

(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
2020年1月2日(02.01.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/003517 A1

(51) 国際特許分類:
G03F 7/20 (2006.01) H01L 41/04 (2006.01)

号 新宿住友ビル 2 3 階 私書箱第 1 7 6 号
新都心国際特許事務所 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号 : PCT/JP2018/024902

(22) 国際出願日 : 2018年6月29日(29.06.2018)

(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 4 0 0 番地 Tochigi (JP).

(72) 発明者: 林 健悟(HAYASHI, Kengo); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田 4 0 0 番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP).

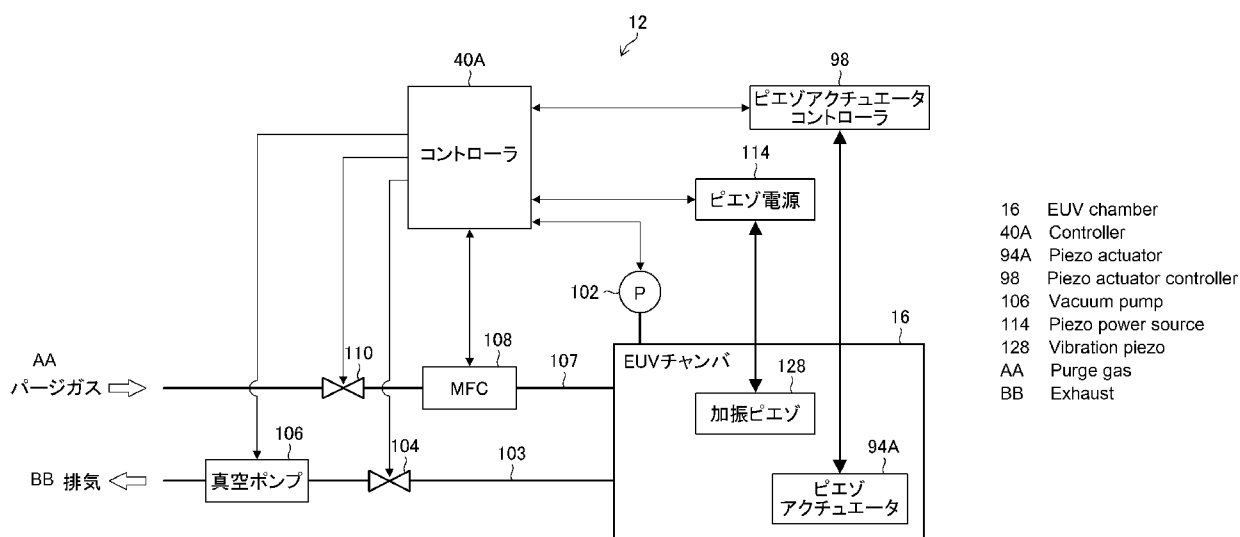
(74) 代理人: 松 浦 憲 三 (MATSUURA, Kenzo); 〒1630223 東京都新宿区西新宿二丁目 6 番 1

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM,

(54) Title: EXTREME UV LIGHT GENERATION DEVICE, EXTREME UV LIGHT GENERATION METHOD, AND METHOD FOR MANUFACTURING ELECTRONIC DEVICE

(54) 発明の名称 : 極端紫外光生成装置、極端紫外光生成方法、及び電子デバイスの製造方法



(57) Abstract: An extreme UV light generation device according to one aspect of the present disclosure generates extreme UV light inside a chamber, the device comprising a piezo element provided inside the chamber, a pressure sensor that detects the pressure inside the chamber, a gas introduction unit that introduces gas into the chamber, an exhaust unit that exhausts the gas inside the chamber to the outside of the chamber, and a control unit that controls the voltage application to the piezo element. The control unit determines whether the voltage is applied to the piezo element on the basis of information about the pressure inside the chamber acquired by the pressure sensor.

ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：本開示の一観点に係る極端紫外光生成装置は、チャンバの内部において極端紫外光を生成する極端紫外光生成装置であって、チャンバの内部に設けられた圧電素子と、チャンバの内部の圧力を検出する圧力センサと、チャンバの内部へガスを導入するガス導入部と、チャンバの内部のガスをチャンバの外部へ排気する排気部と、圧電素子への電圧印加を制御する制御部と、を備え、制御部は、圧力センサにより取得したチャンバの内部の圧力の情報に基づき圧電素子への電圧印加の可否を判定する。

明 細 書

発明の名称：

極端紫外光生成装置、極端紫外光生成方法、及び電子デバイスの製造方法

技術分野

[0001] 本開示は、極端紫外光生成装置、極端紫外光生成方法、及び電子デバイスの製造方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、半導体プロセスの微細化に伴って、半導体プロセスの光リソグラフィにおける転写パターンの微細化が急速に進展している。次世代においては、20nm以下の微細加工が要求されるようになる。このため、波長13nm程度の極端紫外（EUV：Extreme Ultra Violet）光を生成するための装置と縮小投影反射光学系とを組み合わせた露光装置の開発が期待されている。

[0003] EUV光生成装置としては、ターゲット物質にレーザ光を照射することによって生成されるプラズマが用いられるLPP（Laser Produced Plasma）式の装置と、放電によって生成されるプラズマが用いられるDPP（Discharge Produced Plasma）式の装置と、軌道放射光が用いられるSR（Synchrotron Radiation）式の装置との3種類の装置が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：米国特許出願公開第2012/0241650号明細書

特許文献2：特開2014-109232号公報

特許文献3：米国特許出願公開第2003/0178140号明細書

概要

[0005] 本開示の1つの観点に係る極端紫外光生成装置は、チャンバの内部において極端紫外光を生成する極端紫外光生成装置であって、チャンバの内部に設

けられたピエゾ素子と、チャンバの内部の圧力を検出する圧力センサと、チャンバの内部へガスを導入するガス導入部と、チャンバの内部のガスをチャンバの外部へ排気する排気部と、ピエゾ素子への電圧印加を制御する制御部と、を備え、制御部は、圧力センサにより取得したチャンバの内部の圧力の情報に基づきピエゾ素子への電圧印加の可否を判定する、極端紫外光生成装置である。

[0006] 本開示の他の1つの観点に係る極端紫外光生成方法は、チャンバの内部において極端紫外光を生成する極端紫外光生成方法であって、チャンバの内部の圧力の情報を取得する圧力取得工程と、チャンバの内部へガスを導入するガス導入工程と、チャンバの内部のガスをチャンバの外部へ排出する排気工程と、チャンバの内部に設けられたピエゾ素子への電圧の印加と非印加とを切り替える制御工程と、を含み、制御工程は、圧力取得工程において取得したチャンバの内部の圧力の情報に基づいて、チャンバの内部に設けられたピエゾ素子への電圧印加の可否を判定する、極端紫外光生成方法である。

[0007] 本開示の他の1つの観点に係る電子デバイスの製造方法は、電子デバイスの製造方法であって、チャンバと、チャンバの内部に設けられたピエゾ素子と、チャンバの内部の圧力を検出する圧力センサと、チャンバの内部へガスを導入するガス導入部と、チャンバの内部のガスをチャンバの外部へ排気する排気部と、ピエゾ素子への電圧印加を制御する制御部と、を備え、制御部は、圧力センサにより取得したチャンバの内部の圧力の情報に基づいて、ピエゾ素子への電圧印加の可否を判定する極端紫外光生成装置によって、チャンバの内部に供給されたターゲット物質に、チャンバの内部に導入されたレーザー光を照射することにより、ターゲット物質をプラズマ化して極端紫外光を生成し、極端紫外光を露光装置に出力し、露光装置の内部で感光基板上に極端紫外光を露光すること、を含む電子デバイスの製造方法である。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]図1は、例示的なL P P式のE U V光生成システムの構成を概略的に示す図である。

[図2]図2は、例示的なL P P式のE U V光生成装置の構成を概略的に示す図である。

[図3]図3は、イオンキャッチャーを含むE U V光生成装置の構成を概略的に示す図である。

[図4]図4は、piezoアクチュエータの構成を概略的に示す図である。

[図5]図5は、加振ユニットの概略構成例を示す図である。

[図6]図6は、チャンバの稼働準備の処理内容の例を示すフローチャートである。

[図7]図7は、チャンバのメンテナンス準備の処理内容の例を示すフローチャートである。

[図8]図8は、チャンバの内部圧力とpiezo素子の絶縁破壊電圧との関係を示すグラフである。

[図9]図9は、実施形態1に係るE U V光生成装置におけるインターロックに関連する構成を概略的に示す図である。

[図10]図10は、実施形態1に係るインターロックにおける、piezoアクチュエータに電圧を印加していない場合の処理内容の例を示すフローチャートである。

[図11]図11は、実施形態1に係るインターロックにおける、piezoアクチュエータに電圧を印加している場合の処理内容の例を示すフローチャートである。

[図12]図12は、実施形態2に係るE U V光生成装置におけるインターロックに関連する構成を概略的に示す図である。

[図13]図13は、実施形態2に係るインターロックにおける、piezoアクチュエータに電圧を印加していない場合の処理内容の例を示すフローチャートである。

[図14]図14は、実施形態2に係るインターロックにおける、piezoアクチュエータに電圧を印加している場合の処理内容の例を示すフローチャートである。

[図15]図 1 5 は、E U V 光生成装置と接続された露光装置の構成を概略的に示す図である。

実施形態

[0009] ー 目次 ー

1. 極端紫外光生成システムの全体説明

1. 1 構成

1. 2 動作

2. 用語の説明

3. E U V 光生成装置の説明

3. 1 構成

3. 2 動作

3. 3 イオンキャッチャーを含むE U V 光生成装置の構成

3. 4 磁石

3. 5 イオンキャッチャーの動作

4. ピエゾ素子の説明

4. 1 ピエゾアクチュエータに適用されるピエゾ素子の構成

4. 2 ピエゾアクチュエータに適用されるピエゾ素子の動作

4. 3 加振ピエゾの構成

4. 4 加振ピエゾの動作

5. チャンバの稼働準備、及びメンテナンス準備の説明

5. 1 チャンバの稼働準備の処理内容

5. 2 チャンバのメンテナンス準備の処理内容

6. 課題

7. 実施形態 1

7. 1 構成

7. 2 動作

7. 3 作用・効果

8. 実施形態 2

8. 1 構成

8. 2 動作

8. 3 作用・効果

9. 実施形態の組み合わせについて

10. EUV光生成装置を用いた電子デバイスの製造方法の例

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. 極端紫外光生成システムの全体説明

1. 1 構成

図1に、例示的なLPP式のEUV光生成システム10の構成を概略的に示す。EUV光生成装置12は、少なくとも1つのレーザ装置14と共に用いられる。本開示においては、EUV光生成装置12及びレーザ装置14を含むシステムを、EUV光生成システム10と称する。EUV光生成装置12は、チャンバ16、及びターゲット供給部18を含む。

[0011] チャンバ16は、密閉可能な容器である。ターゲット供給部18は、ターゲット物質をチャンバ16の内部に供給するよう構成され、例えば、チャンバ16の壁を貫通するように取り付けられる。ターゲット物質の材料は、スズ、テルビウム、ガドリニウム、リチウム、キセノン、又は、それらの内のいずれか2つ以上の組み合わせを含んでもよいが、これらに限定されない。

[0012] チャンバ16の壁には、少なくとも1つの貫通孔が設けられている。その貫通孔は、ウインドウ20によって塞がれ、ウインドウ20をレーザ装置14から出力されるパルスレーザ光22が透過する。チャンバ16の内部には、例えば、回転楕円面形状の反射面を有するEUV光集光ミラー24が配置される。EUV光集光ミラー24は、第1の焦点及び第2の焦点を有する。

EUV光集光ミラー24の表面には、例えば、モリブデンとシリコンとが交互に積層された多層反射膜が形成される。EUV光集光ミラー24は、例えば、その第1の焦点がプラズマ生成領域26に位置し、その第2の焦点が中間集光点（IF：Intermediate Focusing point）28に位置するように配置される。EUV光集光ミラー24の中央部には貫通孔30が設けられ、貫通孔30をパルスレーザ光23が通過する。

[0013] EUV光生成装置12は、EUV光生成制御部40及びターゲットセンサ42等を含む。ターゲットセンサ42は、ターゲット44の存在、軌跡、位置、及び速度のうちいずれか、又は複数を検出するように構成される。ターゲットセンサ42は撮像機能を備えてもよい。

[0014] また、EUV光生成装置12は接続部48を含む。接続部48は、チャンバ16の内部と露光装置46の内部とを連通させる。接続部48の内部には、アパーチャ50が形成された壁52が設けられる。壁52は、そのアパーチャ50がEUV光集光ミラー24の第2の焦点位置に位置するように配置される。

