

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6576137号
(P6576137)

(45) 発行日 令和1年9月18日(2019.9.18)

(24) 登録日 令和1年8月30日(2019.8.30)

(51) Int.Cl.	F I		
HO1S 5/024 (2006.01)	HO1S	5/024	
HO1S 5/40 (2006.01)	HO1S	5/40	
HO1L 23/40 (2006.01)	HO1L	23/40	F
HO5K 7/20 (2006.01)	HO5K	7/20	B
HO1S 5/022 (2006.01)	HO5K	7/20	C

請求項の数 12 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2015-143677 (P2015-143677)	(73) 特許権者	000236436
(22) 出願日	平成27年7月21日(2015.7.21)		浜松ホトニクス株式会社
(65) 公開番号	特開2017-28044 (P2017-28044A)		静岡県浜松市東区市野町1126番地の1
(43) 公開日	平成29年2月2日(2017.2.2)	(74) 代理人	100088155
審査請求日	平成30年3月2日(2018.3.2)		弁理士 長谷川 芳樹
(出願人による申告) 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構、次世代素材等レーザー加工技術開発プロジェクト、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願		(74) 代理人	100113435
			弁理士 黒木 義樹
		(74) 代理人	100140442
			弁理士 柴山 健一
		(74) 代理人	100148013
			弁理士 中山 浩光
		(72) 発明者	影山 進人
			静岡県浜松市東区市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザー装置及び半導体レーザー装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ヒートシンクと、

前記ヒートシンクの一面側に設けられ、表面に導体パターンが形成された伝熱性の絶縁基板と、

前記絶縁基板の一面側に設けられ、半導体レーザー素子がサブマウントに搭載されたレーザーユニットを前記絶縁基板の面内方向に積層してなる積層構造体と、

前記レーザーユニット同士、及び前記サブマウントの第1端側と前記絶縁基板上の前記導体パターンとを接合する第1のハンダ層と、

前記ヒートシンクと前記絶縁基板とを接合する第2のハンダ層と、を備え、

前記第1のハンダ層は、前記第2のハンダ層を構成するハンダよりも高融点のハンダによって構成され、少なくとも前記サブマウントの前記第1端側とは反対の第2端側から前記第1端側まで延在している半導体レーザー装置。

【請求項2】

前記レーザーユニットは、前記半導体レーザー素子を一对の前記サブマウントで挟み込んで構成されている請求項1記載の半導体レーザー装置。

【請求項3】

前記積層構造体は、前記レーザーユニット間に積層される中間マウントを更に有し、

前記第1のハンダ層は、前記中間マウントの表面を覆うように設けられている請求項1又は2記載の半導体レーザー装置。

【請求項 4】

前記中間マウントは、銅タングステンからなる請求項 3 記載の半導体レーザ装置。

【請求項 5】

前記第 1 のハンダ層を構成するハンダは、金錫ハンダであり、前記第 2 のハンダ層を構成するハンダは、インジウムハンダである請求項 1 ~ 4 のいずれか一項記載の半導体レーザ装置。

【請求項 6】

前記サブマウントは、銅タングステンからなる請求項 1 ~ 5 のいずれか一項記載の半導体レーザ装置。

【請求項 7】

前記絶縁基板は、窒化アルミニウムからなる請求項 1 ~ 6 のいずれか一項記載の半導体レーザ装置。

【請求項 8】

ヒートシンクと、

前記ヒートシンクの一面側に設けられ、表面に導体パターンが形成された伝熱性の絶縁基板と、

前記絶縁基板の一面側に設けられ、半導体レーザ素子がサブマウントに搭載されたレーザユニットを前記絶縁基板の面内方向に積層してなる積層構造体と、

前記レーザユニット同士、及び前記サブマウントの第 1 端側と前記絶縁基板上の前記導体パターンとを接合する第 1 のハンダ層と、

前記ヒートシンクと前記絶縁基板とを接合する第 2 のハンダ層と、を備えた半導体レーザ装置の製造方法であって、

前記第 2 のハンダ層を構成するハンダよりも高融点のハンダを用い、少なくとも前記サブマウントの前記第 1 端側とは反対の第 2 端側から前記第 1 端側まで延在するように前記第 1 のハンダ層を前記レーザユニット間に配置し、当該第 1 のハンダ層によって、前記レーザユニット同士、及び前記サブマウントの前記第 1 端側と前記絶縁基板上の前記導体パターンとを同時に接合し、前記絶縁基板と前記積層構造体との接合体を得る第 1 の接合工程と、

前記接合体の前記絶縁基板と前記ヒートシンクとの間に前記第 2 のハンダ層を配置し、当該第 2 のハンダ層によって前記絶縁基板と前記ヒートシンクとを接合して前記半導体レーザ装置を得る第 2 の接合工程と、を備えた半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 9】

前記レーザユニットとして、前記半導体レーザ素子を一对の前記サブマウントで挟み込んで構成されたレーザユニットを用いる請求項 8 記載の半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 10】

前記第 1 の接合工程において、蒸着又はめっきによって前記レーザユニット間に前記第 1 のハンダ層を形成する請求項 8 又は 9 記載の半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 11】

前記第 1 の接合工程において、ハンダシートを用いて前記レーザユニット間に前記第 1 のハンダ層を形成する請求項 8 又は 9 記載の半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 12】

前記第 1 の接合工程において、前記第 1 のハンダ層によって表面が覆われた中間サブマウントを前記レーザユニット間に配置する請求項 8 又は 9 記載の半導体レーザ装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体レーザ装置及び半導体装置の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

従来の半導体レーザ装置として、例えば特許文献1に記載の半導体レーザ装置がある。この半導体レーザ装置では、半導体レーザ素子と、半導体レーザ素子に電氣的に並列な半絶縁性部材とを、絶縁部材又は金属部材からなるサブマウントで挟んだ積層構造体を絶縁基板上に配置している。この半導体レーザ装置は、レーザ光の発振方向の反対側で冷却がなされる背面冷却構造となっており、レーザ発振時に半導体レーザ素子で発生した熱が、絶縁部材又は金属部材を介して絶縁基板（及び絶縁基板に接続されるヒートシンク）に放熱されるようになっている。

【0003】

また、例えば特許文献2に記載の半導体レーザ装置では、半導体レーザ素子の両電極面を一对のヒートシンクで挟んだ積層構造体が絶縁体セラミック基板上に配置している。この特許文献2では、導体又は絶縁体からなるサブマウントに搭載した半導体レーザ素子を一对のヒートシンクで挟んで積層構造体を構成する例も開示されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平11-121859号公報

