(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
2019年2月14日(14.02.2019)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2019/030792 A1

(51) 国際特許分類:
H01S 3/041 (2006.01) *H01G 2/08* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2017/028537

(22) 国際出願日： 2017年8月7日(07.08.2017)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(71) 出願人:ギガフォトン株式会社(**GIGAPHOTON INC.**) [JP/JP]; 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田４００番地 Tochigi (JP).

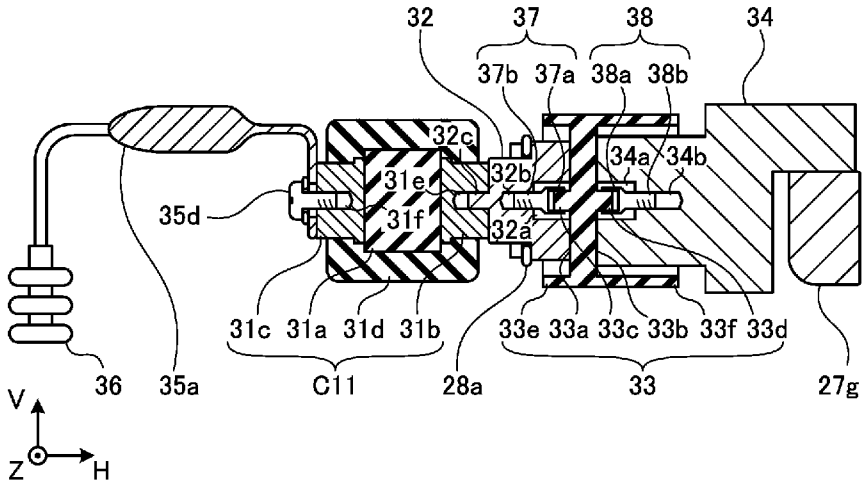
(72) 発明者: 勝 海 久 和 (**KATSUUMI Hisakazu**); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田４００番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP). 藤本 准一(**FUJIMOTO Junichi**); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田４００番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP). 田中 智史(**TANAKA Satoshi**); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田４００番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP).

(74) 代理人: 保 坂 延 寿 (**HOSAKA Nobuhisa**); 〒1010025 東京都千代田区神田佐久間町３－２２ 神田ＳＫビル４階 新井・橋本・保坂国際特許事務所 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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) **Title:** CAPACITOR COOLING STRUCTURE AND LASER DEVICE

(54) 発明の名称： コンデンサの冷却構造及びレーザ装置



(57) **Abstract:** This capacitor cooling structure is for cooling a capacitor having a first electrode and second electrode. For this purpose, this capacitor cooling structure comprises: an electrically conductive part connected electrically to the first electrode; an insulation section having a first surface including a first position and a second surface including a second position connected to the electrically conductive part at the first position; a first fastening part fastening the electrically conductive part to the insulation section; and a cooling section connected to the second position facing the first position. The electrically conductive part and the cooling section are electrically insulated from one another by the insulation section.

WO 2019/030792 A1

［続葉有］

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

(57) 要約: コンデンサの冷却構造は、第１の電極及び第２の電極を有するコンデンサを冷却するために、第１の電極と電気的に接続された導電部と、第１の位置を含む第１の面と第２の位置を含む第２の面とを有し、第１の位置において導電部と接続された絶縁部と、導電部と絶縁部とを締結する第１の締結部と、第１の位置に対向する第２の位置と接続された冷却部と、を含み、導電部と冷却部は、絶縁部によって電気的に絶縁されている。

明　細　書

発明の名称 ： コンデンサの冷却構造及びレーザ装置

技術分野

[0001] 本開示は、コンデンサの冷却構造及びレーザ装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、半導体露光装置（以下、「露光装置」という）においては、半導体集積回路の微細化及び高集積化につれて、解像力の向上が要請されている。このため、露光用光源から放出される光の短波長化が進められている。一般的に、露光用光源には、従来の水銀ランプに代わってガスレーザ装置が用いられる。例えば、露光用のガスレーザ装置としては、波長２４８ｎｍの紫外線のレーザ光を出力するＫｒＦエキシマレーザ装置、ならびに波長１９３ｎｍの紫外線のレーザ光を出力するＡｒＦエキシマレーザ装置が用いられる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２００９－１１１３１３号公報

特許文献2：特開２０１５－１３３２８１号公報

特許文献3：特開２００３－２４９７０３号公報

特許文献4：特開２００９－２８９９４４号公報

概要

[0004] 本開示の１つの観点に係るコンデンサの冷却構造は、第１の電極及び第２の電極を有するコンデンサを冷却する構造であって、第１の電極と電気的に接続された導電部と、第１の位置を含む第１の面と第２の位置を含む第２の面とを有し、第１の位置において導電部と接続された絶縁部と、導電部と絶縁部とを締結する第１の締結部と、第１の位置に対向する第２の位置と接続された冷却部と、を含み、導電部と冷却部は、絶縁部によって電気的に絶縁されている。

[0005] 本開示の他の１つの観点に係るレーザ装置は、レーザチャンバと、レーザ

チャンバに配置された一対の放電電極と、ピーキングコンデンサを有し、一対の放電電極の間にパルス電圧を印加するように構成されたパルスパワーモジュールと、第１の電極及び第２の電極を有する予備電離コンデンサを有し、レーザチャンバの内部のガスの一部を電離させるように構成された予備電離機構と、第１の電極と電気的に接続された導電部と、第１の位置を含む第１の面と第２の位置を含む第２の面とを有し、第１の位置において導電部と接続された絶縁部と、導電部と絶縁部とを締結する第１の締結部と、第１の位置に対向する第２の位置と接続された冷却部と、を含み、導電部と冷却部は、絶縁部によって電気的に絶縁されている。

図面の簡単な説明

[0006] 本開示のいくつかの実施形態を、単なる例として、添付の図面を参照して以下に説明する。

[図1]図１は、比較例に係るレーザ装置の構成を模式的に示す。

[図2]図２は、比較例に係るレーザ装置の構成を模式的に示す。

[図3]図３は、パルスパワーモジュール及び予備電離機構の回路図である。

[図4A]図４Ａは、第１の実施形態に係るレーザ装置におけるピーキングコンデンサ及び予備電離コンデンサの配置を示す平面図である。

[図4B]図４Ｂは、図４ＡのＩＶＢ－ＩＶＢ線における断面図である。

[図5A]図５Ａは、第２の実施形態に係るレーザ装置におけるピーキングコンデンサ及び予備電離コンデンサの配置を示す平面図である。

[図5B]図５Ｂは、図５ＡのＶＢ－ＶＢ線における断面図である。

[図5C]図５Ｃは、図５ＡのＶＣ－ＶＣ線における断面図である。

[図6A]図６Ａは、参考例に係るレーザ装置におけるピーキングコンデンサ及び予備電離コンデンサの配置を示す平面図である。

[図6B]図６Ｂは、図６ＡのＶＩＢ－ＶＩＢ線における断面図である。

実施形態

[0007] ＜内容＞

１．比較例

１．１　レーザ装置の構成
１．２　レーザ装置の動作
１．３　パルスパワーモジュール及び予備電離機構の詳細
１．３．１　構成
１．３．２　動作
１．４　課題
２．導電部と絶縁部とを締結した冷却構造
２．１　構成
２．２　動作及び作用
３．予備電離配線部に設けられた冷却構造
３．１　構成
３．２　動作及び作用
４．その他
４．１　参考例の構成
４．２　参考例の動作及び作用
４．３　補足

[0008]　以下、本開示の実施形態について、図面を参照しながら詳しく説明する。以下に説明される実施形態は、本開示のいくつかの例を示すものであって、本開示の内容を限定するものではない。また、各実施形態で説明される構成及び動作の全てが本開示の構成及び動作として必須であるとは限らない。なお、同一の構成要素には同一の参照符号を付して、重複する説明を省略する。

[0009] １．比較例

１．１　レーザ装置の構成

図１及び図２は、比較例に係るレーザ装置の構成を模式的に示す。図１においては、一対の放電電極１１ａ及び１１ｂの間の放電方向に略垂直で、且つ、出力結合ミラー１５から出力されるレーザ光の進行方向に略垂直な方向からみたレーザ装置の内部構成が示されている。図２においては、出力結合

ミラー１５から出力されるレーザ光の進行方向に略平行な方向からみたレーザ装置の内部構成が示されている。出力結合ミラー１５から出力されるレーザ光の進行方向を、Ｚ方向とする。一対の放電電極１１ａ及び１１ｂの間の放電方向を、Ｖ方向とする。これらの両方に垂直な方向を、Ｈ方向とする。－Ｖ方向は、重力の方向とほぼ一致している。

[0010] 図１に示されるように、レーザ装置は、露光装置１００と共に使用される。レーザ装置から出力されたレーザ光は、露光装置１００へ入射する。露光装置１００は、露光装置制御部１１０を含んでいる。露光装置制御部１１０は、露光装置１００を制御するように構成されている。露光装置制御部１１０は、レーザ装置に含まれるレーザ制御部３０に対して、目標パルスエネルギーの設定データを送信したり、発光トリガ信号を送信したりするように構成されている。

[0011] レーザ装置は、レーザチャンバ１０と、充電器１２と、パルスパワーモジュール１３と、狭帯域化モジュール１４と、出力結合ミラー１５と、エネルギーモニタ１７と、クロスフローファン２１と、モータ２２と、レーザ制御部３０と、を含む。レーザ制御部３０は、レーザ装置全体の制御を統括する。

[0012] レーザチャンバ１０は、狭帯域化モジュール１４と出力結合ミラー１５とで構成されたレーザ共振器の光路に配置されている。レーザチャンバ１０には、２つのウィンドウ１０ａ及び１０ｂが設けられている。レーザチャンバ１０は、一対の放電電極１１ａ及び１１ｂを収容している。レーザチャンバ１０は、レーザ媒質としてのレーザガスを収容する。

[0013] レーザチャンバ１０は開口を有し、この開口は電気絶縁部２０によって塞がれている。電気絶縁部２０は放電電極１１ａを支持している。電気絶縁部２０には、複数の導電部２０ａが埋め込まれている。導電部２０ａの各々は放電電極１１ａに電気的に接続されている。

[0014] レーザチャンバ１０の内部にはリターンプレート１０ｃが配置されている。レーザチャンバ１０とリターンプレート１０ｃとは、図２に示される配線

部１０ｄ及び配線部１０ｅによって電気的に接続されている。リターンプレート１０ｃは放電電極１１ｂを支持している。リターンプレート１０ｃは放電電極１１ｂに電気的に接続されている。

リターンプレート１０ｃは、レーザチャンバ１０の内部を完全に仕切っているわけではない。図２に示されるように、リターンプレート１０ｃは、図１の紙面の奥行側と手前側とに、レーザガスが通過するための隙間を有している。

[0015] クロスフローファン２１は、レーザチャンバ１０の内部に配置されている。クロスフローファン２１の回転軸は、レーザチャンバ１０の外部に配置されたモータ２２に接続されている。モータ２２は、クロスフローファン２１を回転させる。これにより、図２に矢印Ａで示されるようにレーザガスがレーザチャンバ１０の内部で循環する。熱交換器２３は、放電によって高温となったレーザガスの熱エネルギーをレーザチャンバ１０の外部に排出するように構成されている。

