

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-178207

(P2016-178207A)

(43) 公開日 平成28年10月6日(2016.10.6)

(51) Int.Cl.
H01S 3/042 (2006.01)

F I
H01S 3/042

テーマコード (参考)
5F172

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2015-57389 (P2015-57389)
(22) 出願日 平成27年3月20日 (2015. 3. 20)

(71) 出願人 000006208
三菱重工工業株式会社
東京都港区港南二丁目16番5号
(74) 代理人 100134544
弁理士 森 隆一郎
(74) 代理人 100064908
弁理士 志賀 正武
(74) 代理人 100108578
弁理士 高橋 詔男
(74) 代理人 100126893
弁理士 山崎 哲男
(74) 代理人 100149548
弁理士 松沼 泰史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ発振冷却装置

(57) 【要約】

【課題】 十分な冷却効果を有するレーザ発振冷却装置を提供する。

【解決手段】 レーザ発振冷却装置100は、レーザ励起光Z1を発する発光部1と、レーザ励起光Z1を励起してレーザ光Z2を発するとともに、局所的に発熱する発熱領域Sを有するレーザ励起部2と、極低温液体Lを収容可能な収容タンク3と、収容タンク3の内部を加圧することで極低温液体Lをサブクール状態とする加圧部31と、二次元的に複数配列された噴射口からサブクール状態の極低温液体Lをレーザ励起部2に噴射することで該レーザ励起部2を除熱する噴射供給部4と、を備える。

【選択図】 図1

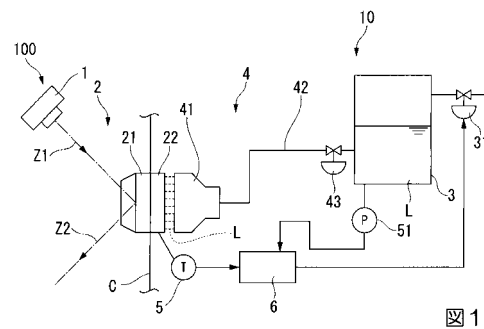


図1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザ励起光を発する発光部と、
 前記レーザ励起光を励起してレーザ光を発するとともに、局所的に発熱する発熱領域を有するレーザ励起部と、
 極低温液体を収容可能な収容タンクと、
 前記収容タンクの内部を加圧することで前記極低温液体をサブクール状態とする加圧部と、
 二次元的に複数配列された噴射口からサブクール状態の前記極低温液体を前記レーザ励起部に噴射することで該レーザ励起部を除熱する噴射供給部と、
 を備えるレーザ発振冷却装置。

10

【請求項 2】

前記複数の噴射口は、前記極低温液体の噴射方向から見て、該噴射方向に直交する第一方向に間隔を空けて配列された配列群を形成し、
 前記配列群は、前記第一方向に直交する第二方向に間隔を空けて複数設けられる請求項 1 に記載のレーザ発振冷却装置。

【請求項 3】

前記第二方向に互いに隣り合う一対の前記配列群における前記噴射口のうち、一方の前記配列群の前記噴射口と、他方の前記配列群の前記噴射口とは、前記第一方向における位置が互いに同一である請求項 2 に記載のレーザ発振冷却装置。

20

【請求項 4】

前記第二方向に互いに隣り合う一対の前記配列群における前記噴射口のうち、一方の前記配列群の前記噴射口と、他方の前記配列群の前記噴射口とは、前記第一方向における位置が互いに異なる請求項 2 に記載のレーザ発振冷却装置。

【請求項 5】

前記噴射口の開口径を d とし、前記噴射供給部から前記レーザ励起部までの離間寸法を H とし、互いに隣り合う 2 つの前記噴射口同士の離間距離を P としたとき、以下の (1) 式と (2) 式の関係が成立する請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載のレーザ発振冷却装置。

$$3 \quad H / d \quad 7 \quad \cdots (1)$$

$$2 \quad P / d \quad 10 \quad \cdots (2)$$

30

【請求項 6】

前記複数の噴射口は、前記レーザ励起部の前記発熱領域に相対的に近い前記噴射口になるほど開口径が大きく、該発熱領域から相対的に遠い前記噴射口になるほど開口径が小さい請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載のレーザ発振冷却装置。

【請求項 7】

前記噴射供給部は、
 前記極低温液体の噴射方向から見て、前記噴射口の上流側に配置されるとともに、前記噴射方向に貫通する複数の孔部が形成された多孔部材を備える請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載のレーザ発振冷却装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レーザ発振冷却装置に関する。

【背景技術】

【0002】

レーザ加工機のような装置では、半導体励起固体レーザに代表される固体レーザを光源として用いている。すなわち、固体のレーザ媒質を光照射で励起して、レーザ発振をさせることでレーザ光を得ている。

