

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4979726号
(P4979726)

(45) 発行日 平成24年7月18日 (2012. 7. 18)

(24) 登録日 平成24年4月27日 (2012. 4. 27)

(51) Int. Cl.		F I			
HO 1 S	5/024	(2006. 01)	HO 1 S	5/024	
HO 1 L	23/473	(2006. 01)	HO 1 L	23/46	Z
HO 1 L	23/36	(2006. 01)	HO 1 L	23/36	Z

請求項の数 11 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2009-56432 (P2009-56432)	(73) 特許権者	000006013
(22) 出願日	平成21年3月10日 (2009. 3. 10)		三菱電機株式会社
(62) 分割の表示	特願2007-38028 (P2007-38028)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
原出願日	平成12年10月20日 (2000. 10. 20)	(74) 代理人	100073759
(65) 公開番号	特開2009-124186 (P2009-124186A)		弁理士 大岩 増雄
(43) 公開日	平成21年6月4日 (2009. 6. 4)	(74) 代理人	100088199
審査請求日	平成21年3月10日 (2009. 3. 10)		弁理士 竹中 岑生
		(74) 代理人	100094916
			弁理士 村上 啓吾
		(74) 代理人	100127672
			弁理士 吉澤 憲治
		(72) 発明者	北山 二期
			東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
			菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 冷却装置、半導体レーザー光源装置、半導体レーザー光源ユニット、および固体レーザー装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被冷却体を所定の端部に沿って接合させた金属からなる第1の板状部材と、冷却液を導入する入口開口部および前記入口開口部に接続され前記端部に対応する領域の一端に達するよう設けられた冷却液導入溝と、冷却液を排出する出口開口部および前記出口開口部に接続され前記端部に対応する領域の他端に達するよう設けられた冷却液排出溝と、前記被冷却体の長手方向に対応する領域の前記一端から前記他端を連通する冷却用溝と、該冷却用溝中に形成され、前記一端および前記他端において交互に切り離された分岐用の複数の仕切りを有し、前記冷却用溝に冷却液を流すことにより前記被冷却体を冷却する金属からなる第2の板状部材と、
前記第2の板状部材と積層した場合に前記第2の板状部材の冷却用溝および複数の仕切りに対して重複するように形成された冷却用溝および複数の仕切りを有し、かつ、該複数の仕切りが前記第2の板状部材の前記一端および前記他端と異なる位置で交互に切り離された第3の板状部材と、
を備えたことを特徴とする冷却装置。

【請求項2】

前記第2の板状部材と前記第3の板状部材を交互に複数回積層させたことを特徴とする請求項1記載の冷却装置。

【請求項3】

請求項1～2のいずれか1項記載の冷却装置と、

被冷却体である半導体レーザと、
を備えた半導体レーザ光源装置。

【請求項 4】

前記半導体レーザと前記第 1 の板状部材の間に銅タングステン合金又は銅モリブデン合金で構成されているサブマウントが載置されていることを特徴とする請求項 3 記載の半導体レーザ光源装置。

【請求項 5】

前記冷却装置の下部に接着され、第 1 の給電端子を具備する第 1 の給電用板状部材と、前記冷却装置の上部に絶縁体を介して固着され、一端に前記半導体レーザの上部と電氣的に接続された金属からなる薄板を具備し、他端に第 2 の給電端子が設けられた第 2 の給電用板状部材と、
を備えたことを特徴とする請求項 3 記載の半導体レーザ光源装置。

10

【請求項 6】

請求項 5 記載の半導体レーザ光源装置と、
前記冷却装置にシール部材を介して締結部材によって装着され、前記冷却装置に冷却液を供給する冷却液マニホールドと、
を備えたことを特徴とする半導体レーザ光源ユニット。

【請求項 7】

前記冷却装置が複数台で構成されていることを特徴とする請求項 6 記載の半導体レーザ光源ユニット。

20

【請求項 8】

前記複数台の冷却装置の前記複数の第 1 の給電端子を電氣的に接続すべく架橋された第 1 の給電板と、
前記複数の第 2 の給電端子を電氣的に接続すべく架橋された第 2 の給電板と、
を備えたことを特徴とする請求項 6 記載の半導体レーザ光源ユニット。

【請求項 9】

前記複数台の冷却装置に対して別個独立に冷却液が流れることを特徴とする請求項 6 記載の半導体レーザ光源ユニット。

【請求項 10】

前記複数台の冷却装置中の個々の冷却装置に順次冷却液が流れることを特徴とする請求項 6 記載の半導体レーザ光源ユニット。

30

【請求項 11】

請求項 6 ~ 10 のいずれか 1 項記載の半導体レーザ光源ユニットを装着した固体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は一般に冷却装置に関するものであり、特に発熱密度の高い半導体レーザ素子を強制的に冷却するための冷却装置、かかる冷却装置を備えた半導体レーザ光源装置と半導体レーザ光源ユニット、および固体レーザ装置に関するものである。

40

【背景技術】

【0002】

半導体レーザ光源の主な用途として、大出力固体レーザの励起用光源が挙げられる。固体レーザの励起には、従来はキセノンランプ等の光源が利用されていたが、一般に出力波長はブロードなスペクトルを呈し、レーザ励起効率は低かった。

【0003】

キセノンランプ等の光源に代り、鋭い波長スペクトルを有する半導体レーザによって励起すると、固体レーザを高効率でレーザ発振させることが可能となる。大出力固体レーザの励起用光源として使用する半導体レーザ素子は、数十ワットレベルのレーザビームを射出する必要があるが、半導体レーザ素子の出力効率は現状で 50% 程度であり、このため、

50

レーザ光出力とほぼ同等の発熱が生じる。したがって、安定なレーザ光出力を得るためには、半導体レーザ素子を効率良く冷却する冷却装置が不可欠である。

【0004】

図23は、米国特許第5105429号特許明細書に記載された従来の半導体レーザ素子を冷却する冷却装置の構成を示す。この冷却装置は、冷却液の流路が形成された下側および上側の薄板1および3を、ガラス等の絶縁体より構成される中間薄板2の上下に積層した構成となっている。

【0005】

薄板1には、冷却液の入口開口部1Aおよび出口開口部1Bが、さらに上側の薄板3には、冷却液の入口開口部3Aおよび出口開口部3Bが設けられている。薄板1の上面には一端が冷却液入口1Aに連通し、他端が前端面1aに向かって枝分かれして冷却液の流路となる流路1Cが形成され、さらに中間薄板2には、薄板1の冷却液入口1Aおよび冷却液出口1Bに対応して、冷却液の流路2A、2Bが形成されている。

【0006】

上側薄板3の下面には、前端面3aに沿って、出口開口部3Bに連通して、流路1Cのピッチをさらに小さくしたマイクロチャネル(図示せず)が形成される。上側薄板3には、その上面に、前端面3aに沿うように半導体レーザアレイ4が接合されている。上述の図示されていないマイクロチャネルは上側薄板3の下面で、半導体レーザアレイ4の直下に形成されている。ここで半導体レーザアレイとは、個々の発光スポットを有する半導体レーザが横一列に連なりアレイ状になったものを言う。

【0007】

下側薄板1、中間薄板2および上側薄板3は積層された状態で、それぞれに形成された中央開口部1D~3Dに挿通されたボルト・ナットにより固定される。半導体レーザアレイ4は直流電源等の駆動装置5により動作する。

【0008】

従来の冷却装置では、単結晶シリコン(Si)基板が薄板1および3の構成材料として使用され、マイクロチャネル1Cおよび薄板3の図示されないマイクロチャネルは、フォトリソグラフィ技術とエッチング技術により、典型的には幅が25 μ m、深さが125 μ mのサイズで形成されている。このように幅が非常に狭いマイクロチャネルでは、流路壁面に境界層が形成されにくいいため、冷却効率の向上が期待される。

【0009】

上述の図23に示した冷却装置10においては、マイクロチャネルはシリコン基板上にフォトリソグラフィ技術およびエッチング技術によって形成されているため、露光装置など高価な設備を必要とし、製造費用が高くなる問題が生じた。

また、冷却装置10は薄板1および3として使われるシリコン基板、あるいはガラス等の絶縁体薄板2は機械的に脆弱であるため、製造歩留りの点でも問題があった。

また、これらの薄板1~3を積層する時にも機械的に脆弱なことから、強く締付けることができず、シリコンゴム等のパッキンを薄板間のシールに用いても、長時間の運転を行った場合に漏水を引き起こすおそれがあった。

【0010】

図23の冷却装置10は、薄板1~3を積層した場合に電気抵抗が高くなる問題もあった。冷却装置10においては、中間薄板2として、上下の薄板1および3を構成するシリコン基板に貼り合わせるのに好適なガラスが使用され、さらに薄板間をシールするためにシリコンゴムが各々の薄板の間に挟まれているので、この状態では薄板1~3を電氣的に直列接続して半導体レーザアレイ4を駆動することは不可能であった。

【0011】

このため、薄板1~3の側壁面に金属膜をメタライズしたり、メタルクリップを使用する、あるいは金属粉末を含有した導電性シリコンゴムをパッキンとして使用する等の対策が講じられているが、直列電気抵抗が大きくなることは不可避で、この結果、ジュール発熱の増大を免れえなかった。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 2 】

さらに、図 2 3 の冷却装置 1 0 は、マイクロチャネル以外を冷却に有効に利用しておらず、冷却効率をさほど高くできないという問題点も有した。すなわち、冷却装置 1 0 では、マイクロチャネルを形成した薄板 1 および 3 の材料としてシリコンが使用されているが、シリコンの熱伝導率は金属の熱伝導率に比べて小さく、薄板 1 および 3 を介した熱伝導による発生熱量の除去が困難であった。

さらに、中間薄板 2 としてガラスを使用しているため、中間薄板 2 自体の熱伝導も殆ど作用しなかった。

しかも、ガラス製の薄板 2 では、その前端部 2 a がスロット 2 C によって他の部分から熱的にほとんど遮断されており、前端部 2 a の冷却性能は著しく低下した。

10

このような構造にも関わらず、ガラス薄板 2 の前端部 2 a は、その上面の薄板 3 に配設された半導体レーザアレイ 4 の近傍に位置するため、発生した熱の多くがガラス薄板 2 の前端部 2 a に到達してしまった。

すなわち、冷却装置 1 0 は、特に半導体レーザアレイが配設された薄板 3 に形成されている冷却液流路だけに負荷をかける設計になっており、この流路だけで冷却に必要な表面積を確保する必要があるため、微細な流路パターンを採用せざるを得なかった。

しかし、このような微細なマイクロチャネルは、加工コストも高く、さらに、冷却液中の微細な塵埃で流路が詰まりやすいので、冷却液の水質管理等の保守・維持費用も高くなるという問題があった。