[0016] 充電器１２は、パルスパワーモジュール１３に供給するための電気エネルギーを保持する。

パルスパワーモジュール１３は、複数のピーキングコンデンサＣ３を含んでいる。パルスパワーモジュール１３は、本開示における電源装置に相当する。ピーキングコンデンサＣ３の各々は２つの電極を含む。２つの電極のうちの一方の電極は接続プレート２０ｂに電気的に接続され、他方の電極は図２に示される接続プレート１０ｆ又は１０ｇに電気的に接続されている。接続プレート２０ｂは、導電部２０ａを介して放電電極１１ａに電気的に接続されている。接続プレート１０ｆ及び１０ｇは、レーザチャンバ１０、配線部１０ｄ及び１０ｅ、及びリターンプレート１０ｃを介して、放電電極１１ｂに電気的に接続されている。レーザチャンバ１０は基準電位に電気的に接続されている。基準電位は、パルスパワーモジュール１３が生成するパルス状の高電圧の基準となる電位であり、例えば接地電位である。

[0017] 接続プレート１０ｆには冷却機構２７ｆが接触して固定され、接続プレー

ト１０ｇには冷却機構２７ｇが接触して固定されている。冷却機構２７ｆ及び２７ｇの各々は、例えば、水などの冷却媒体を通過させる図示しない冷却管を含む。冷却機構２７ｆ及び２７ｇの各々は、熱伝導率の高い金属で構成される。冷却機構２７ｆ及び２７ｇは、接続プレート１０ｆ及び１０ｇと同電位となっている。

[0018] レーザ装置は、予備電離機構をさらに含む。予備電離機構は、図１に示される予備電離コンデンサＣ１１と、予備電離配線部３５と、誘電体パイプ２４と、図２に示される予備電離内電極２５と、複数の予備電離外電極２６と、を含む。予備電離コンデンサＣ１１の各々は２つの電極を含む。２つの電極のうちの一方の電極は上述の接続プレート２０ｂに電気的に接続され、他方の電極は予備電離配線部３５を介して予備電離内電極２５に電気的に接続されている。予備電離内電極２５は、本開示における第３の電極に相当する。予備電離配線部３５は図示しない絶縁体に被覆されている。予備電離内電極２５は、誘電体パイプ２４に被覆されている。

[0019] 予備電離外電極２６の各々は、一端が放電電極１１ｂに電気的に接続され、他端が誘電体パイプ２４の表面に接触している。予備電離内電極２５及び複数の予備電離外電極２６は、放電電極１１ｂの位置よりもレーザガスの循環方向の上流側の位置に、放電電極１１ｂの長手方向に沿って配置されている。

[0020] 狭帯域化モジュール１４は、プリズム１４ａ及びグレーティング１４ｂなどの波長選択素子を含む。狭帯域化モジュール１４の代わりに、高反射ミラーが用いられてもよい。

出力結合ミラー１５は、部分反射ミラーで構成されている。

[0021] エネルギーモニタ１７は、ビームスプリッタ１７ａと、集光レンズ１７ｂと、光センサ１７ｃと、を含んでいる。ビームスプリッタ１７ａは、出力結合ミラー１５から出力されたレーザ光の光路に配置されている。ビームスプリッタ１７ａは、出力結合ミラー１５から出力されたレーザ光の一部を露光装置１００に向けて高い透過率で透過させると共に、他の一部を反射させる

ように構成されている。集光レンズ１７ｂ及び光センサ１７ｃは、ビームスプリッタ１７ａによって反射されたレーザ光の光路に配置されている。

[0022] １．２　レーザ装置の動作

レーザ制御部３０は、露光装置制御部１１０から、目標パルスエネルギーの設定データと、発光トリガ信号と、を受信する。レーザ制御部３０は、露光装置制御部１１０から受信した目標パルスエネルギーの設定データに基づいて、充電器１２に充電電圧の設定データを送信する。また、レーザ制御部３０は、露光装置制御部１１０から受信した発光トリガ信号に基づいて、パルスパワーモジュール１３にトリガ信号を送信する。

[0023] パルスパワーモジュール１３は、レーザ制御部３０からトリガ信号を受信すると、充電器１２に充電された電気エネルギーからパルス状の高電圧を生成し、この高電圧を一対の放電電極１１ａ及び１１ｂの間に印加する。

[0024] 一対の放電電極１１ａ及び１１ｂの間に高電圧が印加されると、一対の放電電極１１ａ及び１１ｂの間に放電が起こる。この放電を主放電という。主放電のエネルギーにより、レーザチャンバ１０内のレーザガスが励起されて高エネルギー準位に移行する。励起されたレーザガスが、その後、低エネルギー準位に移行するとき、そのエネルギー準位差に応じた波長の光を放出する。

[0025] レーザチャンバ１０内で発生した光は、ウィンドウ１０ａ及び１０ｂを介してレーザチャンバ１０の外部に出射する。レーザチャンバ１０のウィンドウ１０ａから出射した光は、プリズム１４ａによってビーム幅を拡大させられて、グレーティング１４ｂに入射する。プリズム１４ａからグレーティング１４ｂに入射した光は、グレーティング１４ｂの複数の溝によって反射されるとともに、光の波長に応じた方向に回折させられる。グレーティング１４ｂは、プリズム１４ａからグレーティング１４ｂに入射する光の入射角と、所望波長の回折光の回折角とが一致するようにリトロー配置されている。これにより、所望波長付近の光がプリズム１４ａを介してレーザチャンバ１０に戻される。

[0026] 出力結合ミラー１５は、レーザチャンバ１０のウィンドウ１０ｂから出射した光のうちの一部を透過させて出力し、他の一部を反射させてレーザチャンバ１０に戻す。

[0027] このようにして、レーザチャンバ１０から出射した光は、狭帯域化モジュール１４と出力結合ミラー１５との間で往復する。この光は、一対の放電電極１１ａ及び１１ｂの間の放電空間を通過する度に増幅される。また、この光は、狭帯域化モジュール１４で折り返される度に狭帯域化される。こうしてレーザ発振し狭帯域化された光が、出力結合ミラー１５からレーザ光として出力される。

[0028] エネルギーモニタ１７に含まれる集光レンズ１７ｂは、ビームスプリッタ１７ａによって反射されたレーザ光を光センサ１７ｃに集束させる。光センサ１７ｃは、集光レンズ１７ｂによって集束させられたレーザ光のパルスエネルギーに応じた電気信号を、測定データとしてレーザ制御部３０に送信する。

[0029] レーザ制御部３０は、エネルギーモニタ１７から測定データを受信する。レーザ制御部３０は、エネルギーモニタ１７から受信したパルスエネルギーの測定データと、露光装置制御部１１０から受信した目標パルスエネルギーの設定データとに基づいて、充電器１２に設定する充電電圧をフィードバック制御する。

[0030] １．３ パルスパワーモジュール及び予備電離機構の詳細

１．３．１ 構成

図３は、パルスパワーモジュール及び予備電離機構の回路図である。パルスパワーモジュール１３は、充電コンデンサＣ０と、スイッチ１３ａと、昇圧トランスＴＣ１と、複数の磁気スイッチＳｒ１～Ｓｒ３と、コンデンサＣ１及びＣ２と、ピーキングコンデンサＣ３と、を含む。

[0031] 磁気スイッチＳｒ１～Ｓｒ３は、いずれも、可飽和リアクトルを含む。磁気スイッチＳｒ１～Ｓｒ３の各々は、その両端に印加された電圧の時間積分値が、各磁気スイッチの特性で決まる所定の値になったときに、低インピー

ダンスとなるように構成されている。

[0032] 放電電極１１ａに電気的に接続されたピーキングコンデンサＣ３の上記一方の電極と、予備電離内電極２５との間に、予備電離コンデンサＣ１１とインダクタＬ０とが電気的に接続されている。上述の予備電離配線部３５が、インダクタＬ０として構成されている。

予備電離内電極２５と、放電電極１１ｂに電気的に接続された複数の予備電離外電極２６との間に、コンデンサＣ１２が電気的に接続されている。上述の誘電体パイプ２４が、コンデンサＣ１２として構成されている。

[0033] 予備電離コンデンサＣ１１とコンデンサＣ１２とで、パルスパワーモジュール１３から供給されるパルス状の高電圧が分圧されるように構成されている。例えば、コンデンサＣ１２に印加される電圧がパルスパワーモジュール１３から供給される電圧の２５％以上、７５％以下の範囲内となるように、予備電離コンデンサＣ１１とコンデンサＣ１２との容量比が設定されている。

[0034] 予備電離コンデンサＣ１１の容量と、コンデンサＣ１２の容量と、インダクタＬ０のインダクタンスとを選択することにより、予備電離外電極２６と予備電離内電極２５との間に電圧が印加されるタイミングが調節される。予備電離コンデンサＣ１１とコンデンサＣ１２との合成容量は、ピーキングコンデンサＣ３の容量の１０％以下でもよい。

[0035] １．３．２ 動作

充電器１２は、レーザ制御部３０により設定された充電電圧に基づいて、充電コンデンサＣ０を充電する。

パルスパワーモジュール１３のスイッチ１３ａには、レーザ制御部３０によりトリガ信号が入力される。トリガ信号がスイッチ１３ａに入力されると、スイッチ１３ａがＯＮになる。スイッチ１３ａがＯＮになると、充電コンデンサＣ０から昇圧トランスＴＣ１の１次側に電流が流れる。

[0036] 昇圧トランスＴＣ１の１次側に電流が流れると、電磁誘導によって昇圧トランスＴＣ１の２次側に逆方向の電流が流れる。昇圧トランスＴＣ１の２次

側に電流が流れると、やがて磁気スイッチＳｒ１に印加される電圧の時間積分値が閾値に達する。

[0037] 磁気スイッチＳｒ１に印加される電圧の時間積分値が閾値に達すると、磁気スイッチＳｒ１は磁気飽和した状態となり、磁気スイッチＳｒ１は閉じる。

磁気スイッチＳｒ１が閉じると、昇圧トランスＴＣ１の２次側からコンデンサＣ１に電流が流れ、コンデンサＣ１が充電される。

[0038] コンデンサＣ１が充電されることにより、やがて磁気スイッチＳｒ２は磁気飽和した状態となり、磁気スイッチＳｒ２は閉じる。

磁気スイッチＳｒ２が閉じると、コンデンサＣ１からコンデンサＣ２に電流が流れ、コンデンサＣ２が充電される。このとき、コンデンサＣ１を充電する際の電流のパルス幅よりも短いパルス幅で、コンデンサＣ２が充電される。

[0039] コンデンサＣ２が充電されることにより、やがて磁気スイッチＳｒ３は磁気飽和した状態となり、磁気スイッチＳｒ３は閉じる。

磁気スイッチＳｒ３が閉じると、コンデンサＣ２からピーキングコンデンサＣ３に電流が流れ、ピーキングコンデンサＣ３が充電される。このとき、コンデンサＣ２を充電する際の電流のパルス幅よりも短いパルス幅で、ピーキングコンデンサＣ３が充電される。

[0040] このように、コンデンサＣ１からコンデンサＣ２、コンデンサＣ２からピーキングコンデンサＣ３へと電流が順次流れることにより、当該電流のパルス幅は圧縮され、高電圧化される。

[0041] ピーキングコンデンサＣ３の電圧がレーザガスのブレークダウン電圧に達したときに、一対の放電電極１１ａ及び１１ｂの間で主放電が生じる。これにより、レーザガスが励起され、レーザ発振する。スイッチ１３ａのスイッチング動作によって主放電が繰り返されることにより、所定の繰返し周波数で、パルスレーザ光が出力される。

[0042] 誘電体パイプ２４の周辺には、予備電離外電極２６と予備電離内電極２５

との間に印加される電圧によって電界が発生する。この電界は、誘電体パイプ２４の周辺でコロナ放電を生じさせる。コロナ放電により、短波長の光が生成される。この短波長の光は、一対の放電電極１１ａ及び１１ｂの間のレーザガスの一部を電離させて、荷電粒子を生成させる。主放電の前にレーザガスの一部を電離させることを予備電離という。予備電離の後の所定のタイミングで主放電を生じさせるように、予備電離コンデンサＣ１１の容量と、コンデンサＣ１２の容量と、インダクタＬ０のインダクタンスとが選択される。これにより、一対の放電電極１１ａ及び１１ｂの長手方向において偏りの少ない主放電を生成することができ、安定したレーザ光の出力が可能となる。