このようにレーザを発振する発振媒体（媒質）では、レーザ出力の増大化に伴ってその

50

温度も上昇することが知られている。また、媒質を冷却するほど、レーザ発振限界が向上することが知られている。したがって、レーザ発振媒体を冷却することが必要とされる。

レーザ発振媒体を冷却するための技術として、例えば特許文献1に記載された技術が知られている。

【0003】

特許文献1には、レーザ光発生装置が記載されている。この装置では、レーザ光の発生に伴うレーザ励起装置(BBO結晶デバイス)の発熱を取り除くために、断熱容器中に貯留された液体窒素等の寒剤を、BBO結晶デバイスに熱的に接続されたコールドフィンガーに供給する構成を採っている。

【先行技術文献】

10

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平11-295772号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、レーザの発振限界は、媒質であるレーザ励起装置の冷却量におおむね比例することから、上記特許文献1に記載された技術を用いた場合に、ある程度以上のレーザ出力を得ようとする、液体窒素による冷却能力が不足する可能性がある。特に、特許文献1の技術では、液体窒素の温度が上昇することで膜沸騰を起こしてしまい、冷却能力が十分に得られない可能性がある。冷却が十分でない場合、媒質の温度が上昇し、レーザの発振効率が低下してしまう。

20

【0006】

本発明はこのような事情を考慮してなされたものであり、十分な冷却効果を有するレーザ発振冷却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】

上記課題を解決するため、本発明は以下の手段を採用している。

即ち、本発明の一の態様によれば、レーザ発振冷却装置は、レーザ励起光を発する発光部と、前記レーザ励起光を励起してレーザ光を発するとともに、局所的に発熱する発熱領域を有するレーザ励起部と、極低温液体を収容可能な収容タンクと、前記収容タンクの内部を加圧することで前記極低温液体をサブクール状態とする加圧部と、二次元的に複数配列された噴射口からサブクール状態の前記極低温液体を前記レーザ励起部に噴射することで該レーザ励起部を除熱する噴射供給部と、を備える。

30

【0008】

上述のような構成によれば、複数配列されたそれぞれの噴射口から極低温液体が噴射される。これにより、比較的大きな面積を冷却するに際して、大口径の噴射口を1つのみつけた場合に比べて、極低温液体の使用量を低減できる。

さらに、レーザ励起部に噴射された極低温液体は、該レーザ励起部の表面に沿って高速で流動する高速液膜を形成する。これにより、レーザ励起部の発熱をさらに効果的に除熱することができる。

40

【0009】

本発明の一の態様によれば、前記複数の噴射口は、前記極低温液体の噴射方向から見て、該噴射方向に直交する第一方向に間隔を空けて配列された配列群を形成し、前記配列群は、前記第一方向に直交する第二方向に間隔を空けて複数設けられていてもよい。

【0010】

上述のような構成によれば、レーザ励起部の表面上で形成される極低温液体の高速液膜の厚さを、該表面の全体にわたっておおむね均一化することができる。

【0011】

本発明の一の態様によれば、前記第二方向に互いに隣り合う一対の前記配列群における

50

前記噴射口のうち、一方の前記配列群の前記噴射口と、他方の前記配列群の前記噴射口とは、前記第一方向における位置が互いに同一であってもよい。

【0012】

上述のような構成によれば、レーザ励起部の表面上で形成される極低温液体の高速液膜の厚さを、該表面の全体にわたってさらに均一化することができる。

【0013】

本発明の一の態様によれば、前記第二方向に互いに隣り合う一対の前記配列群における前記噴射口のうち、一方の前記配列群の前記噴射口と、他方の前記配列群の前記噴射口とは、前記第一方向における位置が互いに異なってもよい。

【0014】

上述のような構成によれば、レーザ励起部の表面上で形成される極低温液体の高速液膜の厚さを、該表面の全体にわたって均一化することができる。さらに、このような構成によれば、一定の面積の平面内にさらに多くの噴射口を高い密度で設けることができる。

【0015】

本発明の一の態様によれば、前記噴射口の開口径を d とし、前記噴射供給部から前記レーザ励起部までの離間寸法を H とし、互いに隣り合う2つの前記噴射口同士の離間距離を P としたとき、以下の(1)式と(2)式の関係が成立するように構成されていてもよい。

$$3 \quad H / d \quad 7 \quad \cdots (1)$$

$$2 \quad P / d \quad 10 \quad \cdots (2)$$

【0016】

上述のような構成によれば、レーザ励起部を十分に冷却することができるとともに、レーザ励起部において除熱を要する領域の面積が広がった場合であっても、必要な極低温液体の流量の増加を抑制することができる。

