

(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)



(10) 国際公開番号
WO 2015/125286 A1

- (51) 国際特許分類:
H01S 3/03 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/054230
- (22) 国際出願日: 2014年2月21日(21.02.2014)
- (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: 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). 対馬 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).
- (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).

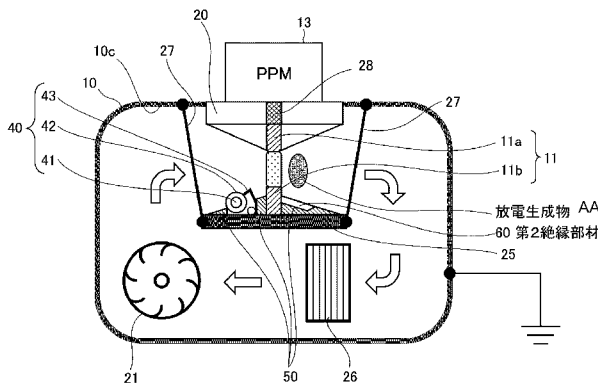
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,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

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(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 is for a discharge excitation-type gas laser device and 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: 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流を流すファンと、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。

WO 2015/125286 A1

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6 9 1 4 9 1 9号

特許文献2：米国特許第6 6 3 9 9 2 9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絶縁部材を含む第1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実施例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 実施例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 実施例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 実施例を説明するための図を示す。

[図10]図 1 0 は、第 2 絶縁部材の第 5 実施例を説明するための図を示す。

[図11]図 1 1 は、第 2 絶縁部材の第 6 実施例を説明するための図を示す。

[図12]図 1 2 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13]図 1 3 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 絶縁部材を含む第 1 実施形態のレーザチャンバ
 4. 1 第 2 絶縁部材の第 1 実施例
 4. 2 第 2 絶縁部材の第 2 実施例
 4. 3 第 2 絶縁部材の第 3 実施例
 4. 4 第 2 絶縁部材の第 4 実施例
 4. 5 第 2 絶縁部材の第 5 実施例
 4. 6 第 2 絶縁部材の第 6 実施例
5. その他
 5. 1 放電励起式ガスレーザ装置に用いられる充放電回路
 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、パルスエネルギー計測器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、ウィンドウ10a及びウィンドウ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と電氣的に絶縁され得る。

[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 との間を電氣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ーが低下し得る。

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。冷媒の供給量が増加すると、レーザガスから冷媒への伝熱量が増加し得る。

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ーを保持し得る。

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ー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ー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 12 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 14 b は、入射角度と回折角度が同じ角度となるリトロ配置にしてもよい。

グレーティング 14 b 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 14 b 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 14 a からグレーティング 14 b 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 14 b 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 14 b からプリズム 14 a 及びウインドウ 10 a 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 14 b 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 14 b 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、パルスエネルギー計測器１７を介して露光装置１１０に出力され得る。

[0043] パルスエネルギー計測器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ーを計測し、計測結果を制御部３０に出力してもよい。

パルスエネルギー計測器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ーを計測してもよい。光センサ１７ｃは、計測されたパルスエネルギー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。流量制御弁の開度を変動すると、レーザチャンバ１０内へのレーザガスの供給量を変動し得る。

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ー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、パルスエネルギー計測器 17 から出力されたパルスエネルギー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ー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ー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、パルスエネルギー計測器 17 からのパルスエネルギー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 13 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ー E_t 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ー E_t に応じた充電電圧 V_{hv} 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 V_{hv} 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、パルスエネルギー計測器 17 に入射してもよい。パルスエネルギー計測器 17 は、入射したパルスレーザ光のパルスエネルギー E を計測し、制御部 30 に出力してもよい。

[0059] 制御部 30 は、パルスエネルギー計測器 17 によって計測されたパルスエネルギー 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ー E と目標パルスエネルギー E_t 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 V_{hv} の増減量 ΔV_{hv} を計算してもよい。

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

このようにして、制御部 30 は、充電電圧 V_{hv} 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 V_{hv} 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 V_{hv} 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 2 1 を回転させる際やファン 2 1 を起動又は停止する際、ファン 2 1 の回転数が定常時より低下することがあり得る。ファン 2 1 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 1 1 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 1 1 の近傍に滞留していると、主放電部 1 1 に新たにパルス電圧が印加する場合、主放電部 1 1 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 1 1 の主放電は、第 1 放電電極 1 1 a から放電生成物を介して第 2 放電電極 1 1 b 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 1 1 の主放電は、第 1 放電電極 1 1 a から放電生成物を介して金属ダンパ部材 5 0 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ーは、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ーは一層不安定になり得る。

よって、ファン 2 1 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 絶縁部材を含む第 1 実施形態のレーザチャンバ]

図 4 ～図 1 1 を用いて、第 2 絶縁部材を含む第 1 実施形態のレーザチャンバ 1 0 について説明する。

第 1 実施形態のレーザチャンバ 1 0 は、図 1 及び図 2 に示されたレーザチャンバ 1 0 に対して第 2 絶縁部材 6 0 を追加した構成を備えてもよい。

第1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。

第1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。

第1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実施例として説明する。

[0065] [4. 1 第2絶縁部材の第1実施例]

図4～図6を用いて、第2絶縁部材60の第1実施例について説明する。

図4は、第2絶縁部材を含む第1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実施例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1放電電極11a及び第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。

レーザガス流の流れ方向における放電生成物の幅の長さは、第1放電電極11a及び第2放電電極11bの幅の長さLと同じ長さとする。

なお、第1放電電極11a及び第2放電電極11bの幅の長さL、放電生成物の移動距離D及び幅の長さL、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ー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。

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

それにより、第1実施例の第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実施例の第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実施例の第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実施例]

図7を用いて、第2絶縁部材60の第2実施例について説明する。

図7は、第2絶縁部材60の第2実施例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プ部材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実施例の第2絶縁部材60は、図4～図6に示された第1実施例の第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が延びる方向から見た凹部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実施例の第2絶縁部材60を含むレーザチャンバ10は、第1実施例の第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実施例の第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実施例の第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実施例]

