(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 9 月 24 日(24.09.2015)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2015/140930 A1

(51) 国際特許分類:
H01S 3/036 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2014/057375

(22) 国際出願日: 2014 年 3 月 18 日(18.03.2014)

(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: 浅山 武志(ASAYAMA Takeshi); 〒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). 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). 若林 理(WAKABAYASHI Osamu); 〒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: 宇都宮 正明, 外(UTSUNOMIYA Masaaki et al.); 〒1690075 東京都新宿区高田馬場１丁目３２番１４号 ＵＫビル８階 進歩国際特許事務所 Tokyo (JP).

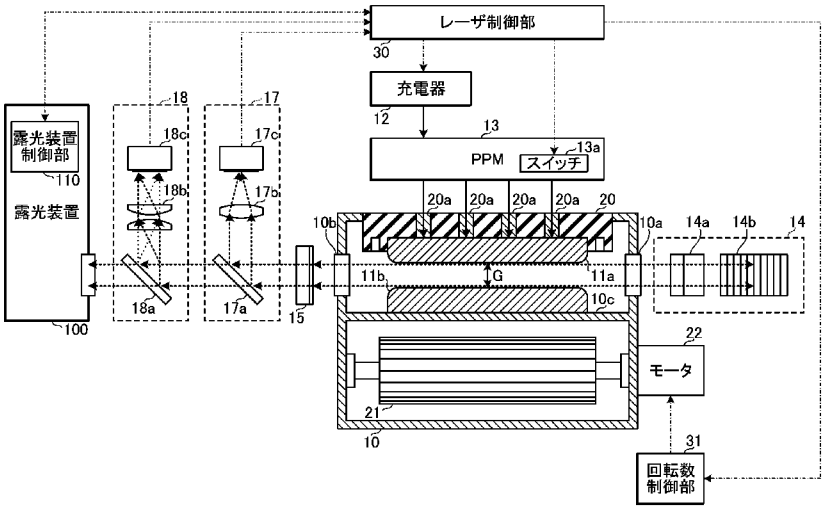
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,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

[続葉有]

(54) **Title**: GAS LASER DEVICE AND CONTROL METHOD THEREFOR

(54) 発明の名称 : ガスレーザ装置及びその制御方法



12 Charger
13a Switch
22 Motor
30 Laser control unit
31 Rotation speed control unit
100 Exposure device
110 Exposure device control unit

(57) **Abstract**: This gas laser device may be provided with: a chamber in which a laser gas is sealed; a pair of electrodes that are arranged within the chamber; a fan that is arranged within the chamber; a motor that is connected to the rotating shaft of the fan; and a rotation speed control unit that controls the rotation speed of the fan on the basis of a consumption parameter relating to the pair of electrodes.

(57) 要約: このガスレーザ装置は、レーザガスを封入するチャンバと、チャンバの内部に配置された一対の電極と、チャンバの内部に配置されたファンと、ファンの回転軸に接続されるモータと、一対の電極の消耗パラメータに基づいて、ファンの回転数を制御する回転数制御部と、を備えてもよい。

WO 2015/140930 A1

(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)）

明　細　書

発明の名称 ： ガスレーザ装置及びその制御方法

技術分野

[0001] 本開示は、ガスレーザ装置及びその制御方法に関する。

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。

概要

[0003] 本開示の第１の観点に係るガスレーザ装置は、レーザガスを封入するチャンバと、チャンバの内部に配置された一対の電極と、チャンバの内部に配置されたファンと、ファンの回転軸に接続されるモータと、一対の電極の消耗パラメータに基づいて、ファンの回転数を制御する回転数制御部と、を備えてもよい。

[0004] 本開示の第２の観点に係るガスレーザ装置は、レーザガスを封入するチャンバと、チャンバの内部に配置された一対の電極と、チャンバの内部に配置されたファンと、ファンの回転軸に接続されるモータと、一対の電極のうちの１つの電極を、もう１つの電極に近づくように移動させる電極移動機構と、電極移動機構による１つの電極の移動量に基づいて、ファンの回転数を制御する回転数制御部と、を備えてもよい。

[0005] 本開示の第３の観点に係るガスレーザ装置の制御方法は、レーザガスを封入するチャンバと、チャンバの内部に配置された一対の電極と、チャンバの内部に配置されたファンと、ファンの回転軸に接続されるモータと、を備え

るガスレーザ装置の制御方法であって、一対の電極の消耗パラメータに基づいて、一対の電極の間隔を算出し、算出された一対の電極の間隔に基づいて、ファンの回転数を制御することを含んでもよい。

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、第１の実施形態に係るエキシマレーザ装置の構成を模式的に示す。

[図2]図２は、図１に示されるレーザチャンバの内部構成と、パルスパワーモジュールの構成とを示す。

[図3]図３は、本開示におけるファンの回転数制御に関する第１の制御例を示すフローチャートである。

[図4A]図４Ａは、図３に示される電極ギャップの算出処理の例を示すフローチャートである。

[図4B]図４Ｂは、イメージセンサからの出力データの一部を模式的に示す。

[図5A]図５Ａは、図３に示されるファンの回転数の目標値を算出する処理の１つの例を示すフローチャートである。

[図5B]図５Ｂは、図３に示されるファンの回転数の目標値を算出する処理の別の例を示すフローチャートである。

[図5C]図５Ｃは、ファンの回転数の目標値と電極ギャップとの関係を示す。

[図6]図６は、本開示におけるファンの回転数制御に関する第２の制御例を示すフローチャートである。

[図7A]図７Ａは、図６に示される放電幅の算出処理の例を示すフローチャートである。

[図7B]図７Ｂは、イメージセンサからの出力データの一部を模式的に示す。

[図8A]図８Ａは、図６に示されるファンの回転数の目標値を算出する処理の１つの例を示すフローチャートである。

[図8B]図８Ｂは、図６に示されるファンの回転数の目標値を算出する処理の

別の例を示すフローチャートである。

[図8C]図８Ｃは、ファンの回転数の目標値と放電幅との関係を示す。

[図9]図９は、本開示におけるファンの回転数制御に関する第３の制御例を示すフローチャートである。

[図10A]図１０Ａは、図９に示される電極ギャップを算出する処理の１つの例を示すフローチャートである。

[図10B]図１０Ｂは、当該レーザチャンバの全パルス数を算出するためのフローチャートである。

[図11A]図１１Ａは、図９に示される電極ギャップを算出する処理の別の例を示すフローチャートである。

[図11B]図１１Ｂは、当該レーザチャンバの投入エネルギー積算値を算出するためのフローチャートである。

[図12]図１２は、本開示におけるファンの回転数制御に関する第４の制御例を示すフローチャートである。

[図13]図１３は、図１２に示されるレーザ光のパルスエネルギー安定性を算出する処理の例を示すフローチャートである。

[図14]図１４は、本開示におけるファンの回転数制御に関する第５の制御例を示すフローチャートである。

[図15]図１５は、図１４に示されるレーザ光のパルスエネルギーの目標値との一致度を算出する処理の例を示すフローチャートである。

[図16]図１６は、第２の実施形態に係るエキシマレーザ装置の構成を模式的に示す。

[図17]図１７は、図１６に示されるレーザチャンバの内部構成と、パルスパワーモジュールの構成とを示す。

[図18]図１８は、図１６に示されるコネクタの詳細な構成を示す。

[図19]図１９は、図１６に示される電極移動機構及び絶縁部の詳細な構成を示す。

[図20]図２０は、本開示におけるファンの回転数制御に関する第６の制御例

を示すフローチャートである。

[図21]図２１は、図２０に示される電極ギャップ調整発振の処理の例を示すフローチャートである。

[図22]図２２は、本開示におけるファンの回転数制御に関する第７の制御例を示すフローチャートである。

[図23]図２３は、本開示におけるファンの回転数制御に関する第８の制御例を示すフローチャートである。

[図24]図２４は、図２３に示される電極移動の処理の例を示すフローチャートである。

[図25]図２５は、当該レーザチャンバの全パルス数に応じた電極ギャップの推移を示すグラフである。

[図26]図２６は、本開示におけるファンの回転数制御に関する第９の制御例を示すフローチャートである。

[図27]図２７は、図２６に示される電極移動の処理の例を示すフローチャートである。

[図28]図２８は、第３の実施形態に係るエキシマレーザ装置の構成を模式的に示す。

[図29]図２９は、図２８に示されるレーザチャンバの内部構成と、パルスパワーモジュールの構成とを示す。

[図30]図３０は、第４の実施形態に係るエキシマレーザ装置の構成を模式的に示す。

[図31]図３１は、第４の実施形態においてレーザ光のパルスエネルギーを制御するためのフローチャートである。

[図32]図３２は、第４の実施形態においてレーザチャンバ内の圧力を制御するためのフローチャートである。

[図33]図３３は、本開示におけるファンの回転数制御に関する第１０の制御例を示すフローチャートである。

[図34]図３４は、一対の電極の消耗に伴うレーザチャンバ内の圧力の変化と

、それに応じたファンの回転数の目標値の設定例を示すグラフである。

[図35]図３５は、エキシマレーザ装置におけるファンの回転数と、レーザ光のパルスエネルギー安定性との関係を模式的に示す。

[図36]図３６は、制御部の概略構成を示すブロック図である。

実施形態

[0007] ＜内容＞

１．概要

２．エキシマレーザ装置の構成（第１の実施形態）

２．１　レーザチャンバ

２．２　光共振器

２．３　各種センサ

２．４　レーザ制御部

２．５　熱交換器

２．６　パルスパワーモジュールの構成

２．７　電極の消耗による放電幅の拡大

３．ファンの回転数の制御

３．１　第１の制御例

３．２　第２の制御例

３．３　第３の制御例

３．４　第４の制御例

３．５　第５の制御例

４．電極移動機構を備えたエキシマレーザ装置（第２の実施形態）

４．１　構成

４．２　第６の制御例

４．３　第７の制御例

４．４　第８の制御例

４．５　第９の制御例

５．電極移動機構を備えたエキシマレーザ装置（第３の実施形態）

６．ガス供給及び排気装置を備えたエキシマレーザ装置（第４の実施形態）
６．１　構成
６．２　充電電圧によるパルスエネルギー制御
６．３　ガス圧制御
６．４　第１０の制御例
７．音響波の影響について
８．制御部の構成

[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．概要

露光装置用のエキシマレーザ装置においては、チャンバの内部に一対の電極が配置されていてもよい。チャンバの内部にはレーザガスが封入されてもよく、チャンバの内部でファンによりレーザガスが循環されてもよい。このエキシマレーザ装置は、一対の電極に高電圧を印加して放電させることによって、レーザガスを励起し、レーザ発振するようにしてもよい。

[0010] しかしながら、エキシマレーザ装置において放電を繰り返すと、放電の回数に応じて一対の電極の表面が消耗し、一対の電極の間隔が広がる場合がある。一対の電極の間隔が広がると、電界分布が変化し、放電幅が広がり得る。放電幅が広がると、ファンの回転数が一定の場合には、以下の式で定義されるＣＲ値が小さくなり得る。

$$CR = v t / W$$

但し、ｖは一対の電極間におけるレーザガスの流速であり、ｔは放電間隔であり、Ｗは放電幅であり得る。放電幅は、一対の電極間に形成される放電領域の、レーザガスの流れ方向に沿った長さであり得る。

[0011] 上述のＣＲ値が小さくなると、放電によって生成された物質が放電領域から十分に排出される前に次の放電が始まってしまうことがあり得る。その結果、放電が不安定となり、エネルギー安定性が悪化し得る。

[0012] そこで、一対の電極が消耗する前に、あらかじめファンの回転数を高く設定しておき、放電が不安定とならないようにすることも考えられる。しかしながら、一対の電極が消耗する前からファンの回転数を高くすると、ファンによる消費電力が必要以上に高くなり得る。

[0013] 本開示の１つの観点によれば、一対の電極の消耗パラメータに基づいて、ファンの回転数が制御されてもよい。また、一対の電極を近づけるように移動させる移動機構を備え、移動機構による移動量に基づいて、ファンの回転数が制御されてもよい。

[0014] ２．エキシマレーザ装置の構成（第１の実施形態）

図１は、第１の実施形態に係るエキシマレーザ装置の構成を模式的に示す。図１に示されるエキシマレーザ装置は、レーザチャンバ１０と、一対の電極１１ａ及び１１ｂと、充電器１２と、パルスパワーモジュール（ＰＰＭ）１３と、を含んでもよい。図１においては、レーザ光の進行方向に略垂直な方向からみたレーザチャンバ１０の内部構成が示されている。

[0015] エキシマレーザ装置は、さらに、クロスフローファン２１と、モータ２２と、回転数制御部３１と、を含んでもよい。本開示において、クロスフローファン２１のことを単にファンと称することがある。エキシマレーザ装置は、さらに、狭帯域化モジュール１４と、出力結合ミラー１５と、パルスエネルギー計測部１７と、ビームプロファイル計測部１８と、レーザ制御部３０と、を含んでもよい。ビームプロファイル計測部１８は、本開示における間隔計測部を構成し得る。図１に示されるエキシマレーザ装置は、エキシマレーザ装置から出力されるレーザ光を用いて露光を行う露光装置１００に接続されてもよい。

[0016] ２．１ レーザチャンバ

レーザチャンバ１０は、例えばアルゴン、ネオン及びフッ素等を含むレー

ザ媒質としてのレーザガスが封入されるチャンバでもよい。一対の電極１１ａ及び１１ｂは、レーザ媒質を放電により励起するための電極として、レーザチャンバ１０内に配置され得る。レーザチャンバ１０には開口が形成され、この開口を電気絶縁部２０が塞いでいてもよい。電極１１ａは電気絶縁部２０に支持され、電極１１ｂはレーザチャンバ１０の内部仕切板１０ｃに支持されていてもよい。電気絶縁部２０には、導電部２０ａが埋め込まれていてもよい。導電部２０ａは、パルスパワーモジュール１３から供給される高電圧を電極１１ａに印加するものであってもよい。

[0017] 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に接続されていてもよい。モータ２２がクロスフローファン２１を回転させることにより、レーザガスがレーザチャンバ１０の内部で循環してもよい。回転数制御部３１は、モータ２２の回転速度又はトルクを制御することによって、クロスフローファン２１の回転速度を制御してもよい。モータ２２が交流モータである場合には、回転数制御部３１は、交流電源とインバータとを含んでもよい。インバータは、交流電源からモータ２２に供給される交流電流の周波数を変更可能であってもよい。モータ２２が直流モータである場合には、回転数制御部３１は、モータ２２に供給される直流電圧を変更可能な電源装置であってもよい。

[0018] 充電器１２は、例えば電源装置に接続されたコンデンサによって構成されてもよく、一対の電極１１ａ及び１１ｂ間に高電圧を印加するための電気エネルギーを保持し得る。パルスパワーモジュール１３は、レーザ制御部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高電圧を生成し、この高電圧を一対の電極１１ａ及び１１ｂ間に印加してもよい。

[0019] 一対の電極１１ａ及び１１ｂ間に高電圧が印加されると、一対の電極１１ａ及び１１ｂ間に放電が起こり得る。この放電のエネルギーにより、レーザチャンバ１０内のレーザ媒質が励起されて高エネルギー準位に移行し得る。

励起されたレーザ媒質が、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光を放出し得る。

[0020] レーザチャンバ１０の両端にはウインドウ１０ａ及び１０ｂが設けられてもよい。レーザチャンバ１０内で発生した光は、ウインドウ１０ａ及び１０ｂを介してレーザチャンバ１０の外部に出射し得る。

[0021] ２．２ 光共振器

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。プリズム１４ａは、レーザチャンバ１０のウインドウ１０ａから出射された光のビーム幅を拡大させるとともに、その光をグレーティング１４ｂ側に透過させ得る。また、プリズム１４ａは、グレーティング１４ｂからの反射光のビーム幅を縮小させるとともに、その光をレーザチャンバ１０側に透過させ得る。また、プリズム１４ａは、光を透過させるとき、光の波長に応じて異なった角度で光を屈折させ得る。従って、プリズム１４ａは波長分散素子としても機能し得る。

[0022] グレーティング１４ｂは、高反射率の材料によって構成され、表面に多数の溝が所定間隔で形成されていてもよい。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、各溝の斜面において、各溝の方向（図１における上下方向）に対して垂直な多方向に反射し得る。１つの溝において反射した反射光と、他の１つの溝において反射した反射光とが重なり合うとき、それらの反射光の間の光路長の差は、それらの反射光の反射角度に依存し得る。そして、当該光路長の差に対応する波長の光は、それらの反射光どうしで位相が一致して強め合うことができ、当該光路長の差に対応しない波長の光は、それらの反射光どうしで位相が一致せずに弱め合うことができる。この干渉作用の結果、反射角度に応じて特定の波長付近の光を取り出すことができ、当該特定の波長の光を多く含む光がプリズム１４ａを介してレーザチャンバ１０に戻され得る。従って、グレーティング１４ｂは波長分散素子として機能し得る。

[0023] このように、プリズム１４ａとグレーティング１４ｂとによって、レーザ

光のスペクトル幅を狭くする狭帯域化モジュール１４が構成され得る。

[0024] 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。従って、出力結合ミラー１５は、レーザチャンバ１０のウインドウ１０ｂから出力される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内に戻してもよい。

[0025] 出力結合ミラー１５とグレーティング１４ｂとの間の距離は、狭帯域化モジュール１４によって選択される上記特定の波長の光が定常波を形成する距離に設定され得る。従って、狭帯域化モジュール１４と出力結合ミラー１５とで、光共振器が構成され得る。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との間で往復し、電極１１ａと電極１１ｂとの間のレーザゲイン空間を通過する度に増幅され得る。増幅された光の一部が、出力結合ミラー１５を介して、レーザ光として出力され得る。

[0026] ２．３ 各種センサ

パルスエネルギー計測部１７は、ビームスプリッタ１７ａと、集光光学系１７ｂと、光センサ１７ｃとを含んでもよい。ビームスプリッタ１７ａは、出力結合ミラー１５を透過したレーザ光を高い透過率で露光装置１００に向けて透過させるとともに、レーザ光の一部を集光光学系１７ｂに向けて反射してもよい。集光光学系１７ｂは、ビームスプリッタ１７ａによって反射された光を光センサ１７ｃの感光面に集光してもよい。光センサ１７ｃは、感光面に集光されたレーザ光のパルスエネルギーを検出し、検出されたパルスエネルギーのデータをレーザ制御部３０に出力してもよい。

[0027] ビームプロファイル計測部１８は、ビームスプリッタ１８ａと、転写光学系１８ｂと、イメージセンサ１８ｃとを含んでもよい。ビームスプリッタ１８ａは、出力結合ミラー１５及びビームスプリッタ１７ａを透過したレーザ光を高い透過率で露光装置１００に向けて透過させるとともに、レーザ光の一部を転写光学系１８ｂに向けて反射してもよい。転写光学系１８ｂは、ビームスプリッタ１８ａによって反射された光の断面の像を、レーザ光のビー

ムプロファイルとしてイメージセンサ１８ｃの感光面に転写してもよい。イメージセンサ１８ｃは、感光面に転写されたレーザ光のビームプロファイルを検出し、検出したビームプロファイルのデータをレーザ制御部３０に出力してもよい。

[0028] ２．４　レーザ制御部

レーザ制御部３０は、露光装置１００に設けられた露光装置制御部１１０との間で各種信号を送受信してもよい。例えば、露光装置制御部１１０からパルスレーザ光出力開始信号を受信してもよい。また、レーザ制御部３０は、充電器１２に対して充電電圧の設定信号を送信したり、パルスパワーモジュール１３に対してスイッチＯＮ又はＯＦＦの指令信号を送信したりしてもよい。

[0029] レーザ制御部３０は、パルスエネルギー計測部１７からパルスエネルギーのデータを受信してもよく、このパルスエネルギーのデータを参照して充電器１２の充電電圧を制御してもよい。充電器１２の充電電圧を制御することにより、レーザ光のパルスエネルギーが制御されてもよい。

[0030] また、レーザ制御部３０は、パルスエネルギー計測部１７から受信したデータに基づいて、エキシマレーザ装置の発振パルス数を計数してもよい。また、レーザ制御部３０は、クロスフローファン２１の回転数の目標値に従って、回転数制御部３１に回転数制御信号を送信してもよい。

[0031] ２．５　熱交換器

図２は、図１に示されるレーザチャンバ１０の内部構成と、パルスパワーモジュール１３の構成とを示す。図２においては、レーザ光の進行方向に略平行な方向からみたレーザチャンバ１０の内部構成が示されている。レーザチャンバ１０の内部仕切板１０ｃを含む導電性部材は、接地電位に接続されてもよい。電極１１ｂは内部仕切板１０ｃを介して接地電位に接続されていてもよい。

[0032] レーザチャンバ１０の内部には、一対の電極１１ａ及び１１ｂと、クロスフローファン２１との他に、熱交換器２６が配置されてもよい。クロスフロ

ーファン２１が回転することにより、レーザガスは、矢印Ａで示されるようにレーザチャンバ１０の内部で循環してもよい。熱交換器２６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の外部に排出してもよい。

[0033] ２．６　パルスパワーモジュールの構成

パルスパワーモジュール１３は、主コンデンサＣ０と、固体スイッチＳＷと、昇圧トランスＴｒと、複数の磁気スイッチＳｒ１～Ｓｒ３と、複数のコンデンサＣ１～Ｃ３と、を備えてもよい。

[0034] 磁気スイッチＳｒ１～Ｓｒ３は、いずれも、可飽和リアクトルを含み得る。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ると、低インピーダンスとなり得る。

[0035] 主コンデンサＣ０は、充電器１２から所定の充電電圧Ｖを印加されて、充電されてもよい。このとき、固体スイッチＳＷは絶縁状態となっていてもよい。

固体スイッチＳＷは、半導体スイッチを含んでもよく、図１を参照しながら説明したスイッチ１３ａに相当してもよい。固体スイッチＳＷは、レーザ制御部３０からの信号に基づいて短絡し得る。

[0036] 固体スイッチＳＷが短絡状態になると、充電電圧Ｖにより主コンデンサＣ０に蓄えられた電荷が、昇圧トランスＴｒの一次側に流れ得る。そして、昇圧トランスＴｒに発生した磁束によって、昇圧トランスＴｒの二次側に誘導起電力が発生し得る。このとき、昇圧トランスＴｒの一次側と二次側との巻数比に応じて、二次側の電圧が昇圧され得る。

[0037] 昇圧トランスＴｒの二次側に発生する誘導起電力により、磁気スイッチＳｒ１の両端に印加された電圧の時間積分値が所定の値になると、磁気スイッチＳｒ１が低インピーダンスとなり得る。その結果、昇圧トランスＴｒの二次側と、磁気スイッチＳｒ１と、コンデンサＣ１とを含む第１のループに、電流が流れ得る。これにより、コンデンサＣ１が充電され得る。

[0038] コンデンサＣ１の充電により、磁気スイッチＳｒ２の両端に印加された電圧の時間積分値が所定の値になると、磁気スイッチＳｒ２が低インピーダンスとなり得る。その結果、コンデンサＣ１と、磁気スイッチＳｒ２と、コンデンサＣ２とを含む第２のループに、電流が流れ得る。これにより、コンデンサＣ２が充電され得る。

[0039] このとき、第２のループが、第１のループよりもインダクタンスが小さくなるように構成されていれば、パルスの圧縮が行われ得る。すなわち、第２のループを流れる電流は、第１のループを流れる電流よりもパルス幅が小さく、尖頭値が大きなパルス電流となり得る。

[0040] 同様にして、第２のループから、コンデンサＣ２と、磁気スイッチＳｒ３と、コンデンサＣ３とを含む第３のループに、パルス電流が転送され、さらにパルスの圧縮が行われ得る。

[0041] コンデンサＣ３の電圧がブレークダウン電圧に達すると、一対の電極１１ａ及び１１ｂ間のレーザガスに絶縁破壊が生じ得る。これにより、レーザガスが励起され、パルスレーザ光が発生し得る。このような放電動作が、固体スイッチＳＷのスイッチング動作によって繰り返されることにより、所定の発振周波数で、パルスレーザ光が出力され得る。ここで、一対の電極１１ａ及び１１ｂに投入されるエネルギーＥｉｎは以下の式で表され得る。

$$Ein = T \cdot C_0 \cdot V^2 / 2$$

ここで、Ｔは転送効率であってもよい。C_0は主コンデンサＣ０の容量であってもよい。

[0042] ２．７　電極の消耗による放電幅の拡大

一対の電極１１ａ及び１１ｂ間に高電圧が印加されると、図２に示される放電領域Ｄ１において放電が発生し得る。この放電領域Ｄ１は、電極１１ａの幅又は電極１１ｂの幅よりも、若干広い放電幅Ｗ１を有してもよい。

[0043] 放電の繰り返しにより、一対の電極１１ａ及び１１ｂが消耗し、電極ギャップＧ（図１参照）が拡大すると、放電領域も拡大し得る。一対の電極１１ａ及び１１ｂが消耗する前の放電領域Ｄ１に比べて、一対の電極１１ａ及び

１１ｂが消耗することによって拡大した放電領域Ｄ２は、放電幅Ｗ１よりも大きい放電幅Ｗ２を有し得る。放電幅が広がると、クロスフローファン２１の回転数が一定の場合には、上述のＣＲ値が小さくなり得る。

そこで、以下に示される処理により、一対の電極１１ａ及び１１ｂの消耗に応じてクロスフローファン２１の回転数を増大させる制御を行ってもよい。

[0044] ３．ファンの回転数の制御

３．１　第１の制御例

図３は、本開示におけるファンの回転数制御に関する第１の制御例を示すフローチャートである。図３に示される処理は、第１の実施形態に係るエキシマレーザ装置において、レーザ制御部３０（図１）によって行われてもよい。

[0045] まず、レーザ制御部３０は、ビームプロファイル計測部１８のイメージセンサ１８ｃからの出力に基づいて、電極ギャップＧを算出してもよい（Ｓ４００）。この処理の詳細については、図４Ａ及び図４Ｂを参照しながら後述する。

[0046] 次に、レーザ制御部３０は、算出された電極ギャップＧに基づいて、ファンの回転数の目標値Ｒを算出してもよい（Ｓ５００）。この処理の詳細については、図５Ａ～図５Ｃを参照しながら後述する。

[0047] 次に、レーザ制御部３０は、ファンの回転数が目標値Ｒとなるように、回転数制御部３１に回転数制御信号を送信してもよい。回転数制御部３１は、回転数制御信号に従い、モータ２２の回転速度又はトルクを制御することにより、ファンの回転数を制御してもよい（Ｓ６００）。

[0048] 次に、レーザ制御部３０は、回転数制御を停止するか否かを判定してもよい（Ｓ９００）。例えば、露光装置制御部１１０からレーザ光の出力停止信号を受信した場合には、レーザ制御部３０は、回転数制御を停止すると判定してもよい。回転数制御を停止する場合（Ｓ９００；ＹＥＳ）、レーザ制御部３０は、本フローチャートによる処理を終了してもよい。回転数制御を停

止しない場合（Ｓ９００；ＮＯ）、レーザ制御部３０は、処理を上述のＳ４００に戻してそれ以降の処理を繰り返してもよい。

[0049] 以上のように、第１の制御例においては、電極ギャップＧの算出結果に基づいてファンの回転数を制御してもよい。

[0050] 図４Ａは、図３に示される電極ギャップＧの算出処理の例を示すフローチャートである。図４Ａに示される処理は、図３に示されるＳ４００のサブルーチンとして、レーザ制御部３０によって行われてもよい。

[0051] レーザ制御部３０は、レーザ発振が開始されたか否かを判定してもよい（Ｓ４０１）。レーザ発振が開始されたか否かは、レーザ制御部３０が充電器１２及びパルスパワーモジュール１３に対してレーザ発振のための各種信号を送信したか否かによって、判定されてもよい。あるいは、レーザ発振が開始されたか否かは、レーザ制御部３０がパルスエネルギー計測部１７からパルスエネルギーＥのデータを受信したか否かによって、判定されてもよい。

[0052] レーザ制御部３０は、レーザ発振が開始されていない場合は（Ｓ４０１；ＮＯ）、レーザ発振が開始されるまで上記の判定を繰り返してもよい。レーザ制御部３０は、レーザ発振が開始された場合は（Ｓ４０１；ＹＥＳ）、処理をＳ４０２に進めてもよい。

[0053] Ｓ４０２において、レーザ制御部３０は、ビームプロファイル計測部１８のイメージセンサ１８ｃからの出力データを読み込んでもよい。

図４Ｂは、イメージセンサ１８ｃからの出力データの一部を模式的に示す。イメージセンサ１８ｃからの出力データは、転写光学系１８ｂによって転写されたレーザ光の断面の像を表す画像データであってもよい。画像データは、例えば、ビットマップデータとして表現され得る。ビットマップデータは、画像を多くの画素に格子状に分割し、それらの画素における光強度Ｉをそれぞれ数値で表現したデータであり得る。それらの画素の位置は、電極１１ａ又は電極１１ｂの幅方向に平行なＨ軸に沿った位置と、電極１１ａから電極１１ｂに向かう方向に平行なＶ軸に沿った位置と、によって表されてもよい。

[0054] 次に、レーザ制御部３０は、イメージセンサ１８ｃからの出力データに基づいて、レーザ光のビームサイズＢｖを算出してもよい（Ｓ４０３）。レーザ光のビームサイズＢｖの算出は、以下のように行われてもよい。レーザ制御部３０は、図４Ｂに示される画像データにおいて、光強度Ｉが最も高い画素（H_{Imax}，V_{Imax}）を選んでもよい。レーザ制御部３０は、図４Ｂの左側に示される画像データにおいて、H_{Imax}の位置における光強度Ｉのデータを、Ｖ軸に沿って抽出してもよい。抽出された光強度Ｉのデータは、図４Ｂの右側に示される分布を有してもよい。レーザ制御部３０は、図４Ｂの右側に示される分布から、ビームサイズＢｖを算出してもよい。ビームサイズＢｖは、画素（H_{Imax}，V_{Imax}）における光強度Ｉｍａｘに対して１／e^2以上の光強度を有する部分の大きさであってもよい。ｅはネイピア数でもよい。光強度Ｉｍａｘに対する比率は、１／e^2に限らず、これと異なる比率を用いてもよい。さらに、転写光学系１８ｂによる転写倍率が１以外の場合には、転写倍率に基づく補正を行ってもよい。

