようにしてもよい。

【0057】

〔第4の実施の形態〕

図9は本発明の第4の実施の形態に係る半導体レーザ装置の構成を表すものである。この半導体レーザ装置は、ヒートシンク20のLDバー10に対応する領域に水冷機構21が設けられた水冷型のものであり、サブマウント30の第1層31と第2層32との間に絶縁材料よりなる第3層33が設けられていることを除いては、第2または第3の実施の形態と同一の構成を有している。よって、同一の構成要素には同一の符号を付して説明する。

10

【0058】

水冷機構21は、LDバー10直下の領域にフィンを設けた水路(図示せず)を有するマイクロチャンネル型のものであり、その部分に水を流すことにより高い排熱効率を実現するようになっている。

【0059】

第3層33は、セラミックなどの絶縁材料により構成されている。これにより、この半導体レーザ装置では、LDバー10とヒートシンク20とを電氣的に分断し、水冷機構21のフィン近傍での金属材料の腐食(潰食)による漏水などを抑制することができるようになっている。また、第3層33を構成する絶縁材料の熱膨張係数により、第2または第3の実施の形態と同様の効果も得られる。

20

【0060】

なお、LDバー10のサブマウント30側の面への電氣的接続は、第1層31またはその表面に設けられた金属被覆層(図示せず)でとることが可能である。そのため、サブマウント30を大きめに作製しておくことが望ましい。

【0061】

この半導体レーザ装置は、第1の実施の形態と同様にして製造することができる。

【0062】

この半導体レーザ装置では、各レーザダイオードチップ12のn側電極15とp側電極14との間に所定の電圧が印加されると、第1の実施の形態と同様にして発光が起こる。ここでは、ヒートシンク20のLDバー10に対応する領域に水冷機構21が設けられており、この水冷機構21によりLDバー10が冷却される。また、サブマウント30の第1層31と第2層32との間に絶縁材料よりなる第3層33が設けられているので、LDバー10とヒートシンク20とが電氣的に分断され、水冷機構21のフィン近傍での金属材料の腐食などが抑制される。

30

【0063】

更に、この半導体レーザ装置を複数個2次元的に積層したスタック型の場合には、隣接または上下の二つのヒートシンク20間の電位差が解消され、電氣的腐食が抑制される。よって、水路の近接する部位で減肉が生じて漏水に至るおそれなくなる。加えて、電氣的腐食を防止するため冷却水の純度を高め、導電率を下げるなどの従来の対応策も不要となり、煩雑な管理を行わなくて済むようになる。

40

【0064】

このように本実施の形態の半導体レーザ装置では、ヒートシンク20のLDバー10に対応する領域に水冷機構21を設けると共に、サブマウント30の第1層31と第2層32との間に絶縁材料よりなる第3層33を設けるようにしたので、第2または第3の実施の形態の効果に加えて、排熱効率を更に高め、ヒートシンク20の腐食による漏水などを抑制することができる。特にスタック型の場合に好適であり、高出力化を更に推し進めることができる。

50

【0065】

なお、本実施の形態では、サブマウント30が第1層31、第3層33および第2層32の3層構造である場合について説明したが、サブマウント30は、第1層31と第2層32の間に2以上の層を含む4層以上の積層構造としてもよい。その場合も、第1層31でLDバー10との電氣的接続をとり、第1層31以外の少なくとも1層が絶縁材料により構成されていけばよい。

【0066】

以上、実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、種々変形が可能である。例えば、上記実施の形態において説明した各層の材料および厚み、または成膜方法および成膜条件などは限定されるものではなく、他の材料および厚みとしてもよく、または他の成膜方法および成膜条件としてもよい。例えば、上記実施の形態では、GaAsよりなる基板11上にAlGaAs系化合物半導体よりなる半導体層13を有する赤外レーザを例として説明したが、本発明は、例えばAlGaInP系あるいはGaN系などの他の材料系にも適用可能である。