【 0 0 1 3 】

20

図 2 4 (a) ~ (d) は、特開平 1 0 - 2 0 9 5 3 1 号公報に記載されている従来の別の冷却装置 2 0 の構成を示す分解図および半導体レーザ光源装置として組み立てられた状態を示す斜視図である。冷却装置 2 0 は銅あるいは銅合金等の熱伝導率の高い金属板状部材 2 1 ~ 2 3 を積層して形成されており、板状部材 2 1 ~ 2 3 には、冷却液の入口開口部 2 1 A、2 2 A と 2 3 A、および出口開口部 2 1 B、2 2 B と 2 3 B が形成されている。

【 0 0 1 4 】

板状部材 2 1 ~ 2 3 は、典型的には 2 5 0 μm の厚さを有し、板状部材 2 1 の上面には、前端部 2 1 a に沿って冷却液の流路として機能する平行な溝 2 1 C が、ピッチ 4 0 0 ~ 5 0 0 μm 、典型的には深さが 1 3 0 μm 、幅が 3 0 0 ~ 3 5 0 μm のサイズで形成されている。溝 2 1 C は、畝 2 1 c により画成され、畝 2 1 c は冷却液入口 2 1 A に向かって延在する。

30

【 0 0 1 5 】

この結果、溝 2 1 C から入口 2 1 A に向かって収斂する溝 2 1 D が形成される。すなわち、入口 2 1 A から導入された冷却液は、溝 2 1 D に沿って拡がり、前端面 2 1 a に隣接した溝 2 1 C に導かれる。

【 0 0 1 6 】

板状部材 2 2 は図 2 4 (d) に示すように、板状部材 2 1 上に、開口部 2 2 A、2 2 B と対応する開口部 2 1 A、2 1 B にそれぞれ整列させて積層されるが、板状部材 2 2 には、板状部材 2 1 上の溝 2 1 C のそれぞれに対応して、複数の貫通穴 2 2 C が前端面 2 2 a に沿って形成され、その結果、溝 2 1 C に導入された冷却液は、対応する開口部 2 2 C を通って板状部材 2 2 の上側に到達する。

40

【 0 0 1 7 】

板状部材 2 2 の上側には板状部材 2 3 が配設されるが、板状部材 2 3 は、板状部材 2 1 と同一の部材を板状部材 2 2 上に裏返した状態で配設することにより得られ、板状部材 2 1 上の溝 2 1 C および 2 1 D と同様な溝が下面に形成されている。

ただし、溝 2 1 D に対応する溝は、出口開口部 2 3 B に収束し、板状部材 2 2 の貫通穴 2 2 C を通って流入した冷却液は、板状部材 2 3 に設けられた溝 2 1 C に対応する溝から溝 2 1 D に対応する溝を通して出口開口部 2 3 B に到達する。

【 0 0 1 8 】

図 2 4 に示した従来の冷却装置 2 0 では、板状部材 2 1 ~ 2 3 の流路はリソグラフィ技

50

術やレーザービーム加工等を用いることなく、単に溝を化学エッチングにより形成しているため、安価に冷却装置を製造できる。

さらに、薄板部材の材質として、銅あるいは銅合金等の比較的熱伝導率の高い材料を使用しているため、冷却液流路のみに負荷をかけることなく、比較的大きな熱容量を有する熱的に一体の構造体として形成できる。

【0019】

また、図24の冷却装置20では、図23に示す従来の冷却装置10の連続したスリット1Cのかわりに互いに孤立した複数の貫通穴を形成することにより熱的に遮断された二つの領域に分割されることがなくなり、熱が隣り合う貫通穴の間の架橋部を介して、一の領域から他の領域に速やかに散逸することが可能である。

10

さらには、冷却液の流路がマイクロチャネルに比して断面形状の大きな溝であるため、水質維持等のメンテナンスも容易である。

【0020】

図24の冷却装置20では、化学エッチングによる溝形成、および熱伝導率の高い金属部材により実質的には熱的に一体の構造物として構成することによって、冷却液流路のみに負荷をかける図23の従来の冷却装置10が有する問題点は解決されている。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0021】

しかるに、板状部材21の上面に前端部21aに沿って形成された溝21C、および冷却液入口21Aに向かって収斂する溝21Dの断面寸法は板状部材の厚さにより規定され、特に溝の深さは板厚の半分程度しかとれないため、依然として微細な寸法の流路であり、冷却液中の塵埃による流路の詰まりの問題は完全には解決されておらず、厳密な水質管理は必要であった。

20

【0022】

また、化学エッチングで形成される流路の幅および深さのばらつきにより、複数の溝21Dに流路抵抗のばらつきが発生するため、冷却液入口21Aから複数の貫通穴22Cに導入される冷却液も均等に分配されないおそれがあった。これにより、薄板23の上面に配設された半導体レーザーアレイが長手方向に均一に冷却されないおそれがあり、このような場合、半導体レーザーアレイ中で温度差が生じるが、バンドギャップエネルギーの温度依存性の影響の結果、出力波長が半導体レーザーアレイを構成する個々の半導体レーザー間で不均一になる問題点が生じた。

30

【0023】

さらに、前述したように、冷却液入口21Aおよび冷却液出口23Bまでの流路断面を大きくとることが困難なため、冷却装置20自体の圧力損失が大きくなるので、所望流量の冷却液を送給するための送給手段の容量が増大し、装置コストの上昇を招いた。

本発明は、上記従来の冷却装置に見られる課題を解決した、新規で有用な冷却装置と、この冷却装置を備えた半導体レーザー光源装置、ならびに半導体レーザー光源ユニット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】

40

【0024】

本発明に係る冷却装置は、被冷却体を所定の端部に沿って接合させた金属からなる第1の板状部材と、冷却液を導入する入口開口部および前記入口開口部に接続され前記端部に対応する領域の一端に達するよう設けられた冷却液導入溝と、冷却液を排出する出口開口部および前記出口開口部に接続され前記端部に対応する領域の他端に達するよう設けられた冷却液排出溝と、前記被冷却体の長手方向に対応する領域の前記一端から前記他端を連通する冷却用溝と、該冷却用溝中に形成され、前記一端および前記他端において交互に切り離された分岐用の複数の仕切りを有し、前記冷却用溝に冷却液を流すことにより前記被冷却体を冷却する金属からなる第2の板状部材と、前記第2の板状部材と積層した場合に前記第2の板状部材の冷却用溝および複数の仕切りに対して重複するように形成された

50

冷却用溝および複数の仕切りを有し、かつ、該複数の仕切りが前記第2の板状部材の前記一端および前記他端と異なる位置で交互に切り離された第3の板状部材と、を備えたものである。

【0025】

このため、溝の断面積が従来構造より大きくとれるので、従来構造に比して加工コストが安く、異物による水路の詰まりや流路による高圧力損失の問題が解決され、また被冷却体の長手方向に沿って溝が設けられているため、被冷却体を効率良く冷却することができる。

さらに、積層数を増やした結果として、被冷却体をより効率的に冷却することが可能となる。

10

【0026】

また、上述の第2の板状部材が、被冷却体の長手方向に対して垂直方向に設けられた複数の冷却用溝を有することとしたものである。この結果、従来構造に比して断面積が大きい複数の溝により、被冷却体を効率良く冷却できる。

さらに、上述の第2の板状部材の溝の長さとして第3の板状部材の複数の溝全体の幅が略等しいこととしたので、より効果的に被冷却体を冷却できる。

【0027】

また、分岐用の仕切りが冷却フィンの機能を果たし、より効果的に被冷却体を冷却することができる。

さらに、上述の第2の板状部材と第3の板状部材をそれぞれ複数枚交互に積層させて冷却装置を構成するので、より効率的に被冷却体を冷却できる。

20

【0028】

また、本発明に係る半導体レーザ光源装置は、上述の被冷却体を半導体レーザとしたので、本発明の冷却装置により半導体レーザを効率的に冷却することができ、出力波長の均一なレーザ光が得られる。

【0029】

また、本発明に係る半導体レーザ光源装置は、半導体レーザと上述の第1の板状部材の間に銅タングステン合金又は銅モリブデン合金で構成されているサブマウントが載置されているので、半導体レーザと板状部材の線熱膨張係数との差を緩和し、半導体レーザに発生する歪を抑制することができるので、長期的に安定な動作が可能となる。

30

また、本発明に係る半導体レーザ光源装置は、上述の冷却装置の下部に接着され、第1の給電端子を具備する第1の給電用板状部材と、冷却装置の上部に絶縁体を介して固着され、一端に半導体レーザの上部と電気的に接続された金属からなる薄板を具備し、他端に第2の給電端子が設けられた第2の給電用板状部材と、を備えているので、電気抵抗の小さい半導体レーザ光源装置が得られる。

【0030】

また、本発明に係る半導体レーザ光源ユニットは、上述の冷却装置と、半導体レーザ光源装置にシール部材を介して締結部材によって装着され、半導体レーザ光源装置に冷却液を供給する冷却液マニホールドと、を備えているので、各々の半導体レーザ光源装置を配列および固定するための部材が、配列された個々の半導体レーザ光源装置に冷却液を分配、回収するマニホールドの機能を兼ね備えているため、薄型でコンパクトな半導体レーザ光源ユニットを構成することができる。

40

【0031】

さらに、上述の半導体レーザ光源装置を複数台としたので、より多くの冷却装置を十分に効率よく冷却させつつ、複数の半導体レーザ光源装置を駆動させることができる。

さらに、複数台の半導体レーザ光源装置の第1の給電端子を電気的に接続すべく架橋された第1の給電板と、第2の給電端子を電気的に接続すべく架橋された第2の給電板と、を備えているので、給電が容易でかつ冷却効率に優れた半導体レーザ光源ユニットが得られる。

【0032】

50

さらに、複数台の半導体レーザ光源装置に対して別個独立に冷却液が流れることとしたので、効率良く冷却できる半導体レーザ光源ユニットが得られる。

さらに、複数台の冷却装置中の個々の半導体レーザ光源装置に順次冷却液が流れることとしたので、効率良く冷却できる半導体レーザ光源ユニットが得られる。

【発明の効果】

【0033】

本発明に係る冷却装置は、半導体レーザを冷却することにより安定に動作させる冷却装置として有用である。また、本発明に係る半導体レーザ光源装置および半導体レーザ光源ユニットは、例えば、固体レーザ等を励起する光源として有用であり、さらに、本半導体レーザ光源ユニットを装着した固体レーザ装置は、例えば、加工用光源として有用である

10

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図1】図1(a)~(d)は、本発明の実施の形態1による冷却装置の構成を示す分解図であり、(e)は、(a)~(d)の部材により構成される積層体を示す斜視図である。