[0055] 次に、レーザ制御部３０は、ビームサイズＢｖに基づいて電極ギャップＧを算出してもよい（Ｓ４０４）。例えば、電極ギャップＧは、ビームサイズＢｖと略一致するものとし、以下の式により算出されてもよい。

$$G = Bv$$

電極ギャップＧを算出したら、レーザ制御部３０は、本フローチャートによる処理を終了して、図３に示されるＳ５００に処理を進めてもよい。

[0056] 図５Ａは、図３に示されるファンの回転数の目標値Ｒを算出する処理の１つの例を示すフローチャートである。図５Ａに示される処理は、図３に示されるＳ５００のサブルーチンとして、レーザ制御部３０によって行われてもよい。

[0057] レーザ制御部３０は、以下の式により、ファンの回転数の目標値Ｒを算出してもよい（Ｓ５０１）。

$$R = a \cdot G$$

ここで、ａは、比例定数として用いられる正の数であってもよい。このよ

うに、ファンの回転数の目標値Ｒは、電極ギャップＧに比例するものとしてもよい。

ファンの回転数の目標値Ｒを算出したら、レーザ制御部３０は、本フローチャートによる処理を終了して、図３に示されるＳ６００に処理を進めてもよい。

[0058] 図５Ｂは、図３に示されるファンの回転数の目標値Ｒを算出する処理の別の例を示すフローチャートである。図５Ｂに示される処理は、図３に示されるＳ５００のサブルーチンとして、レーザ制御部３０によって行われてもよい。

[0059] レーザ制御部３０は、以下の式により、ファンの回転数の目標値Ｒを算出してもよい（Ｓ５１１）。

Ｒ＝ｆ（Ｇ）

ここで、ｆ（Ｇ）は、電極ギャップＧが大きくなるほど微分値が大きくなる関数であってもよい。例えば、ｆ（Ｇ）は、２次関数や指数関数であってもよい。電極ギャップＧの変化に応じて圧力損失が変化する場合には、ファンの回転数の目標値Ｒは電極ギャップＧに比例しないことが望ましい場合がある。

[0060] ファンの回転数の目標値Ｒを算出したら、レーザ制御部３０は、本フローチャートによる処理を終了して、図３に示されるＳ６００に処理を進めてもよい。

図５Ｃに、ファンの回転数の目標値Ｒと電極ギャップＧとの関係が示されている。

[0061] ３．２ 第２の制御例

図６は、本開示におけるファンの回転数制御に関する第２の制御例を示すフローチャートである。図６に示される処理は、第１の実施形態に係るエキシマレーザ装置において、レーザ制御部３０（図１）によって行われてもよい。

[0062] 第２の制御例は、イメージセンサ１８ｃからの出力に基づいて放電幅Ｗを

算出し（Ｓ４２０）、放電幅Ｗに基づいてファンの回転数の目標値Ｒを算出する点（Ｓ５２０）において、図３に示される第１の制御例と異なってもよい。他の点については、第１の制御例と同様でよい。

[0063] 図７Ａは、図６に示される放電幅Ｗの算出処理の例を示すフローチャートである。図７Ａに示される処理は、図６に示されるＳ４２０のサブルーチンとして、レーザ制御部３０によって行われてもよい。

[0064] レーザ制御部３０は、レーザ発振が開始されたか否かを判定してもよい（Ｓ４２１）。この処理は、図４Ａを参照しながら説明したＳ４０１の処理と同様でよい。

[0065] Ｓ４２２において、レーザ制御部３０は、ビームプロファイル計測部１８のイメージセンサ１８ｃからの出力データを読み込んでもよい。この処理は、図４Ａを参照しながら説明したＳ４０２の処理と同様でよい。

[0066] 次に、レーザ制御部３０は、イメージセンサ１８ｃからの出力データに基づいて、レーザ光のビームサイズＢｈを算出してもよい（Ｓ４２３）。

図７Ｂは、イメージセンサ１８ｃからの出力データの一部を模式的に示す。

レーザ光のビームサイズＢｈの算出は、以下のように行われてもよい。レーザ制御部３０は、図７Ｂに示される画像データにおいて、光強度Ｉが最も高い画素（H_{Imax}，V_{Imax}）を選んでもよい。レーザ制御部３０は、図７Ｂの下側に示される画像データにおいて、V_{Imax}の位置における光強度Ｉのデータを、Ｈ軸に沿って抽出してもよい。抽出された光強度Ｉのデータは、図７Ｂの上側に示される分布を有してもよい。レーザ制御部３０は、図７Ｂの上側に示される分布から、ビームサイズＢｈを算出してもよい。ビームサイズＢｈは、画素（H_{Imax}，V_{Imax}）における光強度Ｉｍａｘに対して１／e^2以上の光強度を有する部分の大きさであってもよい。

[0067] 次に、レーザ制御部３０は、ビームサイズＢｈに基づいて放電幅Ｗを算出してもよい（Ｓ４２４）。例えば、放電幅Ｗとビームサイズ Ｂｈとの関係式を後述のメモリに記憶しておき、その関係式に基づいて放電幅Ｗが算出され

てもよい。放電幅Wとビームサイズ Ｂｈとの関係式は以下のように表されてもよい。

Ｗ＝ｇ（Ｂｈ）

放電幅Wを算出したら、レーザ制御部３０は、本フローチャートによる処理を終了して、図６に示されるＳ５２０に処理を進めてもよい。

[0068] 図８Ａは、図６に示されるファンの回転数の目標値Ｒを算出する処理の１つの例を示すフローチャートである。図８Ａに示される処理は、図６に示されるＳ５２０のサブルーチンとして、レーザ制御部３０によって行われてもよい。

[0069] レーザ制御部３０は、以下の式により、ファンの回転数の目標値Ｒを算出してもよい（Ｓ５２１）。

Ｒ＝ｂ・Ｗ

ここで、ｂは、比例定数として用いられる正の数であってもよい。このように、ファンの回転数の目標値Ｒは、放電幅Wに比例するものとしてもよい。

ファンの回転数の目標値Ｒを算出したら、レーザ制御部３０は、本フローチャートによる処理を終了して、図６に示されるＳ６００に処理を進めてもよい。

[0070] 図８Ｂは、図６に示されるファンの回転数の目標値Ｒを算出する処理の別の例を示すフローチャートである。図８Ｂに示される処理は、図６に示されるＳ５２０のサブルーチンとして、レーザ制御部３０によって行われてもよい。

[0071] レーザ制御部３０は、以下の式により、ファンの回転数の目標値Ｒを算出してもよい（Ｓ５３１）。

Ｒ＝ｈ（Ｗ）

ここで、ｈ（Ｗ）は、放電幅Wが大きくなるほど微分値が大きくなる関数であってもよい。例えば、ｈ（Ｗ）は、２次関数や指数関数であってもよい。電極ギャップＧの変化に応じて圧力損失が変化する場合には、ファンの回

転数の目標値Ｒは放電幅Ｗに比例しないことが望ましい場合がある。

[0072] ファンの回転数の目標値Ｒを算出したら、レーザ制御部３０は、本フローチャートによる処理を終了して、図６に示されるＳ６００に処理を進めてもよい。

図８Ｃに、ファンの回転数の目標値Ｒと放電幅Ｗとの関係が示されている。

[0073] ３．３ 第３の制御例

図９は、本開示におけるファンの回転数制御に関する第３の制御例を示すフローチャートである。図９に示される処理は、第１の実施形態に係るエキシマレーザ装置において、レーザ制御部３０（図１）によって行われてもよい。

[0074] 第３の制御例は、一対の電極１１ａ及び１１ｂの消耗パラメータに基づいて、電極ギャップＧを算出する点（Ｓ４４０）において、図３に示される第１の制御例と異なってもよい。他の点については、第１の制御例と同様でよい。

消耗パラメータは、一対の電極１１ａ及び１１ｂの消耗度合いと相関するパラメータであってもよい。消耗パラメータは、例えば、図１０Ａ及び図１０Ｂを参照しながら後述される当該レーザチャンバの全パルス数Ｎｃｈであってもよい。また、消耗パラメータは、例えば、図１１Ａ及び図１１Ｂを参照しながら後述される当該レーザチャンバの投入エネルギー積算値であってもよい。また、消耗パラメータは、例えば、第１の制御例における電極ギャップＧであってもよく、第２の制御例における放電幅Ｗであってもよい。

[0075] 図１０Ａは、図９に示される電極ギャップＧを算出する処理の１つの例を示すフローチャートである。図１０Ａに示される処理は、図９に示されるＳ４４０のサブルーチンとして、レーザ制御部３０によって行われてもよい。

[0076] レーザ制御部３０は、当該レーザチャンバの全パルス数Ｎｃｈのデータを後述のメモリから読み込んでもよい（Ｓ４４１）。当該レーザチャンバの全

パルス数Ｎｃｈを算出する処理については、図１０Ｂを参照しながら後述する。

[0077] 次に、レーザ制御部３０は、当該レーザチャンバの全パルス数Ｎｃｈに基づいて、以下の式により電極ギャップＧを算出してもよい（Ｓ４４２）。

Ｇ＝Ｇ０＋ｋ１・Ｎｃｈ

但し、Ｇ０は、電極ギャップの初期値であってもよい。ｋ１は、比例定数として用いられる正の数であってもよい。このように、電極ギャップＧは、初期値Ｇ０を出発点として、当該レーザチャンバの全パルス数Ｎｃｈの増加に比例して増加するものとしてもよい。

[0078] 電極ギャップＧを算出したら、レーザ制御部３０は、本フローチャートによる処理を終了して、図９に示されるＳ５００に処理を進めてもよい。

[0079] 図１０Ｂは、当該レーザチャンバの全パルス数Ｎｃｈを算出するためのフローチャートである。図１０Ｂに示される処理は、図９に示される電極ギャップＧの算出やファンの回転数制御とは独立に、レーザ制御部３０（図１）によって行われてもよい。当該レーザチャンバの全パルス数Ｎｃｈは、当該レーザチャンバの内部に一対の電極１１ａ及び１１ｂが設置されてからの、当該電極間に供給されたパルス電圧の全パルス数であってもよい。

[0080] まず、レーザ制御部３０は、レーザチャンバ１０が配置されたときに、当該レーザチャンバ１０が配置されるまでの全パルス数Ｎｃｈ０のデータを読み込んでもよい（Ｓ１１）。当該レーザチャンバ１０が配置される前に、当該レーザチャンバ１０が別の場所で使用されていた場合や、当該レーザチャンバ１０の動作試験が行われていた場合には、当該レーザチャンバ１０が配置されるまでの全パルス数Ｎｃｈ０は０より大きい数でもよい。当該レーザチャンバ１０が配置されるまでの全パルス数Ｎｃｈ０のデータは、レーザチャンバを識別するためのコードとともに後述のメモリに記憶されていたデータでもよいし、ユーザが入力したデータでもよい。

[0081] 次に、レーザ制御部３０は、当該レーザチャンバの全パルス数ＮｃｈをＮｃｈ０にセットしてもよい（Ｓ１２）。

[0082] 次に、レーザ制御部３０は、パルスレーザ光が出力されたか否かを判定してもよい（Ｓ１３）。パルスレーザ光は１パルスのレーザ光であってよい。パルスレーザ光が出力されたか否かは、例えば、パルスエネルギー計測部１７からパルスエネルギーＥのデータを受信したか否かによって判定されてもよい。パルスレーザ光が出力されない場合（Ｓ１３：ＮＯ）、レーザ制御部３０は、パルスレーザ光が出力されるまでこの判定を繰り返してもよい。

[0083] パルスレーザ光が出力された場合（Ｓ１３：ＹＥＳ）、レーザ制御部３０は、当該レーザチャンバの全パルス数Ｎｃｈに１を加えることにより、Ｎｃｈの値を更新してもよい（Ｓ１４）。

次に、レーザ制御部３０は、当該レーザチャンバの全パルス数Ｎｃｈのデータを後述のメモリに書き込んでもよい（Ｓ１５）。当該レーザチャンバの全パルス数Ｎｃｈにより、一対の電極１１ａ及び１１ｂの消耗度合いが判断されてもよい。

[0084] 次に、レーザ制御部３０は、当該レーザチャンバの全パルス数Ｎｃｈの算出を中止するか否かを判定してもよい（Ｓ１６）。中止する場合は、レーザ制御部３０は、本フローチャートによる処理を終了してもよい。例えば、レーザチャンバ１０が寿命となって、レーザチャンバを交換する場合に、算出を中止してもよい。中止しない場合は、レーザ制御部３０は、処理を上述のＳ１３に戻して、それ以降の処理を繰り返してもよい。

[0085] 図１１Ａは、図９に示される電極ギャップＧを算出する処理の別の例を示すフローチャートである。図１１Ａに示される処理は、図９に示されるＳ４４０のサブルーチンとして、レーザ制御部３０によって行われてもよい。

[0086] レーザ制御部３０は、当該レーザチャンバの投入エネルギー積算値Ｅｉｎｓｕｍのデータを後述のメモリから読み込んでもよい（Ｓ４５１）。当該レーザチャンバの投入エネルギー積算値Ｅｉｎｓｕｍを算出する処理については、図１１Ｂを参照しながら後述する。

[0087] 次に、レーザ制御部３０は、当該レーザチャンバの投入エネルギー積算値Ｅｉｎｓｕｍに基づいて、以下の式により電極ギャップＧを算出してもよい

（Ｓ４５２）。

Ｇ＝Ｇ０＋ｋ２・Ｅｉｎｓｕｍ

但し、Ｇ０は、電極ギャップの初期値であってもよい。ｋ２は、比例定数として用いられる正の数であってもよい。このように、電極ギャップＧは、初期値Ｇ０を出発点として、当該レーザチャンバの投入エネルギー積算値Ｅｉｎｓｕｍの増加に比例して増加するものとしてもよい。

[0088] 電極ギャップＧを算出したら、レーザ制御部３０は、本フローチャートによる処理を終了して、図９に示されるＳ５００に処理を進めてもよい。

[0089] 図１１Ｂは、当該レーザチャンバの投入エネルギー積算値Ｅｉｎｓｕｍを算出するためのフローチャートである。図１１Ｂに示される処理は、図９に示される電極ギャップＧの算出やファンの回転数制御とは独立に、レーザ制御部３０（図１）によって行われてもよい。当該レーザチャンバの投入エネルギー積算値Ｅｉｎｓｕｍは、当該レーザチャンバの内部に一対の電極１１ａ及び１１ｂが設置されてからの、当該電極間に投入されたエネルギーの積算値であってもよい。

[0090] まず、レーザ制御部３０は、レーザチャンバ１０が配置されたときに、当該レーザチャンバ１０が配置されるまでの投入エネルギー積算値Ｅｉｎｓｕｍ０のデータを読み込んでもよい（Ｓ２１）。当該レーザチャンバ１０が配置される前に、当該レーザチャンバが別の場所で使用されていた場合や、当該レーザチャンバの動作試験が行われていた場合には、当該レーザチャンバ１０が配置されるまでの投入エネルギー積算値Ｅｉｎｓｕｍ０は０より大きくてもよい。当該レーザチャンバ１０が配置されるまでの投入エネルギー積算値Ｅｉｎｓｕｍ０のデータは、レーザチャンバを識別するためのコードとともに後述のメモリに記憶されていたデータでもよいし、ユーザが入力したデータでもよい。

[0091] 次に、レーザ制御部３０は、当該レーザチャンバの投入エネルギー積算値ＥｉｎｓｕｍをＥｉｎｓｕｍ０にセットしてもよい（Ｓ２２）。

[0092] 次に、レーザ制御部３０は、充電器１２の充電電圧Ｖを読み込んでもよい

（Ｓ２３）。充電器１２の充電電圧Ｖは、レーザ制御部３０によって設定された充電電圧であってもよい。

[0093] 次に、レーザ制御部３０は、パルスレーザ光が出力されたか否かを判定してもよい（Ｓ２４）。パルスレーザ光は１パルスのレーザ光であってよい。パルスレーザ光が出力されたか否かは、例えば、パルスエネルギー計測部１７からパルスエネルギーＥのデータを受信したか否かによって判定されてもよい。パルスレーザ光が出力されない場合（Ｓ２４：ＮＯ）、レーザ制御部３０は、処理を上述のＳ２３に戻してもよい。

[0094] パルスレーザ光が出力された場合（Ｓ２４：ＹＥＳ）、レーザ制御部３０は、パルスごとの投入エネルギーＥｉｎを算出してもよい（Ｓ２５）。パルスごとの投入エネルギーＥｉｎは、以下の式により算出されてもよい。

$$Ein = CV^2/2$$

ここで、Ｖは、充電器１２の充電電圧であってもよい。Ｃは、図２を参照しながら説明した主コンデンサＣ０の容量をC_0とし、パルスパワーモジュール１３におけるエネルギーの転送効率をｔとした場合に、$C = t \cdot C_0$で与えられる値であってもよい。

[0095] 次に、レーザ制御部３０は、当該レーザチャンバのエネルギー積算値Ｅｉｎｓｕｍにパルスごとの投入エネルギーＥｉｎを加えることにより、Ｅｉｎｓｕｍの値を更新してもよい（Ｓ２６）。

次に、レーザ制御部３０は、当該レーザチャンバの投入エネルギー積算値Ｅｉｎｓｕｍのデータを後述のメモリに書き込んでもよい（Ｓ２７）。当該レーザチャンバの投入エネルギー積算値Ｅｉｎｓｕｍにより、一対の電極１１ａ及び１１ｂの消耗度合いが判断されてもよい。

[0096] 次に、レーザ制御部３０は、当該レーザチャンバの投入エネルギー積算値Ｅｉｎｓｕｍの算出を中止するか否かを判定してもよい（Ｓ２８）。中止する場合は、レーザ制御部３０は、本フローチャートによる処理を終了してもよい。例えば、レーザチャンバ１０が寿命となって、レーザチャンバを交換する場合に、算出を中止してもよい。中止しない場合は、レーザ制御部３０

は、処理を上述のＳ２３に戻して、それ以降の処理を繰り返してもよい。

[0097] ３．４　第４の制御例

図１２は、本開示におけるファンの回転数制御に関する第４の制御例を示すフローチャートである。図１２に示される処理は、第１の実施形態に係るエキシマレーザ装置において、レーザ制御部３０（図１）によって行われてもよい。

[0098] 第４の制御例は、放電が不安定になったらファンの回転数を上げる処理を繰り返す点（Ｓ７００、Ｓ８００、Ｓ８６０）において、図３に示される第１の制御例と異なってもよい。図３に示される、電極ギャップＧを算出して、電極ギャップＧからファンの回転数の目標値Ｒを算出する処理（Ｓ４００、Ｓ５００）は、なくてもよい。

[0099] まず、レーザ制御部３０は、ファンの回転数の目標値Ｒを初期値Ｒ０に設定してもよい（Ｓ１００）。初期値Ｒ０は、一対の電極１１ａ及び１１ｂが新しいうちは放電が安定しているが、一対の電極１１ａ及び１１ｂの消耗が進めば放電が不安定になり得る程度の値であってもよい。

[0100] 次に、レーザ制御部３０は、ファンの回転数が目標値Ｒとなるように、回転数制御部３１に回転数制御信号を送信してもよい（Ｓ６００）。この処理は、図３を参照しながら説明したＳ６００の処理と同様でよい。

[0101] 次に、レーザ制御部３０は、レーザ光のパルスエネルギー安定性Ｅ％を算出してもよい（Ｓ７００）。この処理の詳細については、図１３を参照しながら後述する。

[0102] 次に、レーザ制御部３０は、レーザ光のパルスエネルギー安定性Ｅ％を、所定値Ｅ％ｍａｘと比較してもよい（Ｓ８００）。所定値Ｅ％ｍａｘは、レーザ光のパルスエネルギー安定性に関する許容範囲の閾値であってもよい。レーザ光のパルスエネルギー安定性Ｅ％が、所定値Ｅ％ｍａｘ以下である場合（Ｓ８００；ＮＯ）、レーザ制御部３０は、処理を上述のＳ６００に戻してもよい。レーザ光のパルスエネルギー安定性Ｅ％が、所定値Ｅ％ｍａｘを超える場合（Ｓ８００；ＹＥＳ）、レーザ制御部３０は、処理をＳ８６０に

進めてもよい。

[0103] Ｓ８６０において、レーザ制御部３０は、ファンの回転数の目標値Ｒを大きくしてもよい。例えば、現在のファンの回転数の目標値Ｒに所定値ΔＲを加えることにより、ファンの回転数の目標値Ｒを更新してもよい。所定値ΔＲは、正の数であってもよい。

[0104] 次に、レーザ制御部３０は、回転数制御を停止するか否かを判定してもよい（Ｓ９００）。この処理は、図３を参照しながら説明したＳ９００の処理と同様でよい。但し、回転数制御を停止しない場合（Ｓ９００；ＮＯ）、レーザ制御部３０は、処理を上述のＳ６００に戻してそれ以降の処理を繰り返してもよい。

[0105] 図１３は、図１２に示されるレーザ光のパルスエネルギー安定性Ｅ％を算出する処理の例を示すフローチャートである。図１３に示される処理は、図１２に示されるＳ７００のサブルーチンとして、レーザ制御部３０（図１）によって行われてもよい。レーザ光のパルスエネルギー安定性Ｅ％は、パルスエネルギー計測部１７から受信したパルスエネルギーＥに基づいて算出されてもよい。

[0106] まず、レーザ制御部３０は、カウンターｋを１にセットしてもよい（Ｓ７０１）。カウンターｋは、自然数であってもよい。

[0107] 次に、レーザ制御部３０は、パルスレーザ光が出力されたか否かを判定してもよい（Ｓ７０２）。パルスレーザ光は１パルスのレーザ光であってよい。パルスレーザ光が出力されたか否かは、例えば、パルスエネルギー計測部１７からパルスエネルギーＥのデータを受信したか否かによって判定されてもよい。パルスレーザ光が出力されない場合（Ｓ７０２：ＮＯ）、出力されるまでこの判定を繰り返してもよい。

[0108] パルスレーザ光が出力された場合（Ｓ７０２：ＹＥＳ）、レーザ制御部３０は、パルスエネルギー計測部１７から受信したパルスエネルギーＥのデータを読み込んでもよい（Ｓ７０３）。

次に、レーザ制御部３０は、パルスエネルギーＥのデータをパルスエネル

ギーＥ$_k$として後述のメモリに記憶させてもよい（Ｓ７０４）。

[0109] 次に、レーザ制御部３０は、カウンターｋの値が、一定値ｎに達したか否かを判定してもよい（Ｓ７０５）。一定値ｎは、レーザ光のパルスエネルギー安定性Ｅ％を算出するために用いられるパルスエネルギーＥの値のサンプル数であってもよい。一定値ｎは、例えば、３０以上、１００以下であってもよい。

カウンターｋの値が、一定値ｎに達していない場合（Ｓ７０５；ＮＯ）、レーザ制御部３０は、カウンターｋの値に１を加えて（Ｓ７０６）、処理を上述のＳ７０２に戻してもよい。

カウンターｋの値が、一定値ｎに達した場合（Ｓ７０５；ＹＥＳ）、レーザ制御部３０は、処理をＳ７０７に進めてもよい。

[0110] Ｓ７０７において、レーザ制御部３０は、サンプル数を示す一定値ｎとパルスエネルギーＥ$_k$（ｋ＝１，２，…，ｎ）とから、パルスエネルギーの標準偏差σとパルスエネルギーの平均値Ｅａｖとを算出してもよい。

次に、レーザ制御部３０は、レーザ光のパルスエネルギー安定性Ｅ％を以下の式によって算出してもよい（Ｓ７０８）。

$$E\% = \sigma / Eav$$

[0111] レーザ光のパルスエネルギー安定性Ｅ％により、一対の電極１１ａ及び１１ｂの消耗度合いが判断されてもよい。レーザ光のパルスエネルギー安定性Ｅ％を算出したら、レーザ制御部３０は、本フローチャートによる処理を終了して、図１２に示されるＳ８００に処理を進めてもよい。

[0112] ３．５ 第５の制御例

図１４は、本開示におけるファンの回転数制御に関する第５の制御例を示すフローチャートである。図１４に示される処理は、第１の実施形態に係るエキシマレーザ装置において、レーザ制御部３０（図１）によって行われてもよい。

[0113] 第５の制御例は、放電が不安定になったらファンの回転数を上げる処理を繰り返す点（Ｓ７２０、Ｓ８２０、Ｓ８６０）において、図３に示される第

１の制御例と異なってもよい。図３に示される、電極ギャップＧを算出して、電極ギャップＧからファンの回転数の目標値Ｒを算出する処理（Ｓ４００、Ｓ５００）は、なくてもよい。

[0114] 第５の制御例は、レーザ光のパルスエネルギーの目標値との一致度Ｄ％を算出し（Ｓ７２０）、所定値Ｄ％ｍａｘと比較する点（Ｓ８２０）において、図１２に示される第４の制御例と異なってもよい。

Ｓ７２０の処理の詳細については、図１５を参照しながら後述する。

[0115] Ｓ８２０において、所定値Ｄ％ｍａｘは、レーザ光のパルスエネルギーの目標値との一致度Ｄ％に関する許容範囲の閾値であってもよい。レーザ光のパルスエネルギーの目標値との一致度Ｄ％が、所定値Ｄ％ｍａｘ以下である場合（Ｓ８２０；ＮＯ）、レーザ制御部３０は、処理をＳ６００に戻してもよい。レーザ光のパルスエネルギーの目標値との一致度Ｄ％が、所定値Ｄ％ｍａｘを超える場合（Ｓ８２０；ＹＥＳ）、レーザ制御部３０は、処理をＳ８６０に進めてもよい。

他の点については、第４の制御例と同様でよい。

[0116] 図１５は、図１４に示されるレーザ光のパルスエネルギーの目標値との一致度Ｄ％を算出する処理の例を示すフローチャートである。図１５に示される処理は、図１４に示されるＳ７２０のサブルーチンとして、レーザ制御部３０（図１）によって行われてもよい。レーザ光のパルスエネルギーの目標値との一致度Ｄ％は、パルスエネルギー計測部１７から受信したパルスエネルギーＥのデータに基づいて算出されてもよい。

[0117] まず、レーザ制御部３０は、変数Ｅｓｕｍ及び変数Ｅｔｓｕｍの値を、いずれも初期値０に設定してもよい（Ｓ７２１）。

次に、レーザ制御部３０は、カウンターｋを１にセットしてもよい（Ｓ７２２）。カウンターｋは、自然数であってもよい。

[0118] 次に、レーザ制御部３０は、レーザ光の目標パルスエネルギーＥｔの値を読み込んでもよい（Ｓ７２３）。目標パルスエネルギーＥｔの値は、例えば露光装置制御部１１０によって要求される値でもよい。

[0119] 次に、レーザ制御部３０は、パルスレーザ光が出力されたか否かを判定してもよい（Ｓ７２４）。パルスレーザ光は１パルスのレーザ光であってよい。パルスレーザ光が出力されたか否かは、例えば、パルスエネルギー計測部１７からパルスエネルギーＥのデータを受信したか否かによって判定されてもよい。パルスレーザ光が出力されない場合（Ｓ７２４：ＮＯ）、レーザ制御部３０は、処理を上述のＳ７２３に戻してもよい。

[0120] パルスレーザ光が出力された場合（Ｓ７２４：ＹＥＳ）、レーザ制御部３０は、パルスエネルギー計測部１７から受信したパルスエネルギーＥのデータを読み込んでもよい（Ｓ７２５）。

次に、レーザ制御部３０は、現在の変数Ｅｓｕｍの値にパルスエネルギーＥの値を加算することにより、変数Ｅｓｕｍの値を更新してもよい。また、レーザ制御部３０は、変数Ｅｔｓｕｍの値に目標パルスエネルギーＥｔの値を加算することにより、変数Ｅｔｓｕｍの値を更新してもよい（Ｓ７２６）。

[0121] 次に、レーザ制御部３０は、カウンターｋの値が、一定値ｎに達したか否かを判定してもよい（Ｓ７２７）。一定値ｎは、レーザ光のパルスエネルギーの目標値との一致度Ｄ％を算出するために用いられるパルスエネルギーＥの値のサンプル数であってもよい。一定値ｎは、例えば、３０以上、１００以下であってもよい。

カウンターｋの値が、一定値ｎに達していない場合（Ｓ７２７；ＮＯ）、レーザ制御部３０は、カウンターｋの値に１を加えて（Ｓ７２８）、処理を上述のＳ７２３に戻してもよい。

カウンターｋの値が、一定値ｎに達した場合（Ｓ７２７；ＹＥＳ）、レーザ制御部３０は、処理をＳ７２９に進めてもよい。

[0122] Ｓ７２９において、レーザ制御部３０は、変数Ｅｓｕｍの値及び変数Ｅｔｓｕｍの値に基づいて、以下の式によりレーザ光のパルスエネルギーの目標値との一致度Ｄ％を算出してもよい。

Ｄ％＝｜Ｅｔｓｕｍ－Ｅｓｕｍ｜／Ｅｔｓｕｍ×１００

[0123] レーザ光のパルスエネルギーの目標値との一致度Ｄ％により、一対の電極１１ａ及び１１ｂの消耗度合いが判断されてもよい。レーザ光のパルスエネルギーの目標値との一致度Ｄ％を算出したら、レーザ制御部３０は、本フローチャートによる処理を終了して、図１４に示されるＳ８２０に処理を進めてもよい。