【0017】

本発明の一の態様によれば、前記複数の噴射口は、前記レーザ励起部の前記発熱領域に相対的に近い前記噴射口になるほど開口径が大きく、該発熱領域から相対的に遠い前記噴射口になるほど開口径が小さくてもよい。

【0018】

上述のような構成によれば、発熱領域に対して集中的に極低温液体を噴射することができる。これにより、さらに効果的にレーザ励起部を除熱することができる。

【0019】

本発明の一の態様によれば、前記噴射供給部は、前記極低温液体の噴射方向から見て、前記噴射口の上流側に配置されるとともに、前記噴射方向に貫通する複数の孔部が形成された多孔部材を備えてもよい。

【0020】

上述のような構成によれば、極低温液体が多孔部材の孔部を通過することで、噴射口ごとの極低温液体の流量を均一化することができる。

【発明の効果】

【0021】

本発明のレーザ発振冷却装置によれば、十分な冷却効果を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本発明の第一実施形態に係るレーザ発振冷却装置を示す概略図である。

【図2】本発明の第一実施形態に係る制御部の構成を示す図である。

【図3】本発明の第一実施形態に係る噴射供給部の断面図である。

【図4】図2のIV-IV線における断面図である。

【図5】本発明の第二実施形態に係る噴射供給部の断面図である。

【図6】本発明の第三実施形態に係る噴射供給部の噴射口の配置を示す図である。

【図7】本発明の第四実施形態に係る噴射供給部の噴射口の配置を示す図である。

10

20

30

40

50

【発明を実施するための形態】

【0023】

〔第一実施形態〕

以下、本発明の第一実施形態について図面を参照して説明する。

図1に示すように、本実施形態に係るレーザ発振冷却装置100は、レーザ励起光Z1を発する発光部1と、入射されたレーザ励起光Z1を励起してレーザ光Z2を発するレーザ励起部2と、レーザ励起部2を冷却するための冷却部10と、この冷却部10の動作を制御する制御部6と、を備えている。

【0024】

(レーザ励起部)

発光部1は、レーザ励起部2に向かってレーザ励起光Z1を照射することが可能な位置に配される。レーザ励起部2は、例えばサファイヤやYAG(Yttrium Aluminum Garnet)結晶を有する媒質部21と、この媒質部21に対して熱的に接続されたヒートシンク部22と、を有している。

このレーザ励起部2における媒質部21に入射されたレーザ励起光Z1の数10%程度が、レーザ励起媒質によって励起されてレーザ光Z2となる。レーザ光Z2は、外部に取り出されて、例えばレーザ加工等の用に供される。

【0025】

このレーザ励起部2の媒質部21によってレーザ光Z2が得られる一方で、レーザ光Z2として取り出された成分を除く成分は、おおむね熱に変換される。この熱により、レーザ励起部2は局部的に発熱する。上述したように媒質部21にはヒートシンク部22が熱的に接続されていることから、媒質部21で生じた発熱は、ただちにヒートシンク部22に伝達される。

【0026】

さらに、このレーザ励起部2には、温度計測部5が設けられている。温度計測部5は、レーザ励起部2における媒質部21の温度を計測して数値化する装置である。温度計測部5としては例えば温度センサ等が用いられる。

【0027】

このように構成されたレーザ励起部2は、少なくとも一部(ヒートシンク部22)が、冷温状態に保たれたクライオスタットCの内部に露出している。すなわち、レーザ励起部2は、クライオスタットCの壁面を挟んで、該クライオスタットCの内外に臨んでいる。特に、クライオスタットCの内部を臨む面(ヒートシンク部22)は、平面状に形成されている。本実施形態では、このヒートシンク部22の全体にわたっておおむね均一の熱量が放射される場合について説明する。すなわち、本実施形態に係るヒートシンク部22は、その全体が発熱領域Sとされている。

【0028】

(冷却部)

ここで、レーザ励起部2によって励起されるレーザの発振限界(最大出力:W)は、レーザ励起媒質が低温であるほど、高くなる。したがって、レーザ励起部2を冷却するために、本実施形態に係るレーザ発振冷却装置100は冷却部10を備えている。冷却部10は、極低温液体Lを用いてレーザ励起部2を冷却する装置である。冷却部10は、この極低温液体Lを収容可能な収容タンク3と、収容タンク3の内部を加圧する加圧部31と、収容タンク3中の極低温液体Lを取り出してレーザ励起部2に供給する噴射供給部4と、を備えている。

【0029】

極低温液体Lとして、本実施形態では液体窒素を用いた例について説明する。収容タンク3は、液体窒素を液相状態で安定的に収容することが可能な容器である。すなわち、収容タンク3の内部は極低温に保たれている。この収容タンク3の内部の圧力は、加圧部31によって調整することができる。加圧部31としては、外部の圧力供給源(不図示)に接続された圧力弁が好適に用いられる。さらに、収容タンク3には、内部の圧力を計測す

