

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6632315号  
(P6632315)

(45) 発行日 令和2年1月22日 (2020.1.22)

(24) 登録日 令和1年12月20日 (2019.12.20)

(51) Int. Cl.	F 1
HO 1 S 3/042 (2006.01)	HO 1 S 3/042
HO 1 S 3/10 (2006.01)	HO 1 S 3/10 D

請求項の数 5 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2015-204802 (P2015-204802)	(73) 特許権者	000006208
(22) 出願日	平成27年10月16日 (2015.10.16)		三菱重工業株式会社
(65) 公開番号	特開2017-76750 (P2017-76750A)		東京都千代田区丸の内三丁目2番3号
(43) 公開日	平成29年4月20日 (2017.4.20)	(74) 代理人	110002147
審査請求日	平成30年10月12日 (2018.10.12)		特許業務法人酒井国際特許事務所
		(72) 発明者	近藤 喜之
			東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
		(72) 発明者	大谷 雄一
			東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
		(72) 発明者	小室 吉輝
			東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固体レーザー増幅装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入射部よりレーザー光が内部に入射され、前記入射部の第1方向側に設けられる出射部より前記レーザー光が外部に出射される固体状の媒質と、前記媒質の、前記第1方向と直交する第2方向側の表面に設けられて、前記媒質内のレーザー光を受光して前記出射部に向けて増幅しつつ反射する増幅層と、を有することにより、内部において、前記レーザー光を、前記第1方向に向かうに従って前記第2方向に傾斜する方向に進行させるレーザー媒質部と、

前記増幅層を冷却する板状の部材であるマイクロチャンネル型の冷却部と、

前記増幅層と前記冷却部との間に接触して設けられ、前記増幅層の熱を前記冷却部に伝熱する熱伝導部と、

を有し、

前記冷却部は、表面が前記熱伝導部と接触し、

前記冷却部内部には、前記第1方向及び前記第2方向に直交する第3方向に延在して冷却溶媒が流れる流路が、前記第1方向に並んで複数開口しており、前記流路の内部に冷却溶媒を流すことで、前記増幅層を間接冷却し、

前記熱伝導部は、グラファイトシートであり、前記第2方向における一方の表面が前記増幅層に接触し、前記第2方向における他方の表面が前記冷却部と接触し、前記第2方向に沿った熱伝導率が、前記第1方向及び前記第3方向に沿った熱伝導率よりも高い、固体レーザー増幅装置。

【請求項 2】

前記増幅層、前記熱伝導部及び前記冷却部は、前記媒質の対向する表面のそれぞれに設けられる、請求項 1 に記載の固体レーザ増幅装置。

【請求項 3】

前記冷却部及び前記熱伝導部は、前記レーザ光の進行方向に沿って、所定の間隔をおいて複数設けられる、請求項 2 に記載の固体レーザ増幅装置。

【請求項 4】

前記冷却部が前記熱伝導部に接触する面は、グラフィイトシートである、請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の固体レーザ増幅装置。

【請求項 5】

前記冷却部の一方の端部に接続されて、前記流路に導通して前記流路に前記冷却溶媒を供給する入口ヘッダ部と、

前記冷却部の他方の端部に接続されて、前記流路に導通して前記流路からの前記冷却溶媒が流出する出口ヘッダ部と、を有する、請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の固体レーザ増幅装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、固体レーザ増幅装置に関する。

【背景技術】

【0002】

固体レーザは、レーザ媒質に固体を用いたレーザである。固体レーザ増幅装置は、レーザ媒質内にレーザ光を透過させることによりレーザ光の出力を向上（増幅）させる装置である。例えば、スラブ型固体レーザ増幅装置の場合、レーザ媒質内部に入射させたレーザ光を、レーザ媒質の対向する両表面で反射させつつ、レーザ媒質内をジグザグに進行させて増幅を行う。

【0003】

レーザ媒質は、内部を透過するレーザ光によって加熱されてしまうため、冷却が必要となる。従来、このレーザ媒質の冷却には直接冷却が用いられていた。直接冷却においては、例えばレーザ媒質の表面を覆うように設けられた冷却室の内部を加圧し、冷却室内において液体窒素をレーザ媒質表面に向けて噴射することにより、冷却を行っていた。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特許第 5 1 3 5 2 0 7 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ここで、液体窒素が噴射される冷却室は、冷却のため密閉する必要がある、例えばレーザ媒質と冷却室との間にシール材を設けることにより外部から密閉している。しかし、レーザ媒質の温度変化による熱伸び等により、シール材によるシールが困難になる場合がある。シールが適切に行われない場合、レーザ媒質の冷却が適切に行われないおそれが生じる。