【特許文献2】特開平5-37089号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

20

上述した特許文献1では、積層構造体と絶縁基板との接合、及び積層構造体における半導体レーザ素子とサブマウントとの接合の詳細については言及されていない。しかしながら、上記のような半導体レーザ装置では、これらの接合が重要となっている。例えばサブマウントの製造公差に起因して、半導体レーザ素子及び絶縁基板に対するサブマウントの端部位置が不揃いになると、半導体レーザ素子とサブマウントとの間の接触面積が不十分になることや、サブマウントと絶縁基板とに接続不良が生じてしまうことが考えられる。このような不具合が生じると、半導体レーザ素子からヒートシンクへの放熱性が低下してしまうおそれがある。

【0006】

また、上述した特許文献2では、サブマウントと絶縁体セラミック基板とが接続されおらず、半導体レーザから絶縁体セラミック基板への放熱性に改善の余地がある。また、特許文献2の構成では、各構成要素の接合に多くの工程を要する。接合の工程数が増加すると半導体レーザ装置の製造コストの増大の要因となる。

30

【0007】

本発明は、上記課題の解決のためになされたものであり、接合工程を簡単化できると共に、半導体レーザ素子からヒートシンクへの放熱性を向上できる半導体レーザ装置及び半導体レーザ装置の製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題の解決のため、本発明の一側面に係る半導体レーザ装置は、ヒートシンクと、ヒートシンクの一面側に設けられ、表面に導体パターンが形成された伝熱性の絶縁基板と、絶縁基板の一面側に設けられ、半導体レーザ素子がサブマウントに搭載されたレーザユニットを絶縁基板の面内方向に積層してなる積層構造体と、レーザユニット同士、及びサブマウントの第1端側と絶縁基板上の導体パターンとを接合する第1のハンダ層と、ヒートシンクと絶縁基板とを接合する第2のハンダ層と、を備え、第1のハンダ層は、第2のハンダ層を構成するハンダよりも高融点のハンダによって構成され、少なくともサブマウントの第1端側とは反対の第2端側から第1端側まで延在している。

40

【0009】

この半導体レーザ装置では、レーザユニット同士、及びサブマウントの第1端側と絶縁基板上の導体パターンとの接合に第1のハンダ層が用いられ、ヒートシンクと絶縁基板と

50

の接合に第2のハンダ層が用いられている。第1のハンダ層は、第2のハンダ層を構成するハンダよりも高融点のハンダによって構成されている。かかる構成により、この半導体レーザ装置では、レーザユニット同士の接合、及びサブマウントの第1端側と絶縁基板上の導体パターンとの接合を同時に実施できるので、接合工程を簡単化できる。また、この半導体レーザ装置では、第1のハンダ層が少なくともサブマウントの第2端側から第1端側まで延在している。したがって、サブマウントの製造公差に起因して、半導体レーザ素子及び絶縁基板に対するサブマウントの端部位置が不揃いになったとしても、接合の際に第1のハンダ層がサブマウントの第2端側の端面及び第1端側の端面に回り込むことで、半導体レーザ素子とサブマウントとの間の接触面積の確保及びサブマウントと絶縁基板との間の熱的な接続の担保が可能となる。したがって、半導体レーザ素子からヒートシンクへの放熱性を向上できる。

10

【0010】

また、レーザユニットは、半導体レーザ素子を一对のサブマウントで挟み込んで構成されていてもよい。この場合、絶縁基板に対する積層構造体の接合をより強固なものにすることができる。また、積層構造体中のサブマウントの体積が増加することで、半導体レーザ素子からヒートシンクへの放熱経路が拡大される。これにより、半導体レーザ素子からヒートシンクへの放熱性を一層向上できる。

【0011】

また、積層構造体は、レーザユニット間に積層される中間マウントを更に有し、第1のハンダ層は、中間マウントの表面を覆うように設けられていてもよい。この場合、中間マウントが介在することによって、半導体レーザ素子からヒートシンクへの放熱経路が拡大される。これにより、半導体レーザ素子からヒートシンクへの放熱性を一層向上できる。

20

【0012】

また、中間マウントは、銅タングステンからなってもよい。これにより、中間マウントの熱導電性及び電気伝導性を良好に確保できる。また、半導体レーザ素子との間の熱膨張係数差が抑えられ、積層構造体に歪み等が生じることを抑制できる。

【0013】

また、第1のハンダ層を構成するハンダは、金錫ハンダであり、第2のハンダ層を構成するハンダは、インジウムハンダであってもよい。この場合、第1のハンダ層を構成するハンダと、第2のハンダ層を構成するハンダとの融点の差を十分に確保できる。したがって、第2のハンダ層によってヒートシンクと絶縁基板とを接合する際の熱が第1のハンダ層に影響してしまうことを防止できる。

30

【0014】

また、サブマウントは、銅タングステンからなってもよい。これにより、サブマウントの熱導電性及び電気伝導性を良好に確保できる。また、半導体レーザ素子との間の熱膨張係数差が抑えられ、積層構造体に歪み等が生じることを抑制できる。

【0015】

また、絶縁基板は、窒化アルミニウムからなってもよい。これにより、絶縁基板の電気絶縁性及び放熱性を良好に確保できる。また、半導体レーザ素子との間の熱膨張係数差が抑えられ、積層構造体に歪み等が生じることを抑制できる。

40

【0016】

また、本発明の一側面に係る半導体レーザ装置の製造方法は、ヒートシンクと、ヒートシンクの一面側に設けられ、表面に導体パターンが形成された伝熱性の絶縁基板と、絶縁基板の一面側に設けられ、半導体レーザ素子がサブマウントに搭載されたレーザユニットを絶縁基板の面内方向に積層してなる積層構造体と、レーザユニット同士、及びサブマウントの第1端側と絶縁基板上の導体パターンとを接合する第1のハンダ層と、ヒートシンクと絶縁基板とを接合する第2のハンダ層と、を備えた半導体レーザ装置の製造方法であって、第2のハンダ層を構成するハンダよりも高融点のハンダを用い、少なくともサブマウントの第1端側とは反対の第2端側から第1端側まで延在するように第1のハンダ層をレーザユニット間に配置し、当該第1のハンダ層によって、レーザユニット同士、及びサ

50

ブマウントの第1端側と絶縁基板上の導体パターンとを同時に接合し、絶縁基板と積層構造体との接合体を得る第1の接合工程と、接合体の絶縁基板とヒートシンクとの間に第2のハンダ層を配置し、当該第2のハンダ層によって絶縁基板とヒートシンクを接合して半導体レーザ装置を得る第2の接合工程と、を備える。