[0015] さらに、EUV光生成装置12は、レーザ光伝送装置54、レーザ光集光ミラー56、及びターゲット回収部58等を含む。レーザ光伝送装置54は、光学素子及びアクチュエータを含む。光学素子はレーザ光の伝送状態を規定する。アクチュエータは、光学素子の位置及び姿勢等を調整する。ターゲット回収部58は、ターゲット44を回収する。ターゲット回収部58は、チャンバ16の内部に出力されたターゲット44が進行する方向の延長線上に配置される。

[0016] レーザ装置14は、MOPA（Master Oscillator Power Amplifier）システムであってよい。レーザ装置14は、図示せぬマスターオシレータと、図示せぬ光アイソレータと、図示せぬCO₂レーザ増幅器とを含んで構成され得る。レーザ装置14は、複数台のCO₂レーザ増幅器を含み得る。マスターオシレータが出力するレーザ光の波長は、例えば10.59 μm であり、パルス発振の繰り返し周波数は、例えば1

00kHzである。

[0017] 1. 2 動作

図1を参照して、例示的なLPP式のEUV光生成システム10の動作を説明する。チャンバ16の内部は大気圧よりも低圧に保持され、好ましくは真空であってよい。或いは、チャンバ16の内部にはEUV光の透過率が高いガスが存在する。チャンバ16の内部に存在するガスは、例えば、水素ガスであってよい。

[0018] レーザ装置14から出力されたパルスレーザ光21は、レーザ光伝送装置54を経て、パルスレーザ光22としてウインドウ20を透過してチャンバ16の内部に入射する。パルスレーザ光22は、少なくとも1つのレーザ光路に沿ってチャンバ16の内部を進み、レーザ光集光ミラー56で反射されて、パルスレーザ光23として少なくとも1つのターゲット44に照射される。

[0019] ターゲット供給部18は、ターゲット物質によって形成されたターゲット44をチャンバ16の内部のプラズマ生成領域26に向けて出力するよう構成される。ターゲット供給部18は、例えば、コンティニュアスジェット方式によりドロップレットを形成する。コンティニュアスジェット方式では、ノズルを振動させて、ノズル孔からジェット状に噴出したターゲット物質の流れに周期的振動を与え、ターゲット物質を周期的に分離する。分離されたターゲット物質は、自己の表面張力によって自由界面を形成してドロップレットを形成し得る。

[0020] ターゲット44には、パルスレーザ光23に含まれる少なくとも1つのパルスが照射される。パルスレーザ光23が照射されたターゲット44はプラズマ化し、そのプラズマから放射光60が放射される。放射光60に含まれるEUV光62は、EUV光集光ミラー24によって選択的に反射される。EUV光集光ミラー24によって反射されたEUV光62は、中間集光点28で集光され、露光装置46に出力さる。なお、1つのターゲット44に、パルスレーザ光23に含まれる複数のパルスが照射されてもよい。

[0021] E U V 光生成制御部 4 0 は、E U V 光生成システム 1 0 全体の制御を統括するよう構成される。E U V 光生成制御部 4 0 は、ターゲットセンサ 4 2 の検出結果を処理する。E U V 光生成制御部 4 0 は、ターゲットセンサ 4 2 の検出結果に基づいて、例えば、ターゲット 4 4 が出力されるタイミング、ターゲット 4 4 の出力方向等を制御する。さらに、E U V 光生成制御部 4 0 は、例えば、レーザ装置 1 4 の発振タイミング、パルスレーザ光 2 2 の進行方向、パルスレーザ光 2 3 の集光位置等を制御する。上述の様々な制御は単なる例示に過ぎず、必要に応じて他の制御が追加される。

[0022] 2. 用語の説明

「ターゲット」は、チャンバに導入されたレーザ光の被照射物である。レーザ光が照射されたターゲットは、プラズマ化して E U V 光を放射する。ターゲットは、プラズマの発生源となる。

[0023] 「ドロップレット」は、チャンバの内部へ供給されたターゲットの一形態である。ドロップレットは、溶融したターゲット物質の表面張力によってほぼ球状となった滴状のターゲットを意味し得る。チャンバの内部においてドロップレットが進行する経路を「ドロップレット軌道」という。

[0024] 「パルスレーザ光」は、複数のパルスを含むレーザ光を意味し得る。「レーザ光」は、パルスレーザ光に限らずレーザ光一般を意味し得る。「レーザ光路」は、レーザ光の光路を意味する。

[0025] 「プラズマ光」は、プラズマ化したターゲットから放射された放射光である。当該放射光には E U V 光が含まれる。

[0026] 「E U V 光」という表記は、「極端紫外光」の略語表記である。「極端紫外光生成装置」は「E U V 光生成装置」と表記される。

[0027] 「 piezo 素子」は、圧電素子と同義である。液体のターゲット物質に振動を与えてドロップレットを生成させる加振素子として用いる piezo 素子のことを「加振 piezo」と表記する場合がある。

[0028] 「 piezo アクチュエータ」は、駆動源として piezo 素子が適用されたアクチュエータを意味する。

[0029] 「サーボオン」は、 piezoアクチュエータの所望の動作を実現する際の piezoアクチュエータへの電圧印加状態を含む。例えば、 piezoアクチュエータへの電圧印加状態を「サーボオン」とし、 piezoアクチュエータへの電圧遮断状態を「サーボオフ」とし得る。また、 piezoアクチュエータの所望の動作を実現する電圧値の範囲が規定されている場合は、規定値以上の電圧が piezoアクチュエータへ印加されている状態を「サーボオン」とし、規定値未満の電圧が piezoアクチュエータへ印加されている状態を「サーボオフ」とし得る。

[0030] 「電圧印加」とは、電源装置を動作させた状態において、電源装置と piezoアクチュエータとの間のコントローラの制御による piezoアクチュエータへの電圧非供給から電圧供給への切換を含み得る。

[0031] 「電圧非印加」とは、電源装置を動作させた状態において、電源装置と piezoアクチュエータとの間のコントローラの制御による piezoアクチュエータへの電圧供給から電圧非供給との切り替えを含み得る。「電圧印加」は、既定値未満の電圧から規定値以上の電圧への電圧上昇を含み、「電圧非印加」は、規定値以上の電圧から規定値未満の電圧への電圧低下を含み得る。

[0032] 「電圧印加」及び「電圧非印加」は加振 piezoにも適用され得る。

[0033] 3. E U V 光生成装置の説明

3. 1 構成

図 2 は、 E U V 光生成装置の構成を概略的に示す図である。図 2 において、方向に関する説明の便宜上、 X Y Z 直交座標軸を導入する。チャンバ 1 6 から露光装置 4 6 に向かって E U V 光を導出する方向を Z 軸の方向とする。 X 軸及び Y 軸は、 Z 軸に直交し、かつ、互いに直交する軸である。ターゲット物質を出力するノズル 1 2 6 の中心軸方向を Y 軸の方向とする。 Y 軸の方向は、ドロップレットの軌道方向である。図 2 の紙面に垂直な方向を X 軸の方向とする。図 3 以降の図面でも図 2 で導入した座標軸と同様とする。

[0034] E U V 光生成装置 1 2 は、チャンバ 1 6、レーザ光伝送装置 5 4、及び E U V 光生成制御部 4 0 を含む。 E U V 光生成装置 1 2 は、レーザ装置 1 4 を

含んでもよい。

- [0035] チャンバ16は、ターゲット供給部18、ステージ66、タイミングセンサ80、ウインドウ20、レーザ光集光光学系90、EUV光集光ミラー24、ターゲット回収部58、及び圧力センサ102を含む。
- [0036] ターゲット供給部18は、ドロップレット生成器110、圧力調節器112、 piezo電源114、及びヒータ電源116を含む。圧力調節器112、piezo電源114、及びヒータ電源116の各々は、EUV光生成制御部40に接続されている。
- [0037] ドロップレット生成器110は、タンク120、ノズル126、加振piezo128、及びヒータ130を含む。タンク120はターゲット物質を貯蔵する。ノズル126はノズル孔124を含む。ノズル孔124はターゲット物質のドロップレット122を出力する。加振piezo128はノズル126の近傍に配置される。なお、加振piezo128は、本開示における「チャンバの内部に設けられたpiezo素子」の一例である。ヒータ130はタンク120の外側側面部に配置される。
- [0038] ターゲット物質は、例えば、スズ(Sn)である。タンク120の少なくとも内部は、ターゲット物質と反応し難い材料で構成される。ターゲット物質の一例であるスズと反応し難い材料として、例えば、炭化ケイ素(SiC)、二酸化ケイ素(SiO₂)、酸化アルミニウム(Al₂O₃)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、及びタンタル(Ta)のうちのいずれかを用いることができる。
- [0039] 圧力調節器112は、管路113を介してタンク120に接続されている。圧力調節器112は、図示せぬ不活性ガス導入部とタンク120との間の配管に配置される。不活性ガス導入部は、ヘリウム、アルゴン等の不活性ガスが充填されているガスポンペを含み得る。不活性ガス導入部は、圧力調節器112を介してタンク120の内部に不活性ガスを導入し得る。圧力調節器112は、図示せぬ排気ポンプに接続され得る。圧力調節器112は、導入用及び排気用の図示せぬ電磁弁や図示せぬ圧力センサ等を内部に含む。圧

力調節器 1 1 2 は、図示せぬ圧力センサを用いてタンク 1 2 0 の内部圧力を検出し得る。圧力調節器 1 1 2 は、図示せぬ排気ポンプを動作させてタンク 1 2 0 の内部のガスを排気し得る。

[0040] 圧力調節器 1 1 2 は、検出した圧力の検出信号を E U V 光生成制御部 4 0 に出力する。E U V 光生成制御部 4 0 は、圧力調節器 1 1 2 から出力された検出信号に基づいて、タンク 1 2 0 の内部が目標とする圧力になるように圧力調節器 1 1 2 の動作を制御するための制御信号を圧力調節器 1 1 2 に供給する。ピエゾ電源 1 1 4 は加振ピエゾ 1 2 8 に接続される。ヒータ電源 1 1 6 はヒータ 1 3 0 に接続される。

[0041] ステージ 6 6 は、E U V 光生成制御部 4 0 からの指令に基づき、ドロップレット生成器 1 1 0 を、少なくとも X-Z 平面の指定された位置に移動させる。

[0042] チャンバ 1 6 は、第 1 の容器 1 6 A 及び第 2 の容器 1 6 B を含む。第 2 の容器 1 6 B は、第 1 の容器 1 6 A と連通する容器であり、ステージ 6 6 及び支持プレート 6 7 を介して第 1 の容器 1 6 A と連結される。第 2 の容器 1 6 B は、ステージ 6 6 に固定される。

[0043] ドロップレット生成器 1 1 0 は、第 2 の容器 1 6 B に固定される。すなわち、ドロップレット生成器 1 1 0 は、第 2 の容器 1 6 B を介してステージ 6 6 に固定される。

[0044] 支持プレート 6 7 は、第 1 の容器 1 6 A に固定される。ステージ 6 6 は、支持プレート 6 7 上で、少なくとも X-Z 平面内で移動できるように構成される。支持プレート 6 7 に固定された第 1 の容器 1 6 A は、所定の位置に固定して配置される固定容器である。ステージ 6 6 に固定された第 2 の容器 1 6 B は、支持プレート 6 7 上で移動可能な可動容器である。ステージ 6 6 が支持プレート 6 7 上で移動することにより、ドロップレット生成器 1 1 0 を E U V 光生成制御部 4 0 から指定された位置に移動し得る。

[0045] タイミングセンサ 8 0 は、光源部 8 1 及び受光部 8 2 を含む。光源部 8 1 と受光部 8 2 とは、ドロップレット 1 2 2 の進行経路であるドロップレット

軌道 140 を挟んで互いに対向するように配置される。

[0046] 光源部 81 は、光源 83 及び照明光学系 84 を含む。光源部 81 は、ドロップレット生成器 110 のノズル孔 124 とプラズマ生成領域 26 との間のドロップレット軌道 140 上の検出領域 142 のドロップレットを照明するように配置される。光源 83 は、単色光のレーザ光源又は複数波長を出射するランプでもよい。また、光源 83 は光ファイバを含んでもよく、光ファイバは照明光学系 84 に接続される。照明光学系 84 は集光レンズを含む。照明光学系 84 はウインドウ 85 を含む。ウインドウ 85 はチャンバ 16 の壁に配置される。

[0047] 受光部 82 は、受光光学系 86、及び光センサ 87 を含む。受光部 82 は、光源部 81 から出力された照明光の少なくとも一部であって検出領域 142 を通った照明光を受光するように配置される。受光光学系 86 は集光レンズを含む。受光光学系 86 は、ウインドウ 88 を含む。ウインドウ 88 は、チャンバ 16 の壁に配置される。