【0006】

従って、本発明は、レーザ媒質の冷却を適切に行う固体レーザ増幅装置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】

【0007】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本開示の固体レーザ増幅装置は、入射部よりレーザ光が内部に入射され、出射部より前記レーザ光が外部に出射される固体状の媒質と、前記媒質の表面に設けられて、前記媒質内のレーザ光を受光して前記出射部に向

10

20

30

40

50

けて増幅しつつ反射する増幅層と、を有するレーザ媒質部と、前記増幅層を冷却するマイクロチャネル型の冷却部と、前記増幅層と前記冷却部との間に接触して設けられ、前記増幅層の熱を前記冷却部に伝熱する熱伝導部と、を有する。

【0008】

この固体レーザ増幅装置によれば、間接冷却となるため、レーザ媒質部を冷却するためにシールを行う必要がなく、レーザ媒質部を適切に冷却することができる。

【0009】

前記固体レーザ増幅装置において、前記増幅層、前記熱伝導部及び前記冷却部は、前記媒質の対向する表面のそれぞれに設けられることが好ましい。この固体レーザ増幅装置によれば、レーザ光を受光して高温となりやすい箇所である増幅層を確実に冷却するため、より適切に増幅層を冷却することができる。

10

【0010】

前記固体レーザ増幅装置において、前記冷却部及び前記熱伝導部は、前記レーザ光の進行方向に沿って、所定の間隔をおいて複数設けられることが好ましい。この固体レーザ増幅装置によれば、レーザ媒質部内の温度分布が偏ることを抑制して、レーザ光の性能低下を抑制することができる。

【0011】

前記固体レーザ増幅装置において、前記熱伝導部は、グラファイトシートであり、一方の表面が前記増幅層に接触し、他方の表面が前記冷却部と接触することが好ましい。この固体レーザ増幅装置によれば、熱伝導部が熱伝導率の高いグラファイトシートであるため、増幅層の熱をより効率よく冷却部に伝えることができる。

20

【0012】

前記固体レーザ増幅装置において、前記熱伝導部は、前記一方の表面に平行な方向に沿った熱伝導率が、前記一方の表面に交差する方向に沿った熱伝導率よりも高いことが好ましい。この固体レーザ増幅装置によれば、増幅層の熱を熱伝導部の表面方向に拡散して、その熱を冷却部の表面全体で冷却することができる。従って、この熱伝導部は、より適切に増幅層を冷却することができる。

【0013】

前記固体レーザ増幅装置において、前記熱伝導部は、前記一方の表面に平行な方向に沿った熱伝導率が、前記一方の表面に交差する方向に沿った熱伝導率よりも低いことが好ましい。この固体レーザ増幅装置によれば、増幅層から冷却部に向かう方向に熱を迅速に伝えることができるため、増幅層をより迅速に冷却することが可能となる。

30

【0014】

前記固体レーザ増幅装置において、前記冷却部が前記熱伝導部に接触する面は、グラファイトシートであることが好ましい。この固体レーザ増幅装置によれば、冷却部自体の熱伝導率を高くすることができるため、より適切に増幅層を冷却することができる。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、レーザ媒質の冷却を適切に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

40

【0016】

【図1】図1は、本実施形態における固体レーザ装置の構成を示す模式図である。

【図2】図2は、本実施形態における冷却部の模式図である。

【図3】図3は、本実施形態における固体レーザ増幅装置を上面から見た模式図である。

【図4】図4は、熱伝導部の形状を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下に添付図面を参照して、本発明の好適な実施形態を詳細に説明する。なお、この実施形態により本発明が限定されるものではなく、また、実施形態が複数ある場合には、各実施例を組み合わせるものも含むものである。

50

## 【 0 0 1 8 】

図 1 は、本実施形態における固体レーザ装置の構成を示す模式図である。本実施形態に係る固体レーザ装置 1 は、媒質に固体を用いた固体レーザを照射する装置であり、スラブ型固体レーザ照射装置である。図 1 に示すように、固体レーザ装置 1 は、固体レーザ増幅装置 1 0 と、収納室 1 2 と、発光部 1 0 0 と、照射部 1 0 2 とを有する。発光部 1 0 0 は、レーザ光 L の励起光源であり、例えばレーザダイオードである。照射部 1 0 2 は、例えばレーザ照射ヘッドである。固体レーザ装置 1 は、発光部 1 0 0 で励起させたレーザ光 L を、収納室 1 2 に設けられた固体レーザ増幅装置 1 0 内に透過させて増幅し、増幅させたレーザ光 L を照射部 1 0 2 から照射する。固体レーザ装置 1 は、照射部 1 0 2 からレーザ光 L を照射して、機械加工等を行う。なお、固体レーザ装置 1 が照射するレーザ光 L は、例えば  $100\text{ W} / \text{cm}^2$  以上の高出力のものである。

