(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
2015 年 8 月 27 日(27.08.2015)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2015/125631 A1

(51) 国際特許分類:
H01S 3/03 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2015/053371

(22) 国際出願日: 2015 年 2 月 6 日(06.02.2015)

(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:
PCT/JP2014/054230 2014 年 2 月 21 日(21.02.2014) JP

(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: 池田 宏幸(IKEDA Hiroyuki); 〒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). 柿崎 弘司(KAKIZAKI Kouji); 〒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). 對馬 弘朗(TSUSHIMA Hiroaki); 〒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). 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).

(74) 代理人: 特許業務法人 エビス国際特許事務所(EBISU INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1410032 東京都品川区大崎１丁目１１番２号 ゲートシティ大崎イーストタワー ２２階 Tokyo (JP).

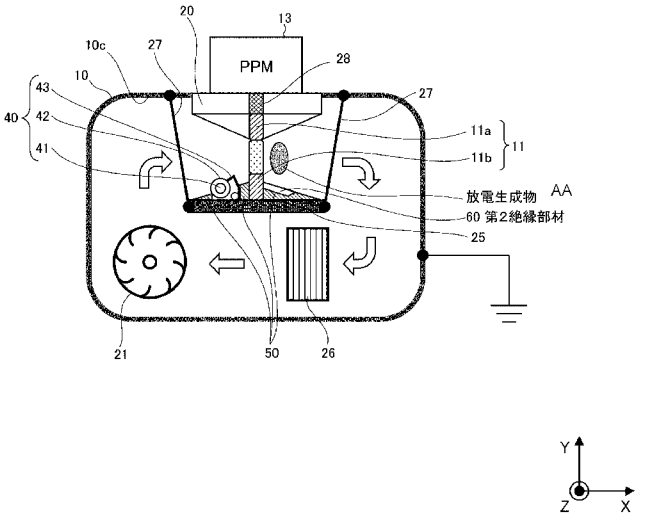
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, 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, 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,

[続葉有]

(54) **Title**: LASER CHAMBER

(54) 発明の名称 : レーザチャンバ



60 Second insulation member
AA Discharge product

(57) **Abstract**: The present invention is capable of carrying out stable electrical discharge. A laser chamber for a discharge excitation-type gas laser device may be provided with the following: a first discharge electrode disposed inside the laser chamber; a second discharge electrode disposed inside the laser chamber so as to face the first discharge electrode; a fan for causing laser gas to flow between the first discharge electrode and the second discharge electrode; a first insulation member disposed on the upstream side and the downstream side of the laser gas flow at the first discharge electrode; a metal damper member disposed on the upstream side of the laser gas flow at the second discharge electrode; and a second insulation member disposed on the downstream side of the laser gas flow at the second discharge electrode.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2015/125631 A1

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:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

安定した放電を行うことができる。 レーザチャンバは、放電励起式ガスレーザ装置のレーザチャンバであって、前記レーザチャンバ内に配置された第１放電電極と、前記レーザチャンバ内で前記第１放電電極に対向して配置された第２放電電極と、前記第１放電電極と前記第２放電電極との間にレーザガスを流すファンと、前記第１放電電極におけるレーザガス流の上流側及び下流側に配置された第１絶縁部材と、前記第２放電電極における前記レーザガス流の上流側に配置された金属ダンパ部材と、前記第２放電電極における前記レーザガス流の下流側に配置された第２絶縁部材と、を備えてもよい。

明　細　書

発明の名称 ： レーザチャンバ

技術分野

[0001] 本開示は、放電励起式ガスレーザ装置のレーザチャンバに関する。

背景技術

[0002] 半導体集積回路の微細化、高集積化につれて、半導体露光装置においては解像力の向上が要請されている。半導体露光装置を以下、単に「露光装置」という。このため露光用光源から出力される光の短波長化が進められている。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ている。現在、露光用のガスレーザ装置としては、波長２４８ｎｍの紫外線を出力するＫｒＦエキシマレーザ装置ならびに、波長１９３ｎｍの紫外線を出力するＡｒＦエキシマレーザ装置が用いられている。

[0003] 現在の露光技術としては、露光装置側の投影レンズとウエハ間の間隙を液体で満たして、当該間隙の屈折率を変えることによって、露光用光源の見かけの波長を短波長化する液浸露光が実用化されている。ＡｒＦエキシマレーザ装置を露光用光源として用いて液浸露光が行われた場合は、ウエハには水中における波長１３４ｎｍの紫外光が照射される。この技術をＡｒＦ液浸露光という。ＡｒＦ液浸露光はＡｒＦ液浸リソグラフィーとも呼ばれる。

[0004] ＫｒＦ、ＡｒＦエキシマレーザ装置の自然発振におけるスペクトル線幅は約３５０～４００ｐｍと広いため、露光装置側の投影レンズによってウエハ上に縮小投影されるレーザ光（紫外線光）の色収差が発生して解像力が低下する。そこで色収差が無視できる程度となるまでガスレーザ装置から出力されるレーザ光のスペクトル線幅を狭帯域化する必要がある。スペクトル線幅はスペクトル幅とも呼ばれる。このためガスレーザ装置のレーザ共振器内には狭帯域化素子を有する狭帯域化モジュール（Line Narrow Module：ＬＮＭ）が設けられ、この狭帯域化モジュールによりスペクトル幅の狭帯域化が実現されている。なお、狭帯域化素子はエタロンやグレーティング等であって

もよい。このようにスペクトル幅が狭帯域化されたレーザ装置を狭帯域化レーザ装置という。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：米国特許第６９１４９１９号

特許文献2：米国特許第６６３９９２９号

概要

[0006] 本開示の第１の観点に係るレーザチャンバは、放電励起式ガスレーザ装置のレーザチャンバであって、前記レーザチャンバ内に配置された第１放電電極と、前記レーザチャンバ内で前記第１放電電極に対向して配置された第２放電電極と、前記第１放電電極と前記第２放電電極との間にレーザガスを流すファンと、前記第１放電電極におけるレーザガス流の上流側及び下流側に配置された第１絶縁部材と、前記第２放電電極における前記レーザガス流の上流側に配置された金属ダンパ部材と、前記第２放電電極における前記レーザガス流の下流側に配置された第２絶縁部材と、を備えてもよい。

図面の簡単な説明

[0007] 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、放電励起式ガスレーザ装置の構成を概略的に示す。

[図2]図２は、図１に示されたレーザチャンバをＺ軸方向から視た図を示す。

[図3]図３は、図２に示されたレーザチャンバで発生するアーク放電の様子を説明するための図を示す。

[図4]図４は、第２絶縁部材を含む本実施形態のレーザチャンバを含む放電励起式ガスレーザ装置の構成を概略的に示す。

[図5]図５は、第２絶縁部材の第１実施形態を説明するための図を示す。

[図6]図６は、図５に示された第２絶縁部材の大きさを説明するための図を示す。

[図7]図７は、第２絶縁部材の第２実施形態を説明するための図を示す。

[図8]図８は、第２絶縁部材の第３実施形態を説明するための図を示す。

[図9]図９は、第２絶縁部材の第４実施形態を説明するための図を示す。

[図10]図１０は、第２絶縁部材の第５実施形態を説明するための図を示す。

[図11]図１１は、第２絶縁部材の第６実施形態を説明するための図を示す。

[図12A]図１２Ａは、第２絶縁部材を含まない従来のレーザチャンバにおいてアーク放電が発生した場合において当該アーク放電の電流経路を説明するための図を示す。

[図12B]図１２Ｂは、第２絶縁部材を含む本実施形態のレーザチャンバにおいてアーク放電が発生した場合において当該アーク放電の電流経路を説明するための図を示す。

[図13]図１３は、ファンの回転数に応じたアーク絶縁距離の推移を、図１２Ａに示された従来のレーザチャンバと図１２Ｂに示された本実施形態のレーザチャンバとで比較した図を示す。

[図14]図１４は、放電励起式ガスレーザ装置に用いられる充放電回路の回路構成を説明するための図を示す。

[図15]図１５は、各制御部のハードウェア環境におけるブロック図を示す。

実施形態

[0008] ～内容～

１．概要

２．用語の説明

３．放電励起式ガスレーザ装置

３．１　構成

３．２　動作

３．３　課題

４．第２絶縁部材を含む本実施形態のレーザチャンバ

４．１　第２絶縁部材の第１実施形態

４．２　第２絶縁部材の第２実施形態

４．３　第２絶縁部材の第３実施形態
４．４　第２絶縁部材の第４実施形態
４．５　第２絶縁部材の第５実施形態
４．６　第２絶縁部材の第６実施形態
４．７　第２絶縁部材及び金属ダンパ部材の具体例
４．８　主放電の安定性
５．その他
５．１　充放電回路
５．２　各制御部のハードウェア環境
５．３　その他の変形例

[0009] 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。

[0010] ［１．概要］

本開示は、以下の実施形態を少なくとも開示し得る。

[0011] レーザチャンバ１０は、放電励起式ガスレーザ装置１のレーザチャンバであって、レーザチャンバ１０内に配置された第１放電電極１１ａと、レーザチャンバ１０内で第１放電電極１１ａに対向して配置された第２放電電極１１ｂと、第１放電電極１１ａと第２放電電極１１ｂとの間にレーザガスを流すファン２１と、第１放電電極１１ａにおけるレーザガス流の上流側及び下流側に配置された第１絶縁部材２０と、第２放電電極１１ｂにおけるレーザガス流の上流側に配置された金属ダンパ部材５０と、第２放電電極１１ｂにおけるレーザガス流の下流側に配置された第２絶縁部材６０と、を備えてもよい。

このような構成により、レーザチャンバ１０は、安定した放電を行うこと

ができる。

[0012] ［２．用語の説明］

「光路」とは、パルスレーザ光が通過する経路である。光路は、パルスレーザ光の進行方向に沿ってパルスレーザ光のビーム断面の中心を通る軸であってもよい。

[0013] ［３．放電励起式ガスレーザ装置］

［３．１　構成］

図１及び図２を用いて、放電励起式ガスレーザ装置１の構成について説明する。

図１は、放電励起式ガスレーザ装置１の構成を概略的に示す。図２は、図１に示されたレーザチャンバ１０をＺ軸方向から視た図を示す。

図１では、放電励起式ガスレーザ装置１のレーザ発振方向をＺ軸とする。すなわち、チャンバ１０から露光装置１１０へパルスレーザ光が導出される方向をＺ軸とする。Ｘ軸及びＹ軸は、Ｚ軸に直交し、且つ、互いに直交する軸とする。以降の図面でも図１の座標軸と同様とする。

[0014] 放電励起式ガスレーザ装置１は、エキシマレーザ装置であってもよい。レーザ媒質であるレーザガスは、レアガスとしてアルゴン又はクリプトン、ハロゲンガスとしてフッ素、バッファガスとしてネオン若しくはヘリウム又はこれらの混合ガスを用いて構成されてもよい。

[0015] 放電励起式ガスレーザ装置１は、レーザチャンバ１０と、レーザ共振器と、充電器１２と、パルスパワーモジュール（Pulse Power Module：ＰＰＭ）１３と、圧力センサ１６と、パルスエネルギ計測器１７と、モータ２２と、レーザガス供給部２３と、レーザガス排出部２４と、制御部３０と、を備えてもよい。

[0016] レーザチャンバ１０は、レーザガスが封入されていてもよい。

レーザチャンバ１０は、主放電部１１と、予備電離放電部４０と、ウインドウ１０ａ及びウインドウ１０ｂと、プレート２５と、配線２７と、フィードスルー２８と、第１絶縁部材２０と、金属ダンパ部材５０と、ファン２１

と、を含んでもよい。

[0017] 主放電部１１は、第１放電電極１１ａと、第２放電電極１１ｂと、を含んでもよい。

第１放電電極１１ａ及び第２放電電極１１ｂは、レーザガスを主放電により励起するための１対の電極であってもよい。主放電は、グロー放電であってもよい。

第１放電電極１１ａ及び第２放電電極１１ｂは、それぞれ板状の導電部材で形成されてもよい。

第１放電電極１１ａ及び第２放電電極１１ｂは、互いに所定距離だけ離隔し、且つ、互いの長手方向が略平行となるように対向して配置されてもよい。

第１放電電極１１ａ及び第２放電電極１１ｂは、互いの放電面が対向して配置されてもよい。

[0018] 本実施形態では、第１放電電極１１ａの放電面と第２放電電極１１ｂの放電面との間の空間を、「放電空間」ともいう。放電空間には、レーザチャンバ１０に封入されたレーザガスが存在し得る。放電空間には主放電が発生し得る。

[0019] 第１放電電極１１ａは、カソード電極であってもよい。

第１放電電極１１ａの放電面とは反対側の面は、フィードスルー２８を介してパルスパワーモジュール１３に接続されてもよい。第１放電電極１１ａと第２放電電極１１ｂとの間には、パルスパワーモジュール１３からパルス電圧が印加され得る。

第１放電電極１１ａの側面は、レーザチャンバ１０の壁１０ｃに固定された第１絶縁部材２０に囲まれてもよい。第１放電電極１１ａは、第１絶縁部材２０によって壁１０ｃと電気的に絶縁され得る。

[0020] 第２放電電極１１ｂは、アノード電極であってもよい。

第２放電電極１１ｂの放電面とは反対側の面は、プレート２５に固定されてもよい。

第２放電電極１１ｂの側面は、プレート２５に固定された金属ダンパ部材５０に囲まれてもよい。

[0021] プレート２５は、導電部材で形成されていてもよい。

プレート２５は、レーザチャンバ１０ｃの壁１０ｃに固定されてもよい。

プレート２５は、配線２７を介して、接地された壁１０ｃと接続されてもよい。プレート２５は、接地電位に保たれ得る。

[0022] 予備電離放電部４０は、主放電部１１による主放電の前段階として、コロナ放電によりレーザガスを予備電離するための電極であってもよい。

予備電離放電部４０は、プレート２５に固定されてもよい。

予備電離放電部４０は、第２放電電極１１ｂに対してレーザガス流の上流側に配置されてもよい。

予備電離放電部４０の周囲は、プレート２５に固定された金属ダンパ部材５０に囲まれてもよい。

[0023] 予備電離放電部４０は、予備電離内電極４１と、誘電体パイプ４２と、予備電離外電極４３と、を含んでもよい。

誘電体パイプ４２は、円筒状に形成されてもよい。

誘電体パイプ４２は、誘電体パイプ４２の長手方向と主放電部１１の長手方向とが略平行となるように配置されてもよい。

予備電離内電極４１は、棒状に形成されてもよい。

予備電離内電極４１は、誘電体パイプ４２の内側に挿入され、誘電体パイプ４２の内周面に固定されてもよい。

予備電離内電極４１の端部は、フィードスルー２８を介してパルスパワーモジュール１３と接続されてもよい。

予備電離外電極４３は、屈曲部を有する板状に形成されてもよい。

予備電離外電極４３は、予備電離外電極４３の長手方向と誘電体パイプ４２の長手方向とが略平行となるように配置されてもよい。

予備電離外電極４３の長手方向の側面は、誘電体パイプ４２の外周面及びプレート２５に固定されてもよい。

[0024] 第１絶縁部材２０は、カソード電極である第１放電電極１１ａとレーザチャンバ１０の壁１０ｃとの間を電気的に絶縁してもよい。

第１絶縁部材２０は、レーザガスとの反応性が低い絶縁材料を用いて形成されてもよい。レーザガスがフッ素であれば、第１絶縁部材２０は、例えばアルミナセラミックスを用いて形成されてもよい。

第１絶縁部材２０は、第１放電電極１１ａ及びフィードスルー２８の側面を囲むように設けられてもよい。第１絶縁部材２０は、レーザチャンバ１０の壁１０ｃに固定されてもよい。

それにより、第１絶縁部材２０は、第１放電電極１１ａ及びフィードスルー２８を壁１０ｃに保持してもよい。

[0025] 第１絶縁部材２０は、第１放電電極１１ａにおけるレーザガス流の上流側及び下流側に配置されてもよい。

第１放電電極１１ａの上流側に位置する第１絶縁部材２０の一部は、上流側から下流側に向かうに従って厚くなるようなテーパ面が形成されていてもよい。第１放電電極１１ａの下流側に位置する第１絶縁部材２０の一部は、上流側から下流側に向かうに従って薄くなるようなテーパ面が形成されていてもよい。

