

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4514376号
(P4514376)

(45) 発行日 平成22年7月28日(2010.7.28)

(24) 登録日 平成22年5月21日(2010.5.21)

(51) Int.Cl. F I
H O I S 5/022 (2006.01) H O I S 5/022

請求項の数 6 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2001-295939 (P2001-295939)	(73) 特許権者	000005049
(22) 出願日	平成13年9月27日 (2001.9.27)		シャープ株式会社
(65) 公開番号	特開2003-101113 (P2003-101113A)		大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号
(43) 公開日	平成15年4月4日 (2003.4.4)	(74) 代理人	100085501
審査請求日	平成17年6月7日 (2005.6.7)		弁理士 佐野 静夫
審判番号	不服2008-25167 (P2008-25167/J1)	(72) 発明者	花岡 大介
審判請求日	平成20年10月1日 (2008.10.1)		大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号 シャープ株式会社内
		合議体	
		審判長	稲積 義登
		審判官	田部 元史
		審判官	杉山 輝和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 窒化物半導体レーザ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

窒化物半導体基板と該窒化物半導体基板の表面上に積層される複数の窒化物半導体層から成る窒化物半導体積層部とを備えた窒化物半導体レーザ素子と、該窒化物半導体レーザ素子を固定する支持基体と、前記支持基体を備えたステムと、を備えた窒化物半導体レーザ装置において、

当該窒化物半導体レーザ素子の前記窒化物半導体基板側が前記支持基体に固定され、

前記窒化物半導体基板が GaN から構成され、

前記支持基体が、サブマウントであって、Cu で構成されるとともに、その厚さが前記窒化物半導体基板と前記窒化物半導体積層部とで成る窒化物半導体積層構造部の厚さの2倍以上であり、

前記サブマウントを固定するチップ搭載部が前記ステムに設けられ、

前記窒化物半導体レーザ素子に圧縮性応力がかかっていることを特徴とする窒化物半導体レーザ装置。

【請求項2】

前記窒化物半導体積層部が、 $Al_xGa_yIn_zN(0 < x < 1, 0 < y < 1, 0 < z < 1, x + y + z = 1)$ から構成されることを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体レーザ装置。

【請求項3】

前記窒化物半導体積層構造部と前記支持基体との間の金属層の厚さが、前記窒化物半導

10

20

体積層構造部の厚さの半分以下であることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の窒化物半導体レーザ装置。

【請求項 4】

前記窒化物半導体レーザ素子を前記支持基体に固定するためのハンダの材質が、AuSn、In、Sn、Pb、InAl、AgSn、AgCuSn、ZnSn、PbIn、PbSn、InSn、AuSn若しくはAuGe、又はこれらのいずれかを含む化合物であることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 3 のいずれかに記載の窒化物半導体レーザ装置。

【請求項 5】

前記サブマウントに前記窒化物半導体レーザ素子を固定するためのハンダの融点が、前記チップ搭載部に前記サブマウントを固定するためのハンダの融点より高いことを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 4 のいずれかに記載の窒化物半導体レーザ装置。

10

【請求項 6】

前記窒化物半導体基板と前記支持基体との間の金属層の厚さが、1 μm以上50 μm以下であることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 5 のいずれかに記載の窒化物半導体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、窒化物半導体レーザ素子が支持基体に備えられた窒化物半導体レーザ装置に関するものである。尚、本明細書において、窒化物半導体とは、 $Al_xGa_yIn_zN$ ($0 < x < 1, 0 < y < 1, 0 < z < 1, x + y + z = 1$) で構成されるものである。このとき、この窒化物半導体の窒素元素のうち、略10%以下(但し、六方晶系であること)がAs, P, Sbのいずれかの元素に置換されていても構わない。又、窒化物半導体中にSi, O, Cl, S, C, Ge, Zn, Cd, Mg, Beがドーピングされているものでも構わない。

20

【0002】

【従来の技術】

半導体レーザ素子は、単色性が良く強い光が放射されるので、レーザ出射光を集光したときのスポットサイズを小さくすることができ、光ディスクや光磁気ディスクなどの光が照射されて記録及び再生が行われる記録メディアの駆動装置における光ピックアップに設けられる光源などとして、用いられる。特に、波長が短く且つ光出力が得られる窒化物半導体レーザ素子は、DVDなどの高密度記録メディアの駆動装置用として用いられるよう、赤色半導体レーザ素子に代わる光ピックアップ素子として開発が推進されている。

30

【0003】

このような窒化物半導体レーザ素子が、特開平11-340571号公報に提示されている。この特開平11-340571号公報で示される窒化物半導体レーザ素子の構造を図11に示す。図11に示す窒化物半導体レーザ素子は、窒化物半導体基板500の表面に、n型クラッド層501、n型光ガイド層502、活性層503、p型光ガイド層504、p型クラッド層505、p型コンタクト層506、絶縁膜507、及びp電極508を順に備え、窒化物半導体基板500の裏面に、n型コンタクト層509及びn電極510を順に備える。

40

【0004】

この図11のように構成される窒化物半導体レーザ素子がステムに設置されることによって、窒化物半導体レーザ装置が形成される。即ち、図3のように、ステム100に設けられたチップ搭載部101上の支持基体102上に窒化物半導体レーザ素子103が搭載される。この際、支持基体102とn電極510が接触するように設置され、窒化物半導体レーザ素子103を支持基体102上に固定するために、支持基体102の設置面上をAuでメタライズして、n電極510を熱圧着させる。又、p電極508はAu線であるワイヤ104を介してピン105bと電氣的に接続される。尚、ピン105aは、チップ搭載部101及び支持基体102と電氣的に接続される。ピン105a, 105bは、ステ

50

△100と電氣的に絶縁されている。

【0005】

このように窒化物半導体レーザ装置が構成されるとき、ピン105a, 105bに異なる電位の電圧を印加して、窒化物半導体レーザ素子103のn電極510及びp電極508に電圧を印加することによって、窒化物半導体レーザ素子103がレーザー発振動作を行う。