10

## 【 0 0 1 9 】

図 1 に示すように、収納室 1 2 は、内部に固体レーザ増幅装置 1 0 を収納する部屋である。収納室 1 2 は、外部から密閉された部屋であり、使用時にはポンプ等で内部の気体が排出されて、真空状態となる。収納室 1 2 には、入射窓 1 2 a、出射窓 1 2 b が設けられており、発光部 1 0 0 からのレーザ光 L を入射窓 1 2 a から内部に透過させ、内部のレーザ光 L を出射窓 1 2 b から照射部 1 0 2 に出射させる。

## 【 0 0 2 0 】

固体レーザ増幅装置 1 0 は、いわゆるスラブ型固体レーザの増幅装置である。固体レーザ増幅装置 1 0 は、レーザ媒質部 2 0 と、冷却部 3 0 A、3 0 B、3 0 C と、熱伝導部 4 0 A、4 0 B、4 0 C と、を有する。

20

## 【 0 0 2 1 】

レーザ媒質部 2 0 は、レーザ光 L を増幅するためのスラブ型のレーザ媒質である。レーザ媒質部 2 0 は、本実施形態では Nd : YAG セラミックスである。Nd : YAG セラミックスは、YAG (Yttrium Aluminum Garnet ; イットリウムアルミニウムガーネット) の結晶を製造する過程でイットリウムの一部をネオジムでドーブしたものである。レーザ媒質部 2 0 は、媒質 2 2 と増幅層 2 4 A、2 4 B、2 4 C とを有する。媒質 2 2 は、例えば YAG などの透光性を有する結晶 ( 固体 ) である。増幅層 2 4 A、2 4 B、2 4 C は、媒質 2 2 の表面に設けられた層であり、媒質 2 2 と同じ材料の板にイットリウム等のイオンをドーブして生成される。増幅層 2 4 A、2 4 B、2 4 C は、レーザ光 L を増幅する利得媒質である。

30

## 【 0 0 2 2 】

媒質 2 2 は、六面体 ( 本実施形態では錐台 ) である。媒質 2 2 は、方向 X に沿った長さが、方向 Y に沿った長さよりも長くなっている。方向 Y は、方向 X と交差する方向であり、本実施形態では方向 X に直交する方向である。また、後述する方向 Z は、方向 X 及び方向 Y と交差する方向であり、本実施形態では方向 X 及び方向 Y に直交する方向である。媒質 2 2 は、方向 Y に沿った一方の面が、面積の小さい側の上底面 2 2 a であり、他方の面が、面積の大きい側の下底面 2 2 b である。ただし、媒質 2 2 の形状は、これに限られない。

## 【 0 0 2 3 】

増幅層 2 4 A、2 4 C は、下底面 2 2 b に、方向 X に沿って所定の間隔をおいて取付けられている。増幅層 2 4 B は、上底面 2 2 a に取付けられている。増幅層 2 4 B は、方向 X に沿って、増幅層 2 4 A と増幅層 2 4 C との間に位置している。なお、上底面 2 2 a は、増幅層 2 2 B が 1 つだけ取付けられているが、下底面 2 2 b と同様に、所定の間隔をおいて複数の増幅層が取り付けられていてもよい。

40

## 【 0 0 2 4 】

以下、増幅層 2 4 A、2 4 B、2 4 C を区別しない場合は、増幅層 2 4 と記載する。増幅層 2 4 は、この媒質 2 2 の方向 Y に沿って対向する表面 ( 上底面 2 2 a、下底面 2 4 b ) のそれぞれに設けられているといえることができる。また、増幅層 2 4 は、媒質 2 2 の表面に、方向 X に沿って所定の間隔をおいて複数設けられているといえることができる。ただ

50

し、増幅層 2 4 は、方向 X に沿って所定の間隔をおいて設けられていなくてもよく、上底面 2 2 a 及び下底面 2 4 b の全体にわたって設けられていてもよい。

【 0 0 2 5 】

レーザ光 L は、媒質 2 2 の側面の入射部 2 6 から、媒質 2 2 の内部に入射される。媒質 2 2 の内部に入射したレーザ光 L は、増幅層 2 4 内に入射する。増幅層 2 4 内に入射されたレーザ光 L は、増幅されて、増幅層 2 4 の媒質 2 2 と反対側の表面である表面 2 5 で反射される。表面 2 5 で反射されたレーザ光 L は、増幅層 2 4 から媒質 2 2 内に再度入射され、入射部 2 6 とは方向 X に沿って反対側の側面の出射部 2 7 から出射される。なお、表面 2 5 には、レーザ光 L を全反射する反射層が設けられていてもよい。

