(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2006 年12 月7 日 (07.12.2006)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2006/129502 A1

(51) 国際特許分類:
*H01S 3/02* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2006/310040

(22) 国際出願日: 2006 年5 月19 日 (19.05.2006)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2005-162607 2005 年6 月2 日 (02.06.2005) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目７番３号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 藤川 周一 (FUJIKAWA, Shuichi) [JP/JP]; 〒1008310 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 Tokyo (JP). 加野 潤二 (KANO, Junji) [JP/JP]; 〒1008310 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 Tokyo (JP). 久場 一樹 (KUBA, Kazuki) [JP/JP]; 〒1008310 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 Tokyo (JP).

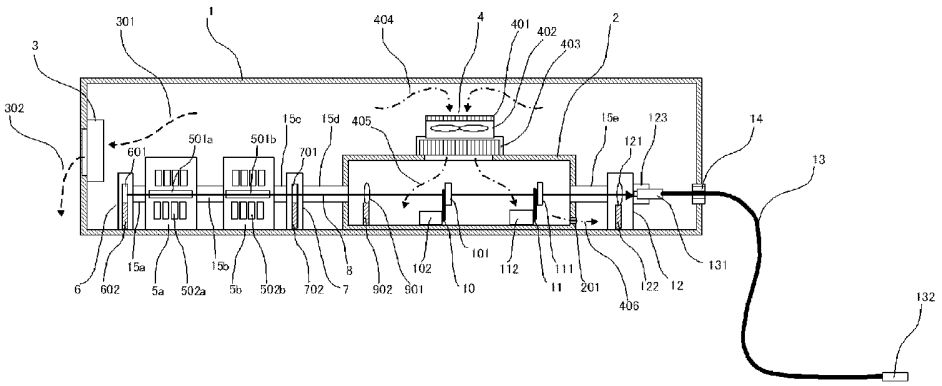
(74) 代理人: 高橋 省吾, 外(TAKAHASHI, Shogo et al.); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目７番３号 三菱電機株式会社 知的財産センター内 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO,

[続葉有]

(54) Title: SOLID-STATE LASER DEVICE

(54) 発明の名称: 固体レーザ装置




(57) Abstract: In a solid state laser device, the device has a single outer housing (1) with a substantially enclosed structure, one or more inner housings (2) are disposed in the outer housing (1), an air purification unit (4) for purifying air and feeding the purified air to the inner housing (2) is provided at a part or the entire part of the inner housing (2), laser light sources (5, 6, 7) including a solid state laser medium (501) and an optical resonator and also including optical systems (10, 11, 901) for transmitting or blocking laser light (8) emitted from the laser light sources are arranged in the outer housing (1), and the laser light sources (5, 6, 7) and the optical systems (10, 11, 901) or a part of the optical systems are received in the inner housing (2). The solid state laser device is simple in structure, small in size, and inexpensive, and also, the device is constructed so that degradation of optical parts and moisture condensation are prevented and that it can supply laser light stably.

(57) 要約: 固体レーザ装置において、略密閉構造を有する単一の外部筐体（１）を備え、前記外部筐体（１）内に単数もしくは複数の内部筐体（２）を設け、前記内部筐体（２）の一部もしくは全部に外部筐体（１）内の空気を浄化し内部筐体（２）内に供給する空気清浄ユニット（４）を備え、前記外部筐体（１）内に、固体レーザ媒質（５０１）ならびに光共振器を含むレーザ光源（５、６、７）、ならびに前記レーザ光源より発せられたレーザ光（８）を伝送、もしくは遮断する光学系（１０、１１、９０１）を配設するとともに、前記レーザ光源（５，６，７）、および前記光学系（１０、１１、９０１）、もしくはその一部を、前記内部筐体（２）内へ収納することにより、簡易、小型かつ安価な構成のもとで、光学部品の劣化、ならびに結露を防止し、安定にレーザ光を供給することができる。

WO 2006/129502 A1

RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

２文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

# 明 細 書

## 固体レーザ装置

## 技術分野

[0001] この発明は、固体レーザ装置の高信頼化に関する。

## 背景技術

[0002] 固体レーザ装置では、光路外部からの粉塵の混入によって、光路中に設置される光学部品が汚染され、レーザ光の透過率が低下するという問題点があった。また光学部品表面に付着した粉塵が、この光学部品を通過するレーザ光を散乱し、レーザ光の集光性を低下させるという問題点があった。また、光学部品表面への付着物がレーザ光を吸収し、光学部品表面に施したコーティングを破壊するとともに、光学部品の母材に対しても損傷を与えるという問題点があった。

[0003] そこで、従来の固体レーザ加工装置においては、粉塵を除去するために、密閉された容器内に光学素子を配置し、この容器内に気体清浄器を設け、容器内の気体を浄化することで、上記問題を解決していた(例えば、特許文献1)。また、光学系をカバーで覆い、ダストフィルタを介して外部より導入した清浄化気体によってカバー内部を加圧することで、光学系への粉塵付着を防止していた(例えば、特許文献2)。

[0004] 特許文献1:特開平5－7043号公報(第0013乃至第0017段落、第1図)
特許文献2:特開平8－332586号公報(第0028段落、第1図)

## 発明の開示

## 発明が解決しようとする課題

[0005] レーザ光路への粉塵の混入を防止するためには、特許文献1に記載のように、光学系を完全に密閉した容器に配することが望ましい。しかし、完全密閉構造とするためには、Oリング等シール手段が必要になることに加え、堅固な箱体構造にて光学部品周囲を覆う必要があるため、構成が複雑になり、保守性が低下するとともに、製造コストも増加するという問題点があった。

[0006] ただし、特許文献1に記載されたように、光学素子数が少ない光学系を有した小型のレーザ装置においては、光学系を収容する容器も小さくて済み、光学系を配した

容器を密閉することは可能である。一方、例えば出力が1kWを超えるような大型のレーザ装置においては、光学素子数が多くなり光学系が大型化し、光学系を収容する容器が大型化もしくは複数必要となり、光学系を配した容器の完全密閉化は困難であった。また、光学素子が増加することにより、光学素子の駆動や冷却に必要な電気配線や冷却配管も多く、容器内部への配線もしくは配管用の穴が多数必要であり、容器の密閉度の低下を招く要因となり、光学系を収容する容器を完全に密閉することは実際上不可能であった。

[0007] そのため、光学系を収容する容器の完全密閉が困難なレーザ装置については、光学系を略密閉されたカバーで覆い、各カバー間をダクトで連通し、そのダクト内にレーザ光を通す防塵構造を採用したが、十分な防塵効果は得られなかった。そこで、レーザ装置をクリーンルーム等外部雰囲気の清浄度が管理された環境中へ配置し、粉塵の影響を完全密閉に近い状態にするという方法が一般的に用いられており、レーザ装置の設置にクリーンルーム等が必要となり、コストや設置面積の増加、設置場所が限定される等が問題となっていた。