【0006】

又、従来より使用されているGaAs系の半導体レーザ装置の場合、半導体レーザ素子が搭載される支持基体(図3の支持基体102に相当する)は、半導体レーザ素子の基板として用いられるGaAsと熱膨張係数が極力近く、熱伝導率が高い材質(例えば、SiC)が用いられていた。これは、GaAs系の半導体レーザ装置の場合、半導体レーザ素子を構成するGaAsと大きく異なる熱膨張係数の材質が支持基体に用いられると、半導体レーザ素子を支持基体にハンダ付けしたときに、半導体レーザ素子に大きな応力が発生し、半導体レーザー素子に欠陥が生じて、そのレーザ発振寿命が短くなるからである。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の技術で示されるような窒化物半導体レーザ装置においては、レーザ発振寿命は短かった。又、GaAs系の半導体レーザ素子と同様にして、図3の支持基体の材料としてSiCを用いた場合も、そのレーザ発振寿命が短くなる。

【0008】

このような問題を鑑みて、本発明は、レーザ発振寿命の長い窒化物半導体レーザ装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

上記目標を達成するために、本発明の窒化物半導体レーザ装置は、窒化物半導体基板と該窒化物半導体基板の表面上に積層される複数の窒化物半導体層から成る窒化物半導体積層部とを備えた窒化物半導体レーザ素子と、該窒化物半導体レーザ素子を固定する支持基体とを備えた窒化物半導体レーザ装置において、前記窒化物半導体基板がGa₂N₃から構成され、前記支持基体が、熱膨張係数が前記窒化物半導体基板の熱膨張係数よりも大きい材質で構成されるとともに、その厚さが前記窒化物半導体基板と前記窒化物半導体積層部とで成る窒化物半導体積層構造部の厚さの1.2倍以上であることを特徴とする。

【0010】

また、前記支持基体はCu, GaAs, CuW₁₀, Al₂O₃, CuW₁₅, BeO, CuW₂₀, Al-SiC, Fe, Au, Ag, Alのうちのいずれかから構成してもよく、前記窒化物半導体積層部はAl_xGa_yIn_zN(0 < x < 1, 0 < y < 1, 0 < z < 1, x + y + z = 1)から構成してもよい。このとき、前記窒化物半導体積層構造部と前記支持基体との間の金属層の厚さを、前記窒化物半導体積層構造部の厚さの半分以下とすることによって、前記窒化物半導体レーザ素子の熱膨張係数と前記支持基体の熱膨張係数との違いによる前記窒化物半導体レーザ素子への効果を強くすることができる。

【0011】

又、前記窒化物半導体レーザ素子を前記支持基体に固定するためのハンダの材質に、AuSn, In, Sn, Pb, InAl, AgSn, AgCuSn, ZnSn, PbIn, PbSn, InSn, AuSi若しくはAuGe、又はこれらのいずれかを含む化合物を用いる。このようなハンダにおいて、融点の高い材質のものとしても良い。

【0012】

又、前記支持基体を備えたステムを有するとともに、前記支持基体がサブマウントであり、前記サブマウントを固定するチップ搭載部が前記ステムに設けられるようにしても構わない。即ち、前記チップ搭載部に、前記窒化物半導体レーザ素子がマウントされた前記支持基体となる前記サブマウントを設置することによって、窒化物半導体レーザ装置を構成する。このとき、前記サブマウントに前記窒化物半導体レーザ素子を固定するためのハン

10

20

30

40

50

ダの融点を、前記チップ搭載部に前記サブマウントを固定するためのハンダの融点より高くすることで、前記窒化物半導体レーザ素子を前記サブマウントに固定した後、該サブマウントを前記チップ搭載部に固定することができる。

【0013】

又、前記支持基体を備えたステムを有するとともに、前記支持基体が前記ステムに設けられたチップ搭載部とすることで、前記サブマウントを省き、窒化物半導体レーザ装置の製造工程を少なくすることができる。

【0014】

又、前記窒化物半導体レーザ素子の前記窒化物半導体基板側が前記支持基体に固定されるようにしても構わない。このとき、前記窒化物半導体基板と前記支持基体との間の金属層の厚さが、 $1\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下とする。

10

【0015】

又、前記窒化物半導体レーザ素子の前記窒化物半導体積層部側が前記支持基体に固定されるようにしても構わない。このとき、前記窒化物半導体レーザ素子の支持基体に固定される側が平坦に形成されており、前記窒化物半導体積層部と前記支持基体との間の金属層の厚さが、 $1\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下とする。

【0016】

【発明の実施の形態】

本発明の実施形態について、図面を参照して説明する。図1は、本発明の窒化物半導体レーザ装置に設けられる窒化物半導体レーザ素子の構成を示した断面図である。まず、この図1に示す窒化物半導体レーザ素子の構成について、以下に説明する。

20

【0017】

図1の窒化物半導体レーザ素子は、 n 型Ga_{0.9}N基板1の表面上に、 n 型Al_{0.1}Ga_{0.9}In_{0.8}N_{0.2}バッファ層201、 n 型Al_{0.1}Ga_{0.9}In_{0.8}N_{0.2}コンタクト層202、 n 型Al_{0.1}Ga_{0.9}In_{0.8}N_{0.2}クラッド層203、 n 型Al_{0.1}Ga_{0.9}In_{0.8}N_{0.2}ガイド層204、Al_{0.1}Ga_{0.9}In_{0.8}N_{0.2}多重量子井戸活性層205、 p 型Al_{0.1}Ga_{0.9}In_{0.8}N_{0.2}ガイド層206、 p 型Al_{0.1}Ga_{0.9}In_{0.8}N_{0.2}クラッド層207及び p 型Al_{0.1}Ga_{0.9}In_{0.8}N_{0.2}コンタクト層208が順に積層されるとともに、 p 型Al_{0.1}Ga_{0.9}In_{0.8}N_{0.2}クラッド層207の表面上で且つ p 型Al_{0.1}Ga_{0.9}In_{0.8}N_{0.2}クラッド層207及び p 型Al_{0.1}Ga_{0.9}In_{0.8}N_{0.2}コンタクト層208で構成されるリッジ部分210の両側に絶縁膜209が設けられる。