【 0 0 2 6 】

本実施形態の例では、収納室 1 2 内の入射されたレーザ光 L は、入射部 2 6 から媒質 2 2 を経て増幅層 2 4 A 内に入射する。増幅層 2 4 A 内に入射したレーザ光 L は、増幅及び反射されて、媒質 2 2 を経て増幅層 2 4 B 内に入射する。増幅層 2 4 B 内に入射したレーザ光 L は、増幅及び反射されて、媒質 2 2 を経て増幅層 2 4 C 内に入射する。増幅層 2 4 C 内に入射したレーザ光 L は、増幅及び反射されて、媒質 2 2 内に入射し、出射部 2 7 から外部（収納室 1 2 ）に向けて出射される。このように、本実施形態におけるレーザ光 L は、レーザ媒質部 2 0 において、方向 X に向かってジグザグに進行する。従って、方向 X は、レーザ光 L の進行方向ということもできる。

【 0 0 2 7 】

次に、冷却部 3 0 A、3 0 B、3 0 C について説明する。以下、冷却部 3 0 A、3 0 B、3 0 C を互いに区別しない場合は、冷却部 3 0 と記載する。図 2 は、本実施形態における冷却部の模式図である。冷却部 3 0 は、マイクロチャネル型の熱交換器である。図 2 に示すように、冷却部 3 0 は、マイクロチャネル部 3 1 と、入口ヘッダ部 3 2 と、出口ヘッダ部 3 4 とを有する。

【 0 0 2 8 】

マイクロチャネル部 3 1 は、内部に複数の流路 3 6 が開口している板状の部材である。流路 3 6 は、マイクロチャネル部 3 1 の表面 3 1 a に平行な方向 A に沿って延在している。流路 3 6 は、方向 A に沿ったマイクロチャネル部 3 1 の一方の側面 3 1 b と他方の側面 3 1 c とに開口しており、一方の側面 3 1 b から他方の側面 3 1 c まで導通している。流路 3 6 は、複数（本実施形態では 5 個）が、マイクロチャネル部 3 1 の表面 3 1 a に平行な方向であって方向 A と交差する方向である方向 B に沿って配列している。本実施形態では、マイクロチャネル部 3 1 は、アルミニウムや S U S（ステンレス）などの熱伝導率の比較的高い金属部材であるが、材質はこれに限られない。

【 0 0 2 9 】

入口ヘッダ部 3 2 は、内部が空洞の筒状部材である。入口ヘッダ部 3 2 は、マイクロチャネル部 3 1 の一方の側面 3 1 b に取付けられている。入口ヘッダ部 3 2 は、内部の空間を複数の流路 3 6 のそれぞれと導通するための図示しない開口部と、冷却溶媒 W を内部の空間に導入するための導入開口部 3 2 a とを有している。

【 0 0 3 0 】

出口ヘッダ部 3 4 は、内部が空洞の筒状部材である。出口ヘッダ部 3 4 は、マイクロチャネル部 3 1 の他方の側面 3 1 b に取付けられている。出口ヘッダ部 3 4 は、内部の空間を複数の流路 3 6 のそれぞれと導通するための図示しない開口部と、冷却溶媒 W を内部の空間から外部に導入するための導出開口部 3 4 a とを有している。

【 0 0 3 1 】

冷却部 3 0 は、導入開口部 3 2 a から入口ヘッダ部 3 2 内に冷却溶媒 W を導入し、冷却溶媒 W を、各流路 3 6 に分配して、各流路 3 6 内に流通させる。マイクロチャネル部 3 1 は、被冷却体に接触しており、各流路 3 6 を流れる冷却溶媒 W により、被冷却体を冷却する。各流路 3 6 内を流れる冷却溶媒 W は、出口ヘッダ部 3 4 に向けて流れる。出口ヘッダ部 3 4 内に流入した冷却溶媒 W は、導出開口部 3 4 a から外部に導出され、外部で冷却されて、再度入口ヘッダ部 3 2 内に導入される。なお、本実施形態における冷却溶媒 W は、