[0043] １．４　課題

ピーキングコンデンサＣ３においては電気的損失が発生し、この電気的損失は熱に変わる。この熱によってピーキングコンデンサＣ３の温度が変化すると、ピーキングコンデンサＣ３の容量が変化し、主放電のタイミングがずれたり、レーザ出力の安定性が低下したりすることがある。そこで、ピーキングコンデンサＣ３は、接続プレート１０ｆを介して接続された冷却機構２７ｆ、又は接続プレート１０ｇを介して接続された冷却機構２７ｇによって冷却される。

[0044] 予備電離コンデンサＣ１１においても熱が発生し、予備電離コンデンサＣ１１の容量が変化し、予備電離のタイミングがずれたり、レーザ出力の安定性が低下したりすることがある。しかしながら、予備電離コンデンサＣ１１は、冷却機構２７ｆ及び２７ｇの電位と異なる電位を有し、冷却機構２７ｆ及び２７ｇによる冷却が難しい場合がある。予備電離コンデンサＣ１１を冷却するために、図示しない冷却ファンにより空気流を発生させることも考えられるが、空気流による冷却では冷却効果が十分ではない場合がある。

[0045] 特開２００９－１１１３１３号公報の図４には、予備電離コンデンサに電気的に接続された予備電離用導電部材を、熱伝導率の高いセラミックス製部材に接触させ、このセラミックス製部材を冷却部材である水冷ジャケットに

接触させることが記載されている。しかしながら、この構造では、予備電離用導電部材とセラミックス製部材との接触力が製品ごとにばらつく可能性がある。予備電離用導電部材とセラミックス製部材との接触力が弱いと、予備電離用導電部材からセラミックス製部材への熱伝導が不十分となり、予備電離コンデンサの冷却を十分に行えない場合がある。

[0046] 以下に説明する実施形態においては、予備電離コンデンサに電気的に接続された導電部と、冷却部に接続された絶縁部と、を第１の締結部によって締結することにより、予備電離コンデンサの冷却を実現している。

[0047] ２．導電部と絶縁部とを締結した冷却構造

２．１ 構成

図４Ａは、第１の実施形態に係るレーザ装置におけるピーキングコンデンサ及び予備電離コンデンサの配置を示す平面図である。図４Ｂは、図４ＡのＩＶＢ－ＩＶＢ線における断面図である。

[0048] 図１及び図２に示される電気絶縁部２０の上に、接続プレート２０ｂが配置されている。接続プレート２０ｂは、一対の放電電極１１ａ及び１１ｂの長手方向と、接続プレート２０ｂの長手方向とが略平行となるように配置されている。接続プレート２０ｂは、パルスパワーモジュール１３から出力されるパルス状の高電圧の出力端子に電気的に接続されている。接続プレート２０ｂのＨ方向側と－Ｈ方向側とに、それぞれ複数のピーキングコンデンサＣ３が並べて配置されている。

[0049] 接続プレート１０ｆ及び１０ｇが、接続プレート２０ｂを挟んで接続プレート２０ｂと略平行に配置されている。接続プレート１０ｆ及び１０ｇは、基準電位に電気的に接続されている。接続プレート１０ｆには、冷却機構２７ｆが接触して固定され、接続プレート１０ｇには、冷却機構２７ｇが接触して固定されている。

[0050] 図４Ｂに示されるように、予備電離コンデンサＣ１１の各々は、コンデンサ本体３１ａと、第１の電極３１ｂと、第２の電極３１ｃと、被覆部３１ｄとを含んでいる。コンデンサ本体３１ａは、第１の電極３１ｂと第２の電極

３１ｃとの間に挟まれて位置し、第１の電極３１ｂと第２の電極３１ｃとの間の容量を所定の容量とするように構成されている。被覆部３１ｄは、コンデンサ本体３１ａと、第１の電極３１ｂの一部と、第２の電極３１ｃの一部とを覆っている。

[0051] 第２の電極３１ｃは、予備電離配線部３５ａに電気的に接続されている。第２の電極３１ｃに予備電離配線部３５ａを固定するために、第２の電極３１ｃに形成されたボルト穴３１ｆに、予備電離配線部３５ａを貫通したボルト３５ｄがねじ込まれている。

[0052] 予備電離配線部３５ａは、フィードスルー３６を介してレーザチャンバ１０の内部に導入される。予備電離配線部３５ａは、レーザチャンバ１０の内部において予備電離内電極２５に電気的に接続される。これにより第２の電極３１ｃが予備電離内電極２５に電気的に接続される。予備電離内電極２５の電位は、パルスパワーモジュール１３から出力されるパルス状の高電圧の電位と、基準電位との間の電位となる。

[0053] 第１の電極３１ｂは、導電部３２と、絶縁部３３と、冷却部３４と、を含む冷却構造に接続されている。

[0054] 導電部３２は、第１の大径部３２ａ及び雌ネジが形成された第１の小径部３２ｂを有する第１のボルト穴と、雄ネジ部３２ｃとを含む。第１のボルト穴と雄ネジ部３２ｃとは、導電部３２の互いに反対側の面に位置する。雄ネジ部３２ｃが第１の電極３１ｂのボルト穴３１ｅにねじ込まれることにより、導電部３２と第１の電極３１ｂとが電気的に接続される。導電部３２は、導電率の高い銅などの材料で構成される。

[0055] 導電部３２には、導電部材２８ａの一端が接触して固定されている。導電部材２８ａの他端は接続プレート２０ｂに接触して固定されている。これにより、予備電離コンデンサＣ１１の第１の電極３１ｂが、導電部３２と、導電部材２８ａと、接続プレート２０ｂとを介して、パルスパワーモジュール１３から出力されるパルス状の高電圧の出力端子に電気的に接続される。

[0056] 絶縁部３３は、第１の位置３３ａを含む第１の面と、第２の位置３３ｂを

含む第２の面と、を有する。第１の面と第２の面とは互いに反対側の面である。第１の位置３３ａと第２の位置３３ｂとは互いに対向する位置である。絶縁部３３は、さらに、第１の位置３３ａの略中心から第１の面の略法線方向に突出した第１の突起部３３ｃと、第２の位置３３ｂの略中心から第２の面の略法線方向に突出した第２の突起部３３ｄと、を有する。絶縁部３３は、さらに、第１の位置３３ａの周囲において第１の面の略法線方向に突出した第１のカバー３３ｅと、第２の位置３３ｂの周囲において第２の面の略法線方向に突出した第２のカバー３３ｆと、を有する。

[0057] 絶縁部３３は比誘電率の低い材料で構成されることが好ましい。絶縁部３３の比誘電率は、１０以下が好ましい。例えば、絶縁部３３は、比誘電率が８．４以上９．９以下である酸化アルミニウム、あるいは、比誘電率が８．５以上８．６以下である窒化アルミニウムで構成される。

[0058] 絶縁部３３の第１の突起部３３ｃには、第１の締結部３７が固定されている。第１の締結部３７は、第１の突起部３３ｃに固定された第１の部分３７ａと、第１のボルト穴の第１の小径部３２ｂにねじ込まれる雄ネジが形成された第２の部分３７ｂと、を有する。第１の部分３７ａが、第１の突起部３３ｃの周囲に被せられて第１の突起部３３ｃにロウ付けされることにより、第１の突起部３３ｃに強固に固定される。さらに、第２の部分３７ｂが、第１の小径部３２ｂにねじ込まれることにより、導電部３２と絶縁部３３とが締結される。

[0059] このとき、導電部３２が絶縁部３３の第１の位置３３ａに密着して固定される。また、第１のカバー３３ｅが導電部３２の一端を覆うように導電部３２の周囲を取り囲んでいる。また、第１の部分３７ａは第１の大径部３２ａに収容され、第２の部分３７ｂは第１の小径部３２ｂに収容されるように構成されている。

[0060] 絶縁部３３が酸化アルミニウムを含むセラミックである場合、第１の締結部３７は、ニッケル及びコバルトを含む合金を含むことが好ましい。これにより、絶縁部３３と第１の締結部３７とを熱膨張率の近い材料で構成し、絶

縁部３３と第１の締結部３７とのロウ付けによる固定が温度変化によって影響されることを抑制できる。

[0061] 導電部３２と絶縁部３３とを十分に密着させるために、導電部３２と絶縁部３３との接触面の表面粗さＲａは６．３μｍ以下とすることが好ましい。例えば３．２μｍとすることが好ましい。また、導電部３２と絶縁部３３との接触面の面積は１１０ｍｍ^{2}以上とすることが好ましい。例えば１５０ｍｍ^{2}とすることが好ましい。

[0062] 導電部３２と絶縁部３３の第１の位置３３ａとは、金属シートを介して接触していてもよい。金属シートは、例えば、アルミニウム、銅、又はスズのシートでもよい。金属シートの厚みは、１０μｍ以上、３０μｍ以下でもよい。さらに好ましくは、１０μｍ以上、２０μｍ以下でもよい。

あるいは、導電部３２と絶縁部３３の第１の位置３３ａとは、樹脂シートを介して接触していてもよい。樹脂シートは、例えば、シリコーンゴム又はアクリルゴムのシートでもよい。樹脂シートの厚みは、１０μｍ以上、１０００μｍ以下でもよい。例えば、５００μｍでもよい。

金属シート又は樹脂シートを用いることにより、導電部３２と絶縁部３３との間の空気層が低減され、導電部３２から絶縁部３３への熱伝導が効率よく行われる。

[0063] 冷却部３４は、第２の大径部３４ａ及び雌ネジが形成された第２の小径部３４ｂを有する第２のボルト穴を含む。冷却部３４は、導電率の高い銅などの材料で構成される。

冷却部３４は、第２のボルト穴とは別の部分で、冷却機構２７ｇと接続されている。これにより、冷却部３４から冷却機構２７ｇへの熱伝導が可能となっている。また、冷却部３４は、冷却機構２７ｇ及び接続プレート１０ｇを介して基準電位に電気的に接続される。

[0064] 絶縁部３３の第２の突起部３３ｄには、第２の締結部３８が固定されている。第２の締結部３８は、第２の突起部３３ｄに固定された第３の部分３８ａと、第２のボルト穴の第２の小径部３４ｂにねじ込まれる雄ネジが形成さ

れた第４の部分３８ｂと、を有する。第３の部分３８ａが、第２の突起部３３ｄの周囲に被せられて第２の突起部３３ｄにロウ付けされることにより、第２の突起部３３ｄに強固に固定される。さらに、第４の部分３８ｂが、第２の小径部３４ｂにねじ込まれることにより、冷却部３４と絶縁部３３とが締結される。

[0065] このとき、冷却部３４が絶縁部３３の第２の位置３３ｂに密着して固定される。また、第２のカバー３３ｆが冷却部３４の一端を覆うように冷却部３４の周囲を取り囲んでいる。また、第３の部分３８ａは第２の大径部３４ａに収容され、第４の部分３８ｂは第２の小径部３４ｂに収容されるように構成されている。

[0066] 絶縁部３３が酸化アルミニウムを含むセラミックである場合、第２の締結部３８は、ニッケル及びコバルトを含む合金を含むことが好ましい。これにより、絶縁部３３と第２の締結部３８とを熱膨張率の近い材料で構成し、絶縁部３３と第２の締結部３８とのロウ付けによる固定が温度変化によって影響されることを抑制できる。