10

20

30

40

50

るための圧力計測部 5 1 が設けられている。圧力計測部 5 1 の例としては、圧力値を電気信号として外部に出力することが可能な圧力計や圧力センサ等が挙げられる。

【 0 0 3 0 】

収容タンク 3 の体積が一定であることから、加圧部 3 1 によって収容タンク 3 内部の圧力を上げることで、極低温液体 L の温度を下げるができる。反対に、収容タンク 3 内部の圧力を下げることで、極低温液体 L の温度を上げるができる。

【 0 0 3 1 】

特に、本実施形態に係る冷却部 1 0 では、加圧部 3 1 によって収容タンク 3 の内部の圧力を下げ続けることで、収容タンク 3 内部の極低温液体 L をサブクール状態に維持する。例えば、極低温液体 L として液体窒素を使用する場合、大気圧下における液体窒素の飽和温度は - 1 9 6 であるが、サブクール状態にある場合、飽和温度を - 1 9 6 よりも低い値で維持することができる。また、加圧部 3 1 によって収容タンク 3 内部の圧力を調整することにより、サブクール状態にある極低温液体 L のサブクール度、すなわち飽和温度との差分をも調整することができる。

【 0 0 3 2 】

噴射供給部 4 は、レーザ励起部 2 のヒートシンク部 2 2 に対して極低温液体 L を噴射するための装置である。噴射供給部 4 は、極低温液体 L を噴射する噴射ノズル 4 1 と、この噴射ノズル 4 1 と収容タンク 3 とを接続する供給管 4 2 と、供給管 4 2 の中途に設けられた流量調整部 4 3 と、を備えている。

【 0 0 3 3 】

噴射ノズル 4 1 の先端部には、複数の噴射口 4 1 6 が二次元的に配列されている。供給管 4 2 を介して収容タンク 3 から噴射ノズル 4 1 に供給された極低温液体 L はこの噴射口 4 1 6 を通じて外部に噴射される。噴射ノズル 4 1 から噴射される極低温液体 L の流量は、流量調整部 4 3 によって調整することができる。流量調整部 4 3 としては、例えば絞り弁や流量調整弁等のように開度を調整することが可能な弁が好適に用いられる。

なお、以下の説明では、噴射ノズル 4 1 から極低温液体 L が噴射される噴射方向と呼ぶ。さらに、この噴射方向において、極低温液体 L が流れてくる側を上流側と呼び、上流側と反対の側（極低温液体 L が流れ去る側）を下流側と呼ぶ。

【 0 0 3 4 】

次に、噴射ノズル 4 1 の詳細な構成について図 3 と図 4 を参照して説明する。図 3 に示すように、本実施形態に係る噴射ノズル 4 1 は、供給管 4 2 と接続されるとともに、レーザ励起部 2（ヒートシンク部 2 2）に対向する面（噴射面 4 1 5）に複数の噴射口 4 1 6 が形成されている。

【 0 0 3 5 】

ノズル本体 4 1 1 は、供給管 4 2 の端部と接続される接続部 4 1 2 と、この接続部 4 1 2 の下流側で一体に設けられる拡径部 4 1 3、及び噴射部 4 1 4 と、を有している。接続部 4 1 2、拡径部 4 1 3、噴射部 4 1 4 はいずれも管状をなすことで、内部に極低温液体 L が流通する流路を形成する。

【 0 0 3 6 】

拡径部 4 1 3 の上流側の端部は、接続部 4 1 2 の下流側の端部と連通されている。さらに、上流側から下流側に向かうに従って、拡径部 4 1 3 の開口寸法（流路断面積）は次第に大きくなる。言い換えれば、拡径部 4 1 3 はおおむね漏斗状をなしている。

【 0 0 3 7 】

噴射部 4 1 4 は、拡径部 4 1 3 の下流側に一体に設けられるとともに、その下流側の面である噴射面 4 1 5 には、比較的の小径の噴射口 4 1 6 が複数形成されている。さらに、本実施形態では、この噴射面 4 1 5 は、上記のヒートシンク部 2 2 に対しておおむね平行をなす二次元平面上に広がっている。言い換えると、ヒートシンク部 2 2 と噴射面 4 1 5 とは、ヒートシンク部 2 2（又は噴射面 4 1 5）の広がる面方向の全体にかけて一定の距離だけ互いに離間している。

【 0 0 3 8 】

10

20

30

40

50

以上の構成により、供給管 4 2 を通じて噴射ノズル 4 1 に流入した極低温液体 L は、互いに連通する接続部 4 1 2 , 拡径部 4 1 3 , 噴射部 4 1 4 を経て、複数の噴射口 4 1 6 から外部に向かって噴射される。なお、これら噴射口 4 1 6 の設けられる個数や個々の開口形状は、除熱の対象であるレーザ励起部 2 の面積に応じて適宜に決定される。