図8を用いて、第2絶縁部材60の第3実施例について説明する。

図8は、第2絶縁部材60の第3実施例を説明するための図を示す。

[0076] 第3実施例の第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実施例の第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実施例の第2絶縁部材60において、凹部61が延びる方向から見た凹部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実施例の第2絶縁部材60を含むレーザチャンバ10は、第2実施例の第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実施例の第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実施例の第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実施例]

図9を用いて、第2絶縁部材60の第4実施例について説明する。

図9は、第2絶縁部材60の第4実施例を説明するための図を示す。

[0078] 第4実施例の第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実施例の第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実施例の第2絶縁部材60において、凹部61が延びる方向から見た凹部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実施例の第2絶縁部材60を含むレーザチャンバ10は、第2実施例の第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実施例の第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実施例の第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実施例]

図10を用いて、第2絶縁部材60の第5実施例について説明する。

図10は、第2絶縁部材60の第5実施例を説明するための図を示す。

[0080] 第5実施例の第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実施例の第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実施例の第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実施例の第2絶縁部材60を含むレーザチャンバ10は、第2実施例の第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実施例の第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実施例の第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実施例]

図11を用いて、第2絶縁部材60の第6実施例について説明する。

図11は、第2絶縁部材60の第6実施例を説明するための図を示す。

[0082] 第6実施例の第2絶縁部材60の構成材料は、図4～図6に示された第1実施例の第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実施例の第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実施例の第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実施例の第2絶縁部材60を含むレーザチャンバ10は、第1実施例の第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実施例の第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実施例の第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] [5. その他]

[5. 1 充放電回路]

図 1 2 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 1 2 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。

[0084] パルスパワーモジュール 1 3 は、上述したスイッチ 1 3 a である半導体スイッチと、トランス TC_1 と、磁気スイッチ $MS_1 \sim MS_3$ と、充電コンデンサ C_0 と、コンデンサ $C_1 \sim C_3$ と、を含んでもよい。

磁気スイッチ $MS_1 \sim MS_3$ 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 $MS_1 \sim MS_3$ 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 $MS_1 \sim MS_3$ 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。

[0085] スwitch 1 3 a 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、電氣的に絶縁されていてもよい。トランス TC_1 の 1 次側の巻き線の方角と 2 次側の巻き線の方角とは、逆方角であってもよい。

[0086] 第 2 放電電極 1 1 b 及び予備電離外電極 4 3 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 1 1 a 及び第 2 放電電極 1 1 b 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。

[0087] 図12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 V_{hv} が設定されてもよい。充電器12は、設定された充電電圧 V_{hv} 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TC₁の1次側に電流が流れ得る。

[0088] トランスTC₁の1次側に電流が流れると、電磁誘導によってトランスTC₁の2次側に逆方向の電流が流れ得る。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MS₁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MS₁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MS₁は磁気飽和した状態となり、磁気スイッチMS₁は閉じ得る。

磁気スイッチMS₁が閉じると、トランスTC₂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。

[0089] 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MS₂は磁気飽和した状態となり、磁気スイッチMS₂は閉じ得る。

磁気スイッチMS₂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。

[0090] 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MS₃は磁気飽和した状態となり、磁気スイッチMS₃は閉じ得る。

磁気スイッチMS₃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。

[0091] 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。

[0092] 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。

[0093] 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。

[0094] [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、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。

[0095] 図13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13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。

[0096] 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。

[0097] 図13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。

[0098] 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。

[0099] 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。

[0100] 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。

[0101] 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。

[0102] [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。

[0103] 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。

[0104] 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、放電しないよう電氣的に絶縁されていることが必要であり得る。

[0105] 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。

[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する用語は、「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

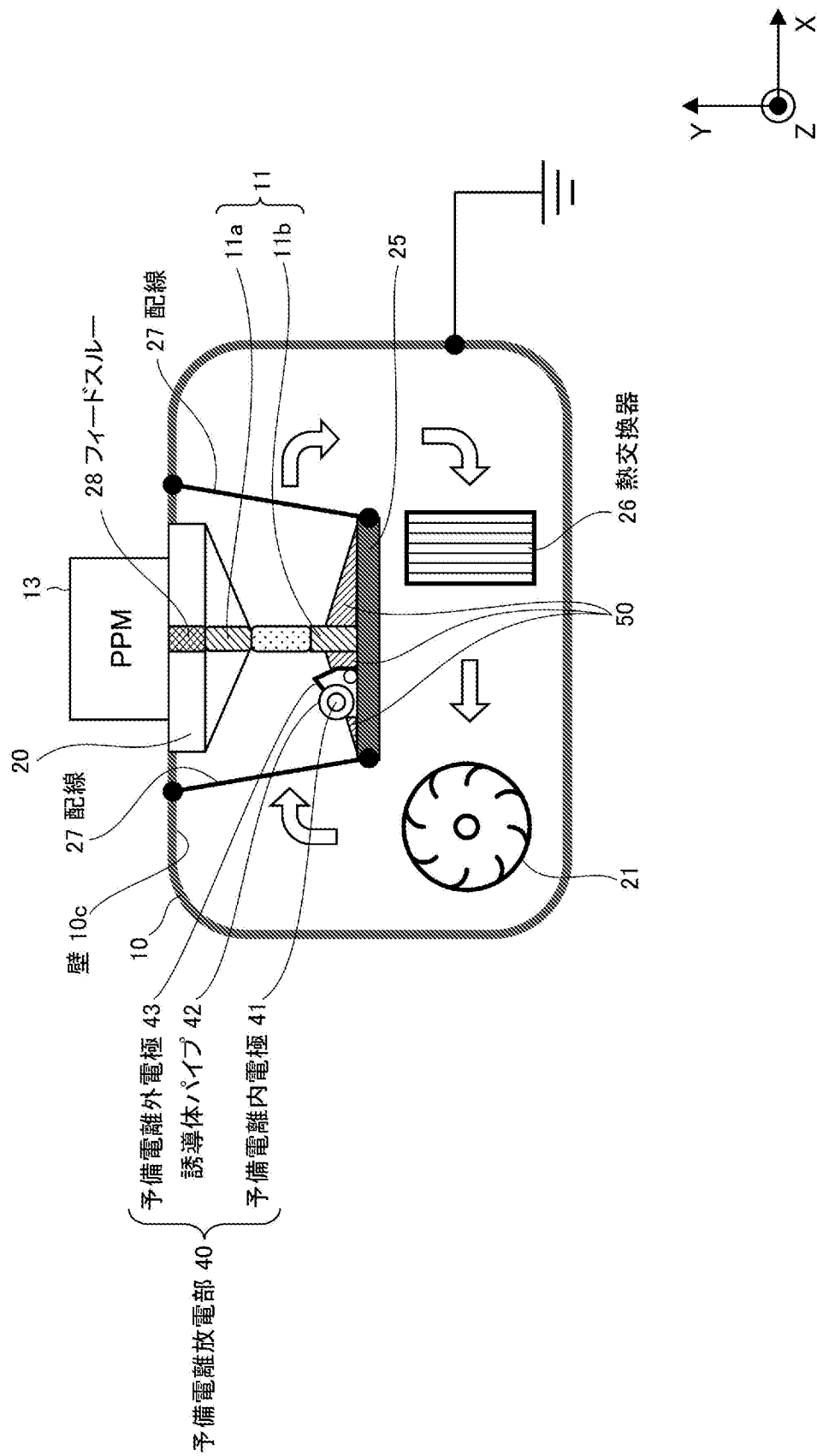
[0108]	1	…放電励起式ガスレーザ装置
	10	…レーザチャンバ
	11	…主放電部