それにより、レーザガスは、第１絶縁部材２０のテーパ面に導かれて、第１放電電極１１ａと第２放電電極１１ｂとの間を効率よく流れ得る。

[0026] 金属ダンパ部材５０は、主放電に伴って発生する音響波を吸収してもよい。

金属ダンパ部材５０は、レーザガスとの反応性が低い多孔質金属材料を用いて形成されてもよい。レーザガスがフッ素であれば、金属ダンパ部材５０は、例えばニッケルやニッケルクロム合金等の材料を用いて形成されてもよい。

それにより、金属ダンパ部材５０は、主放電に伴って発生する音響波の大部分を吸収し得る。

[0027] 金属ダンパ部材５０は、第２放電電極１１ｂ及び予備電離放電部４０の側

面を囲むように設けられてもよい。金属ダンパ部材５０は、プレート２５に固定されてもよい。

それにより、金属ダンパ部材５０は、第２放電電極１１ｂ及び予備電離放電部４０をプレート２５に保持してもよい。

[0028] 金属ダンパ部材５０は、多孔質金属材料を用いて形成されているため、音響波の衝撃によるデブリやダスト等の発生を抑制し得る。

金属ダンパ部材５０が多孔質金属材料ではなく多孔質のセラミックス材料や樹脂材料を用いて形成されていると、音響波の衝撃によって当該セラミックス材料や樹脂材料からデブリやダスト等が発生し得る。デブリやダスト等がレーザチャンバ１０内で発生すると、放電が不安定となり、パルスレーザ光のパルスエネルギが低下し得る。

よって、金属ダンパ部材５０が多孔質金属材料を用いて形成されることは、好適である。

[0029] 特に、第２放電電極１１ｂの周囲に配置される金属ダンパ部材５０が多孔質金属材料を用いて形成されることは、好適である。

主放電の放電方向は、カソード電極である第１放電電極１１ａからアノード電極である第２放電電極１１ｂに向かう方向である。主放電に伴って発生する音響波の衝撃力は、放電方向の基端側であるカソード電極側よりも放電方向の先端側であるアノード電極側の方が大きくなり得る。

このため、音響波の衝撃力が大きいアノード電極側にある第２放電電極１１ｂの周囲に、金属ダンパ部材５０に代えて、多孔質セラミックス材料や樹脂材料で形成されたダンパ部材が配置されると、デブリやダスト等が多く発生し得る。

これに対し、アノード電極である第２放電電極１１ｂの周囲に、多孔質金属材料で形成された金属ダンパ部材５０が配置されると、音響波の衝撃によるデブリやダスト等の発生が抑制され得る。

よって、金属ダンパ部材５０が多孔質金属材料を用いて形成されることは、好適である。

[0030] 金属ダンパ部材５０は、第２放電電極１１ｂにおけるレーザガス流の上流側に少なくともに配置されてもよい。好適には、金属ダンパ部材５０は、第２放電電極１１ｂにおけるレーザガス流の上流側及び下流側に配置されてもよい。

第２放電電極１１ｂの上流側に位置する金属ダンパ部材５０の一部は、上流側から下流側に向かうに従って厚くなるようなテーパ面が形成されていてもよい。第２放電電極１１ｂの下流側に位置する金属ダンパ部材５０の一部は、上流側から下流側に向かうに従って薄くなるようなテーパ面が形成されていてもよい。

それにより、レーザガスは、金属ダンパ部材５０のテーパ面に導かれて、第１放電電極１１ａと第２放電電極１１ｂとの間を効率よく流れ得る。

更に、主放電に伴って発生する音響波の一部は、金属ダンパ部材５０のテーパ面によって、放電空間から遠ざかるように反射し得る。

[0031] ファン２１は、レーザガスをレーザチャンバ１０内で循環させてもよい。

ファン２１は、クロスフローファンであってもよい。

ファン２１は、第１放電電極１１ａ及び第２放電電極１１ｂの長手方向とファン２１の長手方向とが略平行となるように配置されてもよい。ファン２１は、プレート２５に対して放電空間の反対側に配置されてもよい。

ファン２１は、モータ２２の駆動によって回転してもよい。回転するファン２１は、レーザガス流を発生させてもよい。

[0032] ファン２１が回転すると、レーザチャンバ１０内のレーザガスは、ファン２１の長手方向に垂直な方向に略一様に吹き出し得る。

ファン２１から吹き出したレーザガスは、放電空間に流入し得る。放電空間に流入するレーザガス流の流れ方向は、第１放電電極１１ａ及び第２放電電極１１ｂの長手方向に垂直な方向であり得る。

放電空間に流入したレーザガスは、放電空間から流出し得る。放電空間から流出するレーザガス流の流れ方向は、第１放電電極１１ａ及び第２放電電極１１ｂの長手方向に垂直な方向であり得る。

放電空間から流出したレーザガスは、熱交換器２６を介してファン２１に吸い込まれ得る。

[0033] 熱交換器２６は、熱交換器２６の内部に供給された冷媒とレーザガスとの間で熱交換を行ってもよい。

熱交換器２６の内部に供給される冷媒の供給量は、制御部３０からの制御により変動してもよい。冷媒の供給量が変動すると、レーザガスから冷媒への伝熱量が変動し得る。

それにより、レーザチャンバ１０内のレーザガス温度は調節され得る。

[0034] モータ２２は、ファン２１を回転させてもよい。

モータ２２は、ステッピングモータやサーボモータであってもよい。

モータ２２は、制御部３０からの制御によりファン２１の回転数を変動させてもよい。

[0035] 充電器１２は、図示しない電源装置に接続されたキャパシタ等によって構成されてもよい。充電器１２は、主放電部１１に電圧を印加するための電気エネルギを保持し得る。

充電器１２は、制御部３０からの制御により当該電気エネルギをパルスパワーモジュール１３に出力してもよい。

[0036] パルスパワーモジュール１３は、主放電部１１及び予備電離放電部４０に電圧を印加してもよい。

パルスパワーモジュール１３は、制御部３０によって制御されるスイッチ１３ａを含んでもよい。スイッチ１３ａがＯＦＦからＯＮになると、パルスパワーモジュール１３は、充電器１２に保持されていた電気エネルギからパルス状の電圧を生成してもよい。パルスパワーモジュール１３は、生成されたパルス電圧を主放電部１１及び予備電離放電部４０に印加してもよい。

[0037] なお、主放電部１１、予備電離放電部４０、充電器１２、及びパルスパワーモジュール１３を含む放電励起式ガスレーザ装置１の充放電回路については、図１４を用いて後述する。

[0038] レーザ共振器は、狭帯域化モジュール（Line Narrowing Module：ＬＮＭ）

１４及び出力結合ミラー（Output Coupler：ＯＣ）１５によって構成されてもよい。

狭帯域化モジュール１４は、プリズム１４ａと、グレーティング１４ｂと、を含んでもよい。

[0039] プリズム１４ａは、レーザチャンバ１０からウインドウ１０ａを介して出射された光のビーム幅を拡大してもよい。プリズム１４ａは、拡大された光をグレーティング１４ｂ側に透過させてもよい。

グレーティング１４ｂに向かってプリズム１４ａを透過する光は、光の波長に応じて異なった角度で屈折し得る。プリズム１４ａは、波長分散素子としても機能し得る。

[0040] グレーティング１４ｂは、表面に多数の溝が所定間隔で形成された波長分散素子であってもよい。

グレーティング１４ｂは、入射角度と回折角度が同じ角度となるリトロー配置にしてもよい。

グレーティング１４ｂは、高反射率の材料によって形成されてもよい。

グレーティング１４ｂに形成された各溝は、例えば三角溝であってもよい。

プリズム１４ａからグレーティング１４ｂに入射した光は、当該各溝の斜面において、各溝の延びる方向に垂直な多方向に向かって反射され得る。各溝の延びる方向は、図１のＹ方向に相当し得る。

１つの溝における反射光と他の１つの溝における反射光とが重なり合うとき、それらの反射光同士の光路長差は、それらの反射光の反射角度に依存し得る。

当該光路長差に対応する波長の光は、それらの反射光同士で位相が一致して強め合い得る。一方、当該光路長差に対応しない波長の光は、それらの反射光同士で位相が一致せずに弱め合い得る。

この干渉作用の結果、グレーティング１４ｂは、反射角度に応じて特定の波長付近の光を選択的に取り出し得る。当該特定の波長付近の光は、グレー

ティング１４ｂからプリズム１４ａ及びウインドウ１０ａを介して、レーザチャンバ１０に戻り得る。

それにより、グレーティング１４ｂからレーザチャンバ１０に戻った光のスペクトル幅は、狭帯域化され得る。

[0041] 出力結合ミラー１５は、レーザチャンバ１０から出射された光の一部を透過し、他の一部を反射させてレーザチャンバ１０に戻してもよい。

出力結合ミラー１５の表面には、部分反射膜がコーティングされていてもよい。

出力結合ミラー１５とグレーティング１４ｂとの間の距離は、レーザチャンバ１０から出射された光が定常波を形成する距離に定められてもよい。

それにより、出力結合ミラー１５及び狭帯域化モジュール１４は、レーザ共振器を構成し得る。

[0042] レーザチャンバ１０から出射された光は、狭帯域化モジュール１４と出力結合ミラー１５との間で往復し得る。このとき、レーザチャンバ１０から出射された光は、レーザチャンバ１０内の主放電部１１を通過する度に増幅され得る。増幅された光の一部は、出力結合ミラー１５を透過し得る。出力結合ミラー１５を透過した光は、パルスレーザ光として、パルスエネルギ計測器１７を介して露光装置１１０に出力され得る。

[0043] パルスエネルギ計測器１７は、出力結合ミラー１５を透過したパルスレーザ光のパルスエネルギを計測し、計測結果を制御部３０に出力してもよい。

パルスエネルギ計測器１７は、ビームスプリッタ１７ａと、集光レンズ１７ｂと、光センサ１７ｃとを含んでもよい。

[0044] ビームスプリッタ１７ａは、パルスレーザ光の光路上に配置されてもよい。ビームスプリッタ１７ａは、出力結合ミラー１５を透過したパルスレーザ光を高透過率で露光装置１１０に向けて透過させてもよい。ビームスプリッタ１７ａは、出力結合ミラー１５を透過したパルスレーザ光の一部を、集光レンズ１７ｂに向けて反射してもよい。

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パルス

レーザ光を、光センサ１７ｃの受光面に集光してもよい。

光センサ１７ｃは、受光面に集光されたパルスレーザ光を検出してもよい。光センサ１７ｃは、検出されたパルスレーザ光のパルスエネルギを計測してもよい。光センサ１７ｃは、計測されたパルスエネルギに関する信号を制御部３０に出力してもよい。

[0045] 圧力センサ１６は、レーザチャンバ１０内のガス圧を検出してもよい。圧力センサ１６は、検出されたガス圧の検出信号を制御部３０に出力してもよい。

[0046] レーザガス供給部２３は、レーザチャンバ１０内にレーザガスを供給してもよい。

レーザガス供給部２３は、図示しないガスボンベと、バルブと、流量制御弁とを含んでもよい。

[0047] ガスボンベには、レーザガスが充填されてもよい。

バルブは、ガスボンベからレーザチャンバ１０内へのレーザガスの流れを遮断してもよい。

流量制御弁は、ガスボンベからレーザチャンバ１０内へのレーザガスの供給量を変動させてもよい。

[0048] レーザガス供給部２３は、制御部３０からの制御によりバルブを開閉してもよい。

レーザガス供給部２３は、制御部３０からの制御により流量制御弁の開度を変動させてもよい。流量制御弁の開度が変動すると、レーザチャンバ１０内へのレーザガスの供給量が変動し得る。

それにより、レーザチャンバ１０内のガス圧は調節され得る。

[0049] レーザガス排出部２４は、レーザチャンバ１０内のレーザガスをレーザチャンバ１０外へ排出してもよい。

レーザガス排出部２４は、図示しないバルブと、排気ポンプとを含んでもよい。

[0050] バルブは、レーザチャンバ１０内からレーザチャンバ１０外へのレーザガ

スの流れを遮断してもよい。

排気ポンプは、レーザチャンバ１０内のレーザガスを吸引してもよい。

[0051] レーザガス排出部２４は、制御部３０からの制御によりバルブを開閉してもよい。

レーザガス排出部２４は、制御部３０からの制御により排気ポンプを作動させてもよい。排気ポンプが作動すると、レーザチャンバ１０内のレーザガスは、排気ポンプ内に吸引され得る。

それにより、レーザチャンバ１０内のレーザガスはレーザチャンバ１０外へ排出され、レーザチャンバ１０内のガス圧は減圧され得る。

[0052] 制御部３０は、露光装置１１０に設けられた露光装置制御部１１１との間で各種信号を送受信してもよい。例えば、制御部３０には、露光装置１１０に出力されるパルスレーザ光の目標パルスエネルギや目標発振タイミングに関する信号が、露光装置制御部１１１から送信されてもよい。

制御部３０は、露光装置制御部１１１から送信された各種信号に基づいて、放電励起式ガスレーザ装置１の各構成要素の動作を統括的に制御してもよい。

[0053] 制御部３０には、パルスエネルギ計測器１７から出力されたパルスエネルギに関する信号が入力されてもよい。

制御部３０は、当該パルスエネルギに関する信号及び露光装置制御部１１１からの目標パルスエネルギに関する信号に基づいて、充電器１２の充電電圧を決定してもよい。制御部３０は、決定された充電電圧に応じた制御信号を充電器１２に出力してもよい。当該制御信号は、決定された充電電圧が充電器１２に設定されるよう充電器１２の動作を制御するための信号であってもよい。

制御部３０は、パルスエネルギ計測器１７からのパルスエネルギに関する信号及び露光装置制御部１１１からの目標発振タイミングに関する信号に基づいて、主放電部１１にパルス電圧を印加するタイミングを決定してもよい。制御部３０は、決定されたタイミングに応じた発振トリガ信号をパルスパ

ワーモジュール１３に出力してもよい。当該発振トリガ信号は、決定されたタイミングに応じてスイッチ１３ａがＯＮ又はＯＦＦになるようパルスパワーモジュール１３の動作を制御するための制御信号であってもよい。

[0054] 制御部３０には、圧力センサ１６から出力されたガス圧の検出信号が入力されてもよい。

制御部３０は、当該ガス圧の検出信号及び充電器１２の充電電圧に基づいて、レーザチャンバ１０内におけるレーザガスのガス圧を決定してもよい。制御部３０は、決定されたガス圧に応じた制御信号を、レーザガス供給部２３又はレーザガス排出部２４に出力してもよい。当該制御信号は、決定されたガス圧に応じてレーザチャンバ１０内にレーザガスが供給又は排出されるようレーザガス供給部２３又はレーザガス排出部２４の動作を制御するための信号であってもよい。

なお、制御部３０のハードウェア構成については、図１５を用いて後述する。

[0055] ［３．２ 動作］

制御部３０は、モータ２２を駆動し、ファン２１を回転させてもよい。それにより、レーザチャンバ１０内のレーザガスが循環し得る。

制御部３０は、露光装置制御部１１１から送信された目標パルスエネルギＥｔ及び目標発振タイミングに関する信号を受信してもよい。

制御部３０は、目標パルスエネルギＥｔに応じた充電電圧Ｖｈｖを充電器１２に設定してもよい。制御部３０は、充電器１２に設定された充電電圧Ｖｈｖの値を記憶してもよい。

制御部３０は、目標発振タイミングに同期させて、パルスパワーモジュール１３のスイッチ１３ａを動作させてもよい。

[0056] パルスパワーモジュール１３のスイッチ１３ａがＯＦＦからＯＮになると、予備電離放電部４０の予備電離内電極４１と予備電離外電極４３との間には、電圧が印加され得る。そして、主放電部１１の第１放電電極１１ａと第２放電電極１１ｂとの間には、電圧が印加され得る。

それにより、予備電離放電部４０においてコロナ放電が発生し、ＵＶ（Ultraviolet）光が生成され得る。主放電部１１の放電空間にあるレーザガスに当該ＵＶ光が照射されると、当該レーザガスが予備電離され得る。その後、主放電部１１の放電空間には、主放電が発生し得る。主放電の放電方向は、カソード電極である第１放電電極１１ａからアノード電極である第２放電電極１１ｂに向かう方向である。主放電が発生すると、放電空間のレーザガスは励起されて光を放出し得る。