30

【0018】

又、この窒化物半導体レーザ素子は、 n 型Ga_{0.9}N基板1の裏面側に n 電極3が設けられるとともに、 p 型Al_{0.1}Ga_{0.9}In_{0.8}N_{0.2}コンタクト層208及び絶縁膜209の表面上に p 電極4が設けられる。尚、リッジ部分210は、共振器方向に延伸したストライプ状の構成である。よって、図1の窒化物半導体レーザ素子は、リッジストライプ型の構造となる。

【0019】

この窒化物半導体レーザ素子は、最初に n 型Ga_{0.9}N基板1を有機洗浄する。そして、 n 型Ga_{0.9}N基板1をMOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 装置内に搬入し、各層毎に、適切な基板温度にて、原料ガス及びキャリアガスを適量導入することによって、 n 型Al_{0.1}Ga_{0.9}In_{0.8}N_{0.2}バッファ層201、 n 型Al_{0.1}Ga_{0.9}In_{0.8}N_{0.2}コンタクト層202、 n 型Al_{0.1}Ga_{0.9}In_{0.8}N_{0.2}クラッド層203、 n 型Al_{0.1}Ga_{0.9}In_{0.8}N_{0.2}ガイド層204、Al_{0.1}Ga_{0.9}In_{0.8}N_{0.2}多重量子井戸活性層205、 p 型Al_{0.1}Ga_{0.9}In_{0.8}N_{0.2}ガイド層206、 p 型Al_{0.1}Ga_{0.9}In_{0.8}N_{0.2}クラッド層207及び p 型Al_{0.1}Ga_{0.9}In_{0.8}N_{0.2}コンタクト層208が順に積層される。

40

【0020】

このとき、 n 型Al_{0.1}Ga_{0.9}In_{0.8}N_{0.2}クラッド層203が、後述する n 型Al_{0.1}Ga_{0.9}In_{0.8}N_{0.2}ガイド層204に比べて、屈折率が小さく且つバンドギャップが大きくなるように形成され、又、 p 型Al_{0.1}Ga_{0.9}In_{0.8}N_{0.2}クラッド層207が、後述する p 型Al_{0.1}Ga_{0.9}In_{0.8}N_{0.2}ガイド層206に比べて、屈折率が小さく且つバンドギャップが大きくなるように形成される。又、Al_{0.1}Ga_{0.9}In_{0.8}N_{0.2}多重量子井戸活性層205は、障壁層及び井戸層が交互に複数層を設けられることによって形成される。

50

【0021】

そして、共振器方向に沿ってストライプ状にエッチングが行われて、リッジ部分210を形成すると、SiO₂などの絶縁膜209を蒸着させて形成した後、p型AlGaInNコンタクト層208を露出させる。このようにして各層が形成されるとき、n型AlGaInNバッファ層201、n型AlGaInNコンタクト層202、n型AlGaInNクラッド層203、n型AlGaInNガイド層204、AlGaInN多重量子井戸活性層205、p型AlGaInNガイド層206、p型AlGaInNクラッド層207、p型AlGaInNコンタクト層208及び絶縁膜209で構成される部分を、窒化物半導体積層部2とする。

【0022】

この窒化物半導体積層部2が、n型GaN基板1の表面上に形成されるとき、n型GaN基板1の厚さが350μmであり、窒化物半導体積層部2の厚さが10μmである。その後、Pd/Mo/Auの順で蒸着して積層させて、p電極4を形成する。このとき、p電極4において、Pd/Mo/Auの層厚はそれぞれ、150 / 150 / 200 となる。

【0023】

次に、研削や研磨等の物理的手法や、ウェットエッチング又はドライエッチング等の化学的手法を用いることで、n型GaN基板1の裏面側を削って、n型GaN基板1と窒化物半導体積層部2とp電極4で構成されるウェハの厚さを40~250μmに調整する。このようにすることで、ウェハを分割しやすい厚さに調整する。このとき、特に、端面ミラーも分割時に形成する場合には、40~200μmと薄めに調整することが望ましい。尚、第1の実施形態で使用する場合、研削機を用いてウェハの厚みを180μmに調整した後、研磨機を用いてウェハの厚みを150μmに調整した。

【0024】

次に、n型GaN基板1の裏面側からTi/Al/Mo/Pt/Auの順序でn電極3を、真空蒸着法やイオンプレーティング法やスパッタ法などを用いて形成する。このとき、n電極3において、Ti/Al/Mo/Pt/Auの厚さはそれぞれ、300 / 1500 / 80 / 150 / 1500 となる。そして、Ti/Alはn型GaN基板1とのオーミック接触をとるための層であり、MoはAuとAlとが合金化することを防止するためのブロック層であり、Ptはハンダがn電極3のコンタクトをとる部分との反応が進みすぎないようにするための層であり、Auは支持部材上にマウントして設置する際にハンダと混合させて強固に設置するための層である。

【0025】

このように、n型GaN基板1に、窒化物半導体積層部2とn電極3とp電極4とを形成すると、共振器方向と垂直な方向に分割を行う。このとき、裏面側となるn電極3を上にして、n型GaN基板1と窒化物半導体積層部2とn電極3とp電極4とで構成されるウェハを、ダイヤモンド刃を備え溝を切るための装置であるダイサーなどに固定すると、ダイヤモンド針で罫書きするスクライブが施されることで、スクライブラインが設けられる。

【0026】

そして、ウェハにブレーキング刃などで力を加えることによって、スクライブラインに沿ってウェハを分割する。その後、同様に、共振器方向と平行な方向にブレーキング刃などで力を加えて更に分割することで、図1のような窒化物半導体レーザ素子を得ることができる。尚、上述のようにスクライビング法によるチップの分割を行うようにしたが、ワイヤソー又は薄板ブレードを用いて傷入れもしくは切断を行うダイシング法、エキシマレーザなどのレーザ光の照射加熱とその後の急冷により照射部にクラックを生じさせてスクライブラインを生成するレーザスクライビング法、高エネルギー密度のレーザ光を照射して照射部分を蒸発させて溝入れ加工を行うレーザアブレーション法などを用いても構わない。