【0017】

この半導体レーザ装置の製造方法では、レーザユニット同士、及びサブマウントの第1端側と絶縁基板上の導体パターンとの接合に第1のハンダ層を用い、ヒートシンクと絶縁基板との接合に第2のハンダ層が用いている。また、第1のハンダ層として、第2のハンダ層を構成するハンダよりも高融点のハンダを用いている。かかる構成により、この半導体レーザ装置の製造方法では、レーザユニット同士の接合、及びサブマウントの第1端側と絶縁基板上の導体パターンとの接合を同時に実施できるので、接合工程を簡単化できる。また、この半導体レーザ装置の製造方法では、第1のハンダ層を少なくともサブマウントの第2端側から第1端側まで延在するように配置している。したがって、サブマウントの製造公差に起因して、半導体レーザ素子及び絶縁基板に対するサブマウントの端部位置が不揃いになったとしても、接合の際に第1のハンダ層がサブマウントの第2端側の端面及び第1端側の端面に回り込むことで、半導体レーザ素子とサブマウントとの間の接触面積の確保及びサブマウントと絶縁基板との間の熱的な接続の担保が可能となる。したがって、半導体レーザ素子からヒートシンクへの放熱性を向上できる。

10

【0018】

また、レーザユニットとして、半導体レーザ素子を一对のサブマウントで挟み込んで構成されたレーザユニットを用いてもよい。この場合、絶縁基板に対する積層構造体の接合をより強固なものにすることができる。また、積層構造体中のサブマウントの体積が増加することで、半導体レーザ素子からヒートシンクへの放熱経路が拡大される。これにより、半導体レーザ素子からヒートシンクへの放熱性を一層向上できる。

20

【0019】

また、第1の接合工程において、蒸着又はめっきによってレーザユニット間に第1のハンダ層を形成してもよい。これにより、第1のハンダ層の膜厚の制御が容易となり、積層構造体の組み立てを短時間で安定して実施できる。

【0020】

また、第1の接合工程において、ハンダシートを用いてレーザユニット間に第1のハンダ層を形成してもよい。これにより、第1のハンダ層の配置が容易となり、積層構造体の組み立てを短時間で安定して実施できる。

30

【0021】

また、第1の接合工程において、第1のハンダ層によって表面が覆われた中間サブマウントをレーザユニット間に配置してもよい。これにより、第1のハンダ層の配置が容易となり、積層構造体の組み立てを短時間で安定して実施できる。

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、接合工程を簡単化できると共に、半導体レーザ素子からヒートシンクへの放熱性を向上できる。

40

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明の第1実施形態に係る半導体レーザ装置の構成を示す概略側面図である。

【図2】図1に示した半導体レーザ装置の要部拡大側面図である。

【図3】図1に示した半導体レーザ装置の製造工程を示す概略図であり、(a)はレーザユニットの構成、(b)は第1の接合工程、(c)は第2の接合工程を示す。

【図4】第1のハンダ層の作用効果を示す図であり、(a)はサブマウントの一端側の要部拡大側面図、(b)はサブマウントの他端側の要部拡大側面図である。

【図5】第1実施形態の変形例を示す概略図であり、(a)はレーザユニットの変形例、(b)は第1の接合工程の変形例を示す。

50

【図6】第1実施形態に係る半導体レーザ装置の更なる変形例を示す要部拡大側面図である。

【図7】本発明の第2実施形態に係る半導体レーザ装置の構成を示す要部拡大側面図である。

【図8】図7に示した半導体レーザ装置の製造工程を示す概略図であり、(a)はレーザユニットの構成、(b)は第1の接合工程、(c)は第2の接合工程を示す。

【図9】第2実施形態の変形例を示す概略図であり、(a)はレーザユニットの変形例、(b)は第1の接合工程の変形例を示す。

【図10】第2実施形態に係る半導体レーザ装置の更なる変形例を示す要部拡大側面図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、図面を参照しながら、本発明の一側面に係る半導体レーザ装置及び半導体装置の製造方法の好適な実施形態について詳細に説明する。

[第1実施形態]

【0025】

図1は、本発明の第1実施形態に係る半導体レーザ装置の構成を示す概略側面図である。同図に示すように、半導体レーザ装置1は、ヒートシンク2と、絶縁基板3と、半導体レーザバー(半導体レーザ素子)4及びサブマウント5を含んでなるレーザユニット6を積層してなる積層構造体7とを備えて構成されている。半導体レーザ装置1は、レーザ光の発振方向の反対側で冷却がなされる背面冷却構造となっており、レーザ発振時に半導体レーザバー4で発生した熱が、サブマウント5及び絶縁基板3を介してヒートシンク2側に放熱されるようになっている。ヒートシンク2は、例えば銅(Cu)などの高い熱伝導性を有する材料によって肉厚の板状に形成されている。ヒートシンクの内部には、冷却水などの流路が形成されていてもよい。

20

【0026】

絶縁基板3は、例えば窒化アルミニウム(AlN)などの伝熱性及び電気絶縁性を有する材料によって板状に形成されている。絶縁基板3の他の形成材料としては、炭化珪素(SiC)、ダイヤモンドなどが挙げられる。絶縁基板3の一面側には、例えば所定のマスクを用いた蒸着によって形成された導体パターン8が設けられている。導体パターン8は、例えば絶縁基板3の表面側から順に積層されたチタン(Ti)/銅(Cu)/ニッケル(Ni)/金(Au)の4層の金属層によって構成されている。

30

【0027】

絶縁基板3の他面側には、導体パターン8と同様に、チタン(Ti)/銅(Cu)/ニッケル(Ni)/金(Au)の4層の金属層によって構成された金属層9が蒸着によって形成されている。金属層9の厚さは、導体パターン8と同程度となっており、導体パターン8の形成による絶縁基板3の反りが抑えられている。

【0028】

絶縁基板3の他面側は、全面にわたってヒートシンク2の一面側に接合されている。絶縁基板3とヒートシンク2との接合には、第2のハンダ層10Bが用いられている。第2のハンダ層10Bを構成するハンダとしては、鉛フリーの観点から、例えばインジウム(In)ハンダが用いられている。インジウムハンダの融点は、およそ156℃となっている。第2のハンダ層10Bを構成するハンダは、SnAgCuハンダであってもよい。SnAgCuハンダの融点は、およそ217℃~220℃となっている。

40

【0029】

積層構造体7は、複数(本実施形態では5体)のレーザユニット6を積層して構成され、レーザユニット6の積層方向と絶縁基板3の面内方向とが一致するように絶縁基板3上に配置されている。レーザユニット6は、サブマウント5と、半導体レーザバー4とをそれぞれ一体ずつ備えている。サブマウント5は、例えば銅タングステン(CuW)などの熱導電性及び電気伝導性を有する材料によって板状に形成されている。サブマウント5の