[0067] 冷却部３４と絶縁部３３とを十分に密着させるために、冷却部３４と絶縁部３３との接触面の表面粗さＲａは６．３μｍ以下とすることが好ましい。例えば３．２μｍとすることが好ましい。また、冷却部３４と絶縁部３３との接触面の面積は１１０ｍｍ^{2}以上とすることが好ましい。例えば１５０ｍｍ^{2}とすることが好ましい。

[0068] 冷却部３４と絶縁部３３の第２の位置３３ｂとは、金属シートを介して接触していてもよい。金属シートは、例えば、アルミニウム、銅、又はスズのシートでもよい。金属シートの厚みは、１０μｍ以上、３０μｍ以下でもよい。さらに好ましくは、１０μｍ以上、２０μｍ以下でもよい。

あるいは、冷却部３４と絶縁部３３の第２の位置３３ｂとは、樹脂シートを介して接触していてもよい。樹脂シートは、例えば、シリコーンゴム又はアクリルゴムのシートでもよい。樹脂シートの厚みは、１０μｍ以上、１０００μｍ以下でもよい。例えば、５００μｍでもよい。

金属シート又は樹脂シートを用いることにより、冷却部３４と絶縁部３３との間の空気層が低減され、絶縁部３３から冷却部３４への熱伝導が効率よく行われる。

[0069] ２．２　動作及び作用

予備電離コンデンサＣ１１で発生した熱は、導電部３２及び絶縁部３３を介した熱伝導によって冷却部３４に排熱される。第１の締結部３７により、導電部３２が絶縁部３３の第１の位置３３ａに密着して固定されるので、導電部３２から絶縁部３３への熱伝導が効率よく行われる。第２の締結部３８により、冷却部３４が絶縁部３３の第２の位置３３ｂに密着して固定されるので、絶縁部３３から冷却部３４への熱伝導が効率よく行われる。

[0070] 第１の位置３３ａと第２の位置３３ｂとは、互いに対向して位置している。これによれば、絶縁部３３の熱伝導率が、導電部３２又は冷却部３４の熱伝導率より低い場合でも、導電部３２から冷却部３４への排熱が効率よく行われる。

[0071] 導電部３２はパルスパワーモジュール１３から出力されるパルス状の高電圧の電位に電気的に接続され、冷却部３４は基準電位に電気的に接続されている。しかし、導電部３２と冷却部３４との間は絶縁部３３によって電気的に絶縁されている。これによれば、導電部３２の電位と冷却部３４の電位とが異なっていても、冷却部３４を用いて導電部３２を冷却することができる。

[0072] 絶縁部３３の第１のカバー３３ｅが導電部３２の一端を覆っており、絶縁部３３の第２のカバー３３ｆが冷却部３４の一端を覆っている。これにより、導電部３２と冷却部３４との間での放電を抑制できる。

[0073] 絶縁部３３は比誘電率の低い材料で構成される。これにより、絶縁部３３の静電容量を小さくすることができ、絶縁部３３がコンデンサとして機能することを抑制できる。

その他の点については、図１～図３を参照しながら説明した比較例と同様である。

[0074] ３．予備電離配線部に設けられた冷却構造

３．１　構成

図５Ａは、第２の実施形態に係るレーザ装置におけるピーキングコンデンサ及び予備電離コンデンサの配置を示す平面図である。図５Ｂは、図５ＡのＶＢ－ＶＢ線における断面図である。図５Ｃは、図５ＡのＶＣ－ＶＣ線における断面図である。

図５Ｂに示されるように、予備電離コンデンサＣ１１の各々は、コンデンサ本体４１ａと、第１の電極４１ｂと、第２の電極４１ｃと、被覆部４１ｄとを含んでいる。コンデンサ本体４１ａは、第１の電極４１ｂと第２の電極４１ｃとの間に挟まれて位置し、第１の電極４１ｂと第２の電極４１ｃとの間の容量を所定の容量とするように構成されている。被覆部４１ｄは、コンデンサ本体４１ａと、第１の電極４１ｂの一部と、第２の電極４１ｃの一部とを覆っている。

[0075] 第２の電極４１ｃには、導電部材２８ａの一端が固定されている。第２の電極４１ｃに導電部材２８ａを固定するために、第２の電極４１ｃに形成されたボルト穴４１ｆに、導電部材２８ａを貫通したボルト２８ｄがねじ込まれている。導電部材２８ａの他端は接続プレート２０ｂに固定されている。

これにより、予備電離コンデンサＣ１１の第２の電極４１ｃが、導電部材２８ａを介して、パルスパワーモジュール１３から出力されるパルス状の高電圧の出力端子に電気的に接続される。

[0076] 第１の電極４１ｂは、予備電離配線部３５ｂと、絶縁部４３と、冷却部４４と、を含む冷却構造に接続されている。予備電離配線部３５ｂは、本開示における導電部に相当する。

[0077] 予備電離配線部３５ｂは、雄ネジ部３５ｇを含む。雄ネジ部３５ｇが第１の電極４１ｂのボルト穴４１ｅにねじ込まれることにより、予備電離配線部３５ｂと第１の電極４１ｂとが電気的に接続される。予備電離配線部３５ｂは、導電率の高い銅などの材料で構成される。

[0078] 予備電離配線部３５ｂは、フィードスルー３６を介してレーザチャンバ１

０の内部に導入される。予備電離配線部３５ｂは、レーザチャンバ１０の内部において予備電離内電極２５に電気的に接続される。これにより第１の電極４１ｂが予備電離内電極２５に電気的に接続される。予備電離内電極２５は、パルスパワーモジュール１３から出力されるパルス状の高電圧の電位と、基準電位との間の電位となる。

[0079] 予備電離配線部３５ｂは、雄ネジ部３５ｇの位置とフィードスルー３６の位置との間に、貫通孔３５ｆを有する。

[0080] 絶縁部４３は、第１の位置４３ａを含む第１の面と、第２の位置４３ｂを含む第２の面と、を有する。第１の面と第２の面とは互いに反対側の面である。第１の位置４３ａと第２の位置４３ｂとは互いに対向する位置である。絶縁部４３は、さらに、図５Ｃに示されるように、第１の位置４３ａの付近で第１の面の略法線方向に突出した第１のカバー４３ｃ及び４３ｄを有する。絶縁部４３は、さらに、図５Ｂに示されるように、第２の位置４３ｂの付近で第２の面の略法線方向に突出した第２のカバー４３ｅ及び４３ｆを有する。

[0081] 絶縁部４３は比誘電率の低い材料で構成されることが好ましい。絶縁部４３の比誘電率は、１０以下が好ましい。例えば、絶縁部４３は、比誘電率が８．４以上９．９以下である酸化アルミニウム、あるいは、比誘電率が８．５以上８．６以下である窒化アルミニウムで構成される。

[0082] 絶縁部４３の第１の位置４３ａには、第１の締結部４７が固定されている。第１の締結部４７は、貫通孔３５ｆの貫通方向の一方側に位置する第５の部分４７ａと、貫通孔３５ｆの貫通方向の他方側に位置する第６の部分４７ｂと、を含む。第５の部分４７ａは、第１の位置４３ａにロウ付けされている。第５の部分４７ａと第６の部分４７ｂとは一体のボルトで構成されている。

[0083] 第１の締結部４７は、さらにナット４７ｃを含む。ナット４７ｃは、第６の部分４７ｂに取り付けられて回転させられると、第６の部分４７ｂのねじ溝に従って第５の部分４７ａへ近づく方向に移動する。これにより、予備電

離配線部３５ｂと絶縁部４３とが締結される。このとき、予備電離配線部３５ｂが絶縁部４３の第１の位置４３ａに密着して固定される。また、第１のカバー４３ｃ及び４３ｄが予備電離配線部３５ｂの一部を覆うように予備電離配線部３５ｂの２つの側面を挟み込んでいる。ナット４７ｃは、本開示における第７の部分に相当する。

[0084] 絶縁部４３が酸化アルミニウムを含むセラミックである場合、第１の締結部４７は、ニッケル及びコバルトを含む合金を含むことが好ましい。これにより、絶縁部４３と第１の締結部４７とを熱膨張率の近い材料で構成し、絶縁部４３と第１の締結部４７とのロウ付けによる固定が温度変化によって影響されることを抑制できる。

[0085] 予備電離配線部３５ｂと絶縁部４３とを十分に密着させるために、予備電離配線部３５ｂと絶縁部４３との接触面の表面粗さＲａは６．３μｍ以下とすることが好ましい。例えば３．２μｍとすることが好ましい。また、予備電離配線部３５ｂと絶縁部４３との接触面の面積は１１０ｍｍ^{2}以上とすることが好ましい。例えば１５０ｍｍ^{2}とすることが好ましい。

[0086] 予備電離配線部３５ｂと絶縁部４３の第１の位置４３ａとは、金属シートを介して接触していてもよい。あるいは、予備電離配線部３５ｂと絶縁部４３の第１の位置４３ａとは、樹脂シートを介して接触していてもよい。金属シート又は樹脂シートの材料及び厚さは、第１の実施形態で説明したものと同様でよい。金属シート又は樹脂シートを用いることにより、予備電離配線部３５ｂと絶縁部４３との間の空気層が低減され、予備電離配線部３５ｂから絶縁部４３への熱伝導が効率よく行われる。

[0087] 冷却部４４は、ボルト穴４４ａを含む。絶縁部４３を貫通したボルト４６がボルト穴４４ａにねじ込まれることにより、冷却部４４と絶縁部４３とが締結される。

このとき、冷却部４４が絶縁部４３の第２の位置４３ｂに密着して固定される。また、第２のカバー４３ｅ及び４３ｆが冷却部４４の一部を覆うように冷却部４４の２つの側面を挟み込んでいる。

[0088] 冷却部４４は、絶縁部４３と締結された部分とは別の部分で、冷却機構２７ｆと接続されている。これにより、冷却部４４から冷却機構２７ｆへの熱伝導が可能となっている。また、冷却部４４は、冷却機構２７ｆ及び接続プレート１０ｆを介して基準電位に電気的に接続される。

[0089] 冷却部４４と絶縁部４３とを十分に密着させるために、冷却部４４と絶縁部４３との接触面の表面粗さＲａは６．３μｍ以下とすることが好ましい。例えば３．２μｍとすることが好ましい。また、冷却部４４と絶縁部４３との接触面の面積は１１０ｍｍ^{2}以上とすることが好ましい。例えば１５０ｍｍ^{2}とすることが好ましい。

[0090] 冷却部４４と絶縁部４３の第２の位置４３ｂとは、金属シートを介して接触していてもよい。あるいは、冷却部４４と絶縁部４３の第２の位置４３ｂとは、樹脂シートを介して接触していてもよい。金属シート又は樹脂シートの材料及び厚さは、第１の実施形態で説明したものと同様でよい。金属シート又は樹脂シートを用いることにより、冷却部４４と絶縁部４３との間の空気層が低減され、絶縁部４３から冷却部４４への熱伝導が効率よく行われる。

[0091] ３．２　動作及び作用

予備電離コンデンサＣ１１で発生した熱は、予備電離配線部３５ｂ及び絶縁部４３を介した熱伝導によって冷却部４４に排熱される。第１の締結部４７により、予備電離配線部３５ｂが絶縁部４３の第１の位置４３ａに密着して固定されるので、予備電離配線部３５ｂから絶縁部４３への熱伝導が効率よく行われる。ボルト４６により、冷却部４４が絶縁部４３の第２の位置４３ｂに密着して固定されるので、絶縁部４３から冷却部４４への熱伝導が効率よく行われる。