[0057] レーザガスから放出された光は、レーザ共振器を構成する狭帯域化モジュール１４及び出力結合ミラー１５で反射され、レーザ共振器内を往復し得る。レーザ共振器内を往復する光は、狭帯域化モジュール１４により狭帯域化され得る。レーザ共振器内を往復する光は、主放電部１１を通過する度に増幅され得る。その後、増幅された光の一部は、出力結合ミラー１５を透過し得る。出力結合ミラー１５を透過した光は、パルスレーザ光として露光装置１１０に出力され得る。

[0058] 出力結合ミラー１５を透過したパルスレーザ光の一部は、パルスエネルギ計測器１７に入射してもよい。パルスエネルギ計測器１７は、入射したパルスレーザ光のパルスエネルギＥを計測し、制御部３０に出力してもよい。

[0059] 制御部３０は、パルスエネルギ計測器１７によって計測されたパルスエネルギＥを記憶してもよい。

制御部３０は、計測値である当該パルスエネルギＥと目標パルスエネルギＥｔとの差分ΔＥを計算してもよい。

制御部３０は、差分ΔＥに対応する充電電圧Ｖｈｖの増減量ΔＶｈｖを計算してもよい。

制御部３０は、計算されたΔＶｈｖを、上記で記憶された充電電圧Ｖｈｖに加算して、新たに設定する充電電圧Ｖｈｖを計算してもよい。

このようにして、制御部３０は、充電電圧Ｖｈｖをフィードバック制御し得る。

[0060] 制御部３０は、新たに設定する充電電圧Ｖｈｖが許容範囲の最大値よりも

大きくなった場合、レーザガス供給部２３を制御して、所定のガス圧になるまでレーザチャンバ１０内にレーザガスを供給してもよい。

一方、制御部３０は、新たに設定する充電電圧Ｖｈｖが許容範囲の最小値よりも小さくなった場合、レーザガス排出部２４を制御して、所定のガス圧になるまでレーザチャンバ１０内からレーザガスを排出してもよい。

[0061] ［３．３　課題］

図３に示すように、放電励起式ガスレーザ装置１では、主放電によって放電空間に放電生成物が発生し得る。

放電生成物は、主放電によりレーザガスが電離することで発生するイオンや活性種であり得る。放電空間に発生した放電生成物は、ファン２１の回転により生じるレーザガス流によって、放電空間からレーザガス流の下流側に移動し得る。

[0062] 一方、放電励起式ガスレーザ装置１では、消費電力を抑制してファン２１を回転させる際やファン２１を起動又は停止する際、ファン２１の回転数が定常時より低下することがあり得る。ファン２１の回転数が低下すると、放電空間を通過するレーザガス流の流速は低下し得る。レーザガス流の流速が低下すると、放電生成物は、レーザガス流によって放電空間から十分に遠ざからずに主放電部１１の近傍に滞留し得る。放電生成物は、電離していないレーザガスに比べて放電抵抗が小さい。

[0063] このため、放電生成物が主放電部１１の近傍に滞留していると、主放電部１１に新たにパルス電圧が印加する場合、主放電部１１の主放電は不安定になり得る。

具体的には、この場合において、主放電部１１の主放電は、第１放電電極１１ａから放電生成物を介して第２放電電極１１ｂに向かう放電となり得る。当該放電は、アーク放電であり、正常な主放電であるグロー放電と異なって、過度な電流が流れて不安定となり得る。更には、主放電部１１の主放電は、第１放電電極１１ａから放電生成物を介して金属ダンパ部材５０に向かう放電となり得る。

この結果、放電励起式ガスレーザ装置１から出力されるパルスレーザ光のパルスエネルギは、不安定になり得る。特に、放電励起式ガスレーザ装置１の繰り返し周波数を高めると、主放電の不安定化に対する放電生成物の影響は増大し、パルスレーザ光のパルスエネルギは一層不安定になり得る。

よって、ファン２１の回転数が低下しても安定した放電が可能な技術が望まれている。

[0064] ［４．第２絶縁部材を含む本実施形態のレーザチャンバ］

図４～図１１を用いて、第２絶縁部材を含む本実施形態のレーザチャンバ１０について説明する。

本実施形態のレーザチャンバ１０は、図１及び図２に示されたレーザチャンバ１０に対して第２絶縁部材６０を追加した構成を備えてもよい。

本実施形態のレーザチャンバ１０において第２絶縁部材６０以外の構成は、図１及び図２に示されたレーザチャンバ１０と同様であってもよい。

本実施形態のレーザチャンバ１０の構成において、図１及び図２に示されたレーザチャンバ１０と同様の構成については説明を省略する。

本実施形態のレーザチャンバ１０に含まれる第２絶縁部材６０の実施態様を、第１～第６実施形態として説明する。

[0065] ［４．１　第２絶縁部材の第１実施形態］

図４～図６を用いて、第２絶縁部材６０の第１実施形態について説明する。

図４は、第２絶縁部材を含む本実施形態のレーザチャンバ１０を含む放電励起式ガスレーザ装置１の構成を概略的に示す。

図５は、第２絶縁部材６０の第１実施形態を説明するための図を示す。図５は、第２放電電極１１ｂにおけるレーザガス流の下流側に配置された金属ダンパ部材５０と第２絶縁部材６０とを示す。

[0066] 第２絶縁部材６０は、第１放電電極１１ａから放電生成物を介して第２放電電極１１ｂに向かう放電を抑制してもよい。第２絶縁部材６０は、第１放電電極１１ａから放電生成物を介して金属ダンパ部材５０に向かう放電を抑

制してもよい。

第２絶縁部材６０は、レーザガスとの反応性が低い絶縁材料を用いて形成されてもよい。レーザガスがフッ素であれば、第１絶縁部材２０は、例えばアルミナセラミックスを用いて形成されてもよい。

第２絶縁部材６０は、第２放電電極１１ｂにおけるレーザガス流の下流側に配置されてもよい。

第２絶縁部材６０は、第２放電電極１１ｂの側面であってレーザガス流の下流側の側面を基端として、先端がレーザガス流の下流側に向かって延びていてもよい。

第２絶縁部材６０は、第２放電電極１１ｂに対してレーザガス流の下流側にある金属ダンパ部材５０のテーパ面上に、当該テーパ面の傾斜に沿って配置されてもよい。第２絶縁部材６０は、上流側から下流側に向かうに従って薄くなるようなテーパ面を形成し得る。　第２絶縁部材６０は、主放電部１１の近傍に滞留する放電生成物に対向するように配置されてもよい。

[0067] 図６は、図５に示された第２絶縁部材６０の大きさを説明するための図を示す。

図６に示すように、レーザガス流の流れ方向における第２放電電極１１ｂの幅の長さをＬとする。

レーザガス流の流れ方向における第２絶縁部材６０の幅の長さをＷとする。第２絶縁部材６０の幅の長さＷの最小値及び最大値をW_{min}及びW_{max}とする。

放電空間から移動された放電生成物のレーザガス流の流れ方向における移動距離をＤとする。

第２放電電極１１ｂの側面であってレーザガス流の下流側における側面から放電生成物の中心までの距離をＡとする。

なお、第２放電電極１１ｂの幅の長さＬ、放電生成物の移動距離Ｄ、第２絶縁部材６０の幅の長さＷは、第１放電電極１１ａ及び第２放電電極１１ｂの長手方向並びに放電方向に対して、それぞれ直交する方向の長さであり得

る。

レーザガス流の流速をｖとする。流速ｖは、第１放電電極１１ａ及び第２放電電極１１ｂと放電生成物との間で絶縁破壊が生じないよう予め定められた速度であり得る。

音響波の速度をｃとする。放電励起式ガスレーザ装置１の繰り返し周波数をｆとする。

[0068] 放電生成物の移動距離Ｄは、次式から算出されてもよい。

Ｄ＝ｖ／ｆ

第２放電電極１１ｂの下流側側面から放電生成物までの距離Ａは、次式から算出されてもよい。

Ａ＝Ｄ－Ｌ／２

[0069] 第２絶縁部材６０は、上述のように、第１放電電極１１ａから放電生成物を介して第２放電電極１１ｂに向かう放電と、第１放電電極１１ａから放電生成物を介して金属ダンパ部材５０に向かう放電とを抑制してもよい。

第１放電電極１１ａから放電生成物を介して第２放電電極１１ｂに向かう放電は、第２絶縁部材６０の幅の長さＷが、第２放電電極１１ｂの下流側側面から放電生成物までの距離Ａ以上であれば、抑制され得る。

また、第１放電電極１１ａから放電生成物を介して金属ダンパ部材５０に向かう放電は、第２絶縁部材６０の幅の長さＷが、上記第２放電電極１１ｂの下流側側面から放電生成物までの距離Ａ以上であれば、抑制され得る。

よって、第２絶縁部材６０の幅の長さＷが、第２放電電極１１ｂの下流側側面から放電生成物までの距離Ａの２倍以上の長さであってもよい。

すなわち、第２絶縁部材６０の幅の長さＷの最小値W_{min}は、次式から算出されてもよい。

$W_{min}＝２Ａ$

[0070] 一方、第２絶縁部材６０は、金属ダンパ部材５０に比べて音響波を吸収し難くてもよい。そのため、音響波は、第２絶縁部材６０で反射され再び放電空間に戻ることがあり得る。

第２絶縁部材６０で反射された音響波が放電空間に戻ると、放電空間におけるレーザガスの密度は不均一になると共に、放電生成物が主放電部１１の近傍に滞留し得る。特に、放電間隔内に音響波が放電空間に戻ると、レーザガスが偏在した状態や放電生成物が主放電部１１の近傍に滞留した状態で放電が開始され得る。

このため、主放電部１１の主放電は不安定となり、パルスレーザ光のパルスエネルギは不安定になり得る。

なお、「放電間隔」とは、一の放電が発生した後から次の新たな放電が開始するまでの時間的な間隔のことであり、繰り返し周波数の逆数に対応し得る。

よって、第２絶縁部材６０の幅の長さＷは、第２絶縁部材６０で反射された音響波が放電間隔内に放電空間へ戻らないような長さであってもよい。

すなわち、第２絶縁部材６０の幅の長さＷの最大値W_{max}は、次式から算出されてもよい。

$$W_{max}＝ｃ／２ｆ$$

右辺の１／２ｆは、第２絶縁部材６０で反射された音響波が、放電間隔内に放電空間へ戻らない時間の限度を示し得る。

[0071] したがって、第２絶縁部材６０の幅であってレーザガス流の流れ方向における幅の長さＷは、次式の関係を満たしてもよい。

$$W_{min}≦W≦W_{max} \quad ⇔ \quad （２ｖ／ｆ）－Ｌ≦Ｗ≦ｃ／２ｆ$$

それにより、第１実施形態の第２絶縁部材６０を含むレーザチャンバ１０は、音響波の衝撃によるデブリやダスト等の発生、音響波の反射によるレーザガスの偏在や放電生成物の滞留、放電生成物を介したアーク放電の諸問題を同時に解決し得る。

このため、第１実施形態の第２絶縁部材６０を含むレーザチャンバ１０は、ファン２１の回転数が低下しても安定した放電を行うことができる。

第１実施形態の第２絶縁部材６０を含むレーザチャンバ１０の他の構成については、図１及び図２に示されたレーザチャンバ１０の構成と同様であっ

てもよい。

[0072] ［４．２　第２絶縁部材の第２実施形態］

図７を用いて、第２絶縁部材６０の第２実施形態について説明する。

図７は、第２絶縁部材６０の第２実施形態を説明するための図を示す。図７は、第２放電電極１１ｂにおけるレーザガス流の下流側に配置された金属ダンパ部材５０と第２絶縁部材６０とを示す。図８～図１１も同様である。

[0073] 第２実施形態の第２絶縁部材６０は、図４～図６に示された第１実施形態の第２絶縁部材６０に対して凹部６１を追加した構成を備えてもよい。

凹部６１は、第２絶縁部材６０の表面に形成されてもよい。

凹部６１は、第２放電電極１１ｂの長手方向に垂直な方向に対し、傾斜して延びるように形成されてもよい。この第２放電電極１１ｂの長手方向に垂直な方向には、レーザガス流の流れ方向と放電方向とが含まれ得る。

具体的には、凹部６１は、第２放電電極１１ｂの長手方向に垂直な方向であるレーザガス流の流れ方向に対し、傾斜して延びるように形成されてもよい。

加えて、凹部６１は、第２放電電極１１ｂの長手方向に垂直な方向である放電方向に対し、傾斜して延びるように形成されてもよい。当該凹部６１は、第２放電電極１１ｂの下流側に位置する金属ダンパ部材５０のテーパ面に沿って形成されてもよい。

凹部６１が延びる方向から視た凹部６１の断面形状は、矩形波形状に形成されてもよい。

[0074] 放電空間で発生した音響波は、第２絶縁部材６０で反射される際、凹部６１によって様々な方向に反射され得る。凹部６１で様々な方向に反射された反射波は、様々な位相を有することとなり、互いに弱め合い得る。

特に、凹部６１が第２放電電極１１ｂの長手方向に垂直な方向に対し傾斜して延びるように形成されると、音響波は凹部６１で更に複雑な方向に反射され、更に弱まり得る。

このため、放電空間で発生した音響波は、凹部６１が形成された第２絶縁

部材６０で反射された後、再び放電空間に戻り難くなり得る。

よって、第２実施形態の第２絶縁部材６０を含むレーザチャンバ１０は、第１実施形態の第２絶縁部材６０を含むレーザチャンバ１０に比べて、更に安定した放電を行うことができる。

第２実施形態の第２絶縁部材６０を含むレーザチャンバ１０の他の構成については、第１実施形態の第２絶縁部材６０を含むレーザチャンバ１０の構成と同様であってもよい。

[0075] ［４．３　第２絶縁部材の第３実施形態］

図８を用いて、第２絶縁部材６０の第３実施形態について説明する。

図８は、第２絶縁部材６０の第３実施形態を説明するための図を示す。

[0076] 第３実施形態の第２絶縁部材６０に含まれる凹部６１の形状は、図７に示された第２実施形態の第２絶縁部材６０に含まれる凹部６１の形状と異なる形状であってもよい。

第３実施形態の第２絶縁部材６０において、凹部６１が延びる方向から視た凹部６１の断面形状は、三角波形状又は鋸波形状に形成されてもよい。

それにより、第３実施形態の第２絶縁部材６０を含むレーザチャンバ１０は、第２実施形態の第２絶縁部材６０を含むレーザチャンバ１０と同様に、安定した放電を行うことができる。

第３実施形態の第２絶縁部材６０を含むレーザチャンバ１０の他の構成については、第２実施形態の第２絶縁部材６０を含むレーザチャンバ１０の構成と同様であってもよい。

[0077] ［４．４　第２絶縁部材の第４実施形態］

図９を用いて、第２絶縁部材６０の第４実施形態について説明する。

図９は、第２絶縁部材６０の第４実施形態を説明するための図を示す。

[0078] 第４実施形態の第２絶縁部材６０に含まれる凹部６１の形状は、図７に示された第２実施形態の第２絶縁部材６０に含まれる凹部６１の形状と異なる形状であってもよい。

第４実施形態の第２絶縁部材６０において、凹部６１が延びる方向から視

た凹部６１の断面形状は、半円波形状に形成されてもよい。半円波形状は、半円が周期的に連なった形状であってもよい。

それにより、第４実施形態の第２絶縁部材６０を含むレーザチャンバ１０は、第２実施形態の第２絶縁部材６０を含むレーザチャンバ１０と同様に、安定した放電を行うことができる。

第４実施形態の第２絶縁部材６０を含むレーザチャンバ１０の他の構成については、第２実施形態の第２絶縁部材６０を含むレーザチャンバ１０の構成と同様であってもよい。

[0079] ［４．５　第２絶縁部材の第５実施形態］

図１０を用いて、第２絶縁部材６０の第５実施形態について説明する。

図１０は、第２絶縁部材６０の第５実施形態を説明するための図を示す。

[0080] 第５実施形態の第２絶縁部材６０に含まれる凹部６１の形状は、図７に示された第２実施形態の第２絶縁部材６０に含まれる凹部６１の形状と異なる形状であってもよい。