10

20

30

40

50

入口ヘッダ部 3 2 に導入される状態においては液体であり、例えば液体窒素、水等である。

#### 【 0 0 3 2 】

図 3 は、本実施形態における固体レーザ増幅装置を上面から見た模式図である。図 1 及び図 3 に示すように、冷却部 3 0 は、表面 3 1 a が、熱伝導部 4 0 A、4 0 B、4 0 C を介して、増幅層 2 4 の表面 4 2 に取付けられており、増幅層 2 4 を冷却する。冷却部 3 0 A は、増幅層 2 4 A に取付けられている。冷却部 3 0 B は、増幅層 2 4 B に取付けられている。冷却部 3 0 C は、増幅層 2 4 C に取付けられている。従って、冷却部 3 0 は、レーザ媒質部 2 0 の方向 Y に沿って対向する表面（上底面 2 2 a 側の表面、下底面 2 4 b 側の表面）のそれぞれに設けられているといえることができる。また、冷却部 3 0 は、レーザ媒質部 2 0 の表面に、方向 X に沿って所定の間隔をおいて複数設けられているといえることができる。すなわち、冷却部 3 0 は、レーザ媒質部 2 0 において、レーザ光 L を受光（増幅及び反射）して高温になる増幅層 2 4 のみに設けられている。なお、冷却部 3 0 は、流路 3 6 が延在する方向 A が方向 Z に沿い、複数の流路 3 6 が配列する方向 B が方向 X に沿うように、各増幅層 2 4 に取付けられている。ただし、冷却部 3 0 の取付け方向は、表面 3 1 a が増幅層 2 4 の表面 4 2 に取付けられていれば、これに限られず、例えば、流路 3 6 が延在する方向 A が方向 X に沿っていてもよい。

#### 【 0 0 3 3 】

また、図 1 に示すように、冷却部 3 0 は、冷却溶媒冷却部 5 0 に接続されている。具体的には、冷却溶媒冷却部 5 0 は、収納室 1 2 の外部に設けられており、導入管 5 2 を介して入口ヘッダ部 3 2 の導入開口部 3 2 a に冷却溶媒 W を導入する。また、冷却溶媒冷却部 5 0 は、導出管 5 4 を介して出口ヘッダ部 3 4 の導出開口部 3 4 a から冷却溶媒 W を導出する。冷却溶媒冷却部 5 0 は、出口ヘッダ部 3 4 からの冷却溶媒 W を冷却し、再度入口ヘッダ部 3 2 に供給するものである。冷却溶媒冷却部 5 0 は、冷却溶媒 W を冷却するものであればその構成は任意であり、例えば冷却溶媒 W を導通する複数の管の間にフィンを設けて自然冷却するものであってもよく、強制冷却するものであってもよい。

#### 【 0 0 3 4 】

次に、熱伝導部 4 0 A、4 0 B、4 0 C について説明する。以下、熱伝導部 4 0 A、4 0 B、4 0 C を互いに区別しない場合は、熱伝導部 4 0 と記載する。図 4 は、熱伝導部の形状を示す模式図である。図 1 及び図 4 に示すように、熱伝導部 4 0 は、熱伝導率が高い板状の部材であり、増幅層 2 4 と冷却部 3 0 との間に接触して設けられ、増幅層 2 4 の熱を冷却部 3 0 に伝熱する。なお、熱伝導部 4 0 は、増幅層 2 4 と冷却部 3 0 との間に密着固定して設けられることが好ましい。具体的には、熱伝導部 4 0 A は、一方の表面 4 2 が増幅層 2 4 A の表面 2 5 に接触し、他方の表面 4 4 が冷却部 3 0 A の表面 3 1 a に接触している。同様に、熱伝導部 4 0 B は、一方の表面 4 2 が増幅層 2 4 B の表面 2 5 に接触し、他方の表面 4 4 が冷却部 3 0 B の表面 3 1 a に接触している。同様に、熱伝導部 4 0 C は、一方の表面 4 2 が増幅層 2 4 C の表面 2 5 に接触し、他方の表面 4 4 が冷却部 3 0 C の表面 3 1 a に接触している。従って、熱伝導部 4 0 は、レーザ媒質部 2 0 の方向 Y に沿って対向する表面（上底面 2 2 a 側の表面、下底面 2 4 b 側の表面）のそれぞれに設けられているといえることができる。また、熱伝導部 4 0 は、レーザ媒質部 2 0 の表面に、方向 X に沿って所定の間隔をおいて複数設けられているといえることができる。言い換えれば、熱伝導部 4 0 は、レーザ媒質部 2 0 において、レーザ光 L を受光して高温になる増幅層 2 4 のみに設けられている。

#### 【 0 0 3 5 】

熱伝導部 4 0 は、レーザ媒質部 2 0 及び冷却部 3 0 よりも熱伝導率が高い材質であり、本実施形態においてはグラファイトシートである。グラファイトシートは、グラファイト（黒鉛）を含むシートであり、例えば、黒鉛粉末とバインダー樹脂との混合物、又は膨張黒鉛をシート状に延伸して形成される。本実施形態における熱伝導部 4 0 は、表面（一方の表面 4 2 及び他方の表面 4 4 ）に平行な方向である方向 C、D に沿って延在する黒鉛層が、表面に垂直な方向である方向 E に沿って積層されている。この黒鉛層は、表面に平行