[0048] 光センサ 87 は、1 つ又は複数の受光面を含む。光センサ 87 は、フォトダイオード、フォトダイオードアレイ、アバランシェフォトダイオード、光電子増倍管、マルチピクセルフォトンカウンタ、及びイメージインテンシファイアのうちのいずれかによって構成し得る。光センサ 87 は受光量に応じた電気信号を出力する。

[0049] 光源部 81 のウインドウ 85 と受光部 82 のウインドウ 88 とは、ドロップレット軌道 140 を挟んで互いに対向する位置に配置される。光源部 81 と受光部 82 との対向方向は、ドロップレット軌道 140 と直交してもよいし、ドロップレット軌道 140 と非直交であってもよい。タイミングセンサ 80 は、図 1 に示すターゲットセンサ 42 の一例である。

[0050] レーザ光伝送装置 54 は、レーザ光の進行方向を規定するための光学素子として、第 1 の高反射ミラー 151 及び第 2 の高反射ミラー 152 を含む。

[0051] レーザ光集光光学系 90 は、レーザ光伝送装置 54 から出力されるパルスレーザ光 22 が入力されるように配置される。レーザ光集光光学系 90 は、

ウインドウ 20 を介してチャンバ 16 に入射したパルスレーザ光 23 をプラズマ生成領域 26 に集光するよう構成されている。レーザ光集光光学系 90 は、レーザ光集光ミラー 56、高反射平面ミラー 93、及びレーザ光マニピレータ 94 を含む。なお、レーザ光集光光学系 90 は、本開示における「レーザ集光光学部」の一例である。

[0052] レーザ光集光ミラー 56 は、例えば、高反射軸外放物面ミラーである。レーザ光集光ミラー 56 は、ミラーホルダ 56A に保持される。ミラーホルダ 56A は、プレート 95 に固定される。高反射平面ミラー 93 はミラーホルダ 93A に保持される。ミラーホルダ 93A はプレート 95 に固定される。

[0053] レーザ光マニピレータ 94 は、例えば、X 軸、Y 軸、及び Z 軸の互いに直交する三軸の方向にプレート 95 を移動可能なステージを用いて構成される。レーザ光マニピレータ 94 は、チャンバ 16 内のレーザ照射位置を、EUV 光生成制御部 40 から指定された位置に X 軸、Y 軸、及び Z 軸の各軸の方向において移動できるよう構成される。レーザ光マニピレータ 94 は、ステージの駆動源としてピエゾアクチュエータ 94A を備える。ピエゾアクチュエータ 94A はピエゾアクチュエータコントローラ 98 と接続される。

[0054] EUV 光集光ミラー 24 は、EUV 光集光ミラーホルダ 96 に保持される。EUV 光集光ミラーホルダ 96 は、プレート 97 に固定される。プレート 97 は、レーザ光集光光学系 90 と EUV 光集光ミラー 24 とを保持する部材である。プレート 97 は、チャンバ 16 の内壁に固定される。

[0055] チャンバ 16 は、図示せぬ排気口を介して排気流路 103 と接続される。排気流路 103 は、排気バルブ 104 及び真空ポンプ 106 が設けられる。チャンバ 16 は、図示せぬガス導入口を介してガス導入流路 107 と接続される。ガス導入流路 107 は、マスフローコントローラ (MFC: mass flow controller) 108 及び導入バルブ 109 が設けられる。ガス導入流路 107 は、図示せぬガス導入源と接続される。図 2 に示すパージガスは、パージの際にチャンバ 16 へ導入されるガスの総称を表す。

。パージガスの例として、アルゴンガス（Arガス）、及び窒素ガス（N₂ガス）等が挙げられる。

[0056] E U V 光生成制御部 4 0 は、ステージ 6 6、タイミングセンサ 8 0、及びピエゾアクチュエータコントローラ 9 8 の各々と接続されている。さらに E U V 光生成制御部 4 0 は、圧力センサ 1 0 2、排気バルブ 1 0 4、真空ポンプ 1 0 6、マスフローコントローラ 1 0 8、導入バルブ 1 0 9、及び露光装置制御部 1 5 6 と接続されている。露光装置制御部 1 5 6 は、露光装置 4 6 を制御する制御装置である。露光装置制御部 1 5 6 は、露光装置 4 6 に含まれていてもよい。

[0057] E U V 光生成制御部 4 0 等の制御装置並びに処理部は、1 台又は複数台のコンピュータのハードウェア及びソフトウェアの組み合わせによって実現することが可能である。コンピュータは、CPU（Central Processing Unit）及びメモリを含んで構成され得る。ソフトウェアはプログラムと同義である。プログラマブルコントローラはコンピュータの概念に含まれる。

[0058] また、E U V 光生成制御部 4 0 等の制御装置の処理機能の一部又は全部は、FPGA（Field Programmable Gate Array）に代表される集積回路を用いて実現してもよい。FPGA に代わり、又は併用してASIC（Application Specific Integrated Circuit）を用いてもよい。

[0059] また、これら複数の制御装置の機能を 1 台の制御装置で実現することも可能である。さらに、これらの複数の制御装置は、ローカルエリアネットワーク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、プログラムユニットは、ローカル及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よい。

[0060] 3. 2 動作

図 2 を参照して、例示的な E U V 光生成装置 1 2 の動作を説明する。E U V 光生成制御部 4 0 は、チャンバ 1 6 の内部が真空状態となるように、排気

バルブ 104 及び真空ポンプ 106 を制御する。EUV 光生成制御部 40 は、圧力センサ 102 の検出値に基づいて、チャンバ 16 の内部が所定圧力範囲内となるように、チャンバ 16 からの排気を制御する。EUV 光生成制御部 40 は、圧力センサ 102 の検出値に基づいて、チャンバ 16 の内部が所定圧力範囲内となるように、チャンバ 16 へのガスの導入を制御する。

[0061] EUV 光生成制御部 40 は、排気バルブ 104 の開閉、及び真空ポンプ 106 の回転数を制御し、チャンバ 16 の内部が所定圧力以下になるまでガスを排気する。EUV 光生成制御部 40 は、マスフローコントローラ 108 の動作、及び真空ポンプ 106 の開閉を制御し、チャンバ 16 の内部が所定圧力以上になるまでガスを導入する。所定圧力は、例えば、1 パスカル [Pa] であってもよい。

[0062] なお、排気バルブ 104 及び真空ポンプ 106 は、本開示における「チャンバ 16 の内部のガスをチャンバ 16 の外部へ排気する排気部」の構成要素の一例である。マスフローコントローラ 108 及び導入バルブ 109 は、本開示における「チャンバの内部へガスを導入するガス導入部」の構成要素の一例である。ガス導入部はガス導入源を含み得る。

[0063] また、EUV 光生成制御部 40 は、ヒータ電源 116 を介してヒータ 130 を駆動し、図示せぬ温度センサによって温度を監視しながら、タンク 120 の内部のターゲット物質を融点以上の所定温度に加熱及び維持する制御を行う。ターゲット物質がスズである場合の所定温度は、例えば 250℃ から 290℃ の範囲の温度であってよい。融点が 232℃ であるスズの場合、タンク 120 の内部に貯蔵されたターゲット物質は、ヒータ 130 を用いた加熱によって融解して液体となる。なお、融解したスズは、本開示における「液体のターゲット物質」の一例である。

[0064] EUV 光生成制御部 40 は、液体のターゲット物質をノズル孔 124 から吐出するために、タンク 120 の内部が所定圧力となるように圧力調節器 112 を制御する。タンク 120 の内部の所定圧力は、例えば、3 メガパスカル [MPa] 以上であってもよい。

- [0065] 圧力調節器 112 は、EUV 光生成制御部 40 からの制御信号に基づいてタンク 120 の内部にガスを導入するか、又はタンク 120 の内部のガスを排気してタンク 120 の内部を加圧又は減圧し得る。圧力調節器 112 によってタンク 120 の内部圧力は、目標とする圧力値に調節される。タンク 120 の内部に導入されるガスは、不活性ガスであることが好ましい。
- [0066] 圧力調節器 112 は、EUV 光生成制御部 40 からの指示に応じて、ドロップレット 122 が所定の速度でプラズマ生成領域 26 に到達するように、タンク 120 の内部圧力を所定値に調節する。
- [0067] ドロップレットの所定の速度は、例えば、 60 m/s から 120 m/s までの範囲の速度であってよい。タンク 120 の内部圧力の所定値は、例えば、数 MPa から 40 MPa までの範囲の圧力であってよい。その結果、ノズル孔 124 から所定の速度で液体のターゲット物質のジェットが噴出され得る。
- [0068] EUV 光生成制御部 40 は、加振ピエゾ 128 にピエゾ電源 114 からの所定波形の電圧を供給し、ノズル孔 124 から出力された液体のターゲット物質が所定のピエゾ駆動周波数で規則的にドロップレット 122 を生成するように、デューティ調整を行う。デューティ調整を実施することによって、ドロップレット 122 の生成に適した適切なデューティ値が設定される。
- [0069] EUV 光生成制御部 40 は、ノズル孔 124 から出力された液体のターゲット物質がドロップレット 122 を生成するよう、ピエゾ電源 114 を介して加振ピエゾ 128 に所定のピエゾ駆動周波数及びデューティの電圧を供給する。すなわち、EUV 光生成制御部 40 は、ピエゾ電源 114 にピエゾ駆動用の電圧波形信号を送信する。
- [0070] ピエゾ電源 114 は、EUV 光生成制御部 40 からの指示に従い、加振ピエゾ 128 に対し電圧を供給する。加振ピエゾ 128 に電圧が印加されることにより、加振ピエゾ 128 が振動する。加振ピエゾ 128 の振動がノズル 126 に伝わり、ノズル孔 124 を介して液体のターゲット物質が振動する。ノズル孔 124 から出力される液体のターゲット物質のジェットは液滴に

分裂しながら進行する。このとき、液体のターゲット物質にドロップレット合体を促進する規則的な振動が与えられることにより、液滴が合体して各々ほぼ同じ体積のドロップレット 1 2 2 が周期的に生成される。そして、プラズマ生成領域 2 6 にドロップレット 1 2 2 を供給し得る。

[0071] レーザ装置 1 4 から出力されたパルスレーザ光は、第 1 の高反射ミラー 1 5 1、第 2 の高反射ミラー 1 5 2 及びレーザ光集光光学系 9 0 を介してプラズマ生成領域 2 6 に導かれ、ドロップレット 1 2 2 に照射される。

[0072] 光源部 8 1 から出力されたドロップレット 1 2 2 への照明光は、受光部 8 2 にて受光される。ドロップレット 1 2 2 の検出領域 1 4 2 の通過に同期して受光部 8 2 に受光される光強度が低下し得る。光強度の変化は、光センサ 8 7 によって検出される。光センサ 8 7 は検出結果を通過タイミング信号として E U V 光生成制御部 4 0 へ出力する。

[0073] ドロップレット 1 2 2 にパルスレーザ光 2 3 を照射する場合、E U V 光生成制御部 4 0 は、通過タイミング信号が所定の閾値電圧を超えたタイミングで、ドロップレットの通過タイミングを示すドロップレット検出信号を生成する。検出領域 1 4 2 は、光源部 8 1 と受光部 8 2 との間をドロップレット 1 2 2 が通過した際に、ドロップレット検出信号が生成される領域であってよい。

[0074] E U V 光生成制御部 4 0 は、ドロップレット検出信号に対して所定の遅延時間を付加して発光トリガ信号を生成する。すなわち、E U V 光生成制御部 4 0 は、図示せぬ遅延回路によりドロップレット検出信号に遅延時間を付加して発光トリガ信号を生成し得る。E U V 光生成制御部 4 0 は、発光トリガ信号をレーザ装置 1 4 に入力する。

[0075] 遅延回路の遅延時間は、ドロップレット 1 2 2 が検出領域 1 4 2 を通過して、プラズマ生成領域 2 6 に到達する前に、レーザ装置 1 4 に発光トリガ信号が入力されるように設定する。つまり、遅延時間は、ドロップレットがプラズマ生成領域 2 6 に到達した時に、レーザ装置 1 4 から出力されたパルスレーザ光がドロップレット 1 2 2 に照射されるように設定する。