第５実施形態の第２絶縁部材６０において、凹部６１は、半球形状の１つのディンプルが多数個設けられた形状に形成されてもよい。

それにより、第５実施形態の第２絶縁部材６０を含むレーザチャンバ１０は、第２実施形態の第２絶縁部材６０を含むレーザチャンバ１０と同様に、安定した放電を行うことができる。

第５実施形態の第２絶縁部材６０を含むレーザチャンバ１０の他の構成については、第２実施形態の第２絶縁部材６０を含むレーザチャンバ１０の構成と同様であってもよい。

[0081] ［４．６　第２絶縁部材の第６実施形態］

図１１を用いて、第２絶縁部材６０の第６実施形態について説明する。

図１１は、第２絶縁部材６０の第６実施形態を説明するための図を示す。

[0082] 第６実施形態の第２絶縁部材６０の構成材料は、図４～図６に示された第１実施形態の第２絶縁部材６０の構成材料と異なる材料であってもよい。

第６実施形態の第２絶縁部材６０の構成材料は、レーザガスとの反応性が

低い絶縁材料であり、且つ、金属ダンパ部材５０と同様に多孔質構造を有する材料であってもよい。

第６実施形態の第２絶縁部材６０は、第２絶縁部材６０自身でも音響波を吸収し得る。

それにより、第６実施形態の第２絶縁部材６０を含むレーザチャンバ１０は、第１実施形態の第２絶縁部材６０を含むレーザチャンバ１０に比べて、更に安定した放電を行うことができる。

第６実施形態の第２絶縁部材６０を含むレーザチャンバ１０の他の構成については、第１実施形態の第２絶縁部材６０を含むレーザチャンバ１０の構成と同様であってもよい。

[0083] ［４．７　第２絶縁部材及び金属ダンパ部材の具体例］

本実施形態のレーザチャンバ１０に含まれる第２絶縁部材６０及び金属ダンパ部材５０の具体例について説明する。

[0084] 放電励起式ガスレーザ装置１の繰り返し周波数は、例えば６ｋＨｚ程度であってもよい。レーザガス流の流速ｖは、例えば４０ｍ／ｓ～４５ｍ／ｓであってもよい。このとき、図６に示された放電生成物の移動距離Ｄは、例えば６．７～７．５ｍｍであってもよい。

このような場合において、第２絶縁部材６０及び金属ダンパ部材５０は、次のように形成されてもよい。

[0085] 第２絶縁部材６０は、レーザガス流の流れ方向における幅の長さＷが、例えば１６ｍｍ程度となるように形成されてもよい。

なお、レーザガス流の流れ方向における第２絶縁部材６０の幅の長さＷは、図６を用いて上述したように、（２ｖ／ｆ）－Ｌ≦Ｗ≦ｃ／２ｆの関係を満たし得る。また、第２絶縁部材６０の表面は、平面であってもよい。

[0086] 第２放電電極１１ｂの下流側に位置する金属ダンパ部材５０は、レーザガス流の流れ方向における幅の長さが、例えば５０ｍｍ程度となるように形成されてもよい。

なお、第２放電電極１１ｂの下流側に位置する当該金属ダンパ部材５０は

、図６に示されるように、レーザガス流の流れ方向において、第２絶縁部材６０よりも更に下流側に至るまで延びるように形成されてもよい。それにより、当該金属ダンパ部材５０は、主放電に伴って発生する音響波を吸収し、レーザガスの偏在や放電生成物の滞留といった音響波の悪影響を抑制し得る。

[0087] ［４．８　主放電の安定性］

図１２Ａ～図１３を用いて、本実施形態のレーザチャンバ１０における主放電の安定性について説明する。

具体的には、本実施形態のレーザチャンバ１０が、レーザガス流の下流側で発生する異常なアーク放電をどの程度抑制し得るかについて説明する。

図１２Ａは、第２絶縁部材６０を含まない従来のレーザチャンバ１０においてアーク放電が発生した場合において当該アーク放電の電流経路を説明するための図を示す。図１２Ｂは、第２絶縁部材６０を含む本実施形態のレーザチャンバ１０においてアーク放電が発生した場合において当該アーク放電の電流経路を説明するための図を示す。

[0088] レーザガス流の下流側で発生する異常なアーク放電は、上述のように、第１放電電極１１ａから放電生成物を介して第２放電電極１１ｂ側に向かう放電であり得る。当該アーク放電は、その電流経路における絶縁距離が長いほど抑制され得る。

本実施形態では、第１放電電極１１ａから放電生成物を介して第２放電電極１１ｂ側に向かうアーク放電の電流経路における絶縁距離を、「アーク絶縁距離」ともいう。

[0089] 従来のレーザチャンバ１０は、第２絶縁部材６０を含まない。このため、当該アーク放電の電流経路Ｐは、図１２Ａに示されるように、第１放電電極１１ａから放電生成物を介して金属ダンパ部材５０に向かうように形成され得る。

具体的には、当該アーク放電の電流経路Ｐは、第１放電電極１１ａから放電生成物までの電流経路Ｐ１と、放電生成物内の電流経路Ｐ２と、放電生成

物から金属ダンパ部材５０までの電流経路Ｐ３とを含むように形成され得る。

そのため、従来のレーザチャンバ１０において、当該アーク放電の電流経路Ｐにおけるアーク絶縁距離ｐは、当該電流経路Ｐ１と当該電流経路Ｐ３との合計の長さに対応し得る。

[0090] 一方、本実施形態のレーザチャンバ１０は、第２絶縁部材６０を含んでもよい。このため、当該アーク放電の電流経路Ｑは、図１２Ｂに示されるように、第１放電電極１１ａから放電生成物を介して第２放電電極１１ｂに向かうように形成され得る。

具体的には、当該アーク放電の電流経路Ｑは、第１放電電極１１ａから放電生成物までの電流経路Ｑ１と、放電生成物内の電流経路Ｑ２と、放電生成物から第２放電電極１１ｂまでの電流経路Ｑ３とを含むように形成され得る。

そのため、本実施形態のレーザチャンバ１０において、当該アーク放電の電流経路Ｑにおけるアーク絶縁距離ｑは、当該電流経路Ｑ１と当該電流経路Ｑ３との合計の長さに対応し得る。

[0091] 図１３は、ファン２１の回転数に応じたアーク絶縁距離の推移を、図１２Ａに示された従来のレーザチャンバ１０と図１２Ｂに示された本実施形態のレーザチャンバ１０とで比較した図を示す。

ファン２１の回転数が増加すると、レーザガス流の流速ｖが増加するため、放電生成物の移動距離Ｄ（＝ｖ／ｆ）が増加し得る。それにより、レーザガス流の下流側で発生するアーク放電の電流経路の長さは、従来及び本実施形態のレーザチャンバ１０の両者ともに増加し得る。その結果、図１３に示されるように、アーク絶縁距離は、従来及び本実施形態のレーザチャンバ１０の両者ともに増加し得る。

[0092] 但し、図１３に示されるように、従来及び本実施形態のレーザチャンバ１０におけるファン２１の回転数が同じ場合、本実施形態のレーザチャンバ１０におけるアーク絶縁距離ｑは、従来のレーザチャンバ１０におけるアーク

絶縁距離ｐに比べて長くなり得る。

例えば、ファン２１の回転数が４５００ｒｐｍ（revolutions per minute）である場合、本実施形態のレーザチャンバ１０におけるアーク絶縁距離ｑは、従来のレーザチャンバ１０におけるアーク絶縁距離ｐに比べて約２倍の長さになり得る。

よって、第２絶縁部材６０を含む本実施形態のレーザチャンバ１０は、従来のレーザチャンバ１０に比べて、レーザガス流の下流側で発生する異常なアーク放電を大幅に抑制し得る。したがって、第２絶縁部材６０を含む本実施形態のレーザチャンバ１０は、従来のレーザチャンバ１０に比べて、主放電の安定性が大幅に向上し得る。

[0093] 言い換えると、従来及び本実施形態のレーザチャンバ１０において同じ長さのアーク絶縁距離を確保する場合、本実施形態のレーザチャンバ１０におけるファン２１の回転数は、従来のレーザチャンバ１０に比べて格段に少なくて済み得る。

よって、第２絶縁部材６０を含む本実施形態のレーザチャンバ１０は、従来のレーザチャンバ１０に比べて、ファン２１を駆動するモータ２２の消費電力を格段に低減させ得る。

[0094] ［５．その他］

［５．１　充放電回路］

図１４を用いて、放電励起式ガスレーザ装置１の充放電回路について説明する。

図１４は、放電励起式ガスレーザ装置１に用いられる充放電回路の回路構成を説明するための図を示す。

[0095] パルスパワーモジュール１３は、上述したスイッチ１３ａである半導体スイッチと、トランスTC_1と、磁気スイッチMS_1～MS_3と、充電コンデンサC_0と、コンデンサC_1～C_3と、を含んでもよい。

磁気スイッチMS_1～MS_3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MS_1～MS_3には電流が流れ易くなり得る。当該閾値は磁

気スイッチ毎に異なる値であってもよい。

本実施形態では、磁気スイッチMS_1～MS_3が電流を流し易い状態であることを、「磁気スイッチが閉じている」ともいう。

[0096] スイッチ１３ａは、トランスTC_1の１次側と充電コンデンサC_0との間に設けられてもよい。

磁気スイッチMS_1は、トランスTC_1の２次側とコンデンサC_1との間に設けられてもよい。

磁気スイッチMS_2は、コンデンサC_1とコンデンサC_2との間に設けられてもよい。

磁気スイッチMS_3は、コンデンサC_2とコンデンサC_3との間に設けられてもよい。

トランスTC_1の１次側と２次側とは、電気的に絶縁されていてもよい。トランスTC_1の１次側の巻き線の方向と２次側の巻き線の方向とは、逆方向であってもよい。

[0097] 第２放電電極１１ｂ及び予備電離外電極４３は、接地されていてもよい。

コンデンサC_{11}及びC_{12}並びにインダクタL_0を含む分圧回路は、第１放電電極１１ａ及び第２放電電極１１ｂに対して並列に接続されてもよい。

コンデンサC_{11}及びC_{12}並びにインダクタL_0は、それぞれ直列に接続されてもよい。

[0098] 図１４に示された充放電回路の動作について説明する。

充電器１２には、制御部３０により充電電圧Ｖｈｖが設定されてもよい。充電器１２は、設定された充電電圧Ｖｈｖに基づいて、充電コンデンサC_0を充電してもよい。

パルスパワーモジュール１３のスイッチ１３ａには、制御部３０により発振トリガ信号が出力されてもよい。発振トリガ信号がスイッチ１３ａに入力されると、パルスパワーモジュール１３は、スイッチ１３ａがＯＮになってもよい。スイッチ１３ａがＯＮになると、充電コンデンサC_0からトランスTC_1の１次側に電流が流れ得る。

[0099] トランスＴＣ$_1$の１次側に電流が流れると、電磁誘導によってトランスＴＣ$_1$の２次側に逆方向の電流が流れ得る。トランスＴＣ$_1$の２次側に電流が流れると、やがて磁気スイッチＭＳ$_1$に印加される電圧の時間積分値が閾値に達し得る。

磁気スイッチＭＳ$_1$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ＭＳ$_1$は磁気飽和した状態となり、磁気スイッチＭＳ$_1$は閉じ得る。

磁気スイッチＭＳ$_1$が閉じると、トランスＴＣ$_2$の２次側からコンデンサＣ$_1$に電流が流れ、コンデンサＣ$_1$が充電され得る。

[0100] コンデンサＣ$_1$が充電されることにより、やがて磁気スイッチＭＳ$_2$は磁気飽和した状態となり、磁気スイッチＭＳ$_2$は閉じ得る。

磁気スイッチＭＳ$_2$が閉じると、コンデンサＣ$_1$からコンデンサＣ$_2$に電流が流れ、コンデンサＣ$_2$が充電され得る。このとき、コンデンサＣ$_1$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Ｃ$_2$が充電されてもよい。

[0101] コンデンサＣ$_2$が充電されることにより、やがて磁気スイッチＭＳ$_3$は磁気飽和した状態となり、磁気スイッチＭＳ$_3$は閉じ得る。

磁気スイッチＭＳ$_3$が閉じると、コンデンサＣ$_2$からコンデンサＣ$_3$に電流が流れ、コンデンサＣ$_3$が充電され得る。このとき、コンデンサＣ$_2$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Ｃ$_3$が充電されてもよい。

[0102] このように、コンデンサＣ$_1$からコンデンサＣ$_2$、コンデンサＣ$_2$からコンデンサＣ$_3$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得る。

[0103] コンデンサＣ$_3$が充電されることにより、第１放電電極１１ａ及び第２放電電極１１ｂの間には、コンデンサＣ$_3$によってパルス電圧が印加され得る。第１放電電極１１ａ及び第２放電電極１１ｂの間に印加されたパルス電圧がレーザガスの絶縁耐圧より大きいと、レーザガスは絶縁破壊され得る。レーザガスが絶縁破壊されると、第１放電電極１１ａ及び第２放電電極１１ｂの間

には主放電が発生し得る。このとき、第１放電電極１１ａには、負の電位が印加されてもよい。

[0104] 第１放電電極１１ａ及び第２放電電極１１ｂに対して並列に接続された分圧回路は、第１放電電極１１ａ及び第２放電電極１１ｂの間に印加されるパルス電圧を分圧してもよい。

分圧される範囲は、第１放電電極１１ａ及び第２放電電極１１ｂの間に印加されるパルス電圧の２５％～７５％の範囲であってもよい。分圧されたパルス電圧は、予備電離内電極４１及び予備電離外電極４３の間に印加されてもよい。

分圧回路における分圧比、コンデンサC_{11}及びC_{12}の容量、並びにインダクタL_0のインダクタンスを調節することにより、分圧回路の時定数は所望の値に調節され得る。それにより、主放電に対する予備電離放電のタイミングは調節され得る。分圧回路における合成容量は、コンデンサC_3の容量の１０％以下に調節されてもよい。

[0105] ［５．２ 各制御部のハードウェア環境］

当業者は、汎用コンピュータまたはプログラマブルコントローラにプログラムモジュールまたはソフトウェアアプリケーションを組み合わせて、ここに述べられる主題が実行されることを理解するだろう。一般的に、プログラムモジュールは、本開示に記載されるプロセスを実行できるルーチン、プログラム、コンポーネント、データストラクチャー等を含む。

[0106] 図１５は、開示される主題の様々な側面が実行され得る例示的なハードウェア環境を示すブロック図である。図１５の例示的なハードウェア環境１００は、処理ユニット１０００と、ストレージユニット１００５と、ユーザインターフェイス１０１０と、パラレルＩ／Ｏコントローラ１０２０と、シリアルＩ／Ｏコントローラ１０３０と、Ａ／Ｄ、Ｄ／Ａコンバータ１０４０とを含んでもよいが、ハードウェア環境１００の構成は、これに限定されない。

[0107] 処理ユニット１０００は、中央処理ユニット（ＣＰＵ）１００１と、メモ

リ１００２と、タイマ１００３と、画像処理ユニット（ＧＰＵ）１００４とを含んでもよい。メモリ１００２は、ランダムアクセスメモリ（ＲＡＭ）とリードオンリーメモリ（ＲＯＭ）とを含んでもよい。ＣＰＵ１００１は、市販のプロセッサのいずれでもよい。デュアルマイクロプロセッサや他のマルチプロセッサアーキテクチャが、ＣＰＵ１００１として使用されてもよい。

[0108] 図１５におけるこれらの構成物は、本開示において記載されるプロセスを実行するために、相互に接続されていてもよい。

[0109] 動作において、処理ユニット１０００は、ストレージユニット１００５に保存されたプログラムを読み込んで、実行してもよい、また、処理ユニット１０００は、ストレージユニット１００５からプログラムと一緒にデータを読み込んでもよい、また、処理ユニット１０００は、ストレージユニット１００５にデータを書き込んでもよい。ＣＰＵ１００１は、ストレージユニット１００５から読み込んだプログラムを実行してもよい。メモリ１００２は、ＣＰＵ１００１によって実行されるプログラムおよびＣＰＵ１００１の動作に使用されるデータを、一時的に保管する作業領域であってもよい。タイマ１００３は、時間間隔を計測して、プログラムの実行に従ってＣＰＵ１００１に計測結果を出力してもよい。ＧＰＵ１００４は、ストレージユニット１００５から読み込まれるプログラムに従って、画像データを処理し、処理結果をＣＰＵ１００１に出力してもよい。