50

他の構成材料としては、窒化アルミニウム (AlN)、炭化珪素 (SiC)、タングステン (W)、銅モリブデン (MoCu) 複合材料、銅ダイヤモンド複合材料などが挙げられる。サブマウント 5 の表面には、ニッケル (Ni) 及び金 (Au) による 2 層のめっき層が形成されていてもよい。

【0030】

半導体レーザバー 4 は、例えば板状をなしている。半導体レーザバー 4 の先端面は、図 2 に示すように、複数の発光領域を有する出射端面 4 a となっている。半導体レーザバー 4 の一面 4 b は、出射端面 4 a とサブマウント 5 の一端面 5 a (第 2 端側の端面) とが面一になるようにサブマウント 5 の一面 5 b 側に接合されている。

【0031】

半導体レーザバー 4 は、化合物半導体からなる基板を有しており、発光領域に対応する位置に活性層が位置し、活性層の両側にクラッド層が位置している。基板の材料としては、ヒ化ガリウム (GaAs)、窒化ガリウム (GaN)、ヒ化アルミニウムガリウム (AlGaAs)、(リン化ガリウム) GaP、窒化アルミニウムガリウム (AlGaN)、リン化インジウム (InP) などが挙げられる。本実施形態では、例えば基板の主成分はヒ化ガリウム (GaAs) であり、活性層には更にインジウム (In) が含まれ、クラッド層には更にアルミニウム (Al) が含まれている。

【0032】

積層構造体 7 では、図 2 に示すように、積層方向に隣接するレーザユニット 6, 6 同士は、サブマウント 5 と半導体レーザバー 4 とが交互に配置されるように積層され、第 1 のハンダ層 10 A によって互いに接合されている。第 1 のハンダ層 10 A は、第 2 のハンダ層 10 B を構成するハンダよりも高融点のハンダによって構成されている。このようなハンダとしては、例えば金錫ハンダが挙げられる。金錫ハンダの融点は、280 となっている。

【0033】

第 1 のハンダ層 10 A は、サブマウント 5 の他面 (半導体レーザバー 4 の配置面と反対の面) 5 c 側において、少なくともサブマウント 5 の一端側 (第 2 端側) から他端側 (第 1 端側) まで延在しており、一方のレーザユニット 6 における半導体レーザバー 4 の他面 4 c と、他方のレーザユニット 6 のサブマウント 5 の他面 5 c とを接合している。第 1 のハンダ層 10 A の一部は、サブマウント 5 の他端面 5 d (第 1 端側の端面) 側に回り込み、サブマウント 5 の他端面 5 d と絶縁基板 3 上の導体パターン 8 とを接合している (図 4 (b) 参照)。また、第 1 のハンダ層 10 A の一部は、サブマウント 5 の一端面 5 a 側にも回り込んでいる (図 4 (a) 参照)。

【0034】

なお、図示していないが、半導体レーザバー 4 とサブマウント 5 との接合には、例えば第 1 のハンダ層 10 A を構成するハンダと同じハンダが用いられる。すなわち、本実施形態では、半導体レーザバー 4 の一面 4 b の全面が、金錫ハンダを用いてサブマウント 5 の一面 5 b に接合されている。

【0035】

半導体レーザ装置 1 を駆動する場合、積層構造体 7 の積層方向の一端側のサブマウント 5 に接続されている導体パターン 8 と、積層構造体 7 の積層方向の他端側のサブマウント 5 に接続されている導体パターン 8 との間に駆動電圧を印加する。これにより、積層構造体 7 に含まれる全ての半導体レーザバー 4 に駆動電流が供給され、出射端面 4 a の複数の発光領域からそれぞれレーザ光が発振する。レーザ発振時に半導体レーザバー 4 で発生した熱は、隣接するサブマウント 5 から絶縁基板 3 に伝わり、ヒートシンク 2 側に放熱される。

【0036】

半導体レーザ装置 1 の各構成要素の寸法の一例は、以下のとおりである。

- ・半導体レーザバー 4 : 幅 10 mm、奥行き 1 mm ~ 4 mm、厚さ 100 μm ~ 150 μm

10

20

30

40

50

- ・サブマウント5：幅10mm～12mm、奥行き1mm～5mm、厚さ0.1mm～1mm（ニッケルめっき層：厚さ2μm～3μm、金めっき層：厚さ0.1μm～0.5μm）
- ・絶縁基板3：厚さ0.2mm～0.8mm（導体パターン8及び金属層9：チタン0.5μm/銅70～150μm/ニッケル1μm/金0.5μm）
- ・第1のハンダ層10A：厚さ1μm～20μm
- ・第2のハンダ層10B：厚さ1μm～30μm

【0037】

続いて、上述した半導体レーザ装置1の製造方法について説明する。

【0038】

半導体レーザ装置1を作製する場合、まず、図3(a)に示すように、レーザユニット6を積層数に応じて準備する。レーザユニット6の形成においては、半導体レーザバー4の一面4bの全面を、金錫ハンダを用いてサブマウント5の一面5bに接合する。また、蒸着又はめっきにより、サブマウント5の他面5cにおいて、少なくともサブマウント5の一端側から他端側まで延在するように、金錫ハンダからなる第1のハンダ層10Aを形成する。

【0039】

次に、図3(b)に示すように、サブマウント5と半導体レーザバー4とが交互に配置されるようにレーザユニット6を積層して積層構造体7を形成する。また、絶縁基板3を準備し、積層構造体7に対して絶縁基板3を配置する。このとき、レーザユニット6、6同士の位置決め及び積層構造体7と絶縁基板3との位置決めには、不図示の位置決め治具を用いる。位置決め治具により、半導体レーザバー4の出射端面4a及びサブマウント5の一端面5aの位置が互いに揃うようにレーザユニット6、6同士の位置決めを行うと共に、各レーザユニット6におけるサブマウント5の他端面5dが絶縁基板3の導体パターン8にそれぞれ密着するように積層構造体7と絶縁基板3との位置決めを行う。

【0040】

次に、位置決め治具により位置決めした状態で、積層構造体7と絶縁基板3とをリフロー炉に入れ、第1のハンダ層10Aを金錫ハンダの融点(280)以上の温度に加熱する。これにより、レーザユニット6、6同士、及びサブマウント5の他端側と絶縁基板3上の導体パターン8とを同時に接合し、絶縁基板3と積層構造体7との接合体W1を得る(第1の接合工程)。なお、第1の接合工程では、半導体レーザバー4とサブマウント5とを接合する金錫ハンダが再度加熱されることとなるが、当該金錫ハンダは、始めの接合で一定の合金化が進行して融点が高まっているため、第1の接合工程で半導体レーザバー4とサブマウント5との接合が外れてしまうことはない。