- [0076] 発光トリガ信号がレーザ装置 14 に入力されると、レーザ装置 14 はパルスレーザ光 21 を出力する。レーザ装置 14 から出力されたパルスレーザ光 21 は、レーザ光伝送装置 54 とウインドウ 20 を経由して、レーザ光集光光学系 90 に入力する。
- [0077] E U V 光生成制御部 40 は、ドロップレット 122 がプラズマ生成領域 26 を通るように、ステージ 66 を制御してドロップレット生成器 110 を移動させてもよい。
- [0078] E U V 光生成制御部 40 は、パルスレーザ光 23 がプラズマ生成領域 26 で集光するように、ピエゾアクチュエータ 94 A を制御する。パルスレーザ光 23 は、レーザ光集光光学系 90 によって、プラズマ生成領域 26 でドロップレット 122 に集光照射される。こうして、パルスレーザ光 23 をドロップレット 122 に集光照射することにより、ターゲットをプラズマ化して E U V 光 62 を発生させる。ターゲット供給部 18 から所定周期でプラズマ生成領域 26 に供給されるドロップレット 122 にパルスレーザ光 23 を集光照射することにより、E U V 光 62 を周期的に発生させてもよい。
- [0079] プラズマ生成領域 26 から発生した E U V 光 62 は、E U V 光集光ミラー 24 によって集められ、中間集光点 28 で集光した後に露光装置 46 に入力される。一方、パルスレーザ光 23 が照射されなかったドロップレット 122 は、プラズマ生成領域 26 を通過してターゲット回収部 58 に入る。ターゲット回収部 58 に回収されたドロップレット 122 は、液体のターゲット物質として貯蔵され得る。
- [0080] 露光装置 46 からの指令によって、プラズマ生成領域 26 を移動させる場合がある。プラズマ生成領域 26 を X-Y 平面内で移動させる場合は、ステージ 66 によってドロップレット 122 の出力位置を変更し、ピエゾアクチュエータ 94 A によってパルスレーザ光 23 の照射位置を変更する。
- [0081] プラズマ生成領域 26 を Y 方向に移動させる場合は、ドロップレット検出信号から発光トリガ信号までの遅延時間を変更する。なお、図 2 に示す E U V 光生成装置 12 は、本開示における「極端紫外光生成方法」を実施し得る

装置の一例である。

[0082] 3. 3 イオンキャッチャーを含むEUV光生成装置の構成

図3は、イオンキャッチャーを含むEUV光生成装置の構成を概略的に示す図である。なお、図3では、レーザ光伝送装置54、及びレーザ光集光光学系90の構成要素の図示を省略する。図3に示すように、EUV光生成装置12はイオンキャッチャー5を含む。イオンキャッチャー5は、筒状部材150、第1の衝突部153、及び第2の衝突部154を含む。筒状部材150の第1の端部150Aは、プラズマ生成領域26に近い側の端部である。第1の端部150Aは、磁場155に沿った方向に開口している。第1の端部150Aは、第1の衝突部153が設けられる。

[0083] 筒状部材150の第2の端部150Bは、プラズマ生成領域26から遠い側の端部である。第2の端部150Bは、第2の衝突部154が設けられる。

[0084] 第1の衝突部153は、複数の板部材153Aを含む。複数の板部材153Aは互いに間隔をあけて斜めに並べられている。複数の板部材153Aの各々は、イオン又は中性粒子が衝突する衝突面を有している。第2の衝突部154は、円錐状又は多角錐状の面を有している。

[0085] 筒状部材150は、磁石6A及び磁石6Bを構成するコイルのボアを貫通する位置に配置される。このため、筒状部材150の内部には、強い磁場155が形成される。

[0086] 3. 4 磁石

磁石6A及び磁石6Bの各々は、コイルを含む電磁石を適用し得る。磁石6A及び磁石6Bは、チャンバ16を挟んで対向する位置に、コイルの中心軸が一致するように配置される。磁石6A及び磁石6Bは、チャンバ16の内部に磁場を形成できるように構成される。磁石6A及び磁石6Bによって形成される磁場は、それぞれのコイルのボアの中心付近で最も強く、磁石6Aと磁石6Bとの間では若干弱くなってもよい。

[0087] 3. 5 イオンキャッチャーの動作

イオン又は中性粒子が第１の衝突部１５３の複数の衝突面のいずれかに衝突し、反射した際に、第１の衝突部１５３ではイオン又は中性粒子を捕集しきれずに、イオン又は中性粒子が筒状部材１５０の内部に入ってくる可能性がある。このとき、筒状部材１５０の内部には強い磁場が形成されているため、イオンは減速される。中性粒子も、第１の衝突部１５３で反射される際に減速される。したがって、イオン又は中性粒子は、第２の衝突部１５４では反射されずに、第２の衝突部１５４に付着しやすくなる。イオン又は中性粒子は、第２の衝突部１５４で反射されたとしても、さらに減速されるので、再び第１の衝突部１５３の間をすり抜けてチャンバ１６の内部に戻る可能性は低くなり得る。すなわち、筒状部材１５０の内部がイオン又は中性粒子を減速させる緩和空間となり、効率的にイオン又は中性粒子の捕集を行い得る。

[0088] プラズマに含まれるイオンは、プラズマ生成領域２６から拡散しようとするときに、磁場の方向と、イオンの移動方向と、の両方に垂直なローレンツ力を受け得る。このローレンツ力により、磁場と平行な方向から見たときのイオンの移動軌跡は、ほぼ円の形状となってもよい。すなわち、イオンは磁場に沿って、らせん状に移動してもよい。

[0089] ４．ピエゾ素子の説明

４．１ ピエゾアクチュエータに適用されるピエゾ素子の構成

図４は、ピエゾアクチュエータの構成を概略的に示す図である。図４に示すピエゾアクチュエータ２００は、図２に示すピエゾアクチュエータ９４Ａに適用し得る。ピエゾアクチュエータ２００は、ピエゾ素子２０２、固定子２０４、及び可動子２０６を含む。ピエゾアクチュエータ２００は、複数のピエゾ素子２０２の各々が固定子２０４に支持される。また、複数のピエゾ素子２０２が１つの可動子２０６に連結される。

[0090] 固定子２０４に支持されるピエゾ素子２０２は、電界の方向に伸縮を生じるように動作するピエゾ素子を適用し得る。可動子２０６と連結されるピエゾ素子２０２は、電界に対して垂直なせん断歪みを生じるように動作するピ

エゾ素子を適用し得る。

[0091] ピエゾ素子 202 は、圧電体 210 が 2 枚の電極 212 に挟まれた構造を有している。図 4 には、ピエゾ素子 202 として積層型ピエゾ素子を例示したが、ピエゾ素子 202 は単層型ピエゾ素子を適用してもよい。

[0092] 4. 2 ピエゾアクチュエータに適用されるピエゾ素子の動作

図 4 に示すピエゾ素子 202 は、電極 212 に電圧が印加されると撓み変形を生じる。電圧印加に応じてピエゾ素子 202 に連結された可動子 206 が移動する。

[0093] ピエゾアクチュエータ 200 は、所定の電圧印加により可動子に対して与圧を付与し、可動子 206 の位置を保持し得る。ピエゾアクチュエータ 200 は、ピエゾ素子 202 の印加電圧の変化に応じて、可動子 206 を移動させ得る。ピエゾアクチュエータ 200 に適用されるピエゾ素子 202 は、本開示における「チャンバの内部に設けられたピエゾ素子」の一例である。

[0094] 4. 3 加振ピエゾの構成

図 5 は、加振ユニットの概略構成例を示す図である。図 5 は加振ユニット 310 の 2 本の第 1 のボルト 308 の中心軸を含む面における断面図であり、ノズル孔 124 及び加振ユニット 310 をターゲットの出力方向から見たときの概略構成を示す図である。

[0095] 図 5 に示す加振ユニット 310 は、図 2 に図示す加振ピエゾ 128 をノズル 126 へ取り付けするための構造体の一例である。図 5 に示すノズルホルダ 127 は、図 2 に示すノズル 126 をタンク 120 に取り付けするための部材である。

[0096] 加振ユニット 310 は、2 本の第 1 のボルト 308、第 2 のボルト 306、与圧用フレーム 307、押さえ部材 315、ピエゾ素子 314、及び振動伝達部材 311 を含む。加振ユニット 310 は、電極 312 及び絶縁部材 313 をさらに含む。

[0097] 与圧用フレーム 307 は、加振ユニット 310 のフレーム部材である。与圧用フレーム 307 は、両側に位置するアーム部 307b、他方のアーム部

307b、及びそれらを連結する中央の梁部307aを含む。

[0098] 振動伝達部材311は、与圧用フレーム307とノズルホルダ127との間に配置される。振動伝達部材311の中央部には、先端側が細い円錐台状の突起部302が設けられる。突起部302の先端は、ノズルホルダ127の側面に接触する。

[0099] 2本の第1のボルト308は、与圧用フレーム307と振動伝達部材311とを、ノズルホルダ127の側面に固定する。第2のボルト306は、押さえ部材315を介して piezo 素子314 及び振動伝達部材311をノズルホルダ127に押し付ける。

[0100] 電極312と絶縁部材313とは、第2のボルト306と piezo 素子314との間に配置される。その際、電極312と piezo 素子314とは接触する。電極312と第2のボルト306とは、絶縁部材313によって電氣的に絶縁される。

[0101] 振動伝達部材311は、電極312と対をなす piezo 素子314の電極として機能し得る。加振ユニット310において、振動伝達部材311と電氣的に繋がっているいずれかの部材は接地されていてもよい。図5には、振動伝達部材311が接地されている場合が示されている。

[0102] 電極312は、図示せぬ接続ラインを介して、図2に示す piezo 電源114と接続される。piezo 電源114から電極312に供給される電圧の周波数は、piezo 素子314の共振周波数未満であってもよい。

[0103] piezo 素子314は、コンポジット piezo 素子を適用し得る。コンポジット piezo 素子は、集積された微小なバルク piezo を樹脂で固めることで形成された piezo 素子である。piezo 素子314の共振周波数は、例えば、4MHz以上であってもよい。コンポジット piezo 素子の代わりに、バルク piezo 素子が piezo 素子314として用いられてもよい。

[0104] 4. 4 加振 piezo の動作

図5に示す加振ユニット310においては、振動伝達部材311の突起部302をノズルホルダ127へ押し付ける与圧、及び piezo 素子314を押

さえ部材 315 と振動伝達部材 311 とで挟み込む与圧が、第 2 のボルト 306 によって与えられる。

[0105] 上記の与圧は、第 1 のボルト 308 及び第 2 のボルト 306 のねじ込みトルクを調整することによって調整され得る。その際、 piezo 素子 314 で発生した振動が振動伝達部材 311 の突起部 302 を介してタンク 120 の内部のターゲット物質に到達するように、第 1 のボルト 308 及び第 2 のボルト 306 のねじ込みトルクが調整されてもよい。

[0106] piezo 素子 314 は、piezo 電源 114 から印加された所定波形の電圧に基づいて伸縮することで、振動を発生し得る。発生した振動は、振動伝達部材 311 の突起部 302、ノズルホルダ 127、ノズル 126、タンク 120 等を介して、ターゲット流路の内部のターゲット物質に伝達してもよい。これにより、ノズル孔 124 から吐出するターゲット物質のジェットが所定サイズ及び所定周期のドロップレットに変化し得る。

[0107] 振動伝達部材 311 は、冷却水配管 303 を流れる冷却水で冷却される。これにより、タンク 120、ノズルホルダ 127 等を介して伝達するヒータ 130 からの熱によって piezo 素子 314 の温度がキュリー点以上になることが抑制され得る。なお、piezo 素子 314 のキュリー点は、150℃から 350℃の範囲であってもよい。

[0108] piezo 素子 314 には、piezo 電源 114 から電圧が印加される。電圧の周波数は、上述したように、piezo 素子 314 の共振周波数、例えば 4 MHz 未満であってもよい。電圧の周波数は、例えば 3 MHz であってもよい。電圧の周波数を piezo 素子 314 の共振周波数、例えば 4 MHz 未満とすることで、piezo 素子 314 が共振周波数以下の周波数で振動し得る。それにより、振動ノイズの発生が抑制され得る。共振周波数が 3 MHz から 6 MHz までのコンポジット piezo 素子は、比較的入手が容易であり得る。そのため、piezo 素子 314 に印加される電圧の周波数は、2 MHz から 5 MHz までの範囲内で設定されてもよい。

[0109] また、振動は、一般的にその周波数が振動伝達経路上の部品の固有振動数

と一致した場合に部品の共振によって増幅され得る。したがって、振動伝達部材 3 1 1 を含む振動伝達経路上の部品による振動ノイズの増幅を抑制するためには、発生し得る振動ノイズの周波数と部品の固有振動数とが一致していないことが好ましい。なお、図 5 に示す piezo 素子 3 1 4 は、本開示における「チャンバの内部に設けられた piezo 素子」の一例である。

[0110] 5. チャンバの稼働準備、及びメンテナンス準備の説明

5. 1 チャンバの稼働準備の処理内容

図 6 は、チャンバの稼働準備の処理内容の例を示すフローチャートである。図 6 に示すチャンバの稼働準備のフローチャートは、チャンバ開放工程 S 1 0、チャンバ密閉工程 S 1 2、排気工程 S 1 4、排気圧力判定工程 S 1 6、ガス導入工程 S 1 8、及び稼働準備完了処理工程 S 2 0 を含む。