[0110] パラレルＩ／Ｏコントローラ１０２０は、制御部３０等の、処理ユニット１０００と通信可能なパラレルＩ／Ｏデバイスに接続されてもよく、処理ユニット１０００とそれらパラレルＩ／Ｏデバイスとの間の通信を制御してもよい。シリアルＩ／Ｏコントローラ１０３０は、充電器１２、パルスパワーモジュール１３、モータ２２、レーザガス供給部２３、レーザガス排気部２４、及び熱交換器２６等の、処理ユニット１０００と通信可能なシリアルＩ／Ｏデバイスに接続されてもよく、処理ユニット１０００とそれらシリアルＩ／Ｏデバイスとの間の通信を制御してもよい。Ａ／Ｄ、Ｄ／Ａコンバータ１０４０は、アナログポートを介して、温度センサ、圧力センサ１６、真空

計各種センサ、及び光センサ１７ｃ等のアナログデバイスに接続されてもよく、処理ユニット１０００とそれらアナログデバイスとの間の通信を制御したり、通信内容のＡ／Ｄ、Ｄ／Ａ変換を行ってもよい。

[0111] ユーザインターフェイス１０１０は、操作者が処理ユニット１０００にプログラムの停止や、割込みルーチンの実行を指示できるように、処理ユニット１０００によって実行されるプログラムの進捗を操作者に表示してもよい。

[0112] 例示的なハードウェア環境１００は、本開示における制御部３０の構成に適用されてもよい。当業者は、それらのコントローラが分散コンピューティング環境、すなわち、通信ネットワークを介して繋がっている処理ユニットによってタスクが実行される環境において実現されてもよいことを理解するだろう。本開示において、制御部３０は、イーサネットやインターネットといった通信ネットワークを介して互いに接続されてもよい。分散コンピューティング環境において、プログラムモジュールは、ローカルおよびリモート両方のメモリストレージデバイスに保存されてもよい。

[0113] ［５．３ その他の変形例］

放電励起式ガスレーザ装置１は、狭帯域化モジュール１４の代りに高反射ミラーを用いてもよい。当該放電励起式ガスレーザ装置１では、狭帯域化されていない自然励起光が、パルスレーザ光として露光装置１１０に出力され得る。

放電励起式ガスレーザ装置１は、エキシマレーザ装置ではなく、フッ素ガス及びバッファガスをレーザガスとするフッ素分子レーザ装置であってもよい。

[0114] 第１放電電極１１ａは、カソード電極ではなくアノード電極であってもよい。第２放電電極１１ｂは、アノード電極ではなくカソード電極であってもよい。

[0115] 第１絶縁部材２０のテーパ面は、金属ダンパ部材５０で形成されてもよい。但し、当該金属ダンパ部材５０とレーザチャンバ１０の壁１０ｃとの間は

、放電しないよう電気的に絶縁されていることが必要であり得る。

[0116] 上記で説明した実施形態は、変形例を含めて、各実施例同士や各実施形態同士で互いの技術を適用し得ることは、当業者には明らかであろう。

[0117] 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。

[0118] 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語「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。

符号の説明

[0119]

１	…放電励起式ガスレーザ装置
１０	…レーザチャンバ
１１	…主放電部
１１ａ	…第１放電電極
１１ｂ	…第２放電電極
２０	…第１絶縁部材
２１	…ファン
３０	…制御部
５０	…金属ダンパ部材
６０	…第２絶縁部材
６１	…凹部

請求の範囲

[請求項1] 放電励起式ガスレーザ装置のレーザチャンバであって、

前記レーザチャンバ内に配置された第１放電電極と、

前記レーザチャンバ内で前記第１放電電極に対向して配置された第２放電電極と、

前記第１放電電極と前記第２放電電極との間にレーザガスを流すファンと、

前記第１放電電極におけるレーザガス流の上流側及び下流側に配置された第１絶縁部材と、

前記第２放電電極における前記レーザガス流の上流側に配置された金属ダンパ部材と、

前記第２放電電極における前記レーザガス流の下流側に配置された第２絶縁部材と、

を備えるレーザチャンバ。

[請求項2] 前記第２絶縁部材における前記レーザガス流の下流側には、金属ダンパ部材が更に配置されている

請求項１に記載のレーザチャンバ。

[請求項3] 前記第２絶縁部材の表面には、凹部が形成されている

請求項２に記載のレーザチャンバ。

[請求項4] 前記第１放電電極及び前記第２放電電極は、それぞれ板状に形成されており、

前記凹部は、前記第２放電電極の長手方向に垂直な方向に対し、傾斜して延びるように形成されている

請求項３に記載のレーザチャンバ。

[請求項5] 前記第１放電電極はカソード電極であり、前記第２放電電極はアノード電極である

請求項４に記載のレーザチャンバ。

[請求項6] 前記第２絶縁部材の表面は、平面である

請求項２に記載のレーザチャンバ。

[請求項7] 前記放電励起式ガスレーザ装置の繰り返し周波数をｆとし、

前記第１放電電極と前記第２放電電極との間の放電に伴って発生する音響波の速度をｃとし、

前記レーザガス流の流速をｖとし、

前記レーザガス流の流れ方向における前記第２放電電極の幅の長さをＬとし、

前記レーザガス流の流れ方向における前記第２絶縁部材の幅の長さをＷとすると、

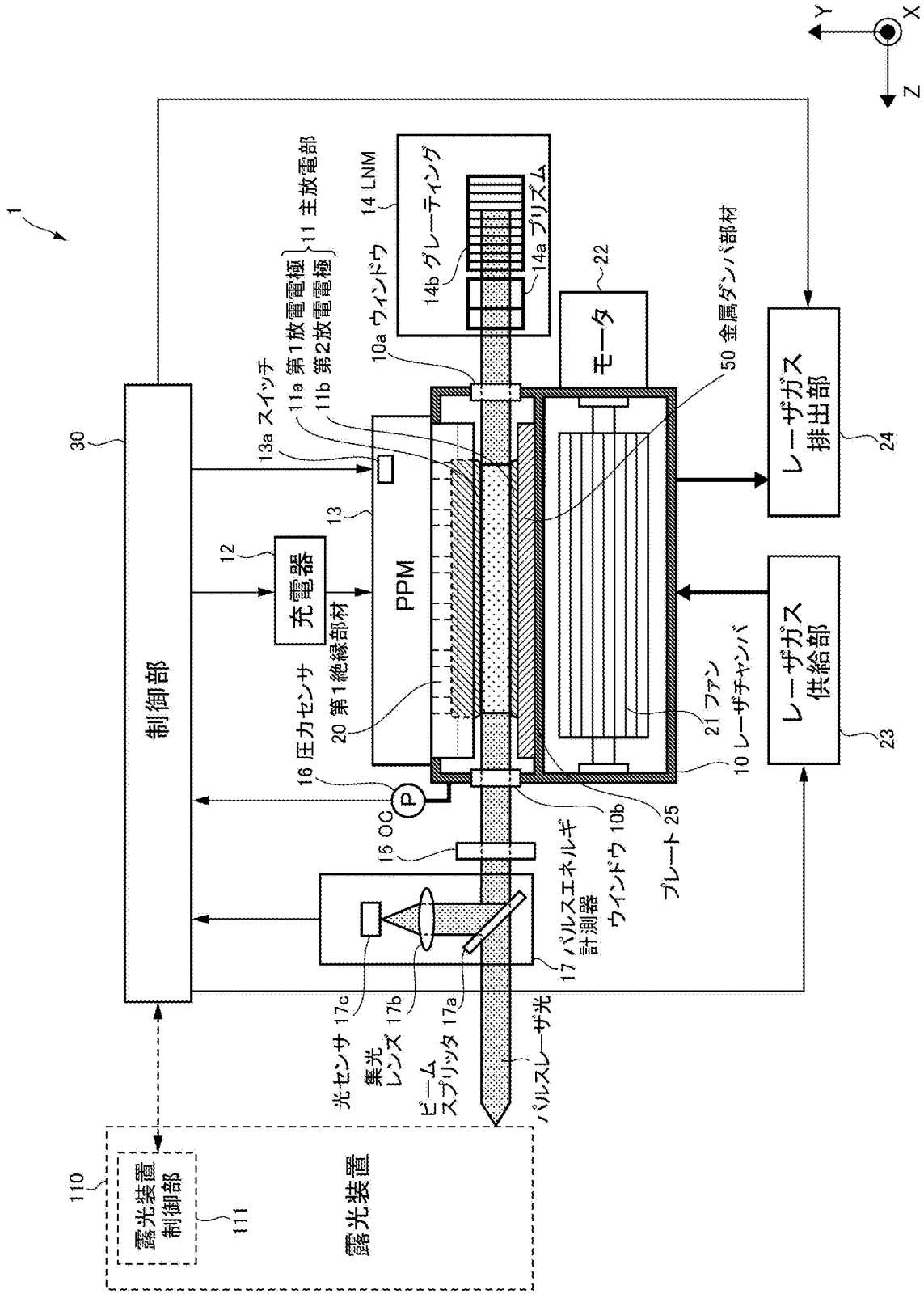
前記第２絶縁部材は、

（２ｖ／ｆ）－Ｌ≦Ｗ≦ｃ／２ｆ

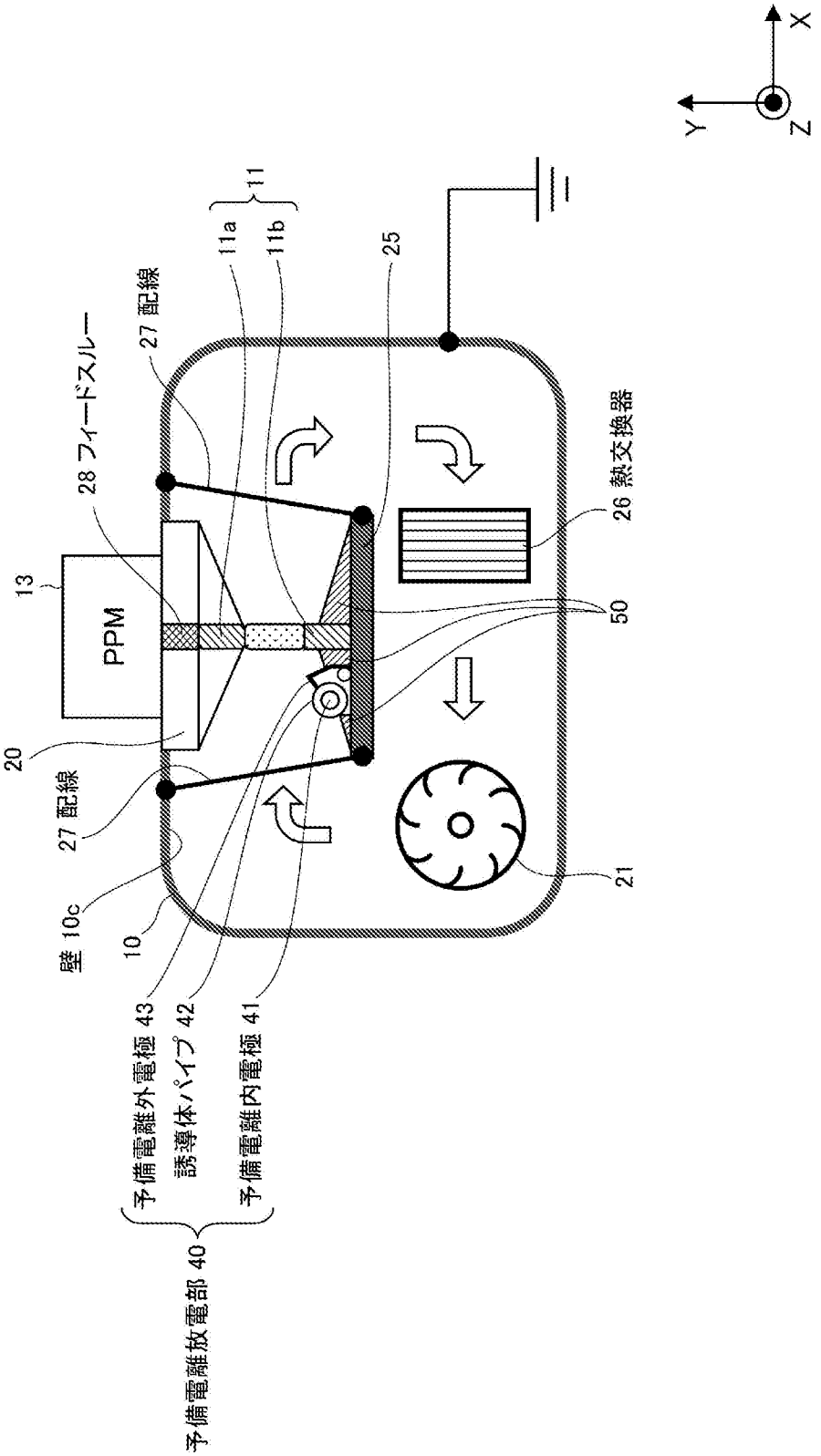
の関係を満たすように形成されている

請求項２に記載のレーザチャンバ。

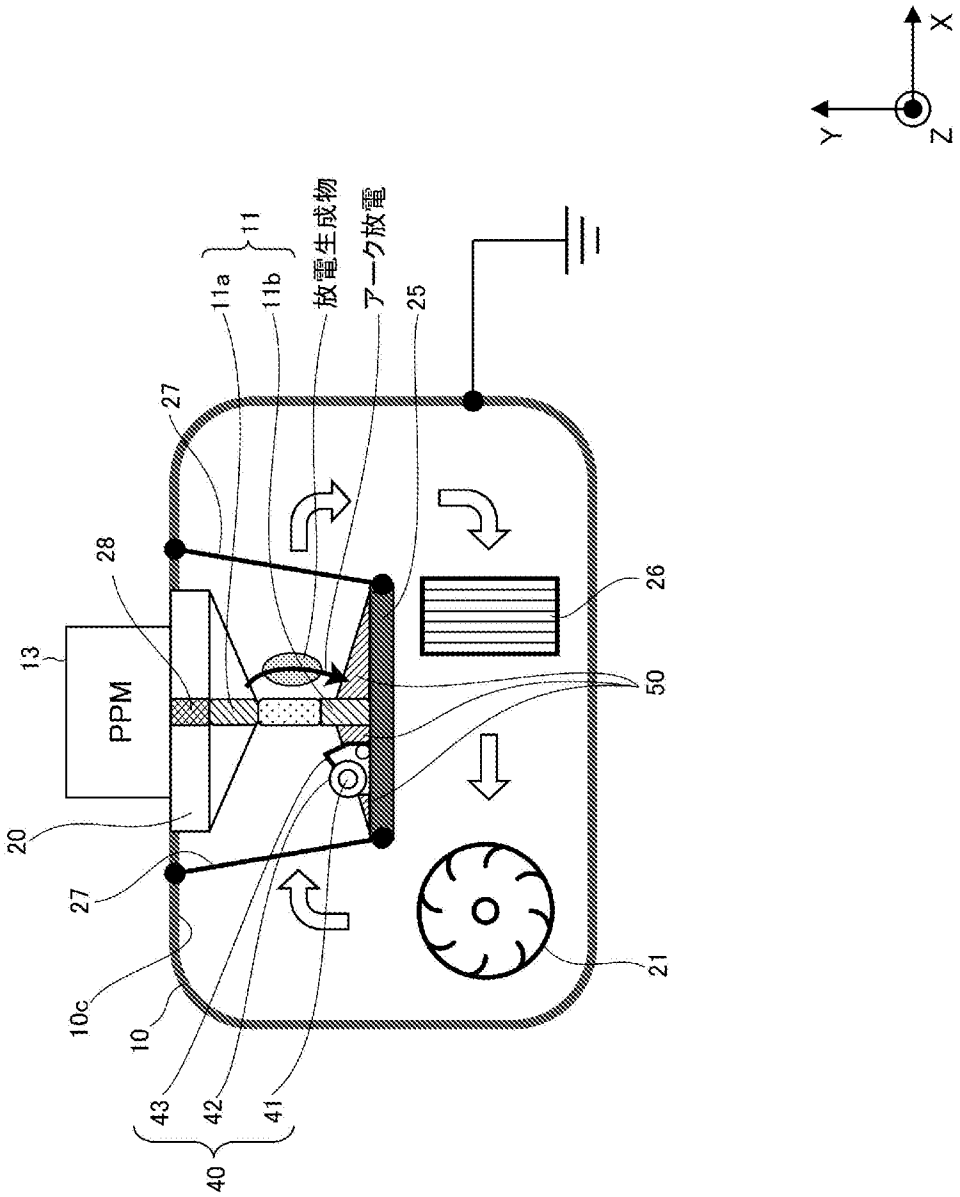
[図1]