【0041】

接合体W1を形成した後、接合体W1の絶縁基板3とヒートシンク2との間に第2のハンダ層10Bを配置する。第2のハンダ層10Bは、例えば蒸着によってヒートシンク2の一面側又は絶縁基板3の他面側(金属層9上)に形成すればよい。そして、位置決め治具を用いて接合体W1の絶縁基板3とヒートシンク2とを密着させた状態でリフロー炉に入れ、第2のハンダ層10Bをインジウムハンダの融点(156)以上かつ金錫ハンダの融点(280)未満の温度に加熱する。これにより、図3(c)に示すように、絶縁基板3とヒートシンク2とを接合し、半導体レーザ装置1を得る(第2の接合工程)。

【0042】

以上説明したように、半導体レーザ装置1では、レーザユニット6、6同士、及びサブマウント5の他端側と絶縁基板3上の導体パターン8との接合に第1のハンダ層10Aが用いられ、ヒートシンク2と絶縁基板3との接合に第2のハンダ層10Bが用いられている。第1のハンダ層10Aは、第2のハンダ層10Bを構成するハンダよりも高融点のハンダによって構成されている。

【0043】

かかる構成により、半導体レーザ装置1では、レーザユニット6、6同士の接合、及び

10

20

30

40

50

サブマウント5の他端側と絶縁基板3上の導体パターン8との接合を同時に実施できるので、接合工程を簡単化できる。典型的な比較例では、例えば銀(Ag)ペーストを用いてレーザユニット同士を接合する接合工程、インジウムハンダを用いて絶縁基板とヒートシンクとを接合する接合工程、及び積層構造体を絶縁基板に接合する接合工程の3つの接合工程を備える。これに対し、本実施形態では、レーザユニット6, 6同士及びサブマウント5と絶縁基板3とを同時に接合する第1の接合工程と、接合体W1とヒートシンク2とを接合する第2の接合工程とによって半導体レーザ装置1を得ることができる。

【0044】

また、この半導体レーザ装置1では、第1のハンダ層10Aが少なくともサブマウント5の一端側から他端側まで延在している。これにより、サブマウント5の製造公差に起因して、レーザユニット6を積層した場合に半導体レーザバー4及び絶縁基板3に対するサブマウント5の端部位置が不揃いになったとしても、半導体レーザバー4からヒートシンク2への放熱性を確保・向上できる。

10

【0045】

例えば図4(a)に示すように、サブマウント5の製造公差などに起因して、サブマウント5の一端面5aが隣接するレーザユニット6の半導体レーザバー4の出射端面4aよりも一段低くなってしまった場合でも、第1の接合工程において第1のハンダ層10Aの一部がサブマウント5の一端面5a側に回り込むことで段差が埋められる。これにより、半導体レーザバー4とサブマウント5との間の接触面積が確保される。

【0046】

20

また、例えば図4(b)に示すように、サブマウント5の製造公差などに起因して、サブマウント5の他端面5dが隣接するレーザユニット6のサブマウント5の他端面5dよりも一段低くなってしまった場合でも、第1の接合工程において第1のハンダ層10Aの一部がサブマウント5の他端面5d側に回り込むことで段差が埋められる。これにより、サブマウント5の他端面5dと導体パターン8との接続不良が生じることを抑制でき、サブマウント5と絶縁基板3との間の熱的な接続が担保される。

【0047】

また、半導体レーザ装置1では、第1のハンダ層10Aを構成するハンダが金錫ハンダとなっており、第2のハンダ層10Bを構成するハンダがインジウムハンダとなっている。これにより、第1のハンダ層10Aを構成するハンダと、第2のハンダ層10Bを構成するハンダとの融点の差を十分に確保できる。したがって、第2のハンダ層10Bによってヒートシンク2と絶縁基板3とを接合する際の熱が第1のハンダ層10Aに影響してしまうことを防止できる。

30

【0048】

また、半導体レーザ装置1では、サブマウント5が銅タングステンからなっている。これにより、サブマウント5の熱導電性及び電気伝導性を良好に確保できる。また、半導体レーザバー4との間の熱膨張係数差が抑えられ、積層構造体7に歪み等が生じることを抑制できる。さらに、絶縁基板3は、窒化アルミニウムからなっている。これにより、絶縁基板3の電気絶縁性及び放熱性を良好に確保できる。また、半導体レーザバー4との間の熱膨張係数差が抑えられ、積層構造体7に歪み等が生じることを抑制できる。

40

【0049】

なお、本実施形態では、第1の接合工程において、サブマウント5の他面5cに第1のハンダ層10Aを形成しているが、図5(a)に示すように、サブマウント5の他面5cと半導体レーザバー4の他面4cとにそれぞれ第1のハンダ層10Aを形成してもよい。この場合、第1の接合工程において、サブマウント5の一端面5aへの第1のハンダ層10Aの回り込みを容易に生じさせることができる。

【0050】

また、第1のハンダ層10Aの形成は、蒸着、めっきによるもの限られない。例えば図5(b)に示すように、ハンダシート11をレーザユニット6, 6間に配置して第1のハンダ層10Aを形成してもよい。この場合、第1のハンダ層10Aの配置が容易となり、

50

積層構造体 7 の組み立てを短時間で安定して実施できる。

【 0 0 5 1 】

また、図 6 に示すように、第 1 の接合工程において、第 1 のハンダ層 1 0 A によって表面が覆われた中間マウント 1 2 をレーザユニット 6 , 6 間に配置してもよい。中間マウント 1 2 は、例えば銅タングステン (C u W) などの熱導電性及び電気伝導性を有する材料によって板状に形成されている。中間マウント 1 2 の寸法は、サブマウント 5 の寸法と等しくてもよく、中間マウント 1 2 を覆う第 1 のハンダ層 1 0 A を含めた寸法がサブマウント 5 の寸法と等しくてもよい。このような中間マウント 1 2 を用いることにより、第 1 のハンダ層 1 0 A の配置が容易となり、積層構造体 7 の組み立てを短時間で安定して実施できる。

10

[第 2 実施形態]

【 0 0 5 2 】

図 7 は、本発明の第 2 実施形態に係る半導体レーザ装置の構成を示す要部拡大側面図である。

【 0 0 5 3 】

同図に示すように、第 2 実施形態に係る半導体レーザ装置 2 1 は、レーザユニット 6 が半導体レーザバー 4 を一对のサブマウント 5 , 5 で挟み込んで構成されている点で第 1 実施形態と異なっている。より具体的には、半導体レーザ装置 2 1 では、第 1 のハンダ層 1 0 A は、隣り合うレーザユニット 6 , 6 における一方のサブマウント 5 と他方のサブマウント 5 との間に配置されている。第 1 のハンダ層 1 0 A は、少なくともサブマウント 5 の一端側から他端側まで延在しており、一方のサブマウント 5 の他面 5 c と、他方のサブマウント 5 の他面 5 c とを接合している。