[0111] チャンバ開放工程 S 1 0 では、例えば、図 2 に示す E U V 光生成装置 1 2 に配置されているチャンバ 1 6 が大気開放される。チャンバ開放工程 S 1 0 において、チャンバ 1 6 が大気開放された後に、チャンバ 1 6 の内部のメンテナンス等を実施し得る。

[0112] チャンバ密閉工程 S 1 2 では、例えば、メンテナンスが実施された後のチャンバ 1 6 の内部を密閉する。チャンバ密閉工程 S 1 2 では、工場等の E U V 光生成装置 1 2 の配置場所と異なる場所から輸送されたチャンバ 1 6 を E U V 光生成装置 1 2 に配置し得る。メンテナンスは、例えば、図 2 に示す E U V 光集光ミラー 2 4 等の光学部材の交換、ドロップレット生成器 1 1 0 の交換、及びドロップレット 1 2 2 に照射するパルスレーザ光 2 3 の光軸調整等が挙げられる。

[0113] 排気工程 S 1 4 では、図 2 に示す E U V 光生成制御部 4 0 は、排気バルブ 1 0 4 を開き、真空ポンプ 1 0 6 を動作させて、チャンバ 1 6 の内部の排気を実施する。これにより、チャンバ 1 6 の内部の空気等のガスをチャンバ 1 6 の外部へ排出し得る。

[0114] 排気圧力判定工程 S 1 6 では、E U V 光生成制御部 4 0 は、圧力センサ 1 0 2 の検出値に基づいてチャンバ 1 6 の内部圧力が 1 0 0 P a 未満であるか

否かを判定する。圧力センサ102の検出値が100Pa以上の場合はNo判定となり、EUV光生成制御部40は排気工程S14を継続する。

[0115] 一方、圧力センサ102の検出値が100Pa未満の場合はYes判定となり、EUV光生成制御部40は、排気バルブ104を閉じ、真空ポンプ106の動作を停止させて、チャンバ16の内部の排気を終了する。その後、ガス導入工程S18へ進む。

[0116] ガス導入工程S18では、EUV光生成制御部40は、図示しない水素ガス（H₂ガス）の導入流路を介して、図示しない水素ガスの導入口からチャンバ16の内部へ水素ガスを導入する。なお、水素ガスの導入流路は、パージガスの導入流路と同様の構成を適用し得る。ガス導入工程S18では、チャンバ16の内部圧力を100Pa未満に規定し得る。例えば、チャンバ16の内部圧力を70Paとしてもよい。ガス導入工程S18において、チャンバ16の内部が所定圧力に達した後に、稼働準備完了処理工程S20へ進む。

[0117] 稼働準備完了処理工程S20では、EUV光生成制御部40は、EUV光の発光に必要なチャンバ16の稼働準備を実施する。稼働準備完了処理工程S20の後に、EUV光生成装置12はEUV光の発光が可能となる。

[0118] 5. 2 チャンバのメンテナンス準備の処理内容

図7は、チャンバのメンテナンス準備の処理内容の例を示すフローチャートである。図7に示す、チャンバのメンテナンス準備のフローチャートは、ガス導入停止工程S30、ガス排気工程S32、パージガス導入工程S34、パージガス排気工程S36、パージガス再導入工程S38、及びチャンバ開放工程S40を含む。

[0119] ガス導入停止工程S30では、EUV光生成制御部40は、チャンバ16の内部への水素ガスの導入を停止させる。ガス排気工程S32では、EUV光生成制御部40は、排気バルブ104を開き、真空ポンプ106を動作させて、チャンバ16の内部の水素ガスを排気する。チャンバ16の内部が所定圧力以下となった後に、EUV光生成制御部40は、排気バルブ104を

閉じ、真空ポンプ１０６の動作を停止させる。その後、パージガス導入工程Ｓ３４へ進む。

[0120] パージガス導入工程Ｓ３４では、ＥＵＶ光生成制御部４０は、導入バルブ１０９を開き、マスフローコントローラ１０８を動作させて、ガス導入源からチャンバ１６の内部へパージガスを導入する。パージガスは、アルゴンガス、又は窒素ガスを適用し得る。チャンバ１６の内部が所定圧力以上になると、パージガス排気工程Ｓ３６へ進む。

[0121] パージガス排気工程Ｓ３６では、ＥＵＶ光生成制御部４０はチャンバ１６の内部のパージガスをチャンバ１６の外部へ排出させる。すなわち、ＥＵＶ光生成制御部４０は導入バルブ１０９を閉じ、マスフローコントローラ１０８の動作を停止させる。さらに、ＥＵＶ光生成制御部４０は排気バルブ１０４を開き、真空ポンプ１０６を動作させる。チャンバ１６の内部が所定圧力以下になると、パージガス再導入工程Ｓ３８へ進む。

[0122] パージガス導入工程Ｓ３４及びパージガス排気工程Ｓ３６は、ガス置換工程の構成要素である。ＥＵＶ光生成制御部４０は、ガス置換工程を複数回実行した後にパージガス再導入工程Ｓ３８を実施してもよい。

[0123] パージガス再導入工程Ｓ３８では、ＥＵＶ光生成制御部４０はチャンバ１６の内部が大気圧になるまで、チャンバ１６の内部へパージガスを導入する。すなわち、ＥＵＶ光生成制御部４０は排気バルブ１０４を閉じ、真空ポンプ１０６の動作を停止させる。さらに、ＥＵＶ光生成制御部４０は導入バルブ１０９を開き、マスフローコントローラ１０８を動作させる。パージガス再導入工程Ｓ３８の後に、チャンバ開放工程Ｓ４０へ進む。

[0124] チャンバ開放工程Ｓ４０では、チャンバ１６が大気開放される。これにより、チャンバ１６のメンテナンスが可能となる。

[0125] ６．課題

図２に示すチャンバ１６の内部には、ドロップレット１２２に照射するパルスレーザ光２３の照射位置を調整するために、レーザ光集光ミラー５６及び高反射平面ミラー９３の位置を調整するピエゾアクチュエータ９４Ａが設

けられる。また、チャンバ16の内部には、ドロップレットを吐出させる加振ピエゾ128が設けられている。ピエゾアクチュエータ94Aは、図4に示すピエゾ素子202が適用され得る。また、加振ピエゾ128は、図5に示すピエゾ素子314が適用され得る。

[0126] 例えば、ピエゾアクチュエータ94Aが適用されるステージの移動に回転型モータを適用した場合、回転型モータは、図3に示す磁場155の影響を受ける可能性があり得る。また、回転型モータが発生させる磁場は、図3に示す磁場155へ影響し得る。そこで、ピエゾアクチュエータ94Aは、磁場155の影響を受けにくく、磁場155へ影響を与える磁場を発生させないピエゾ素子が適用される。

[0127] チャンバ16の内部圧力が、例えば、真空のように特定範囲にある場合にピエゾアクチュエータ94Aを駆動すると、ピエゾアクチュエータ94Aの駆動源であるピエゾ素子が絶縁破壊により破損する。

[0128] 真空中での絶縁破壊電圧の解析はパッシェンの法則を参照し得る。パッシェンの法則によれば、真空中での火花放電は、電界で加速された電子が気体分子と衝突し、気体を電離させることにより起こる。そのため、気体が少なくなると衝突が起こりにくくなるので、火花放電に必要な電圧は大きくなる。また、気体が多くなると電子が衝突までに十分に加速されにくくなるので、火花放電に必要な電圧は大きくなる。火花放電に必要な電圧はその中間で最低値を持つ。

[0129] 気体の圧力と電極間の距離を乗算した値に対する火花放電に必要な電圧を表すパッシェン曲線は、気体の種類によらず上記の傾向を有している。一方、気体の種類によって、気体の圧力と電極間の距離を乗算した値ごとの火花放電に必要な電圧は相違する。

[0130] 図8は、チャンバの内部圧力とピエゾ素子の絶縁破壊電圧との関係を示すグラフである。図8に示す曲線350は、チャンバ16の内部にアルゴンガスを導入した場合の例を示す。発明者らは、図8に示すチャンバ16の内部圧力とピエゾ素子の絶縁破壊電圧との関係を導出した。

[0131] 図8に示すV1は、図2に示した piezoアクチュエータ94Aに適用される piezo素子の動作電圧である。V2は、加振 piezo128の動作電圧である。「動作電圧」とは、piezo素子に所定の動作をさせる際に piezo素子に印加される電圧を表す。

[0132] P1は、piezoアクチュエータ94Aに適用される電圧印加禁止圧力範囲の圧力下限値を表す。電圧印加禁止圧力範囲とは、すなわち、電圧を印加すると絶縁破壊が生じる圧力の範囲である。P2は、piezoアクチュエータ94Aに適用される電圧印加禁止圧力範囲の圧力上限値を表す。P11は、加振 piezo128に適用される電圧印加禁止圧力範囲の圧力下限値を表す。P12は、加振 piezo128に適用される電圧印加禁止圧力範囲の圧力上限値を表す。

[0133] 絶縁破壊電圧が250ボルト[V]の場合、アルゴンガス雰囲気中の電圧印加禁止圧力範囲の圧力下限値P1は100Paであり、電圧印加禁止圧力範囲の圧力上限値P2は400kPaである。また、絶縁破壊電圧が150Vの場合、アルゴンガス雰囲気中の電圧印加禁止圧力範囲の圧力下限値P11は150Paであり、電圧印加禁止圧力範囲の圧力上限値P22は300kPaである。

[0134] すなわち、チャンバ16の内部にアルゴンガスが導入される場合、piezo素子の印加電圧が250Vの場合、電圧印加禁止圧力範囲は100Pa以上400kPa以下とし得る。また、piezo素子の印加電圧が150Vの場合、電圧印加禁止圧力範囲は150Pa以上300kPa以下とし得る。

[0135] 表1は、チャンバ16の内部に導入されるガスの種類と電圧印加禁止圧力範囲との関係を示す。表1はpiezo素子の印加電圧が250Vの場合の電圧印加禁止圧力範囲の圧力下限値P1及び圧力上限値P2を示す。

[0136] [表1]

ガスの種類	圧力下限値P1	圧力上限値P2
空気	100Pa	50kPa
アルゴン	100Pa	400kPa
窒素	100Pa	10kPa

- [0137] チャンバ16へ導入されるガスが空気、アルゴンガス、及び窒素ガスの場合はいずれも、電圧印加禁止圧力範囲の圧力下限値 P_1 は100Paである。一方、チャンバ16へ導入されるガスが空気の場合、電圧印加禁止圧力範囲の圧力上限値 P_2 は50kPaである。また、チャンバ16へ導入されるガスが窒素ガスの場合、電圧印加禁止圧力範囲の圧力上限値 P_2 は10kPaである。
- [0138] なお、図8に示すpiezoアクチュエータの電圧印加禁止圧力範囲は、本開示における「第1の範囲」の一例である。加振piezoの電圧印加禁止圧力範囲は、本開示における「第1の範囲」の一例である。さらに、表1に示すガスの種類ごとの圧力下限値以上、圧力上限値以下の範囲である電圧印加禁止圧力範囲は、本開示における「第1の範囲」の一例である。
- [0139] 例えば、図6に示す排気工程S14のように、チャンバ16から空気を排気する場合、チャンバ16の内部圧力は大気圧から真空まで変動する。その過程でチャンバ16の内部圧力は図8に示すpiezoアクチュエータの電圧印加禁止圧力範囲、及び加振piezoの電圧印加禁止圧力範囲を通過する。
- [0140] また、図7に示すガス排気工程S32において、チャンバ16の内部の水素ガスを排気した後に、チャンバ16の内部の不純物を取り除くために、パージガス導入工程S34において、アルゴンガス、又は窒素ガス等の不活性ガスをチャンバ16の内部へ導入する。さらに、パージガス排気工程S36において、アルゴンガス、又は窒素ガスをチャンバ16の外部へ排気する。
- [0141] その後、パージガス再導入工程S38において、チャンバ16の内部が大気圧になるまで、アルゴンガス、又は窒素ガスをチャンバ16の内部へ導入し、チャンバ開放工程S40において、チャンバ16を開放する際に空気が流入する。
- [0142] その際に、チャンバ16の内部圧力は、真空から大気圧まで変動する。その過程でチャンバ16の内部圧力は図8に示すpiezoアクチュエータの電圧印加禁止圧力範囲、及び加振piezoの電圧印加禁止圧力範囲を通過する。
- [0143] 上記した工程以外の工程においても、チャンバ16の内部に予期せぬ圧力

変動が生じた場合に、チャンバ16の内部圧力は図8に示すpiezoアクチュエータの電圧印加禁止圧力範囲、及び加振piezoの電圧印加禁止圧力範囲に入る可能性がある。