【図2】図2(a)は図1のA-A'矢視印断面図であり、(b)は図1のB-B'矢視印断面図である。

【図3】図3は本発明の実施の形態1による他の冷却装置の構成を示す分解図である。

【図4】図4(a)は図3のC-C'矢視印断面図であり、(b)は図3のD-D'矢視印断面図である。

20

【図5】図5は本発明の実施の形態2による冷却装置の構成を示す分解図である。

【図6】図6(a)は図5のE-E'矢視印断面図であり、(b)は図5のF-F'矢視印断面図である。

【図7】図7は本発明の実施の形態2による他の冷却装置の構成を示す分解図である。

【図8】図8(a)は図7のG-G'矢視印断面図であり、(b)は図7のH-H'矢視印断面図である。

【図9】図9は本発明の実施の形態3による冷却装置の構成を示す分解図である。

【図10】図10(a)は図9のI-I'矢視印断面図であり、(b)は図9のJ-J'矢視印断面図である。

30

【図11】図11は本発明の実施の形態3による他の冷却装置の構成を示す分解図である。

【図12】図12(a)は図11のK-K'矢視印断面図であり、(b)は図11のL-L'矢視印断面図である。

【図13】図13は本発明の実施の形態3による冷却装置において冷却フィンの有無による熱抵抗の変化を示すグラフである。

【図14】図14は本発明の実施の形態4による他の冷却装置の構成を示す外観図である。

【図15】図15は本発明の実施の形態6による半導体レーザ光源装置の外観図であり、(a)は上面図、(b)は側面図、(c)は下面図である。

40

【図16】図16は本発明の実施の形態8による半導体レーザ光源ユニットの構成を示す、側面から見た分解図である。

【図17】図17は本発明の実施の形態8による半導体レーザ光源ユニットを構成する半導体レーザ光源装置の外観図であり、(a)は上面図、(b)は側面図、(c)は下面図である。

【図18】図18は本発明の実施の形態8による半導体レーザ光源ユニットの構成を示す外観図であり、(a)は後面図、(b)は側面図、(c)は下面図である。

【図19】図19は本発明の実施の形態8による半導体レーザ光源ユニットに使用される給電板の外観図である。

【図20】図20は本発明の実施の形態9による半導体レーザ光源ユニットに使用される

50

冷却液マニホールドの流路構造を示す図である。

【図 2 1】図 2 1 は本発明の実施の形態 1 0 による半導体レーザ光源ユニットの構成を示す外観図であり、(a) は後面図、(b) は側面図、(c) は下面図である。

【図 2 2】図 2 2 は本発明の実施の形態 1 0 による半導体レーザ光源ユニットに使用される給電板の外観図である。

【図 2 3】図 2 3 は従来の半導体レーザアレイの冷却装置の構成を示す分解図である。

【図 2 4】図 2 4 は従来の別の半導体レーザアレイの冷却装置の構成を示す分解図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 3 5 】

10

発明を実施するための最良の形態

本発明をより詳細に説明するために、添付の図面に従ってこれを説明する。

【 0 0 3 6 】

実施の形態 1 .

図 1 (a) ~ (d) は、本発明の実施の形態 1 による冷却装置 3 0 A を備えた半導体レーザ光源装置の構成を示す分解図、図 1 (e) はかかる半導体レーザ光源装置が組立てられた状態を示す図である。図 1 において、3 1 は被冷却体である半導体レーザアレイ 3 4 が接続された金属よりなる板状部材、3 2 A および 3 2 B は冷却液の流路として機能する冷却用溝が形成された板状部材、3 3 は冷却液出入口としての開口部 3 3 a , 3 3 b が形成された板状部材である。

20

【 0 0 3 7 】

板状部材 3 1 ~ 3 3 の厚さは積層体の厚さや積層枚数および冷却液流路を構成するための溝のパターン等から決定されるが、典型的にはそれぞれ 100 ~ 500 μ m 程度の板状部材が選択される。

板状部材 3 2 A および 3 2 B には、板状部材 3 3 に形成された冷却液出入口 3 3 a および 3 3 b より導入および排出される冷却液の流路として機能する溝 3 2 a および 3 2 d が形成される。さらに、板状部材 3 2 A には、板状部材 3 1 上に接合された半導体レーザアレイ 3 4 の直下に近接する位置に、半導体レーザアレイ 3 4 の長手方向に沿って複数の (図 1 では 2 本) 仕切り 3 2 b が形成されており、この仕切り 3 2 b によって形成された複数の冷却用溝 3 2 c (図 1 では 3 本) が半導体レーザアレイ 3 4 の長手方向に沿った複数の冷却液流路として機能する。

30

板状部材 3 1 ~ 3 3 は積層されて、公知の液相拡散接合等の方法により接合され、図 1 (e) に示すような内部に流路が形成された冷却装置 3 0 A となる。かかる冷却装置 3 0 A では、流路を形成する板状部材 3 2 は、上面および下面の板状部材 3 1 および 3 3 と熱的、機械的に接続される。

【 0 0 3 8 】

図 2 (a) は、冷却装置 3 0 A の中心軸を通る線に沿った断面、すなわち図 1 の A - A ' 矢視印断面図、図 2 (b) は冷却装置 3 0 A の冷却液流路として機能する溝 3 2 a および 3 2 d に沿った断面、すなわち図 1 の B - B ' 矢視印断面図である。図 2 (a) に示すように、冷却液流路のための溝 3 2 a および 3 2 d が形成されていない中心軸付近の流路は、仕切り 3 2 b により小さな冷却用溝 3 2 c に分離され、しかも仕切り 3 2 b は上下面の板状部材 3 1、3 2 B と機械的および熱的に接続されている。

40

なお、本発明における溝の典型的な断面のサイズは、幅 2 mm 程度、深さは板状部材 3 2 と同一、すなわち 1 0 0 ~ 5 0 0 μ m 程度で、従来例のマイクロチャネルの幅 25 μ m、深さ 1 2 5 μ m に比して格段に大きい。

【 0 0 3 9 】

次に、かかる冷却装置 3 0 A の動作について説明する。板状部材 3 3 に設けられた冷却液入口 3 3 a より導入された冷却液は、板状部材 3 2 A および 3 2 B に形成された溝 3 2 d および溝 3 2 a を介して、板状部材 3 1 上に接合された半導体レーザアレイ 3 4 の直下に近接する位置で、半導体レーザアレイ 3 4 の長手方向に沿って形成された複数の冷却用

50

溝 3 2 c へと導かれる。

冷却用溝 3 2 c に導入された冷却液は、半導体レーザアレイ 3 4 の長手方向に沿って流れ、板状部材 3 2 A および 3 2 B のもう一方の側に形成された溝 3 2 a および 3 2 d を流れた後、板状部材 3 3 の冷却液出口 3 3 b より排出される。

かかる冷却装置 3 0 A では、半導体レーザアレイ 3 4 から発生する熱は、板状部材 3 1 中の冷却液入口および出口開口部に接した方向に沿って拡がりながら伝導すると同時に、板状部材 3 1 から隣接する板状部材 3 2 A , 3 2 B へも伝導して行く。さらに、板状部材 3 2 に到達した熱は板状部材 3 2 A , 3 2 B 中を伝導すると同時に隣接する板状部材 3 3 にも伝導する。

【 0 0 4 0 】

本実施の形態では、板状部材 3 2 A で半導体レーザアレイ 3 4 から最も多量の熱が伝導する前端部に冷却液流路を複数に分流させる仕切り 3 2 b を設け、かかる仕切り 3 2 b が上下面の板状部材 3 1 および 3 3 と熱的に接続されているので、仕切り 3 2 b 自体も冷却フィンとして作用することにより、熱は効率的に冷却液にまで伝導して、冷却液の排出とともに冷却装置 3 0 A 外へと除去される。

【 0 0 4 1 】

このように、冷却装置 3 0 A は、実質的に熱的に一体の構造物として構成されており、この結果、半導体レーザアレイ 3 4 から発生した熱は 3 次元的に効率良く伝導して、冷却装置 3 0 A を流れる冷却液により除去されるので、効率よく冷却することが可能である。

また、冷却装置 3 0 A を構成する積層体は金属のみで構成されているので、半導体レーザ光源装置の電気抵抗を低減し、不要なジュール熱の発生を抑制することができる。さらに、冷却液流路を内部に具備する積層体は、液相拡散接合等の方法により一体化されているため、冷却液漏れの問題は長期的にも回避される。

【 0 0 4 2 】

また、上述したように冷却装置 3 0 A 内部の熱抵抗が小さいので、非常に微細な流路を形成する必要もなく、化学エッチングに代表される安価な製造方法で冷却液流路用の溝 3 2 a 等を形成することができ、流路の設計に関しても自由度が高いメリットがある。このように、マイクロチャネルに比して断面形状の大きな溝を形成できるので、塵埃除去等の水質管理も容易となる。

【 0 0 4 3 】

さらに、冷却液の流れが半導体レーザアレイ 3 4 の長手方向と一致するように冷却液流路を形成しているため、従来の冷却装置で発生したような流路断面の寸法ばらつきによる冷却液流量の偏りに起因した冷却の不均一は発生しない。

また、万一塵埃によって一部の流路に詰まりが発生した場合においても、複数の冷却用溝 3 2 c を用いて冷却液を被冷却体の長手方向に沿って流しているため、極端な冷却の不均一は起こらない。

【 0 0 4 4 】

本実施の形態の冷却装置 3 0 A では、板状部材 3 2 A にも、冷却液を導入あるいは排出するための溝 3 2 a を形成した構成を示したが、上述の板状部材 3 2 B に形成された溝 3 2 d のみでも冷却液の導入あるいは排出は可能である。したがって、多量の冷却液を必要とせず、冷却装置 3 0 A 内の圧力損失が問題とならない場合には、特に上述の溝 3 2 a を形成する必要はない。

【 0 0 4 5 】

また、図 1 の冷却装置 3 0 A では、冷却液流路として機能する溝が形成された板状部材 3 2 A および 3 2 B をそれぞれ 1 枚ずつ積層した構成を示したが、図 3 に示すように板状部材 3 2 A および板状部材 3 2 B を交互にして複数積層した冷却装置構造 3 0 B のように構成しても良い。積層数を増やすことにより、被冷却体である半導体レーザアレイ 3 4 をより効率的に冷却することが可能となるからである。

【 0 0 4 6 】

図 4 (a) は、板状部材 3 2 A および板状部材 3 2 B をそれぞれ 2 枚ずつ積層した場合

10

20

30

40

50

における積層体 30B の中心軸に沿った断面図、すなわち図 3 の各板状部材が積層された場合の C - C' 矢視印断面図であり、図 4 (b) は、積層体 30B の冷却液流路として機能する溝 32a および溝 32d に沿った断面における断面、すなわち、図 3 の各板状部材が積層された場合の D - D' 矢視印断面図である。

【 0047 】

このように、複数組の板状部材 32A および 32B を積層する場合には、板状部材 32A に冷却液導入あるいは排出用の溝 32a を形成しておく必要がある。

【 0048 】

実施の形態 2 .