【0027】

以下の第1及び第2の実施形態では、このように構成される窒化物半導体レーザ素子を備えた窒化物半導体装置について、図面を参照して説明する。

【0028】

<第1の実施形態>

本発明の第1の実施形態について、図面を参照して説明する。図2は、本実施形態の窒化物半導体レーザ装置において、窒化物半導体レーザ素子の設置状態を示す断面図である。このとき、図3のように、窒化物半導体レーザ素子が設けられることによって、窒化物半導体レーザ装置が構成される。尚、支持基体は、本実施形態において、「サブマウント」である。

【0029】

本実施形態の窒化物半導体レーザ装置は、図2のように、図3のステム100に突起するように形成されたチップ搭載部101の表面上にハンダ106で固定されたサブマウント102の表面上に、窒化物半導体レーザ素子103がハンダ107によって固定される。即ち、サブマウント102が、図3に示すようにピン105aと電気的に接続されたチップ搭載部101と、ハンダ106を介して電気的に接続されるとともに、チップ搭載部101の表面上に固定される。

【0030】

まず、サブマウント102の表面上に、ダイボンディング法を用いて、窒化物半導体レーザ素子103がマウントされる。即ち、サブマウント102の表面上にハンダ107を塗布して、ハンダ107の融点より若干高い温度まで加熱させてハンダ107を溶かした後、窒化物半導体レーザ素子103をn電極3がサブマウント102側になるように載せる。そして、温度を1分程度保持しながら適当な荷重を加えることによって、n電極3とハンダ107とを良くなじませる。これにより、n電極3の最表面のAu層がハンダ107中に溶解して、ハンダ材料との合金が形成される。尚、逆に、ハンダ107を窒化物半導体レーザ素子103に塗布した後に、サブマウント102の表面上に設置するようにしても構わない。

【0031】

引き続き、窒化物半導体レーザ素子103が表面上にハンダ107によって接着固定されたサブマウント102が、チップ搭載部101の表面上に、ハンダ106を用いて接着固定される。そして、図3のようにピン105bと接続されたワイヤ104が、窒化物半導体レーザ素子103のp電極4に接続されることによって、ピン105bと窒化物半導体レーザ素子103のp電極4とが電気的に接続される。このようにして、窒化物半導体レーザ素子103がステム100に設置されると、窒素ガス封入のため、不図示のキャップがステム100に施される。

【0032】

このように窒化物半導体レーザ装置が構成される時、本実施形態では、ハンダ106の材料としてAgCuSnを用いるとともに、ハンダ107の材料としてAuSnを用いた。又、サブマウント102については、その材料を、n型GaN基板1の熱膨張率の高い材料であるCuとするとともに、その表面及び裏面上に、各層厚がそれぞれ0.4μm/0.1μmとなるNi/Auを順にメッキ形成した。又、サブマウント102に窒化物半導体レーザ素子103を設置する際、ハンダ107を融解するための温度を、350程度とした。

【0033】

このように窒化物半導体レーザ装置を構成したとき、ハンダ107を含むn型GaN基板1とサブマウント102との間の金属層の層厚を10μmとし、サブマウント102の厚さを70μmから1mmまで変化させたときのレーザ発振寿命が、図4のようになる。又、このとき、上述したように、窒化物半導体レーザ素子103のn型GaN基板1と窒化物半導体積層部2とによる窒化物半導体積層構造の厚さを150μmとする。尚、図4は、横軸が対数軸となっている。又、レーザ発振寿命は、光出力を30mWとした状態で、APC(Auto Power Control)駆動させたときの窒化物半導体レーザ素子が駆動可能な

10

20

30

40

50

連続時間を表す。

【0034】

図4のグラフより明らかなように、支持基体であるサブマウント102の厚さが、窒化物半導体積層構造の厚さの1.2倍となる180 μ m以上となれば、レーザ発振寿命が1600時間以上となり、レーザ発振寿命が長くなることがわかる。更に、サブマウント102の厚さが厚くなるほどレーザ発振寿命が長くなり、窒化物半導体積層構造の厚さの2倍となる300 μ m以上となると、レーザ発振寿命が3000時間を超えることがわかる。

【0035】

この結果は、窒化物半導体積層構造の厚さを50~350 μ mの間で変化させて同様の実験を行ったとき、同様の結果が得られた。即ち、サブマウント102の厚さを、窒化物半導体積層構造の厚さの1.2倍以上とすることでレーザ発振寿命が長くなり、更に、窒化物半導体積層構造の厚さの2倍以上とすることで更にレーザ発振寿命を長くすることができる。

【0036】

このように支持基体であるサブマウント102の厚さを厚くすることによってレーザ発振寿命が長くなる理由として、サブマウント102の材料に、その熱膨張係数が、窒化物半導体積層構造の主要構成要素である窒化物半導体基板(本実施形態においては、Ga₂N₃基板1)として用いられるGa₂Nの熱膨張係数より大きい材料となるCuが用いられていることが挙げられる。即ち、比較例として、Ga₂Nの熱膨張係数より小さい材料であるSiCを支持基体として用いた場合において、本実施形態と同様のレーザ寿命の実験を行った場合、図12に示すようになり、レーザ発振寿命が短くなる。尚、図6に、各材料の熱膨張係数を表示する。図6に示すように、Cuの熱膨張係数は 17×10^{-6} [1/K]であり、Ga₂Nの熱膨張係数 5.6×10^{-6} [1/K]に比べて大きい、一方、SiCの熱膨張係数は 3.7×10^{-6} [1/K]であり、Ga₂Nの熱膨張係数に比べて小さい。