な方向（例えば方向C、D）に沿って配向されており、熱伝導率の異方性を有する。具体的には、熱伝導部40は、方向C及び方向Dに沿った熱伝導率が、方向Eに沿った熱伝導率よりも高くなっている。すなわち、熱伝導部40は、方向Eよりも、方向C及び方向Dに沿った方向に熱が伝わりやすい。なお、本実施形態における熱伝導部40の厚みは、0.1mm以上1mm以下であるが、これに限られない。

#### 【0036】

熱伝導部40は、一方の表面42が増幅層24の表面25に接触し、他方の表面44が冷却部30の表面31aに接触するよう取付けられる。また、熱伝導部40は、方向Cが方向Xと平行な方向となり、方向Dが方向Zと平行な方向となり、方向Eが方向Yと平行な方向となるように取付けられている。ただし、熱伝導部40は、方向Eが方向Yと平行な方向であれば、取付け方向はこれに限られない。

10

#### 【0037】

以上説明した固体レーザ増幅装置10は、媒質22と増幅層24とを有するレーザ媒質部20と、冷却部30と、熱伝導部40とを有する。媒質22は、入射部26よりレーザ光Lが入射され、出射部27よりレーザ光Lが外部に出射される固体状のレーザ媒質である。また、増幅層24は、媒質22の表面に設けられ、媒質22内のレーザ光Lを受光して、出射部27に向けて増幅しつつ反射する。また、冷却部30は、増幅層24を冷却するマイクロチャンネル型の熱交換器である。また、熱伝導部40は、増幅層24と冷却部30との間に接触して設けられ、増幅層24の熱を冷却部30に伝熱する。

#### 【0038】

20

この固体レーザ増幅装置10は、増幅層24にレーザ光Lが入射されるため、増幅層24は、レーザ光Lにより加熱される。この増幅層24には、熱伝導部40を介してマイクロチャンネル型の冷却部30が取り付けられている。従って、増幅層24の熱は、熱伝導部40を介して冷却部30に伝わり、冷却部30内を流れる冷却溶媒Wにより間接冷却される。この固体レーザ増幅装置10は、間接冷却であるため、例えばレーザ媒質部20（増幅層24）に液体窒素を噴射する直接冷却とは異なり、レーザ媒質部20を冷却するためにシールを行う必要がない。従って、この固体レーザ増幅装置10によると、レーザ媒質部20を適切に冷却することができる。さらに、この固体レーザ増幅装置10は、熱伝導部40を介して冷却部30に伝熱を行う。従って、この固体レーザ増幅装置10は、増幅層24の熱を効率よく冷却部30に伝えることができ、より適切に増幅層24を冷却することができる。

30

#### 【0039】

また、この固体レーザ増幅装置10は、増幅層24、冷却部30、及び熱伝導部40が、媒質22の方向Yに沿って対向する表面のそれぞれに設けられる。従って、この固体レーザ増幅装置10は、レーザ光Lがジグザグに進行するスラブ型固体レーザにおいて、レーザ光Lを受光して高温となりやすい箇所（本実施形態では媒質22の底面23に設けられた増幅層24）に確実に冷却部30、及び熱伝導部40を設けることができる。従って、この固体レーザ増幅装置10は、増幅層24の熱をより効率的に除去し、より適切に増幅層24を冷却することができる。

#### 【0040】

40

また、この固体レーザ増幅装置10は、冷却部30及び熱伝導部40が、レーザ光Lの進行方向（方向X）に沿って、所定の間隔を置いて複数設けられている。この固体レーザ増幅装置10によると、レーザ光Lを受光して高温となりやすい箇所（本実施形態では媒質22の底面23に設けられた増幅層24）のみに冷却部30及び熱伝導部40を設けることができる。そのため、この固体レーザ増幅装置10は、低温部分よりも高温部分をより冷却することができ、レーザ媒質部20内の温度分布が偏ることを抑制することができる。これにより、この固体レーザ増幅装置10は、レーザ光Lの性能低下を抑制することができる。

#### 【0041】

また、固体レーザ増幅装置10は、熱伝導部40がグラファイトシートであり、一方の

50

表面 4 2 が増幅層 2 4 に接触し、他方の表面 4 4 が冷却部 3 0 に接触している。この熱伝導部 4 0 は、熱伝導率が高いグラファイトシートであるため、増幅層 2 4 の熱をより効率よく冷却部 3 0 に伝えることができ、より適切に増幅層 2 4 を冷却することができる。ただし、熱伝導部 4 0 は、グラファイトシートであることに限られず、増幅層 2 4 の熱を効率よく冷却部 3 0 に伝えることができるものであれば材料は任意である。