実施の形態 1 では、板状部材 32B において、半導体レーザーアレイ 34 が接続された位置の下面に近接する位置には冷却液の流路として機能する溝が形成されていなかったが、図 5 に示すように、板状部材 32C に板状部材 32A の冷却用溝 32c 中の冷却液の流れに対して垂直なスリット状の冷却用溝 32e を一定の間隔で形成しても良い。

図 6 (a) は、かかる板状部材 32C を用いて形成された冷却装置 30C において、スリット状の冷却用溝 32e が形成された位置における冷却液流路の断面図、すなわち、図 5 の各板状部材が積層された場合の E - E' 矢視印断面図を示しており、図 6 (b) は、隣り合うスリット状の冷却用溝 32e の間の仕切り 32f が存在する位置における冷却液流路の断面図、すなわち図 5 の各板状部材が積層された場合の F - F' 矢視印断面図を示している。

【 0049 】

スリット状の冷却用溝 32e は半導体レーザーアレイ 34 の長手方向に沿って、一定のピッチで複数個配列されているので、図 6 (a) に示された流路は、同図の紙面垂直方向にスリット状の冷却用溝 32e の幅に相当する冷却液流路の長さを具備し、図 6 (b) に示された流路は、同図の紙面垂直方向に隣り合うスリット状の冷却用溝間に形成される仕切り 32f の幅に相当する冷却液流路の長さを具備しており、このような流路がスリット状の冷却用溝 32e の数に応じて交互に繰り返される。すなわち、板状部材 32B に形成されたスリット状の冷却用溝 32e の数に応じて、冷却装置 30C に導入された冷却液は図 6 (a) および (b) に示した断面を交互に繰り返して流れることになる。

【 0050 】

このような流路が形成された冷却装置 30C においては、実施の形態 1 による冷却装置と同様の効果が得られるとともに、半導体レーザーアレイ 34 が接続された位置の下面における冷却液流路の断面形状が、スリット状の冷却用溝 32e と仕切り 32f の幅に相当する間隔で繰り返し変化するため、冷却液の流れを効果的に攪拌し、境界層の形成を抑制することにより冷却効率をさらに向上することができる。

【 0051 】

なお、実施の形態 2 においても、実施の形態 1 で示した冷却装置 30A と同様、図 7 に示すように、板状部材 32A および板状部材 32C を交互にしてそれぞれを複数積層して構成しても良い。図 7 では、板状部材 32A を 2 枚と 32C を 1 枚とした構成としており、この場合の流路の断面形状は、図 7 の各板状部材が積層された場合の G - G' 矢視印断面を表した図 8 (a) および H - H' 矢視印断面図を表した図 8 (b) に示したものとなる。

冷却装置 30D をかかる構成にすれば、図 5 に示した冷却装置 30C に比較して、冷却液と接触する流路の表面積が増大するので、冷却効率をさらに高めることが可能である。なお、上記の構成は板状部材 32A 及び 32C を複数枚重ねて構成した冷却装置 30D の一例であって、さらに多数の部材を積層して構成することもできる。

【 0052 】

実施の形態 3 .

図 9 (a) ~ (d) は、本発明の実施の形態 3 による冷却装置 30E を備えた半導体レーザー光源装置の構成を示す分解図である。図 9 において、実施の形態 1 による冷却装置と同一もしくは同等の部材については図 1 と同一符号を付し、詳細な説明は省略する。

実施の形態 3 において、半導体レーザーアレイ 34 が接続された板状部材 31 および冷却

10

20

30

40

50

液出入口のための開口部が形成された板状部材 3 3 については、上述の実施の形態 1 に示された部材と同一のものが用いられる。

【 0 0 5 3 】

図 9 (b) において、板状部材 3 2 D には、冷却液を導入あるいは排出するための流路として機能する溝 3 2 g が両側面近傍に形成され、板状部材 3 1 上に接合された半導体レーザーレイ 3 4 の直下に近接する位置に、半導体レーザーレイ 3 4 の長手方向に溝 3 2 g と連続して形成された冷却用溝 3 2 h を具備する。

【 0 0 5 4 】

冷却用溝 3 2 h は、一端は上述の板状部材 3 2 D と接続され、他端が板状部材 3 2 D から切り離されて櫛状に形成された複数の分岐 3 2 i によって、複数の溝に分岐されている。

10

また、複数の櫛状分岐 3 2 i と板状部材 3 2 D との接続部は、板状部材 3 2 D の両側面に交互に設けられている。

図 9 (c) に示した板状部材 3 2 E は、上述の板状部材 3 2 D と同様な冷却用溝 3 2 j が形成されており、半導体レーザーレイ 3 4 の直下に近接する位置の流路が、分岐 3 2 k により複数の流路に分岐されている。

ただし、板状部材 3 2 D と板状部材 3 2 E を積層した際に、分岐 3 2 k と板状部材 3 2 E の接続部の位置と、分岐 3 2 i と板状部材 3 2 D との接続部の位置とが互いに一致しないように、板状部材 3 2 D と板状部材 3 2 E とが互いに中心軸に対して対称なパターンを呈している。

20

【 0 0 5 5 】

図 1 0 (a) は、冷却装置 3 0 E の中心軸に沿った断面図、すなわち図 9 の各板状部材が積層された場合の I - I ' 矢視印断面図、図 1 0 (b) は冷却装置 3 0 E の冷却液流路として機能する溝 3 2 g に沿った断面図、すなわち図 9 の各板状部材が積層された場合の J - J ' 矢視印断面図である。図 1 0 (a) に示すように、半導体レーザーレイ 3 4 の長手方向に沿った流路が形成されている中心軸付近の流路は、板状部材 3 2 D に形成された分岐 3 2 i および板状部材 3 2 E に形成された分岐 3 2 k により複数の流路に分岐される。

さらに、これらの分岐 3 2 i および 3 2 k は、上下面に積層される板状部材 3 1 および板状部材 3 3 と機械的、熱的に接続され冷却液の流れ方向に沿った冷却フィンを構成する。

30

【 0 0 5 6 】

また、半導体レーザーレイ 3 4 の直下近傍に位置する冷却液流路の断面は、図 1 0 (b) に示すように分岐と板状部材の接続部が板状部材 3 2 D と 3 2 E で交互に現れるように構成されている。

以上のように構成された実施の形態 3 による冷却装置 3 0 E についても、実施の形態 1 で示した装置 3 0 A で述べた種々の効果と同様の効果を得ることができる。

さらに、実施の形態 1 で示した冷却装置 3 0 A と同じ枚数の板状部材で、より大きな流路断面を有する流路が構成できるので、冷却装置 3 0 E 内を流す冷却液流量を増大させることができ、さらには冷却液と接触する流路の面積も増大するため、冷却効率をさらに高めることが可能である。

40

【 0 0 5 7 】

実施の形態 3 に示した冷却装置 3 0 E では、冷却液流路として機能する溝が形成された板状部材 3 2 D および 3 2 E をそれぞれ 1 枚ずつ積層した構成を示したが、図 1 1 に示すように、冷却装置 3 0 F を板状部材 3 2 D および板状部材 3 2 E を交互にして複数積層して構成しても良い。

なお、交互に複数枚積層したそれぞれの板状部材 3 2 D と 3 2 E の枚数は、図 1 1 のように同数であっても良いし、あるいは 3 2 E が 1 枚少ないような構成であっても良い。

【 0 0 5 8 】

図 1 2 (a) は、実施の形態 3 に示した冷却装置において、板状部材 3 2 D および板状部材 3 2 E をそれぞれ 2 枚ずつ積層した場合における冷却装置 3 0 F の中心軸に沿った断

50

面図、すなわち、図 1 1 の各板状部材が積層された場合の K - K ' 矢視印断面図であり、図 1 2 (b) は、冷却装置 3 0 F の冷却液流路として機能する溝 3 2 g に沿った断面図、すなわち、図 1 1 の各板状部材が積層された場合の L - L ' 矢視印断面図である。

【 0 0 5 9 】

図 1 0 に示した場合と同様、半導体レーザアレイ 3 4 の長手方向に沿った流路が形成されている中心軸付近の流路は、板状部材 3 2 D に形成された分枝 3 2 i および板状部材 3 2 E に形成された分枝 3 2 k により、さらに複数の流路に分岐される。

これらの分枝 3 2 i および 3 2 k は、上下面に積層される板状部材 3 1 および板状部材 3 3 と機械的、熱的に接続され冷却液の流れ方向に沿った冷却フィンを構成する。

また、半導体レーザアレイ 3 4 の端面付近に位置する冷却液流路の断面は、図 1 2 (b) に示すように分枝 3 2 i と板状部材の接続部が、板状部材 3 2 D と 3 2 E で垂直および水平方向に交互に現れるように構成されている。

このような構成とすることにより、より大きな流路断面を有する流路が構成できるので、冷却装置 3 0 E 内を流す冷却液流量を増大させることができ、さらには冷却液と接触する流路の面積も増大するので、半導体レーザアレイ 3 4 の発熱量が増大した場合にも高い冷却効率を維持できる。

【 0 0 6 0 】

図 9 に示した冷却装置 3 0 E における分枝 3 2 i および 3 2 k による冷却フィンの効果を確かめるため、比較実験を行った。図 1 3 に実験結果を示す。なお、冷却流路を流れる冷却水量は 0 . 5 リットル / 分である。図 1 3 から明らかのように、冷却フィンの無い構造では熱抵抗が平均 0 . 8 6 K / W であるのに対し、冷却フィンを有する冷却装置 3 0 E では平均 0 . 6 7 K / W に低減しており、本発明の冷却装置 3 0 E の効果を実証することができた。

【 0 0 6 1 】

実施の形態 4 .

図 1 4 は、本発明の実施の形態 4 による冷却装置 3 0 G を備えた半導体レーザ光源装置の構成を示す図である。図 1 4 において、実施の形態 1 ~ 3 による冷却装置と同一もしくは同等の部材については同一の番号を付し、詳細な説明は省略する。

本実施の形態 4 では、先の実施の形態 1 ~ 3 に示した冷却装置において、被冷却体である半導体レーザアレイ 3 4 と、冷却装置 3 0 G を構成している板状部材 3 1 との熱的、機械的な接合に、半導体レーザアレイ 3 4 の構成材料（主にガリウム砒素、GaAs）の線熱膨張係数と板状部材 3 1 の構成材料（代表的には Cu）の線熱膨張係数の中間的な値を有する材料で形成されたサブマウント 3 5 が介されている。

【 0 0 6 2 】

すなわち、板状部材 3 1、サブマウント材料、半導体レーザアレイの構成材料、各々の線膨張係数は、

板状部材 > サブマウント材料 > 半導体レーザアレイの構成材料 (1)

という関係が成立するよう、サブマウント材料が選択されている。

【 0 0 6 3 】

このサブマウント 3 5 の材料は、半導体レーザアレイ 3 4 の構成材料が最も一般的なガリウム砒素 (Ga A s) の場合では、上述の不等式 (1) の関係を満足する銅タングステン (Cu W)、銅モリブデン (Cu Mo) 等の銅 (Cu) と高融点金属の合金が好適である。

上記のような構成とすることにより、半導体レーザアレイ 3 4 から見た冷却装置 3 0 G の熱抵抗は、サブマウント 3 5 を介さずに直接半導体レーザアレイ 3 4 を板状部材 3 1 に接続する場合に比べて増加する傾向にあるが、サブマウント 3 5 を極めて薄く、具体的には 100 ~ 300 μ m 程度の厚さで形成することにより、わずかな熱抵抗の増加に抑えることが可能である。

【 0 0 6 4 】

サブマウント 3 5 を介さずに直接半導体レーザアレイ 3 4 を板状部材 3 1 に接続すると、レーザ発振時に双方を構成する材料の線熱膨張係数の差によって、半導体レーザアレイ

10

20

30

40

50

34に機械的歪が発生し、半導体レーザアレイ34が破壊される危険性が高くなる。

実施の形態4では、サブマウント35を介して半導体レーザアレイ34を冷却装置30Gに熱的、機械的に接続することにより、板状部材31の線熱膨張係数との差を緩和し、半導体レーザアレイ34に発生する歪を抑制することができるので、長期的に安定な動作が可能となる。

【0065】

実施の形態5 .