1 1 a	…第 1 放電電極
1 1 b	…第 2 放電電極
2 0	…第 1 絶縁部材
2 1	…ファン
3 0	…制御部
5 0	…金属ダンパ部材
6 0	…第 2 絶縁部材
6 1	…凹部

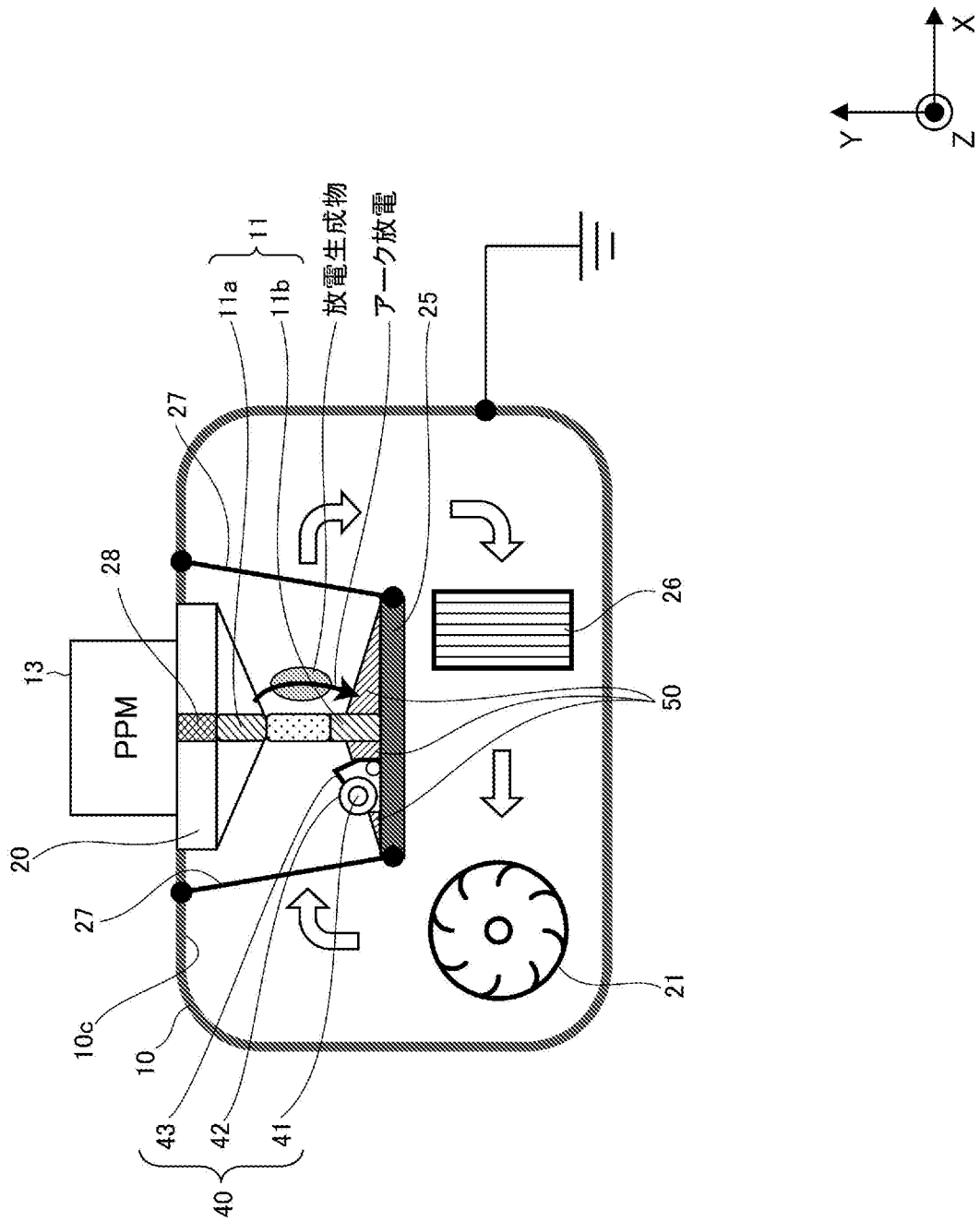
請求の範囲