[0124] ４．電極移動機構を備えたエキシマレーザ装置（第２の実施形態）

４．１　構成

図１６は、第２の実施形態に係るエキシマレーザ装置の構成を模式的に示す。図１７は、図１６に示されるレーザチャンバ１０の内部構成と、パルスパワーモジュール１３の構成とを示す。図１６及び図１７に示されるエキシマレーザ装置は、複数のコネクタ６０と、電極移動機構６１及び６２と、絶縁部６３及び６４と、ドライバ６５とを備えていてもよい。これらの構成により、一方の電極１１ａが、他方の電極１１ｂに近づくように移動可能となっていてもよい。他の点については、図２及び図３を参照しながら説明した第１の実施形態の構成と同様でよい。

[0125] 図１６及び図１７に示される複数のコネクタ６０は、複数の導電部２０ａにそれぞれ電気的に接続され、且つ複数の導電部２０ａにそれぞれ固定されていてもよい。

図１６に示される電極移動機構６１及び６２は、電気絶縁部２０に固定されていてもよい。

[0126] 図１８は、図１６に示されるコネクタ６０の詳細な構成を示す。コネクタ６０は、ロッド部材６０ａと、板バネ部材６０ｂと、を含んでもよい。ロッド部材６０ａの先端には溝６０ｃが形成されていてもよい。板バネ部材６０ｂは、溝６０ｃに挿入されて、ロッド部材６０ａに保持されてもよい。

[0127] 電極１１ａは、溝６０ｃにおいて、板バネ部材６０ｂに挟まれた状態で、板バネ部材６０ｂに保持されてもよい。電極１１ａは、図１８における上下方向に重力以上の外力を受けたとき、板バネ部材６０ｂ及びロッド部材６０ａに対して相対的に移動可能であってもよい。ロッド部材６０ａ及び板バネ

部材６０ｂは、いずれも電気伝導性を有し、パルスパワーモジュール１３から供給される高電圧を電極１１ａに印加可能であってもよい。

[0128] 図１９は、図１６に示される電極移動機構６１及び絶縁部６３の詳細な構成を示す。電極移動機構６２及び絶縁部６４の構成も同様でよい。電極移動機構６１は、マイクロメータヘッド６１ａと、シリンダ６１ｂと、スピンドル６１ｃと、ピストン６１ｄと、フレキシブル管６１ｅと、バネ６１ｆと、シャフト６１ｇと、を含んでいてもよい。

[0129] シリンダ６１ｂは、電気絶縁部２０に固定されていてもよい。シリンダ６１ｂと電気絶縁部２０との接触面にはＯリング６１ｈが配置され、シリンダ６１ｂと電気絶縁部２０との接触面が気密状態に保持されていてもよい。

[0130] ピストン６１ｄは、シリンダ６１ｂの内部において移動可能に設けられていてもよい。シャフト６１ｇの第１の端部は、シリンダ６１ｂの内部においてピストン６１ｄに固定されていてもよい。シャフト６１ｇは、シリンダ６１ｂの開口６１ｉ及び電気絶縁部２０の貫通孔を貫通し、且つ、電気絶縁部２０の貫通孔に沿って移動可能であってもよい。シャフト６１ｇの第２の端部は、電気絶縁部２０からみてシリンダ６１ｂとは反対側に位置し、絶縁部６３に固定されていてもよい。絶縁部６３は、電極１１ａに固定されていてもよい。

[0131] シリンダ６１ｂの内部に配置されたフレキシブル管６１ｅに、シャフト６１ｇが挿入されていてもよい。フレキシブル管６１ｅの第１の端部は、ピストン６１ｄにシールされ、フレキシブル管６１ｅの第２の端部は、シリンダ６１ｂの開口６１ｉの周囲にシールされていてもよい。これにより、電気絶縁部２０の貫通孔は、フレキシブル管６１ｅ及びピストン６１ｄによって気密にシールされてもよい。

[0132] バネ６１ｆは、シリンダ６１ｂの内部に、フレキシブル管６１ｅを囲むように配置されていてもよい。ピストン６１ｄは、電気絶縁部２０から離れる方向に、バネ６１ｆの反発力を受けていてもよい。

[0133] マイクロメータヘッド６１ａは、シリンダ６１ｂに固定されていてもよい

。マイクロメータヘッド６１ａは、図１６に示されたレーザ制御部３０により、ドライバ６５を介して駆動されてもよい。これにより、マイクロメータヘッド６１ａは、シリンダ６１ｂの内部に位置するスピンドル６１ｃを、電気絶縁部２０に近づく方向に移動させるように構成されてもよい。スピンドル６１ｃは、バネ６１ｆの反発力に逆らってピストン６１ｄを押してもよい。

[0134] 以上の構成により、電極移動機構６１が、電極１１ａを図１９の下方に、すなわち放電方向と略平行な方向に、移動させてもよい。

[0135] ４．２ 第６の制御例

図２０は、本開示におけるファンの回転数制御に関する第６の制御例を示すフローチャートである。図２０に示される処理は、第２の実施形態に係るエキシマレーザ装置において、レーザ制御部３０（図１６）によって行われてもよい。

[0136] 第６の制御例は、電極ギャップＧの算出結果に基づいて電極ギャップＧを調整する処理（Ｓ１４０、Ｓ２００、Ｓ３００）を含む点において、図３に示される第１の制御例と異なってもよい。他の点については、第１の制御例と同様でよい。

[0137] まず、レーザ制御部３０は、当該レーザチャンバの全パルス数Ｎｃｈが、電極ギャップ調整発振の基準値Ｎｃｈｔに達したか否かを判定してもよい（Ｓ１４０）。当該レーザチャンバの全パルス数Ｎｃｈは、上述の図１０Ｂに示される処理によって算出されたものでもよい。

[0138] 当該レーザチャンバの全パルス数Ｎｃｈが、電極ギャップ調整発振の基準値Ｎｃｈｔに達していない場合（Ｓ１４０；ＮＯ）、レーザ制御部３０は、処理をＳ４００に進めてもよい。当該レーザチャンバの全パルス数Ｎｃｈが、電極ギャップ調整発振の基準値Ｎｃｈｔに達した場合（Ｓ１４０；ＹＥＳ）、レーザ制御部３０は、処理をＳ２００に進めてもよい。

[0139] Ｓ２００において、レーザ制御部３０は、電極ギャップ調整発振を行ってもよい。電極ギャップ調整発振においては、電極ギャップＧの算出結果に基

づいて、電極ギャップＧを調整してもよい。電極ギャップＧの調整は、電極の消耗による電極ギャップＧの拡大を補償するように、電極１１ａを移動させるものでもよい。この処理の詳細については、図２１を参照しながら後述する。

[0140] 次に、レーザ制御部３０は、電極ギャップ調整発振の基準値Ｎｃｈｔを更新することにより、次の電極ギャップ調整発振の基準値を設定してもよい（Ｓ３００）。次の電極ギャップ調整発振の基準値は、現在の電極ギャップ調整発振の基準値Ｎｃｈｔに、一定値Ｎｃｈｔ０を加算した値としてもよい。

Ｓ３００の後、レーザ制御部３０は、処理をＳ４００に進めてもよい。

[0141] 第６の制御例においては、第１の制御例と同様に、Ｓ４００～Ｓ６００の処理により、電極ギャップＧの算出結果に基づいてファンの回転数が制御されてもよい。但し、当該レーザチャンバの全パルス数Ｎｃｈが電極ギャップ調整発振の基準値Ｎｃｈｔに達するごとに、電極ギャップＧの計測結果に基づいて電極ギャップＧが調整されてもよい。

[0142] 図２１は、図２０に示される電極ギャップ調整発振の処理の例を示すフローチャートである。図２１に示される処理は、図２０に示されるＳ２００のサブルーチンとして、レーザ制御部３０によって行われてもよい。

[0143] レーザ制御部３０は、電極ギャップの目標値Ｇｔを後述のメモリから読み込んでもよい（Ｓ２０１）。

次に、レーザ制御部３０は、エキシマレーザ装置が所定の繰り返し周波数でレーザ発振するように、充電器１２及びパルスパワーモジュール１３に各種信号を送信してもよい（Ｓ２０２）。

[0144] 次に、レーザ制御部３０は、ビームプロファイル計測部１８のイメージセンサ１８ｃからの出力に基づいて、電極ギャップＧを算出してもよい（Ｓ２０３）。この処理は、図４Ａ及び図４Ｂを参照しながら説明したものと同様でよい。

[0145] 次に、レーザ制御部３０は、算出された電極ギャップＧと、上述の目標値Ｇｔとの差ΔＧを、以下の式により算出してもよい（Ｓ２０４）。

ΔＧ＝Ｇ－Ｇｔ

[0146] 次に、レーザ制御部３０は、算出された差ΔＧの絶対値｜ΔＧ｜を、所定値ΔＧｔｒと比較してもよい（Ｓ２０５）。所定値ΔＧｔｒは、電極ギャップＧと目標値Ｇｔとの差ΔＧに関する許容範囲の閾値であってもよい。

[0147] 上述の絶対値｜ΔＧ｜が、所定値ΔＧｔｒを超えている場合（Ｓ２０５；ＮＯ）、レーザ制御部３０は、ドライバ６５を介して電極移動機構６１及び６２（図１６）を制御し、電極１１ａをΔＧ移動させてもよい（Ｓ２０６）。Ｓ２０６の後、レーザ制御部３０は、処理を上述のＳ２０３に戻して、電極ギャップＧの算出をやり直してもよい。

[0148] 上述の絶対値｜ΔＧ｜が、所定値ΔＧｔｒ以下である場合（Ｓ２０５；ＹＥＳ）、レーザ制御部３０は、電極移動機構６１及び６２を制御せずに、本フローチャートによる処理を終了して、図２０に示されるＳ３００に処理を進めてもよい。

[0149] ４．３　第７の制御例

図２２は、本開示におけるファンの回転数制御に関する第７の制御例を示すフローチャートである。図２２に示される処理は、第２の実施形態に係るエキシマレーザ装置において、レーザ制御部３０（図１６）によって行われてもよい。

[0150] 第７の制御例は、電極ギャップＧの算出結果に基づいて電極ギャップＧを調整する処理（Ｓ１６０、Ｓ２００、Ｓ３２０）を含む点において、図３に示される第１の制御例と異なってもよい。他の点については、第１の制御例と同様でよい。

第７の制御例は、電極ギャップ調整発振の基準値を、当該レーザチャンバの投入エネルギー積算値Ｅｉｎｓｕｍに基づいて定める点（Ｓ１６０、Ｓ３２０）において、図２０に示される第６の制御例と異なってもよい。他の点については、第６の制御例と同様でよい。

[0151] まず、レーザ制御部３０は、当該レーザチャンバの投入エネルギー積算値Ｅｉｎｓｕｍが、電極ギャップ調整発振の基準値Ｅｉｎｓｕｍｔに達したか

否かを判定してもよい（Ｓ１６０）。当該レーザチャンバの投入エネルギー積算値Ｅｉｎｓｕｍは、上述の図１１Ｂに示される処理によって算出されたものでもよい。

[0152] 当該レーザチャンバの投入エネルギー積算値Ｅｉｎｓｕｍが、電極ギャップ調整発振の基準値Ｅｉｎｓｕｍｔに達していない場合（Ｓ１６０；ＮＯ）、レーザ制御部３０は、処理をＳ４００に進めてもよい。当該レーザチャンバの投入エネルギー積算値Ｅｉｎｓｕｍが、電極ギャップ調整発振の基準値Ｅｉｎｓｕｍｔに達した場合（Ｓ１６０；ＹＥＳ）、レーザ制御部３０は、処理をＳ２００に進めてもよい。

[0153] Ｓ２００において、レーザ制御部３０は、電極ギャップ調整発振を行ってもよい。この処理は、図２０及び図２１を参照しながら説明したＳ２００の処理と同様でよい。

[0154] 次に、レーザ制御部３０は、電極ギャップ調整発振の基準値Ｅｉｎｓｕｍｔを更新することにより、次の電極ギャップ調整発振の基準値を設定してもよい（Ｓ３２０）。次の電極ギャップ調整発振の基準値は、現在の電極ギャップ調整発振の基準値Ｅｉｎｓｕｍｔに、一定値Ｅｉｎｓｕｍｔ０を加算した値としてもよい。

Ｓ３２０の後、レーザ制御部３０は、処理をＳ４００に進めてもよい。

[0155] 第７の制御例においては、第１の制御例と同様に、Ｓ４００～Ｓ６００の処理により、電極ギャップＧの算出結果に基づいてファンの回転数が制御されてもよい。但し、当該レーザチャンバの投入エネルギー積算値Ｅｉｎｓｕｍが電極ギャップ調整発振の基準値Ｅｉｎｓｕｍｔに達するごとに、電極ギャップＧの算出結果に基づいて電極ギャップＧが調整されてもよい。

[0156] ４．４ 第８の制御例

図２３は、本開示におけるファンの回転数制御に関する第８の制御例を示すフローチャートである。図２３に示される処理は、第２の実施形態に係るエキシマレーザ装置において、レーザ制御部３０（図１６）によって行われてもよい。

[0157] 第８の制御例においては、一対の電極１１ａ及び１１ｂの消耗パラメータに基づいて電極ギャップＧを算出して、電極１１ａを移動させてもよい（Ｓ２２０）。また、第８の制御例においては、電極移動量の積算値ΔＧｓｕｍを記憶しておいて、その後の電極ギャップＧの算出に用いてもよい（Ｓ１２０、Ｓ２６０、Ｓ４６０、Ｓ４９０）。これらの点において、第８の制御例は、図２０に示される第６の制御例と異なってもよい。他の点については、第６の制御例と同様でよい。

[0158] まず、レーザ制御部３０は、電極移動量の積算値ΔＧｓｕｍの初期値を０に設定してもよい（Ｓ１２０）。電極移動量の積算値ΔＧｓｕｍは、電極１１ａが移動される度に更新され（Ｓ２６０）、その後の電極ギャップＧの算出に用いられてもよい（Ｓ４９０）。

[0159] 次に、レーザ制御部３０は、当該レーザチャンバの全パルス数Ｎｃｈが、電極移動の基準値Ｎｃｈｔに達したか否かを判定してもよい（Ｓ１４０）。当該レーザチャンバの全パルス数Ｎｃｈは、上述の図１０Ｂに示される処理によって算出されたものでもよい。

[0160] 当該レーザチャンバの全パルス数Ｎｃｈが、電極移動の基準値Ｎｃｈｔに達していない場合（Ｓ１４０；ＮＯ）、レーザ制御部３０は、処理をＳ４６０に進めてもよい。当該レーザチャンバの全パルス数Ｎｃｈが、電極移動の基準値Ｎｃｈｔに達した場合（Ｓ１４０；ＹＥＳ）、レーザ制御部３０は、処理をＳ２２０に進めてもよい。

[0161] Ｓ２２０において、レーザ制御部３０は、電極１１ａを移動させてもよい。電極移動量ΔＧは、一対の電極１１ａ及び１１ｂの消耗パラメータに基づいて算出されてもよい。この処理の詳細については、図２４を参照しながら後述する。

[0162] 次に、レーザ制御部３０は、電極移動量の積算値ΔＧｓｕｍを更新してもよい（Ｓ２６０）。電極移動量の積算値は、現在の電極移動量の積算値ΔＧｓｕｍに、Ｓ２２０における電極移動量ΔＧを加算した値としてもよい。

[0163] 次に、レーザ制御部３０は、電極移動の基準値Ｎｃｈｔを更新することに

より、次の電極移動の基準値を設定してもよい（Ｓ３００）。次の電極移動の基準値は、現在の電極移動の基準値Ｎｃｈｔに、一定値Ｎｃｈｔ０を加算した値としてもよい。

Ｓ３００の後、レーザ制御部３０は、処理をＳ４６０に進めてもよい。

[0164] Ｓ４６０において、レーザ制御部３０は、電極１１ａを移動させていない場合の電極ギャップＧｃａｌｃを算出してもよい。電極１１ａを移動させていない場合の電極ギャップＧｃａｌｃは、一対の電極１１ａ及び１１ｂの消耗パラメータに基づいて、例えば以下の式により算出されてもよい。

Ｇｃａｌｃ＝Ｇ０＋ｋ１・Ｎｃｈ

但し、Ｇ０は、電極ギャップの初期値であってもよい。ｋ１は、比例定数として用いられる正の数であってもよい。当該レーザチャンバの全パルス数Ｎｃｈは、上述の図１０Ｂに示される処理によって算出されたものでもよい。

[0165] 次に、レーザ制御部３０は、以下の式により、電極ギャップＧを算出してもよい（Ｓ４９０）。

Ｇ＝Ｇｃａｌｃ－ΔＧｓｕｍ

Ｓ４９０の後、レーザ制御部３０は、処理をＳ５００に進めてもよい。

[0166] 第８の制御例においては、第１の制御例と同様に、Ｓ５００及びＳ６００の処理により、電極ギャップＧの算出結果に基づいてファンの回転数が制御されてもよい。但し、当該レーザチャンバの全パルス数Ｎｃｈが電極移動の基準値Ｎｃｈｔに達するごとに、電極１１ａがΔＧ移動されてもよい。

[0167] 図２５は、当該レーザチャンバの全パルス数Ｎｃｈに応じた電極ギャップＧの推移を示すグラフである。電極１１ａを移動させていない場合の電極ギャップＧｃａｌｃは、初期値Ｇ０を出発点として、当該レーザチャンバの全パルス数Ｎｃｈの増加に比例して増加するものであってもよい。但し、電極１１ａがΔＧ移動される度に、電極ギャップＧはΔＧ減少してもよい。図２５に示されるように、電極ギャップＧの推移は鋸歯状に表されてもよい。

[0168] 図２４は、図２３に示される電極移動の処理の例を示すフローチャートである。図２４に示される処理は、図２３に示されるＳ２２０のサブルーチン

として、レーザ制御部３０によって行われてもよい。

[0169] レーザ制御部３０は、電極ギャップの目標値Ｇｔを後述のメモリから読み込んでもよい（Ｓ２２１）。

[0170] 次に、レーザ制御部３０は、電極１１ａを移動させていない場合の電極ギャップＧｃａｌｃを算出してもよい（Ｓ２２２）。電極１１ａを移動させていない場合の電極ギャップＧｃａｌｃは、一対の電極１１ａ及び１１ｂの消耗パラメータに基づいて、例えば以下の式により算出されてもよい。

Ｇｃａｌｃ＝Ｇ０＋ｋ１・Ｎｃｈ

但し、Ｇ０は、電極ギャップの初期値であってもよい。ｋ１は、比例定数として用いられる正の数であってもよい。当該レーザチャンバの全パルス数Ｎｃｈは、上述の図１０Ｂに示される処理によって算出されたものでもよい。

[0171] 次に、レーザ制御部３０は、電極ギャップＧと、上述の目標値Ｇｔとの差ΔＧを、以下の式により算出してもよい（Ｓ２２３）。

ΔＧ＝Ｇ－Ｇｔ

電極ギャップＧは、以下の式により算出され得る。

Ｇ＝Ｇｃａｌｃ－ΔＧｓｕｍ

従って、電極ギャップＧと、上述の目標値Ｇｔとの差ΔＧは、以下の式により算出されてもよい。

ΔＧ＝Ｇｃａｌｃ－ΔＧｓｕｍ－Ｇｔ

[0172] 次に、レーザ制御部３０は、ドライバ６５を介して電極移動機構６１及び６２（図１６）を制御し、電極１１ａをΔＧ移動させてもよい（Ｓ２２４）。Ｓ２２４の後、レーザ制御部３０は、本フローチャートによる処理を終了して、図２３に示されるＳ２６０に処理を進めてもよい。

[0173] 図２５には、電極ギャップＧと目標値Ｇｔとの差がΔＧであることが示されている。目標値Ｇｔは、電極ギャップの初期値Ｇ０と異なる値であってもよいし、同じ値であってもよい。

[0174] ４．５ 第９の制御例

図２６は、本開示におけるファンの回転数制御に関する第９の制御例を示

すフローチャートである。図２６に示される処理は、第２の実施形態に係るエキシマレーザ装置において、レーザ制御部３０（図１６）によって行われてもよい。

図２７は、図２６に示される電極移動の処理の例を示すフローチャートである。図２６及び図２７に示される処理は、当該レーザチャンバの投入エネルギー積算値Ｅｉｎｓｕｍを用いる点（Ｓ１６０、Ｓ３２０、Ｓ２４２など）で、図２３及び図２４に示される処理と異なってもよい。他の点については、図２３及び図２４に示される処理と同様でよい。

[0175] ５．電極移動機構を備えたエキシマレーザ装置（第３の実施形態）

図２８は、第３の実施形態に係るエキシマレーザ装置の構成を模式的に示す。図２９は、図２８に示されるレーザチャンバ１０の内部構成と、パルスパワーモジュール１３の構成とを示す。図２８及び図２９に示されるエキシマレーザ装置は、複数のコネクタ７０と、電極移動機構７１及び７２と、三角ブロック７３及び７４と、ドライバ７８とを備えていてもよい。これらの構成により、一方の電極１１ａに、他方の電極１１ｂが近づくように移動可能となっていてもよい。コネクタ６０と、電極移動機構６１及び６２と、絶縁部６３及び６４とは、なくてもよい。他の点については、図１６及び図１７を参照しながら説明した第２の実施形態の構成と同様でよい。

[0176] 図２８及び図２９に示されるコネクタ７０は、接続端子７０ａに電気的に接続され、且つ接続端子７０ａに固定されていてもよい。接続端子７０ａは、レーザチャンバ１０の内部仕切板１０ｃに電気的に接続され、且つ内部仕切板１０ｃに固定されていてもよい。コネクタ７０は、第２の実施形態におけるコネクタ６０と同様の構成を有してもよい。コネクタ７０は、電極１１ｂと電気的に接続された状態で、電極１１ｂを保持してもよい。これにより、電極１１ｂは、コネクタ７０、接続端子７０ａ及び内部仕切板１０ｃを介して、接地電位に接続されていてもよい。

[0177] 図２８及び図２９に示される電極移動機構７１及び７２は、レーザチャンバ１０に固定されていてもよい。電極移動機構７１及び７２は、第２の実施

形態における電極移動機構６１及び６２と同様の構成を有してもよい。電極移動機構７１に含まれるシャフト７１ｇの先端は、レーザチャンバ１０内に位置し、三角ブロック７３に固定されていてもよい。電極移動機構７２に含まれるシャフト７２ｇの先端は、レーザチャンバ１０内に位置し、三角ブロック７４に固定されていてもよい。電極１１ｂが接地電位に接続されているので、三角ブロック７３及び７４は、絶縁体で構成されていなくてもよい。

[0178] 電極１１ｂにも、三角ブロック７５及び７６が固定されていてもよい。三角ブロック７３の斜面と三角ブロック７５の斜面とは互いに滑り移動できるように接していてもよい。三角ブロック７４の斜面と三角ブロック７６の斜面とは互いに滑り動くことができるように接していてもよい。電極１１ｂには、さらに、バネ７７の一端が固定されていてもよい。バネ７７の他端は、内部仕切板１０ｃに固定されていてもよい。電極１１ｂは、内部仕切板１０ｃに近づく方向に、バネ７７の張力を受けていてもよい。

[0179] ドライバ７８が電極移動機構７１及び７２を駆動することにより、シャフト７１ｇ及びシャフト７２ｇがそれぞれレーザチャンバ１０の中央に向かって移動してもよい。これにより、三角ブロック７３及び７４がそれぞれ三角ブロック７５及び７６を押し、それぞれの斜面において互いに滑り移動してもよい。電極１１ｂは、三角ブロック７５及び７６に押されて、内部仕切板１０ｃから離れる方向に、すなわち放電方向と略平行な方向に、バネ７７の張力に逆らって移動してもよい。

[0180] このようにして、電極１１ｂが移動されることにより、電極ギャップが調整されてもよい。電極ギャップの調整動作及びファンの回転数の制御については、図２０～図２７を参照しながら説明したものと同様でよい。

[0181] ６．ガス供給及び排気装置を備えたエキシマレーザ装置（第４の実施形態）

６．１ 構成

図３０は、第４の実施形態に係るエキシマレーザ装置の構成を模式的に示す。図３０に示されるエキシマレーザ装置は、圧力センサ１６と、レーザガス供給装置２３と、レーザガス排気装置２４とを備えていてもよい。ビーム

プロファイル計測部１８（図１参照）は、なくてもよい。

[0182] 圧力センサ１６は、レーザチャンバ１０内の圧力Ｐを検出し、レーザ制御部３０に出力してもよい。

[0183] レーザガス供給装置２３は、図示しないバルブと、流量調節弁とを含んでもよい。レーザガス供給装置２３は、レーザチャンバ１０と図示しないガスボンベとの間に接続されていてもよい。レーザガス供給装置２３は、レーザ制御部３０からの制御信号に従って、ガスボンベからレーザチャンバ１０に供給されるレーザガスの流量を調節してもよい。

[0184] レーザガス排気装置２４は、図示しないバルブと、排気ポンプとを含んでもよい。レーザガス排気装置２４は、レーザ制御部３０からの制御信号に従って、レーザチャンバ１０内のガスの一部を排気してもよい。

他の点については、図１を参照しながら説明した第１の実施形態の構成と同様でよい。

[0185] ６．２ 充電電圧によるパルスエネルギー制御

図３１は、第４の実施形態においてレーザ光のパルスエネルギーを制御するためのフローチャートである。図３１に示される処理は、図３３を参照しながら後述するファンの回転数制御とは独立に、レーザ制御部３０（図３０）によって行われてもよい。図３１に示される処理においては、レーザ光のパルスエネルギーを所望の値に維持するために、パルスエネルギー計測部１７から得られたデータに基づいて充電器１２の充電電圧Ｖを制御してもよい。図３１に示される処理は、図３３に示されるファンの回転数制御とは別個に行われるものであるが、ファンの回転数制御の前提となり得るので以下に説明する。

[0186] まず、レーザ制御部３０は、レーザ光の目標パルスエネルギーＥｔの値を読み込んでもよい（Ｓ３１）。目標パルスエネルギーＥｔの値は、例えば露光装置制御部１１０によって要求される値であってもよい。

[0187] 次に、レーザ制御部３０は、レーザ発振が開始されたか否かを判定してもよい（Ｓ３２）。レーザ発振が開始されたか否かは、レーザ制御部３０が充

電器１２及びパルスパワーモジュール１３に対してレーザ発振のための各種信号を送信したか否かによって、判定されてもよい。あるいは、レーザ発振が開始されたか否かは、レーザ制御部３０がパルスエネルギー計測部１７からパルスエネルギーＥのデータを受信したか否かによって、判定されてもよい。

[0188] レーザ制御部３０は、レーザ発振が開始されていない場合は（Ｓ３２；ＮＯ）、レーザ発振が開始されるまで上記の判定を繰り返してもよい。レーザ制御部３０は、レーザ発振が開始された場合は（Ｓ３２；ＹＥＳ）、処理をＳ３３に進めてもよい。

[0189] Ｓ３３において、レーザ制御部３０は、レーザ光のパルスエネルギーＥのデータを読み込んでもよい。パルスエネルギーＥの値は、パルスエネルギー計測部１７から受信したものであってもよい。

次に、レーザ制御部３０は、レーザ光のパルスエネルギーＥの値と目標パルスエネルギーＥｔの値とを比較してもよい（Ｓ３４）。

[0190] パルスエネルギーＥの値が目標パルスエネルギーＥｔの値に等しい場合（Ｅ＝Ｅｔ）、レーザ制御部３０は、充電器１２の充電電圧Ｖを、現在の充電電圧Ｖのまま維持してもよい（Ｓ３５：Ｖ＝Ｖ）。

[0191] パルスエネルギーＥの値が目標パルスエネルギーＥｔの値より小さい場合（Ｅ＜Ｅｔ）、レーザ制御部３０は、充電器１２の充電電圧Ｖを、現在の充電電圧Ｖに所定の増減幅ΔＶを加算した値に上昇させてもよい（Ｓ３６：Ｖ＝Ｖ＋ΔＶ）。これにより、パルスエネルギーＥを上昇させ目標パルスエネルギーＥｔに近づけ得る。

[0192] パルスエネルギーＥの値が目標パルスエネルギーＥｔの値より大きい場合（Ｅ＞Ｅｔ）、レーザ制御部３０は、充電器１２の充電電圧Ｖを、現在の充電電圧Ｖから所定の増減幅ΔＶを減算した値に低下させてもよい（Ｓ３７：Ｖ＝Ｖ－ΔＶ）。これにより、パルスエネルギーＥを低下させ目標パルスエネルギーＥｔに近づけ得る。

[0193] Ｓ３５～Ｓ３７のいずれかで示される充電電圧Ｖの制御が終了したら、レ

ーザ制御部３０は、充電電圧Ｖのデータを後述のメモリに書き込んでもよい（Ｓ３８）。

[0194] 次に、レーザ制御部３０は、充電電圧Ｖが閾値Ｖｍａｘ以上であるか否かを判定してもよい（Ｓ３９）。充電電圧Ｖが閾値Ｖｍａｘ以上である場合（Ｓ３９；ＹＥＳ）、レーザ光の発光効率が悪く、レーザ発振を停止させてメンテナンスすることが必要となり得るため、本フローチャートによる処理を終了してもよい。充電電圧Ｖが閾値Ｖｍａｘ以上でない場合（Ｓ３９；ＮＯ）、上述のＳ３１に戻り、引き続き充電電圧Ｖを制御してパルスエネルギーＥを安定化するとともに、充電電圧Ｖのデータを後述のメモリに書き込んでもよい。

[0195] ６．３　ガス圧制御

図３２は、第４の実施形態においてレーザチャンバ１０内の圧力を制御するためのフローチャートである。図３２に示される処理は、図３３を参照しながら後述するファンの回転数制御とは独立に、レーザ制御部３０（図３０）によって行われてもよい。図３２に示される処理においては、充電器１２の充電電圧Ｖに基づいてレーザチャンバ内の圧力Ｐを制御してもよい。図３２に示される処理は、図３３に示されるファンの回転数制御とは別個に行われるものであるが、ファンの回転数制御の前提となり得るので以下に説明する。