【0037】

このように、Ga₂Nの熱膨張係数より大きい熱膨張係数の材料が用いられたとき、窒化物半導体レーザ素子103には、サブマウント102にマウントした後、圧縮性の応力がかかっていることとなる。このように窒化物半導体レーザ素子103に圧縮性の応力がかかる状態になる場合、マウント前に比べてマウント後の方が、窒化物半導体レーザ素子103の発振閾値電流値が低くなるという現象が生じる。これにより、レーザ発振寿命が長くなると考えられる。尚、支持基体であるサブマウント102の厚さが1.2倍以下となるときは、窒化物半導体レーザ素子103のマウント後、サブマウント102が歪むことによって応力が吸収されるため、レーザ発振寿命を長くするという効果が得られない。

【0038】

尚、本実施形態では、サブマウント102の材料としてCuを用いたが、その熱膨張係数がGa₂Nの熱膨張係数よりも大きい材料、例えば、図6に示すGaAs、CuW10、Al₂O₃、CuW15、BeO、CuW20、Al-SiC、Fe、Au、Ag、Alなどでも構わない。又、これらの中で、熱伝導率が高い材質は、放熱特性が良好であり好ましい。更に、このサブマウント102は、その表面にAuなどの薄膜が形成されていても構わない。尚、用いる材料の電気伝導性が低い場合は、サブマウント102の窒化物半導体レーザ素子103をマウントしている面とチップ搭載部101の間をワイヤーで配線し、電氣的接続を取るようにすると良い。

【0039】

又、このようにサブマウント102にGa₂Nの熱膨張係数より高いCuが材料として用いられたとき、窒化物半導体レーザ素子103のn型Ga₂N基板1と窒化物半導体積層部2とによる窒化物半導体積層構造及びサブマウント102の厚さをそれぞれ150 μ m及び300 μ mとし、ハンダ107を含むn型Ga₂N基板1とサブマウント102との間の金属層の層厚を0.7 μ mから150 μ mまで変化させたときのレーザ発振寿命が、図5のようになる。

【0040】

10

20

30

40

50

尚、このとき、金属層の層厚が数十 μm 以下の薄い場合には、サブマウント102又は窒化物半導体レーザ素子103の接着面に、AuSnハンダを蒸着又はスパッタにより形成する。又、金属層の層厚が数十 μm 以上と厚い場合は、箔状になっているAuSn箔をサブマウント102と窒化物半導体レーザ素子103との間に設置してマウントを行う。又、図5は、横軸が対数軸となっている。

【0041】

図5のグラフより明らかなように、ハンダ107を含むn型GaN基板1とサブマウント102との間の金属層の層厚が1~50 μm であれば、レーザ発振寿命が1600時間以上となり、レーザ発振寿命が長くなることがわかる。特に、金属層の層厚が3~10 μm であるとき、レーザ発振寿命が3000時間を超えることがわかる。尚、サブマウント102の厚さを、窒化物半導体積層構造の厚さの1.2倍以上としたとき、この結果と同様の結果が得られた。

10

【0042】

このような結果が得られるのは、金属層の層厚が50 μm を超えると、サブマウント102上に窒化物半導体レーザ素子103をマウントしたときに、窒化物半導体レーザ素子103にかかる圧縮性の応力がハンダ107によって吸収されてしまうことと、金属層の層厚が1 μm よりも薄いときには、サブマウント102と窒化物半導体レーザ素子103との密着性が悪く、放熱性が悪くなってしまうことが原因と考えられる。よって、ハンダ107を含むn型GaN基板1とサブマウント102との間の金属層の層厚が1 μm より薄いとき、又は、50 μm を超えるときは、それぞれ、レーザ発振寿命が短くなってしま

20

【0043】

尚、本実施形態では窒化物半導体レーザ素子103をサブマウント102に接着するためのハンダ107として、AuSnを用いたが、例えば、In、Sn、Pb、InAl、AgSn、AgCuSn、ZnSn、PbIn、PbSn、InSn、AuSi、AuGe等のハンダ、又は、これらの化合物よりなるハンダを用いても構わない。又、融点が高いハンダ材料や接着強度が強いハンダ材料であることが好ましいことから、例えば、ハンダ107として、AgSn、AgCuSn、AuSi、AuGe、PbSn、InSnなどが挙げられる。

【0044】

又、本実施形態では、サブマウント102の表面にNi/Auが順にそれぞれ層厚が0.4 μm /0.1 μm でメッキ形成されるようにしているが、ハンダ107によるサブマウント102と窒化物半導体レーザ素子103との接着性に対して必要な特性が保たれるのであれば、サブマウント102の表面上において、他の材料及び構造としても構わない。

30

【0045】

又、サブマウント102をチップ搭載部101上に固定するために使用されるハンダ106として、AgCuSnを用いたが、例えば、PbSn、AgSn、ZnSn、In、Pbなどの他の材料系のハンダを使用しても構わない。但し、本実施形態では、窒化物半導体レーザ素子103をサブマウント102にマウントした後に、このサブマウント102をチップ搭載部101に固定するため、窒化物半導体レーザ素子103をサブマウント102に固定するために用いるハンダ107の融点よりも低い融点の材料をハンダ106に用いることが好ましい。

40

【0046】

本実施形態では、支持基体としてサブマウントを用いるため、チップ搭載部に比べてサブマウントの表面の加工精度が高いので、窒化物半導体レーザ素子と支持基体とをより強固に確実に密着することができる。よって、特性の良好な窒化物半導体レーザ装置とすることができる。

【0047】

<第2の実施形態>

本発明の第2の実施形態について、図面を参照して説明する。図7は、本実施形態の窒化

50

物半導体レーザ装置において、窒化物半導体レーザ素子の設置状態を示す断面図である。このとき、図8のように、窒化物半導体レーザ素子が設けられることによって、窒化物半導体レーザ装置が構成される。尚、支持基体は、本実施形態において、「チップ搭載部」である。又、図7及び図8のそれぞれにおいて、図2及び図3のそれぞれにおける部分と同一の部分については、同一の符号を付してその詳細な説明は省略する。