- [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。

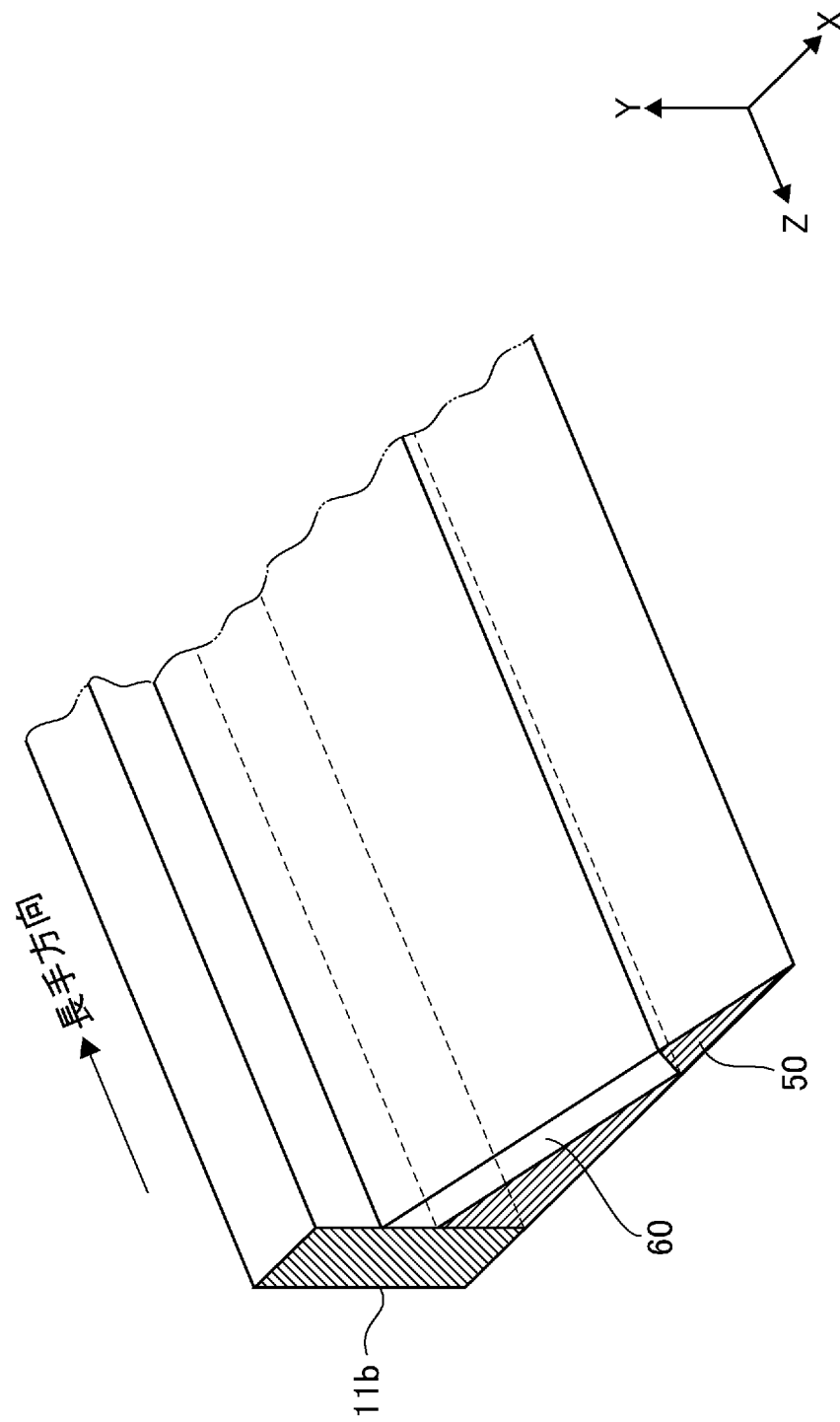
[図2]



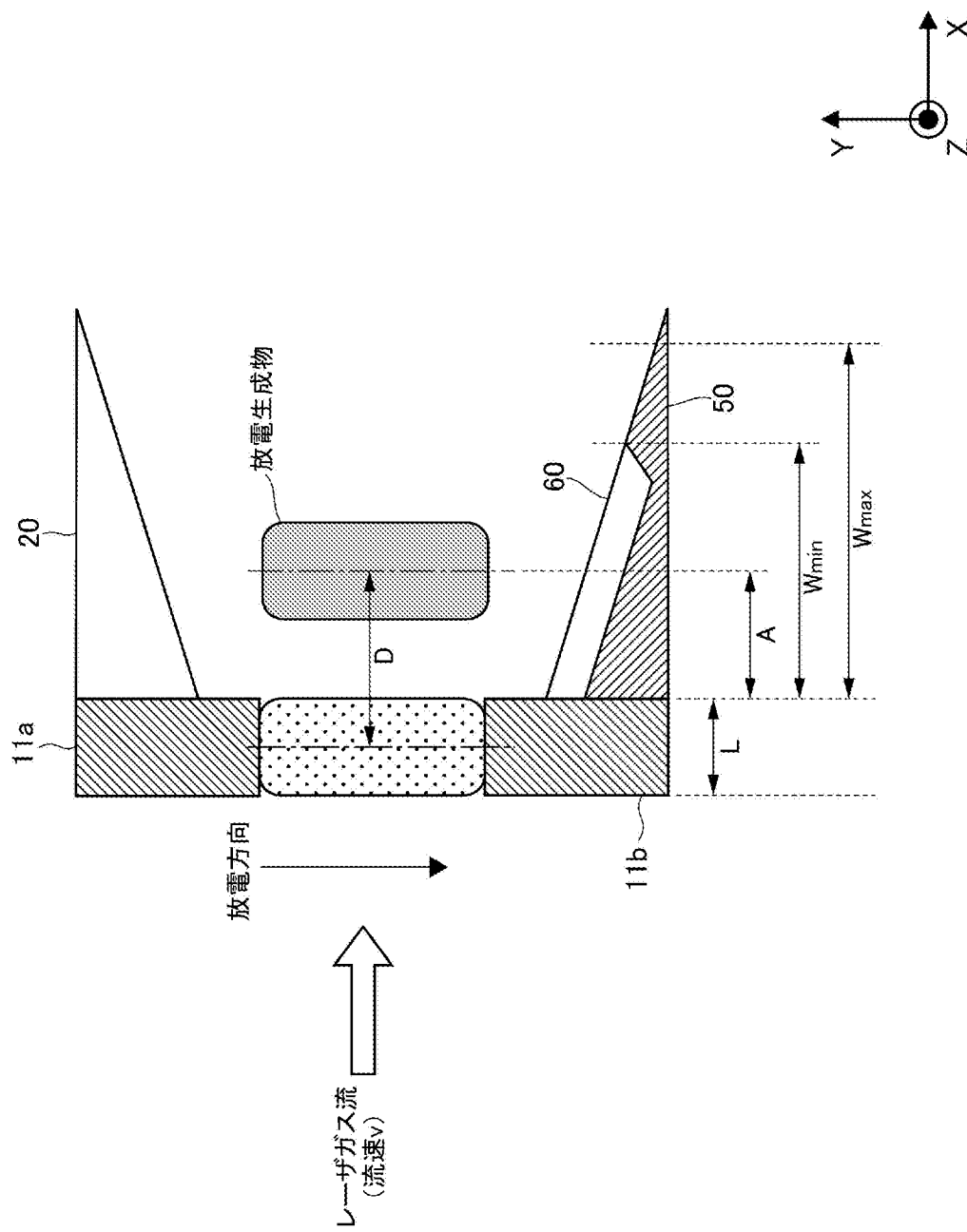
[図3]