[0196] まず、レーザ制御部３０は、レーザチャンバ１０内の圧力Ｐのデータを読み込んでもよい（Ｓ４１）。圧力Ｐのデータは、圧力センサ１６から出力されたものでもよい。

次に、レーザ制御部３０は、充電器１２の充電電圧Ｖを読み込んでもよい（Ｓ４２）。充電電圧Ｖは、上述のＳ３８（図３１）において後述のメモリに書き込まれたものでもよい。

[0197] 次に、レーザ制御部３０は、充電器１２の充電電圧Ｖと、第１の閾値Ｖｍｉｎ及び第２の閾値Ｖｍａｘと、を比較してもよい（Ｓ４３）。充電器１２の充電電圧Ｖが、第１の閾値Ｖｍｉｎ以上、第２の閾値Ｖｍａｘ以下である

場合（Ｓ４３；ＹＥＳ）、レーザ制御部３０は、圧力の目標値Ｐｔを、現在の圧力Ｐのままとしてもよい（Ｓ４４）。Ｓ４４の後、レーザ制御部３０は、処理をＳ５１に進めてもよい。

[0198] 充電器１２の充電電圧Ｖが、第１の閾値Ｖｍｉｎ未満である場合（Ｓ４３；Ｖ＜Ｖｍｉｎ）、レーザ制御部３０は、現在の圧力Ｐから所定値ΔＰを減算した値を、圧力の目標値Ｐｔとして設定してもよい（Ｓ４５）。次に、レーザ制御部３０は、設定された圧力の目標値Ｐｔと、閾値Ｐｍｉｎとを比較してもよい（Ｓ４６）。

[0199] 設定された圧力の目標値Ｐｔが、閾値Ｐｍｉｎ以上である場合（Ｓ４６；ＹＥＳ）、レーザ制御部３０は、処理をＳ４７に進めてもよい。Ｓ４７において、レーザ制御部３０は、レーザチャンバ１０内の圧力Ｐが目標値Ｐｔとなるように、レーザガス排気装置２４を制御してもよい。Ｓ４７の後、レーザ制御部３０は、処理をＳ５１に進めてもよい。

[0200] 設定された圧力の目標値Ｐｔが、閾値Ｐｍｉｎ未満である場合（Ｓ４６；ＮＯ）、レーザ制御部３０は、レーザガス排気装置２４を制御することなく、処理をＳ５１に進めてもよい。

[0201] 充電器１２の充電電圧Ｖが、第２の閾値Ｖｍａｘを超えている場合（Ｓ４３；Ｖ＞Ｖｍａｘ）、レーザ制御部３０は、現在の圧力Ｐに所定値ΔＰを加算した値を、圧力の目標値Ｐｔとして設定してもよい（Ｓ４８）。次に、レーザ制御部３０は、設定された圧力の目標値Ｐｔと、閾値Ｐｍａｘとを比較してもよい（Ｓ４９）。

[0202] 設定された圧力の目標値Ｐｔが、閾値Ｐｍａｘ以下である場合（Ｓ４９；ＹＥＳ）、レーザ制御部３０は、処理をＳ５０に進めてもよい。Ｓ５０において、レーザ制御部３０は、レーザチャンバ１０内の圧力Ｐが目標値Ｐｔとなるように、レーザガス供給装置２３を制御してもよい。Ｓ５０の後、レーザ制御部３０は、処理をＳ５１に進めてもよい。

[0203] 設定された圧力の目標値Ｐｔが、閾値Ｐｍａｘを超えている場合（Ｓ４９；ＮＯ）、レーザ制御部３０は、レーザガス供給装置２３を制御することな

く、処理をＳ５１に進めてもよい。

[0204] Ｓ５１において、レーザ制御部３０は、再び、レーザチャンバ１０内の圧力Ｐを読み込んでもよい。

次に、レーザ制御部３０は、圧力Ｐのデータを、後述のメモリに書き込んでもよい（Ｓ５２）。

[0205] 次に、レーザ制御部３０は、ガス圧制御を停止するか否かを判定してもよい（Ｓ５３）。例えば、露光装置制御部１１０からレーザ光の出力停止信号を受信した場合には、レーザ制御部３０は、ガス圧制御を停止すると判定してもよい。ガス圧制御を停止する場合（Ｓ５３；ＹＥＳ）、レーザ制御部３０は、本フローチャートによる処理を終了してもよい。ガス圧制御を停止しない場合（Ｓ５３；ＮＯ）、レーザ制御部３０は、処理を上述のＳ４２に戻して、それ以降の処理を繰り返してもよい。

[0206] 以上のように、充電器１２の充電電圧Ｖが、第１の閾値Ｖｍｉｎ以上、第２の閾値Ｖｍａｘ以下である場合には、図３２に示される処理によるレーザガスの供給又は排出は行われなくてもよい。

[0207] 充電器１２の充電電圧Ｖが第１の閾値Ｖｍｉｎ未満になった場合、図３２に示される処理により、レーザガスの一部の排気が行われてもよい。レーザガスの一部の排気により、レーザチャンバ１０内の圧力Ｐが低下し得る。レーザチャンバ１０内の圧力Ｐが低下すると、エキシマレーザ装置の出力が低下しようとするので、エキシマレーザ装置の出力を一定化するために、図３１に示される処理により、充電電圧Ｖが上昇し得る。

このようにして、レーザチャンバ１０内の圧力Ｐを低下させることにより、一対の電極１１ａ及び１１ｂ間に供給される電圧の過度の低下が抑制され得る。

[0208] 充電器１２の充電電圧Ｖが第２の閾値Ｖｍａｘを超えた場合、図３２に示される処理により、レーザガスの供給が行われてもよい。レーザガスの供給により、レーザチャンバ１０内の圧力Ｐが上昇し得る。レーザチャンバ１０内の圧力Ｐが上昇すると、エキシマレーザ装置の出力が上昇しようとするの

で、エキシマレーザ装置の出力を一定化するために、図３１に示される処理によって充電電圧Ｖが低下し得る。

このようにして、レーザチャンバ１０内の圧力Ｐを上昇させることにより、一対の電極１１ａ及び１１ｂ間に供給される電圧の過度の上昇が抑制され得る。

[0209] しかし、充電器１２の充電電圧Ｖが第２の閾値Ｖｍａｘを超えて、レーザガスの供給が行われても、一対の電極１１ａ及び１１ｂが消耗した状態では、エキシマレーザ装置の出力の上昇が鈍くなり得る。その結果、一対の電極１１ａ及び１１ｂが新しい場合に比べて、一対の電極１１ａ及び１１ｂが消耗した状態では、レーザチャンバ１０内の圧力Ｐが上昇しやすくなり得る。

[0210] ６．４ 第１０の制御例

図３３は、本開示におけるファンの回転数制御に関する第１０の制御例を示すフローチャートである。図３３に示される処理は、第４の実施形態に係るエキシマレーザ装置において、レーザ制御部３０（図３０）によって行われてもよい。

[0211] 第１０の制御例は、レーザチャンバ１０内の圧力Ｐが閾値Ｐ１を超えたらファンの回転数を上げる点（Ｓ７４０、Ｓ８４０、Ｓ８８０）において、図３に示される第１の制御例と異なってもよい。図３に示される、電極ギャップＧを算出して、電極ギャップＧからファンの回転数の目標値Ｒを算出する処理（Ｓ４００、Ｓ５００）は、なくてもよい。

[0212] まず、レーザ制御部３０は、ファンの回転数の目標値Ｒを初期値Ｒ０に設定してもよい（Ｓ１００）。初期値Ｒ０は、レーザチャンバ１０内の圧力Ｐが閾値Ｐ１に達するまでの間は放電が安定しているが、一対の電極１１ａ及び１１ｂの消耗が進めば放電が不安定になり得る程度の回転数であってもよい。

[0213] 次に、レーザ制御部３０は、ファンの回転数が目標値Ｒとなるように、回転数制御部３１に回転数制御信号を送信してもよい（Ｓ６００）。この処理は、図３を参照しながら説明したＳ６００の処理と同様でよい。

[0214] 次に、レーザ制御部３０は、レーザチャンバ１０内の圧力Ｐのデータを後述のメモリから読み込んでもよい（Ｓ７４０）。

[0215] 次に、レーザ制御部３０は、レーザチャンバ１０内の圧力Ｐを、閾値Ｐ１と比較してもよい（Ｓ８４０）。レーザチャンバ１０内の圧力Ｐが、閾値Ｐ１以下である場合（Ｓ８４０；ＮＯ）、レーザ制御部３０は、処理をＳ６００に戻してもよい。レーザチャンバ１０内の圧力Ｐが、閾値Ｐ１を超える場合（Ｓ８４０；ＹＥＳ）、レーザ制御部３０は、処理をＳ８８０に進めてもよい。

[0216] Ｓ８８０において、レーザ制御部３０は、ファンの回転数の目標値Ｒを初期値Ｒ０からＲ１に変更してもよい。Ｒ１は、初期値Ｒ０よりも大きい値であってもよい。Ｒ１は、レーザチャンバ１０内の圧力ＰがＰｍａｘ（図３４参照）に達するまでの間は放電が安定し得る程度の回転数であってもよい。Ｐｍａｘは、閾値Ｐ１より大きい値であってもよい。

[0217] 次に、レーザ制御部３０は、回転数制御を停止するか否かを判定してもよい（Ｓ９００）。この処理は、図３を参照しながら説明したＳ９００の処理と同様でよい。但し、回転数制御を停止しない場合（Ｓ９００；ＮＯ）、レーザ制御部３０は、処理を上述のＳ６００に戻してそれ以降の処理を繰り返してもよい。

[0218] 図３４は、一対の電極１１ａ及び１１ｂの消耗に伴うレーザチャンバ１０内の圧力Ｐの変化と、それに応じたファンの回転数の目標値Ｒの設定例を示すグラフである。上述のように、一対の電極１１ａ及び１１ｂの消耗に伴い、レーザチャンバ１０内の圧力Ｐが上昇し得る。ファンの回転数の目標値Ｒは、レーザチャンバ１０内の圧力Ｐが閾値Ｐ１以下であるうちは初期値Ｒ０に設定され、レーザチャンバ１０内の圧力Ｐが閾値Ｐ１を超えたらＲ１に設定されてもよい。

[0219] 第１０の制御例においては、ファンの回転数の目標値Ｒを２段階で制御する場合について説明したが、３段階以上で制御してもよい。

[0220] ７．音響波の影響について

図３５は、エキシマレーザ装置におけるファンの回転数と、レーザ光のパルスエネルギー安定性Ｅ％との関係を模式的に示す。図３５においては、一対の電極１１ａ及び１１ｂの消耗量は変化しないものとしてもよい。

[0221] 上述の実施形態に係るエキシマレーザ装置においては、放電により生じた音響波が、回転しているクロスフローファン２１のブレードによって反射され、再び放電領域に戻り得る。音響波が放電領域に戻ってきたとき、放電領域におけるレーザガスのガス密度が揺らぎ、放電の安定性に影響を与える場合がある。音響波が放電の安定性に与える影響は、放電の繰り返し周波数と、ファンの回転数との関係に依存し得る。図３５に示されるように、放電の繰り返し周波数を一定としたとき、ファンの回転数が特定の値の付近になると、レーザ光のパルスエネルギー安定性Ｅ％が極端に悪化する場合がある。

[0222] そこで、上述の実施形態においては、放電の繰り返し周波数に対するファンの回転数の禁止帯を、あらかじめ後述のメモリに記憶させておいてもよい。例えば、放電の繰り返し周波数ごとに、レーザ光のパルスエネルギー安定性Ｅ％が所定の基準値より悪化するファンの回転数の範囲を求めておき、その範囲を禁止帯としてもよい。

[0223] そして、ファンの回転数制御においては、禁止帯を避けるように、ファンの回転数の目標値Ｒが決定されてもよい。例えば、上述の実施形態において、算出されたファンの回転数の目標値Ｒが禁止帯に入っているか否かを判定する処理が追加されてもよい。算出されたファンの回転数の目標値Ｒが禁止帯に入っている場合、算出されたファンの回転数の目標値Ｒに一定値を加算することにより、新たな目標値を決定してもよい。

[0224] ８．制御部の構成

図３６は、制御部の概略構成を示すブロック図である。

上述した実施の形態におけるレーザ制御部３０等の制御部は、コンピュータやプログラマブルコントローラ等汎用の制御機器によって構成されてもよい。例えば、以下のように構成されてもよい。

[0225] （構成）

制御部は、処理部１０００と、処理部１０００に接続される、ストレージメモリ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とによって構成されてもよい。また、処理部１０００は、ＣＰＵ１００１と、ＣＰＵ１００１に接続された、メモリ１００２と、タイマー１００３と、ＧＰＵ１００４とから構成されてもよい。

[0226] （動作）

処理部１０００は、ストレージメモリ１００５に記憶されたプログラムを読み出してもよい。また、処理部１０００は、読み出したプログラムを実行したり、プログラムの実行に従ってストレージメモリ１００５からデータを読み出したり、ストレージメモリ１００５にデータを記憶させたりしてもよい。

[0227] パラレルＩ／Ｏコントローラ１０２０は、パラレルＩ／Ｏポートを介して通信可能な機器１０２１～１０２ｘに接続されてもよい。パラレルＩ／Ｏコントローラ１０２０は、処理部１０００がプログラムを実行する過程で行うパラレルＩ／Ｏポートを介した、デジタル信号による通信を制御してもよい。

[0228] シリアルＩ／Ｏコントローラ１０３０は、シリアルＩ／Ｏポートを介して通信可能な機器１０３１～１０３ｘに接続されてもよい。シリアルＩ／Ｏコントローラ１０３０は、処理部１０００がプログラムを実行する過程で行うシリアルＩ／Ｏポートを介した、デジタル信号による通信を制御してもよい。

[0229] Ａ／Ｄ、Ｄ／Ａコンバータ１０４０は、アナログポートを介して通信可能な機器１０４１～１０４ｘに接続されてもよい。Ａ／Ｄ、Ｄ／Ａコンバータ１０４０は、処理部１０００がプログラムを実行する過程で行うアナログポートを介した、アナログ信号による通信を制御してもよい。

[0230] ユーザインターフェイス１０１０は、オペレータが処理部１０００によるプログラムの実行過程を表示したり、オペレータによるプログラム実行の中

止や割り込み処理を処理部１０００に行わせたりするよう構成されてもよい。

[0231] 処理部１０００のＣＰＵ１００１はプログラムの演算処理を行ってもよい。メモリ１００２は、ＣＰＵ１００１がプログラムを実行する過程で、プログラムの一時記憶や、演算過程でのデータの一時記憶を行ってもよい。タイマー１００３は、時刻や経過時間を計測し、プログラムの実行に従ってＣＰＵ１００１に時刻や経過時間を出力してもよい。ＧＰＵ１００４は、処理部１０００に画像データが入力された際、プログラムの実行に従って画像データを処理し、その結果をＣＰＵ１００１に出力してもよい。

[0232] パラレルＩ／Ｏコントローラ１０２０に接続される、パラレルＩ／Ｏポートを介して通信可能な機器１０２１～１０２ｘは、露光装置制御部１１０、他の制御部等であってもよい。

シリアルＩ／Ｏコントローラ１０３０に接続される、シリアルＩ／Ｏポートを介して通信可能な機器１０３１～１０３ｘは、充電器１２、パルスパワーモジュール１３、回転数制御部３１等であってもよい。

Ａ／Ｄ、Ｄ／Ａコンバータ１０４０に接続される、アナログポートを介して通信可能な機器１０４１～１０４ｘは、圧力センサ１６、パルスエネルギー計測部１７、ビームプロファイル計測部１８等の各種センサであってもよい。

以上のように構成されることで、制御部は各実施形態に示された動作を実現可能であってよい。

[0233] 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。

[0234] 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] レーザガスを封入するチャンバと、

前記チャンバの内部に配置された一対の電極と、

前記チャンバの内部に配置されたファンと、

前記ファンの回転軸に接続されるモータと、

前記一対の電極の消耗パラメータに基づいて、前記ファンの回転数を制御する回転数制御部と、

を備える、ガスレーザ装置。

[請求項2] 前記一対の電極のうちの１つの電極を、もう１つの電極に近づくように移動させる電極移動機構をさらに備え、

前記回転数制御部は、前記一対の電極の消耗パラメータと前記電極移動機構による前記１つの電極の移動量とに基づいて、前記ファンの回転数を制御する、

請求項１記載のガスレーザ装置。

[請求項3] 前記一対の電極の間隔を計測する間隔計測部をさらに備え、

前記消耗パラメータは、前記一対の電極の間隔を含む、請求項１記載のガスレーザ装置。

[請求項4] 前記消耗パラメータは、前記一対の電極が前記チャンバの内部に設置されてからの、前記一対の電極間に供給されたパルス電圧の全パルス数である、請求項１記載のガスレーザ装置。

[請求項5] 前記消耗パラメータは、前記一対の電極が前記チャンバの内部に設置されてからの、前記一対の電極間に投入されたエネルギーの積算値である、請求項１記載のガスレーザ装置。

[請求項6] 前記消耗パラメータは、前記チャンバから出力されるレーザ光のパルスエネルギーの安定性である、請求項１記載のガスレーザ装置。

[請求項7] 前記消耗パラメータは、前記チャンバから出力されるレーザ光のパルスエネルギーの目標値との一致度である、請求項１記載のガスレーザ装置。

[請求項8] 前記消耗パラメータは、前記チャンバの内部のレーザガスの圧力である、請求項１記載のガスレーザ装置。

[請求項9] 前記消耗パラメータは、前記一対の電極間にパルス電圧を供給する充電器の充電電圧である、請求項１記載のガスレーザ装置。

[請求項10] レーザガスを封入するチャンバと、

前記チャンバの内部に配置された一対の電極と、

前記チャンバの内部に配置されたファンと、

前記ファンの回転軸に接続されるモータと、

前記一対の電極のうちの１つの電極を、もう１つの電極に近づくように移動させる電極移動機構と、

前記電極移動機構による前記１つの電極の移動後に算出された前記一対の電極の間隔に基づいて、前記ファンの回転数を制御する回転数制御部と、

を備える、ガスレーザ装置。

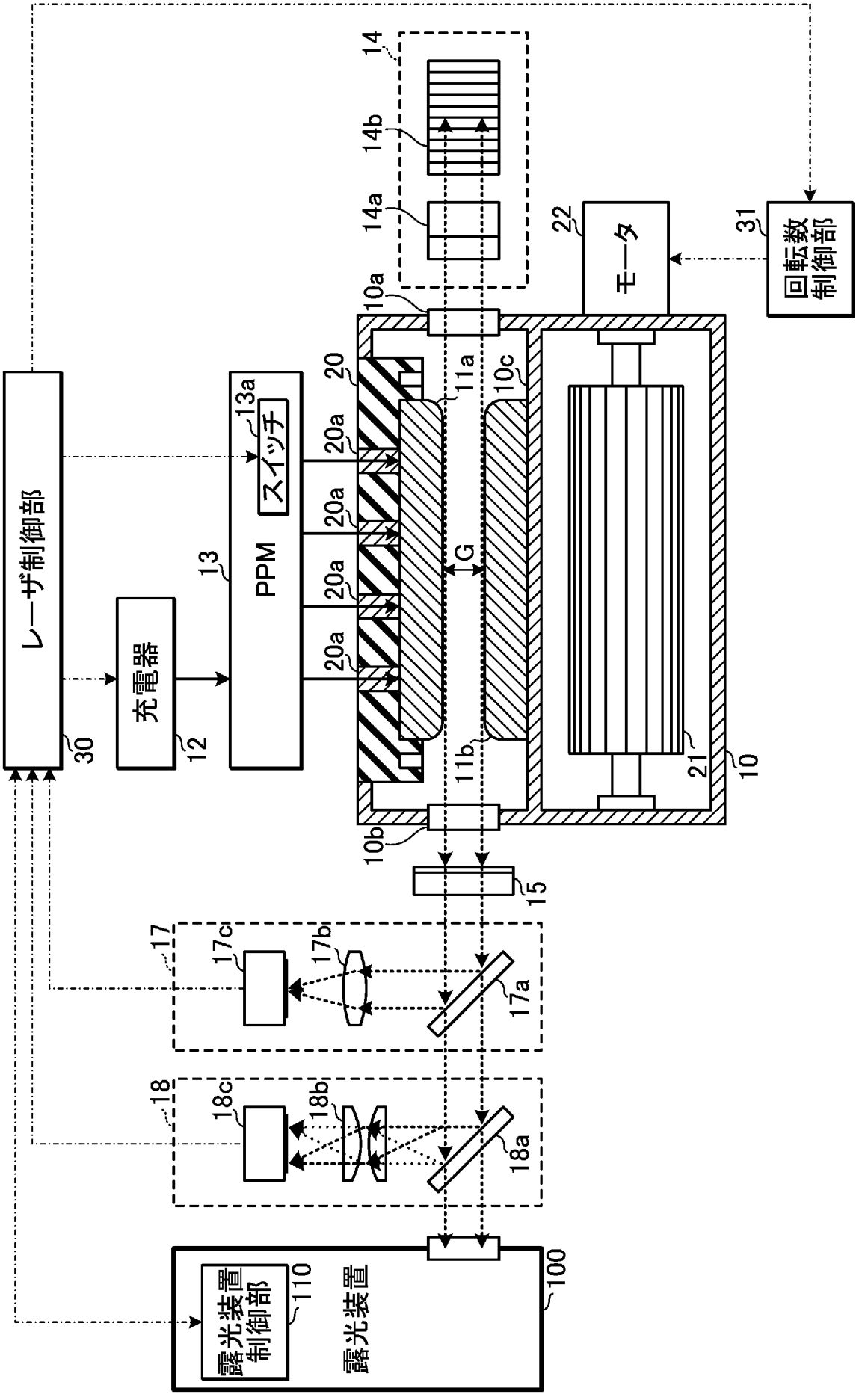
[請求項11] レーザガスを封入するチャンバと、前記チャンバの内部に配置された一対の電極と、前記チャンバの内部に配置されたファンと、前記ファンの回転軸に接続されるモータと、を備えるガスレーザ装置の制御方法であって、

前記一対の電極の消耗パラメータに基づいて、前記一対の電極の間隔を算出し、

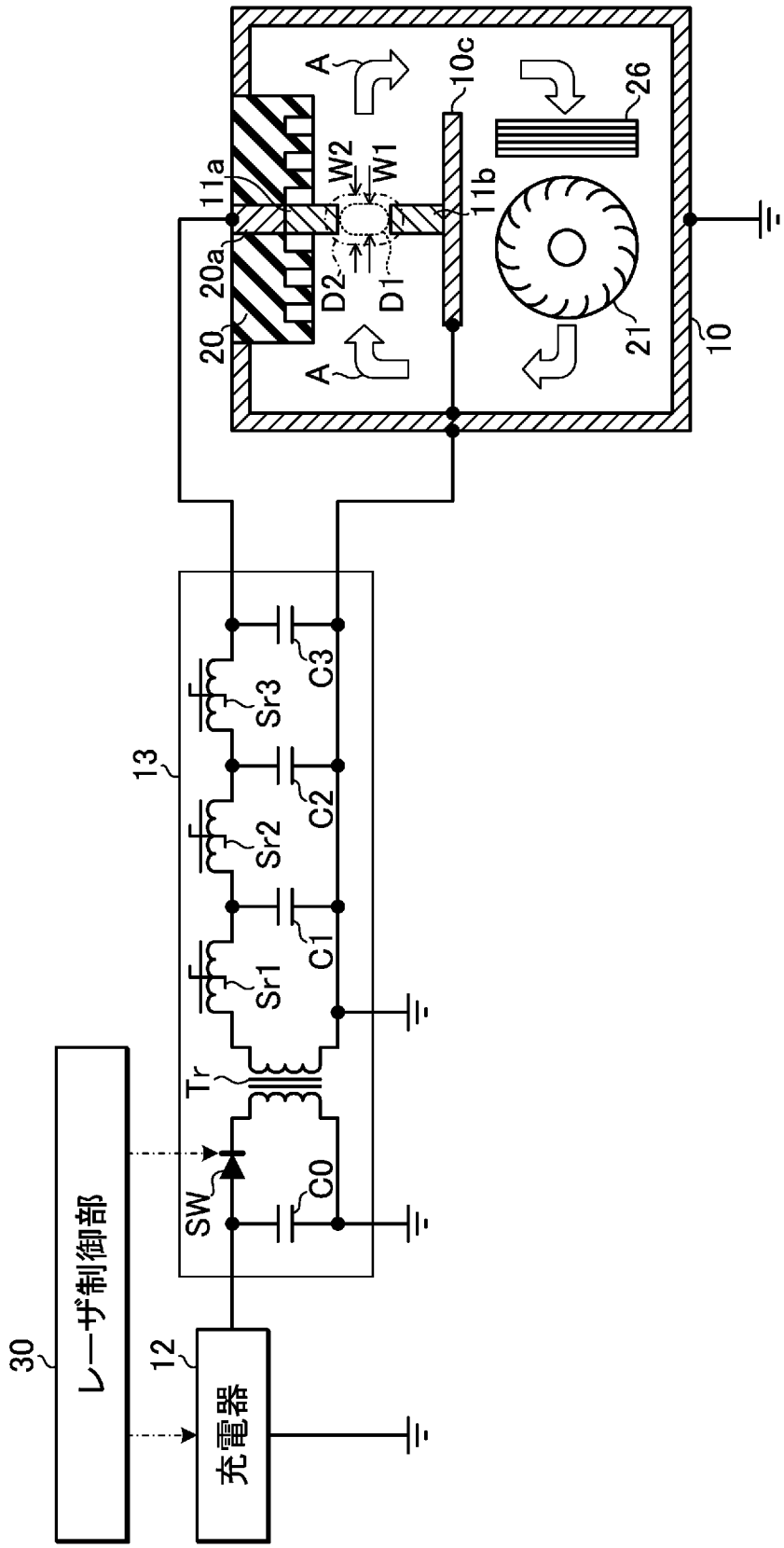
算出された前記一対の電極の間隔に基づいて、前記ファンの回転数を制御する

ことを含む、ガスレーザ装置の制御方法。

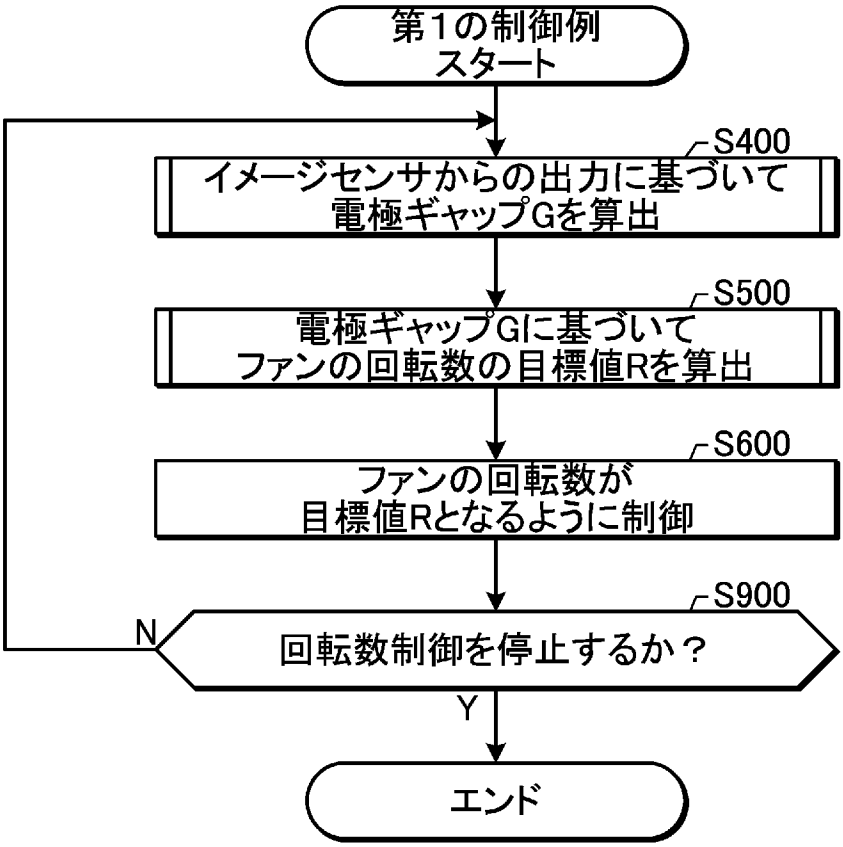
[図1]


レーザ制御部
充電器
PPM
スイッチ
モータ
回転数制御部
露光装置制御部
露光装置
G
10
10a
10b
10c
11a
11b
12
13
13a
14
14a
14b
15
17
17a
17b
17c
18
18a
18b
18c
20
20a
21
22
30
31
100
110