【0048】

本実施形態の窒化物半導体レーザ装置は、図7及び図8のように、ステム100に突起するように形成されたチップ搭載部101の表面上に、窒化物半導体レーザ素子103がハンダ106によって固定される。その他の構成については、第1の実施形態と同様となるので、説明を省略する。

10

【0049】

このように窒化物半導体レーザ装置を構成したとき、チップ搭載部101の厚さを、窒化物半導体レーザ素子103のn型GaN基板1と窒化物半導体積層部2とによる窒化物半導体積層構造の厚さの1.2倍以上(特に、2倍以上)とするとともに、チップ搭載部101として、その熱膨張係数がGaNの熱膨張係数よりも大きい材料を用いる。又、ハンダ106を含むn型GaN基板1とチップ搭載部101との間の金属層の層厚を、1~50 μ mとする。このようにすることで、窒化物半導体レーザ素子103をチップ搭載部101にマウントしたとき、窒化物半導体レーザ素子103に圧縮性の応力がかかり、レーザ発振寿命が長くなる。

【0050】

尚、本実施形態では、窒化物半導体レーザ素子103の窒化物半導体積層構造の厚さを200 μ mとし、ハンダ106の材料にAgCuSnを用いるとともにハンダ106を含むn型GaN基板1とチップ搭載部101との間の金属層の層厚を20 μ mとした。又、チップ搭載部101については、その材料をCuとし、その表面には、蒸着により、Mo/Auの順に、それぞれの層厚が0.4 μ m/0.03 μ mとなるように形成する。又、チップ搭載部101の厚さは1000 μ mとした。更に、このチップ搭載部101はステム100に溶接されることで固定されている。このように構成した窒化物半導体レーザ装置のレーザ発振寿命は3000時間以上となった。

20

【0051】

尚、本実施形態において、窒化物半導体レーザ素子103をチップ搭載部101に接着するためのハンダ106として、AgCuSnを用いたが、例えば、In、Sn、Pb、InAl、AgSn、AuSn、ZnSn、PbIn、PbSn、InSn、AuSi、AuGe等のハンダ、又は、これらの化合物よりなるハンダを用いても構わない。又、融点が高いハンダ材料や接着強度が強いハンダ材料であることが好ましいことから、例えば、ハンダ106として、AuSn、AgSn、AuSi、AuGe、PbSn、InSnなどが挙げられる。

30

【0052】

又、本実施形態では、チップ搭載部101の表面にMo/Auが順にそれぞれ層厚が0.4 μ m/0.03 μ mでメッキ形成されるようにしているが、ハンダ106によるチップ搭載部101と窒化物半導体レーザ素子103との接着性に対して必要な特性が保たれるのであれば、チップ搭載部101の表面上において、他の材料及び構造としても構わない。

40

【0053】

更に、第1の実施形態と同様、チップ搭載部101の材料として、Cu以外に、熱膨張係数がGaNの熱膨張係数よりも大きい材料、例えば、図6に示すGaAs、CuW10、Al₂O₃、CuW15、BeO、CuW20、Al-SiC、Fe、Au、Ag、Alなどでも構わない。又、これらの中で、熱伝導率が大きい材質は、放熱特性が良好であり好ましい。更に、このチップ搭載部101は、その表面にAuなどの薄膜が形成されていても構わない。尚、用いる材料の電気伝導性が低い場合は、表面に金属層を形成し、或いは、更に配線を施すことにより電氣的接続を取るようにすると良い。

50

【 0 0 5 4 】

本実施形態では、支持基体としてチップ搭載部を用いるため、サブマウントを用いたときに比べて、窒化物半導体レーザ装置を製造するための工程が少なくなる。

【 0 0 5 5 】

尚、第 1 及び第 2 の実施形態において、窒化物半導体レーザ素子 1 0 3 の n 電極 3 として、それぞれの厚さが 3 0 0 / 1 5 0 0 / 8 0 / 1 5 0 / 1 5 0 0 となる Ti / Al / Mo / Pt / Au を、n 型 GaN 基板 1 側から順に積層したが、それぞれに必要な特性さえ保たれていれば、他の材料及び構造としても構わない。例えば、n 型 GaN 基板 1 とのオーミック接触をとるための層である Ti / Al の部分を、例えば、Hf / Au 等の層を用いても構わない。

10

【 0 0 5 6 】

又、上述の第 1 及び第 2 の実施形態では、窒化物半導体レーザ素子を支持基体にマウントする際、n 型 GaN 基板の裏面に設けられた n 電極側が支持基体に接するようなジャンクションアップの形でマウントした場合について述べた。以下の第 3 の実施形態では、窒化物半導体レーザ素子を支持基体にマウントする際、窒化物半導体積層部の表面に設けられた p 電極側が支持基体に接するようなジャンクションダウンの形でマウントした場合について述べる。

【 0 0 5 7 】

< 第 3 の実施形態 >

本発明の第 3 の実施形態について、図面を参照して説明する。図 9 は、本実施形態の窒化物半導体レーザ装置に備えられる窒化物半導体レーザ素子の構成を示す断面図である。又、図 1 0 は、本実施形態の窒化物半導体レーザ装置において、窒化物半導体レーザ素子の設置状態を示す断面図である。このとき、第 1 の実施形態と同様、図 3 のように、窒化物半導体レーザ素子が設けられることによって、窒化物半導体レーザ装置が構成される。尚、支持基体は、本実施形態において、「サブマウント」である。又、図 9 及び図 1 0 において、図 1 及び図 2 における部分と同一の部分については、同一の符号を付してその詳細な説明は省略する。

20

【 0 0 5 8 】

図 9 の窒化物半導体レーザ素子は、図 1 の窒化物半導体レーザ素子と同様、n 型 GaN 基板 1 の表面に、n 型 AlGaInN バッファ層 2 0 1、n 型 AlGaInN コンタクト層 2 0 2、n 型 AlGaInN クラッド層 2 0 3、n 型 AlGaInN ガイド層 2 0 4、AlGaInN 多重量子井戸活性層 2 0 5、p 型 AlGaInN ガイド層 2 0 6、p 型 AlGaInN クラッド層 2 0 7 及び p 型 AlGaInN コンタクト層 2 0 8 が順に積層される。又、p 型 AlGaInN クラッド層 2 0 7 の表面上で且つ p 型 AlGaInN クラッド層 2 0 7 及び p 型 AlGaInN コンタクト層 2 0 8 で構成されるリッジ部分 2 1 0 の両側に絶縁膜 2 0 9 が設けられる。