[0092] 第１の位置４３ａと第２の位置４３ｂとは、互いに対向して位置している。これによれば、絶縁部４３の熱伝導率が、予備電離配線部３５ｂ又は冷却部４４の熱伝導率より低い場合でも、予備電離配線部３５ｂから冷却部４４への排熱が効率よく行われる。

[0093] 予備電離配線部３５ｂはレーザガスの一部を予備電離させるためのコロナ放電を生成可能な電位となる予備電離内電極２５に電気的に接続され、冷却部４４は基準電位に電気的に接続されている。しかし、予備電離配線部３５ｂと冷却部４４との間は絶縁部４３によって電気的に絶縁されている。これにより、予備電離配線部３５ｂの電位と冷却部４４の電位とが異なっていても、冷却部４４を用いて予備電離配線部３５ｂを冷却することができる。

[0094] 絶縁部４３の第１のカバー４３ｃ及び４３ｄが予備電離配線部３５ｂの一部を覆っており、絶縁部４３の第２のカバー４３ｅ及び４３ｆが冷却部４４の一部を覆っている。これにより、予備電離配線部３５ｂと冷却部４４との間での放電を抑制できる。

[0095] 絶縁部４３は比誘電率の低い材料で構成される。これにより、絶縁部４３の静電容量を小さくすることができ、絶縁部４３がコンデンサとして機能することを抑制できる。

その他の点については、図４Ａ及び図４Ｂを参照しながら説明した第１の実施形態と同様である。

[0096] 上述の説明では、ボルト４６によって冷却部４４と絶縁部４３とが締結される場合について説明したが、本開示はこれに限定されない。予備電離配線部３５ｂと絶縁部４３との締結と同様に、絶縁部４３の第２の位置４３ｂにロウ付けされて冷却部４４の貫通孔を貫通する図示しない締結部により、冷却部４４と絶縁部４３とが締結されてもよい。

[0097] ４．その他

４．１　参考例の構成

図６Ａは、参考例に係るレーザ装置におけるピーキングコンデンサ及び予備電離コンデンサの配置を示す平面図である。図６Ｂは、図６ＡのＶＩＢ－ＶＩＢ線における断面図である。

[0098] 参考例において、図６Ｂに示される第１の電極４１ｂは、予備電離配線部３５ｃと、冷却装置５０と、を含む冷却構造に接続されている。予備電離配線部３５ｃは、レーザチャンバ１０の内部において予備電離内電極２５に電

気的に接続される。予備電離内電極２５の電位は、パルスパワーモジュール１３から出力されるパルス状の高電圧の電位と、基準電位との間の電位となる。

冷却装置５０は、供給排出部５０ａと、冷却管部５０ｂと、絶縁シート５０ｃと、被覆部５０ｄと、を含んでいる。供給排出部５０ａ及び冷却管部５０ｂは、例えば、基準電位に電気的に接続される。

[0099] 供給排出部５０ａは、図示しないポンプ等に接続された配管である。供給排出部５０ａは、水などの冷却媒体を冷却管部５０ｂに供給し、冷却管部５０ｂを通過した冷却媒体を排出する。

[0100] 冷却管部５０ｂは、予備電離配線部３５ｃの周囲に配置され、熱伝導率の高い材料で構成された配管である。冷却管部５０ｂは、供給排出部５０ａから供給された冷却媒体を通過させる。このとき、予備電離配線部３５ｃから冷却媒体に熱伝導が行われる。冷却管部５０ｂを通過した冷却媒体は、供給排出部５０ａを介して排出される。

[0101] 絶縁シート５０ｃは、予備電離配線部３５ｃと冷却管部５０ｂとの間に配置されている。絶縁シート５０ｃは、電気絶縁性を確保する一方で熱伝導率の高い材料で構成されることが望ましい。

[0102] 被覆部５０ｄは、絶縁性の樹脂で構成され、供給排出部５０ａの一部と、冷却管部５０ｂとを覆っている。被覆部５０ｄは、供給排出部５０ａ及び冷却管部５０ｂと、予備電離配線部３５ｃとの間の放電を抑制するように構成されている。

[0103] ４．２　参考例の動作及び作用

予備電離コンデンサＣ１１で発生した熱は、予備電離配線部３５ｃ及び絶縁シート５０ｃを介した熱伝導によって、冷却管部５０ｂに排熱され、さらに冷却媒体によって供給排出部５０ａに排熱される。熱伝導率の高い絶縁シート５０ｃを採用することにより、予備電離配線部３５ｃから冷却管部５０ｂへの熱伝導が効率よく行われる。

[0104] 予備電離配線部３５ｃはレーザガスの一部を予備電離させるためのコロナ

放電を生成可能な電位となる予備電離内電極２５に電気的に接続され、供給排出部５０ａ及び冷却管部５０ｂは基準電位に電気的に接続されている。しかし、予備電離配線部３５ｃと、供給排出部５０ａ及び冷却管部５０ｂと、の間は絶縁シート５０ｃ及び被覆部５０ｄによって電気的に絶縁されている。これにより、予備電離配線部３５ｃの電位と供給排出部５０ａ及び冷却管部５０ｂの電位とが異なっていても、冷却装置５０を用いて予備電離配線部３５ｃを冷却することができる。

その他の点については、図５Ａ～図５Ｃを参照しながら説明した第２の実施形態と同様である。

[0105] ４．３　補足

第１の実施形態においてはパルスパワーモジュール１３の出力端子に電気的に接続された第１の電極３１ｂを冷却する場合について説明した。また、第２の実施形態及び参考例においては予備電離内電極２５に電気的に接続された第１の電極４１ｂを冷却する場合について説明した。しかし、本開示はこれらに限定されない。パルスパワーモジュール１３の出力端子に電気的に接続された電極と、予備電離内電極２５に電気的に接続された電極と、の両方を冷却してもよい。第１の実施形態、第２の実施形態、及び参考例に係る冷却構造のうちの任意の２つを組み合わせてもよい。

[0106] 上記の説明は、制限ではなく単なる例示を意図したものである。従って、添付の特許請求の範囲を逸脱することなく本開示の実施形態に変更を加えることができることは、当業者には明らかであろう。

[0107] 本明細書及び添付の特許請求の範囲全体で使用される用語は、「限定的でない」用語と解釈されるべきである。例えば、「含む」又は「含まれる」という用語は、「含まれるものとして記載されたものに限定されない」と解釈されるべきである。「有する」という用語は、「有するものとして記載されたものに限定されない」と解釈されるべきである。また、本明細書及び添付の特許請求の範囲に記載される修飾句「１つの」は、「少なくとも１つ」又は「１又はそれ以上」を意味すると解釈されるべきである。

請求の範囲

[請求項1] 第１の電極及び第２の電極を有するコンデンサの冷却構造であって、

前記第１の電極と電気的に接続された導電部と、

第１の位置を含む第１の面と第２の位置を含む第２の面とを有し、前記第１の位置において前記導電部と接続された絶縁部と、

前記導電部と前記絶縁部とを締結する第１の締結部と、

前記第１の位置に対向する前記第２の位置と接続された冷却部と、を含み、

前記導電部と前記冷却部は、前記絶縁部によって電気的に絶縁されている、コンデンサの冷却構造。

[請求項2] 請求項１記載のコンデンサの冷却構造であって、

前記導電部と前記絶縁部は、金属シートを介して接触している、コンデンサの冷却構造。

[請求項3] 請求項１記載のコンデンサの冷却構造であって、

前記導電部と前記絶縁部は、樹脂シートを介して接触している、コンデンサの冷却構造。

[請求項4] 請求項１記載のコンデンサの冷却構造であって、

前記絶縁部は前記導電部の一端を覆うように構成されている、コンデンサの冷却構造。

[請求項5] 請求項１記載のコンデンサの冷却構造であって、

前記絶縁部は前記冷却部の一端を覆うように構成されている、コンデンサの冷却構造。

[請求項6] 請求項１記載のコンデンサの冷却構造であって、

前記絶縁部は、酸化アルミニウムを含み、

前記第１の締結部は、ニッケル及びコバルトを含む合金を含む、コンデンサの冷却構造。

[請求項7] 請求項１記載のコンデンサの冷却構造であって、

前記第１の締結部の一部が前記絶縁部にロウ付けされている、コンデンサの冷却構造。

[請求項8] 請求項１記載のコンデンサの冷却構造であって、

前記導電部は、雌ネジが形成された第１のボルト穴を有し、

前記第１の締結部は、前記絶縁部にロウ付けされた第１の部分と、前記第１のボルト穴にねじ込まれる雄ネジが形成された第２の部分と、を有する、

コンデンサの冷却構造。

[請求項9] 請求項８記載のコンデンサの冷却構造であって、

前記第１のボルト穴は、前記第１の部分を収容する第１の大径部と、前記第２の部分を収容する第１の小径部とを有する、コンデンサの冷却構造。

[請求項10] 請求項１記載のコンデンサの冷却構造であって、

前記冷却部と前記絶縁部とを締結する第２の締結部

をさらに含む、コンデンサの冷却構造。

[請求項11] 請求項１０記載のコンデンサの冷却構造であって、

前記絶縁部は、酸化アルミニウムを含み、

前記第２の締結部は、ニッケル及びコバルトを含む合金を含む、コンデンサの冷却構造。

[請求項12] 請求項１０記載のコンデンサの冷却構造であって、

前記第２の締結部の一部が前記絶縁部にロウ付けされている、コンデンサの冷却構造。

[請求項13] 請求項１０記載のコンデンサの冷却構造であって、

前記冷却部は、雌ネジが形成された第２のボルト穴を有し、

前記第２の締結部は、前記絶縁部にロウ付けされた第３の部分と、前記第２のボルト穴にねじ込まれる雄ネジが形成された第４の部分と、を有する、

コンデンサの冷却構造。

[請求項14] 請求項１３記載のコンデンサの冷却構造であって、

前記第２のボルト穴は、前記第３の部分を収容する第２の大径部と、前記第４の部分を収容する第２の小径部とを有する、コンデンサの冷却構造。

[請求項15] 請求項１記載のコンデンサの冷却構造であって、

前記第１の電極が電源装置の出力端子に電気的に接続され、前記第２の電極が前記出力端子の電位と基準電位との間の電位を有する第３の電極に電気的に接続されている、コンデンサの冷却構造。

[請求項16] 請求項１５記載のコンデンサの冷却構造であって、

前記冷却部は前記基準電位に電気的に接続されている、コンデンサの冷却構造。

[請求項17] 請求項１記載のコンデンサの冷却構造であって、

前記導電部は貫通孔を有し、

前記第１の締結部は、前記絶縁部にロウ付けされて前記貫通孔の貫通方向の一方側に位置する第５の部分と、前記貫通孔の貫通方向の他方側に位置する第６の部分と、前記第６の部分に取り付けられて前記導電部を前記絶縁部に固定する第７の部分と、を有する、

コンデンサの冷却構造。

[請求項18] 請求項１記載のコンデンサの冷却構造であって、

前記第２の電極が電源装置の出力端子に電気的に接続され、前記第１の電極が前記出力端子の電位と基準電位との間の電位を有する第３の電極に電気的に接続されている、コンデンサの冷却構造。