【 0 0 3 9 】

続いて、上記複数の噴射口 4 1 6 の配置について、図 4 を参照して説明する。同図に示すように、本実施形態では、噴射面 4 1 5 はおおむね矩形をなしている。なお、噴射面 4 1 5 の形状は、レーザ励起部 2 の外形に応じて適宜に決定されてよい。上記の噴射方向下流側から見た場合、この噴射面 4 1 5 には、複数の噴射口 4 1 6 が格子状に配列されている。

10

【 0 0 4 0 】

より詳細には、矩形をなす噴射面 4 1 5 上において、複数の噴射口 4 1 6 の一部は、特定の一方向（第一方向 d 1）に間隔を空けて配列された群（配列群 m）を形成している。さらに、この第一方向 d 1 に直交する方向（第二方向 d 2）に間隔を空けて複数の配列群 m が設けられている。

【 0 0 4 1 】

特に、本実施形態では、上記の配列群 m のうち、互いに隣り合う一対の配列群 m における噴射口 4 1 6 のうち、一方の配列群 m の噴射口 4 1 6 と、他方の配列群 m の噴射口 4 1 6 との位置が、第一方向 d 1 において同一とされている。すなわち、複数の噴射口 4 1 6 は、噴射面 4 1 5 上で格子状に配列されている。なお、ここで言う「同一」とは、必ずしも完全に同一である必要はなく、加工による誤差等は許容される。

20

【 0 0 4 2 】

さらに、これら複数の噴射口 4 1 6 における各部の寸法は以下の条件を充足するように設定されている。具体的には、噴射口 4 1 6 の開口径を d とし、噴射面 4 1 5 からヒートシンク部 2 2 までの離間寸法を H とし、互いに隣り合う 2 つの噴射口 4 1 6 同士の離間距離を P としたとき、以下の（ 1 ）式、及び（ 2 ）式の関係が成立する。

$$\frac{3}{2} \frac{H}{d} \geq 7 \quad \dots (1)$$

$$\frac{P}{d} \geq 10 \quad \dots (2)$$

【 0 0 4 3 】

特に、上記 P / d の値は、式（ 2 ）に示す数値範囲（ 2 以上 1 0 以下）のうち、 2 以上 5 未満に設定されることが最も望ましい。

30

【 0 0 4 4 】

（制御部）

制御部 6 は、レーザ励起部 2 の温度に応じて極低温液体 L のサブクール度を調整し、最適な冷却効果を得るための装置である。図 2 に示すように制御部 6 は、外部から電気信号としての各種計測値が入力されるとともに、計測値と対照すべきデータを記憶する入力記憶部 6 1 と、この入力記憶部 6 1 に入力された入力値に基づいて演算を行う演算部 6 2 と、演算部 6 2 の出力する演算値に基づいて外部に指示値を出力する指示部 6 3 と、を有している。

40

【 0 0 4 5 】

ここで、極低温液体 L のサブクール度は、収容タンク 3 内の圧力を調整することで変化させることができる。例えば、収容タンク 3 内部の圧力を上げた場合、極低温液体 L のサブクール度を上げることができる。一方で、収容タンク 3 内部の圧力を下げた場合、極低温液体 L のサブクール度を下げることができる。

【 0 0 4 6 】

さらに、レーザ励起部 2 を冷却するための極低温液体 L のサブクール度が増加するほど、極低温液体 L の限界熱流束は上昇する。すなわち、サブクール度が増加するほど、レーザ励起部 2 におけるレーザ発振限界値は向上する。したがって、ある値のレーザ出力を得ている場合、当該レーザ出力を維持するために必要な最低限のサブクール度（目標サブクール度）が存在する。

50

本実施形態に係る制御部 6 では、温度値として計測されたレーザ出力に基づいて、必要とされる目標サブクール度を演算部 6 2 が演算によって求め、この目標サブクール度を目標して指示部 6 3 が加圧部 3 1 に対して指示信号を送り、収容タンク 3 内部の圧力を調整する。すなわち、この場合、制御部 6 は加圧部 3 1 による加圧力を調整することで、極低温液体 L のサブクール度を変化させるための装置として動作する。

【 0 0 4 7 】

さらに、以上のような構成によれば、複数配列されたそれぞれの噴射口 4 1 6 から極低温液体 L が噴射される。これにより、比較的大きな面積を冷却するに際して、例えば大口径の噴射口 4 1 6 を 1 つのみ設けた場合に比べて、極低温液体 L の使用量を低減できる。言い換えれば、上記の構成によれば、レーザ励起部 2 の冷却に供されずに流れ去る極低温液体 L の量（余剰量）を低減し、単位流量当たりの冷却能力（除熱量）を最適化することができる。