Y
X
Z
1
30
制御部
13a スイッチ
11a 第1放電電極
11b 第2放電電極
11 主放電部
14 LNM
14b グレーティング
14a プリズム
10a ウィンドウ
22
モータ
50 金属ダンパ部材
レーザガス排出部
24
12
充電器
13
PPM
20 第1絶縁部材
16 圧力センサ
15 OC
21 ファン
10 レーザチャンバ
レーザガス供給部
23
プレート 25
ウインドウ 10b
17 パルスエネルギ計測器
光センサ 17c
集光レンズ 17b
ビームスプリッタ 17a
パルスレーザ光
110
露光装置制御部
111
露光装置

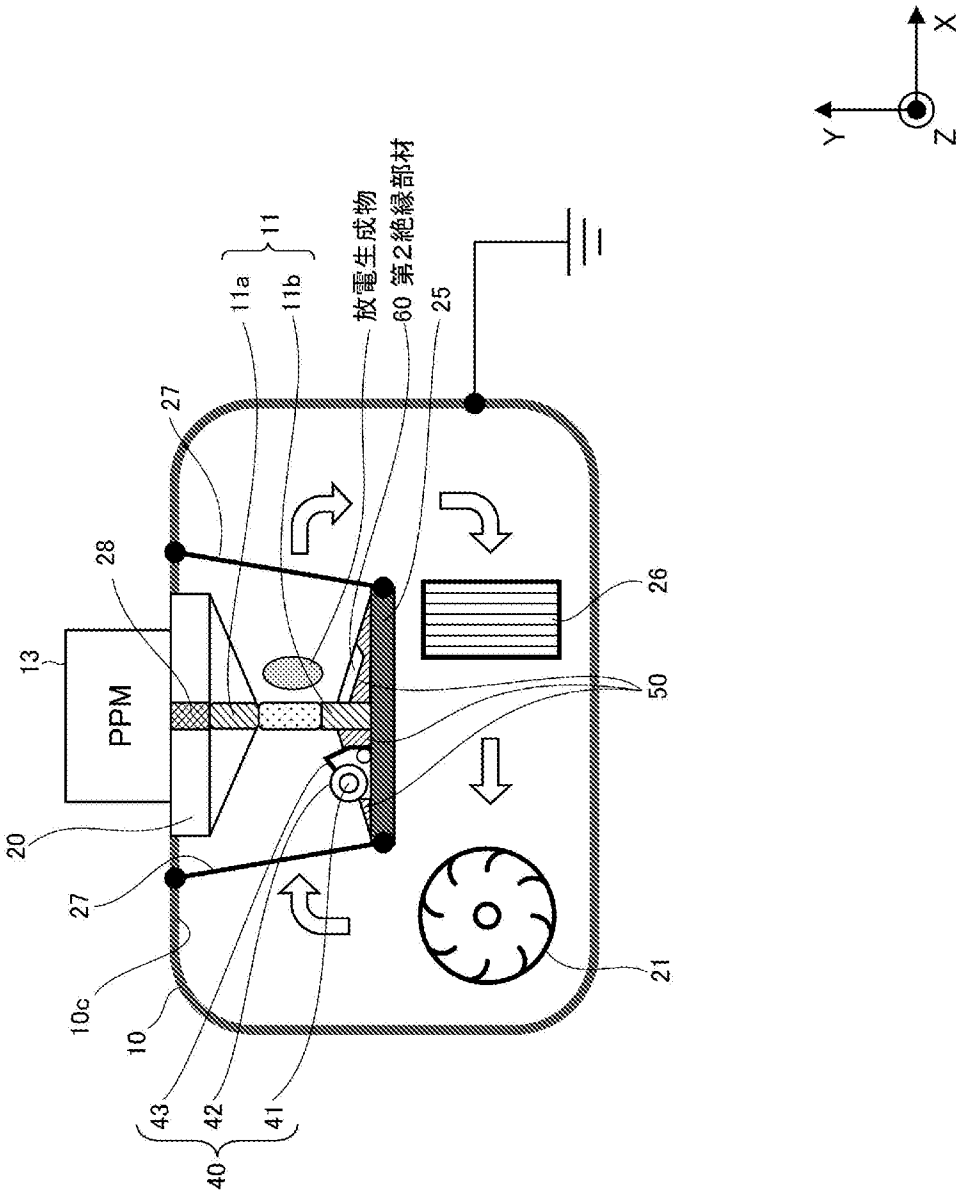
[図2]


X
Y
Z
11
11a
11b
25
27 配線
28 フィードスルー
26 熱交換器
13
PPM
50
20
27 配線
壁 10c
10
21
予備電離外電極 43
誘導体パイプ 42
予備電離内電極 41
予備電離放電部 40

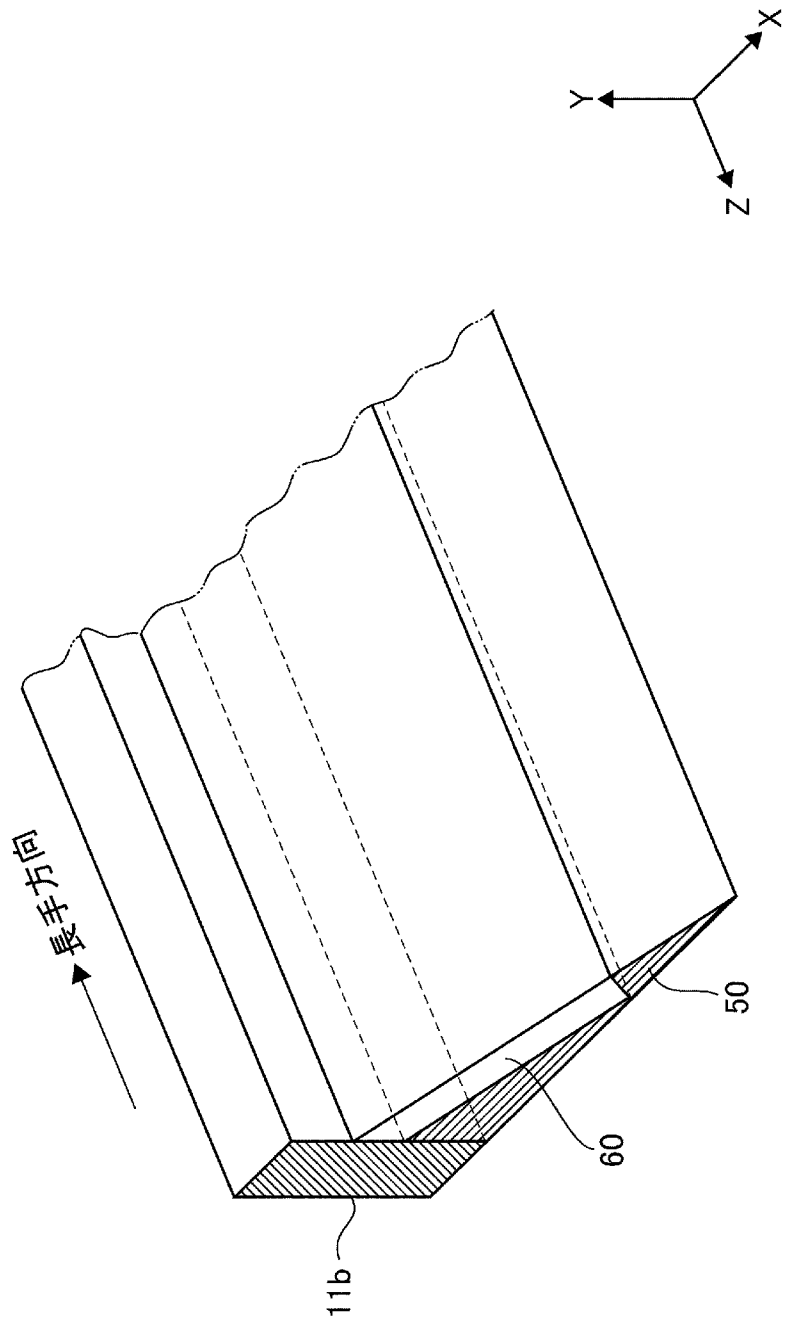
[図3]


X
Y
Z
11
11a
11b
放電生成物
アーク放電
25
27
28
26
13
PPM
50
20
27
21
10c
10
43
42
41
40

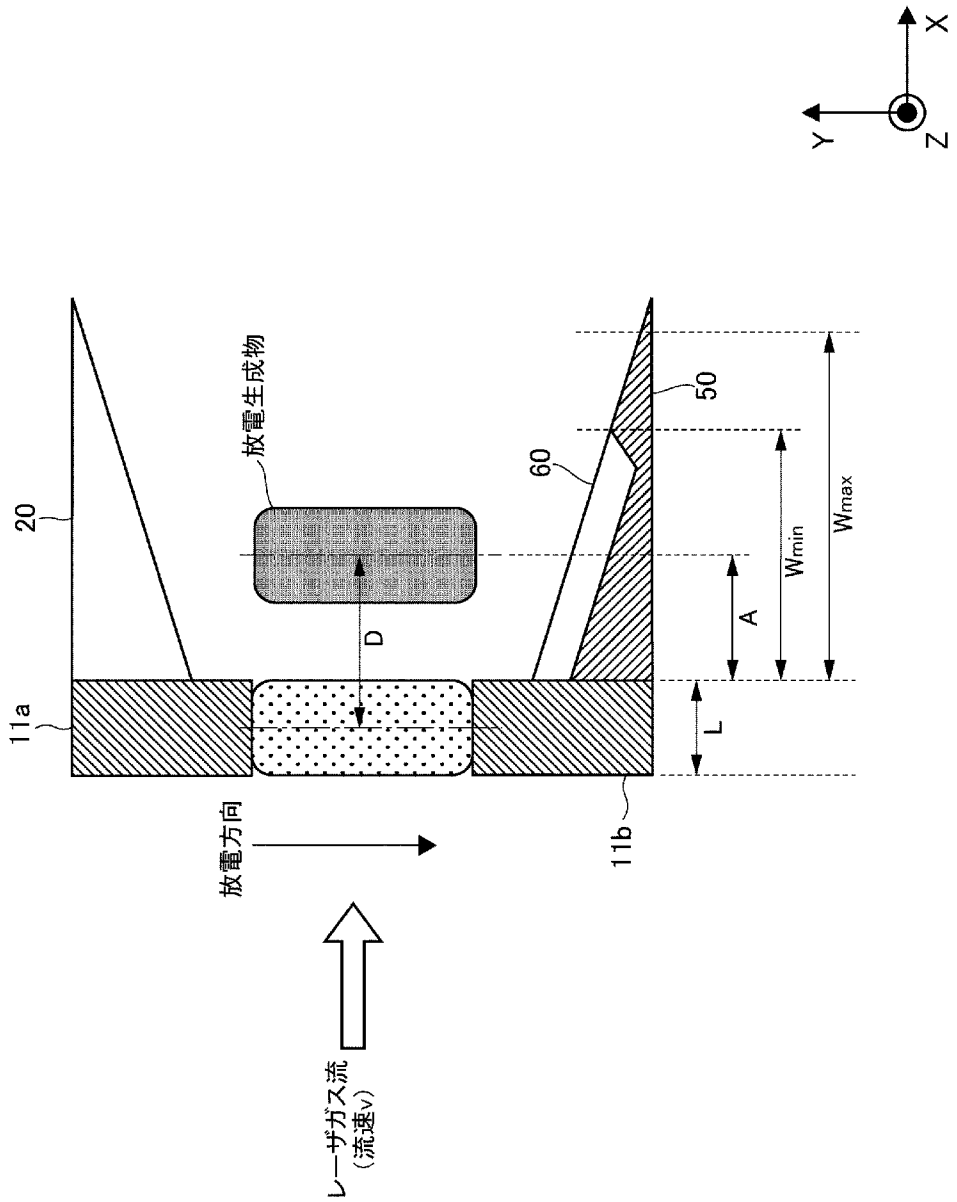
[図4]


X
Y
Z
11
11a
11b
放電生成物
60 第2絶縁部材
25
27
28
26
13
PPM
50
20
27
21
10c
10
43
42
41
40

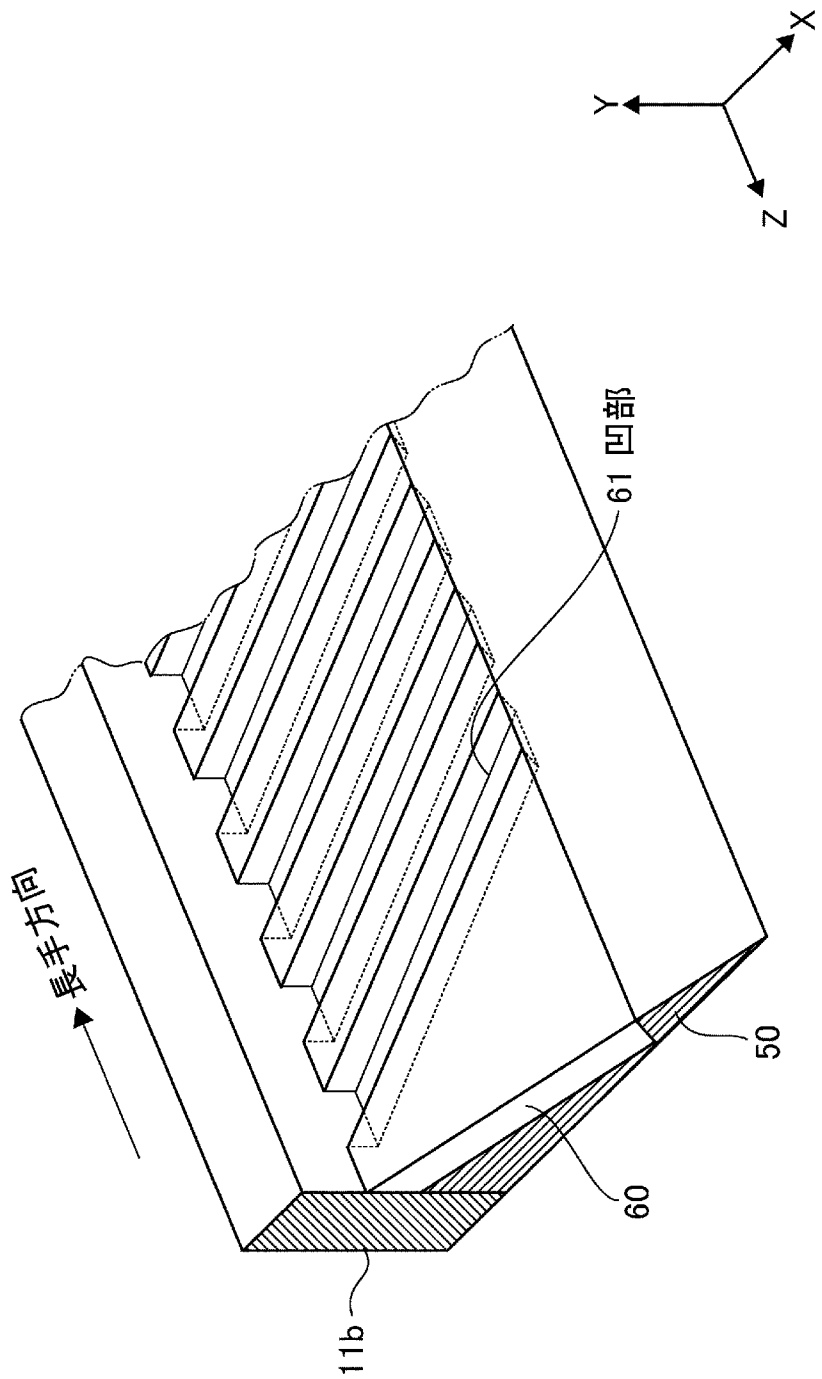
[図5]