[請求項19] 請求項１８記載のコンデンサの冷却構造であって、

前記冷却部は前記基準電位に電気的に接続されている、コンデンサの冷却構造。

[請求項20] レーザチャンバと、

前記レーザチャンバに配置された一対の放電電極と、

ピーキングコンデンサを有し、前記一対の放電電極の間にパルス電

圧を印加するように構成されたパルスパワーモジュールと、

第１の電極及び第２の電極を有する予備電離コンデンサを有し、前記レーザチャンバの内部のガスの一部を電離させるように構成された予備電離機構と、

前記第１の電極と電気的に接続された導電部と、

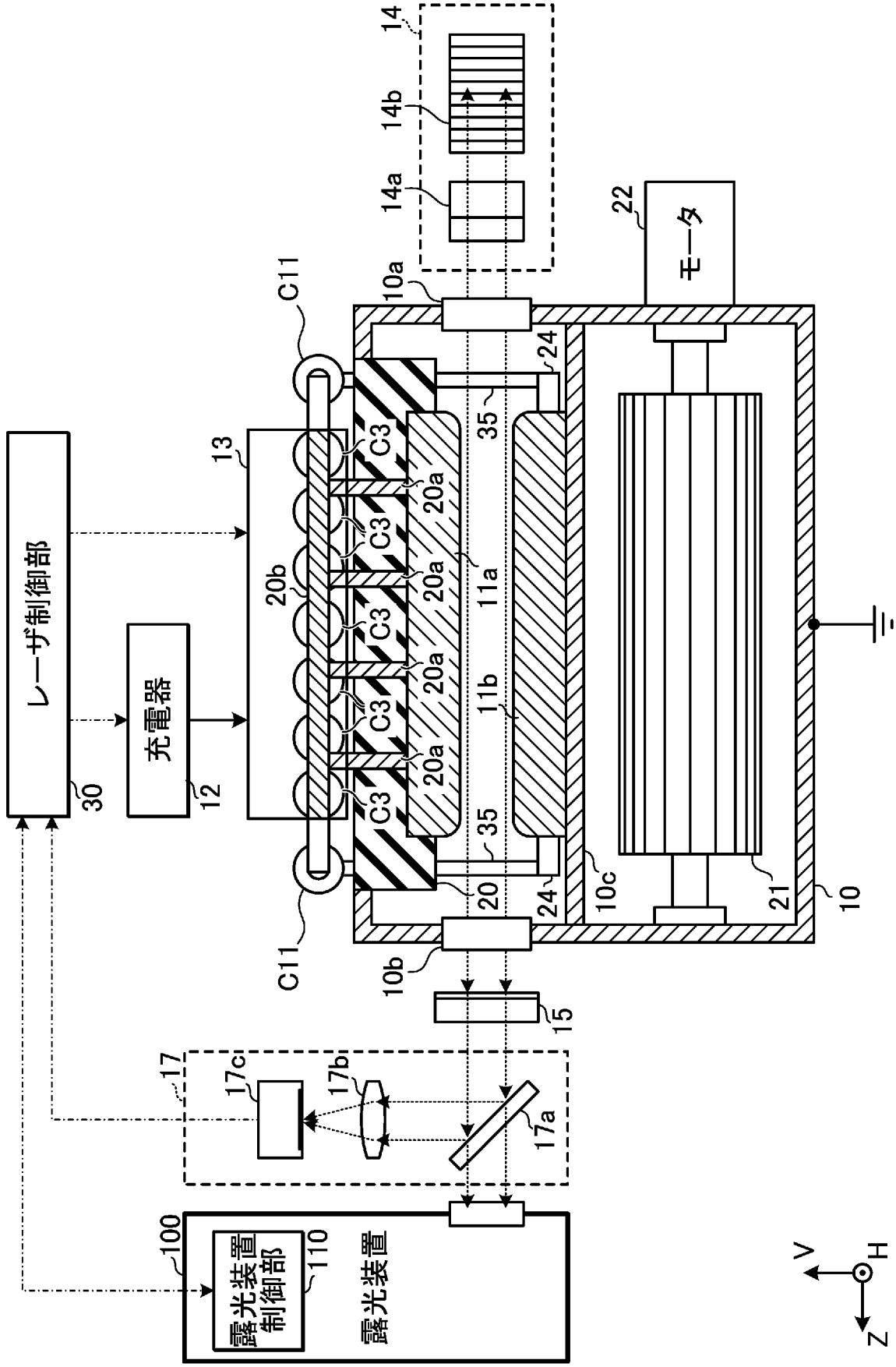
第１の位置を含む第１の面と第２の位置を含む第２の面とを有し、前記第１の位置において前記導電部と接続された絶縁部と、

前記導電部と前記絶縁部とを締結する第１の締結部と、

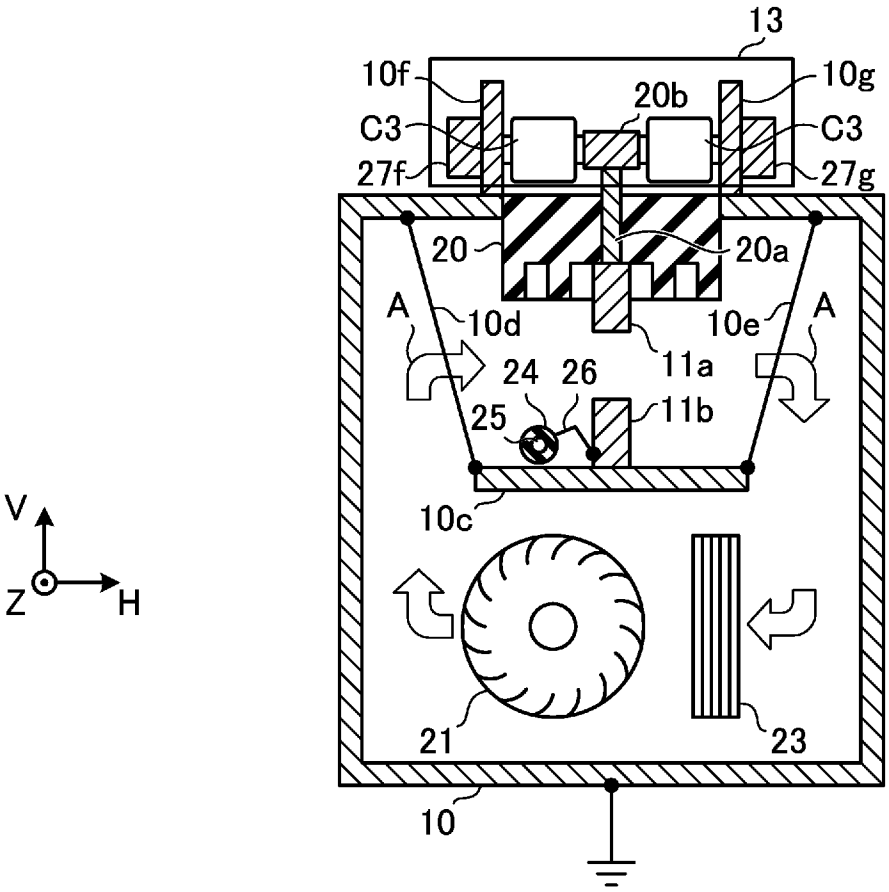
前記第１の位置に対向する前記第２の位置と接続された冷却部と、を含み、

前記導電部と前記冷却部は、前記絶縁部によって電気的に絶縁されている、レーザ装置。

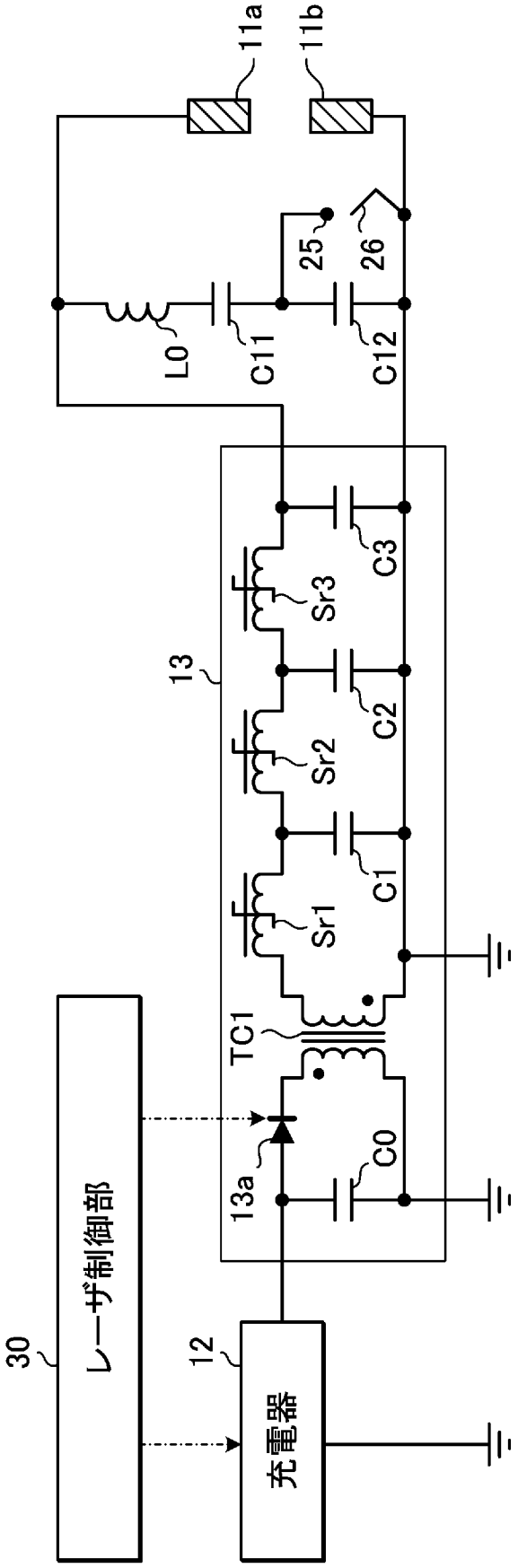
[図1]


14
14b
14a
22
モータ
C11
10a
24
35
13
C3
20a
20b
11a
11b
レーザ制御部
充電器
30
12
20
10c
21
10
10b
15
17
17c
17b
17a
100
露光装置制御部
110
露光装置
V
H
Z

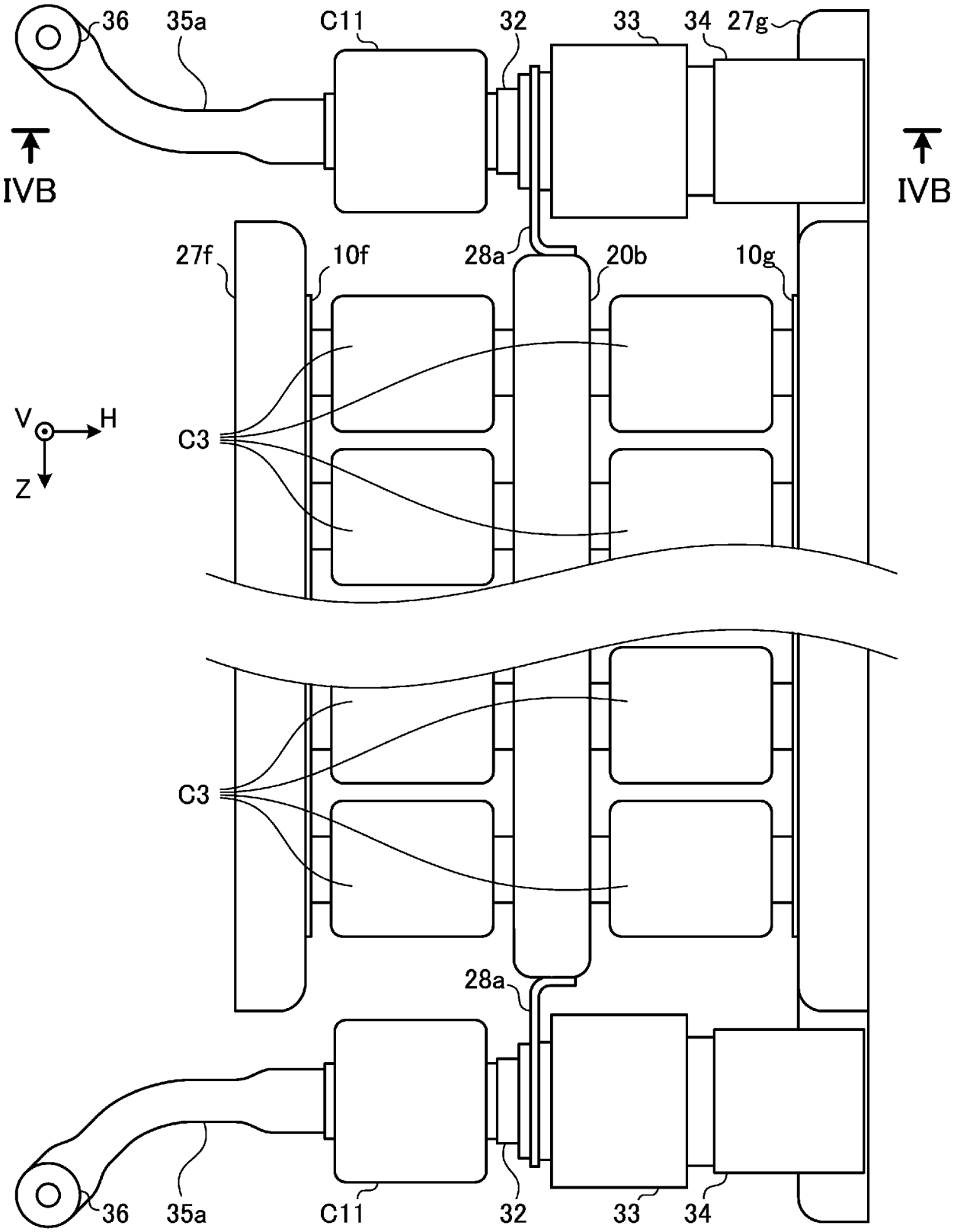
[図2]