実施の形態1～3に示した冷却装置では、積層体を構成する各々の板状部材は、代表的にはCu等の熱伝導率に優れた金属材料を用い、全て同一の材料によって構成されていた。

一方、実施の形態5による冷却装置では、先の実施の形態1～3に示した冷却装置において、半導体レーザアレイ34が接合された板状部材31が、半導体レーザアレイの構成材料の線熱膨張係数に近似した値を有する材料、具体的にはCuW、CuMo等で構成されている。

【0066】

上述したCuWおよびCuMo等の材料は、Cuに比べて熱伝導率が小さいので、板状部材31にこれらの材料を使用すると、板状部材31の伝熱性能はCuを使用した実施の形態1～3の冷却装置より劣ることになるため、冷却装置単体としての冷却性能は低下する。

しかしながら、実施の形態5では半導体レーザアレイ34を直接板状部材31に熱的、機械的に接合しており、実施の形態4で示されたサブマウント35およびこのサブマウント35を接合した際に生じる接合層による熱抵抗は存在しないので、板状部材31の熱伝導率の低下による熱抵抗増大の効果は相殺され、むしろ半導体レーザアレイ34から見た冷却装置の熱抵抗を低減できる。

すなわち、実施の形態5に示された冷却装置では、実施の形態1～3に示された冷却装置と同様の効果が得られるとともに、さらに冷却装置の熱抵抗を低減できる効果がある。

【0067】

また、半導体レーザアレイの構成材料に近似した線熱膨張係数の値を有する材料で板状部材31を構成したので、半導体レーザアレイ34を直接板状部材31に接合しても、線熱膨張係数の差による半導体レーザアレイ34の歪の発生を抑制でき、実施の形態4による冷却装置と同様に、長期的に安定なレーザ発振が可能となる。

【0068】

実施の形態6 .

図15は、本発明の実施の形態6による冷却装置60を備えた半導体レーザ光源装置61の構成を示す図であり、図15(a)はレーザ光源装置の上面図、図15(b)は側面図、図15(c)は下面図をそれぞれ示している。図15において、先の実施の形態による冷却装置と同一もしくは同等の部材については同一の番号を付し、詳細な説明は省略する。

【0069】

図15で、31、32Aおよび32Bは積層体を構成する板状部材であり、これらは先の実施の形態で示した部材と同一のものである。図15において、63は先の実施の形態に示された冷却装置の薄板部材33に代わり給電端子67を備えた板状部材であり、本実施の形態6による冷却装置60は、これらの板状部材31、32A、32Bおよび63を積層することにより構成されている。

【0070】

また、62は導電性に優れた金属より構成され、冷却装置60と類似の形状を有する上部電極である。冷却装置60の板状部材31上には、(1)式の関係を満たす材料、具体的にはCuW、CuMo等で形成されたサブマウント35aを介して半導体レーザアレイ34がAuSn合金はんだ等の高融点ハンダにより接合されている。

【0071】

この半導体レーザアレイ34の上面には、サブマウント35aと同一材料で形成されたサブマウント35bが同様にAuSnハンダにより接合されており、このサブマウント35b

10

20

30

40

50

を介してAu、Cu等で構成された金属薄板（もしくは金属箔）66が接合される。

【0072】

図15(c)では、実施の形態3に示された冷却液流路を形成する板状部材32Aと板状部材32Bをそれぞれ1枚ずつ積層した冷却装置により半導体レーザ光源装置を構成した場合を示しているが、これまでに示したいずれの冷却装置で半導体レーザ光源装置を構成しても構わない。

【0073】

冷却装置60と上部電極62に挟まれた部材65aおよび65bは、絶縁材料より構成された絶縁板であり、冷却装置60と上部電極62を機械的に接続して一体化構造としつつ、冷却装置60と上部電極62とを電氣的に絶縁する機能を果たしている。

10

このため、駆動電源より供給された電流は、冷却装置60から半導体レーザアレイ34を経由して上部電極62へと流れ、駆動電源に戻る。これにより、半導体レーザアレイ34がレーザ発振する。なお、極性を逆転させた場合の電流の経路が上記と逆になることは言うまでもない。

【0074】

実施の形態6に示された半導体レーザ光源装置61では、実施の形態1～3に示した半導体レーザ光源装置と同様に、冷却装置60を構成する積層体はCu等の導電性に優れた金属のみにより構成されており、また電源より供給される電流の経路となるサブマウント35a、金属薄板66および上部電極も導電性に優れた金属より構成され、これらの部材の接続はハンダ接合等の手段により行われているので、低抵抗かつ信頼性の高い電氣的コンタクトが得られる。

20

【0075】

したがって、電気抵抗の小さい半導体レーザ光源装置を実現することができ、これにより動作時の不要なジュール熱の発生を抑制することができる。さらに、冷却液流路を内部に形成する積層体についても、液相拡散接合等の方法により一体化されているため、冷却液漏れの問題も長期的に回避される。

【0076】

また、積層体を構成する板状部材は熱伝導性にも優れており、冷却装置60内部の熱抵抗が小さいので、非常に微細な流路を形成する必要もなく、化学エッチングに代表される安価な手段で冷却液流路用の溝を形成することができ、流路の設計に関しても自由度が高い。このようにマイクロチャネルに比して断面形状の大きな溝を形成できるので、塵埃除去等の水質管理も容易となる。

30

【0077】

さらに、図15(c)の破線部分で示したような冷却液の流れが半導体レーザアレイ34の長手方向と一致する冷却液流路を形成しているため、流路断面の寸法ばらつきによる冷却液流量の偏りに起因した冷却の不均一は発生しない。

また、万一塵埃によって一部の流路に詰まりが発生した場合においても、冷却液を半導体レーザアレイ34の長手方向に沿って流しているため、極端な冷却の不均一は起こらない。

40

したがって、半導体レーザアレイ34中の個々の半導体レーザから出射されるレーザ光の出力波長のばらつきが抑制されるので、鋭いスペクトルを有するレーザ光出力が可能な半導体レーザ光源装置を実現できる。

【0078】

実施の形態7.

図15では、半導体レーザアレイ34はサブマウント35aを介して板状部材31に接合されていたが、実施の形態5に示されているように、半導体レーザアレイ34を直接板状部材に熱的、機械的に接続した冷却装置を用いても良い。

この場合、実施の形態6に示された半導体レーザ光源装置61に使用される冷却装置に比較して、さらに熱抵抗を低減できる。

【0079】

50

また、半導体レーザアレイ 3 4 の構成材料に近似した線膨張係数の値を有する材料で板状部材 3 1 を構成しているのので、線熱膨張係数の差による半導体レーザ構成材料中に生じる歪に起因する結晶欠陥の発生、転位を抑制でき、この結果、長期的に安定なレーザ光出力が可能となる。

【 0 0 8 0 】

実施の形態 8 .

図 1 6 は、本発明の実施の形態 7 による冷却装置 6 0 を備えた半導体レーザ光源装置 7 0 2 の構成を示す分解図である。なお、先に説明した部材と同一あるいは同等の部材については同一番号を付し、詳細な説明は省略する。

図 1 6 において、6 1 は冷却装置 6 0、半導体レーザアレイ 3 4 および上部電極 6 2 等から構成される半導体レーザ光源装置である。7 0 3 はかかる半導体レーザ光源装置 6 1 に冷却液を供給、回収するための冷却液マニホールドであり、内部に冷却液流路が形成されている。

【 0 0 8 1 】

この冷却液マニホールド 7 0 3 は、半導体レーザ光源装置 6 1 に冷却液を供給、回収するとともに、7 0 7 に示したネジあるいはボルト等による締結部材によって半導体レーザ光源装置 6 1 を固定する台座としての機能を併せ持つ。半導体レーザ光源装置 6 1 は、2 本のピン 7 0 4 により位置ずれが起こらないよう、高精度に位置決めされて冷却液マニホールド 7 0 3 に固定される。7 0 6 は O リング等のシール部材であり、冷却液流路の水密を維持する。

【 0 0 8 2 】

冷却液マニホールド 7 0 3 が金属等の導電性材料で構成されている場合で、半導体レーザ光源装置 6 1 と冷却液マニホールド 7 0 3 を電氣的に絶縁する必要がある場合には、ポリイミド等の絶縁性材料で形成された絶縁シート 7 0 5 を介して固定される。

【 0 0 8 3 】

同様に、半導体レーザ光源装置 6 1 と冷却液マニホールド 7 0 3 の双方に接触している位置決めピン 7 0 4 およびボルト 7 0 7 についても絶縁が必要になるので、位置決めピン 7 0 4 についてはセラミックあるいは樹脂等に形成する。またボルト 7 0 7 は、ポリカーボネート等の樹脂製のものを使用するか、金属製の場合には絶縁ワッシャー 7 0 8 を挟むことにより絶縁することができる。

【 0 0 8 4 】

なお、特に冷却液マニホールド 7 0 3 と半導体レーザ光源装置 6 1 を電氣的に絶縁する必要がない場合には、絶縁シート 7 0 5 および絶縁ワッシャー 7 0 8 は不要であり、部品点数の削減が可能である。また、位置決めピン 7 0 4 およびボルト 7 0 7 は導電性材料で形成しても構わない。

【 0 0 8 5 】

実施の形態 8 では、図 1 7 に示すように、冷却装置 6 0 に位置決めピン 7 0 4 を貫通させるため、板状部材 3 1 , 3 2 A , 3 2 B と 6 3 による積層体にピン穴 7 1 1 a および 7 1 1 b が設けられている。さらに、固定ボルト 7 0 7 用のネジ穴 7 1 2 が設けられている。

【 0 0 8 6 】

これらのピン穴およびネジ穴は、板状部材 3 1 , 3 2 A , 3 2 B と 6 3 による積層体を形成した後に機械加工により形成するか、あるいは積層体を形成する前に個々の板状部材の形成と同時に形成しておいても良い。