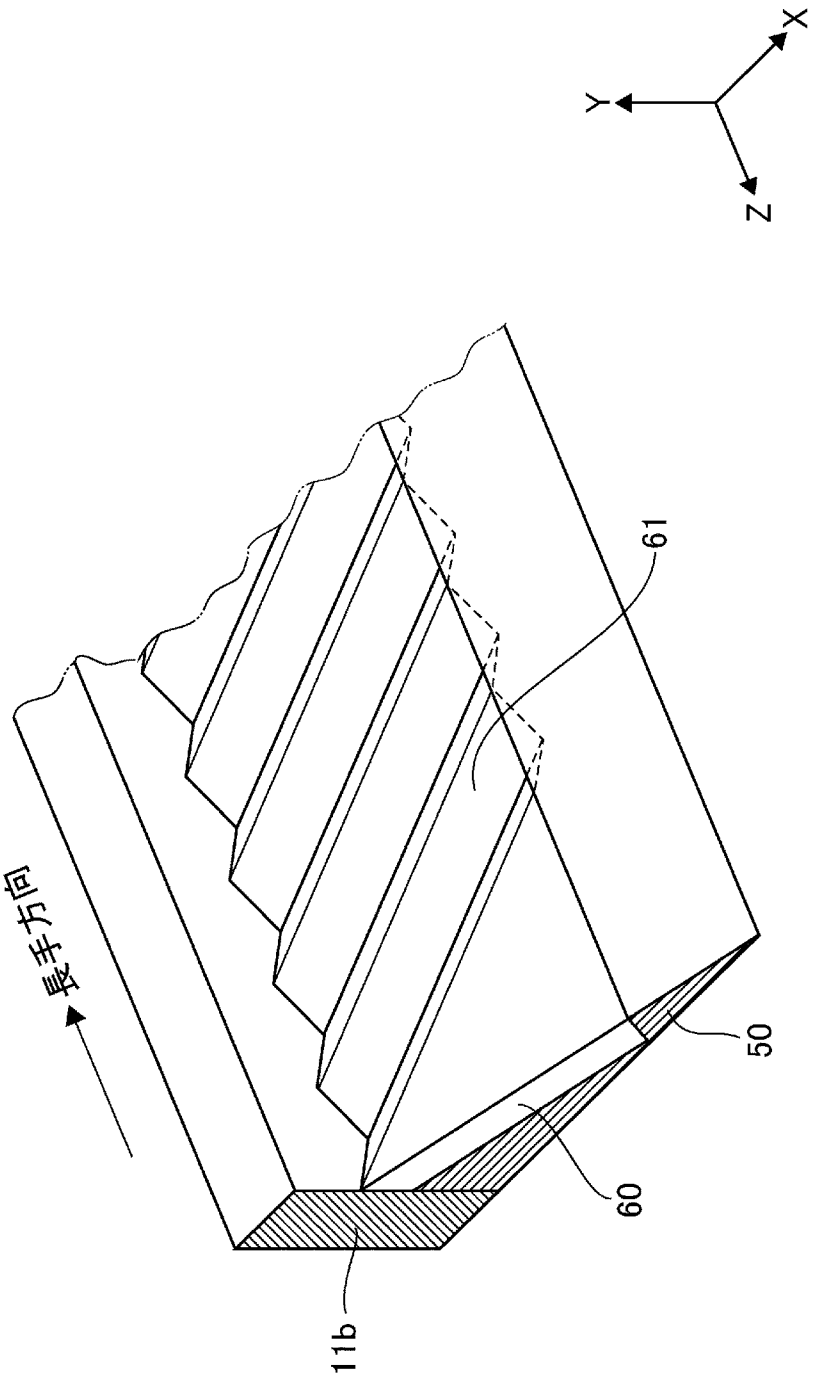
[図6]



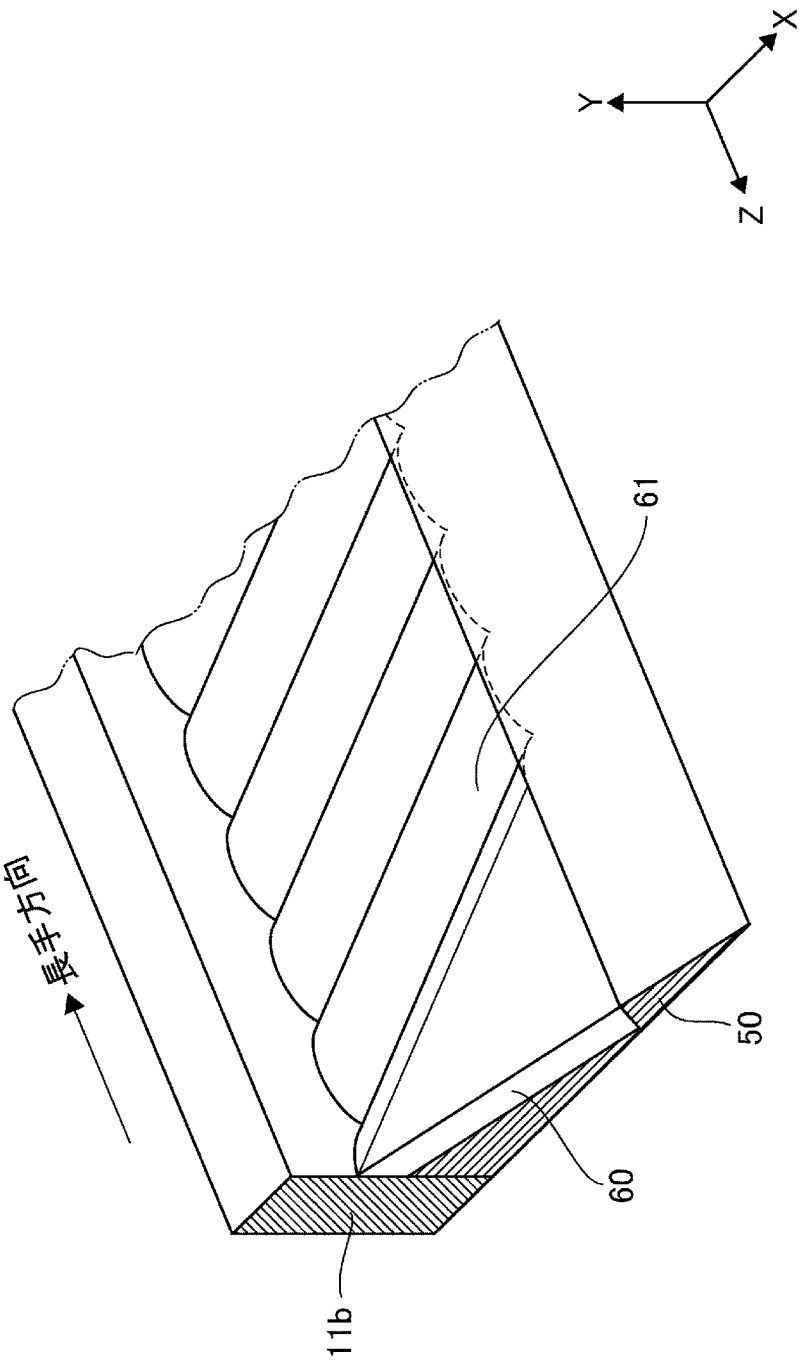
[図7]



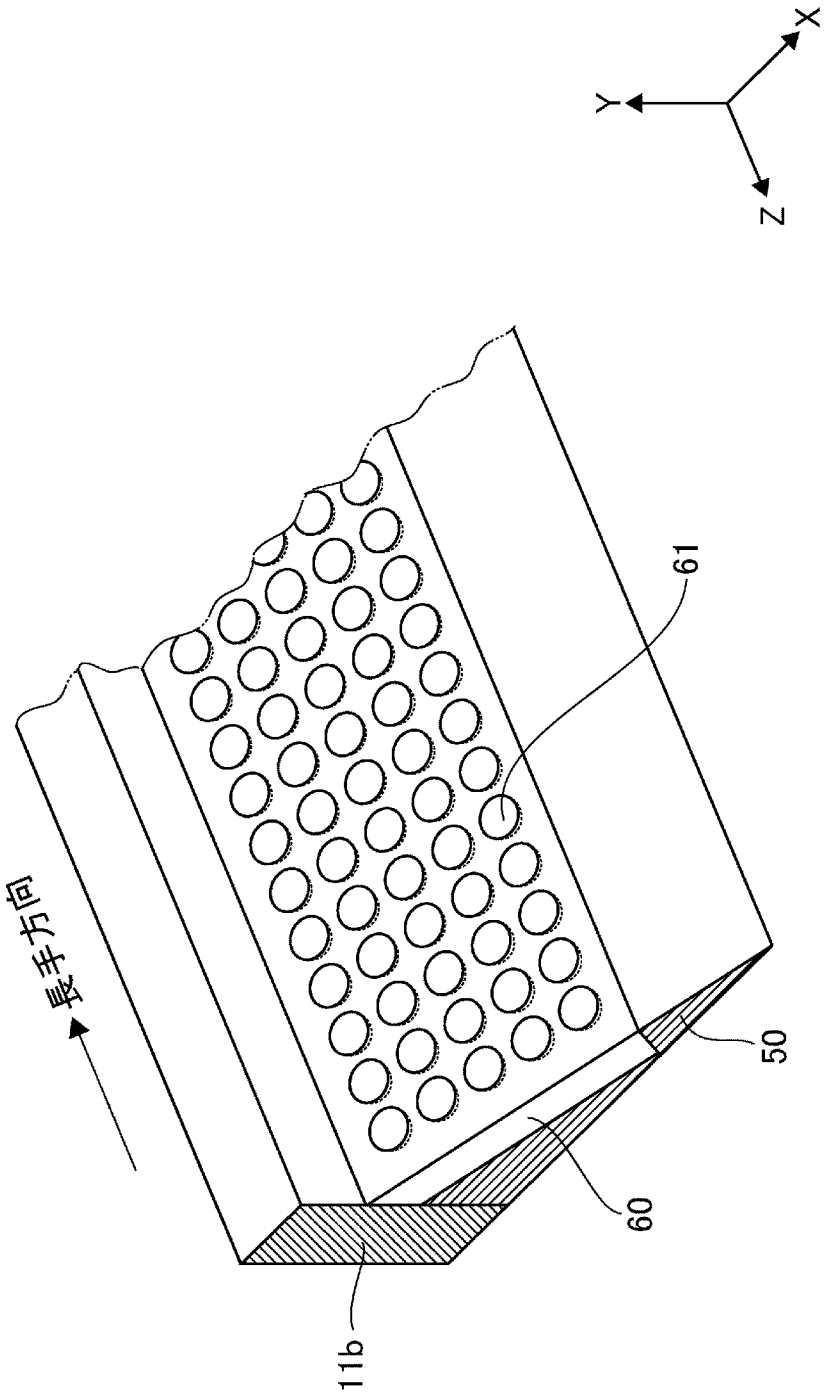
[図8]



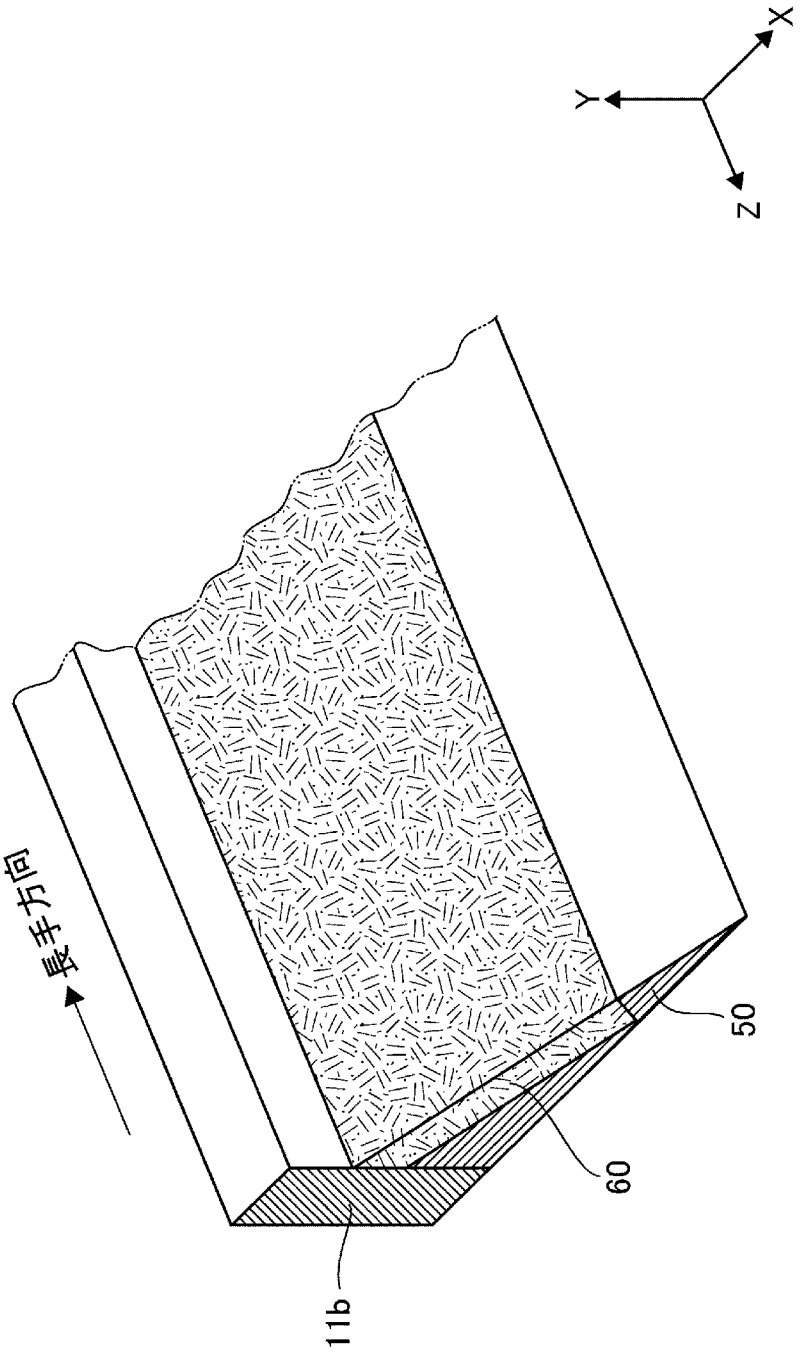
[図9]



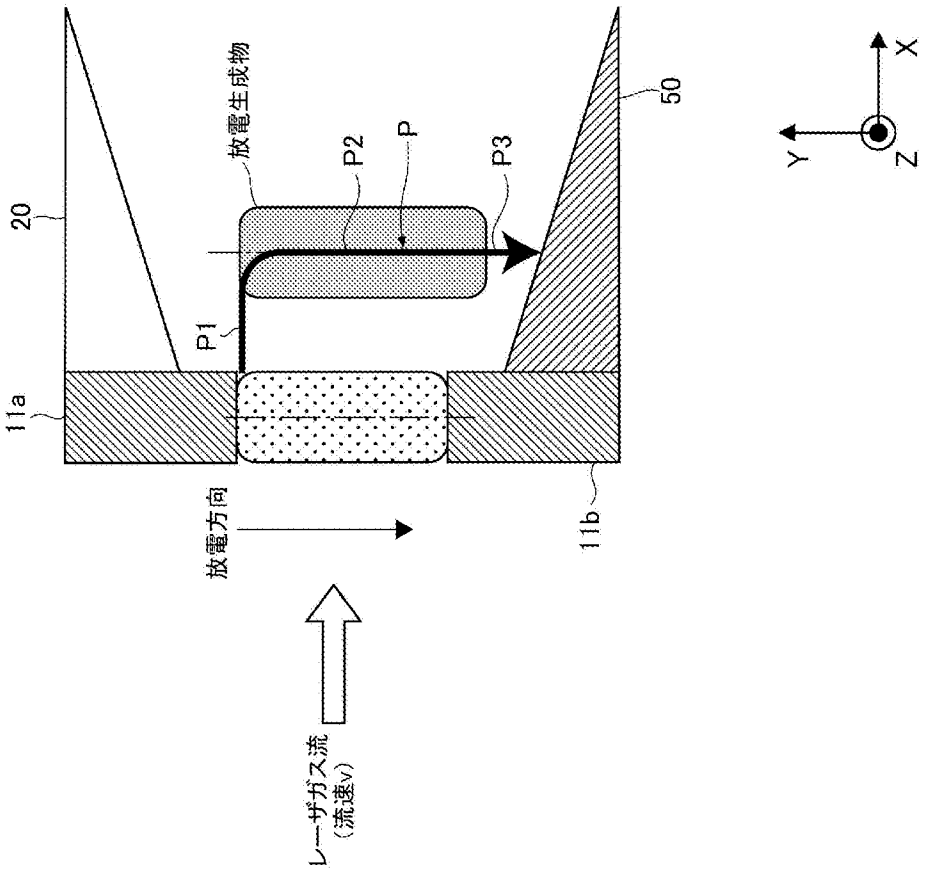
[図10]