#### 【 0 0 4 2 】

また、熱伝導部 4 0 は、一方の表面 4 2 に平行な方向（方向 C、D）に沿った熱伝導率が、一方の表面 4 2 に交差する方向（方向 E）に沿った熱伝導率よりも高い。従って、この固体レーザ増幅装置 1 0 は、増幅層 2 4 の熱を熱伝導部 4 0 の表面方向に拡散して、その熱を冷却部 3 0 の表面 3 1 a 全体で冷却することができる。従って、この熱伝導部 4 0 は、より適切に増幅層 2 4 を冷却することができる。また、この固体レーザ増幅装置 1 0 は、増幅層 2 4 の熱を熱伝導部 4 0 の表面方向に拡散するため、増幅層 2 4 の熱を表面に沿って均一化し、レーザ媒質部 2 0 内の温度分布が偏ることを抑制することもできる。

10

#### 【 0 0 4 3 】

ただし、熱伝導部 4 0 は、一方の表面 4 2 に平行な方向（方向 C、D）に沿った熱伝導率が、一方の表面 4 2 に交差する方向（方向 E）に沿った熱伝導率よりも低くなっている。この場合、方向 E に沿って延在する黒鉛層が、方向 C 又は方向 D に沿って積層される。この場合、方向 E、すなわち増幅層 2 4 から冷却部 3 0 に向かう方向に熱を迅速に伝えることができるため、増幅層 2 4 をより迅速に冷却することが可能となる。

#### 【 0 0 4 4 】

20

なお、本実施形態において、マイクロチャネル部 3 1 は、金属部材であったが、少なくとも熱伝導部 4 0 に接触する面である表面 3 1 a が、熱伝導部 4 0 と同様にグラファイトシートにより構成されていてもよい。この場合、マイクロチャネル部 3 1 自体の熱伝導率がより高くなるため、より適切に増幅層 2 4 を冷却することができる。なお、この場合、表面 3 1 a から複数の流路 3 6 までの間の箇所が、グラファイトシートを積層して構成されることが好ましい。なお、グラファイトシートは、熱伝導部 4 0 と同様に、表面 3 1 a に平行な方向 A、B に延在する黒鉛層が方向 A、B に交差する方向に沿って積層されていてもよいし、方向 A、B に交差する方向に沿って延在する黒鉛層が、方向 A 又は方向 B に沿って積層されていてもよい。

#### 【 0 0 4 5 】

30

以上、本発明の実施形態を説明したが、この実施形態の内容により実施形態が限定されるものではない。また、前述した構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のもの、いわゆる均等の範囲のものが含まれる。さらに、前述した構成要素は適宜組み合わせることが可能である。さらに、前述した実施形態の要旨を逸脱しない範囲で構成要素の種々の省略、置換又は変更を行うことができる。

#### 【符号の説明】

#### 【 0 0 4 6 】

- 1 固体レーザ装置
- 1 0 固体レーザ増幅装置
- 1 2 収納室
- 1 2 a 入射窓
- 1 2 b 出射窓
- 2 0 レーザ媒質部
- 2 2 媒質
- 2 4、2 4 A、2 4 B、2 4 C 増幅層
- 2 5 表面
- 2 6 入射部
- 2 7 出射部
- 3 0、3 0 A、3 0 B、3 0 C 冷却部
- 3 1 マイクロチャネル部