[0008] また、特許文献2に記載のように、外気を浄化して光学系を収容する容器内に送り込み容器内を正圧にする場合、容器の完全密閉は必要でないので大型のレーザ装置にも摘要できる。しかし、外部の空気を直接浄化して容器内に送り込んでいるため、クリーンルーム等へ配置しない限り、浄化するダストフィルタの目詰まりが短時間で発生し、消耗部品交換にともなう生産性の低下やランニングコストの増加をもたらすという問題点がある。

[0009] さらに、従来のレーザ装置においては、光学系の雰囲気湿度が管理されておらず、レーザ装置の周囲温度の上昇によって光学部品に結露が発生し、光学部品表面のコーティングが劣化するとともに、結露した光学部品を通過するレーザ光の集光性を低下させるという問題点があった。

[0010] この発明は、かかる問題点を解決するためになされたものであり、簡易、小型かつ安価な構成のもとで、光学部品の劣化、ならびに結露を防止し、安定にレーザ光を供給することが可能な、信頼性の高い固体レーザ装置を提供することを目的としている。

## 課題を解決するための手段

[0011] この発明に係る固体レーザ装置においては、固体レーザ媒質と光共振器を有したレーザ光源と、前記レーザ光源より発せられたレーザ光を伝送または遮断する光学系と、略密閉構造を有し前記レーザ光源と前記光学系を内部に配置する外部筐体と、前記外部筐体内部に設けられ前記レーザ光源、前記光学系または前記光学系の一部を内部に配置する単数もしくは複数の内部筐体と、前記外部筐体内の空気を浄化し、前記内部筐体内にこの浄化した空気を供給し、前記内部筐体内の気圧を前記外部筐体内の気圧よりも高くする清浄空気供給手段と、を備えたものである。

## 発明の効果

[0012] この発明は以上説明したように、レーザ光を伝送もしくは遮蔽する光学系の周囲雰囲気を、常に清浄な状態に維持することができるので、クリーンルーム等外部雰囲気の清浄度が管理された環境中へ配置しなくても、光学部品の劣化、ならびに異物付着にともなう光学部品の損傷を防止し、固体レーザ装置の信頼性向上を図ることができる効果がある。

## 図面の簡単な説明

[0013] [図1]この発明の実施の形態1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]この発明の実施の形態2における固体レーザ装置の構成を示す模式図である。
[図3]この発明の実施の形態3における固体レーザ装置の構成を示す模式図である。
[図4]この発明の実施の形態4における固体レーザ装置の構成を示す模式図である。

## 発明を実施するための最良の形態

[0014] 実施の形態1.

図1は、この発明の実施の形態1における固体レーザ装置の構成を示す模式図である。図1において、1は略密閉構造を有する外部筐体で、レーザ光、ならびに散乱光の外部への漏洩を防止する保護筐体を兼ねる。ここで、略密閉構造とはIEC規格529に基づき規定された異物浸入保護等級で、IP21乃至IP56、もしくは当該等級相当の密閉性を有した構造を意味する(以下同様)。2は、外部筐体1内に配設された内部筐体である。3は、外部筐体1の側壁面に設置された除湿手段である除湿機

で、外部筐体1内の水分を外部筐体1外へ放出する。301、302は、外部筐体1内の水分301、ならびに外部筐体1外へ放出される水分302を、模式的に示した点線である。なお本実施の形態では、除湿機3に固体高分子電解質膜を利用し、外部筐体1内の水分301を電気分解する菱彩テクニカ株式会社製のSP除湿機ロサールを使用している。4は、内部筐体2の天板部に配設された清浄空気供給手段である空気清浄ユニットで、粒径数10乃至数100ミクロンの粉塵を予め除去するプレフィルタ401、外部筐体1内の空気を内部筐体2中へ導入するファン402、粒径10ミクロン以下の粉塵まで除去することができるメインフィルタ403から構成されている。本実施の形態では、プレフィルタ401には、グラスウールを使用しており、またメインフィルタ403には、粒径0．3ミクロンの粒子を99．97%以上捕集することができるHEPA(High Efficiency Particle Air Filter)フィルタを使用している。404は、外部筐体1中の空気、405は、空気清浄ユニット4によって内部筐体2中へ導入される空気、406は、内部筐体2の排気口201から外部筐体1中へ排出される空気を示す一点鎖線である。ここで、排気口201は特別に設けなくとも、内部筐体2への配線や配管に伴う隙間等を利用してもかまわない。

[0015] 5a、5bは、キャビティユニットを示しており、カバーにより略密閉されたキャビティユニット5a、5bの内部には、ロッド型固体レーザ媒質501a、501b、ならびにロッド型固体レーザ媒質501a、501bを光励起するための励起光源である半導体レーザ502a、502bが配設されている。なお本実施の形態においては、ロッド型固体レーザ媒質501a、501bに活性媒質としてNd(ネオジウム)がドープされたYAG(イットリウムアルミニウムガーネット)結晶を使用しており、単一のキャビティユニット501a、501bから約500Wのレーザ出力を取り出すことができる。また図1中には図示してはいないが、実際のキャビティユニット5a、5b中には、ロッド型固体レーザ媒質501a、501bを固定するための手段や、半導体レーザ502a、502bを冷却するための手段等が設置されている。6はTR(Total Reflector)ユニットであり、略密閉されたカバー内部に、全反射鏡601、ならびに全反射鏡601を保持し、かつ全反射鏡601の角度調整機構が設けられた全反射鏡ホルダ602が配設されている。7はPR(Partial Reflector)ユニットで、TRユニット6と同じく略密閉されたカバー内部に、部分反射鏡701、なら

びに部分反射鏡701を保持し、かつ部分反射鏡701の角度調整機構が設けられた全反射鏡ホルダ702が配設されている。なお全反射鏡601と部分反射鏡701は光共振器を構成しており、半導体レーザ502a、502bによって光励起されたロッド型固体レーザ媒質501a、501bより、レーザ光8を発生させる。

[0016] 901は、内部筐体2中に配設されたコリメートレンズで、レーザ光8を平行化する。902は、コリメートレンズ901を保持し、かつコリメートレンズ901の上下、水平方向に対する調整機構が設けられたコリメートレンズホルダである。10は、内部筐体2中に配設されたプロセスシャッタユニットで、プロセスシャッタミラー101を、サーボモータ102によって、レーザ光8の光軸中に挿入、退避させることで、レーザ光8の出射、遮断を制御する。11は、内部筐体2中に配設された安全シャッタユニットで、レーザ運転中はサーボモータ112によって、安全シャッタミラー111をレーザ光8の光軸から退避させ、レーザ停止時には、安全シャッタミラー111をレーザ光8の光軸中へ挿入することにより、レーザ光8が外部へ出射することを確実に防止する。