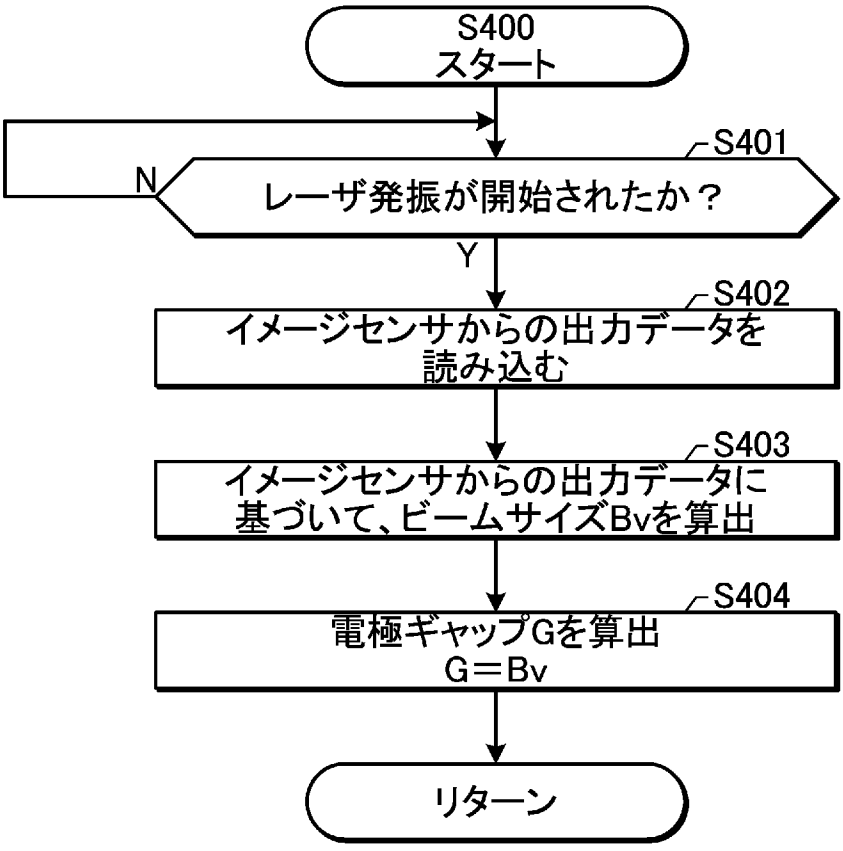
[図2]


A
10c
26
W2
W1
11a
11b
20a
D2
D1
20
A
21
10
13
C3
Sr3
C2
Sr2
C1
Sr1
Tr
C0
SW
30
レーザ制御部
12
充電器

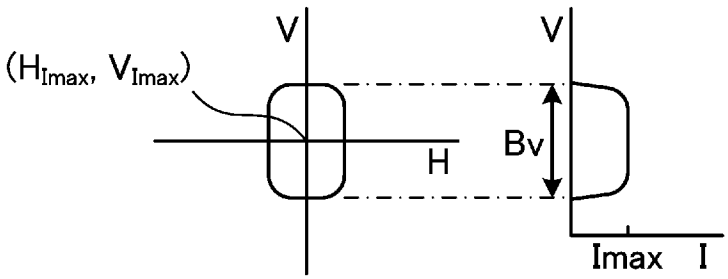
[図3]


第1の制御例
スタート
S400
イメージセンサからの出力に基づいて
電極ギャップGを算出
S500
電極ギャップGに基づいて
ファンの回転数の目標値Rを算出
S600
ファンの回転数が
目標値Rとなるように制御
S900
回転数制御を停止するか？
N
Y
エンド

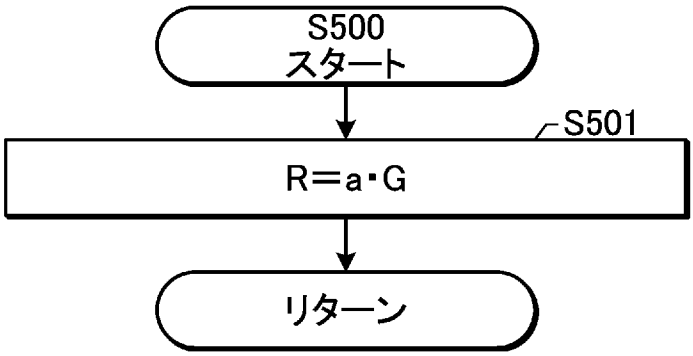
[図4A]


S400
スタート
S401
レーザ発振が開始されたか？
N
Y
S402
イメージセンサからの出力データを
読み込む
S403
イメージセンサからの出力データに
基づいて、ビームサイズBvを算出
S404
電極ギャップGを算出
G＝Bv
リターン

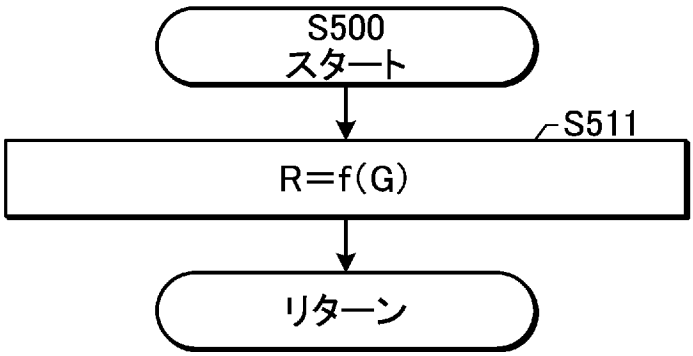
[図4B]



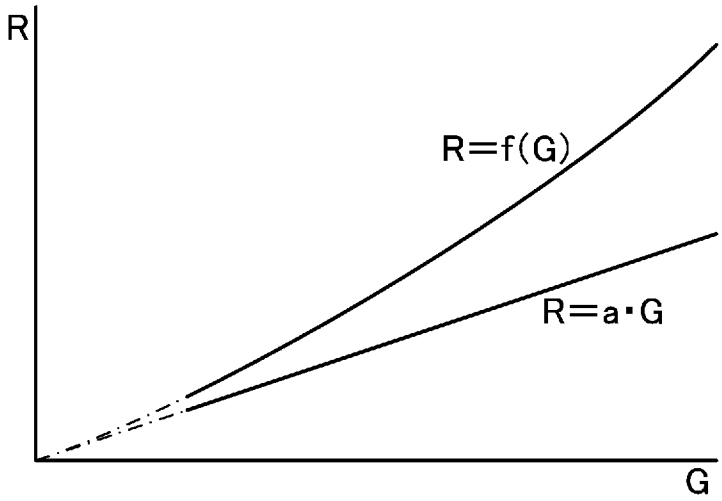
[図5A]



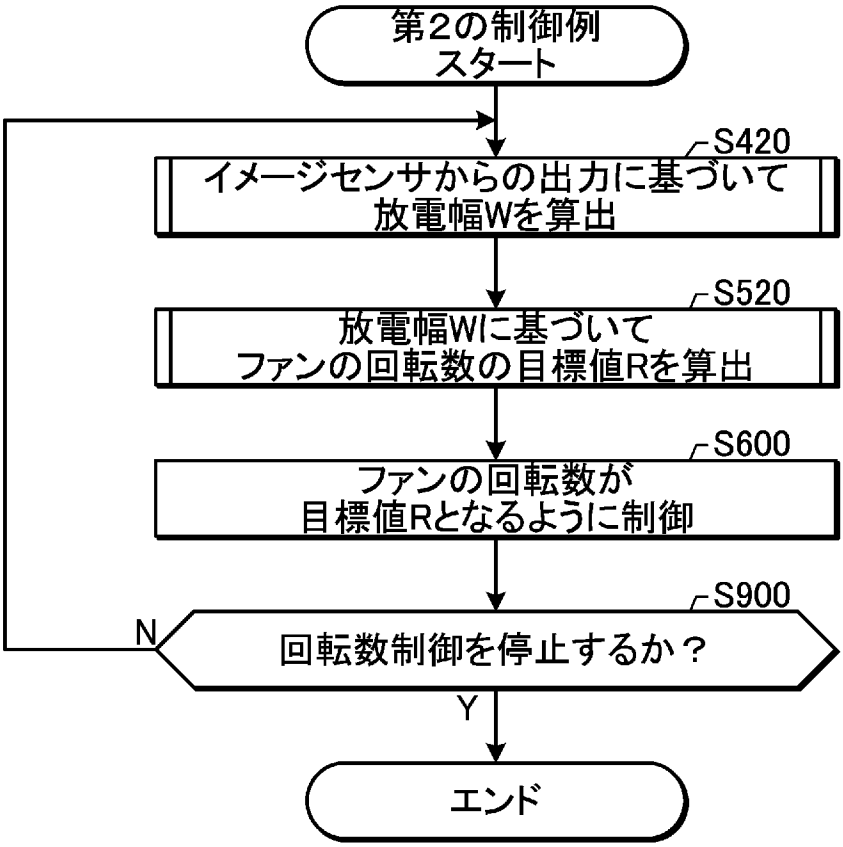
[図5B]



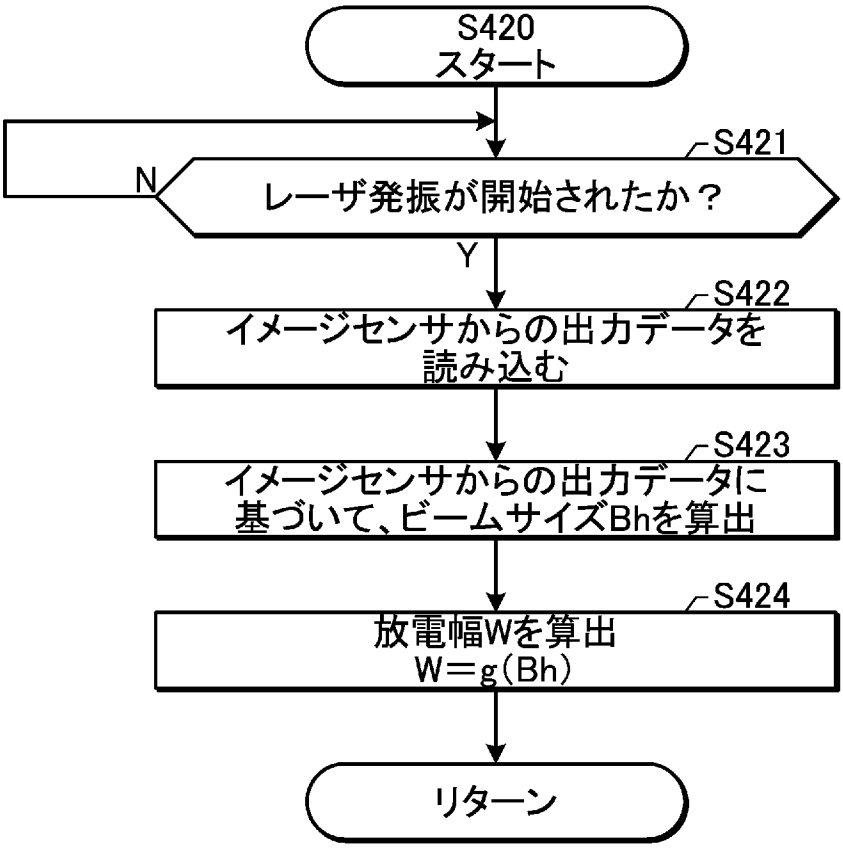
[図5C]



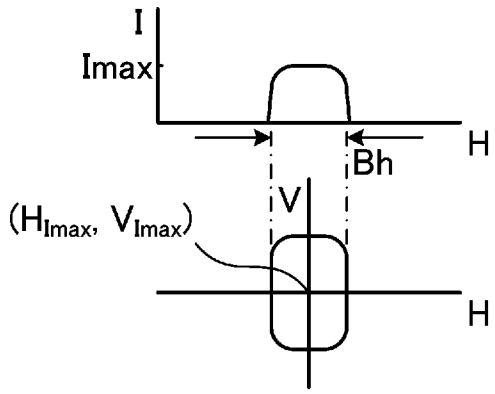
[図6]


第2の制御例
スタート
S420
イメージセンサからの出力に基づいて
放電幅Wを算出
S520
放電幅Wに基づいて
ファンの回転数の目標値Rを算出
S600
ファンの回転数が
目標値Rとなるように制御
S900
回転数制御を停止するか？
N
Y
エンド

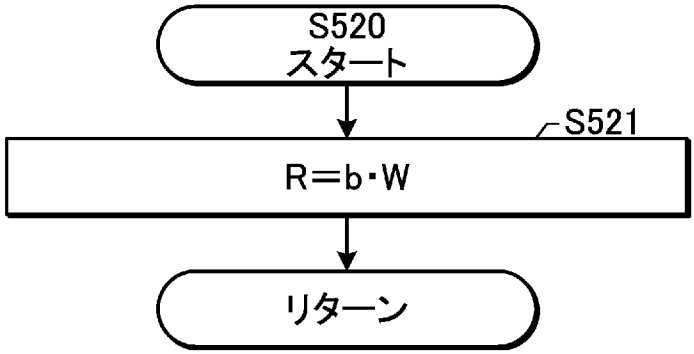
[図7A]


S420
スタート
S421
レーザ発振が開始されたか？
N
Y
S422
イメージセンサからの出力データを
読み込む
S423
イメージセンサからの出力データに
基づいて、ビームサイズBhを算出
S424
放電幅Wを算出
W＝g(Bh)
リターン

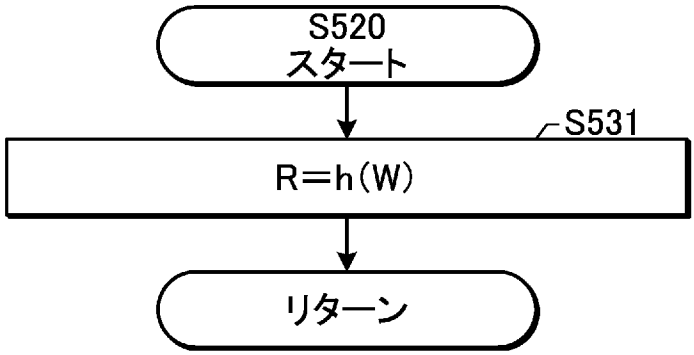
[図7B]



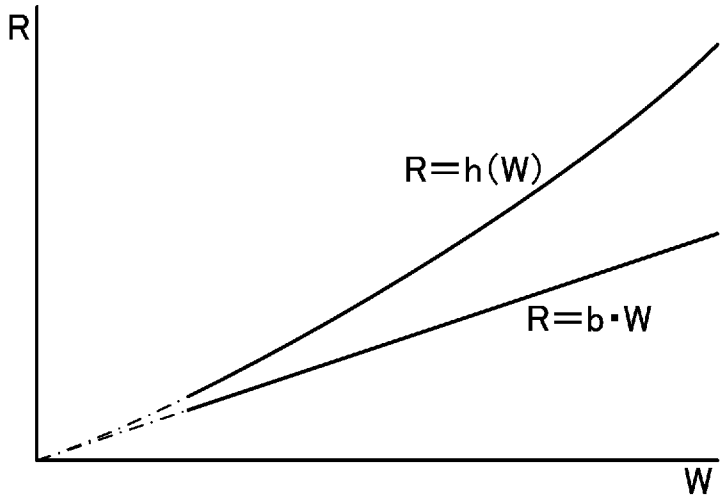
[図8A]



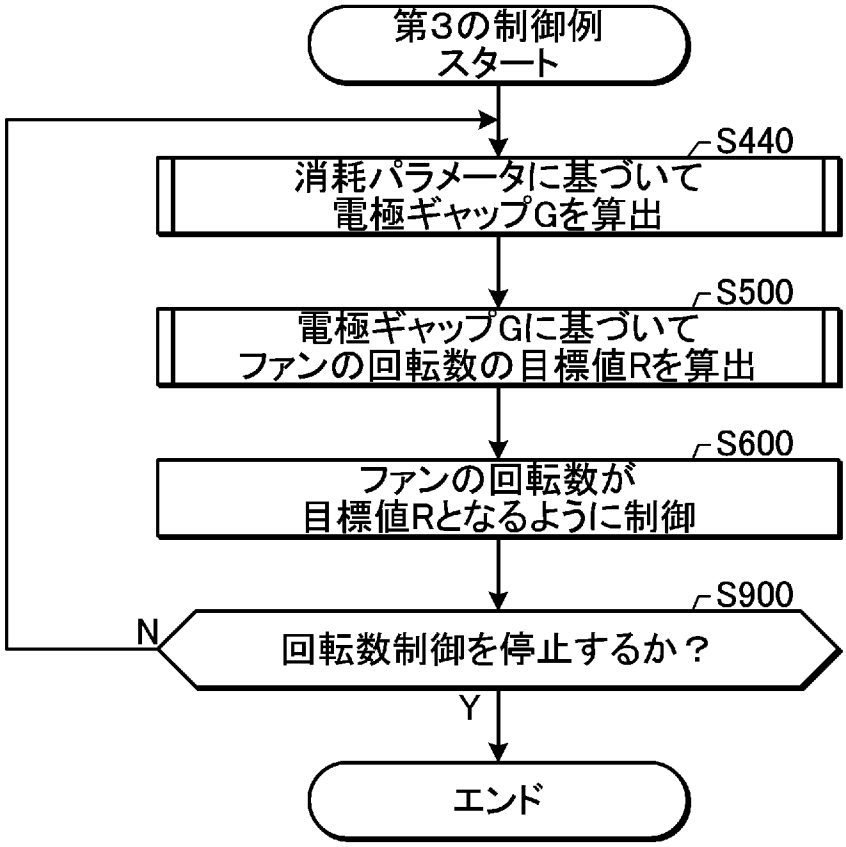
[図8B]



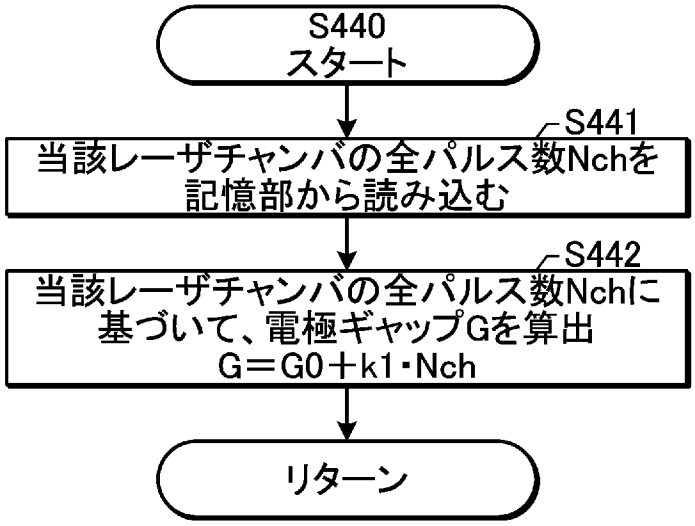
[図8C]



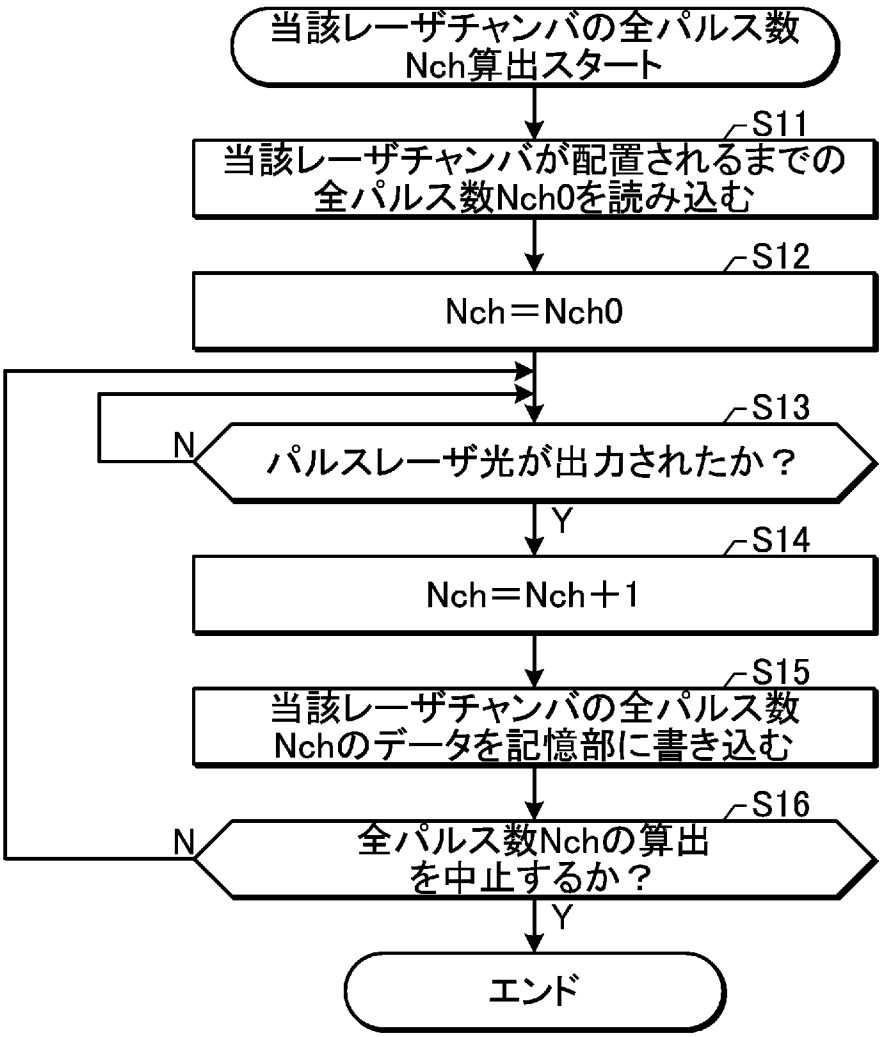
[図9]


第3の制御例
スタート
S440
消耗パラメータに基づいて
電極ギャップGを算出
S500
電極ギャップGに基づいて
ファンの回転数の目標値Rを算出
S600
ファンの回転数が
目標値Rとなるように制御
S900
回転数制御を停止するか？
N
Y
エンド

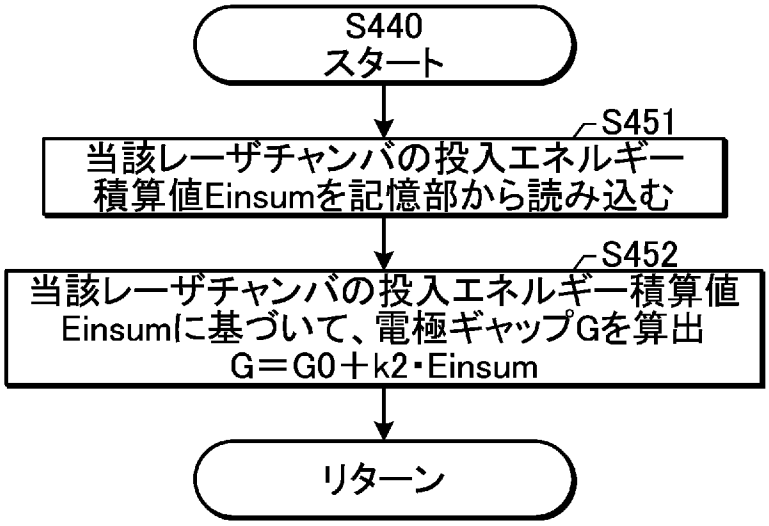
[図10A]


S440
スタート
S441
当該レーザチャンバの全パルス数Nchを
記憶部から読み込む
S442
当該レーザチャンバの全パルス数Nchに
基づいて、電極ギャップGを算出
G＝G0＋k1・Nch
リターン

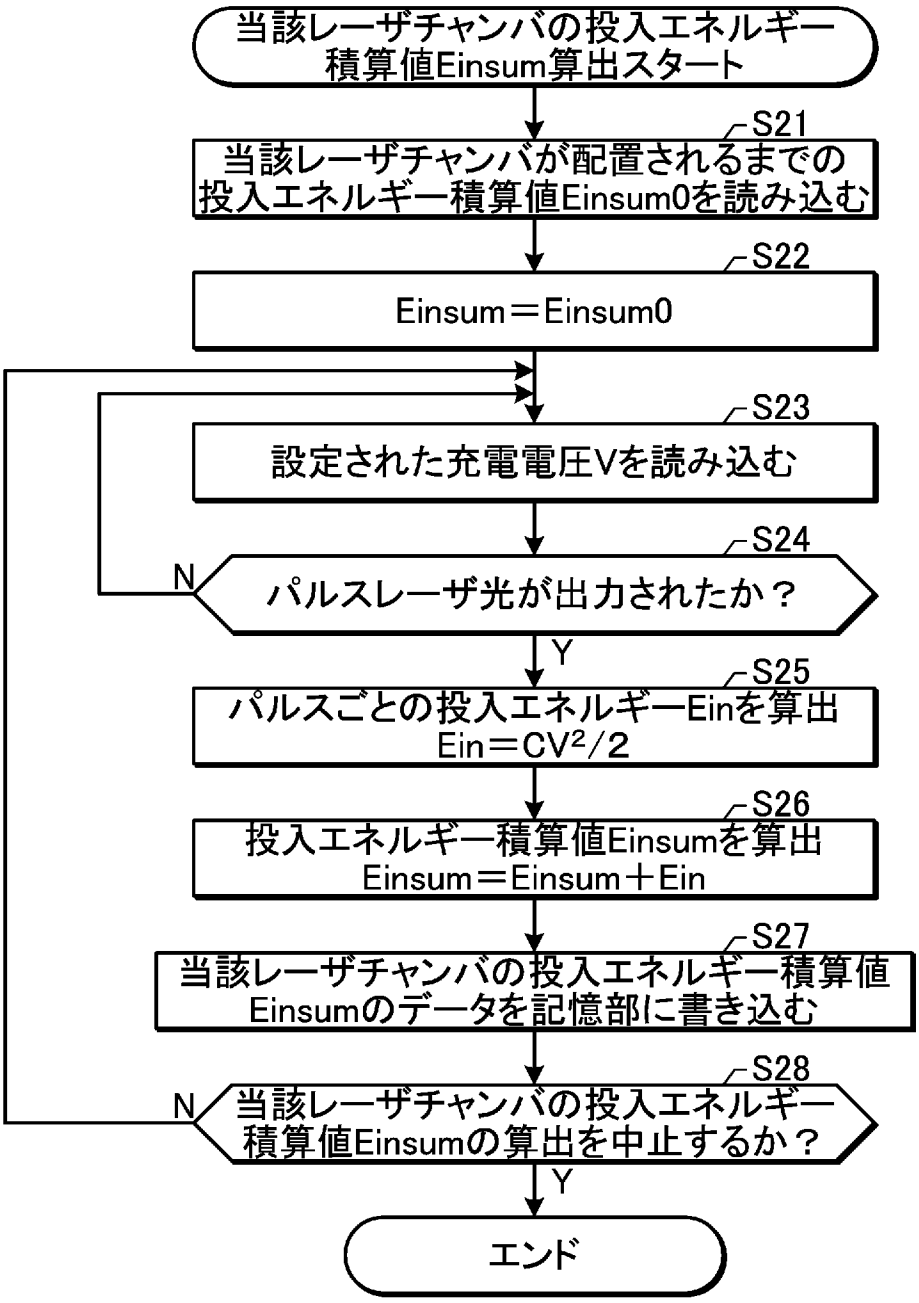
[図10B]


当該レーザチャンバの全パルス数
Nch算出スタート
S11
当該レーザチャンバが配置されるまでの
全パルス数Nch0を読み込む
S12
Nch＝Nch0
S13
N
パルスレーザ光が出力されたか？
Y
S14
Nch＝Nch＋1
S15
当該レーザチャンバの全パルス数
Nchのデータを記憶部に書き込む
S16
N
全パルス数Nchの算出
を中止するか？
Y
エンド

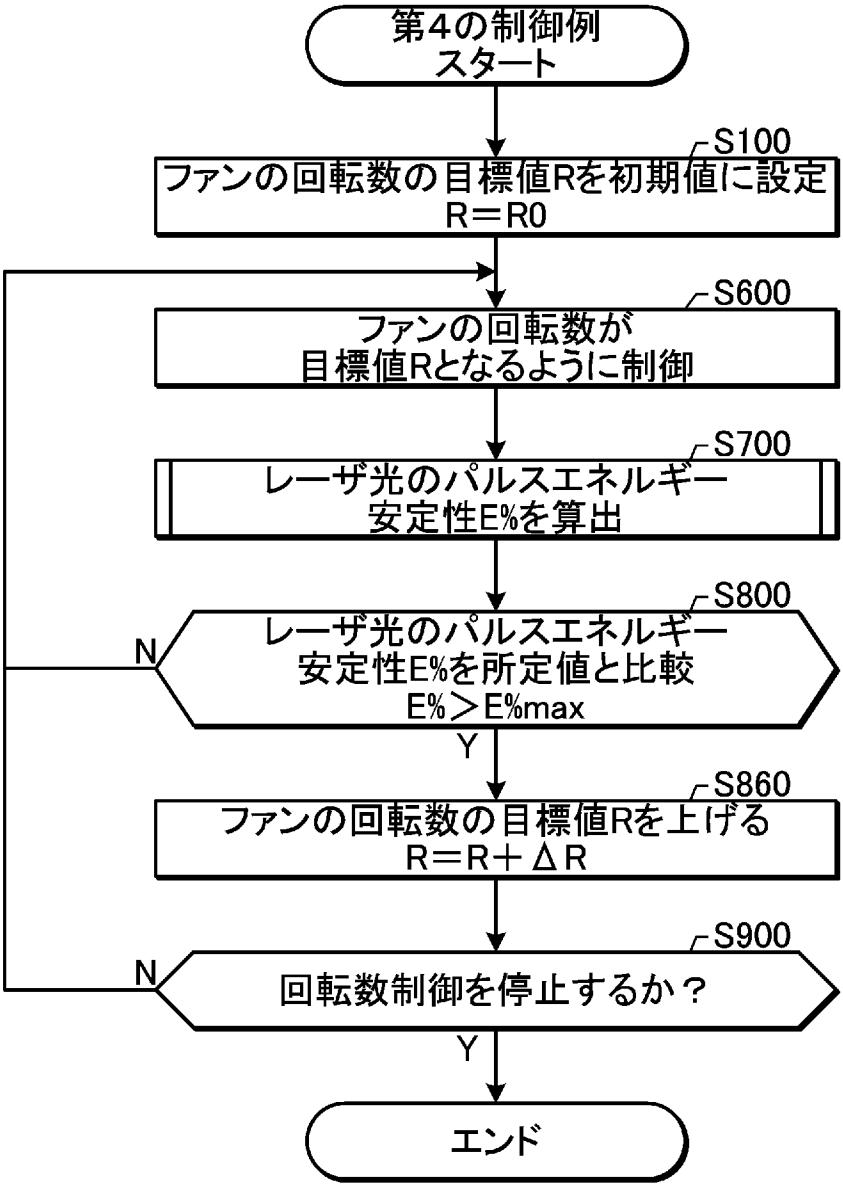
[図11A]