【0067】

また、例えば、上記実施の形態において、第1接着層40および第2接着層50は、ロウまたは金(Au)-スズ(Sn)はんだに限らず、他のはんだ材料により構成されていてもよい。例えば、主成分としてスズ(Sn)を含むもの、インジウム(In)を含むもの、あるいは金(Au)を含むもの等の鉛を含まないはんだ(鉛フリーはんだ)が好ましいが、鉛系はんだでもよい。

【0068】

更に、本発明は、LDバー10とサブマウント30との間に意図的に熱膨張係数差を持たせてレーザ特性の向上を図る場合にも適用することができる。その場合、サブマウント30の各層の構成材料を、特定の熱膨張係数差を確保できるように組み合わせればよい。

【0069】

加えて、上記実施の形態では、半導体レーザを例として説明したが、本発明は半導体レーザ以外にも、スーパーluminescentダイオードなどの他の半導体発光素子にも適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0070】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る半導体レーザ装置の構成を表す分解斜視図である。

【図2】図1に示したLDバーの一部を拡大して表した斜視図である。

【図3】図1に示した半導体レーザ装置の熱的構成を表す図である。

【図4】本発明の第2の実施の形態に係る半導体レーザ装置の構成を表す分解斜視図である。

【図5】図4に示した半導体レーザ装置の熱的構成を表す図である。

【図6】本発明の第3の実施の形態に係る半導体レーザ装置の熱的構成を表す図である。

【図7】第3の実施の形態の変形例に係る半導体レーザ装置の熱的構成を表す図である。

【図8】他の変形例に係る半導体レーザ装置の熱的構成を表す図である。

【図9】本発明の第4の実施の形態に係る半導体レーザ装置の構成を表す分解斜視図である。

【符号の説明】

【0071】

10...LDバー、11...基板、12...レーザダイオードチップ、13...半導体層、14...p側電極、15...n側電極、20...ヒートシンク、21...水冷機構、30...サブマウント、31...第1層、32...第2層、33...第3層、40...第1接着層、50...第2接着層