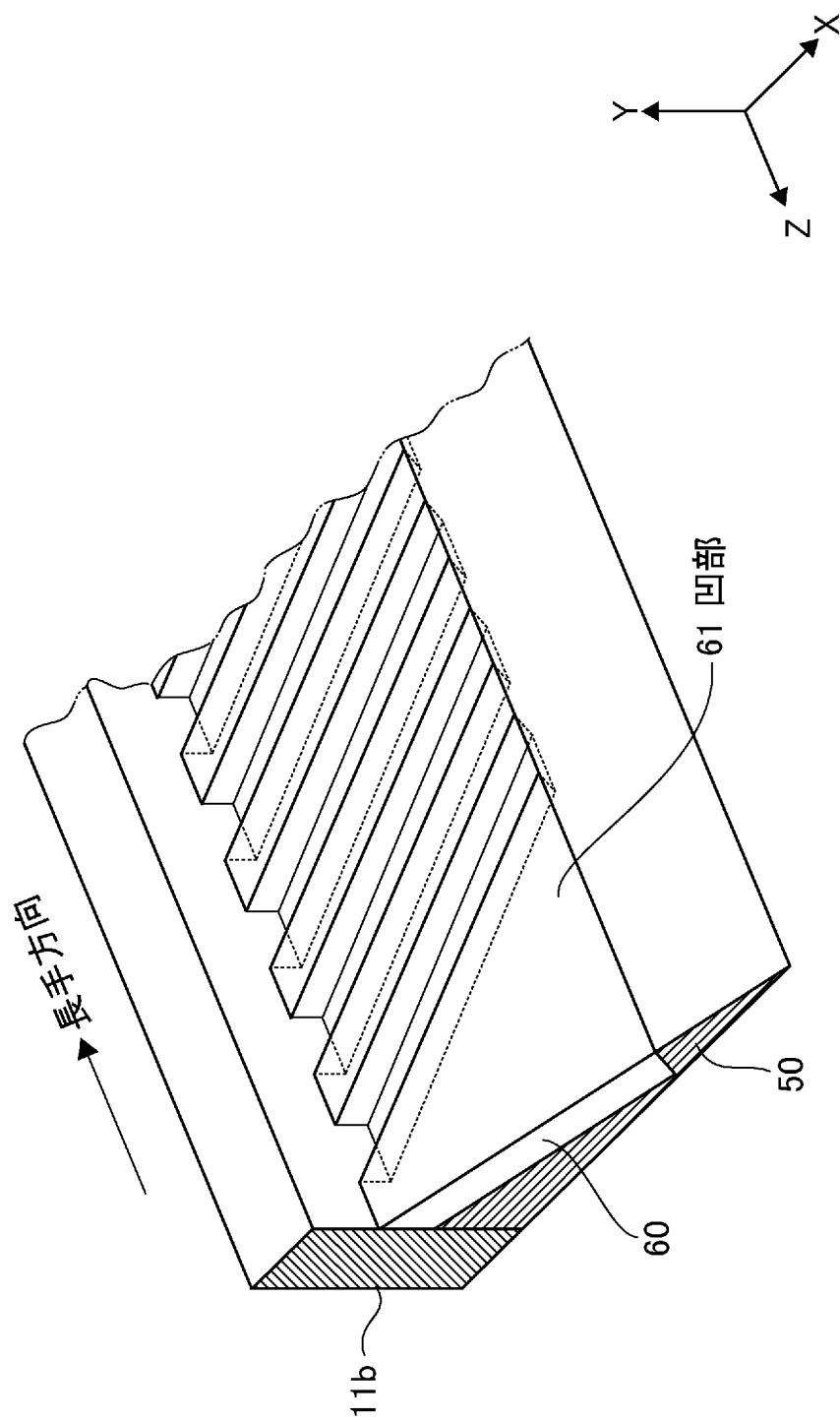
[図5]