10

【 0 0 4 8 】

さらに、レーザ励起部 2 に噴射された極低温液体 L は、該レーザ励起部 2 の表面に沿って高速で流動する高速液膜を形成する。具体的には図 2 等に示すように、各噴射口 4 1 6 から噴射された極低温液体 L の噴流は、ヒートシンク部 2 2 に衝突することで該ヒートシンク部 2 2 の表面に沿って流れ、高速液膜を形成する。これにより、ヒートシンク部 2 2 の表面では、高速で流通する極低温液体 L が膜状となって常態的に熱交換を行う。これにより、レーザ励起部 2 の発熱をさらに効果的に除熱することができる。

【 0 0 4 9 】

加えて、上述したように、本実施形態ではサブクール状態の極低温液体 L によって高速液膜を形成することから、極低温液体 L 中における核沸騰が維持された状態となる。言い換えれば、この極低温液体 L 中で膜沸騰が生じる可能性が低減されている。これにより、極低温液体 L の過度な蒸発が抑制されるため、レーザ励起部 2 に対する十分な冷却能力を得ることができる。

20

【 0 0 5 0 】

さらに、本実施形態では、複数の噴射口 4 1 6 は、極低温液体 L の噴射方向から見て、噴射方向に直交する第一方向 d 1 に間隔を空けて配列された配列群 m を形成するとともに、この配列群 m は、第一方向 d 1 に直交する第二方向 d 2 に間隔を空けて複数設けられている。すなわち、複数の噴射口 4 1 6 は、噴射面 4 1 5 上で格子状をなしている。

30

【 0 0 5 1 】

上述のような構成によれば、レーザ励起部 2 の表面上（ヒートシンク部 2 2 上）で形成される極低温液体 L の高速液膜の厚さを、該表面の全体にわたっておおむね均一化することができる。これにより、ヒートシンク部 2 2 における除熱量の偏りを抑制することができる。

【 0 0 5 2 】

加えて、本実施形態では、複数の噴射口 4 1 6 の寸法は、上記式（ 1 ）、式（ 2 ）に示す関係を満たすように設定されている。

【 0 0 5 3 】

ここで、本実施形態のように、極低温液体 L の噴流による発熱体（レーザ励起部 2 ）の冷却特性（冷却能力）は、極低温液体 L の流速が高いほど大きくなることが知られている。特に P/d の値は、噴射口 4 1 6 における極低温液体 L の流速を最適化する上で支配的な指標であることが知られている。例えば、この P/d の値を式（ 2 ）の範囲外に設定した場合、極低温液体 L の流速は低下してしまい、レーザ励起部 2 に対する冷却能力を十分に確保できない可能性がある。しかしながら、本実施形態では上記の各条件を満たすことにより、極低温液体 L の流速を最大化することができる。

40

【 0 0 5 4 】

さらに、このような構成によれば、レーザ励起部 2 を十分に冷却できるとともに、レーザ励起部 2 において除熱を要する領域の面積が広がった場合であっても、必要な極低温液体 L の流量の増加を抑制することができる。

50

【 0 0 5 5 】

つまり、上記の各条件（式（１）、式（２））の関係を満たす噴射ノズル４１を用いることにより、極低温液体Ｌの流速の最大化と、極低温液体Ｌの使用量の削減とを両立した上で、十分に良好な冷却能力を得ることができる。

【 0 0 5 6 】

以上、本発明の第一実施形態について図面を参照して説明した。しかしながら、上記の実施形態はあくまで一例に過ぎず、本発明の要旨を逸脱しない限りにおいて種々の変更や改修を加えることが可能である。

例えば、上記実施形態では、噴射面４１５が概ね矩形に形成された例について説明した。しかしながら、噴射面４１５の形状は矩形に限定されず、円形や楕円形であってもよく、さらには三角形や五角形であってもよい。要するに、噴射面４１５の形状は、該噴射面４１５が対向するレーザ励起部２（ヒートシンク部２２）の全体を覆うことができる限りにおいては任意に決定されてよい。

【 0 0 5 7 】

〔第二実施形態〕

次に、本発明の第二実施形態について、図５を参照して説明する。なお、上記第一実施形態と同様の構成や部材については同一の符号を付し、詳細な説明を省略する。同図に示すように、本実施形態に係るレーザ発振冷却装置１００では、噴射ノズル４１の内部に多孔部材４１７が設けられている。この多孔部材４１７は、より詳細には拡径部４１３と噴射部４１４との間の境界面内に設けられるおおむね板状の部材である。