40

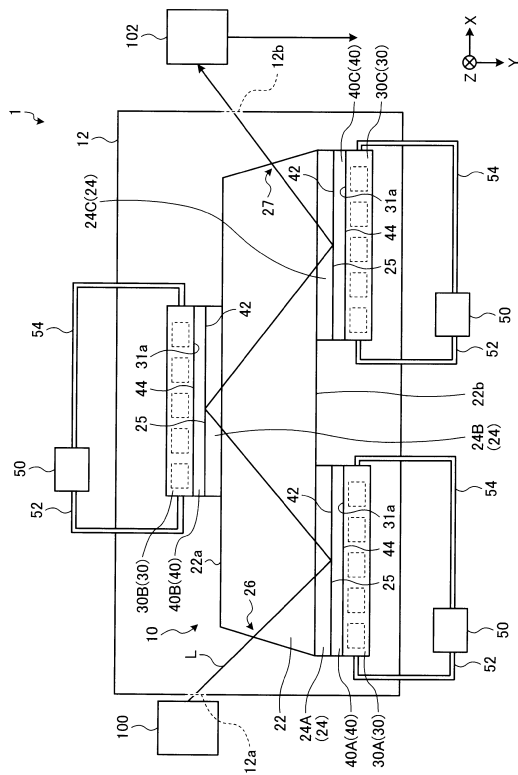
50



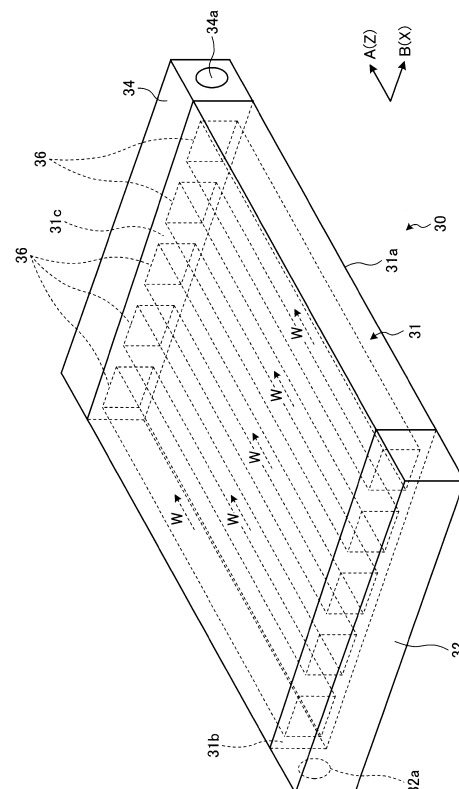
3 1 a 表面  
 3 1 b、3 1 c 側面  
 3 2 入口ヘッダ部  
 3 2 a 導入開口部  
 3 4 出口ヘッダ部  
 3 4 a 導出開口部  
 3 6 流路  
 4 0、4 0 A、4 0 B、4 0 C 熱伝導部  
 4 2、4 4 表面  
 5 0 冷却溶媒冷却部  
 5 2 導入管  
 5 4 導出管  
 1 0 0 発光部  
 1 0 2 照射部  
 A、B、C、D、E、X、Y、Z 方向  
 L レーザ光  
 W 冷却溶媒

10

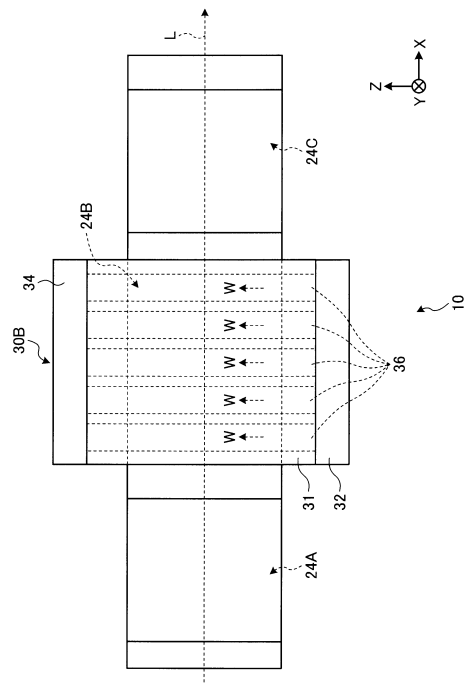
【図 1】



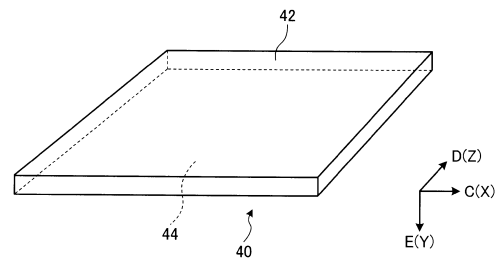
【図 2】



【図 3】



【図 4】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 児玉 敦司  
東京都港区港南二丁目１６番５号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 濱本 浩一  
東京都港区港南二丁目１６番５号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 醍醐 浩之  
東京都港区港南二丁目１６番５号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 井上 直樹  
東京都港区港南二丁目１６番５号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 森岡 朋也  
東京都港区港南二丁目１６番５号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 加藤 昌浩  
東京都港区港南二丁目１６番５号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 西方 伸吾  
東京都港区港南二丁目１６番５号 三菱重工業株式会社内

審査官 林 祥恵

- (56)参考文献 特開２０１４－０２２５６８（ＪＰ，Ａ）  
特開２００１－０１５８４４（ＪＰ，Ａ）  
特表２０１４－５０４０１１（ＪＰ，Ａ）  
特表２００８－５３２２６４（ＪＰ，Ａ）  
特開平０８－１９１１６７（ＪＰ，Ａ）  
特表２００１－５０１７７６（ＪＰ，Ａ）

- (58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)  
H 0 1 S 3 / 0 4 2  
H 0 1 S 3 / 0 6 3  
H 0 1 S 3 / 1 0