[0017] 12はファイバ入射ユニットで、略密閉されたカバー内部に、結合レンズ121、ならびに結合レンズ121を保持し、かつ結合レンズ121の上下、水平、光軸方向に対する調整機構を有する結合レンズホルダ122が配設されている。13は、レーザ光を伝送する光ファイバで、131は光ファイバ13のレーザ光入射側に配設された入射側ファイバコネクタ、132は光ファイバ13のレーザ光出射側に配設された出射側ファイバコネクタである。入射側ファイバコネクタ131は、ファイバ入射ユニット12に配設されたレセプタクル123によって、ファイバ入射ユニット12へ堅固に固定されている。コリメートレンズ901によって平行化されたレーザ光8を、結合レンズ121によって集光し、光ファイバ13中へ導入する。なお、光ファイバ13を外部筐体1の外側へ取り出すための開口部では、ウレタンゴム製のパッキン14を使用し、密閉性を維持している。15a、15b、15c、15d、15eは、各ユニット間において、レーザ光8、ならびに散乱光の漏洩を防止するために設けたビームダクトであり、図示はしていないが、各ユニットとの接続部では、シリコンゴム製のOリングを使用し、密閉性を維持している。

[0018] 本実施の形態によれば、略密閉構造を有する外部筐体1中に内部筐体2を設け、空気清浄ユニット4により外部筐体1内の空気を清浄化して内部筐体2中へ供給する

ことにより、内部筐体2内の気圧を外部筐体1内の気圧より高めているので、クリーンルーム等外部雰囲気の清浄度が管理された環境中へ配置しなくても、内部筐体2中への粉塵等異物の浸入を防止するとともに、内部筐体2中に設置された光学部品周囲の雰囲気を常に清浄な状態に維持することができる。また、内部筐体2中でアウトガスが発生した場合であっても、清浄な空気とともに排気口201から排出されるため、1kWを越える高出力レーザ光を、内部筐体2中に設置された光学部品で透過もしくは反射させた場合であっても、光学部品の劣化、ならびに損傷を効果的に防止し、長寿命化を図ることができる。また定期的に実施する光学部品のクリーニング周期を長くすることができるので、装置のメンテナンスに要するダウンタイムの短縮が可能であることに加え、ランニングコストの低減も図ることができる。また本実施の形態では、PRユニット7、ならびにファイバ入射ユニット12は、密閉構造を有するビームダクト15d、15eを介してそれぞれ連通しているため、PRユニット7、ならびにファイバ入射ユニット12中も常に清浄な空気で満たされ、内部筐体2中に配置した場合と同様な効果を得ることができる。

[0019] また本実施の形態によれば、略密閉構造を有する外部筐体1内の空気を、空気清浄ユニット4を介して循環させる構成としているため、粉塵量が管理されていない環境に設置された場合であっても、空気清浄ユニット4中のフィルタが短時間で目詰まりすることを防止し、消耗部品交換にともなう生産性の低下やランニングコストの増加を抑えることができる。またメンテナンス等により、外部筐体1、内部筐体2を開放した場合であっても、短時間で空気の清浄度が回復するため、メンテナンスに要するダウンタイムを更に短縮することが可能である。

[0020] また本実施の形態によれば、外部筐体1の側壁に開口を設け、除湿機3を設置することにより、外部筐体1中の空気に含まれる水分を外部筐体1外へ排出する構成としているので、温度および湿度が管理されていない環境に設置された場合であっても、外部筐体1内の相対湿度は、常に設定値以下に維持され、光学部品の結露を防止するとともに、周囲環境に依らず常に安定したレーザ光の供給が可能になる。

[0021] なお本実施の形態によれば、保護筐体を兼ねた単一の外部筐体1中に、キャビティユニット5a、5b、TRユニット6、PRユニット7からなるレーザ光源と、レーザ光源より発

せられたレーザ光8を光ファイバ13へ結合するための光学系の両者を配設するとともに、外部筐体1中に内部筐体2を設け、該内部筐体2中へ光学系を配設する構成としているため、簡易、かつコンパクトな構成のもとで、光学部品周囲の空気清浄度を効果的に改善し、光学部品の長寿命化を図ることができる。更に、振動や機械的な外乱が生じた場合であっても、レーザ光源の光軸と光学系の光軸は乖離することがないため、光軸ずれにともなう光ファイバ13の入射端面での損傷を防止し、信頼性に優れたレーザ光のファイバ伝送を行い、安定したレーザ光の供給が可能になる。

[0022] 実施の形態2.

図2は、この発明の実施の形態2における固体レーザ装置の構成を示す模式図である。本実施の形態においては、略密閉構造を有する単一の外部筐体1中に、2つの内部筐体2a、2bを設けている。第1の内部筐体2a中には、前記実施の形態1と同じく、コリメートレンズ901、ならびにプロセスシャッタユニット10、安全シャッタユニット11が配設されている。また第2の内部筐体2b中には、2台のキャビティユニット5a、5b、ならびに全反射鏡601、部分反射鏡701からなるレーザ光源が配設されている。

[0023] 本実施の形態に示すように、単一の外部筐体1中に複数の内部筐体2a、2bを設ける構成としても、前記実施の形態1と同様な効果が得られるばかりでなく、キャビティユニット5a、5bを内部筐体2b中に配設すれば、キャビティユニット5a、5b単体での密閉性に対する要求を緩和することができるばかりでなく、励起光源として使用する半導体レーザ501a、501bの発光部周囲を常に清浄な状態に維持することができるので、半導体レーザ501a、501bの劣化を効果的に防止し、長寿命化を図ることができる。更に全反射鏡601、部分反射鏡701、キャビティユニット5a、5b間の光路を、ビームダクトにて密閉する必要がないため、レーザ光源の組立、ならびに保守調整が容易なるという効果もある。

[0024] なお本実施の形態においては、第1、第2の内部筐体2a、2bにそれぞれ空気清浄ユニット4a、4bを設置する構成を示したが、第1の内部筐体2aと第2の内部筐体2bは、ビームダクト15aによって連通しているため、第1、第2の内部筐体2a、2bのうち、どちらか一方にのみ空気清浄ユニット4を設置しても、内部筐体4内の空気洗浄度を維持し、本実施の形態と同様な効果が得られるばかりでなく、空気清浄ユニット4の

台数を削減できるので、製造、組立ならびにランニングコストの低減を図ることができる。

[0025] 一方、本実施の形態と同様に、複数個の内部筐体2に対し、複数個の空気清浄ユニット4を設置する構成とすれば、任意の空気清浄ユニット4が、フィルタ目詰まり等により機能が低下、もしくは故障により機能を停止した場合であっても、各内部筐体2内の空気清浄度が維持され、空気清浄ユニット4の故障に対するリスクを低減することができる。また、メンテナンス等によって内部筐体2を外気へ開放した際にも、復旧時に短時間で清浄度を回復できるので、メンテナンスにともなうダウンタイムを短縮することができるという効果がある。

[0026] なお単一の内部筐体2に対し、複数の空気清浄ユニット4を設置する構成としても、空気清浄ユニット4の故障に対するリスクを低減し、外気開放時の清浄度回復時間を短縮することができる効果があることは言うまでもない。

[0027] 実施の形態3.