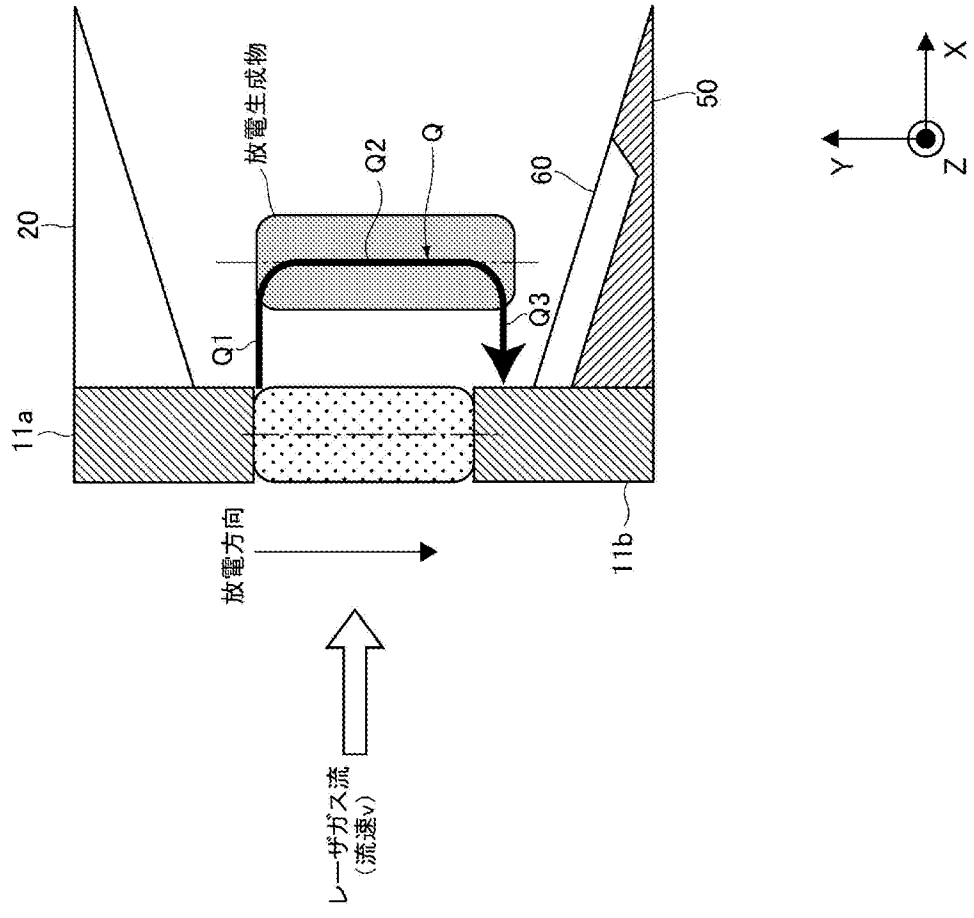
[図11]



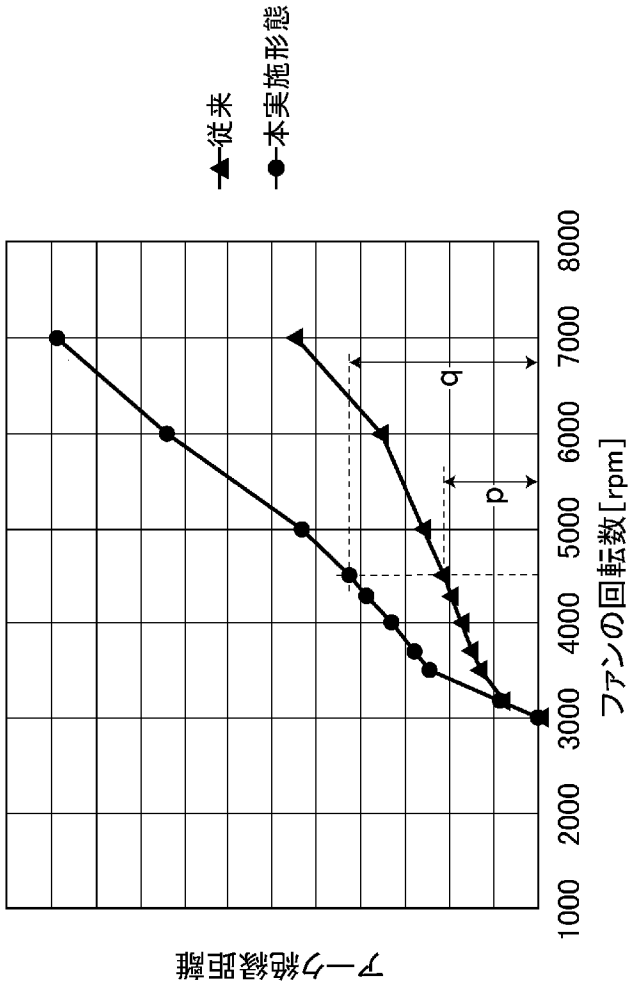
[図12A]


放電生成物
P2
P
P3
50
20
P1
11a
11b
放電方向
レーザガス流
(流速v)
X
Y
Z

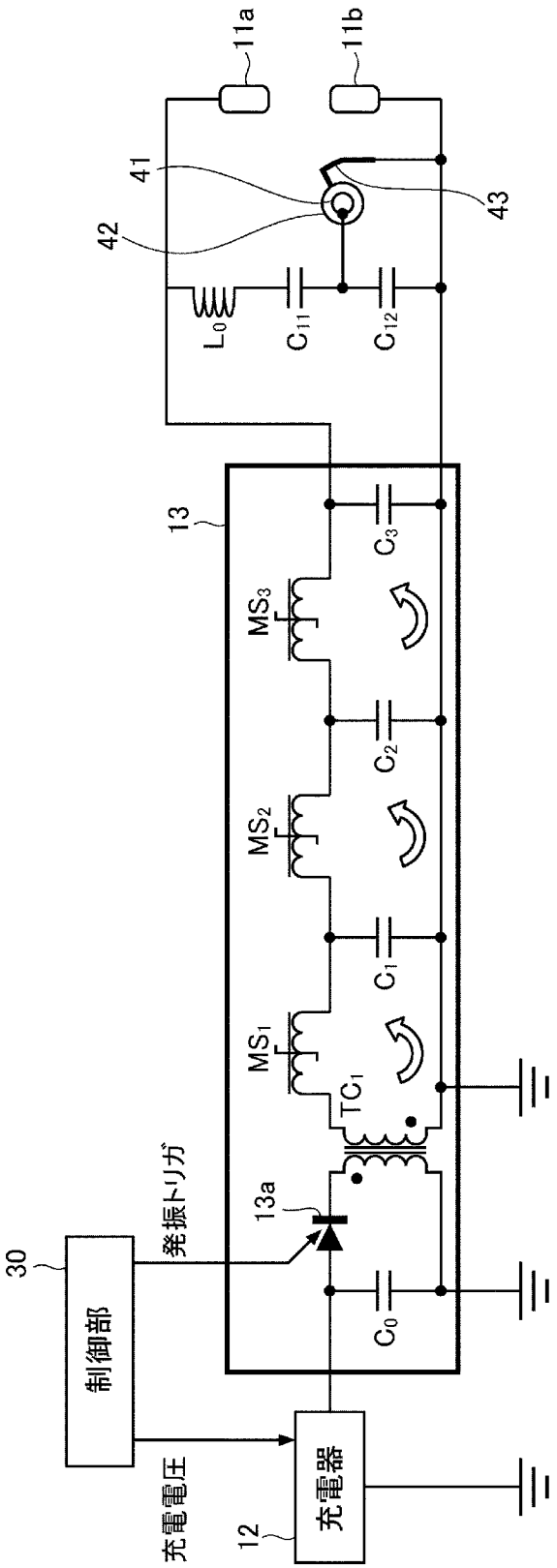
[図12B]


放電生成物
Q2
Q
60
50
20
Q1
Q3
11a
11b
放電方向
レーザガス流
(流速v)
X
Y
Z

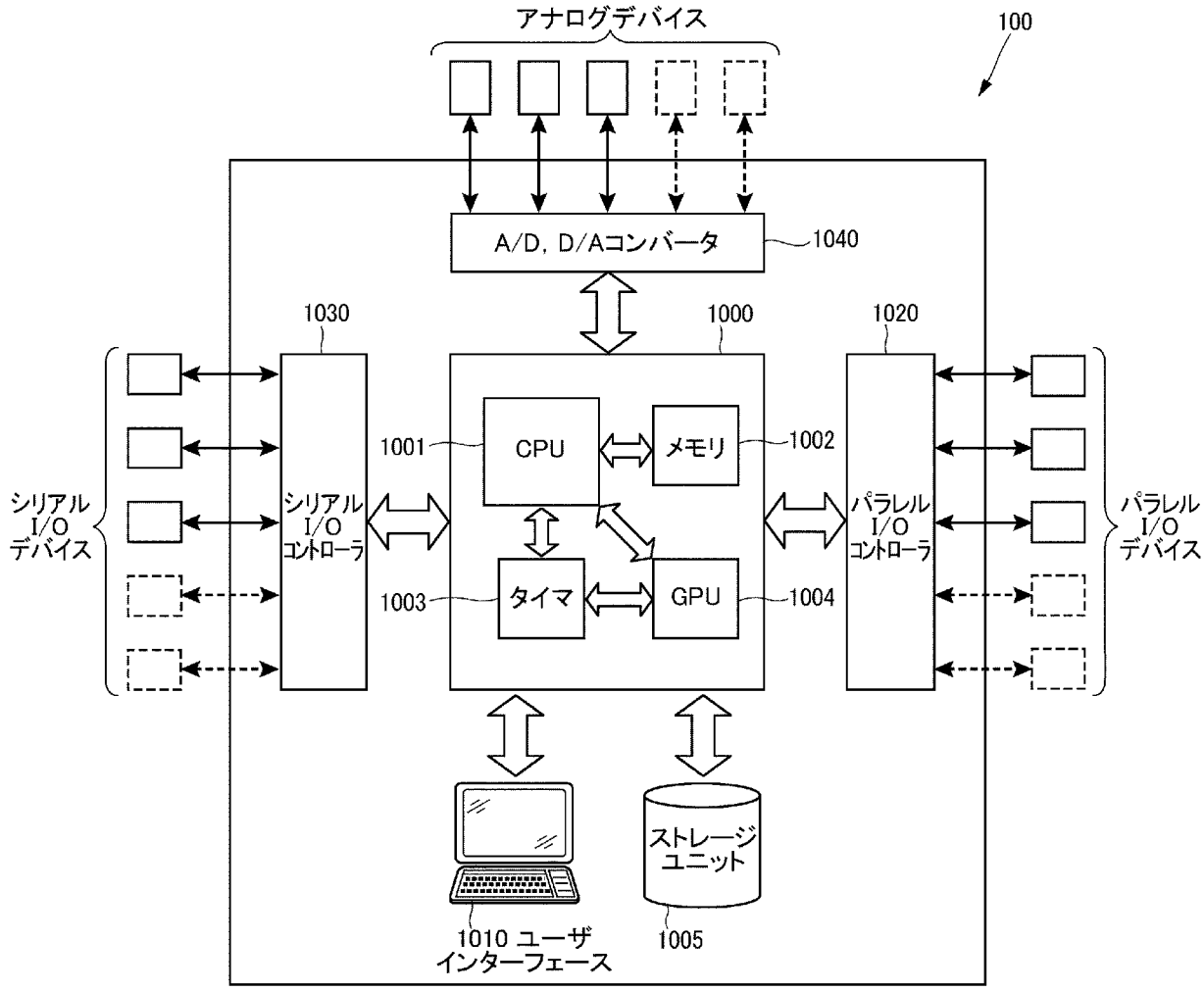
[図13]


従来
本実施形態
q
p
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
ファンの回転数[rpm]
アーク絶縁距離

[図14]


11a
11b
41
42
43
L_0
C_{11}
C_{12}
13
C_3
MS_3
C_2
MS_2
C_1
MS_1
TC_1
13a
発振トリガ
30
制御部
C_0
充電電圧
12
充電器

[図15]


アナログデバイス
100
A/D, D/Aコンバータ
1040
1030
1000
1020
1001
CPU
メモリ
1002
シリアル
I/O
デバイス
シリアル
I/O
コントローラ
パラレル
I/O
コントローラ
パラレル
I/O
デバイス
1003
タイマ
GPU
1004
ストレージ
ユニット
1010 ユーザ
インターフェース
1005

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/053371

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01S3/03(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)
H01S3/03-3/038, H01S3/097-3/0979, H01S3/22-3/227

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JSTPlus/JST7580(JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2003-60270 A (Gigaphoton Inc.), 28 February 2003 (28.02.2003), paragraphs [0013] to [0025]; fig. 1, 6 & US 2003/0031225 A1 & DE 10164185 A	1-6 7
Y A	JP 2006-229137 A (Komatsu Ltd., Ushio Inc.), 31 August 2006 (31.08.2006), paragraph [0046] (Family: none)	1-6 7
Y A	JP 2013-141030 A (Komatsu Ltd., Ushio Inc.), 18 July 2013 (18.07.2013), paragraph [0059]; fig. 9(a) (Family: none)	1-6 7

☒ 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
13 April 2015 (13.04.15)	21 April 2015 (21.04.15)

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/JP2015/053371

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-503027 A (Saima Inc.), 27 January 2005 (27.01.2005), entire text; all drawings & US 2001/0050939 A1 & US 2002/0080840 A1 & WO 2002/037626 A1 & EP 1330860 A	1-7
A	JP 2004-503946 A (Saima Inc.), 05 February 2004 (05.02.2004), entire text; all drawings & JP 2002-94151 A & US 6466602 B1 & US 2001/0050939 A1 & WO 2001/097345 A1 & EP 1287592 A	1-7

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１５／０５３３７１

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01S3/03(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.　H01S3/03-3/038, H01S3/097-3/0979, H01S3/22-3/227

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	１９７１－２０１５年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１５年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１５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）

JSTPlus/JST7580(JDreamⅢ)

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 A	JP 2003-60270 A (ギガフォトン株式会社) 2003.02.28, 段落[0013]-[0025], 図1,6 & US 2003/0031225 A1 & DE 10164185 A	1-6 7
Y A	JP 2006-229137 A (株式会社小松製作所、ウシオ電機株式会社) 2006.08.31, 段落[0046] (ファミリーなし)	1-6 7
Y A	JP 2013-141030 A (株式会社小松製作所、ウシオ電機株式会社) 2013.07.18, 段落[0059], 図9(a) (ファミリーなし)	1-6 7

☑　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
１３．０４．２０１５	２１．０４．２０１５

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）　２Ｘ　４０８５
林　祥恵
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２９４

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
A	JP 2005-503027 A (サイマー　インコーポレイテッド) 2005.01.27, 全文、全図 & US 2001/0050939 A1 & US 2002/0080840 A1 & WO 2002/037626 A1 & EP 1330860 A	1-7
A	JP 2004-503946 A (サイマー　インコーポレイテッド) 2004.02.05, 全文、全図 & JP 2002-94151 A & US 6466602 B1 & US 2001/0050939 A1 & WO 2001/097345 A1 & EP 1287592 A	1-7