20

【 0 0 5 4 】

半導体レーザ装置 2 1 を作製する場合、まず、図 8 (a) に示すように、レーザユニット 6 を積層数に応じて準備する。レーザユニット 6 の形成において、半導体レーザバー 4 とサブマウント 5 , 5 との接合には、例えば第 1 実施形態と同様に金錫ハンダを用いる。また、いずれか一方のサブマウント 5 の他面 5 c において、少なくともサブマウント 5 の一端側から他端側まで延在するように、蒸着又はめっきによって金錫ハンダからなる第 1 のハンダ層 1 0 A を形成する。

【 0 0 5 5 】

次に、図 8 (b) に示すように、第 1 のハンダ層 1 0 A を間に挟むようにしてレーザユニット 6 を積層して積層構造体 7 を形成する。また、絶縁基板 3 を準備し、積層構造体 7 に対して絶縁基板 3 を配置する。レーザユニット 6 , 6 同士的位置決め及び積層構造体 7 と絶縁基板 3 との位置決めには、第 1 実施形態と同様の位置決め治具を用いる。位置決め治具により、半導体レーザバー 4 の出射端面 4 a 及びサブマウント 5 , 5 の一端面 5 a の位置が互いに揃うようにレーザユニット 6 , 6 同士的位置決めを行うと共に、各レーザユニット 6 におけるサブマウント 5 , 5 の他端面 5 d が絶縁基板 3 の導体パターン 8 にそれぞれ密着するように積層構造体 7 と絶縁基板 3 との位置決めを行う。

30

【 0 0 5 6 】

次に、位置決め治具により位置決めした状態で、積層構造体 7 と絶縁基板 3 とをリフロー炉に入れ、第 1 のハンダ層 1 0 A を金錫ハンダの融点 (2 8 0) 以上の温度に加熱する。これにより、レーザユニット 6 , 6 同士、及びサブマウント 5 , 5 の他端側と絶縁基板 3 上の導体パターン 8 とを同時に接合し、絶縁基板 3 と積層構造体 7 との接合体 W 2 を得る (第 1 の接合工程) 。

40

【 0 0 5 7 】

接合体 W 2 を形成した後、接合体 W 2 の絶縁基板 3 とヒートシンク 2 との間に第 2 のハンダ層 1 0 B を配置する。そして、位置決め治具を用いて接合体 W 2 の絶縁基板 3 とヒートシンク 2 とを密着させた状態でリフロー炉に入れ、第 2 のハンダ層 1 0 B をインジウムハンダの融点 (1 5 6) 以上かつ金錫ハンダの融点 (2 8 0) 未満の温度に加熱する。これにより、図 8 (c) に示すように、絶縁基板 3 とヒートシンク 2 とを接合し、半導

50

体レーザ装置 2 1 を得る（第 2 の接合工程）。

【 0 0 5 8 】

このような半導体レーザ装置 2 1 においても、レーザユニット 6 , 6 同士の接合、及びサブマウント 5 , 5 の他端側と絶縁基板 3 上の導体パターン 8 との接合を同時に実施できるので、接合工程を簡単化できる。また、サブマウント 5 の製造公差に起因して、半導体レーザバー 4 及び絶縁基板 3 に対するサブマウント 5 の端部位置が不揃いになったとしても、接合の際に第 1 のハンダ層 1 0 A がサブマウント 5 の一端面 5 a 及び他端面 5 d に回り込むことで、半導体レーザバー 4 からヒートシンク 2 への放熱性を向上できる。

【 0 0 5 9 】

また、半導体レーザ装置 2 1 では、半導体レーザバー 4 を一対のサブマウント 5 , 5 で挟み込んでレーザユニット 6 を構成しているので、絶縁基板 3 に対する積層構造体 7 の接合をより強固なものにすることができる。また、積層構造体 7 中のサブマウント 5 の体積が増加することで、半導体レーザバー 4 からヒートシンク 2 への放熱経路が拡大される。これにより、半導体レーザバー 4 からヒートシンク 2 への放熱性を一層向上できる。

【 0 0 6 0 】

なお、本実施形態では、第 1 の接合工程において、いずれか一方のサブマウント 5 の他面 5 c に第 1 のハンダ層 1 0 A を形成しているが、図 9 (a) に示すように、一対のサブマウント 5 , 5 の他面 5 c のそれぞれに第 1 のハンダ層 1 0 A を形成してもよい。この場合、第 1 の接合工程において、サブマウント 5 の一端面 5 a への第 1 のハンダ層 1 0 A の回り込みを容易に生じさせることができる。

【 0 0 6 1 】

また、図 9 (b) に示すように、蒸着又はめっきに代えて、ハンダシート 2 2 をレーザユニット 6 , 6 間に配置して第 1 のハンダ層 1 0 A を形成してもよい。この場合、第 1 のハンダ層 1 0 A の配置が容易となり、積層構造体 7 の組み立てを短時間で安定して実施できる。さらに、図 1 0 に示すように、第 1 の接合工程において、第 1 のハンダ層 1 0 A によって表面が覆われた中間マウント 1 2 をレーザユニット 6 , 6 間に配置してもよい。このような中間マウント 1 2 を用いることにより、第 1 のハンダ層 1 0 A の配置が容易となり、積層構造体 7 の組み立てを短時間で安定して実施できる。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 2 】

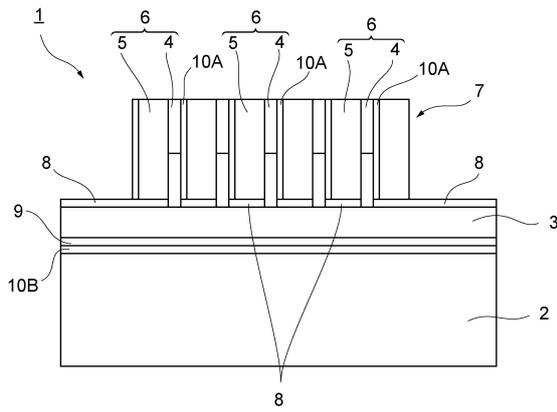
1 , 2 1 ... 半導体レーザ装置、 2 ... ヒートシンク、 3 ... 絶縁基板、 4 ... 半導体レーザバー（半導体レーザ素子）、 5 ... サブマウント、 6 ... レーザユニット、 7 ... 積層構造体、 8 ... 導体パターン、 1 0 A ... 第 1 のハンダ層、 1 0 B ... 第 2 のハンダ層、 1 1 , 2 2 ... ハンダシート、 1 2 ... 中間マウント、 W 1 , W 2 ... 接合体。