S440
スタート
S451
当該レーザチャンバの投入エネルギー
積算値Einsumを記憶部から読み込む
S452
当該レーザチャンバの投入エネルギー積算値
Einsumに基づいて、電極ギャップGを算出
G＝G0＋k2・Einsum
リターン

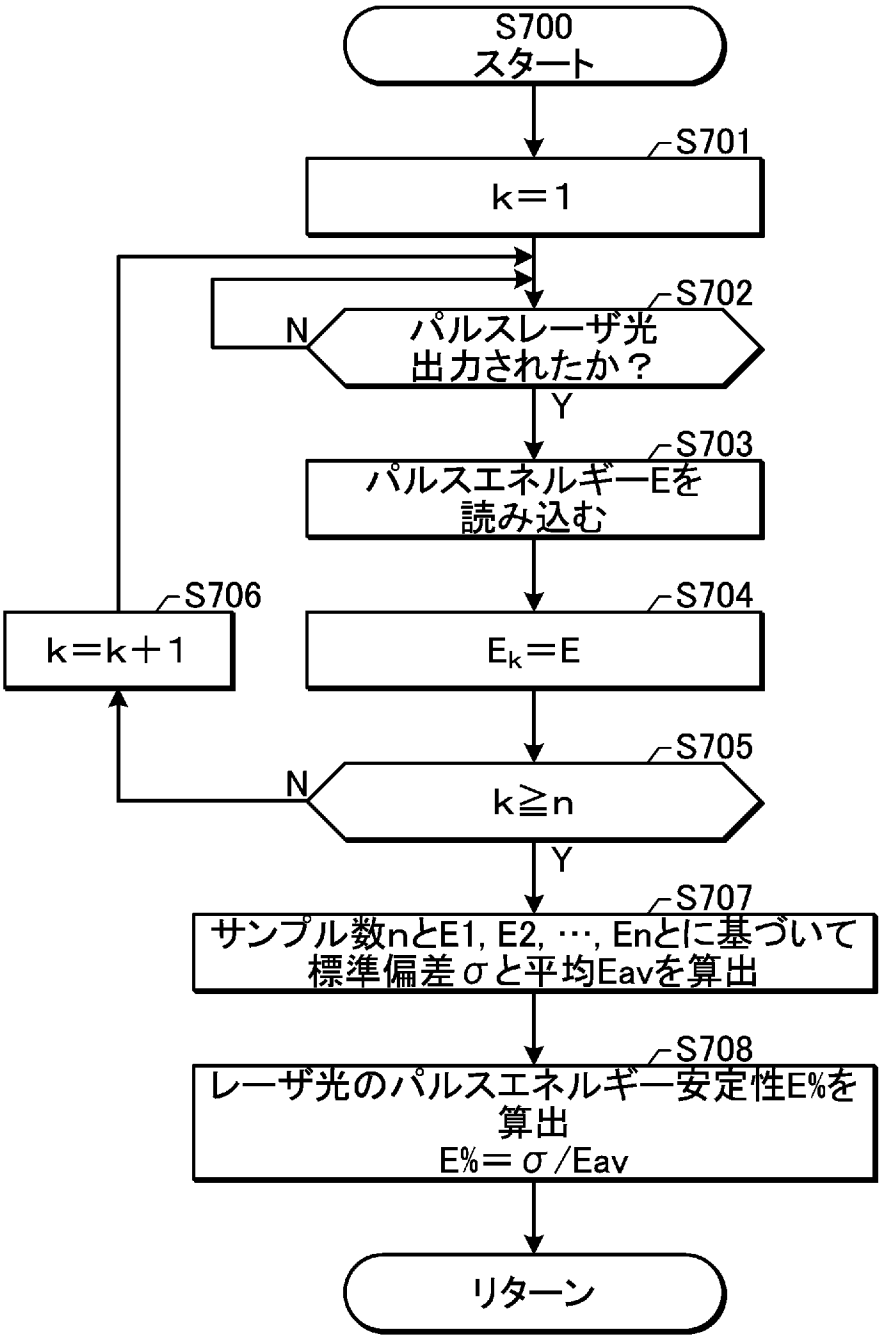
[図11B]


当該レーザチャンバの投入エネルギー
積算値Einsum算出スタート
S21
当該レーザチャンバが配置されるまでの
投入エネルギー積算値Einsum0を読み込む
S22
Einsum＝Einsum0
S23
設定された充電電圧Vを読み込む
S24
N
パルスレーザ光が出力されたか？
Y
S25
パルスごとの投入エネルギーEinを算出
Ein＝CV²/2
S26
投入エネルギー積算値Einsumを算出
Einsum＝Einsum＋Ein
S27
当該レーザチャンバの投入エネルギー積算値
Einsumのデータを記憶部に書き込む
S28
N
当該レーザチャンバの投入エネルギー
積算値Einsumの算出を中止するか？
Y
エンド

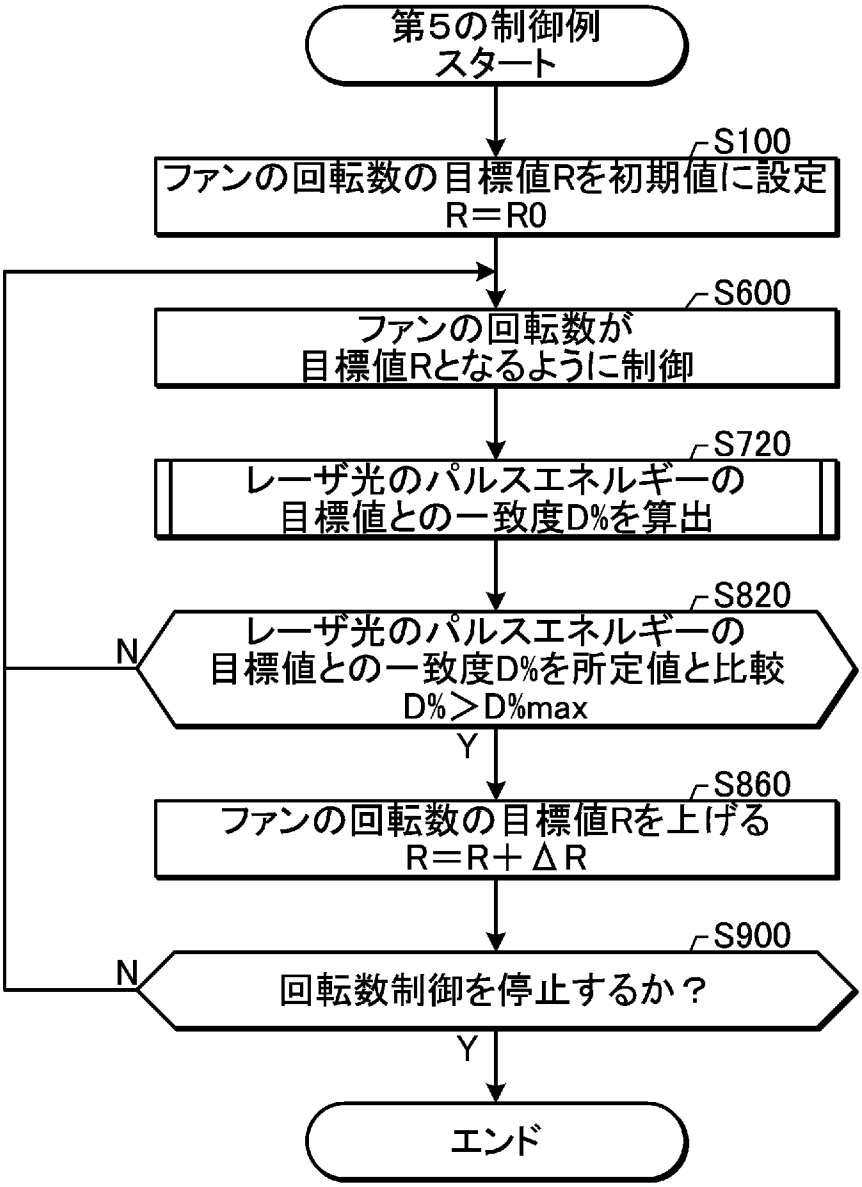
[図12]


第4の制御例
スタート
S100
ファンの回転数の目標値Rを初期値に設定
R＝R0
S600
ファンの回転数が
目標値Rとなるように制御
S700
レーザ光のパルスエネルギー
安定性E%を算出
S800
レーザ光のパルスエネルギー
安定性E%を所定値と比較
E%＞E%max
N
Y
S860
ファンの回転数の目標値Rを上げる
R＝R＋ΔR
S900
回転数制御を停止するか？
N
Y
エンド

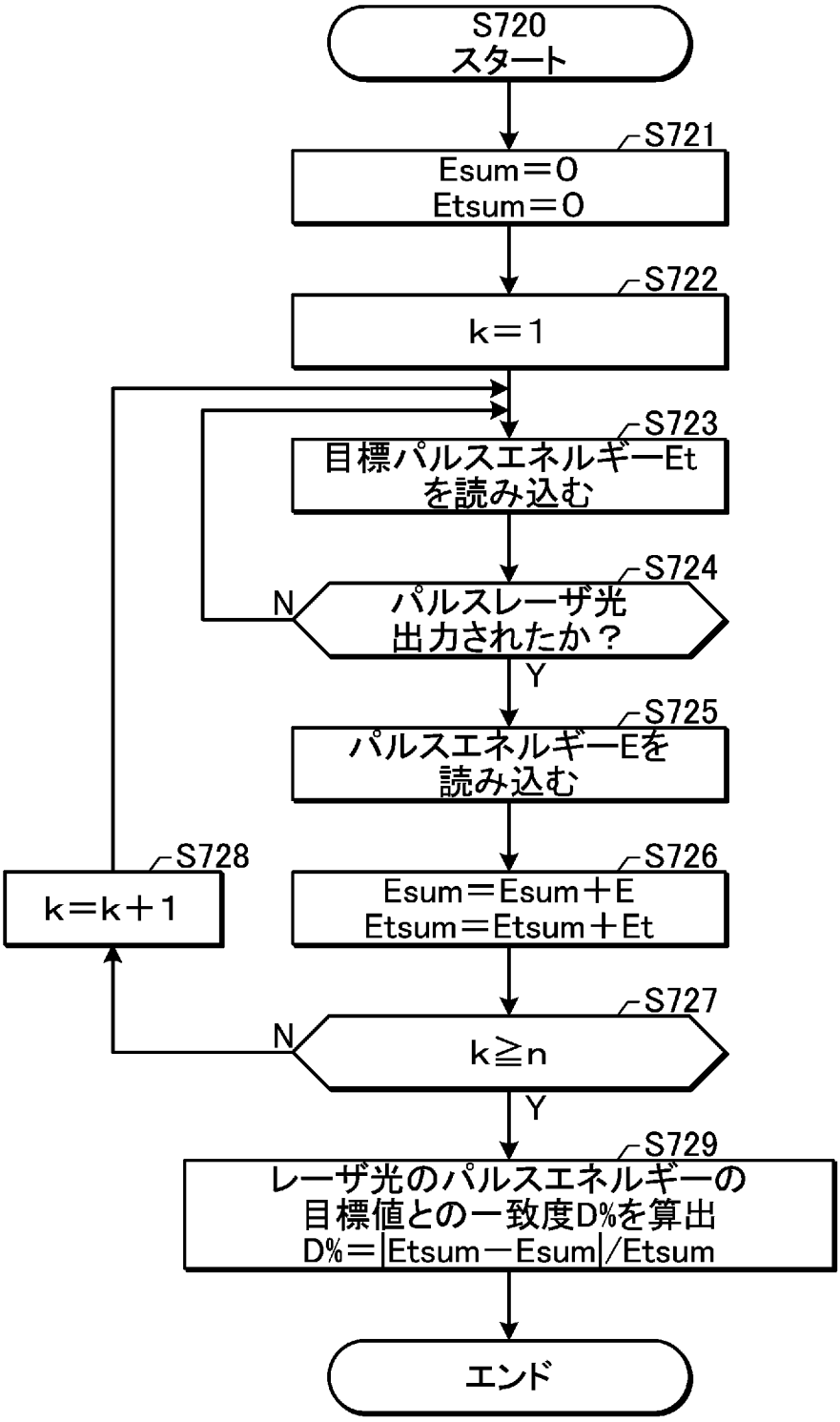
[図13]


S700
スタート
S701
k＝1
S702
N
パルスレーザ光
出力されたか？
Y
S703
パルスエネルギーEを
読み込む
S704
E_k＝E
S705
N
k≧n
Y
S706
k＝k＋1
S707
サンプル数nとE1, E2, …, Enとに基づいて
標準偏差σと平均Eavを算出
S708
レーザ光のパルスエネルギー安定性E%を
算出
E%＝σ/Eav
リターン

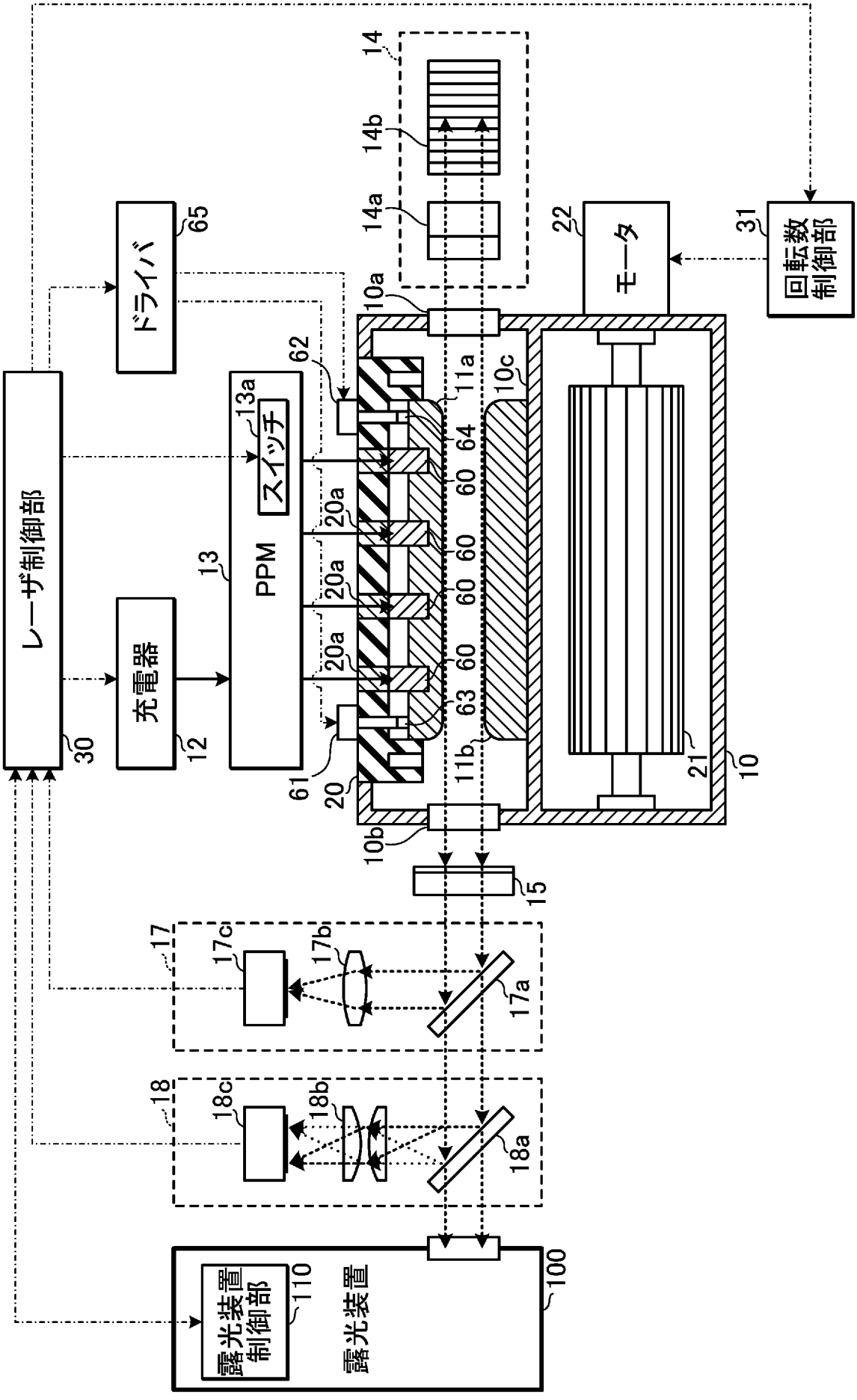
[図14]


第5の制御例
スタート
S100
ファンの回転数の目標値Rを初期値に設定
R＝R0
S600
ファンの回転数が
目標値Rとなるように制御
S720
レーザ光のパルスエネルギーの
目標値との一致度D%を算出
S820
レーザ光のパルスエネルギーの
目標値との一致度D%を所定値と比較
D%＞D%max
N
Y
S860
ファンの回転数の目標値Rを上げる
R＝R＋ΔR
S900
回転数制御を停止するか？
N
Y
エンド

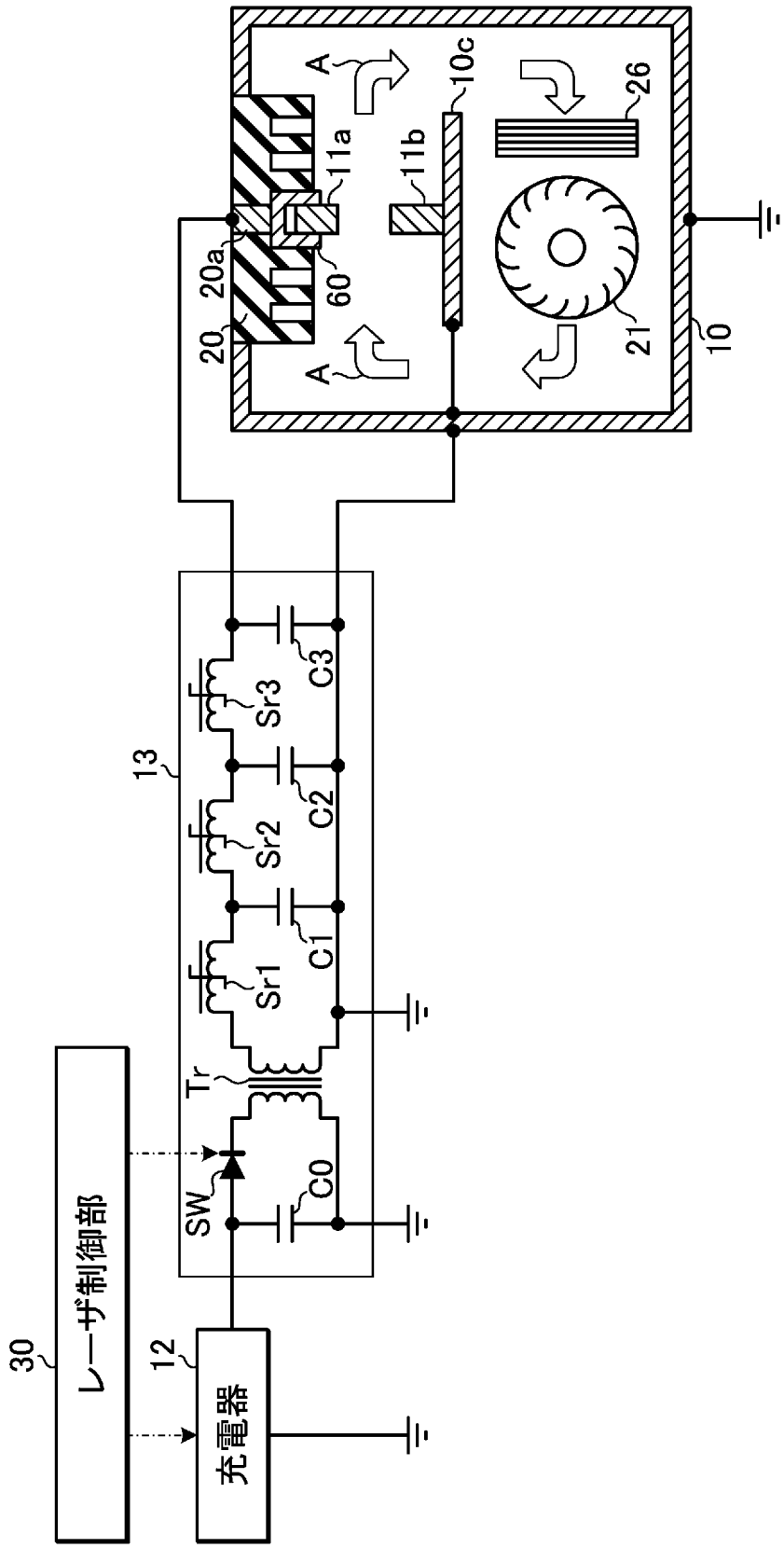
[図15]


S720
スタート
S721
Esum＝0
Etsum＝0
S722
k＝1
S723
目標パルスエネルギーEt
を読み込む
S724
パルスレーザ光
出力されたか？
N
Y
S725
パルスエネルギーEを
読み込む
S726
Esum＝Esum＋E
Etsum＝Etsum＋Et
S727
k≧n
N
Y
S728
k＝k＋1
S729
レーザ光のパルスエネルギーの
目標値との一致度D%を算出
D%＝|Etsum－Esum|/Etsum
エンド

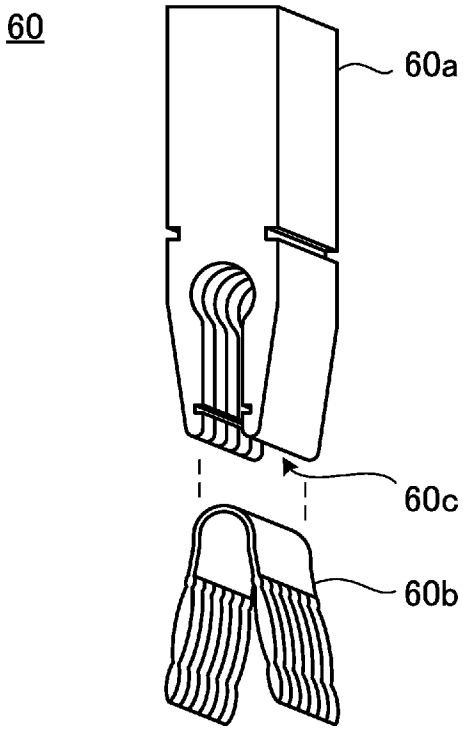
[図16]


レーザ制御部
30
充電器
12
PPM
13
スイッチ
13a
ドライバ
65
62
61
20
20a
60
63
64
11a
11b
10c
10a
10b
10
21
モータ
22
回転数制御部
31
14
14a
14b
15
17
17a
17b
17c
18
18a
18b
18c
露光装置制御部
110
露光装置
100

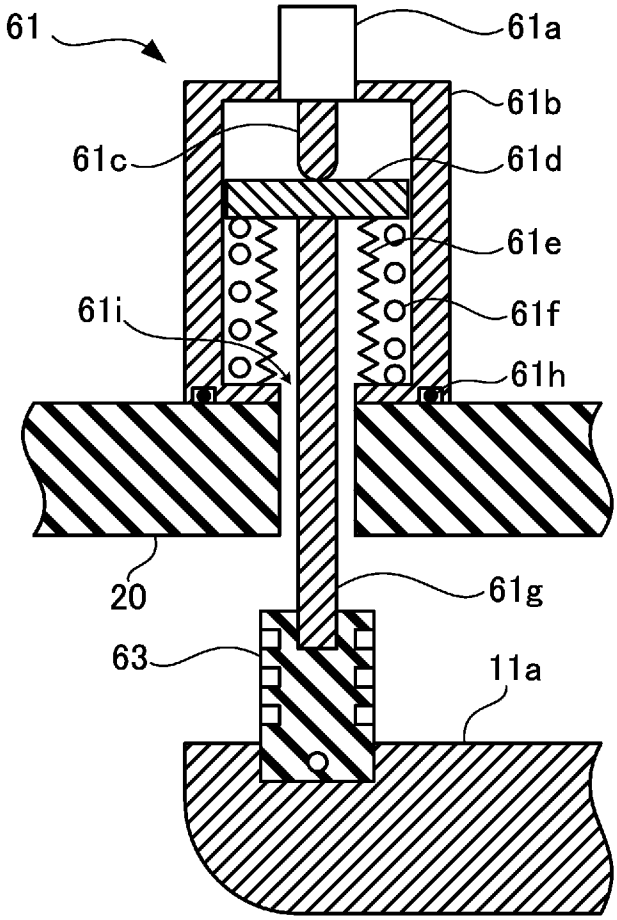
[図17]


A
10c
26
11a
11b
20a
60
20
A
21
10
13
C3
Sr3
C2
Sr2
C1
Sr1
Tr
C0
SW
30
レーザ制御部
12
充電器

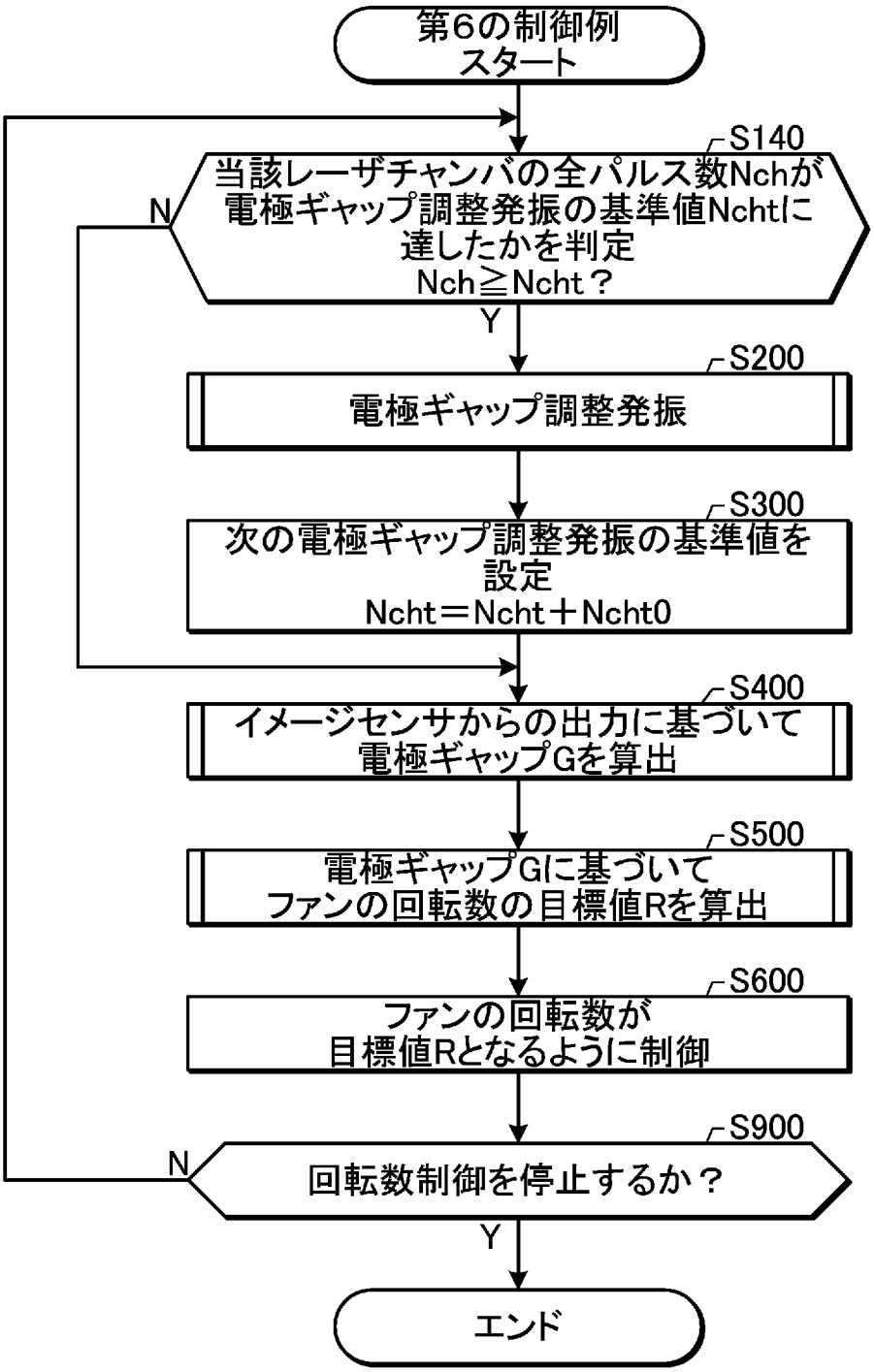
[図18]