30

【 0 0 5 9 】

そして、この窒化物半導体レーザ素子は、n 型 GaN 基板 1 の裏面側に n 電極 3 が設けられるとともに、p 型 AlGaInN コンタクト層 2 0 8 及び絶縁膜 2 0 9 の表面上に p 電極 4 a が設けられる。このとき、p 電極 4 a は、図 1 の p 電極 4 のようにリッジ部分 2 1 0 に対応する部分が凸状とされるのではなく、支持基体に接するように全体が平坦となるように形成される。このように構成される窒化物半導体レーザ素子において、窒化物半導体積層部 2 の厚さを 1 0 μm とする。

40

【 0 0 6 0 】

図 9 のように構成される窒化物半導体レーザ素子 1 0 3 a を、図 1 0 のように、ジャンクションダウンの方式で、第 1 の実施形態 (図 2) と同様、ハンダ 1 0 7 によって、サブマウント 1 0 2 に固定する。よって、本実施形態では、第 1 の実施形態と異なり、p 電極 4 a 側がサブマウント 1 0 2 にマウントされた面となる。又、図 3 のようにピン 1 0 5 b と接続されたワイヤ 1 0 4 が、窒化物半導体レーザ素子 1 0 3 a の n 電極 3 に接続されることによって、ピン 1 0 5 b と窒化物半導体レーザ素子 1 0 3 a の n 電極 3 とが電氣的に接

50

続される。

【0061】

このように窒化物半導体レーザ装置を構成する際、本実施形態では、窒化物半導体レーザ素子103aのn型GaN基板1と窒化物半導体積層部2とによる窒化物半導体積層構造の厚さを200 μ mとする。このとき、窒化物半導体レーザ素子103aのp電極4aを、Pd/Mo/Au/Pt/Auの順で蒸着して積層することで構成し、Pd/Mo/Au/Pt/Auの層厚をそれぞれ、150 / 150 / 2000 / 150 / 1500とする。

【0062】

又、サブマウント102については、その材料を、n型GaN基板1の熱膨張率の高い材料であるCuとするとともに、その表面及び裏面上に、各層厚がそれぞれ0.4 μ m / 0.03 μ mとなるMo/Auを順に蒸着し、サブマウント102の厚さを400 μ mとした。又、サブマウント102の表面上には、窒化物半導体積層部2とサブマウント102との間の金属層が、AuSnのハンダ107を含を含んで1.5 μ m形成され、このハンダ107によって、窒化物半導体レーザ素子103aがサブマウント102の表面上に接着される。更に、この窒化物半導体レーザ素子103aがマウントされたサブマウント102は、ZnSnのハンダ106によって、チップ搭載部101の表面上に固定される。

【0063】

このように構成した窒化物半導体レーザ装置のレーザ発振寿命は3000時間以上となった。よって、このことより、ジャンクションアップの状態では窒化物半導体レーザ素子を設置した場合だけでなく、ジャンクションダウンの状態でも窒化物半導体レーザ素子を設置した場合においても、レーザ発振寿命を長寿命化することができる。特に、本実施形態のようにジャンクションダウンの状態でも設置した場合、ジャンクションアップの状態でも設置した場合に比べて、発光する領域により効率よく応力を伝えることができるとともに、発光する領域にて発生する熱を支持基体に効率的に放熱できるので、より長寿命の効果を得ることができる。

【0064】

尚、本実施形態では、サブマウント102を上述のような構成としたが、第1の実施形態と同様、その熱膨張係数が、窒化物半導体積層構造の主要構成要素である窒化物半導体基板（本実施形態においては、GaN基板1）としてのGaNの熱膨張係数より大きく、又、その厚さが窒化物半導体レーザ素子の窒化物半導体積層構造の厚さの1.2倍以上となればよい。又、ハンダ106、107についても、第1の実施形態と同様の条件を満たすものであれば良く、上述の材料に限定されるものではない。

【0065】

又、本実施形態では、ジャンクションダウンの形で窒化物半導体レーザ素子103aを支持基体に接着させるため、ハンダ107の層厚が厚いと、窒化物半導体レーザ素子103aのpn接合面にハンダ107が接触してしまい、半導体装置として動作できなくなることがあるので、第1の実施形態と異なり、ハンダ107を含むn型GaN基板1とサブマウント102との間の金属層は、pn接合面にハンダが接触しないように、1~10 μ mとすることが必要である。

【0066】

更に、本実施形態では、支持基体としてサブマウントを利用したものとしたが、第2の実施形態と同様、支持基体をチップ搭載部として、直接、窒化物半導体レーザ素子をチップ搭載部にマウントするようにしても構わない。このとき、チップ搭載部及びチップ搭載部に窒化物半導体レーザ素子をマウントさせるためのハンダの条件は、サブマウント及びチップ搭載部に窒化物半導体レーザ素子をマウントさせるためのハンダの条件と同様となる。

【0067】

【発明の効果】

本発明によると、支持基体の厚さを窒化物半導体積層構造部の厚さの1.2倍以上とする

10

20

30

40

50

とするとともに、支持基体の熱膨張係数を窒化物半導体積層構造部の主要構成要素である窒化物半導体基板の熱膨張係数より大きくすることによって、窒化物半導体レーザ素子に圧縮性の応力をかけられると考えられ、窒化物半導体レーザ素子のレーザ発振寿命を長くすることができる。又、支持基体と窒化物半導体積層構造部との間の金属層の厚さを窒化物半導体積層構造部の厚さの半以下とすることで、窒化物半導体レーザ素子に圧縮性の応力を伝えやすくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】窒化物半導体レーザ素子の構成を示すための断面図。