10

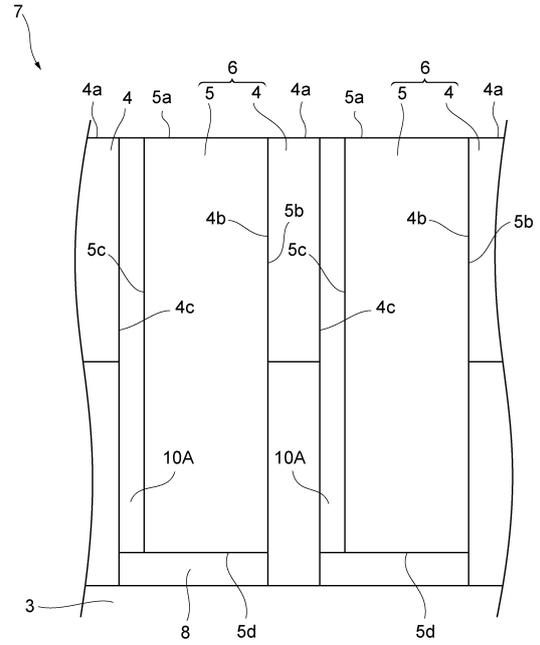
20

30

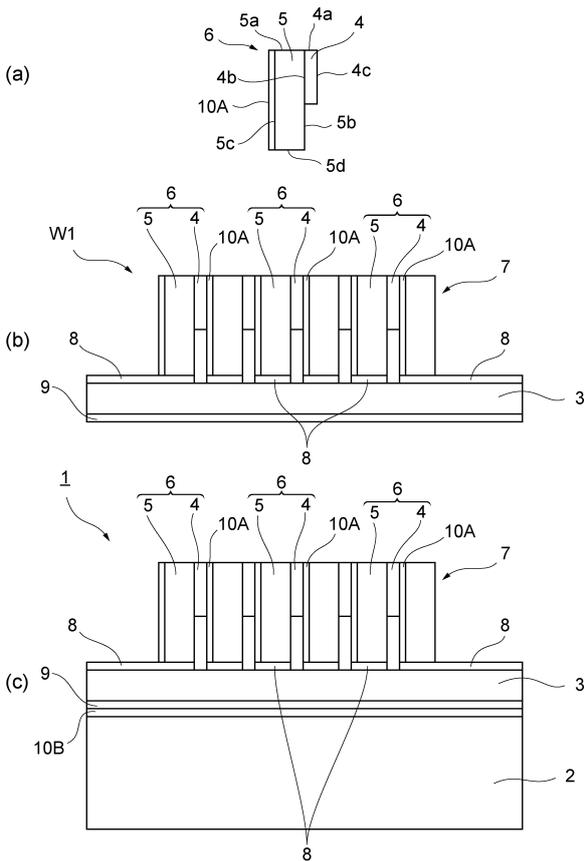
【図1】



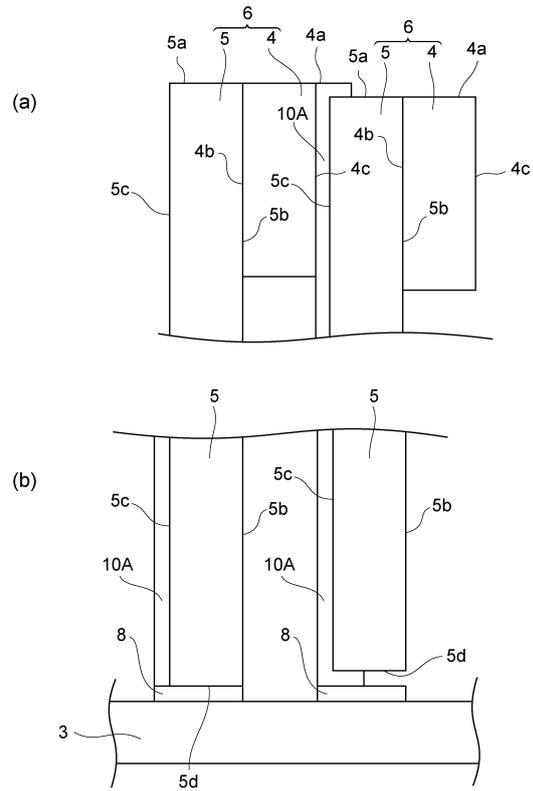
【図2】



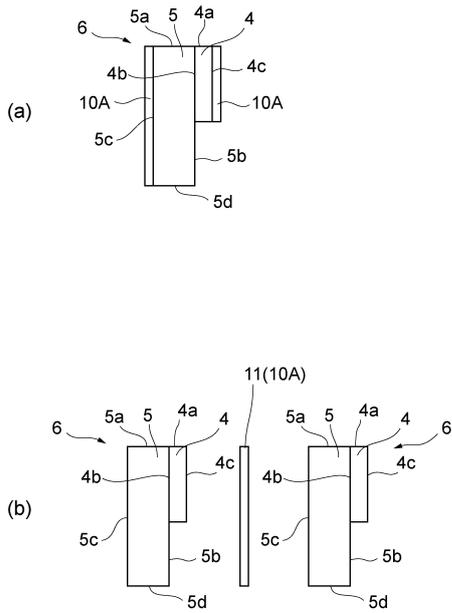
【図3】



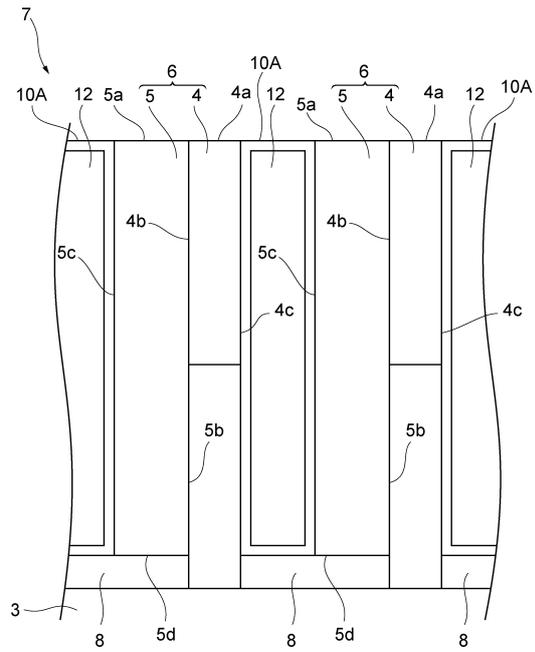
【図4】



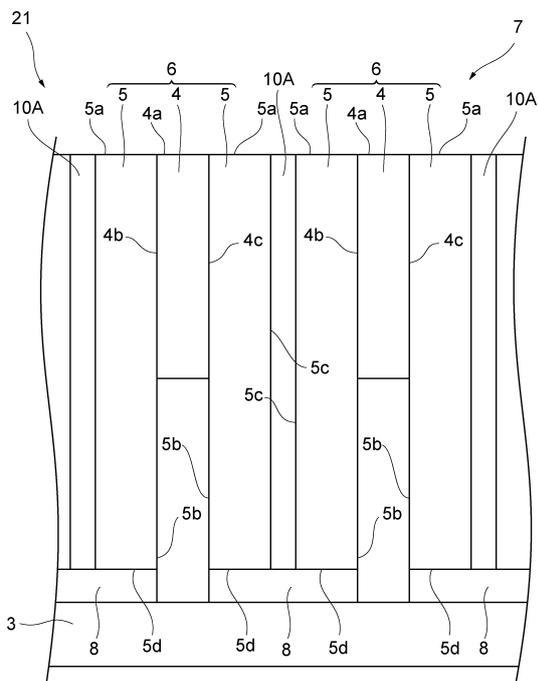
【 図 5 】



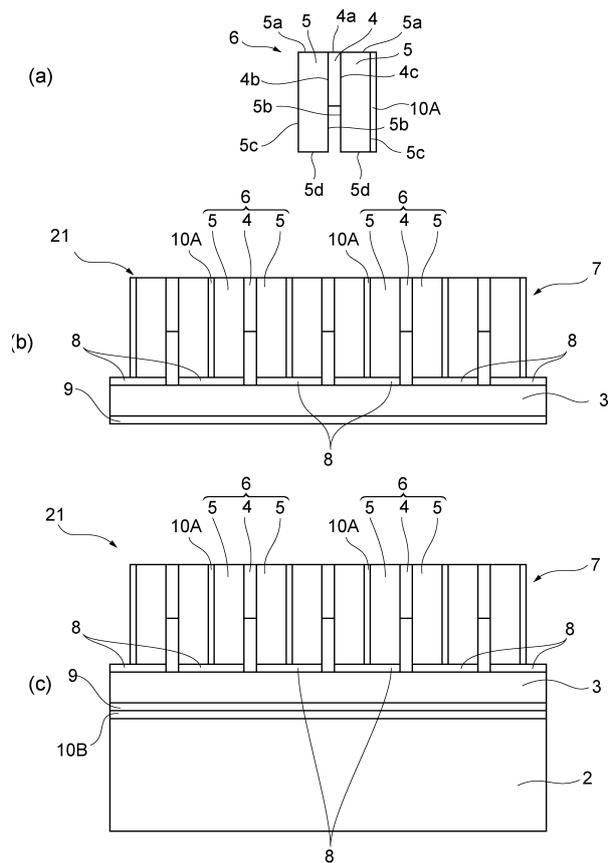
【 図 6 】



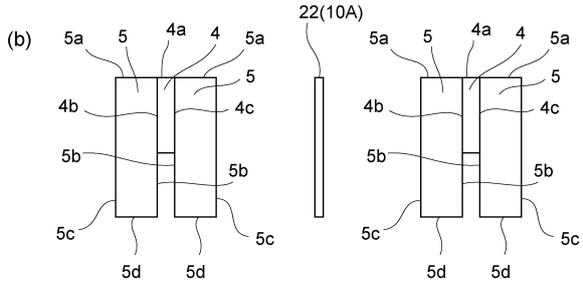
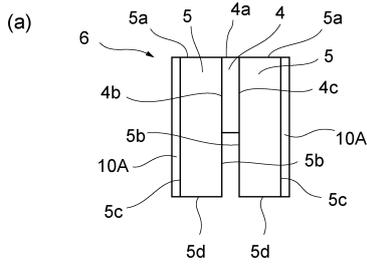
【 図 7 】



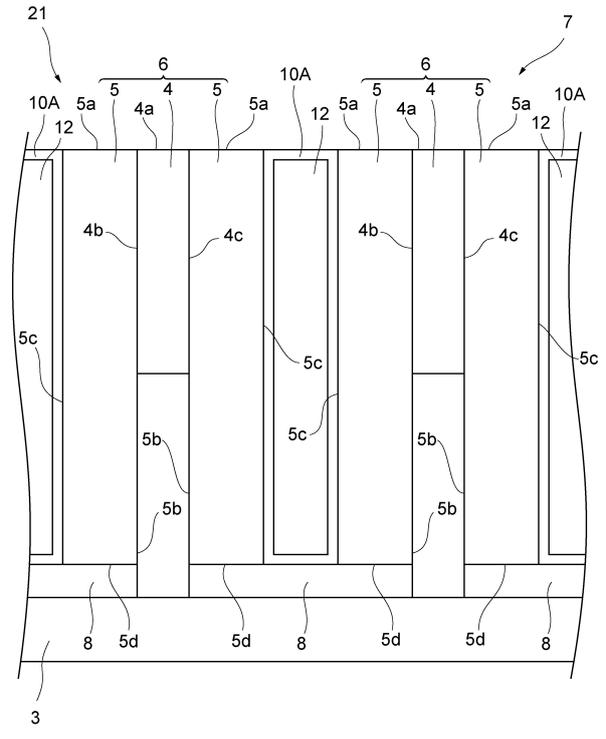
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 S 5/022

- (72)発明者 吉田 治正
静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内
- (72)発明者 前田 純也
静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内
- (72)発明者 森田 剛徳
静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内
- (72)発明者 宮本 昌浩
静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内

審査官 高 椋 健司