13
10f
10g
20b
C3
C3
27f
27g
20
20a
A
10d
10e
A
24
26
11a
25
11b
10c
V
Z
H
21
23
10

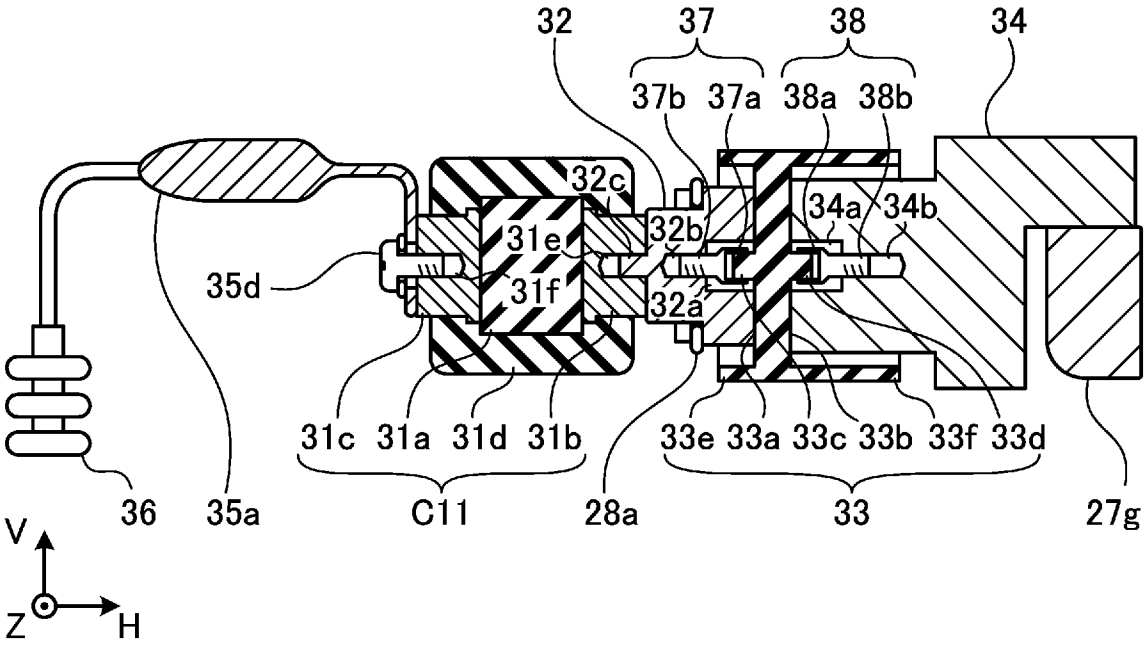
[図3]


11a
11b
25
26
L0
C11
C12
13
C3
Sr3
C2
Sr2
C1
Sr1
TC1
13a
C0
30
レーザ制御部
12
充電器

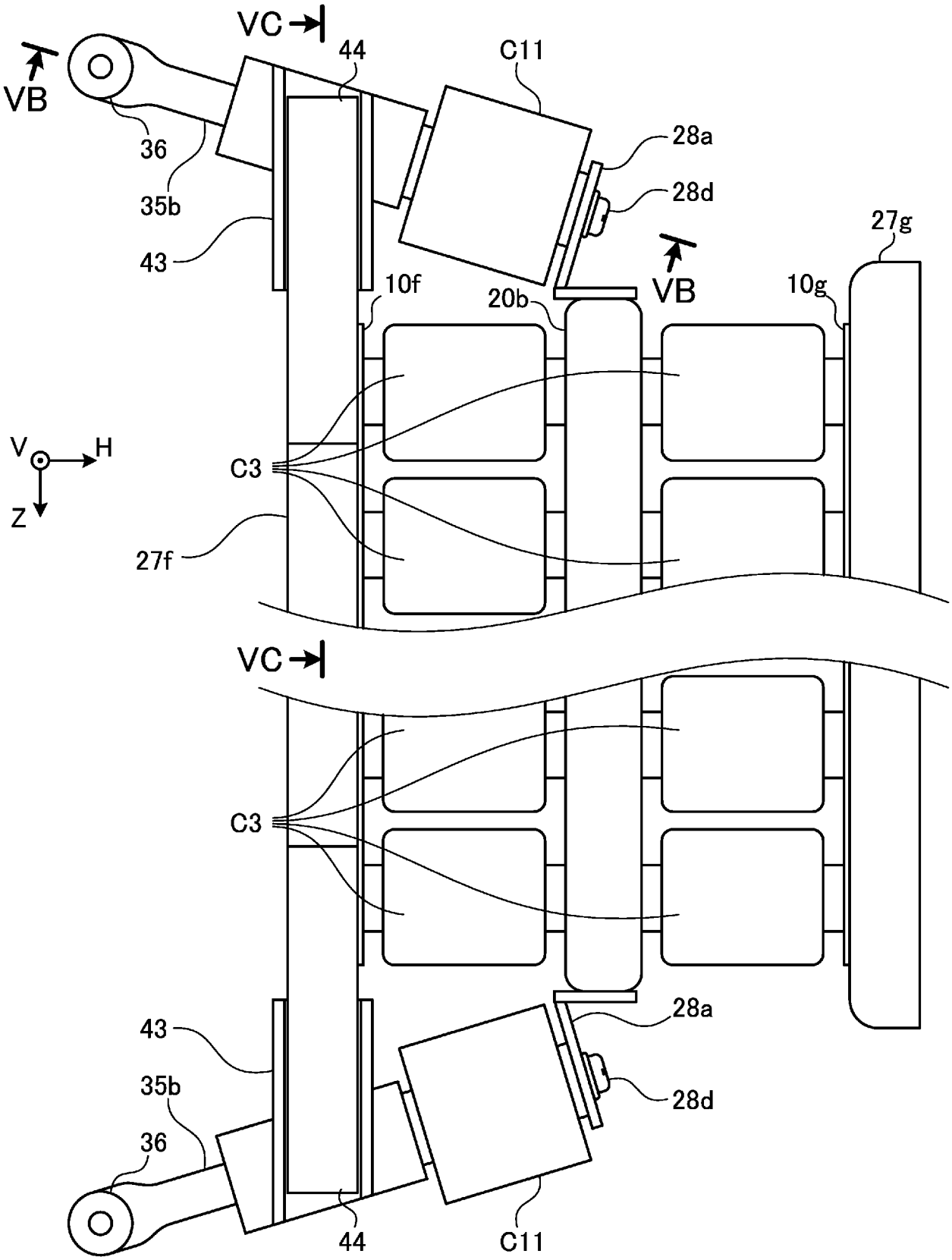
[図4A]


36
35a
C11
32
33
34
27g
IVB
IVB
27f
10f
28a
20b
10g
V
H
Z
C3
C3
28a
36
35a
C11
32
33
34

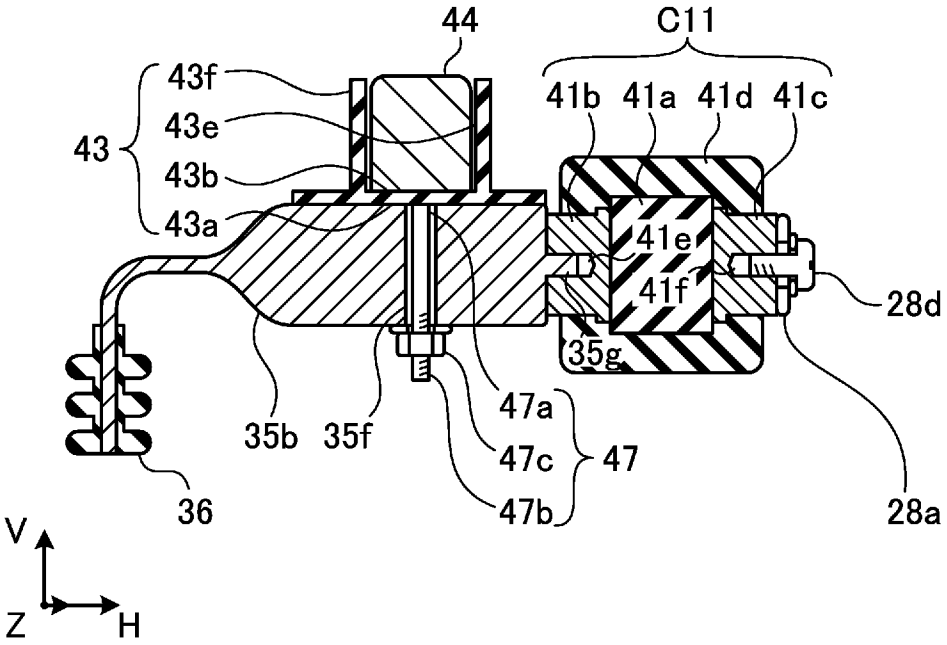
[図4B]


32
37
38
34
37b
37a
38a
38b
32c
31e
31f
32b
32a
34a
34b
35d
31c
31a
31d
31b
33e
33a
33c
33b
33f
33d
36
35a
C11
28a
33
27g
V
Z
H