図3は、この発明の実施の形態3における固体レーザ装置の構成を示す模式図である。本実施の形態においては、レーザ光8を光ファイバ13へ伝送する光学系を構成するユニットであるコリメートレンズ901、プロセスシャッタユニット10、安全シャッタユニット11に対し、内部筐体2a、2b、2cを個別に設置している。本実施の形態によっても、前記実施の形態1乃至実施の形態2と同様な効果が得られるばかりでなく、各ユニットに対し個別に内部筐体2a、2b、2cを設けているので、各ユニットのメンテナンス作業を実施する際、対象となるユニット部分のみ内部筐体2を開放すればよいので、他のユニットの内部筐体2中へ、粉塵等が浸入するリスクを効果的に低減し、更に信頼性を高めることができる。

[0028] なお本実施の形態においては、内部筐体2a、2b、2c中へ、それぞれコリメートレンズ901、プロセスシャッタユニット10、安全シャッタユニット11を収容する構成について示したが、内部筐体2中に設置するユニットはこれに限るものではない。例えば、複数の光ファイバ13にレーザ光8を結合する構成であれば、レーザ光8を複数の光路へ分割するためのユニットを内部筐体2内に設置してもよい。

[0029] 要はレーザ光8を透過、もしくは反射する光学部品を含むユニットを、外部筐体1中

に設置された内部筐体2中へ設置し、空気清浄ユニットにより光学部品周囲を清浄な状態に維持すれば、光学部品の劣化、損傷を効果的に防止し、信頼性に優れた固体レーザ装置を得ることができる。外部筐体1中へ配置する内部筐体2の個数、内部筐体内に配置する光学部品の数、種類については、大きさや構成、メンテナンス方法等目的に応じて適宜設計すればよい。例えば、レーザ光源と光学系の両者を、単一の内部筐体2中へ設置する構成としてもよい。

[0030] 実施の形態4.

図4は、この発明の実施の形態4における固体レーザ装置の構成を示す模式図である。なお本実施の形態においては、非線形光学結晶を用いた波長変換技術により、第2高調波を発生する構成を示している。図4中、161は、第1の内部筐体2a中において、ロッド型固体レーザ媒質501と全反射鏡601の間に配設された音響光学素子で、一定の周期で共振器損失に変調を与えることで、Qスイッチパルス発振を行う。162は、音響光学素子161を保持し、かつ音響光学素子161の角度調整機構が設けられた音響光学素子ホルダである。本実施の形態においても、ロッド型固体レーザ媒質501には、Nd(ネオジウム)がドープされたYAG(イットリウムアルミニウムガーネット)結晶を使用しており、第1の内部筐体2a中に設置されたレーザ光源からは、波長が1064nm(ナノメータ)で、パルス幅が60乃至70ns(ナノ秒)程度の基本波パルス光8が発せられる。

[0031] 171は、第2の内部筐体2b中に設置され基本波パルス光8を集光する集光レンズ、172は、集光レンズ171を保持し、かつ集光レンズ171の上下、水平方向に対する調整機構が設けられた集光レンズホルダである。181は非線形光学結晶で、本実施の形態では、基本波波長1064nmの第2高調波発生において、タイプ2型の位相整合条件が得られる長さ15mmのLBO(リチウムトリボレイト)結晶を使用している。182は、非線形光学結晶181を保持し、かつ非線形結晶181に対する温度調整機能が設けられた非線形光学結晶ホルダである。集光レンズ171によって集光された基本波パルス光8が、非線形光学結晶181へ入射すると、基本波パルス光8の一部が波長532nmの第2高調波19に変換される。211は、波長1064nmの光は反射し、波長532nmの波長は透過する2波長コーティングが施されたセパレートミラーで、第2

高調波19の光軸に対し、入射角度45度に設置されている。212は、セパレートミラーを保持するセパレートミラーホルダである。非線形光学結晶181に入射した基本波パルス光8のうち、一部は第2高調波19に変換され、残りは1064nmの波長を維持したまま非線形光学結晶181を透過する。従って、非線形光学結晶181から出射するレーザ光には、波長1064nmの基本波パルス光8と、波長532nmの第2高調波19が混在している。基本波パルス光8と第2高調波19が混在したレーザ光をセパレートミラー211へ入射させ、第2高調波19のみ透過させることで、基本波パルス光8と第2高調波19を分離することができる。セパレートミラー211に入射した基本波パルス光8は、セパレートミラー211によって反射作用を被り、光軸が直角に折り曲げられる。なお、セパレートミラー211によって反射された基本波パルス光8は、図示はしていないが同じく第2の内部筐体2b中に配設されたダンパによって吸収される。

[0032] セパレートミラー211によって、基本波パルス光8から分離された第2高調波19は、第3の内部筐体2c中に設置されたコリメートレンズ901によって平行化され、出射窓221、外部筐体1の側壁面に設けられた出射口24を通じ外部へ出射する。なお222は、出射窓221を第3の内部筐体2cの側壁へ固定するための出射窓ホルダであり、図示はしていないが、弗素ゴム性のOリングを使用し出射窓221固定部での密閉性が保たれるようシールしている。23は、発泡性のPTFE(四弗化エチレン)にて作製したリング状のパッキンであり、出射口24における密閉性を維持している。

[0033] 本実施の形態に示すように、Qスイッチパルス発振を行うレーザ光源を使用した場合、平均出力が比較的低い場合であっても、パルス光の尖頭出力は高く、湿度にともなう光学部品の劣化や、異物付着にともなう光学部品の損傷に対するリスクは増大する。本実施の形態に示すように、略密閉構造を有する外部筐体1を設け、外部筐体1内の相対湿度を、除湿機3を用いて規定値以下に管理するとともに、外部筐体1中に内部筐体2を設け、内部筐体2内に光学部品を配設し、内部筐体2の天板部に設置した空気清浄ユニット4を用いて、清浄化した空気を循環させる構成とすれば、前記実施の形態1乃至実施の形態3と同様な効果が得られるばかりでなく、Qスイッチパルス発振を行うレーザ光源を使用した場合であっても、光学部品の劣化、損傷に対するリスクを低減し、高い信頼性のもとで、安定に高尖頭出力のQスイッチパル

ス光を供給することが可能になる。

[0034] また、第2高調波19への波長変換効率は、非線形光学結晶181に対する基本波入射強度の二乗に略比例する。従って、高い波長変換効率を得るためには、基本波パルス光8を、集光レンズ171によって細径にまで絞り込む必要がある。このため、僅かな粉塵等異物が非線形光学結晶181の入射面に付着した場合であっても、集光された基本波パルス光8の照射によって、非線形光学結晶181は容易に破壊される。更に、本実施の形態にて非線形光学結晶181として使用しているLBO結晶は吸湿性を有するため、湿度の高い環境中で使用した場合、空気中の水分を吸収し変色等劣化が促進される。本実施の形態によれば、前記実施の形態1乃至実施の形態3と同様な効果が得られるばかりでなく、非線形光学結晶181の周囲雰囲気を、清浄、かつ湿度が管理された空気にて維持することが可能になるので、非線形光学結晶181の劣化を抑制するとともに、基本波パルス光8を細径に集光し非線形光学結晶181に入射させる場合であっても、非線形光学結晶181の損傷、破壊を防止し、高い信頼性を維持しながら、効率よく波長変換を行うことができる。