後者の場合、板状部材 3 1 , 3 2 A , 3 2 B および 6 3 の全ての部材に上述のピン穴を形成しておけば、ピン穴 7 1 1 a および 7 1 1 b を、積層体を構成する際の板状部材の位置決め穴として利用することができるので、特殊な治具を必要とすることなく容易に積層体を形成できる。

【 0 0 8 7 】

図 1 6 は、1 個の半導体レーザ光源装置 6 1 の冷却液マニホールド 7 0 3 への固定方法を

10

20

30

40

50

示しているが、実施の形態 8 による半導体レーザ光源ユニット 702 は、図 18 (a) の組立て図に示すように、図 16 の紙面垂直方向に複数の半導体レーザ光源装置 61 が配列、固定された高出力レーザ光源装置として構成されている。図 18 では、半導体レーザ光源装置 61 を 4 個配列、固定した半導体レーザ光源ユニットの構成例を示している。

【0088】

図 18 に示すように、個々の半導体レーザ光源装置 61 a ないし 61 d は全て、先に説明した固定方法により冷却液マニホールド 703 上に固定される。隣り合う半導体レーザ光源装置 61 a ないし 61 d は、互いに接触しないように、位置決めピン 704 によって一定の間隔をおいて位置決め、固定される。

【0089】

図示されていない駆動電源からの配線は、半導体レーザ光源ユニット 702 の一端に位置する半導体レーザ光源装置 61 a の冷却装置側の給電端子と、他端に位置する半導体レーザ光源装置 61 d の上部電極側の給電端子に接続される。隣接する半導体レーザ光源装置は、給電板 714 によって半導体レーザ光源装置 61 a の上部電極から半導体レーザ光源装置 61 b の冷却装置側の給電端子へ架橋され、図示しないネジ等の結合部品により電気的に接続される。

【0090】

図 19 は給電板 714 の概略構成を示したものである。ここで、図 19 (a) は給電板 714 の断面図、(b) は上面図をそれぞれ示す。同様にして、半導体レーザ光源装置 61 b、61 c、61 d についても給電板 714 を介して順次、架橋される。

したがって、駆動電源からの電流が半導体レーザ光源装置 61 a の冷却装置側の給電端子へ供給された場合には、半導体レーザ光源装置 61 a から半導体レーザ光源装置 61 d へと順次直列的に電流が流れることにより、個々の半導体レーザ光源装置 61 a ~ 61 d よりレーザ光が出射される。

【0091】

次に、冷却液の流れについて図 18 に基づき説明する。図示しないチラー等の冷却装置より冷却液マニホールド 703 の入口 713 a に導入された冷却液は、主管流路 715 a を経由して支管流路 716 a ~ 716 d へと均等に分配され、個々の半導体レーザ光源装置 61 a ~ 61 d へと流入する。

分配された冷却液は半導体レーザ光源装置内部の冷却液流路を流れた後、各々の支管流路 717 a ~ 717 d より主管流路 715 b を経て、出口 713 b より冷却装置に戻る。

以上のように構成された実施の形態 8 による半導体レーザ光源ユニット 703 では、冷却装置を含めた半導体レーザ光源装置を複数個配列してレーザ光源ユニットを形成する際に、各々の半導体レーザ光源装置を配列および固定するための部材が、配列された個々の半導体レーザ光源装置 61 a ~ 61 d に冷却液を分配、回収する冷却マニホールドの機能を兼ね備えているため、薄型でコンパクトな半導体レーザ光源ユニットを構成することができる。

【0092】

また、冷却装置を含む半導体レーザ光源装置は、複数の板状部材を積層することにより一体構造物として形成され十分な機械的強度を有するので、冷却液マニホールド 703 との固定にはネジ、あるいはボルトやナット等の機械的締結により各々の半導体レーザ光源装置 61 a ~ 61 d を個々に強く締付けることができるため、冷却液マニホールド 703 と半導体レーザ光源装置 61 a ~ 61 d の接続部分での冷却液漏れが発生する恐れがない。

さらには、各々の半導体レーザ光源装置 61 a ~ 61 d への冷却液の分配および回収のために形成された冷却液マニホールド 703 内部の流路は大きな断面寸法を有し、塵埃の詰まり等によって各々の半導体レーザ光源装置 61 a ~ 61 d に分配される冷却液の流量に偏りが生じる恐れもないため、配列された各々の半導体レーザ光源装置 61 a ~ 61 d 装置に均等に分配され、これにより出力波長のばらつきも小さく鋭いスペクトルを有するレーザ光出力が可能な半導体レーザ光源ユニットを実現できる。

【0093】

10

20

30

40

50

実施の形態 9 .

実施の形態 8 では、各々の半導体レーザ光源装置に冷却液を並列分配する流路を形成した冷却液マニホールドにより半導体レーザ光源ユニットが構成されていたが、実施の形態 9 では、図 20 に示した流路が形成された冷却液マニホールド 803 により半導体レーザ光源ユニットを構成し、冷却液流路を直列に形成することができる。

なお、図 20 に示した流路を有する冷却液マニホールドを一体物から形成することは困難なため、例えば、同図の M-M' 部で分けられた 2 つの部材 803 a および 803 b を形成後、両者を口ウ付け等の手段により接合して形成する。図 20 のような流路を有する冷却液マニホールド 803 では、隣接する半導体レーザ光源装置で半導体レーザ光源装置内部における冷却液の流れ方向が異なる。

【0094】

しかし、先に示したいずれの冷却装置に形成された冷却液流路も、冷却液の流れ方向に左右されず均一な冷却が可能であるため、実施の形態 7 の半導体レーザ光源ユニットと同様の効果を得ることができる。

【0095】

また、冷却液は個々の半導体レーザ光源装置を直列的に流れるため、半導体レーザ光源装置間での流量ばらつきは全く生じず、出力波長のばらつきが極めて小さく鋭いスペクトルを有するレーザ光出力が可能で半導体レーザ光源ユニットを実現できる。

【0096】

実施の形態 10 .

実施の形態 8 および実施の形態 9 に示された半導体レーザ光源ユニットにおいて、冷却液マニホールドに配列、固定された各々の半導体レーザ光源装置は、電氣的に直列に接続されていた。

本実施の形態 10 の半導体レーザ光源ユニットでは、図 21 に示すように、冷却液マニホールド 703 に配列、固定された各々の半導体レーザ光源装置 61 a ~ 61 d に形成された上部電極側の給電端子どうし、冷却装置側の給電端子どうしを接続するための図 22 に示すような給電板 714 a を用いることにより、駆動電源からの電流を並列分配するような回路構成としている。ここで、図 22 (a) は給電板 714 a の断面図を、(b) は上面図をそれぞれ示す。

【0097】

なお、冷却液流路については、個々の半導体レーザ光源装置に冷却液を並列分配する冷却液マニホールド、あるいは冷却液を直列的に供給する冷却マニホールドのいずれを用いても良い。

【0098】

かかるレーザ光源ユニットでは、駆動電源からの電流を各々の半導体レーザ光源装置に対して並列に分配する構成としているので、隣接する半導体レーザ光源装置の上部電極間、および冷却装置間を電氣的に絶縁する必要がない。

したがって、実施の形態 8 および実施の形態 9 に示された半導体レーザ光源ユニットのように、隣接する半導体レーザ光源装置を電氣的に絶縁するために一定間隔をおいて配列、固定する必要がないため、よりコンパクトな半導体レーザ光源ユニットを実現できる。

【0099】

実施の形態 11 .

実施の形態 11 では、実施の形態 8 ~ 10 に示された半導体レーザ光源ユニットにおいて、冷却液マニホールドを樹脂等の絶縁性材料で形成する。

このような半導体レーザ光源ユニットにおいては、冷却液マニホールドの材質を変えただけで、その他の部材については先の実施の形態 8 ~ 10 に示された半導体レーザ光源ユニットと同一であり、これらと同様の効果を有する。

【0100】

さらに、冷却液マニホールドを絶縁性材料で形成することにより、半導体レーザ光源装置と冷却液マニホールドを電氣的に絶縁する必要がある場合においても、絶縁シート 705 や

10

20

30

40

50

絶縁ワッシャー708は不要である。

また、位置決めピン704、あるいは半導体レーザ光源装置を固定するためのボルト707についても金属製の安価な部材で構成することができる。

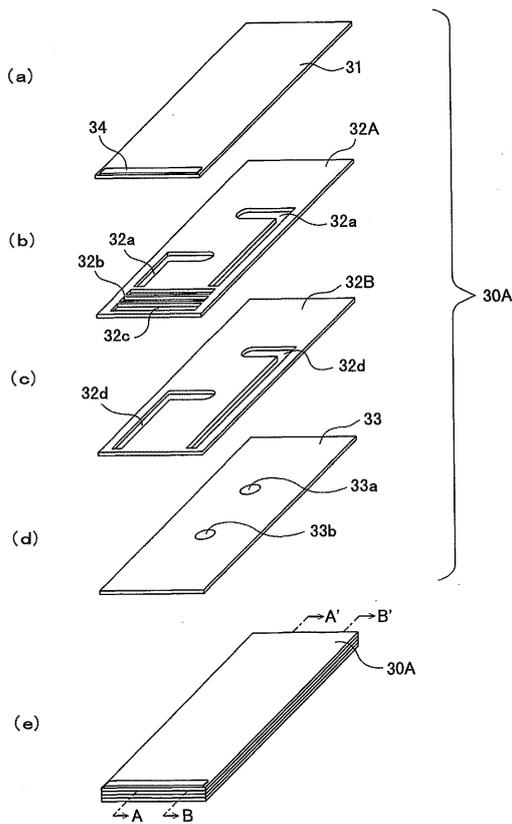
このように、部品点数を削減できるだけでなく、より安価な材料を使用することができるので、組立てが容易で安価な半導体レーザ光源ユニットを実現できる。

【0101】

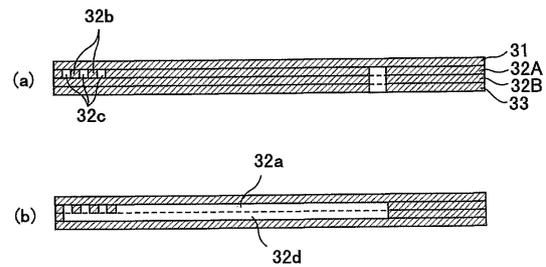
実施の形態12.