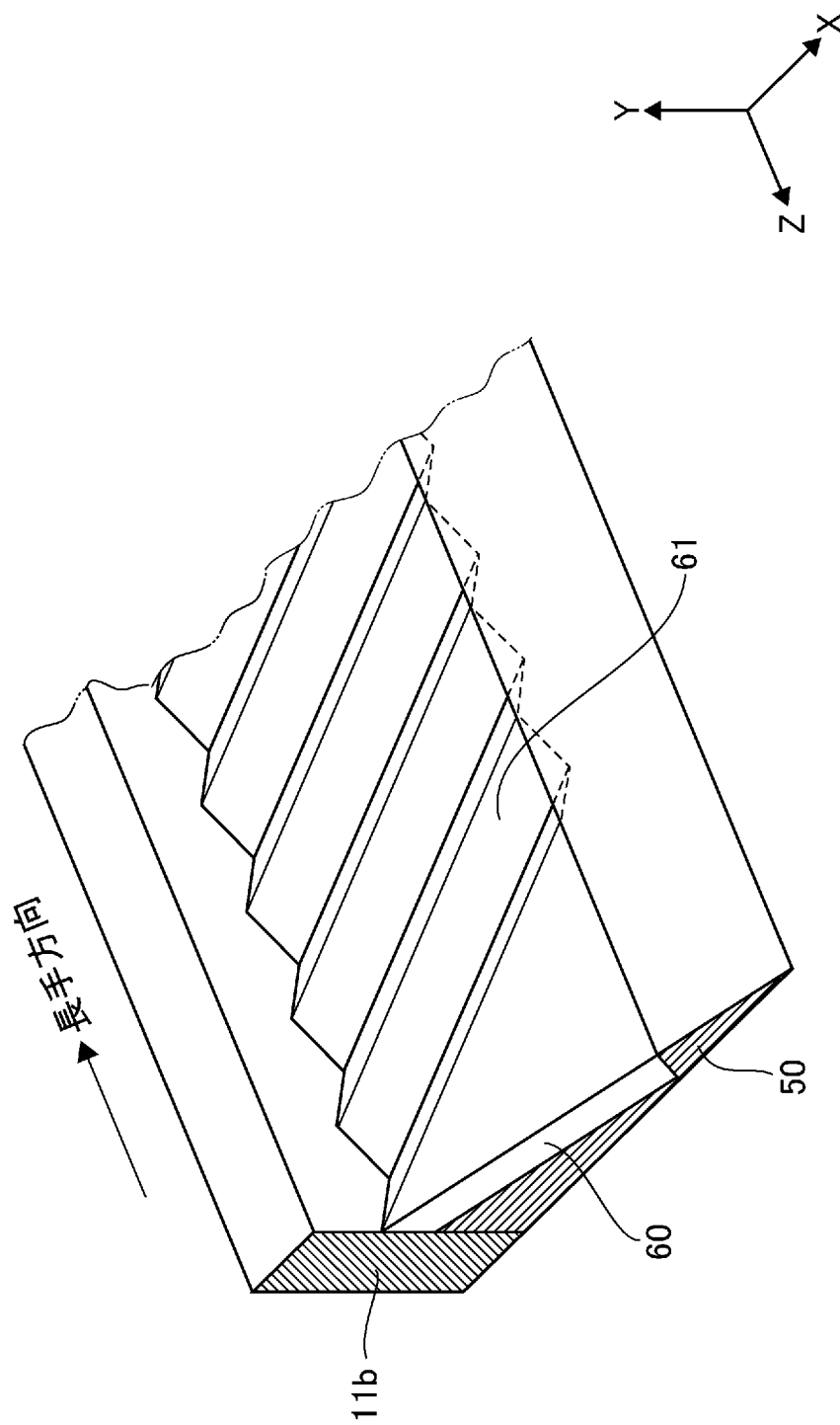
[図6]



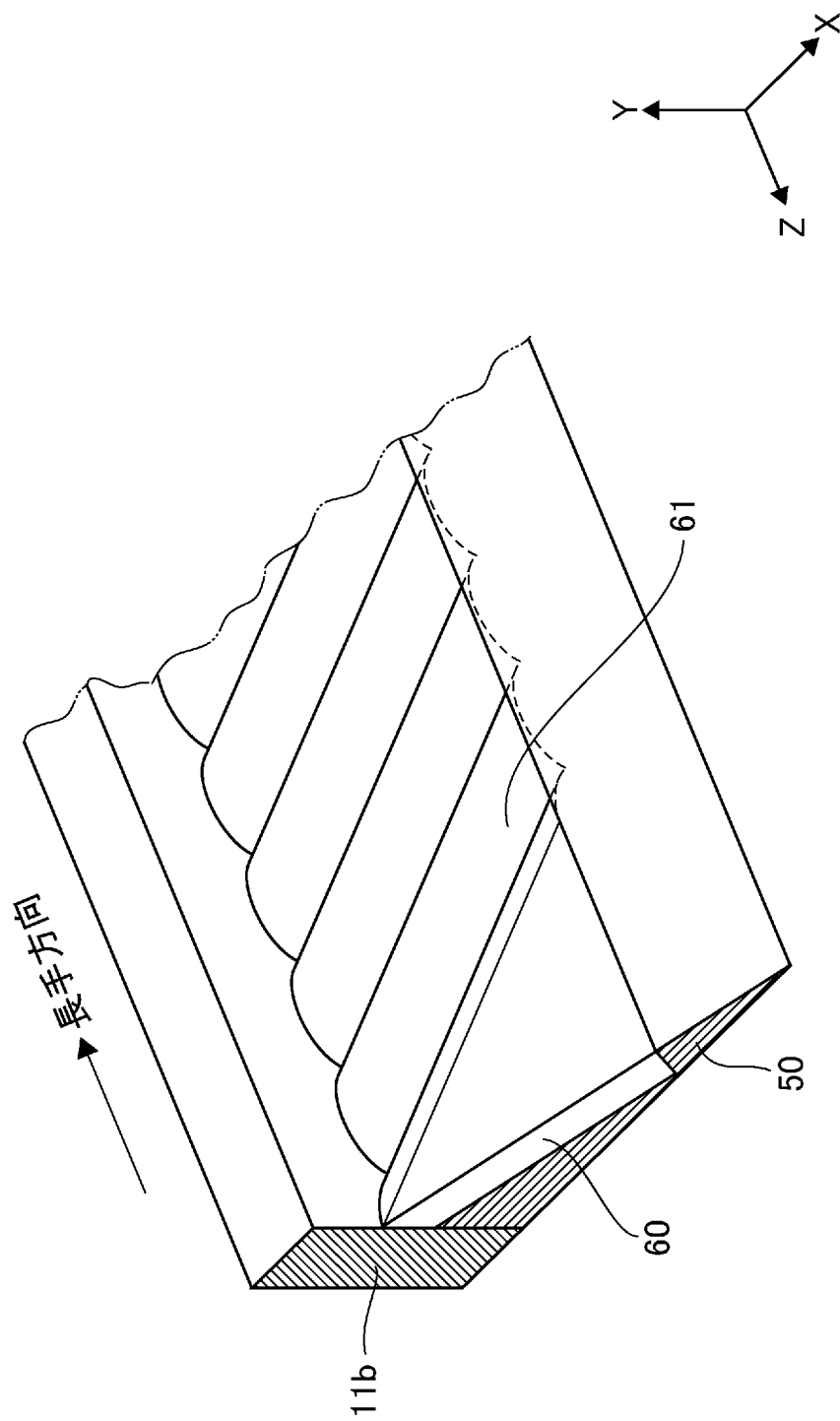
[図7]