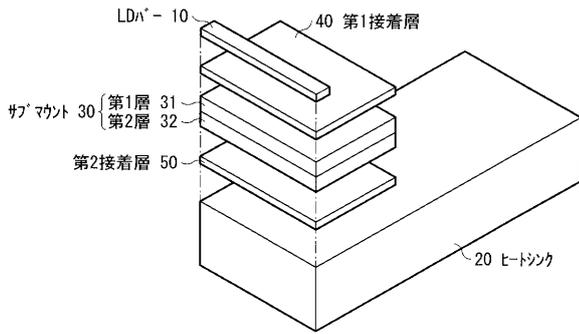
10

20

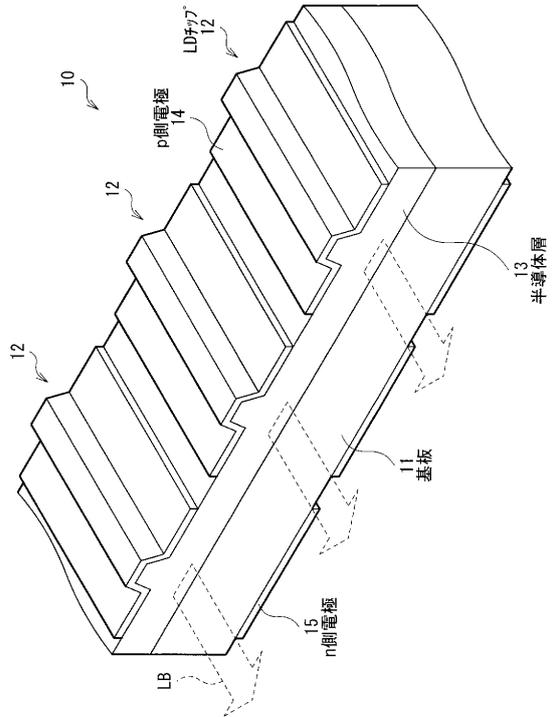
30

40

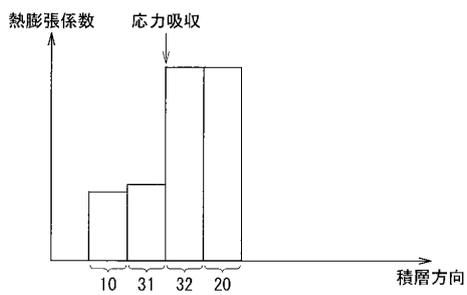
【 図 1 】



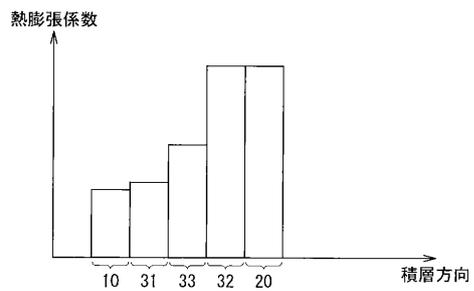
【 図 2 】



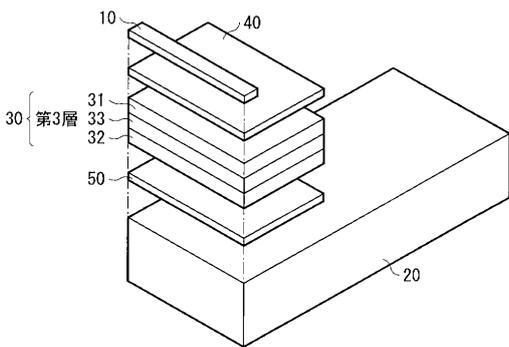
【 図 3 】



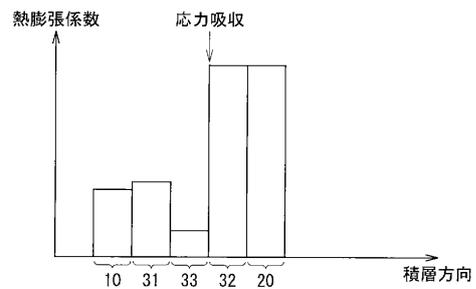
【 図 5 】



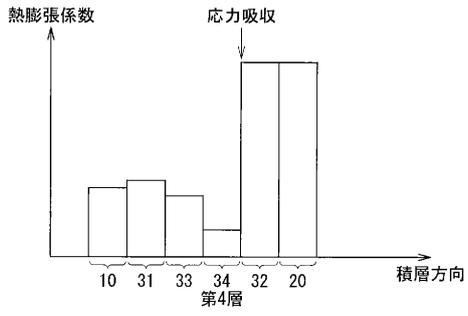
【 図 4 】



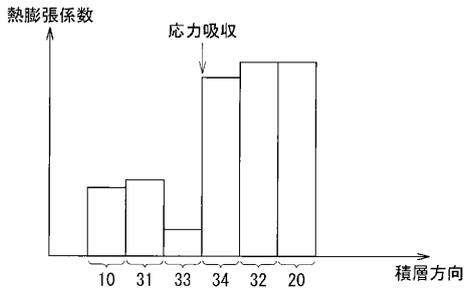
【 図 6 】



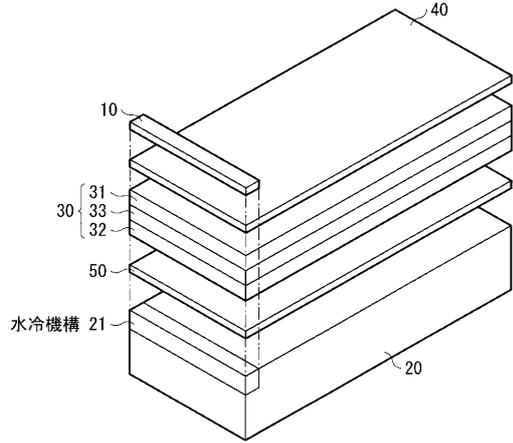
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

(72)発明者 川西 秀和

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

Fターム(参考) 5F173 AH02 MC12 MC13 MD03 MD04 MD05 MD07 MD09 MD65 MD83