[0144] すなわち、チャンバ16の内部圧力が大気圧から真空まで変動する過程において、チャンバ16の内部圧力はpiezoアクチュエータの電圧印加禁止圧力範囲、及び加振piezoの電圧印加禁止圧力範囲を通過するため、piezo素子への電圧印加を禁止するインターロックが必要となる。チャンバ16の内部圧力が真空から大気圧まで変動する過程も同様である。

[0145] さらに、チャンバ16の内部に予期せぬ圧力変動が発生した際に、チャンバ16の内部圧力が、piezoアクチュエータの電圧印加禁止圧力範囲、及び加振piezoの電圧印加禁止圧力範囲に入る場合があるため、インターロックを適宜かけておく必要がある。

[0146] 7. 実施形態1

7. 1 構成

まず、EUV光生成装置12の通常運転中におけるインターロックについて説明する。なお、通常運転中とは、通常運転を実施する期間中を表す。通常運転中は、EUV光を発光させる期間中が含まれる。通常運転中は、例えば、図6に示すEUV光の発光の前段階のチャンバの稼働準備期間中が含まれ得る。

[0147] 図6に示すチャンバの稼働準備の処理のうち排気工程S14は、インターロックが特に必要となる工程である。

[0148] 図9は、実施形態1に係るEUV光生成装置におけるインターロックに関連する構成を概略的に示す図である。図9は、図2に示すEUV光生成装置12の一部の構成要素を抽出して示している。

[0149] コントローラ40Aは、圧力センサ102の検出値に基づいて、piezoアクチュエータコントローラ98を介してpiezoアクチュエータ94Aの制御を行う。また、コントローラ40Aは、圧力センサ102の検出値に基づいて、piezo電源114を介して加振piezo128の制御を行う。

[0150] E U V 光生成装置 1 2 は、図示せぬ記憶部を備える。図示せぬ記憶部は、チャンバ 1 6 に導入されるガスごとに、piezo素子の印加電圧と電圧印加禁止圧力範囲との関係が記憶される。コントローラ 4 0 A は、チャンバ 1 6 に導入されるガスの種類、及びpiezo素子の印加電圧を参照して、図示せぬ記憶部から電圧印加禁止圧力範囲の情報を読み出し得る。

[0151] 7. 2 動作

実施形態 1 に係る E U V 光生成装置 1 2 は、チャンバ 1 6 の内部に導入されたガスごとに設定した電圧印加禁止圧力範囲内でチャンバ 1 6 の内部に設けられたpiezo素子が動作しないように制限を設ける。また、piezo素子に電圧が印加されないように、piezoアクチュエータ 9 4 A 等を制御する。すなわち、チャンバ 1 6 の内部圧力がpiezo素子の電圧印加禁止圧力範囲に入る場合に、piezo素子に対してインターロックをかける。このインターロックにより、サーボオンの許可、及びサーボオンの禁止の切り替えが可能となる。サーボオンの許可はサーボオン可能と同義である。

[0152] 実施形態 1 に係る E U V 光生成システム 1 0 は、チャンバ 1 6 の内部圧力が 1 0 0 P a 未満の場合にサーボオンを可能とする。また、E U V 光生成システム 1 0 は、チャンバ 1 6 の内部圧力が 1 0 0 P a 以上の場合はサーボオフとする。さらに、E U V 光生成システム 1 0 は、チャンバ 1 6 の内部圧力が 1 0 0 P a 未満の場合のサーボオン中は、チャンバ 1 6 の内部圧力が上昇し、チャンバ 1 6 の内部圧力が電圧印加禁止圧力範囲へ入る可能性がある。この場合、チャンバ 1 6 の内部へパージガスを導入するチャンバパージ動作を禁止する。すなわち、チャンバ 1 6 の内部圧力が 1 0 0 P a 未満の場合のサーボオン中は、図 2 に示す導入バルブ 1 0 9 を開く制御を禁止する。なお、サーボオン中はサーボオンの期間中を表す。また、サーボオン中は、本開示における「電圧印加中」の一例である。

[0153] 排気バルブ 1 0 4 を開き、真空ポンプ 1 0 6 を動作させて実施する真空排気中は、チャンバ 1 6 の内部の圧力変動により、チャンバ 1 6 の内部圧力が電圧印加禁止圧力範囲へ入る可能性がある。この場合、サーボオンを禁止す

る。なお、真空排気中とはチャンバ16の真空排気が実施される期間中を表す。真空排気中は、本開示における「チャンバの内部からチャンバの外部へのガスの排出中」の一例である。

[0154] 導入バルブを開き、マスフローコントローラ108を動作させて実施するチャンバパージ中は、チャンバ16の内部圧力が電圧印加禁止圧力範囲へ入る可能性がある。この場合、サーボオンを禁止する。また、サーボオン中は、チャンバ16の内部へのパージガスの導入を禁止する。なお、チャンバパージはチャンバ16のパージ処理を表す。チャンバパージ中はチャンバ16のパージが実施される期間中を表す。なお、チャンバパージ中は、本開示における「ガス導入部によるチャンバの外部からチャンバの内部へのガスの導入中」の一例である。

[0155] サーボオン指令は、図2に示すEUV光生成制御部40が出力する信号である。サーボオン指令は、例えば、パルスレーザ光23の集光位置を調整する際に、EUV光生成制御部40からピエゾアクチュエータコントローラ98へ送信される信号を含む。

[0156] EUV光生成装置12の通常運転中におけるチャンバ16の内部に導入されるガスは水素ガスである。一方、チャンバ16のメンテナンスの際にチャンバ16へ導入されるガスはアルゴンガス、又は窒素ガスである。チャンバ16へ水素ガスが導入される場合の電圧印加禁止圧力範囲は、チャンバ16へアルゴンガスが導入される場合の電圧印加禁止圧力範囲に含まれている。

[0157] また、チャンバ16へアルゴンガスが導入される場合は、チャンバ16へ水素ガスが導入される場合よりも電圧印加禁止圧力範囲が広範囲となる。したがって、チャンバ16へ水素ガスが導入される場合について、チャンバ16へアルゴンガスが導入される場合の電圧印加禁止圧力範囲を設定し得る。

[0158] 図10は、実施形態1に係るインターロックにおける、ピエゾアクチュエータに電圧を印加していない場合の処理内容の例を示すフローチャートである。図10にはEUV光生成装置12の通常運転中の制御フローを示す。図10に示すEUV光生成装置12の通常運転中のインターロックは、サーボ

オン指令取得工程 S 5 0、第 1 のチャンバ状態判定工程 S 5 2、第 2 のチャンバ状態判定工程 S 5 4、第 1 の圧力判定工程 S 5 6 を含む。また、E U V 光生成装置 1 2 の通常運転中のインターロックは、サーボオン禁止設定工程 S 5 8 及びサーボオン許可設定工程 S 6 0 を含む。

[0159] サーボオン指令取得工程 S 5 0 では、サーボオフ中において、図 9 に示すコントローラ 4 0 A はサーボオン指令を取得する。サーボオン指令は、例えば、入力装置を操作して入力されたサーボオン指令を取得し得る。サーボオン指令は、例えば、パルスレーザ光 2 3 の照射位置の変更のため、E U V 光生成制御部 4 0 が自己で生成し得る。なお、サーボオフ中はサーボオフの期間中を表す。

[0160] 第 1 のチャンバ状態判定工程 S 5 2 では、E U V 光生成制御部 4 0 はチャンバ 1 6 が真空排気中であるか否かを判定する。すなわち、第 1 のチャンバ状態判定工程 S 5 2 においてコントローラ 4 0 A は、排気バルブ 1 0 4 が開かれた状態であり、真空ポンプ 1 0 6 が動作している状態であるか否かを判定する。なお、第 1 のチャンバ状態判定工程 S 5 2 においてコントローラ 4 0 A は、排気バルブ 1 0 4 が開かれた状態であるか否か、又は真空ポンプ 1 0 6 が動作している状態であるか否かのいずれかを判定してもよい。

[0161] 第 1 のチャンバ状態判定工程 S 5 2 において、真空排気中の場合は Y e s 判定となり、サーボオン禁止設定工程 S 5 8 へ進む。一方、真空排気中でない場合は N o 判定となり、第 2 のチャンバ状態判定工程 S 5 4 へ進む。

[0162] 第 2 のチャンバ状態判定工程 S 5 4 では、コントローラ 4 0 A はチャンバページ中であるか否かを判定する。すなわち、第 2 のチャンバ状態判定工程 S 5 4 においてコントローラ 4 0 A は、導入バルブ 1 0 9 が開かれた状態であり、マスフローコントローラ 1 0 8 が動作している状態であるか否かを判定する。なお、第 2 のチャンバ状態判定工程 S 5 4 においてコントローラ 4 0 A は、導入バルブ 1 0 9 が開かれた状態であるか否か、又はマスフローコントローラ 1 0 8 が動作している状態であるか否かのいずれかを判定してもよい。

- [0163] 第2のチャンバ状態判定工程S54において、チャンバパージ中の場合はYes判定となり、サーボオン禁止設定工程S58へ進む。一方、チャンバパージ中でない場合はNo判定となり、第1の圧力判定工程S56へ進む。
- [0164] 第1の圧力判定工程S56では、コントローラ40Aは、圧力センサ102の検出値に基づいてチャンバ16の内部圧力が100Pa以上であるか否かを判定する。第1の圧力判定工程S56において、チャンバ16の内部圧力が100Pa以上の場合はYes判定となり、サーボオン禁止設定工程S58へ進む。
- [0165] サーボオン禁止設定工程S58では、コントローラ40Aはサーボオンを禁止する処理を実行する。サーボオンを禁止する処理は、例えば、ピエゾアクチュエータコントローラ98へピエゾアクチュエータ94Aへの電圧印加を禁止する指令を送信する処理を含む。
- [0166] 一方、第1の圧力判定工程S56において、チャンバ16の内部圧力が100Pa未満の場合はNo判定となり、サーボオン許可設定工程S60へ進む。サーボオン許可設定工程S60では、コントローラ40Aは、ピエゾアクチュエータコントローラ98へピエゾアクチュエータ94Aへの電圧印加指令を送信する。すなわち、サーボオン許可設定工程S60の後に、ピエゾアクチュエータ94Aは動作可能となる。なお、第1の圧力判定工程S56は、本開示における「チャンバの内部の圧力の情報を取得する圧力取得工程」を含む工程の一例である。サーボオン禁止設定工程S58、及びサーボオン許可設定工程S60は、本開示における「ピエゾ素子への電圧の印加と非印加とを切り替える制御工程」の一例である。
- [0167] 図10に示すピエゾアクチュエータ94Aへのインターロックは、図9に示す加振ピエゾ128へ適用し得る。すなわち、チャンバ16の真空排気中、チャンバパージ中、及びチャンバ16の内部圧力が100Pa以上の少なくともいずれかに該当する場合に、コントローラ40Aは、ピエゾ電源114から加振ピエゾ128への電圧印加を禁止し得る。図11、図13、及び図14に示すピエゾアクチュエータ94Aへのインターロックもまた、加振

ピエゾ１２８へ適用し得る。

[0168] なお、図１０に示す第１のチャンバ状態判定工程Ｓ５２、第２のチャンバ状態判定工程Ｓ５４、及び第１の圧力判定工程Ｓ５６の各々における判定は、本開示における「ピエゾ素子への電圧印加の可否の判定」の一例である。

[0169] 図１１は、実施形態１に係るインターロックにおける、ピエゾアクチュエータに電圧を印加している場合の処理内容の例を示すフローチャートである。

[0170] 図１１に示すＥＵＶ光生成装置１２の通常運転中のインターロックは、サーボオン許可設定工程Ｓ７０、第２の圧力判定工程Ｓ７２、サーボオン継続許可工程Ｓ７４、及びサーボオフ処理工程Ｓ７６を含む。

[0171] サーボオン許可設定工程Ｓ７０では、図９に示すコントローラ４０Ａは、ピエゾアクチュエータコントローラ９８へピエゾアクチュエータ９４Ａへの電圧印加指令を送信する。図１１に示すサーボオン許可設定工程Ｓ７０は、図１０に示すサーボオン許可設定工程Ｓ６０においてサーボオンが許可された場合に実施し得る。

[0172] サーボオン中は、真空排気及びチャンバパージが禁止される。真空排気及びチャンバパージを実施する際は、サーボオフを実施する。さらに、サーボオン中は、第２の圧力判定工程Ｓ７２においてチャンバ１６の内部圧力が監視される。