【 0 0 5 8 】

さらに、多孔部材４１７には極低温液体Ｌの噴射方向に貫通する複数の孔部４１８が形成されている。これら複数の孔部４１８は、互いに同一の形状及び寸法を有している。本実施形態では、これら孔部４１８はいずれも略円形の断面形状（噴射方向における断面形状）を有している。

【 0 0 5 9 】

上記のような構成により、接続部４１２及び拡径部４１３を経て流入した極低温液体Ｌは、多孔部材４１７の上流側の領域（すなわち、拡径部４１３の内部）で一定時間だけ滞留した後、多孔部材４１７の孔部４１８を通過する。これにより、多孔部材４１７の下流側の領域（すなわち、噴射部４１４の内部）における極低温液体Ｌが整流される。言い換えると、多孔部材４１７の延在する領域のおおむね全体にかけて、極低温液体Ｌの流量を均一化することができる。これにより、それぞれの噴射口４１６から噴射される極低温液体Ｌの流量を均一化することができるため、ヒートシンク部２２上における除熱量にムラが生じる可能性を低減することができる。

【 0 0 6 0 】

〔第三実施形態〕

続いて、本発明の第三実施形態について、図６を参照して説明する。なお、上記の各実施形態と同様の構成や部材については同一の符号を付し、詳細な説明を省略する。同図に示すように、本実施形態に係るレーザ発振冷却装置１００では、複数の噴射口４１６の配置が上記の各実施形態とは異なっている。

【 0 0 6 1 】

具体的には、本実施形態では、互いに隣り合う一対の噴射口４１６の配列群ｍのうち、一方の配列群ｍにおける噴射口４１６の位置と、他方の配列群ｍにおける噴射口４１６の位置とが、上記の第一方向ｄ１で異なっている。言い換えれば、これら複数の噴射口４１６は噴射面４１５上で千鳥状（staggered）に配列されている。

【 0 0 6 2 】

このような構成によれば、レーザ励起部２の表面上で形成される極低温液体Ｌの高速液膜の厚さを、該表面の全体にわたってさらに均一化することができる。さらに、このような構成によれば、一定の面積の平面内により多くの噴射口４１６を高い密度で設けることができる。したがって、ヒートシンク部２２における除熱量をさらに大きくすることがで

10

20

30

40

50

きるとともに、極低温液体 L の使用量の増大を抑制することができる。

【0063】

さらに、本実施形態における複数の噴射口 416 についても、上記式 (1)、式 (2) の各条件を充足するように各寸法を設定することが可能である。

【0064】

加えて、本実施形態における噴射ノズル 41 に対して、上記の第二実施形態に記載された多孔部材 417 を設けることも可能である。これにより、ヒートシンク部 22 上における除熱量にムラが生じる可能性を低減することができる。

【0065】

[第四実施形態]

さらに、本発明の第三実施形態について、図 7 を参照して説明する。なお、上記の各実施形態と同様の構成や部材については同一の符号を付し、詳細な説明を省略する。同図に示すように、本実施形態に係るレーザ発振冷却装置 100 では、レーザ励起部 2 における発熱量の分布と、複数の噴射口 416 の配置とが上記の各実施形態とは異なっている。

【0066】

詳細には、本実施形態では、レーザ励起部 2 におけるヒートシンク部 22 のうち、その一部の領域における発熱量が、他の領域に比べて相対的に高くなっている。すなわち、本実施形態では、ヒートシンク部 22 がなす矩形の領域のうち、その重心を含む中央の領域が、発熱領域 S とされている。

【0067】

さらに、本実施形態に係る噴射ノズル 41 では、複数の噴射口 416 のうち、発熱領域 S に相対的に近い噴射口 416 になるほど開口径が大きく、発熱領域 S から相対的に遠い噴射口 416 になるほど開口径が小さく設定されている。より具体的には、上記の噴射方向から見て、発熱領域 S と重なる領域では、噴射口 416 の開口径が相対的に大きく設定されている。一方で、噴射面 415 上でこの発熱領域 S を除く領域と重なる領域では、噴射口 416 の開口径が相対的に小さく設定されている。

【0068】

このような構成によれば、発熱領域 S に臨む噴射口 416 からは相対的に多くの極低温液体 L が噴射される。すなわち、発熱領域 S に対して集中的に、より多くの極低温液体 L を噴射することができる。これにより、レーザ励起部 2 のヒートシンク部 22 における温度分布をさらに均一化することができる。

【0069】

特に、レーザ励起部 2 の発熱領域 S が予め特定されている場合には、上記の構成を採ることで、よりレーザ励起部 2 における除熱量をより高い精度でコントロールすることができる。

【0070】

なお、本実施形態における噴射ノズル 41 に対して、上記の第二実施形態に記載された多孔部材 417 を設けることも可能である。これにより、ヒートシンク部 22 上における除熱量にムラが生じる可能性を低減することができる。