[0035] 本実施の形態においては、第2高調波の発生を行う非線形光学結晶181に、LBO結晶を使用する構成を示したが、非線形光学結晶181の種類はこれに限るものではない。例えば、非線形光学結晶181にKTP(ポタジウムタイタニルフォスファ)結晶を使用すれば、基本波の吸収係数は大きくなるものの、高い非線形定数を有するため、基本波が低出力であっても比較的高い波長変換効率を得ることができるし、周期反転分極型のLN(リチウムナイオベート)結晶を使用すれば、相互作用長(コヒーレント長)を長くすることができるので、連続発振の基本波を使用した場合であっても、効率よく波長変換を行うことができる。要は所望する仕様、性能に応じて、適切な非線形光学結晶を選定すればよい。

[0036] また、本実施の形態においては、第2高調波を発生させる構成について示したが、波長変換の種類はこれに限るものではなく、更に高次の第3高調波や、第4、第5高調波を発生させる構成においても、非線形光学結晶を内部筐体2中へ配置すれば、本実施の形態と同様な効果を得ることができる。また高調波発生に限らず、光パラメトリック発振や和周波混合による波長変換についても、同様な効果が得られることは言

うまでもない。要は、波長変換を行う非線形光学結晶を内部筐体2内に設置すれば、本実施の形態と同様な効果を得ることができる。

[0037] また、本実施の形態においては、音響光学素子161を用いてQスイッチパルス発振を行う構成について示したが、電気光学素子を使用してQスイッチパルス発振を行う構成についても、本実施の形態と同様な効果を得ることができる。また高尖頭パルスを発生する構成として、モード同期レーザに対し本発明を適用してもよい。例えば、KLM(カーレンズモード同期)技術を使用した超短パルス光をCPA(チャープパルス増幅)方式にて増幅する構成に対しては、レーザ光源である発振器、発振器から取り出したレーザ光のパルス幅を延長するパルス拡張器、パルス幅が拡張されたレーザ光を増幅する再生増幅器、増幅されたレーザ光のパルス幅を圧縮するパルス圧縮器に対し、それぞれ内部筐体2を設け、内部筐体2内の清浄度、ならびに湿度を管理すれば、本実施の形態と同様な効果を得ることができる。

[0038] なお、前記実施の形態1乃至実施の形態4においては、ロッド型固体レーザ媒質を光励起する励起光源として、半導体レーザを使用する構成を示したが、励起光源の種類はこれに限るものではなく、励起光源として放電ランプを使用しても、同様な効果を得ることができる。

[0039] また、前記実施の形態1乃至実施の形態4においては、レーザ光源に使用する固体レーザ媒質に、Nd(ネオジウム)がドープされたロッド型のYAG(イットリウムアルミニウムガーネット)結晶を使用する構成を示したが、固体レーザ媒質の母材、活性媒質、形状はこれに限るものではない。例えば、固体レーザ媒質としてTi(チタン)やCr(クロム)をドープしたアルミナの単結晶を使用してもよいし、Yb(イットリビウム)をドープしたスラブ型のYAG(イットリウムアルミニウムガーネット)結晶を使用してもよい。また、固体レーザ媒質として半導体を利用する所謂半導体レーザをレーザ光源として使用する構成に対しても、本発明は適用することができる。

[0040] また、前記実施の形態1乃至実施の形態4においては、いずれも空気清浄器ユニットのメインフィルタとして、HEPAフィルタを使用する構成を示したが、空気清浄ユニットの種類はこれに限るものではない。例えば、メインフィルタとしてULPA(Ultra Low Penetration Air Filter)フィルタを使用すれば、更に集塵率を高めることがで

きるし、有機成分物質やイオン性物質等を除去したい場合には、ケミカルフィルタを併用してもよい。要は除去すべき不純物や粉塵に応じ、最適な空気清浄方法を選定すればよい。また、前記実施の形態1乃至実施の形態4においては、いずれも空気清浄ユニットを内部筐体の天板部に設置する構成を示したが、内部筐体に対する空気清浄ユニットの設置個所はこれに限るものではなく、レーザ光源や光学系の配置に応じ、最適な位置に配置すればよい。

[0041] また、前記実施の形態1乃至実施の形態4においては、いずれも固体高分子電解質膜方式の除湿機を使用する構成を示したが、除湿機の構成はこれに限るものではなく、例えば、外部筐体内に乾燥剤であるシリカゲルを設置しても、同様な効果が得られる。更に、除湿機を駆動するための電源が必要ないため、装置停止時や停電時であっても、外部筐体内の湿度を略一定に維持することができる。

[0042] また、外部筐体の湿度、ならびに内部筐体内の粉塵量をモニタするための検出器を設け、湿度、および粉塵量が規定値以上に達した場合に、装置を停止させるインタロック機構等を設ければ、更に固体レーザ装置の信頼性の向上が可能である。

## 産業上の利用可能性

[0043] この発明に係る波長変換レーザ装置は、レーザ装置の設置のためにクリーンルーム等を準備するのが困難な場合に適している。

# 請求の範囲

[1] 固体レーザ媒質と光共振器を有したレーザ光源と、
前記レーザ光源より発せられたレーザ光を伝送または遮断する光学系と、
略密閉構造を有し前記レーザ光源と前記光学系を内部に配置する外部筐体と、
前記外部筐体内部に設けられ前記レーザ光源、前記光学系または前記光学系の一部を内部に配置する単数もしくは複数の内部筐体と、
前記外部筐体内の空気を浄化し、前記内部筐体内にこの浄化した空気を供給し、前記内部筐体内の気圧を前記外部筐体内の気圧よりも高くする清浄空気供給手段と、
を備えたことを特徴とする固体レーザ装置。

[2] 前記内部筐体に、前記清浄空気供給手段より前記内部筐体内に供給された浄化空気を前記外部筐体内に排気する排気口を設けたことを特徴とする請求項1に記載の固体レーザ装置。

[3] 前記内部筐体と、略密閉構造を有し前記光学系の一部を内部に設けたユニットとをダクトで連通したことを特徴とする請求項1または2のいずれかに記載の固体レーザ装置。

[4] 前記内部筐体を複数備え、前記内部筐体間をダクトで連通したことを特徴とする請求項1または2のいずれかに記載の固体レーザ装置。

[5] 前記複数の内部筐体のうち一部の内部筐体のみに前記清浄空気供給手段を設けたことを特徴とする請求項4に記載の固体レーザ装置。

[6] 1つの前記内部筐体に複数の前記清浄空気供給手段を設けたことを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載の固体レーザ装置。

[7] 前記外部筐体内の水分を除去する除湿手段を備えたことを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載の固体レーザ装置。