【図 2】第 1 の実施形態の窒化物半導体レーザ装置の構成を示す断面図。

【図 3】窒化物半導体レーザ装置の構成の一例を示す斜視図。

10

【図 4】本発明の窒化物半導体レーザ装置における支持基体の厚さに対するレーザ発振寿命の変化を示すグラフ。

【図 5】窒化物半導体レーザ素子と支持基体との間の金属層厚に対するレーザ発振寿命の変化を示すグラフ。

【図 6】各材質の熱膨張係数を表す図。

【図 7】第 2 の実施形態の窒化物半導体レーザ装置の構成を示す断面図。

【図 8】窒化物半導体レーザ装置の構成の一例を示す斜視図。

【図 9】窒化物半導体レーザ素子の構成を示すための断面図。

【図 10】第 3 の実施形態の窒化物半導体レーザ装置の構成を示す断面図。

【図 11】窒化物半導体レーザ素子の構成を示すための断面図。

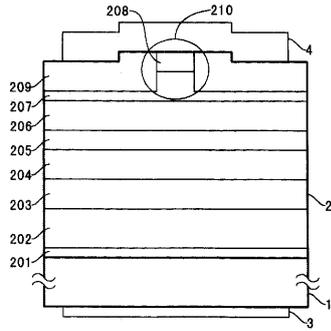
20

【図 12】従来の窒化物半導体レーザ装置における支持基体の厚さに対するレーザ発振寿命の変化を示すグラフ。

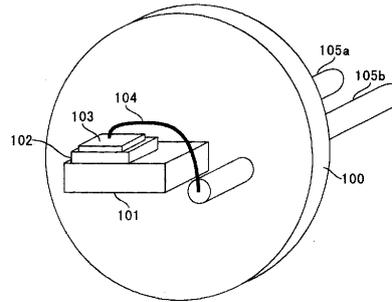
【符号の説明】

- 1 n 型 GaN 基板
- 2 窒化物半導体積層部
- 3 n 電極
- 4 , 4 a p 電極

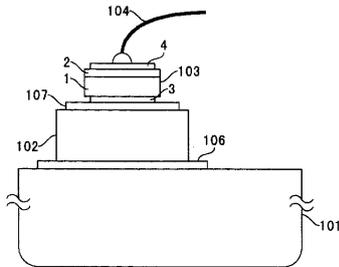
【図1】



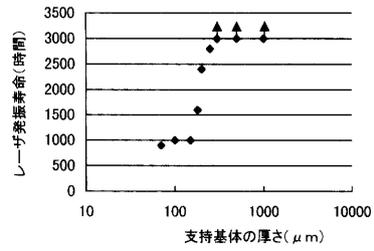
【図3】



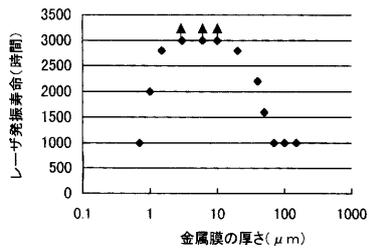
【図2】



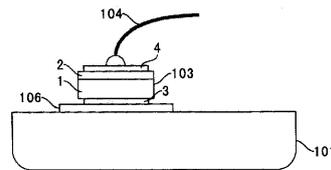
【図4】



【図5】



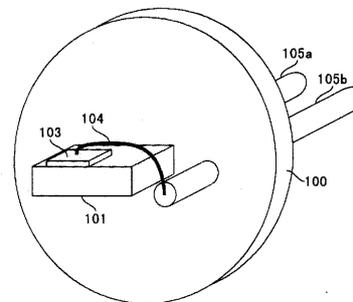
【図7】



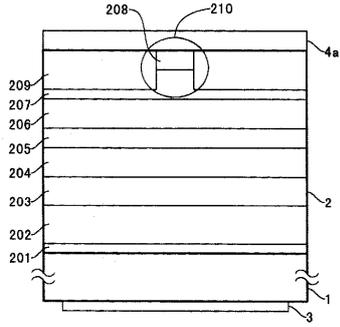
【図6】

材質	熱膨張率(10 ⁻⁶ [1/K])
Al	23.7
Ag	19.3
Cu	17
Au	14.2
Fe	13.8
Al-SiC	8~12
CuW20	8.3
BeO	7.6
CuW15	7.2
Al ₂ O ₃	6.7
CuW10	6.5
GaAs	5.9
GaN	5.6
SiC	3.7

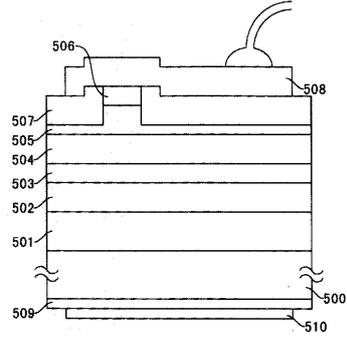
【図8】



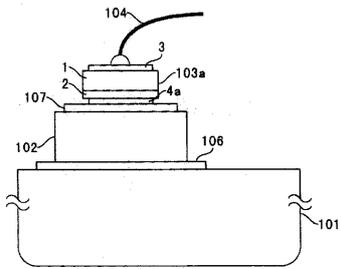
【図9】



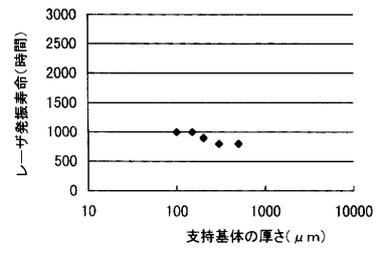
【図11】



【図10】



【図12】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平07-176820(JP,A)
国際公開第98/019375(WO,A1)
特開2000-082865(JP,A)
特開昭61-005593(JP,A)
特開2002-335032(JP,A)
特開2001-230502(JP,A)
特開平11-8414(JP,A)
特開2002-261376(JP,A)
特開2003-198038(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01S 5/00-5/50