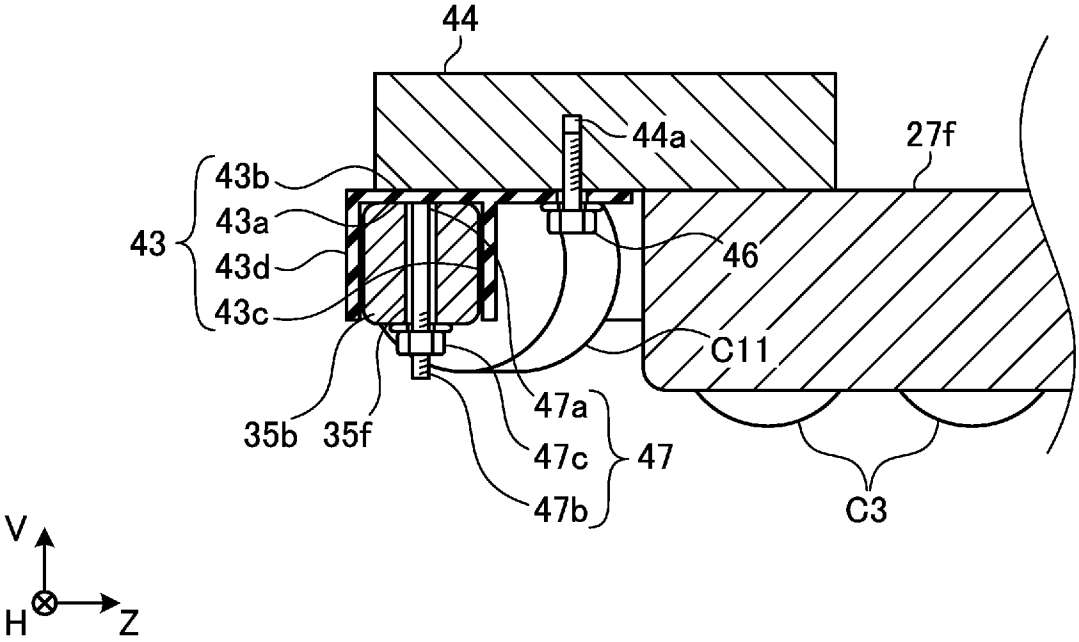
[図5A]


VC
VB
44
C11
36
28a
35b
28d
43
27g
10f
20b
VB
10g
V
H
Z
C3
27f
VC
C3
43
28a
35b
28d
36
44
C11

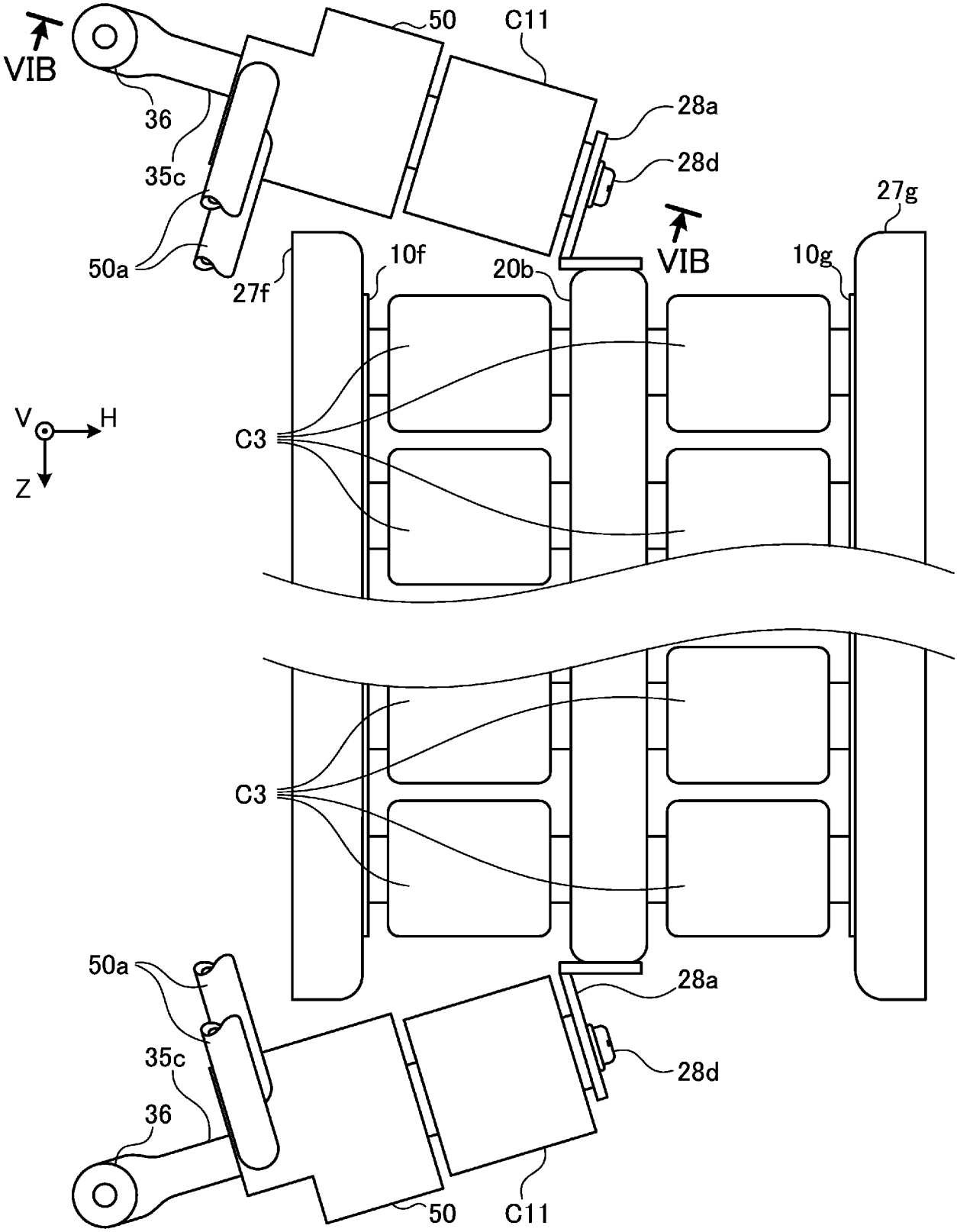
[図5B]


44
C11
43f
43e
43
43b
43a
41b
41a
41d
41c
41e
41f
28d
35g
47a
47c
47
35b
35f
36
47b
28a
V
Z
H

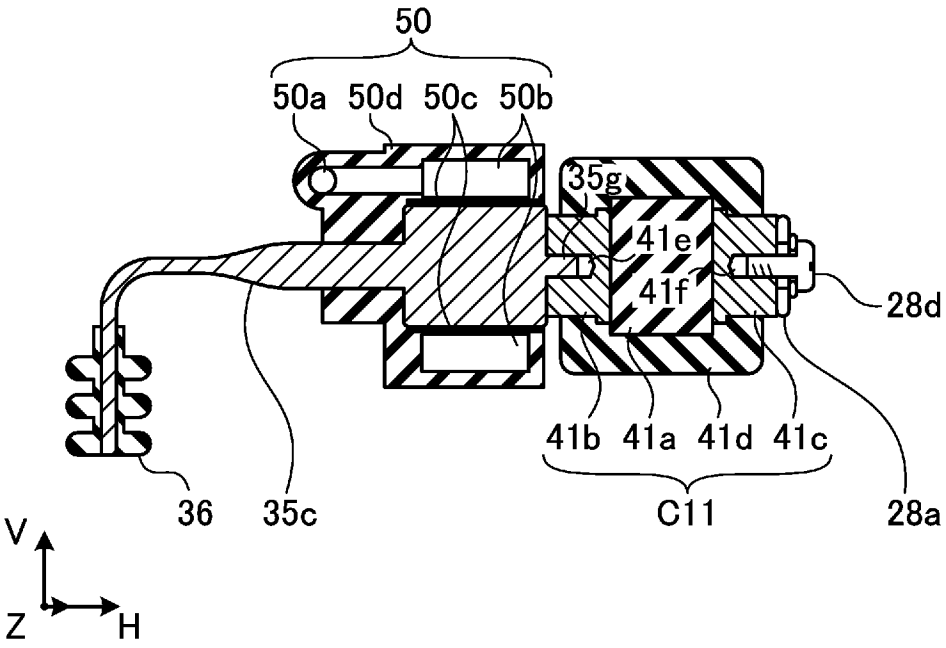
[図5C]


44
44a
27f
43b
43a
43
43d
43c
46
C11
47a
35b
35f
47c
47
47b
C3
V
H
Z

[図6A]


VIB
50
C11
36
28a
35c
28d
27g
50a
10f
VIB
27f
20b
10g
V
H
Z
C3
C3
50a
28a
35c
28d
36
50
C11

[図6B]


50
50a
50d
50c
50b
35g
41e
41f
28d
41b
41a
41d
41c
36
35c
C11
28a
V
Z
H

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/028537

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01S3/041(2006.01)i, *H01G2/08*(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)
H01S3/00-3/30, H01G2/08, H01L23/34-23/473, H05K7/20

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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 2003-249703 A (Gigaphoton Inc.), 05 September 2003 (05.09.2003), paragraphs [0010] to [0018]; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-20
Y	JP 2000-92847 A (Denso Corp.), 31 March 2000 (31.03.2000), paragraph [0020] (Family: none)	1-20
Y	WO 2015/186272 A1 (Gigaphoton Inc.), 10 December 2015 (10.12.2015), paragraphs [0011] to [0079]; fig. 1 to 5 & WO 2015/186224 A1 & WO 2015/186480 A1 & US 2016/0365696 A1 paragraphs [0050] to [0118]; fig. 1 to 5	1-20

☒ 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
12 October 2017 (12.10.17)	31 October 2017 (31.10.17)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/028537

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2006-210561 A (Hitachi, Ltd.), 10 August 2006 (10.08.2006), paragraphs [0015] to [0021]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-20
Y	JP 2016-119440 A (Shizuki Electric Co., Inc.), 30 June 2016 (30.06.2016), paragraph [0022] (Family: none)	2-3
Y	WO 2017/010322 A1 (Sumitomo Seika Chemicals Co., Ltd.), 19 January 2017 (19.01.2017), paragraphs [0024] to [0026] (Family: none)	2-3
Y	JP 2004-123459 A (Shinko Electric Industries Co., Ltd.), 22 April 2004 (22.04.2004), paragraphs [0011] to [0015]; fig. 1 to 3 (Family: none)	6-9,11-14,17
A	US 4805072 A (ACKERMANN et al.), 14 February 1989 (14.02.1989), column 3, line 63 to column 5, line 32; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-20

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／０２８５３７

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01S3/041(2006.01)i, H01G2/08(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.　H01S3/00-3/30, H01G2/08, H01L23/34-23/473, H05K7/20

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	１９７１－２０１７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１７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	関連する請求項の番号
Y	JP 2003-249703 A (ギガフォトン株式会社) 2003.09.05, 段落[0010]-[0018], 図 1-5 (ファミリーなし)	1-20
Y	JP 2000-92847 A (株式会社デンソー) 2000.03.31, 段落[0020] (ファミリーなし)	1-20

☑　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	国際調査報告の発送日
１２．１０．２０１７	３１．１０．２０１７

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
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　４０８４
百瀬　正之
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	関連する請求項の番号
Y	WO 2015/186272 A1 (ギガフォトン株式会社) 2015.12.10, 段落[0011]-[0079],図 1-5 & WO 2015/186224 A1 & WO 2015/186480 A1 & US 2016/0365696 A1 段落[0050]-[0118],FIG.1-5	1-20
Y	JP 2006-210561 A (株式会社日立製作所) 2006.08.10, 段落[0015]-[0021],図 1-2 (ファミリーなし)	1-20
Y	JP 2016-119440 A (株式会社指月電機製作所) 2016.06.30, 段落[0022] (ファミリーなし)	2-3
Y	WO 2017/010322 A1 (住友精化株式会社) 2017.01.19, 段落[0024]-[0026] (ファミリーなし)	2-3
Y	JP 2004-123459 A (新光電気工業株式会社) 2004.04.22, 段落[0011]-[0015],図 1-3 (ファミリーなし)	6-9, 11-14, 17
A	US 4805072 A (ACKERMANN et al.) 1989.02.14, 第 3 欄第 63 行-第 5 欄第 32 行,FIG.1-3 (ファミリーなし)	1-20