【0071】

さらに、上記の実施形態、及び図 7 の例では、発熱領域 S の臨む噴射口 416 同士で開口径が互いに同一である構成について説明した。しかしながら、これら噴射口 416 同士の開口径は、発熱領域 S 内であっても互いに同一である必要はなく、発熱領域 S の中心部側から縁部側に向かうに従って次第に開口径が小さくなるように、又は大きくなるように形成されていてもよい。すなわち、発熱領域 S 内におけるさらに微視的な温度分布が予め得られている場合、この温度分布に対応するように、噴射口 416 の開口径を設定することが望ましい。具体的には、温度が相対的に高い領域に臨む噴射口 416 の開口径は相対的に大きく設定され、反対に温度が相対的に低い領域に臨む噴射口 416 の開口径は相対的に小さく設定されることが望ましい。

以上のような構成を採ることで、ヒートシンク部 22 における温度分布をさらに高い精

10

20

30

40

50

【 図 4 】

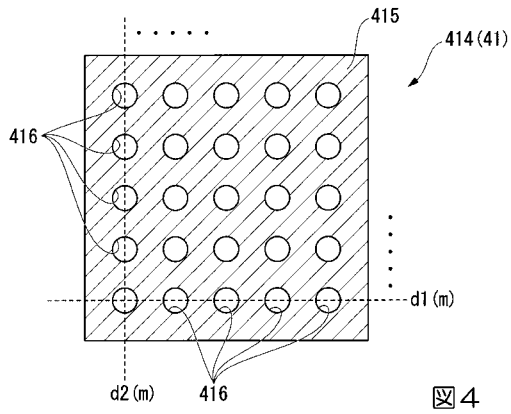


図 4

【 図 5 】

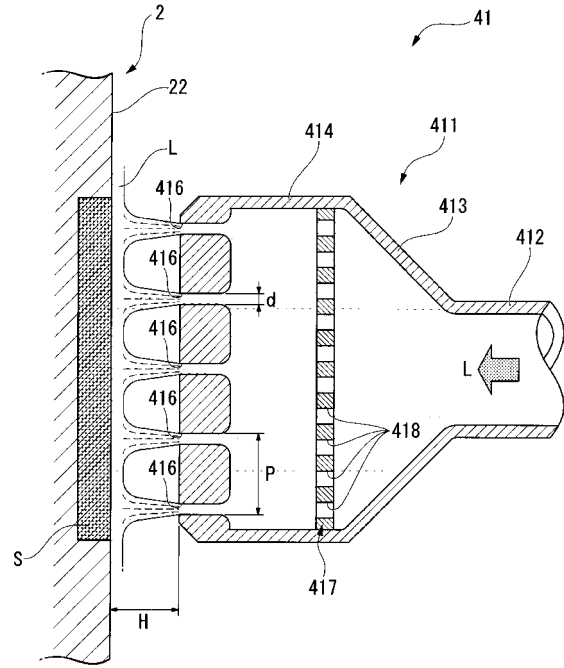


図 5

【 図 6 】

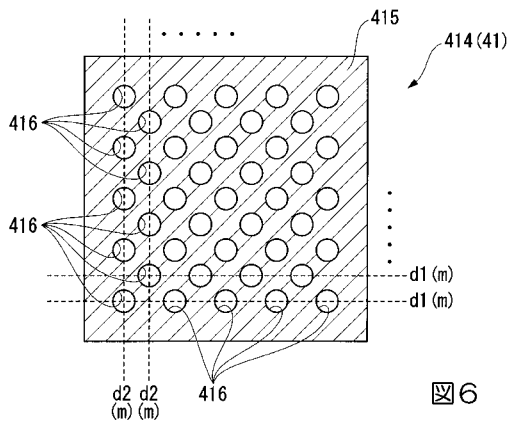


図 6

【 図 7 】

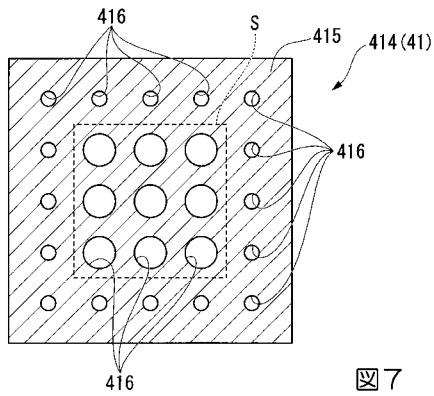


図 7

フロントページの続き

- (72)発明者 笠原 二郎
東京都港区港南二丁目1番5号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 仲谷 潤之助
東京都港区港南二丁目1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1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1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1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1番5号 三菱重工業株式会社内
- Fターム(参考) 5F172 AE03 AE06 NP12 NS01 NS09 NS18 NS30