上述の半導体レーザ光源ユニットを励起光源として固体レーザロッドの側面に装着することにより、被加工対象物を加工することが可能な固体レーザ装置が得られる。かかる固体レーザ装置では、固体レーザを出力波長の極めて安定した半導体レーザアレイから発せられたレーザ光によって励起しているため、効率よくかつ安定な光出力が得られる。

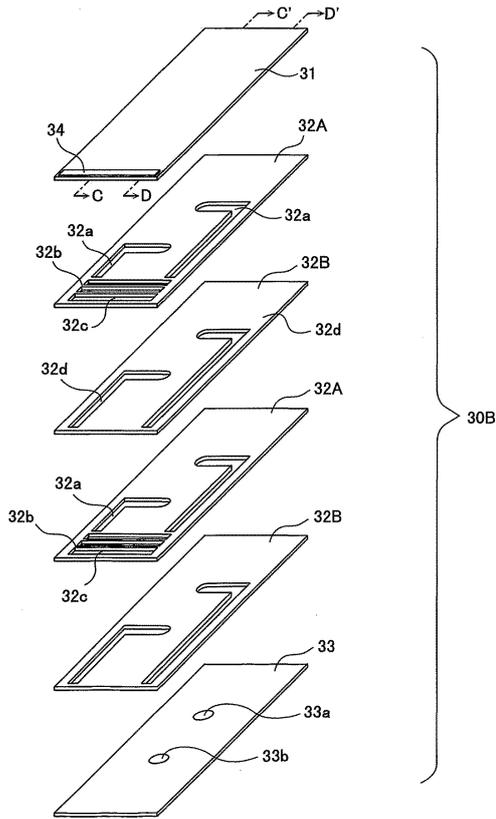
【図1】



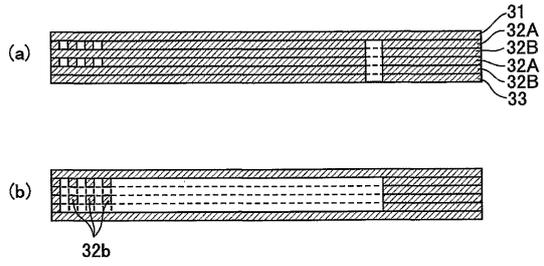
【図2】



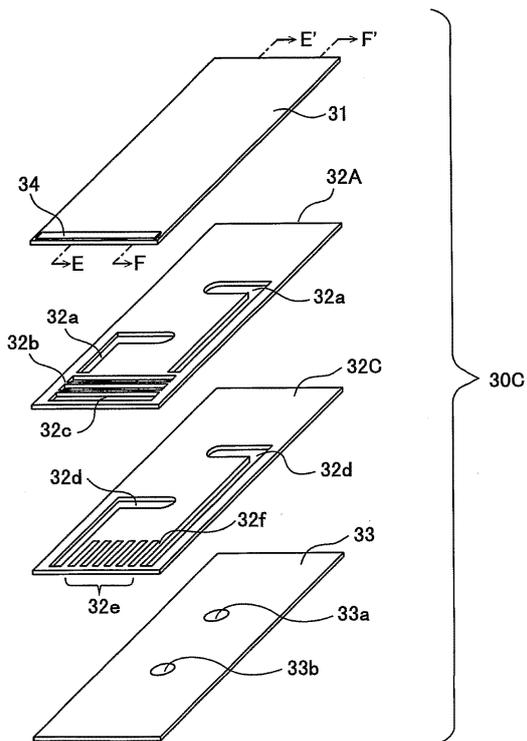
【 図 3 】



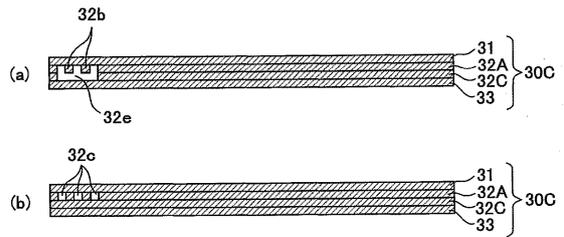
【 図 4 】



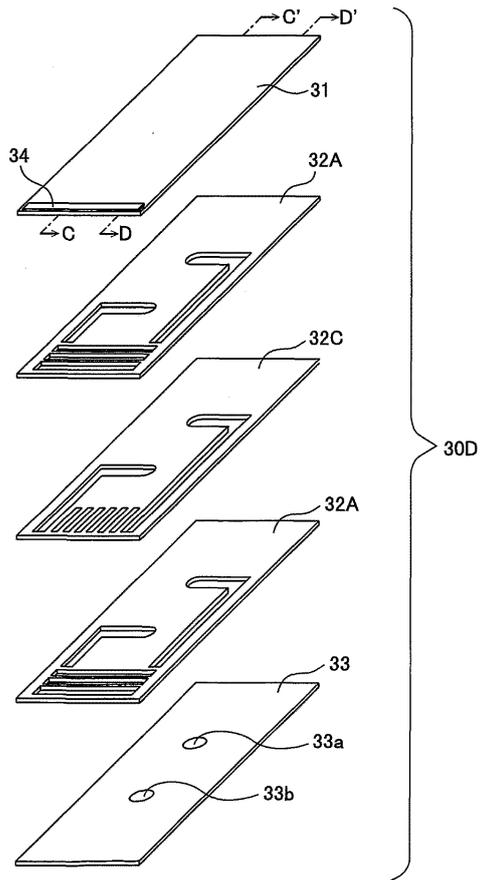
【 図 5 】



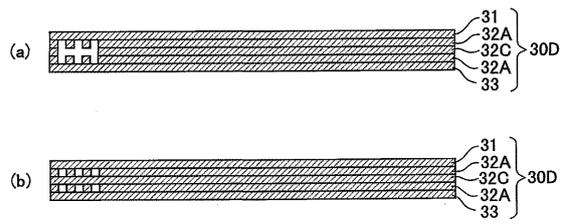
【 図 6 】



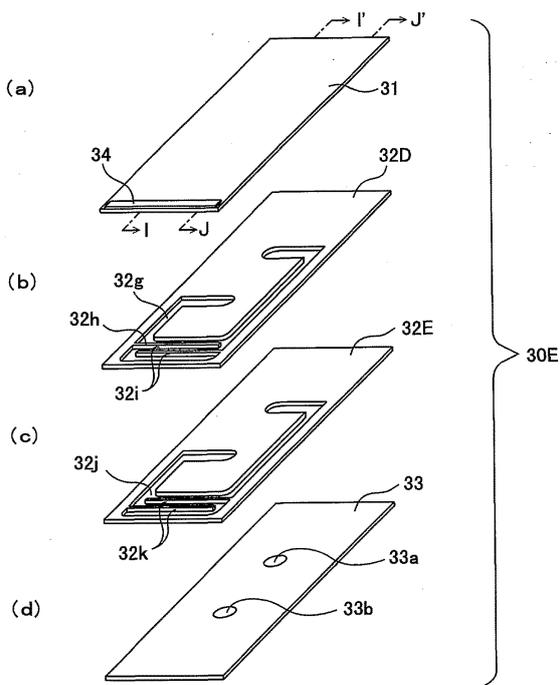
【 図 7 】



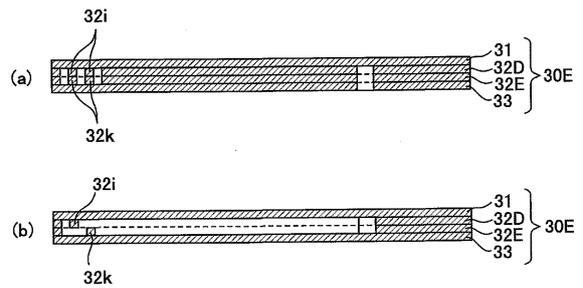
【 図 8 】



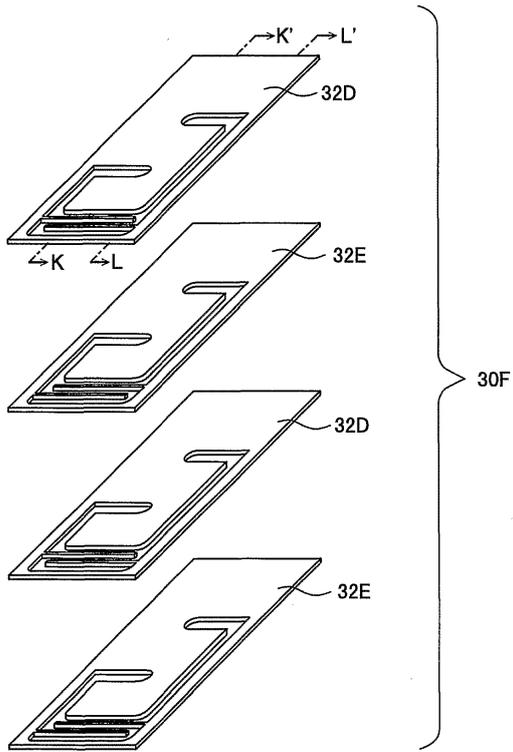
【 図 9 】



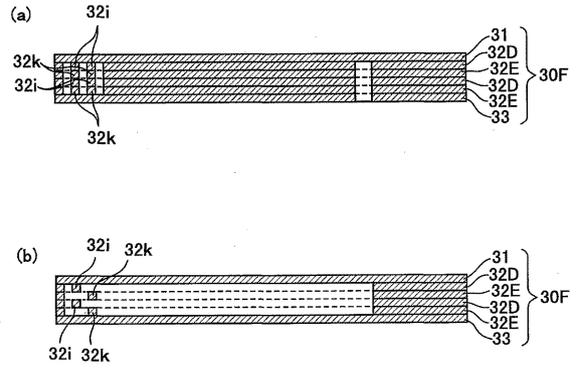
【 図 10 】



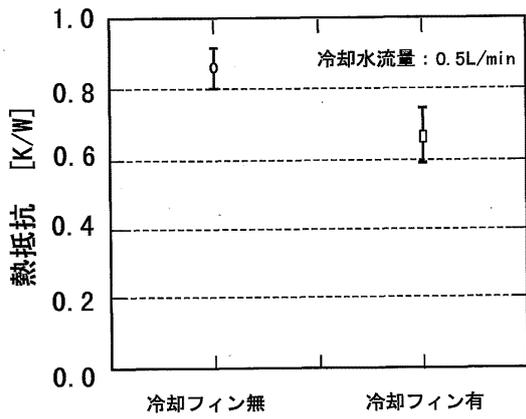
【図11】



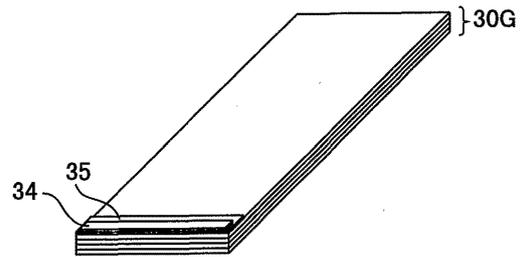
【図12】



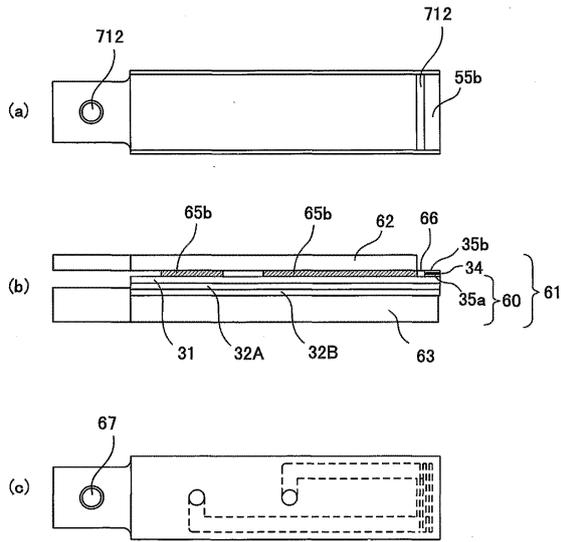
【図13】



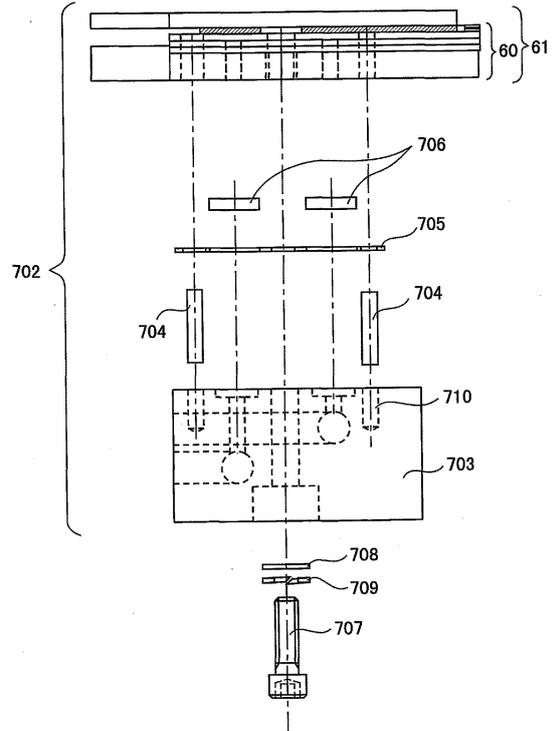