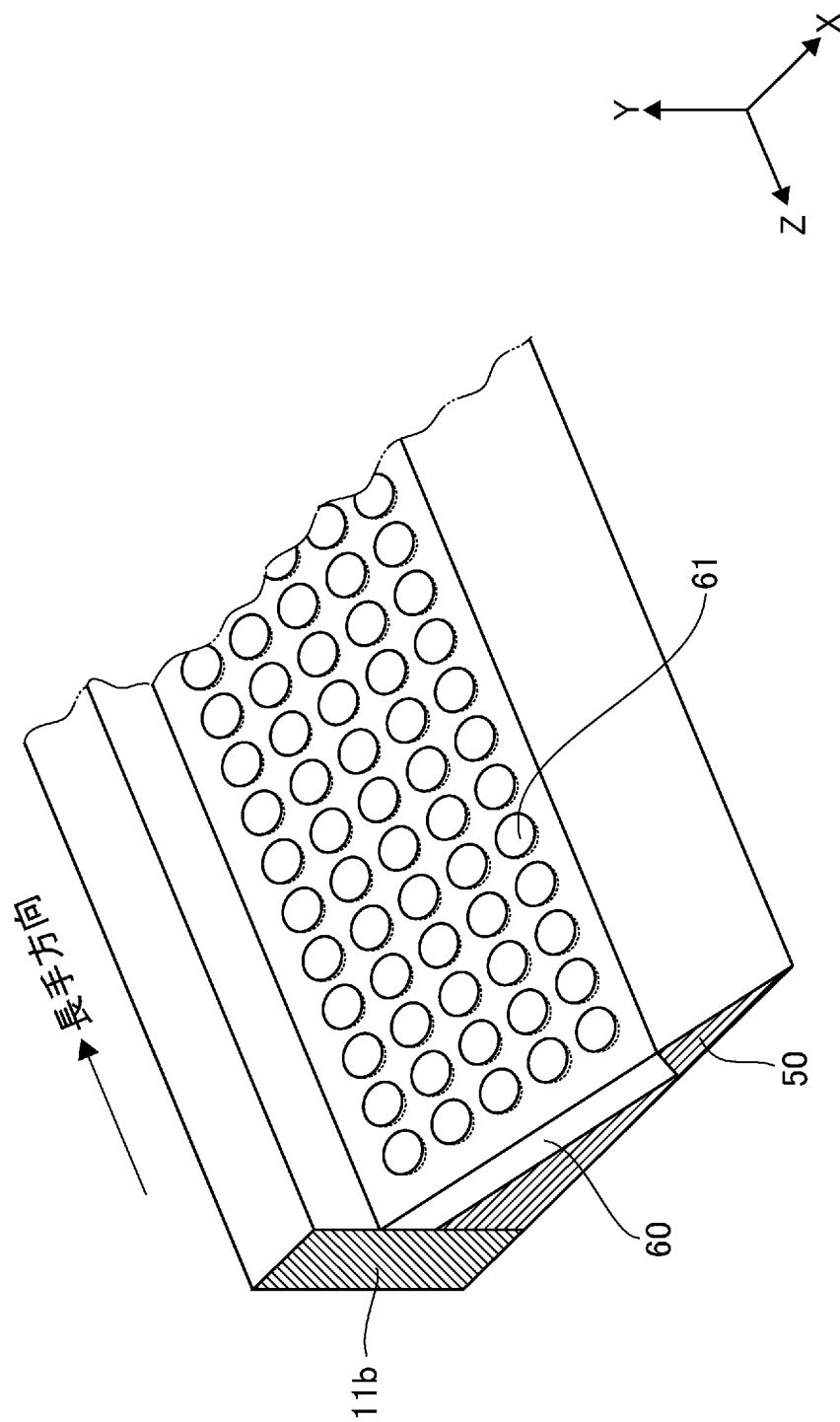
[図8]



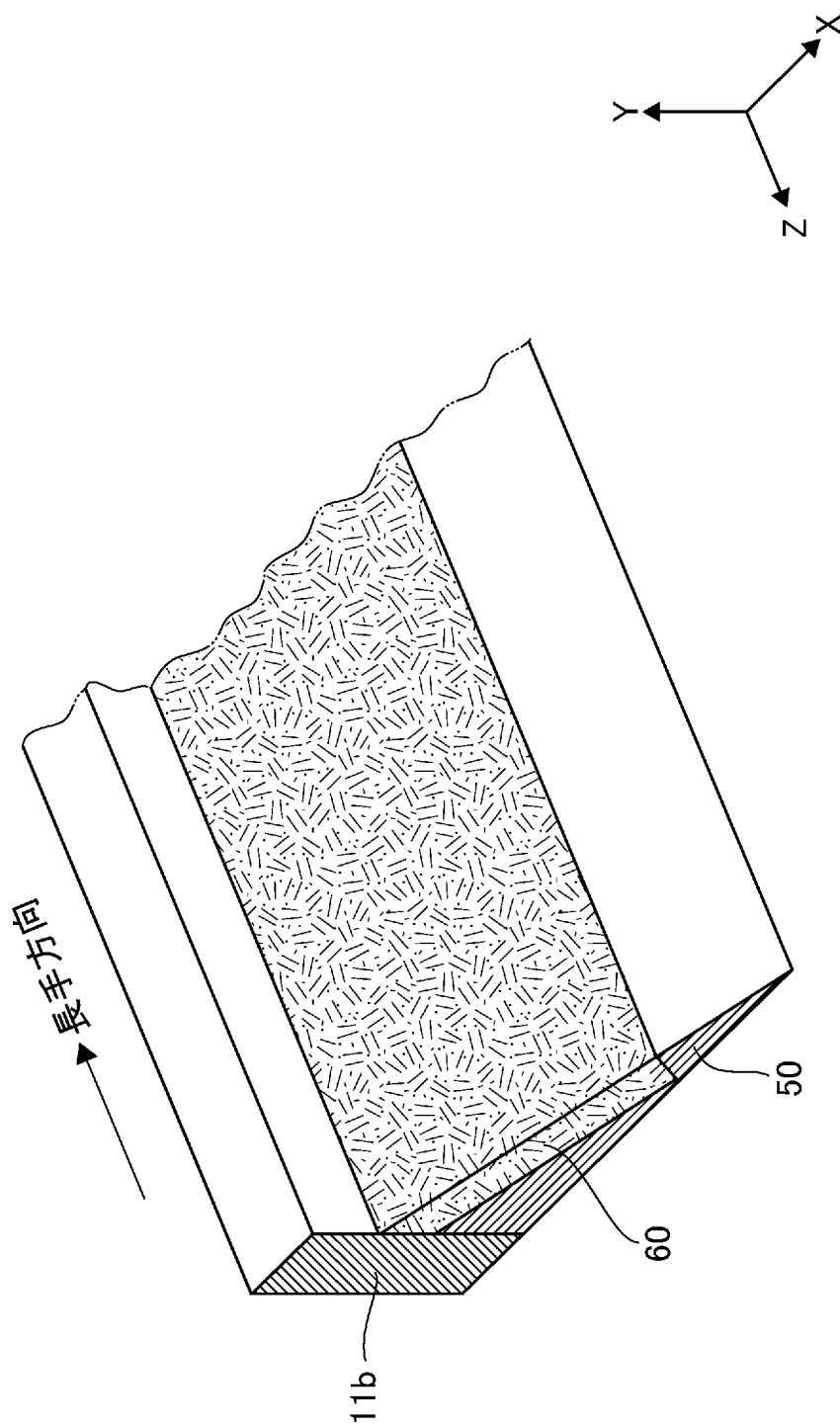
[図9]