[8] 非線形光学結晶を前記内部筐体内に配置したことを特徴とする請求項1～7のいずれかに記載の固体レーザ装置。

[9] 前記固体レーザ媒質を光励起する励起光源が半導体レーザであることを特徴とする請求項1～8のいずれかに記載の固体レーザ装置。

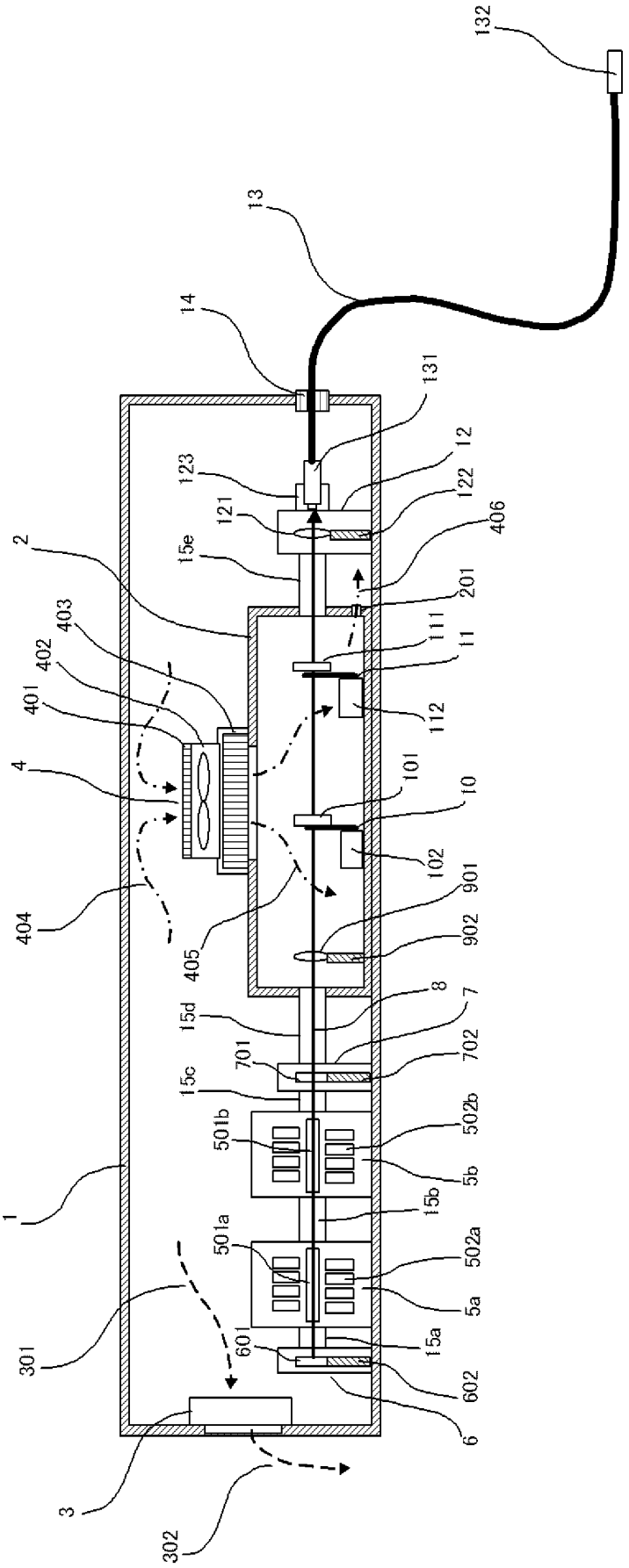
[10] 前記固体レーザ媒質が半導体であることを特徴とする請求項1～8のいずれかに記

載の固体レーザ装置。

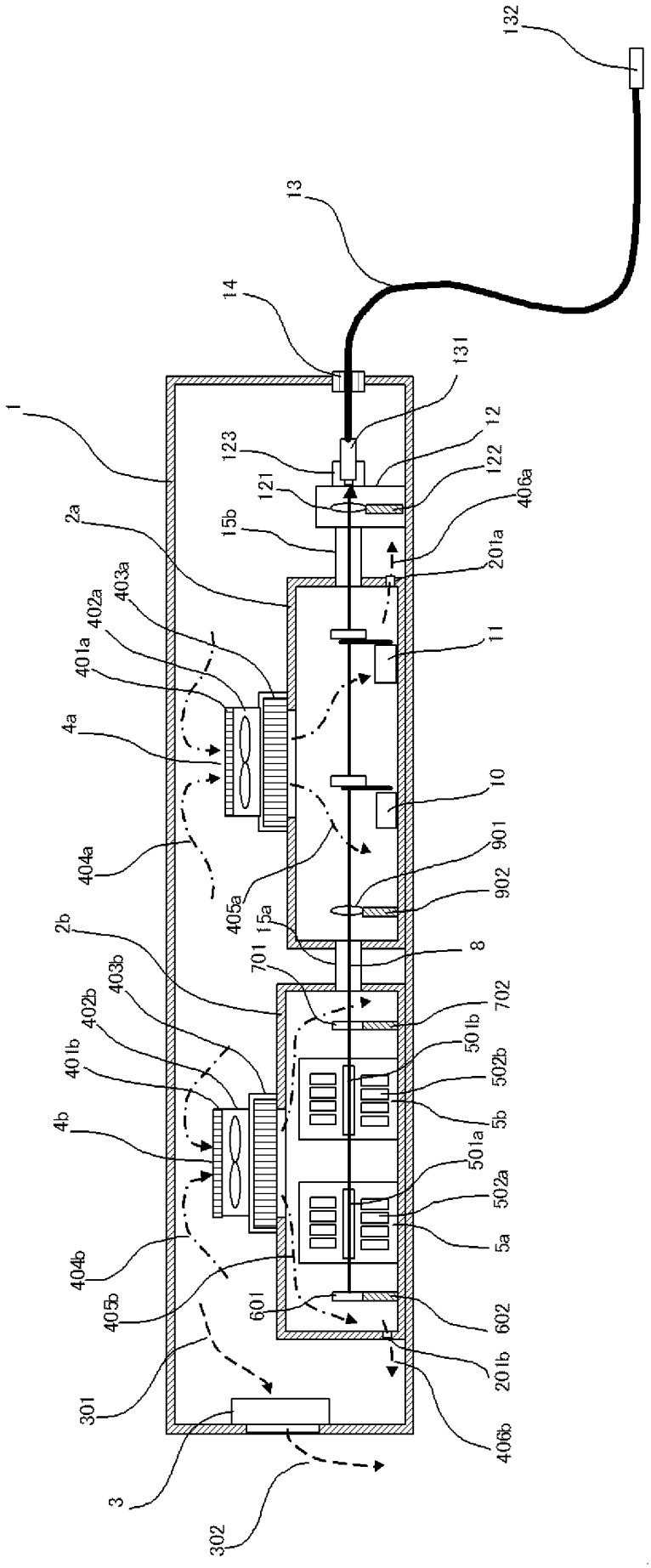
[11] 前記レーザ光源がQスイッチパルス発振を行うことを特徴とする請求項1～10のいずれかに記載の固体レーザ装置。