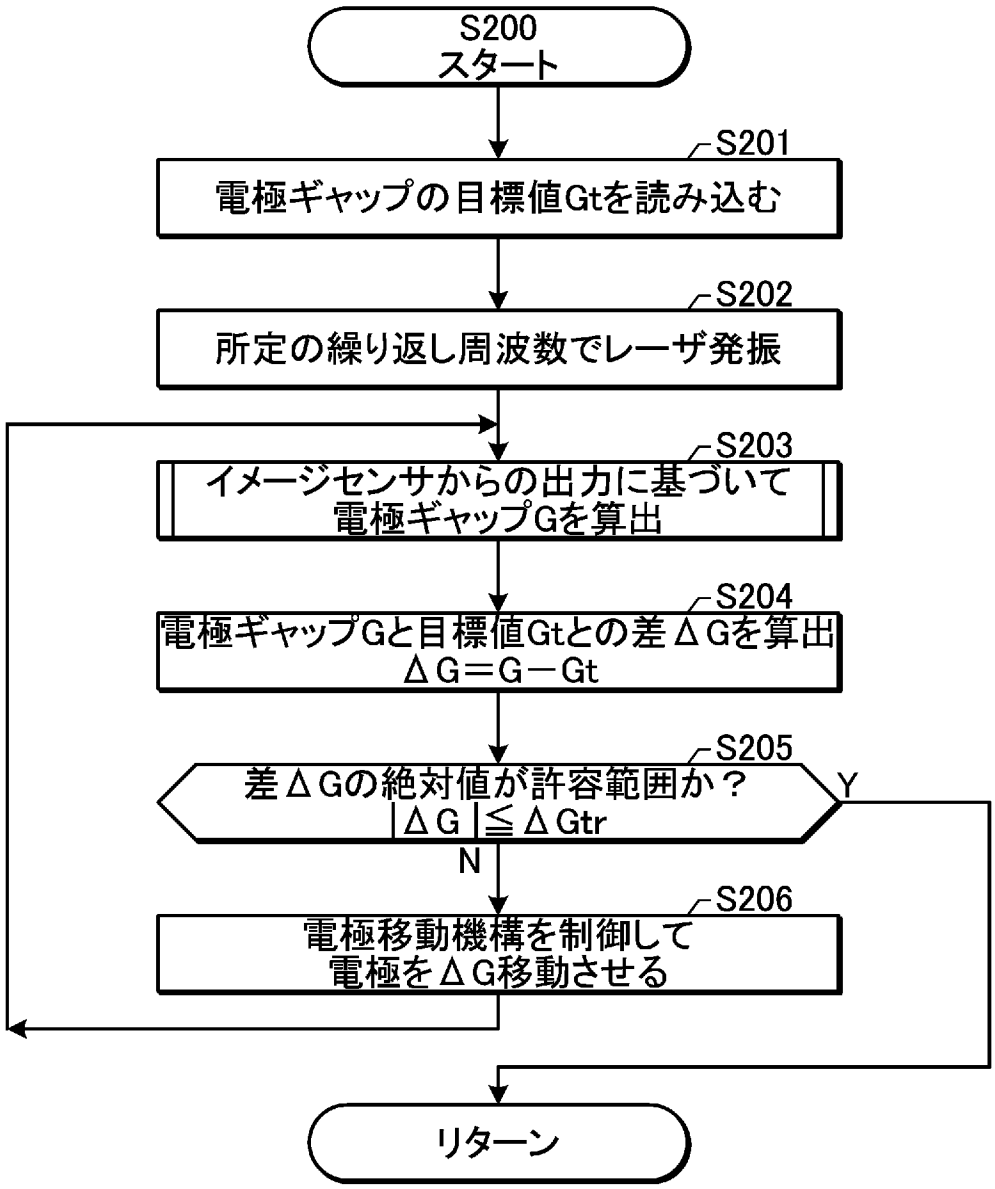
[図19]



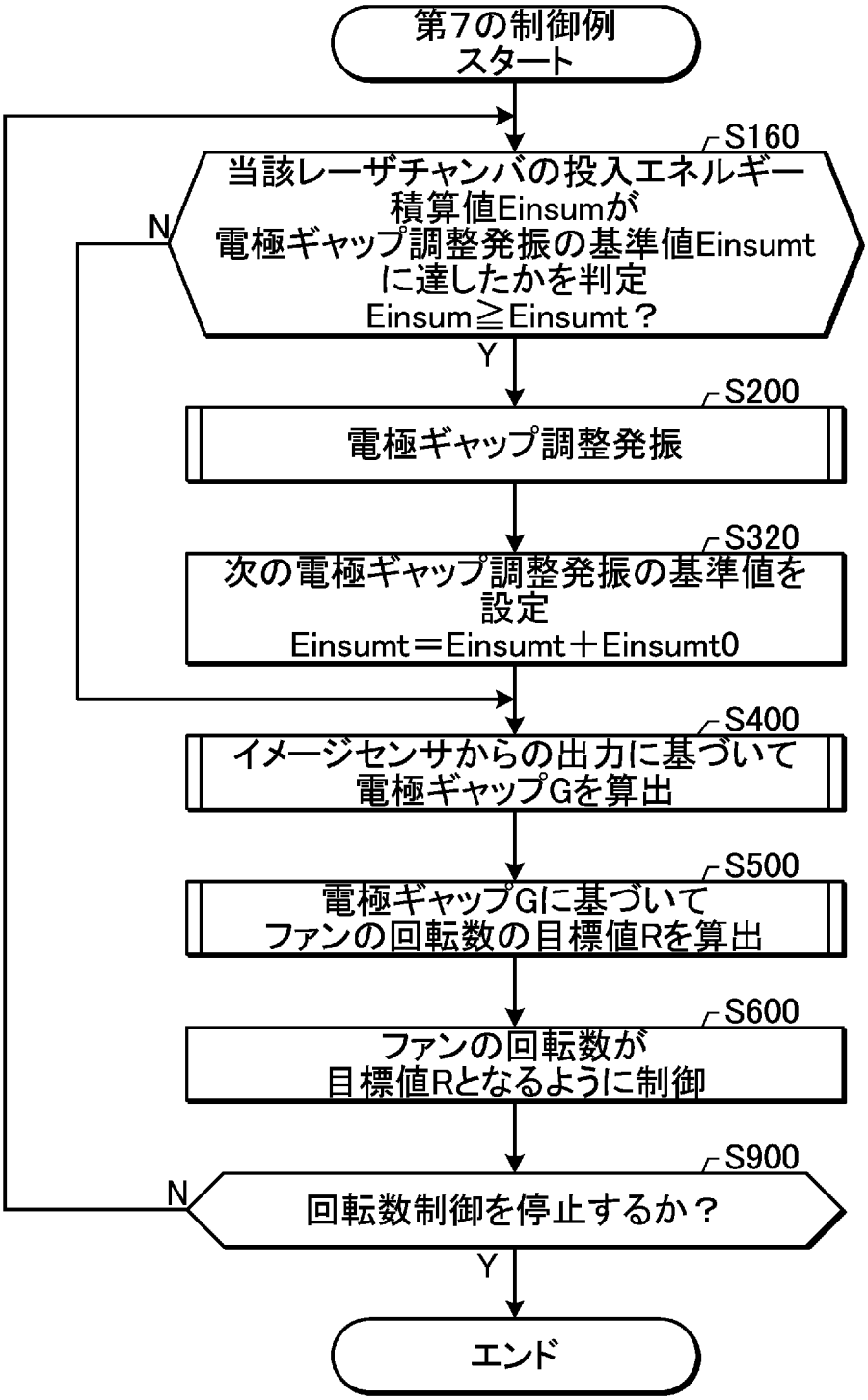
[図20]


第6の制御例
スタート
S140
当該レーザチャンバの全パルス数Nchが
電極ギャップ調整発振の基準値Nchtに
達したかを判定
Nch≧Ncht？
N
Y
S200
電極ギャップ調整発振
S300
次の電極ギャップ調整発振の基準値を
設定
Ncht＝Ncht＋Ncht0
S400
イメージセンサからの出力に基づいて
電極ギャップGを算出
S500
電極ギャップGに基づいて
ファンの回転数の目標値Rを算出
S600
ファンの回転数が
目標値Rとなるように制御
S900
回転数制御を停止するか？
N
Y
エンド

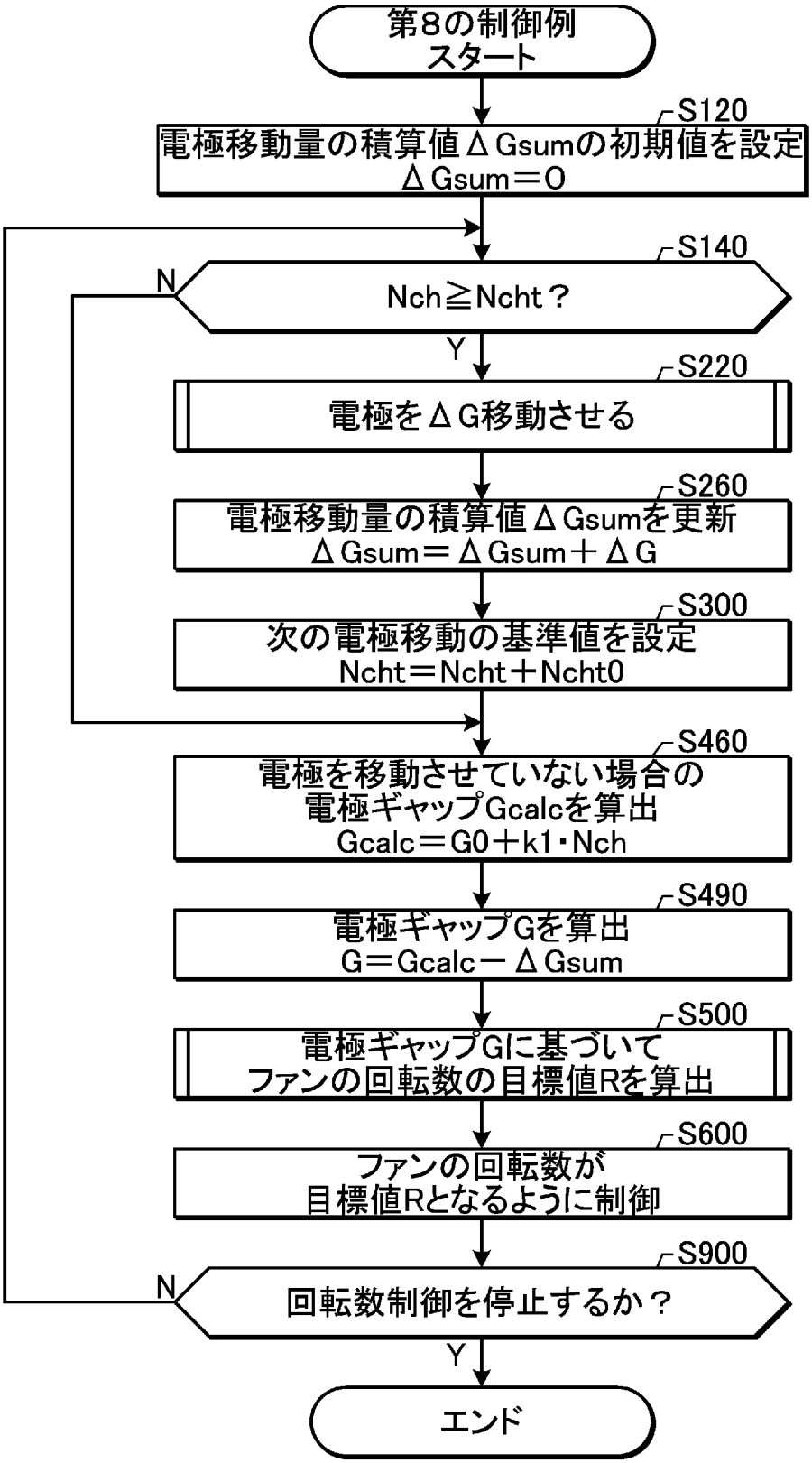
[図21]


S200
スタート
S201
電極ギャップの目標値Gtを読み込む
S202
所定の繰り返し周波数でレーザ発振
S203
イメージセンサからの出力に基づいて
電極ギャップGを算出
S204
電極ギャップGと目標値Gtとの差ΔGを算出
ΔG＝G－Gt
S205
差ΔGの絶対値が許容範囲か？
|ΔG|≦ΔGtr
Y
N
S206
電極移動機構を制御して
電極をΔG移動させる
リターン

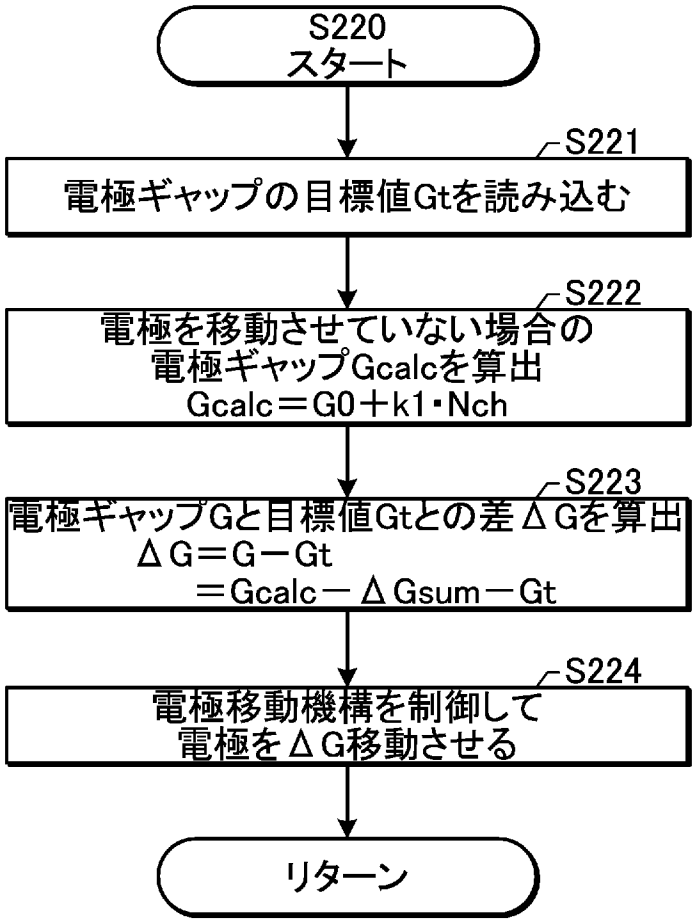
[図22]


第7の制御例
スタート
S160
当該レーザチャンバの投入エネルギー
積算値Einsumが
電極ギャップ調整発振の基準値Einsumt
に達したかを判定
Einsum≧Einsumt？
N
Y
S200
電極ギャップ調整発振
S320
次の電極ギャップ調整発振の基準値を
設定
Einsumt＝Einsumt＋Einsumt0
S400
イメージセンサからの出力に基づいて
電極ギャップGを算出
S500
電極ギャップGに基づいて
ファンの回転数の目標値Rを算出
S600
ファンの回転数が
目標値Rとなるように制御
S900
回転数制御を停止するか？
N
Y
エンド

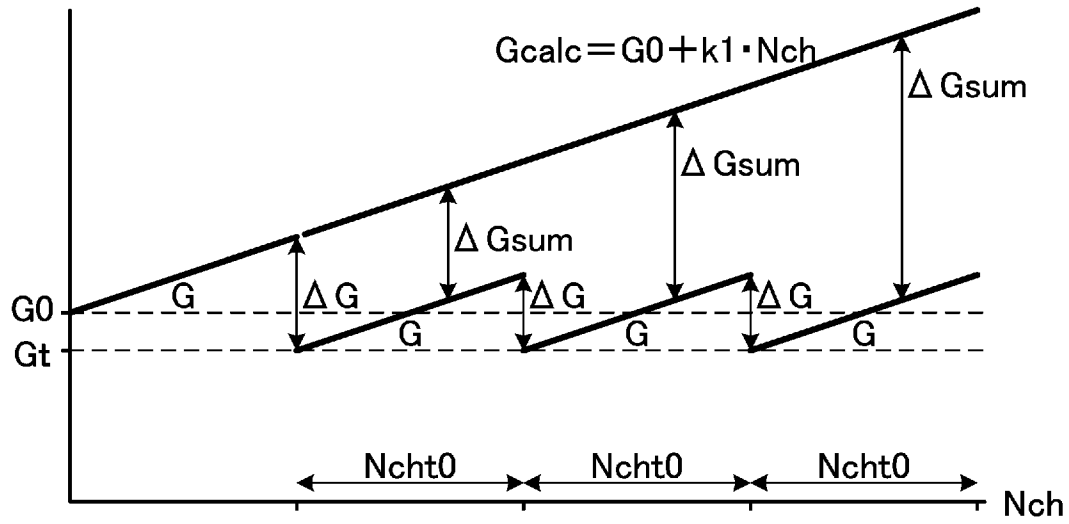
[図23]


第8の制御例
スタート
S120
電極移動量の積算値ΔGsumの初期値を設定
ΔGsum＝0
S140
N
Nch≧Ncht？
Y
S220
電極をΔG移動させる
S260
電極移動量の積算値ΔGsumを更新
ΔGsum＝ΔGsum＋ΔG
S300
次の電極移動の基準値を設定
Ncht＝Ncht＋Ncht0
S460
電極を移動させていない場合の
電極ギャップGcalcを算出
Gcalc＝G0＋k1・Nch
S490
電極ギャップGを算出
G＝Gcalc－ΔGsum
S500
電極ギャップGに基づいて
ファンの回転数の目標値Rを算出
S600
ファンの回転数が
目標値Rとなるように制御
S900
N
回転数制御を停止するか？
Y
エンド

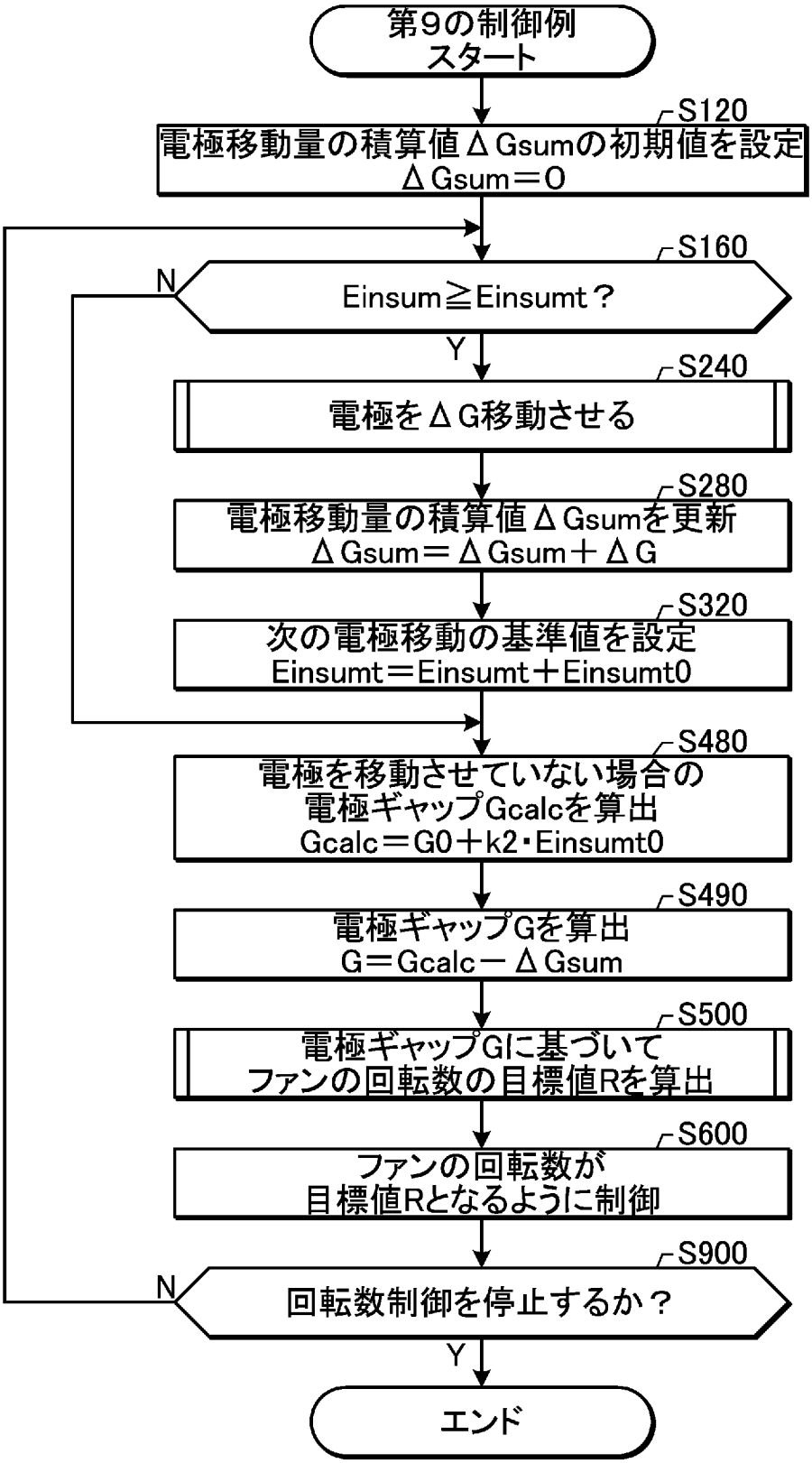
[図24]


S220
スタート
S221
電極ギャップの目標値Gtを読み込む
S222
電極を移動させていない場合の
電極ギャップGcalcを算出
Gcalc＝G0＋k1・Nch
S223
電極ギャップGと目標値Gtとの差ΔGを算出
ΔG＝G－Gt
＝Gcalc－ΔGsum－Gt
S224
電極移動機構を制御して
電極をΔG移動させる
リターン

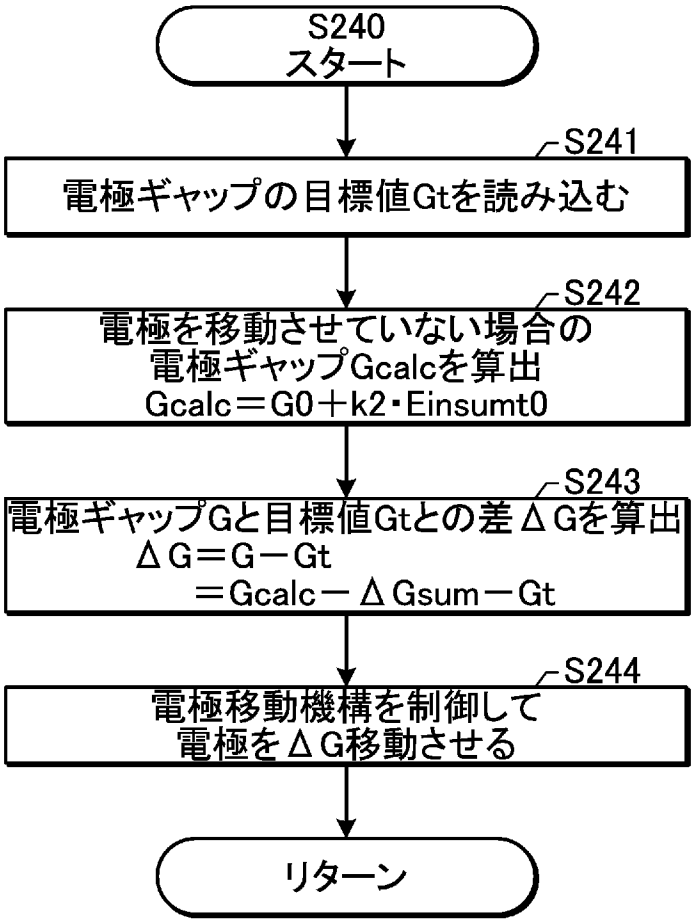
[図25]


Gcalc＝G0＋k1・Nch
ΔGsum
ΔGsum
ΔGsum
G0
Gt
G
ΔG
G
ΔG
G
ΔG
G
Ncht0
Ncht0
Ncht0
Nch

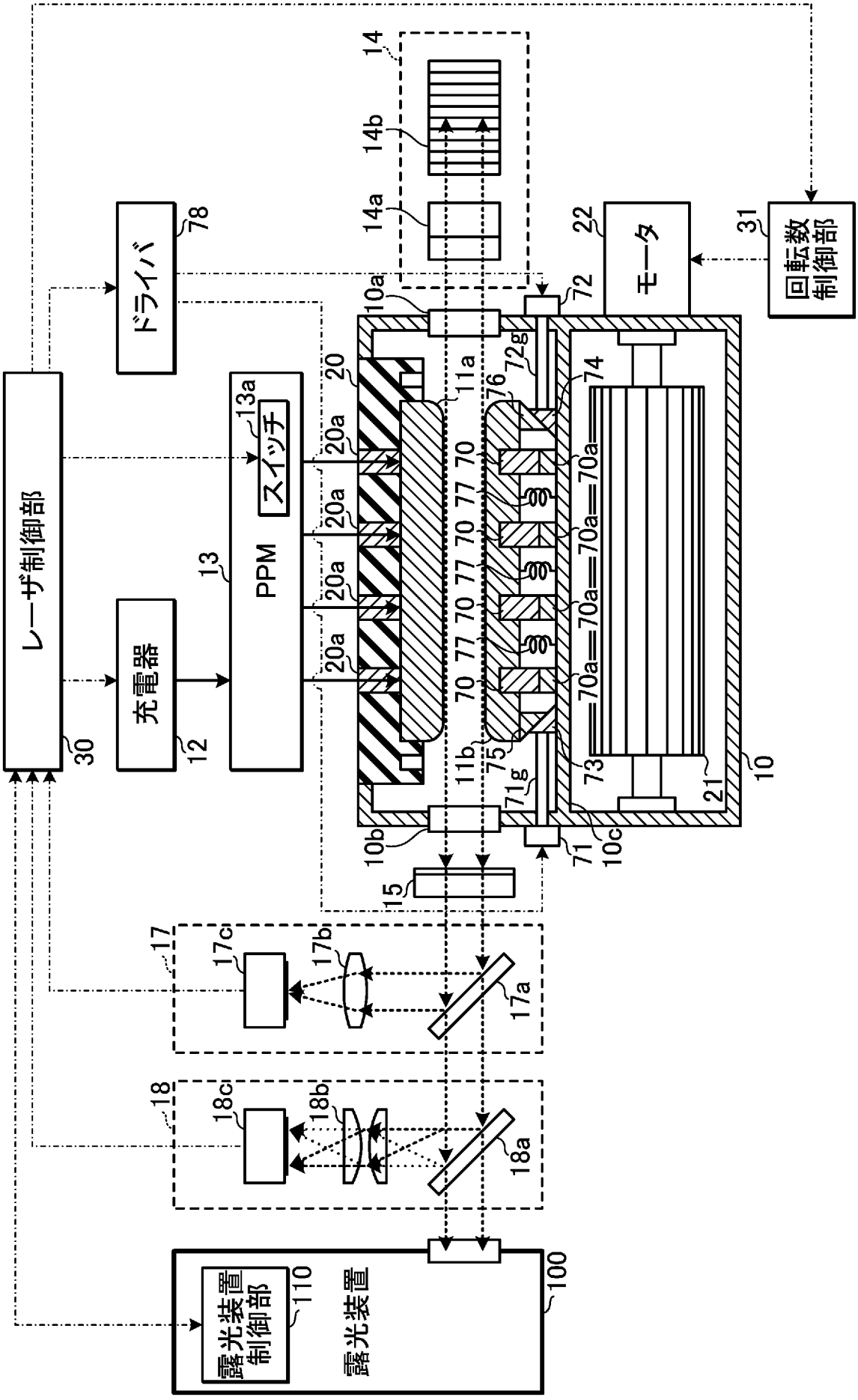
[図26]


第9の制御例
スタート
S120
電極移動量の積算値ΔGsumの初期値を設定
ΔGsum＝0
S160
N
Einsum≧Einsumt？
Y
S240
電極をΔG移動させる
S280
電極移動量の積算値ΔGsumを更新
ΔGsum＝ΔGsum＋ΔG
S320
次の電極移動の基準値を設定
Einsumt＝Einsumt＋Einsumt0
S480
電極を移動させていない場合の
電極ギャップGcalcを算出
Gcalc＝G0＋k2・Einsumt0
S490
電極ギャップGを算出
G＝Gcalc－ΔGsum
S500
電極ギャップGに基づいて
ファンの回転数の目標値Rを算出
S600
ファンの回転数が
目標値Rとなるように制御
S900
N
回転数制御を停止するか？
Y
エンド

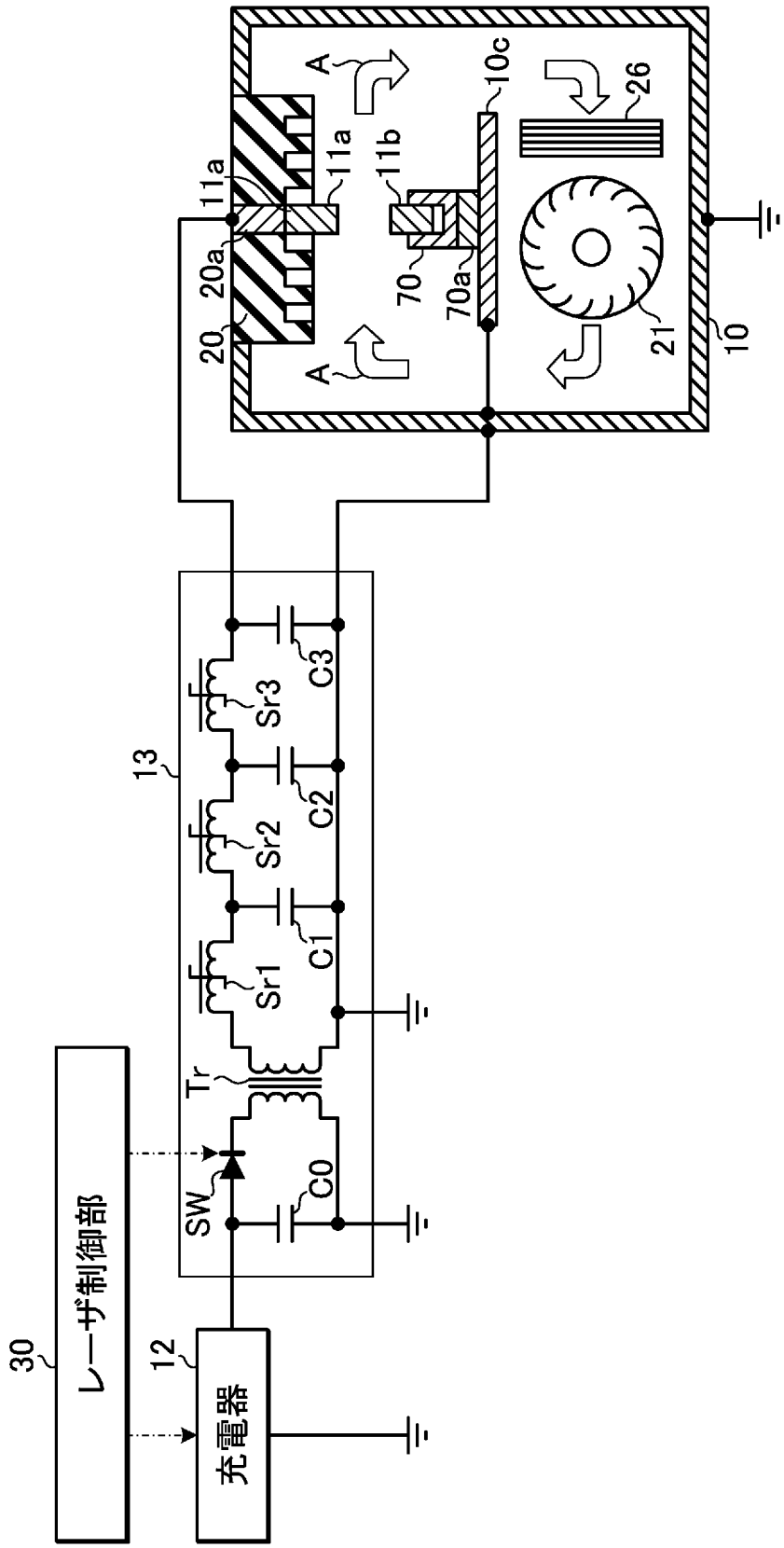
[図27]