- (56)参考文献 特表 2 0 0 2 - 5 4 0 6 4 0 (J P , A)
特開平 0 2 - 2 8 1 7 8 2 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 0 8 / 0 0 8 9 3 7 1 (U S , A 1)
特開 2 0 1 1 - 0 4 0 4 9 0 (J P , A)
特開 2 0 0 6 - 3 4 4 7 4 3 (J P , A)
特開昭 6 3 - 1 4 4 5 8 8 (J P , A)
特開 2 0 0 5 - 1 0 8 9 0 7 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 1 5 8 6 4 4 (J P , A)
特開 2 0 0 5 - 1 0 1 1 4 9 (J P , A)
特開 2 0 1 3 - 0 0 4 5 7 1 (J P , A)
KURITA, T. et al., High power laser diode array module with 145 kW peak power for inertial fusion energy driver, Conference on Lasers and Electro-Optics, 2004. (CLEO)., IEE E, 2 0 0 4 年 5 月 1 6 日, CThW1, U R L , <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1360810>

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 1 S 5 / 0 0 - 5 / 5 0
H 0 1 L 2 3 / 2 9 , 2 3 / 3 4 - 2 3 / 3 6 ,
2 3 / 3 7 3 - 2 3 / 4 2 7 , 2 3 / 4 4 ,
2 3 / 4 6 7 - 2 3 / 4 7 3