[12] レーザ光源がモード同期パルス発振を行うことを特徴とする請求項1～10のいずれかに記載の固体レーザ装置。

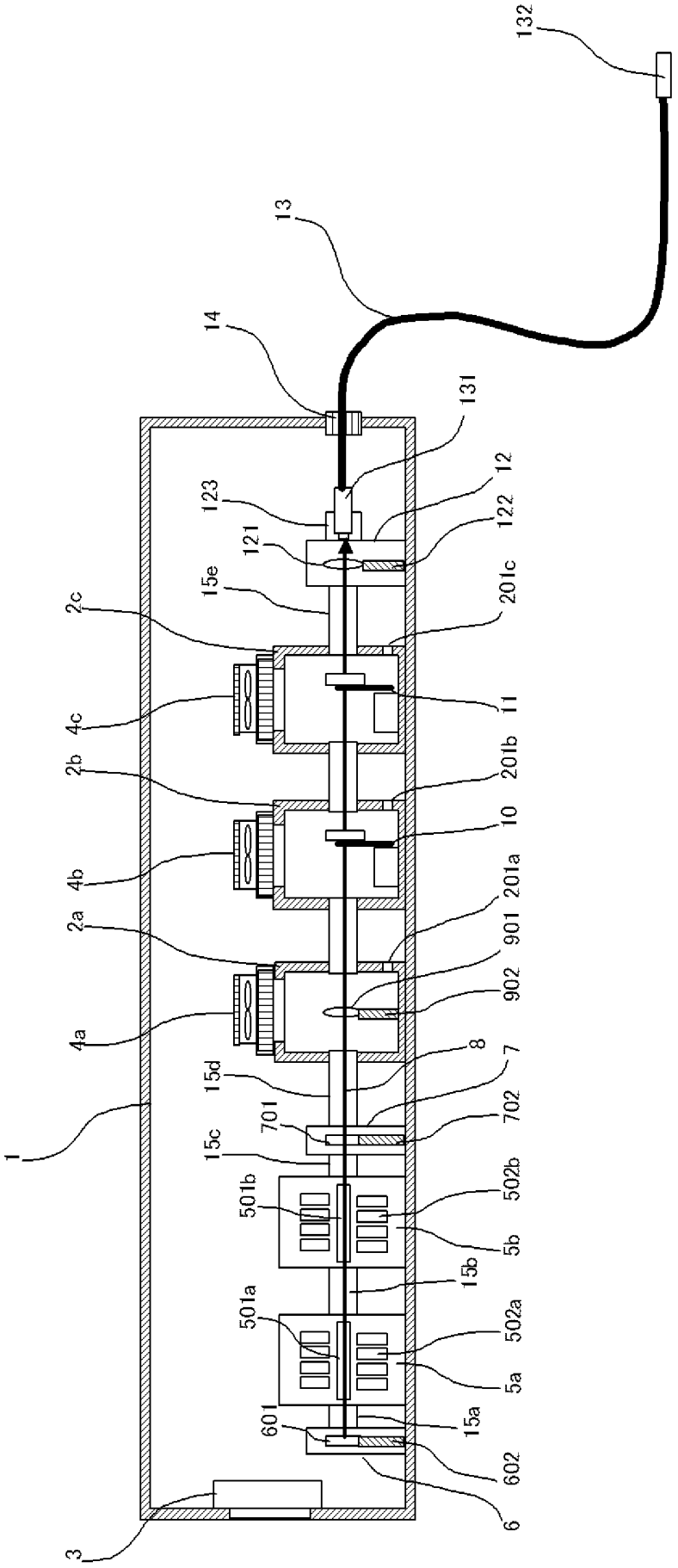
[図1]


132
13
14
131
12
123
122
121
406
15e
201
2
111
11
403
402
112
401
4
101
10
102
404
901
405
902
8
15d
7
701
702
15c
502b
501b
5b
15b
1
501a
502a
5a
301
15a
601
602
6
3
302

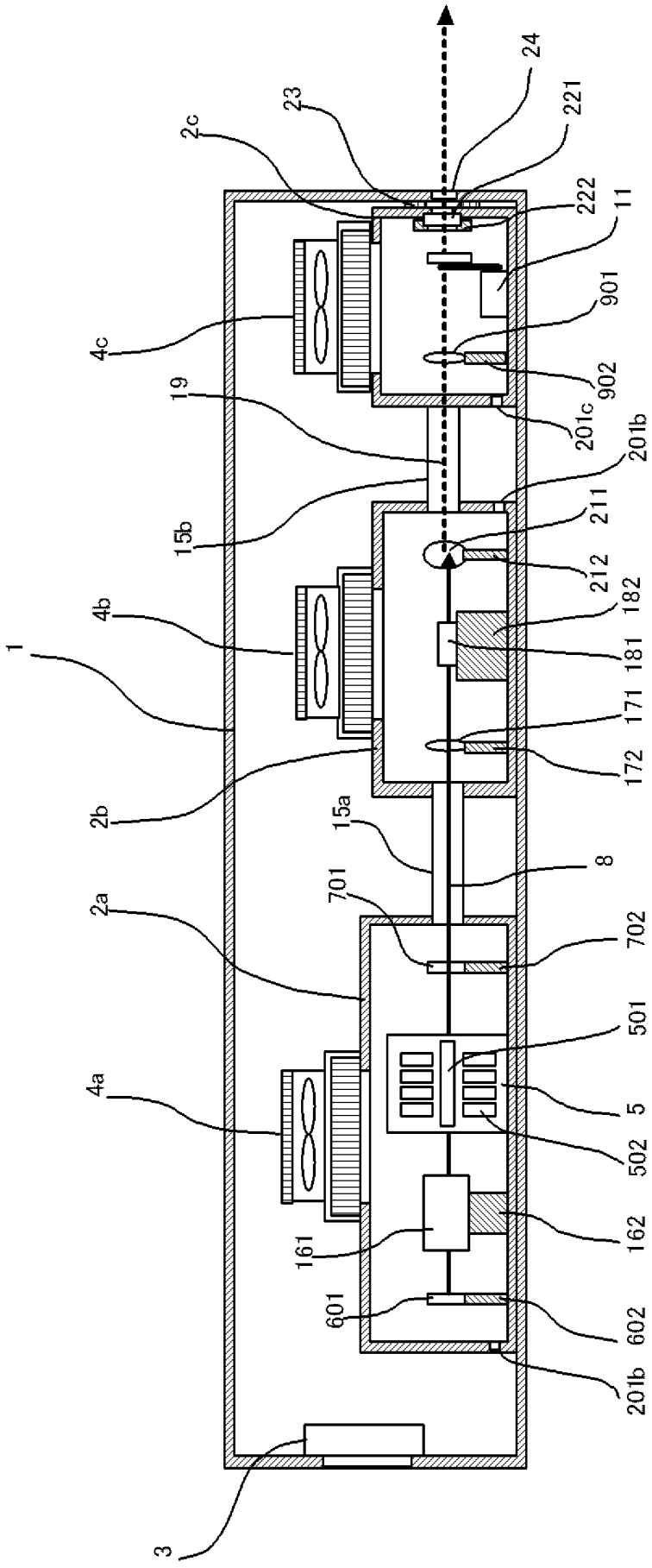
[図2]