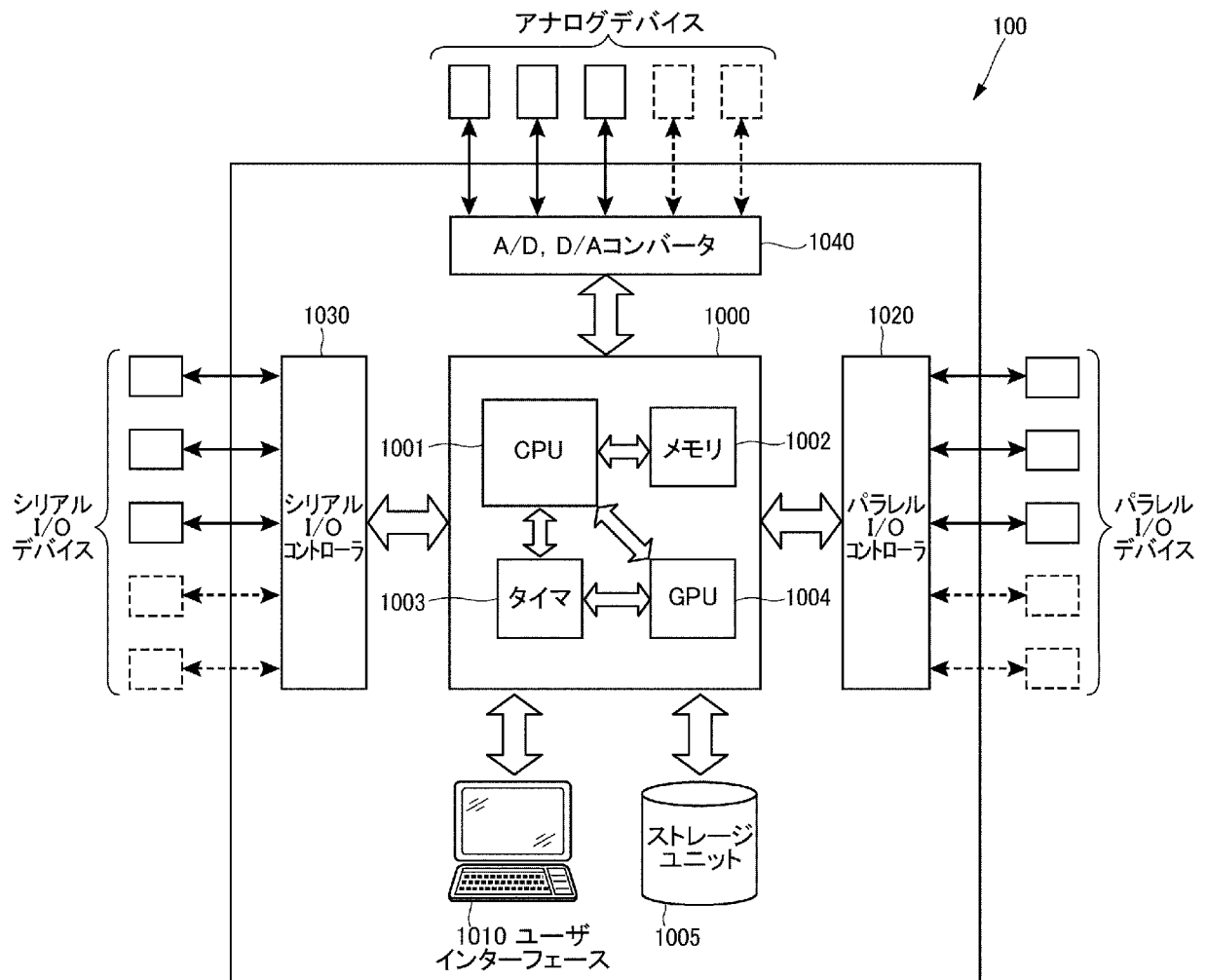
[図10]



[図11]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/054230

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

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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	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 A1	1-5
Y	JP 2006-229137 A (Komatsu Ltd., Ushio Inc.), 31 August 2006 (31.08.2006), paragraph [0046] (Family: none)	1-5
Y	JP 2013-141030 A (Komatsu Ltd., Ushio Inc.), 18 July 2013 (18.07.2013), paragraph [0059]; fig. 9(a) (Family: none)	1-5

☐ 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
27 March, 2014 (27.03.14)

Date of mailing of the international search report
08 April, 2014 (08.04.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

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（I P C））

Int.Cl. H01S3/03

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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	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 A1	1-5
Y	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）	1-5
Y	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）	1-5

☐ 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

2 7 . 0 3 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 8 . 0 4 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

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）

林 祥恵

2 X

4 0 8 5

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 4