S240
スタート
S241
電極ギャップの目標値Gtを読み込む
S242
電極を移動させていない場合の
電極ギャップGcalcを算出
Gcalc＝G0＋k2・Einsumt0
S243
電極ギャップGと目標値Gtとの差ΔGを算出
ΔG＝G－Gt
＝Gcalc－ΔGsum－Gt
S244
電極移動機構を制御して
電極をΔG移動させる
リターン

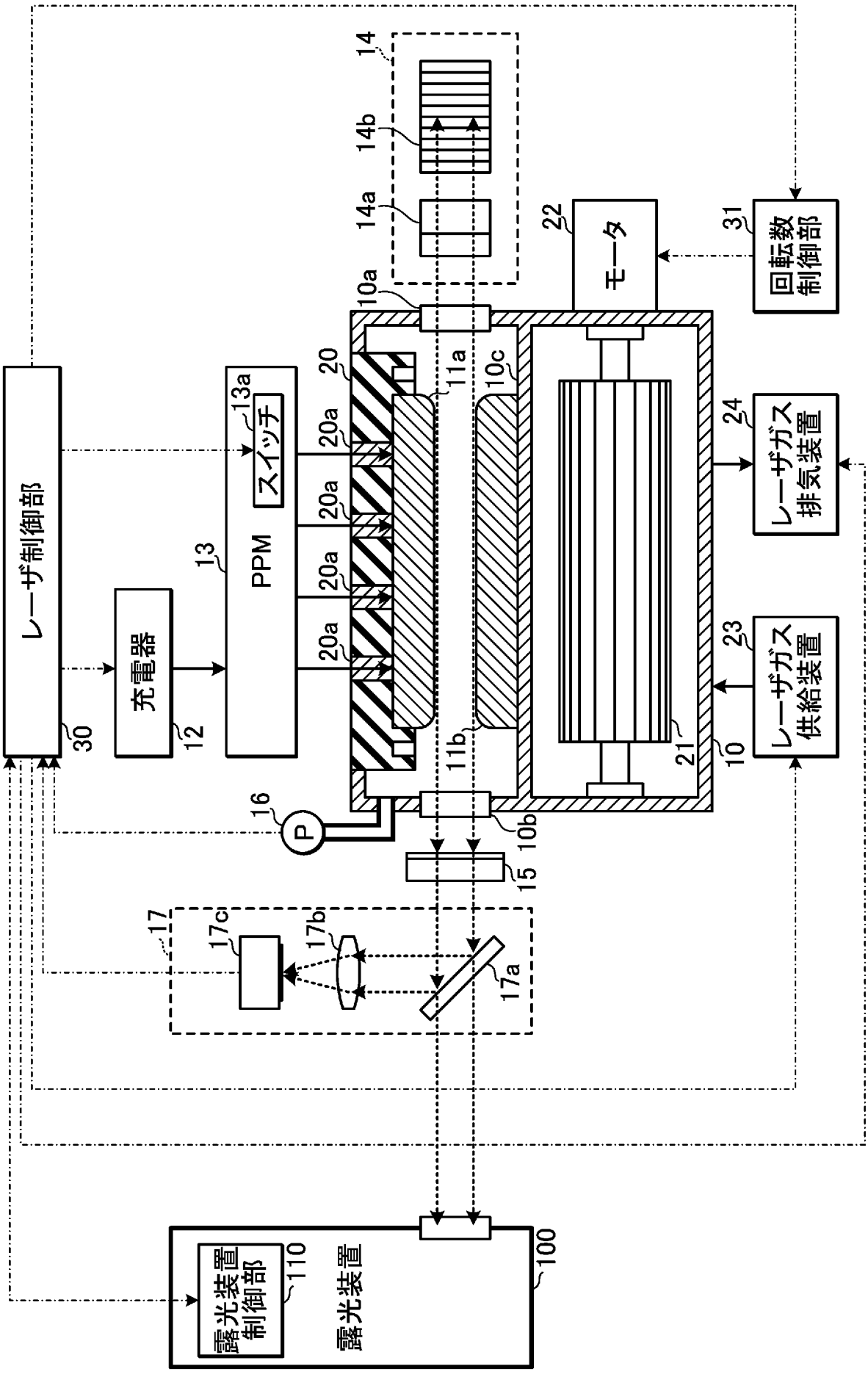
[図28]


レーザ制御部
30
充電器
12
PPM
13
スイッチ
13a
ドライバ
78
回転数制御部
31
モータ
22
14
14b
14a
72
10a
10b
10c
10
11a
11b
20
20a
70
77
71
71g
72g
73
74
75
76
70a
21
15
17
17c
17b
17a
18
18c
18b
18a
露光装置制御部
110
露光装置
100

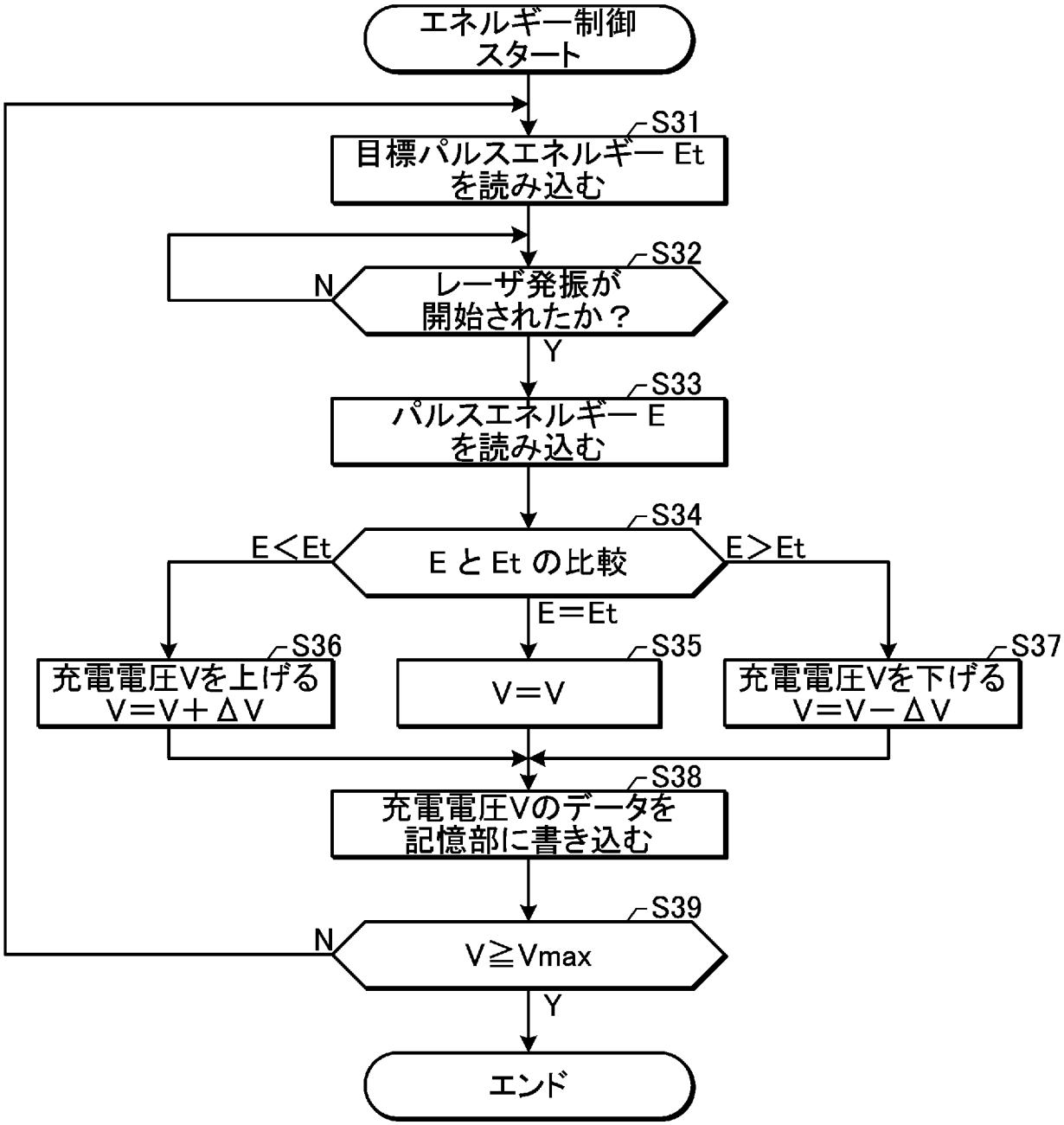
[図29]


A
10c
26
11a
11b
11a
20a
70
70a
20
A
21
10
13
C3
Sr3
C2
Sr2
C1
Sr1
Tr
C0
SW
30
レーザ制御部
12
充電器

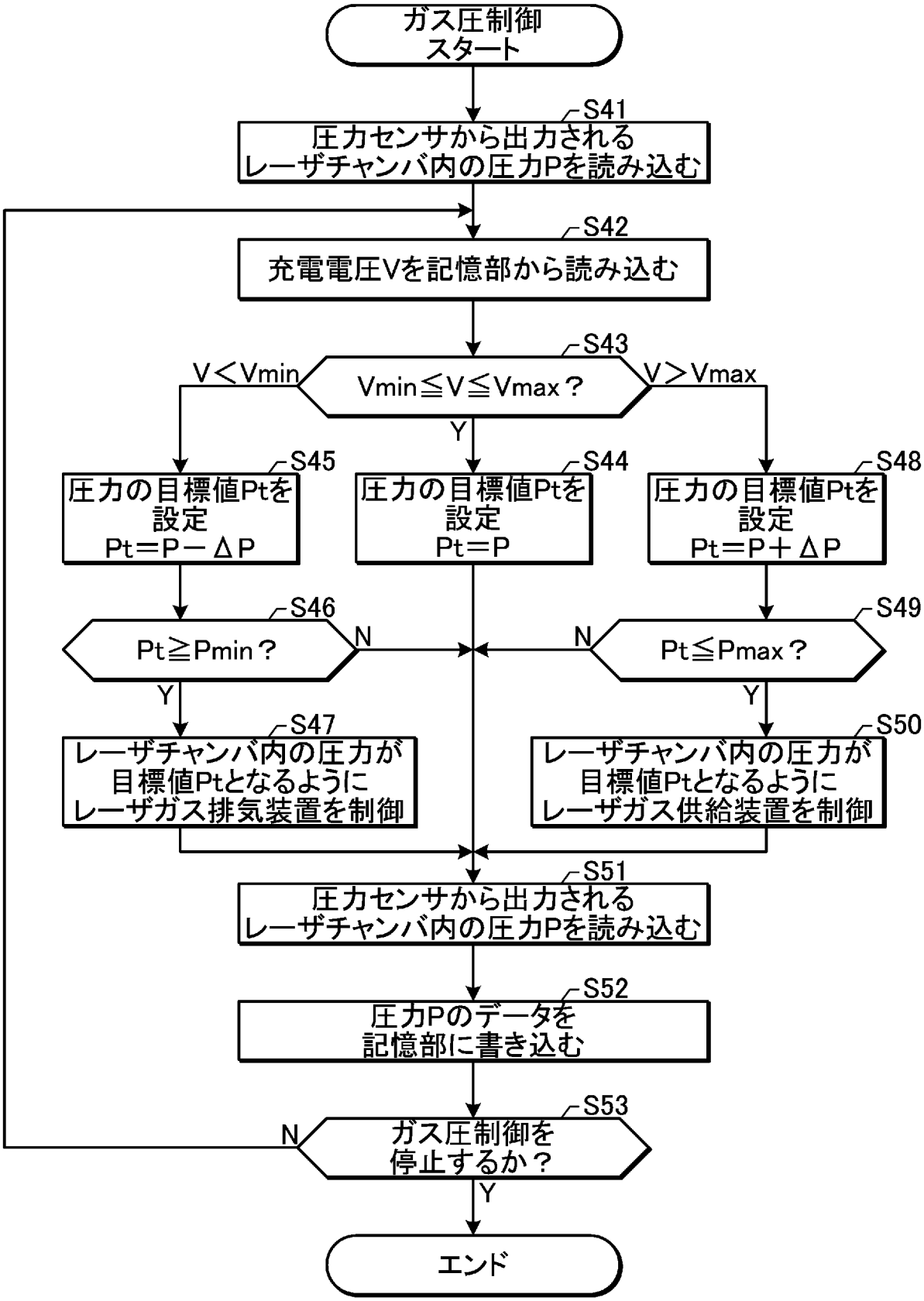
[図30]


レーザ制御部
30
充電器
12
PPM
13
スイッチ
13a
20
20a
20a
20a
20a
14
14b
14a
22
モータ
31
回転数制御部
10a
11a
10c
24
レーザガス排気装置
23
レーザガス供給装置
10
21
11b
16
P
10b
15
17
17c
17b
17a
露光装置制御部
110
露光装置
100

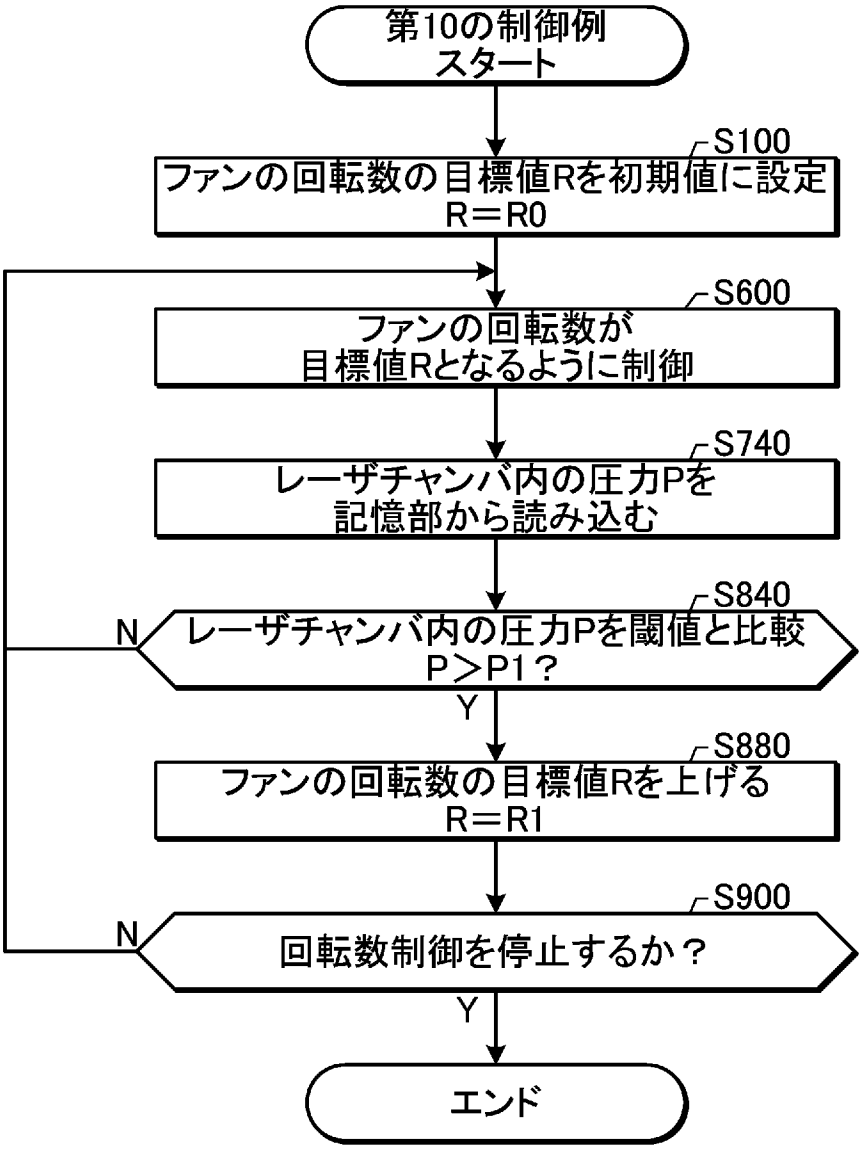
[図31]


エネルギー制御
スタート
S31
目標パルスエネルギー Et
を読み込む
S32
N
レーザ発振が
開始されたか？
Y
S33
パルスエネルギー E
を読み込む
S34
E＜Et
E と Et の比較
E＞Et
E＝Et
S36
充電電圧Vを上げる
V＝V＋ΔV
S35
V＝V
S37
充電電圧Vを下げる
V＝V－ΔV
S38
充電電圧Vのデータを
記憶部に書き込む
S39
N
V≧Vmax
Y
エンド

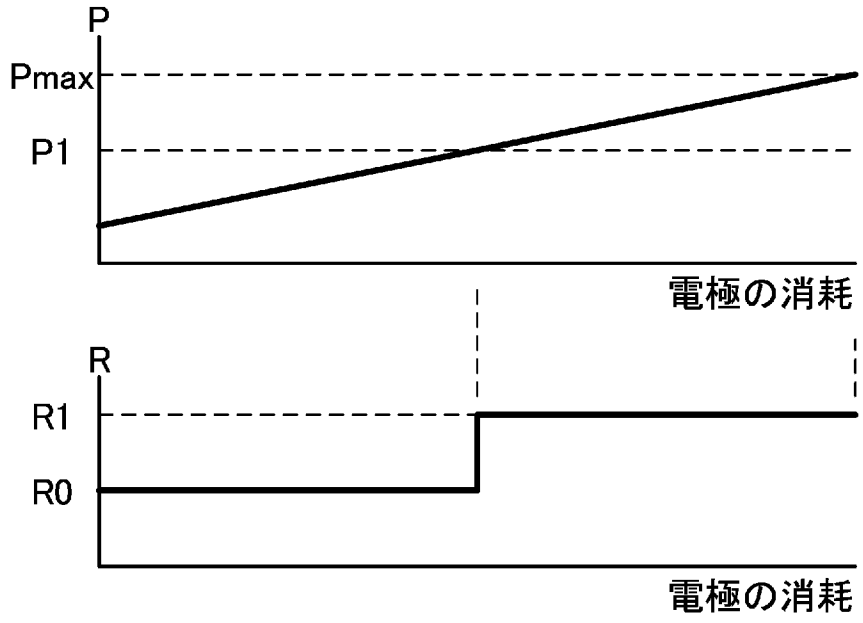
[図32]


ガス圧制御
スタート
S41
圧力センサから出力される
レーザチャンバ内の圧力Pを読み込む
S42
充電電圧Vを記憶部から読み込む
S43
V＜Vmin
Vmin≦V≦Vmax？
V＞Vmax
Y
S45
圧力の目標値Ptを
設定
Pt＝P－ΔP
S44
圧力の目標値Ptを
設定
Pt＝P
S48
圧力の目標値Ptを
設定
Pt＝P＋ΔP
S46
Pt≧Pmin？
N
N
S49
Pt≦Pmax？
Y
Y
S47
レーザチャンバ内の圧力が
目標値Ptとなるように
レーザガス排気装置を制御
S50
レーザチャンバ内の圧力が
目標値Ptとなるように
レーザガス供給装置を制御
S51
圧力センサから出力される
レーザチャンバ内の圧力Pを読み込む
S52
圧力Pのデータを
記憶部に書き込む
S53
N
ガス圧制御を
停止するか？
Y
エンド

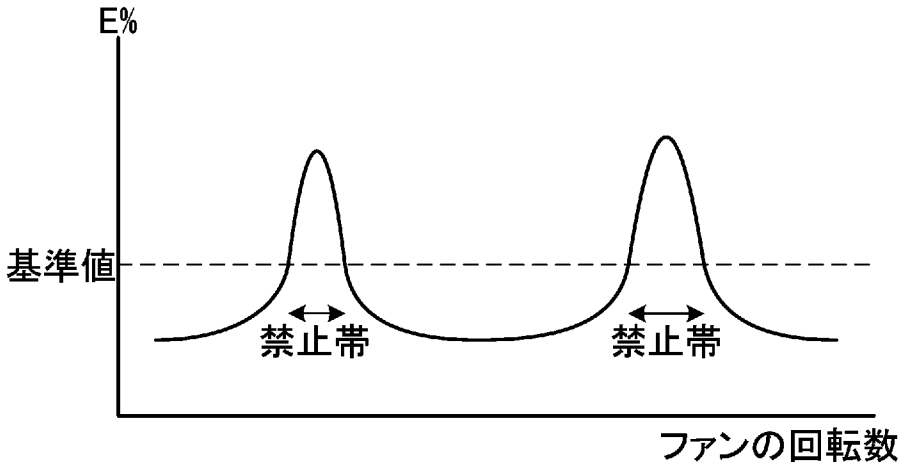
[図33]


第10の制御例
スタート
S100
ファンの回転数の目標値Rを初期値に設定
R＝R0
S600
ファンの回転数が
目標値Rとなるように制御
S740
レーザチャンバ内の圧力Pを
記憶部から読み込む
S840
N
レーザチャンバ内の圧力Pを閾値と比較
P＞P1？
Y
S880
ファンの回転数の目標値Rを上げる
R＝R1
S900
N
回転数制御を停止するか？
Y
エンド

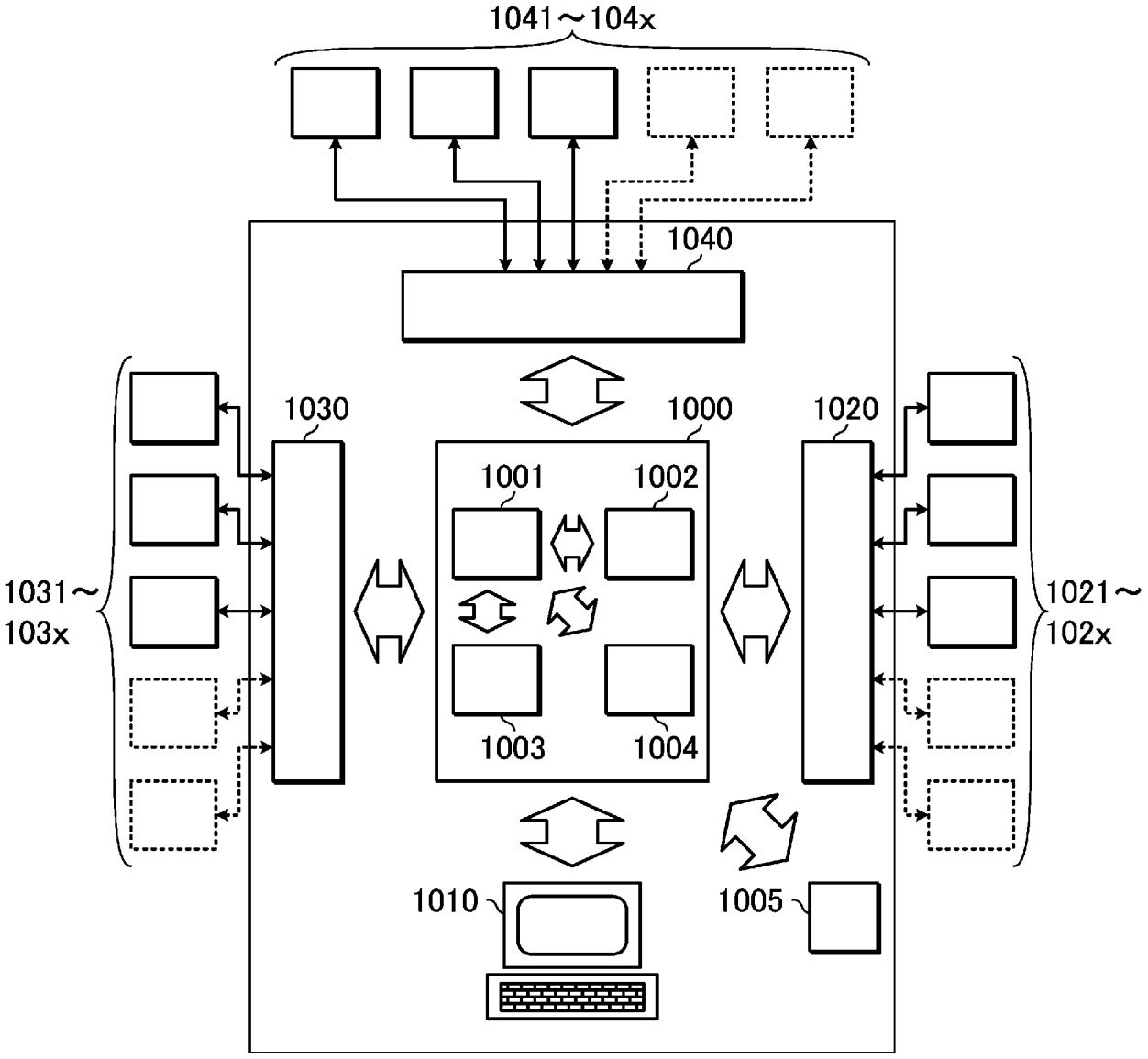
[図34]


P
Pmax
P1
電極の消耗
R
R1
R0
電極の消耗

[図35]


E%
基準値
禁止帯
禁止帯
ファンの回転数

[図36]


1041～104x
1040
1030
1000
1020
1001
1002
1003
1004
1031～
103x
1021～
102x
1010
1005

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/057375

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01S3/036(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

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)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2008-235646 A (Komatsu Ltd.), 02 October 2008 (02.10.2008), abstract; claims; paragraphs [0025] to [0029]; all drawings (Family: none)	1,8 3-7,9,11 2,10
Y A	WO 2008/130474 A1 (CYMER, INC.), 30 October 2008 (30.10.2008), abstract; claims; description, page 9, line 9 to page 10, line 24; all drawings & JP 2010-525571 A & US 2007/0253459 A1 & EP 2137796 A & TW 200845521 A & KR 10-2009-0129492 A	3-7,9,11 2,10

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

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

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
10 June, 2014 (10.06.14)	24 June, 2014 (24.06.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/057375

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 3-52281 A (Fanuc Ltd.), 06 March 1991 (06.03.1991), claims; all drawings (Family: none)	1-11
A	JP 6-29592 A (Komatsu Ltd.), 04 February 1994 (04.02.1994), abstract; claims; paragraph [0020]; all drawings (Family: none)	1-11
A	JP 2002-26430 A (Nidek Co., Ltd.), 25 January 2002 (25.01.2002), abstract; claims; paragraphs [0020] to [0021]; all drawings (Family: none)	1-11
A	JP 2006-114689 A (Komatsu Ltd.), 27 April 2006 (27.04.2006), abstract; claims; all drawings (Family: none)	1-11
A	JP 2008-198919 A (Komatsu Ltd.), 28 August 2008 (28.08.2008), abstract; claims; all drawings & US 2008/0198891 A1	1-11
A	WO 2007/066700 A1 (Nikon Corp.), 14 June 2007 (14.06.2007), abstract; claims; all drawings & US 2008/0315126 A1 & EP 1975720 A1 & KR 10-2008-0091137 A	1-11
A	WO 2014/017562 A1 (Gigaphoton Inc.), 30 January 2014 (30.01.2014), abstract; claims; all drawings (Family: none)	5
E,A	WO 2014/046186 A1 (Gigaphoton Inc.), 27 March 2014 (27.03.2014), abstract; claims; all drawings (Family: none)	1-11

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１４／０５７３７５

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01S3/036(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

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	１９７１－２０１４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１４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
X Y A	JP 2008-235646 A (株式会社小松製作所) 2008.10.02, 要約，特許請求の範囲，段落２５－２９，全図（ファミリーなし）	1，8 3-7，9，11 2，10
Y A	WO 2008/130474 A1 (CYMER, INC.) 2008.10.30, 要約，特許請求の範囲，明細書第９頁第９行－第１０頁第２４行，全図 & JP 2010-525571 A & US 2007/0253459 A1 & EP 2137796 A & TW 200845521 A & KR 10-2009-0129492 A	3-7，9，11 2，10

☑　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
１０．０６．２０１４	２４．０６．２０１４

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　３０１３
古田　敦浩
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 3-52281 A（ファナック株式会社）1991.03.06，特許請求の範囲，全図（ファミリーなし）	1-11
A	JP 6-29592 A（株式会社小松製作所）1994.02.04，要約，特許請求の範囲，段落２０，全図（ファミリーなし）	1-11
A	JP 2002-26430 A（株式会社ニデック）2002.01.25，要約，特許請求の範囲，段落２０－２１，全図（ファミリーなし）	1-11
A	JP 2006-114689 A（株式会社小松製作所）2006.04.27，要約，特許請求の範囲，全図（ファミリーなし）	1-11
A	JP 2008-198919 A（株式会社小松製作所）2008.08.28，要約，特許請求の範囲，全図 & US 2008/0198891 A1	1-11
A	WO 2007/066700 A1（株式会社ニコン）2007.06.14，要約，特許請求の範囲，全図 & US 2008/0315126 A1 & EP 1975720 A1 & KR 10-2008-0091137 A	1-11
A	WO 2014/017562 A1（ギガフォトン株式会社）2014.01.30，要約，特許請求の範囲，全図（ファミリーなし）	5
E，A	WO 2014/046186 A1（ギガフォトン株式会社）2014.03.27，要約，特許請求の範囲，全図（ファミリーなし）	1-11