132
13
14
131
1
123
12
121
122
406a
15b
201a
2a
403a
402a
401a
11
4a
10
404a
405a
901
902
15a
2b
8
701
403b
702
402b
501b
401b
502b
4b
5b
501a
502a
404b
5a
405b
601
602
201b
301
406b
3
302

[図3]


132
13
14
131
12
123
122
121
15e
201c
2c
11
4c
201b
2b
10
4b
201a
2a
901
902
4a
8
7
15d
701
702
1
15c
501b
502b
5b
15b
501a
502a
5a
601
15a
602
6
3

[図4]


24
23
221
2c
222
11
901
4c
902
19
201c
201b
15b
211
212
182
4b
181
1
171
172
2b
15a
8
701
2a
702
501
4a
5
502
162
161
601
602
201b
3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2006/310040

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
*H01S3/02*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01S3/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2006 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2006

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| Y | JP 6-224524 A (Mitsubishi Electric Corp.), 12 August, 1994 (12.08.94), Par. Nos. [0093] to [0112]; Fig. 8 (Family: none) | 1-12 |
| Y | JP 2001-210899 A (Mitsui Chemicals, Inc.), 03 August, 2001 (03.08.01), Claim 1; Par. Nos. [0020], [0027]; Fig. 1 (Family: none) | 1-12 |
| Y | JP 5-115569 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 14 May, 1993 (14.05.93), Par. No. [0012]; Fig. 1 (Family: none) | 1-12 |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

| Date of the actual completion of the international search | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| 10 August, 2006 (10.08.06) | 22 August, 2006 (22.08.06) |
| Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office<br>Facsimile No. | Authorized officer<br>Telephone No. |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.
PCT/JP2006/310040

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| Y | Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 105575/1979(Laid-open No. 24168/1981) (NEC Corp.), 04 March, 1981 (04.03.81), Full text; all drawings (Family: none) | 3-5 |
| Y<br>A | JP 8-332586 A (Mitsubishi Electric Corp.), 17 December, 1996 (17.12.96), Par. Nos. [0044] to [0049]; Figs. 7, 8; Full text; all drawings (Family: none) | 3-5<br>1 |
| Y | JP 2003-60268 A (Mitsubishi Electric Corp.), 28 February, 2003 (28.02.03), Par. Nos. [0040] to [0041]; Fig. 3 (Family: none) | 7 |
| Y | JP 10-284790 A (Komatsu Ltd.), 23 October, 1998 (23.10.98), Par. No. [0005]; Fig. 4 (Family: none) | 7 |
| Y | JP 2003-283024 A (Fujitsu Ltd.), 03 October, 2003 (03.10.03), Claims 1, 6 & US 2003/179790 A1 & EP 1349245 A2 | 10 |
| Y | JP 11-26858 A (Toshiba Corp.), 29 January, 1999 (29.01.99), Full text; Figs. 1, 3, 6 (Family: none) | 11 |
| Y | JP 2001-251002 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 14 September, 2001 (14.09.01), Full text; all drawings (Family: none) | 12 |
| A | JP 5-7034 A (Komatsu Ltd.), 14 January, 1993 (14.01.93), Full text; all drawings (Family: none) | 1 |
| A | JP 2000-187107 A (Nippei Toyama Corp.), 04 July, 2000 (04.07.00), Full text; all drawings (Family: none) | 1 |

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００６／３１００４０

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01S3/02(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01S3/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

| | |
|---|---|
| 日本国実用新案公報 | １９２２－１９９６年 |
| 日本国公開実用新案公報 | １９７１－２００６年 |
| 日本国実用新案登録公報 | １９９６－２００６年 |
| 日本国登録実用新案公報 | １９９４－２００６年 |

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

| 引用文献のカテゴリー＊ | 引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する請求の範囲の番号 |
|---|---|---|
| Ｙ | ＪＰ　６－２２４５２４　Ａ（三菱電機株式会社）<br>１９９４．８．１２、段落【００９３】－【０１１２】、第８図<br>（ファミリーなし） | １－１２ |
| Ｙ | ＪＰ２００１－２１０８９９　Ａ（三井化学株式会社）<br>２００１．８．３、【請求項１】、段落【００２０】、【００２７】<br>第１図（ファミリーなし） | １－１２ |

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー

「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「＆」同一パテントファミリー文献

| | |
|---|---|
| 国際調査を完了した日<br>１０．０８．２００６ | 国際調査報告の発送日<br>２２．０８．２００６ |
| 国際調査機関の名称及びあて先<br>日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）<br>郵便番号１００－８９１５<br>東京都千代田区霞が関三丁目４番３号 | 特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｋ　８９１２<br>前川　慎喜<br>電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２５５ |

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

| 引用文献のカテゴリー＊ | 引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する請求の範囲の番号 |
|---|---|---|
| Ｙ | ＪＰ　５－１１５５６９　Ａ（オリンパス光学工業株式会社）<br>１９９３．５．１４、段落【００１２】、第１図（ファミリーなし） | １－１２ |
| Ｙ | 日本国実用新案登録出願５４－１０５５７５号（日本国実用新案登録出願公開５６－２４１６８号）の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録したマイクロフィルム（日本電気株式会社）<br>１９８１．３．４、全文、全図（ファミリーなし） | ３－５ |
| Ｙ<br>Ａ | ＪＰ　８－３３２５８６　Ａ（三菱電機株式会社）<br>１９９６．１２．１７<br>段落【００４４】－【００４９】、第７図、第８図<br>全文、全図<br>（ファミリーなし） | ３－５<br>１ |
| Ｙ | ＪＰ　２００３－６０２６８　Ａ（三菱電機株式会社）<br>２００３．２．２８、段落【００４０】－【００４１】、第３図<br>（ファミリーなし） | ７ |
| Ｙ | ＪＰ　１０－２８４７９０　Ａ（株式会社小松製作所）<br>１９９８．１０．２３、段落【０００５】、第４図（ファミリーなし） | ７ |
| Ｙ | ＪＰ　２００３－２８３０２４　Ａ（富士通株式会社）<br>２００３．１０．３、【請求項１】、【請求項６】<br>＆　ＵＳ　２００３／１７９７９０　Ａ１<br>＆　ＥＰ　１３４９２４５　Ａ２ | １０ |
| Ｙ | ＪＰ　１１－２６８５８　Ａ（株式会社東芝）、１９９９．１．２９<br>全文、第１図、第３図、第６図（ファミリーなし） | １１ |
| Ｙ | ＪＰ　２００１－２５１００２　Ａ（日本電信電話株式会社）<br>２００１．９．１４、全文、全図（ファミリーなし） | １２ |
| Ａ | ＪＰ　５－７０３４　Ａ（株式会社小松製作所）<br>１９９３．１．１４、全文、全図（ファミリーなし） | １ |
| Ａ | ＪＰ　２０００－１８７１０７　Ａ（株式会社日平トヤマ）<br>２０００．７．４、全文、全図（ファミリーなし） | １ |