[0173] 第２の圧力判定工程Ｓ７２では、コントローラ４０Ａはチャンバ１６の内部圧力が１００Ｐａ以上であるか否かを判定する。第２の圧力判定工程Ｓ７２において、チャンバ１６の内部圧力が１００Ｐａ未満の場合はＮｏ判定となり、サーボオン継続許可工程Ｓ７４へ進む。サーボオン継続許可工程Ｓ７４では、コントローラ４０Ａはサーボオンを継続する。サーボオン継続許可工程Ｓ７４においてコントローラ４０Ａは、ピエゾアクチュエータ９４Ａへの電圧印加を継続する指令をピエゾアクチュエータコントローラ９８へ送信してもよい。

[0174] 一方、第２の圧力判定工程Ｓ７２において、チャンバ１６の内部圧力が１

00Pa 以上の場合は Yes 判定となり、サーボオフ処理工程 S 7 6 へ進む。サーボオフ処理工程 S 7 6 では、コントローラ 4 0 A はサーボオフ処理を実施する。サーボオフ処理工程 S 7 6 においてコントローラ 4 0 A は、ピエゾアクチュエータ 9 4 A への電圧を非印加とする指令をピエゾアクチュエータコントローラ 9 8 へ送信する。サーボオフ中において、コントローラ 4 0 A がサーボオン指令を取得した場合は、図 1 0 に示すインターロックが実施される。なお、第 2 の圧力判定工程 S 7 2 は、本開示における「チャンバの内部の圧力の情報を取得する圧力取得工程」を含む工程の一例である。サーボオン継続許可工程 S 7 4 及びサーボオフ処理工程 S 7 6 は、本開示における「ピエゾ素子への電圧の印加と非印加とを切り替える制御工程」の一例である。

[0175] 7. 3 作用・効果

実施形態 1 に係る E U V 光生成装置 1 2 によれば、チャンバ 1 6 の内部圧力が電圧印加禁止圧力範囲内の場合に、ピエゾアクチュエータ 9 4 A への電圧印加を禁止するインターロックが設定される。すなわち、ピエゾアクチュエータ 9 4 A への電圧印加の可否を判断する。これにより、E U V 光生成装置 1 2 の通常運転時において、チャンバ 1 6 の内部圧力が電圧印加禁止圧力範囲内の場合にピエゾアクチュエータ 9 4 A を駆動することによる、ピエゾアクチュエータ 9 4 A の破損を防止し得る。

[0176] サーボオフ中においてサーボオン指令を取得した場合に、チャンバ 1 6 の真空排気中、及びチャンバパージ中はサーボオンが禁止される。これにより、チャンバ 1 6 の真空排気中、又はチャンバパージ中においてピエゾアクチュエータ 9 4 A を駆動することによる、ピエゾアクチュエータ 9 4 A の破損を防止し得る。

[0177] サーボオン中は、チャンバ 1 6 の真空排気、及びチャンバパージが禁止される。これにより、チャンバ 1 6 の真空排気中、又はチャンバパージ中において、チャンバ 1 6 の内部圧力が電圧印加禁止圧力範囲となり、ピエゾアクチュエータ 9 4 A を駆動することによるピエゾアクチュエータ 9 4 A の破損

を防止し得る。

[0178] サーボオン中は、チャンバ16の内部圧力が100Pa以上となる場合はサーボオフが実施される。これにより、チャンバ16の内部圧力が電圧印加禁止圧力範囲内の場合にピエゾアクチュエータ94Aを駆動することによる、ピエゾアクチュエータ94Aの破損を防止し得る。

[0179] 8. 実施形態2

8. 1 構成

次に、チャンバ16のメンテナンス中におけるインターロックについて説明する。図7に示すチャンバのメンテナンス準備の処理のうち、パージガス導入工程S34、パージガス排気工程S36、及びパージガス再導入工程S38はインターロックが特に必要となる。図12は、実施形態2に係るEUV光生成装置におけるインターロックに関連する構成を概略的に示す図である。

[0180] 図12に示すEUV光生成装置12Aは、図9に示すEUV光生成装置12に対して表示装置160及び入力装置162が追加されている。表示装置160及び入力装置162は、コントローラ40Aと接続される。コントローラ40Aは表示装置160を制御するディスプレイドライバーとして機能し得る。また、コントローラ40Aは、入力装置162のドライバーとして機能する。

[0181] 表示装置160は、コントローラ40Aから送信される指令により、EUV光生成装置12のインターロックに関する情報を表示し得る。入力装置162はキーボード等の操作部材を適用し得る。

[0182] タッチパネル方式のモニタ装置を適用して、表示装置160と入力装置162とを兼用してもよい。なお、表示装置160は、本開示における「表示部」の一例である。

[0183] 8. 2 動作

実施形態2に係るEUV光生成装置12Aは、チャンバ16のメンテナンス中に、チャンバ16の内部圧力が50kPaを超える圧力となり、その際

にサーボオンする可能性がある。そこで、チャンバ16のメンテナンス中は、コントローラ40Aがサーボオン指令を取得し、チャンバ16の内部圧力が50kPaを超える場合に、表示装置160にチャンバ16の内部のガスの種類を表示させる。

[0184] さらに、コントローラ40Aは、チャンバ16の内部のガスの種類を確認したことを表す情報の入力待ち、チャンバ16の内部に導入されたガスの種類に基づいて、サーボオンの可否判定を行う。例えば、チャンバ16の内部のガスの種類が空気であることを確認した情報が入力された場合に、コントローラ40Aはサーボオンを許可し得る。すなわち、実施形態2に係るEUV光生成装置12Aは、チャンバ16の内部に導入されるガスの種類に応じて、電圧印加禁止圧力範囲が変更され得る。

[0185] 図13は、実施形態2に係る、インターロックにおけるピエゾアクチュエータに電圧を印加していない場合の処理内容の例を示すフローチャートである。図13に示すインターロックは、図10に示すインターロックに対して、第3の圧力判定工程S80、表示工程S82、及びガス判定工程S84が追加されている。

[0186] サーボオン指令取得工程S50では、コントローラ40Aは入力装置162を操作して入力されたサーボオン指令を取得する。その後、コントローラ40Aは第1のチャンバ状態判定工程S52、第2のチャンバ状態判定工程S54、及び第1の圧力判定工程S56を実施する。第1の圧力判定工程S56におけるN判定の場合に第3の圧力判定工程S80へ進む。

[0187] 第3の圧力判定工程S80では、コントローラ40Aは圧力センサ102の検出値に基づいて、チャンバ16の内部圧力が50kPaを超えるか否かを判定する。第3の圧力判定工程S80において、チャンバ16の内部圧力が50kPa以下の場合はN判定となり、サーボオン禁止設定工程S58へ進む。

[0188] すなわち、チャンバ16の内部圧力が100Pa以上、50kPa以下の場合は、チャンバ16の内部にアルゴンガス、又は空気のいずれが導入され

ていても、ピエゾ素子の印加電圧が250Vの場合の電圧印加禁止圧力範囲内であり、サーボオンが禁止される。

[0189] 一方、第3の圧力判定工程S80において、チャンバ16の内部圧力が50kPaを超える場合はYes判定となり、表示工程S82へ進む。表示工程S82では、コントローラ40Aは、表示装置160にチャンバ16の内部の導入されているガスの種類を表示する。これにより、操作者はチャンバ16の内部に導入されているガスの種類を把握し得る。なお、第3の圧力判定工程S80は、本開示における「チャンバの内部の圧力の情報を取得する圧力取得工程」を含む工程の一例である。

[0190] 表示工程S82において、コントローラ40Aは入力装置162からの情報の入力を待ち、入力装置162からチャンバ16の内部に導入されたガスの種類を確認したことを表す情報を取得した後に、ガス判定工程S84へ進む。

[0191] ガス判定工程S84では、コントローラ40Aはチャンバ16の内部に導入されているガスが空気であるか否かを判定する。ガス判定工程S84においてチャンバ16の内部に導入されているガスが空気でないとは判定された場合はNo判定となり、サーボオン禁止設定工程S58へ進む。すなわち、チャンバ16の内部のガスがアルゴンガスの場合はサーボオンが禁止される。

[0192] 一方、ガス判定工程S84においてチャンバ16の内部に導入されているガスが空気であると判定された場合はYes判定となり、場合はサーボオン許可設定工程S60へ進む。すなわち、チャンバ16の内部のガスが空気の場合はサーボオンが許可され得る。

[0193] 図14は、実施形態2に係る、インターロックにおけるピエゾアクチュエータに電圧を印加している場合の処理内容の例を示すフローチャートである。図14に示すインターロックは、図11に示すインターロックに対して、第4の圧力判定工程S90が追加されている。

[0194] 第2の圧力判定工程S72においてYes判定の場合は、第4の圧力判定工程S90へ進む。第4の圧力判定工程S90では、コントローラ40Aは

圧力センサ 102 の検出値に基づいて、チャンバ 16 の内部圧力が 50 kPa を超えるか否かを判定する。

[0195] 第 4 の圧力判定工程 S90 において、チャンバ 16 の内部圧力が 50 kPa 以下の場合は No 判定となり、サーボオフ処理工程 S76 へ進む。一方、第 4 の圧力判定工程 S90 において、チャンバ 16 の内部圧力が 50 kPa を超える場合は Yes 判定となり、サーボオン継続許可工程 S74 へ進む。

[0196] すなわち、チャンバ 16 の内部圧力が 100 Pa 未満、又は 50 kPa を超える場合はサーボオンが継続される。一方、チャンバ 16 の内部圧力が 100 Pa 以上 50 kPa 以下の場合はサーボオフが実施される。なお、第 4 の圧力判定工程 S90 は、本開示における「チャンバの内部の圧力の情報を取得する圧力取得工程」の一例である。

[0197] 8. 3 作用・効果

実施形態 2 に係る E U V 光生成装置 12 A によれば、チャンバ 16 のメンテナンス中において、チャンバ 16 の内部圧力が 50 kPa を超える場合、チャンバ 16 の内部に導入されているガスの種類が空気であれば、サーボオンが許可される。これにより、チャンバ 16 のメンテナンス中において、チャンバ 16 の内部圧力が電圧印加禁止圧力範囲内の場合に、 piezo actuator 94 A を駆動することによる、 piezo actuator 94 A の破損を防止し得る。

[0198] 表示装置 160 は、チャンバ 16 の内部に導入されているガスの種類を表示する。コントローラ 40 A は、チャンバ 16 の内部に導入されているガスの種類が空気であることを確認したことを表す情報が入力された場合に、サーボオンを許可し得る。

[0199] サーボオン中にチャンバ 16 の内部圧力が 100 Pa 以上 50 kPa 以下の場合は、チャンバ 16 の内部に導入されているガスの種類が空気であっても、サーボオフを実施する。これにより、チャンバ 16 の内部圧力が電圧印加禁止圧力範囲内の場合に、 piezo actuator 94 A を駆動することによる、 piezo actuator 94 A の破損を防止し得る。

[0200] 9. 実施形態の組み合わせについて

上述した実施形態1及び実施形態2は、適宜組み合わせることができる。例えば、EUV光生成装置12が通常運転中であるか、メンテナンス中であることを判定し、判定結果に基づいて実施形態1と実施形態2とを切り替え可能としてもよい。

[0201] 10. EUV光生成装置を用いた電子デバイスの製造方法の例

図15は、EUV光生成装置と接続された露光装置の概略構成を示す図である。図15において、露光装置46は、マスク照射部462とワークピース照射部464とを含む。マスク照射部462は、EUV光生成装置12から入射したEUV光62によって、反射光学系463を介してマスクテーブルMTのマスクパターンを照明する。EUV光生成装置12は、実施形態1及び実施形態2で説明した少なくとも一形態の構成を含む。

[0202] ワークピース照射部464は、マスクテーブルMTによって反射されたEUV光62を、反射光学系465を介してワークピーステーブルWT上に配置された図示せぬワークピース上に結像させる。

[0203] ワークピースはフォトリソが塗布された半導体ウエハ等の感光基板である。露光装置46は、マスクテーブルMTとワークピーステーブルWTとを同期して平行移動させることにより、マスクパターンを反映したEUV光をワークピースに露光する。

[0204] 以上のような露光工程によって半導体ウエハにデバイスパターンを転写することで半導体デバイスを製造し得る。ワークピース上は、本開示における「感光基板上」の一例である。半導体デバイスは、本開示における「電子デバイス」の一例である。

[0205] 上記の説明は、制限ではなく単なる例示を意図している。したがって、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。

[0206] 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不定冠詞「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。また、「A、B及びCの少なくとも1つ」という用語は、「A」「B」「C」「A+B」「A+C」「B+C」又は「A+B+C」と解釈されるべきである。さらに、それらと「A」「B」「C」以外のものとの組み合わせも含むと解釈されるべきである。