【図14】



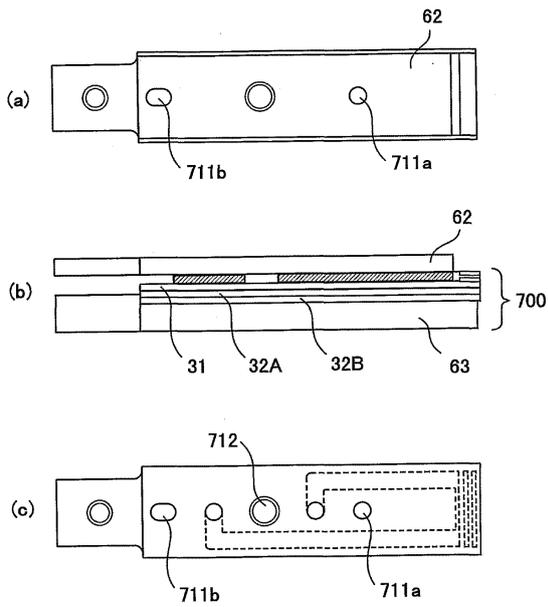
【 図 15 】



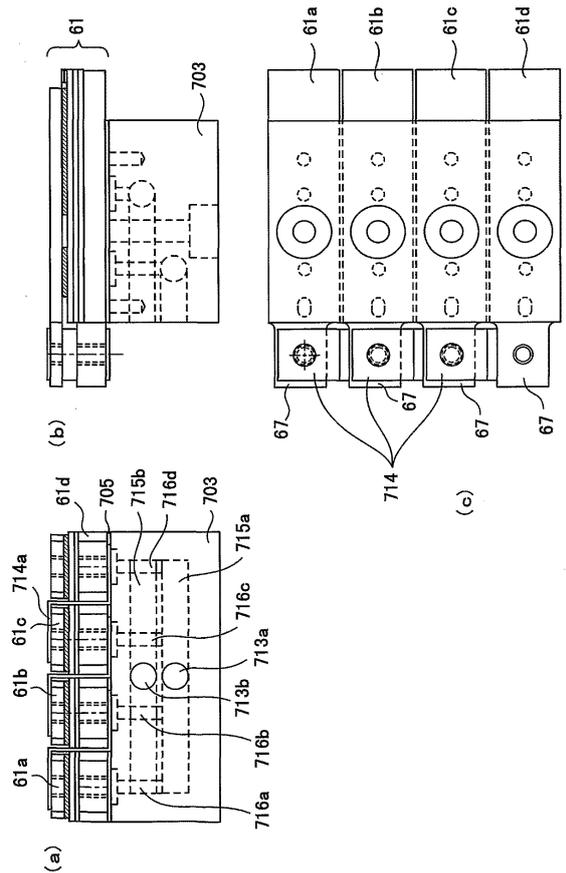
【 図 16 】



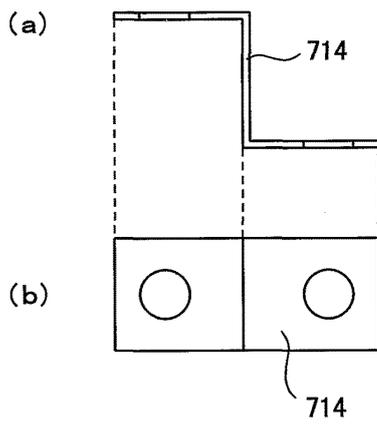
【 図 17 】



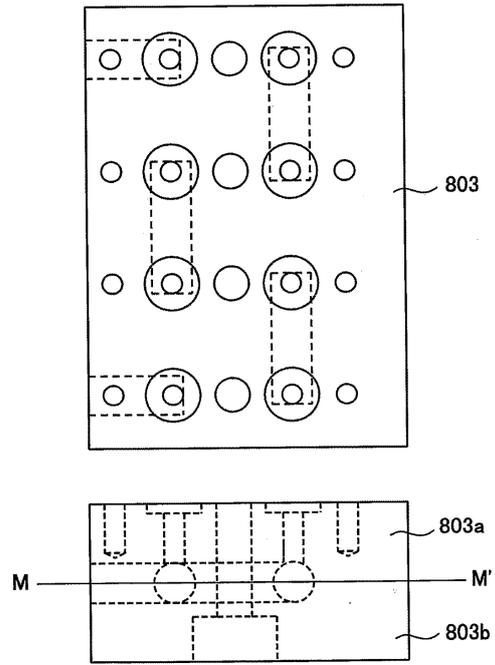
【 図 18 】



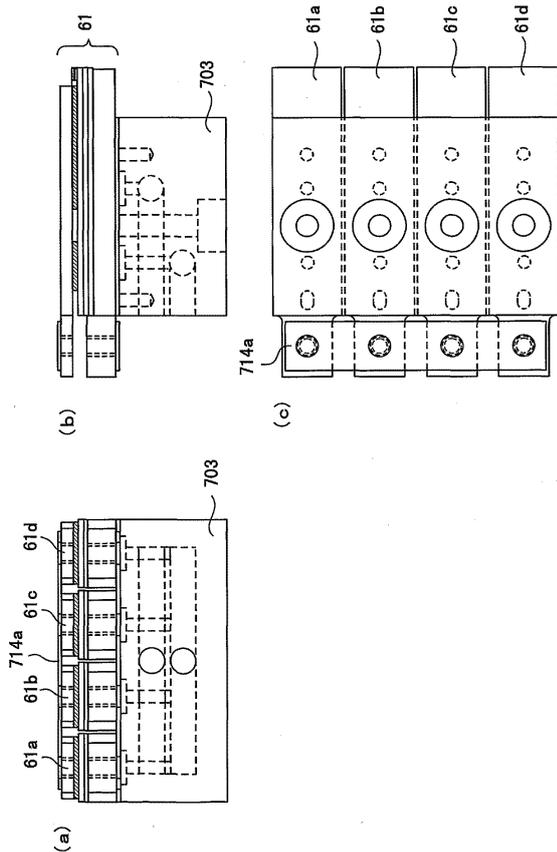
【図19】



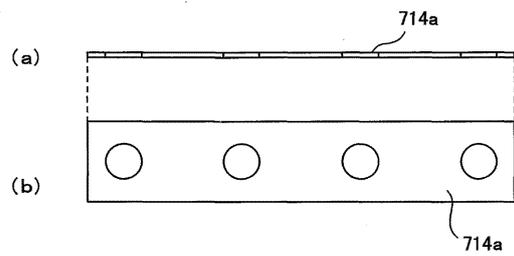
【図20】



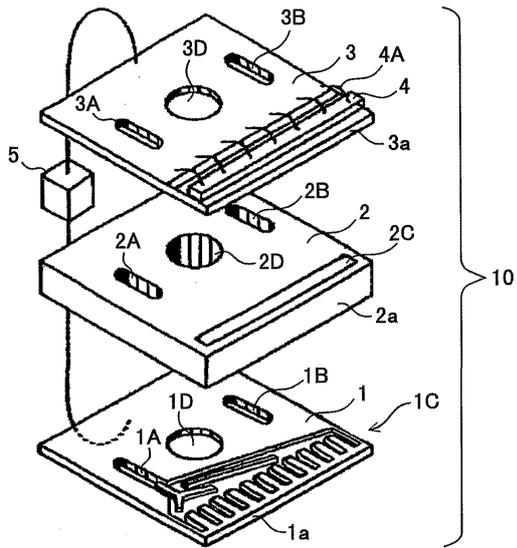
【図21】



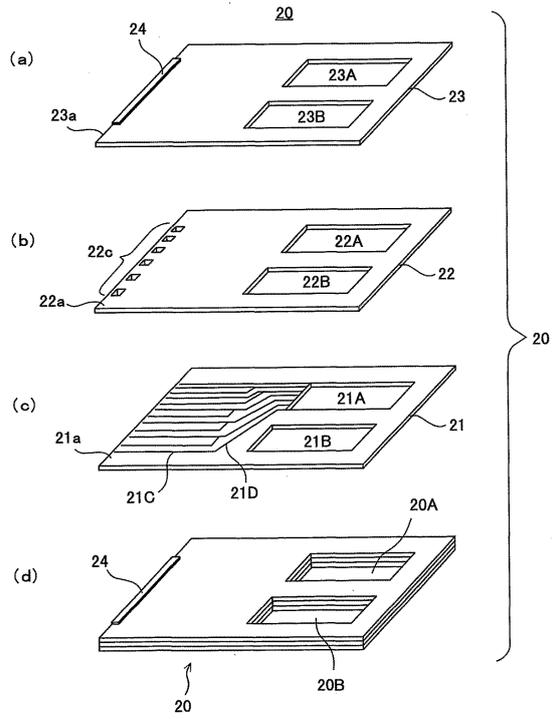
【図22】



【図 23】



【図 24】



フロントページの続き

- (72)発明者 福村 今日子
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 松尾 光恭
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 杉山 徹
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 久森 洋一
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 角地 雅信

- (56)参考文献 特開平10-209531(JP,A)
特開平09-102568(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01S 5/00-5/50
H01L 23/34-23/46