請求の範囲

- [請求項1] チャンバの内部において極端紫外光を生成する極端紫外光生成装置であって、
- 前記チャンバの内部に設けられたピエゾ素子と、
- 前記チャンバの内部の圧力を検出する圧力センサと、
- 前記チャンバの内部へガスを導入するガス導入部と、
- 前記チャンバの内部のガスを前記チャンバの外部へ排気する排気部と、
- 前記ピエゾ素子への電圧印加を制御する制御部と、
- を備え、
- 前記制御部は、前記圧力センサにより取得した前記チャンバの内部の圧力の情報に基づき前記ピエゾ素子への電圧印加の可否を判定する、
- 極端紫外光生成装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の極端紫外光生成装置であって、
- 前記制御部は、前記チャンバの内部の圧力が第1の範囲の場合に、
- 前記ピエゾ素子への電圧を非印加とする、
- 極端紫外光生成装置。
- [請求項3] 請求項2に記載の極端紫外光生成装置であって、
- 前記第1の範囲は、100Pa以上である、
- 極端紫外光生成装置。
- [請求項4] 請求項2に記載の極端紫外光生成装置であって、
- 前記チャンバの内部のガスが空気の場合、前記第1の範囲は、100Pa以上50kPa以下である、
- 極端紫外光生成装置。
- [請求項5] 請求項1に記載の極端紫外光生成装置であって、
- 前記制御部は、前記排気部により前記チャンバの内部から前記チャンバの外部へのガスの排出中は、前記ピエゾ素子への電圧を非印加と

する、

極端紫外光生成装置。

[請求項6] 請求項 1 に記載の極端紫外光生成装置であって、
前記ガス導入部は、前記チャンバの内部へアルゴンを導入する、
極端紫外光生成装置。

[請求項7] 請求項 1 に記載の極端紫外光生成装置であって、
前記制御部は、前記ガス導入部による前記チャンバの内部へのガスの導入中は、前記piezo素子への電圧を非印加とする、
極端紫外光生成装置。

[請求項8] 請求項 1 に記載の極端紫外光生成装置であって、
前記排気部は、前記piezo素子への電圧印加中における前記チャンバの内部から前記チャンバの外部へガスの排出が禁止される、
極端紫外光生成装置。

[請求項9] 請求項 1 に記載の極端紫外光生成装置であって、
前記ガス導入部は、前記piezo素子への電圧印加中における前記チャンバの内部へのガスの導入が禁止される、
極端紫外光生成装置。

[請求項10] 請求項 2 に記載の極端紫外光生成装置であって、
前記制御部は、前記ガス導入部により前記チャンバの内部へ導入されるガスの種類に応じて、前記第 1 の範囲を変更する、
極端紫外光生成装置。

[請求項11] 請求項 1 に記載の極端紫外光生成装置であって、
前記ガス導入部により前記チャンバの内部へ導入されたガスの種類を表示する表示部を備える、
極端紫外光生成装置。

[請求項12] 請求項 1 に記載の極端紫外光生成装置であって、
前記チャンバの内部へ導入されたレーザ光の照射位置を調整するレーザ集光光学部を備え、

前記レーザ集光光学部は、
レーザ光集光ミラーと、
レーザ光集光ミラーの位置を移動させるpiezoアクチュエータを備え、
前記piezo素子は、前記piezoアクチュエータに適用される、
極端紫外光生成装置。

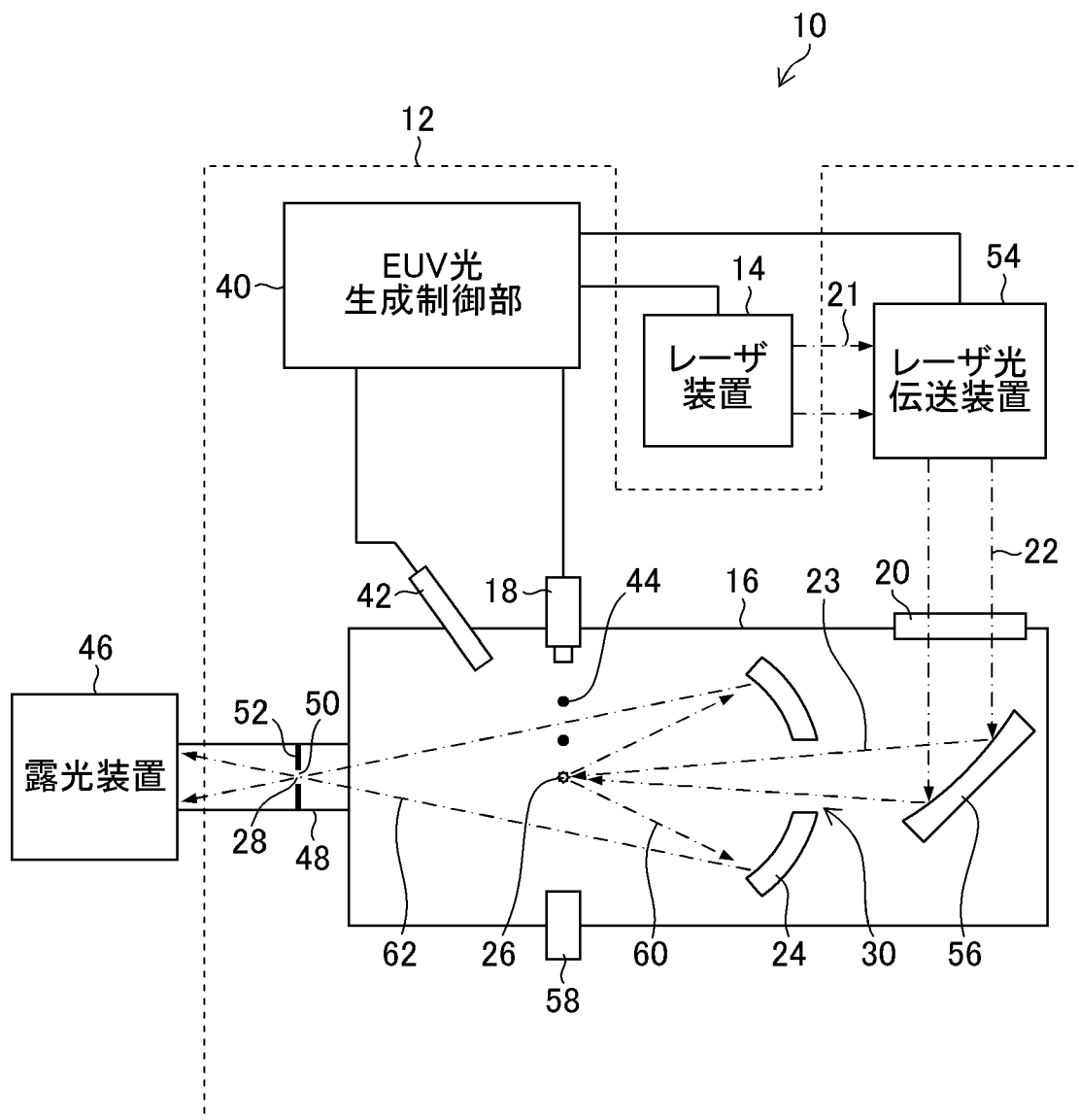
[請求項13] 請求項1に記載の極端紫外光生成装置であって、
前記チャンバの内部へターゲット物質を供給するターゲット供給部を備え、
前記ターゲット供給部は、
液体の前記ターゲット物質を出力するノズルと、
前記ノズルに供給された前記ターゲット物質に振動を加える加振ユニットと、を備え、
前記piezo素子は、前記加振ユニットに適用される、
極端紫外光生成装置。

[請求項14] チャンバの内部において極端紫外光を生成する極端紫外光生成方法であって、
前記チャンバの内部の圧力の情報を取得する圧力取得工程と、
前記チャンバの内部へガスを導入するガス導入工程と、
前記チャンバの内部のガスを前記チャンバの外部へ排出する排気工程と、
前記チャンバの内部に設けられたpiezo素子への電圧の印加と非印加とを切り替える制御工程と、
を含み、
前記制御工程は、前記圧力取得工程において取得した前記チャンバの内部の圧力の情報に基づいて、前記チャンバの内部に設けられたpiezo素子への電圧印加の可否を判定する、
極端紫外光生成方法。

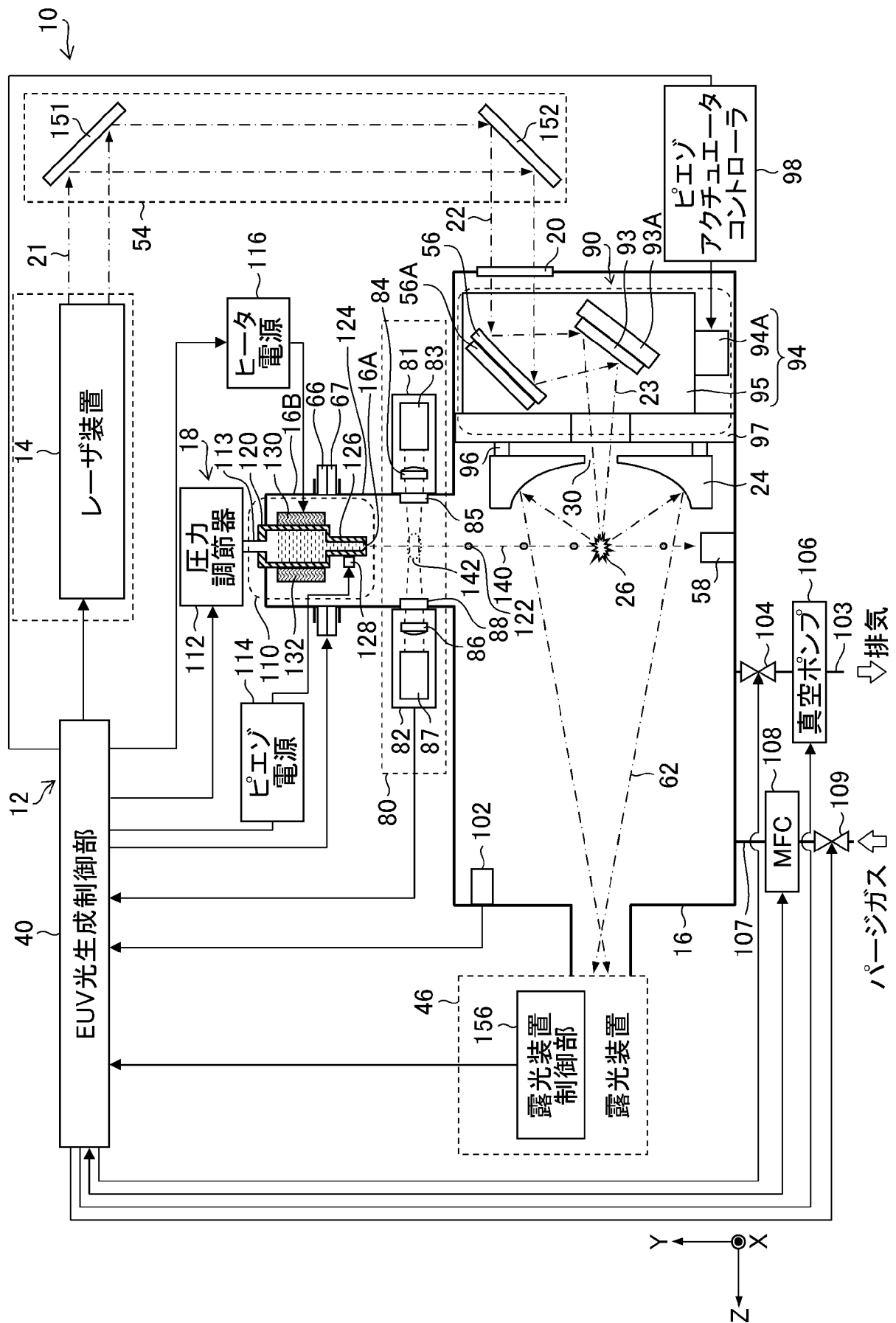
[請求項15]

電子デバイスの製造方法であって、
チャンバと、
前記チャンバの内部に設けられたピエゾ素子と、
前記チャンバの内部の圧力を検出する圧力センサと、
前記チャンバの内部へガスを導入するガス導入部と、
前記チャンバの内部のガスを前記チャンバの外部へ排気する排気部
と、
前記ピエゾ素子への電圧印加を制御する制御部と、
を備え、
前記制御部は、前記圧力センサにより取得した前記チャンバの内部
の圧力の情報に基づいて、前記ピエゾ素子への電圧印加の可否を判定
する極端紫外光生成装置によって、前記チャンバの内部に供給された
ターゲット物質に、前記チャンバの内部に導入されたレーザ光を照射
することにより、前記ターゲット物質をプラズマ化して極端紫外光を
生成し、
前記極端紫外光を露光装置に出力し、
前記露光装置の内部で感光基板上に前記極端紫外光を露光すること
、
を含む電子デバイスの製造方法。

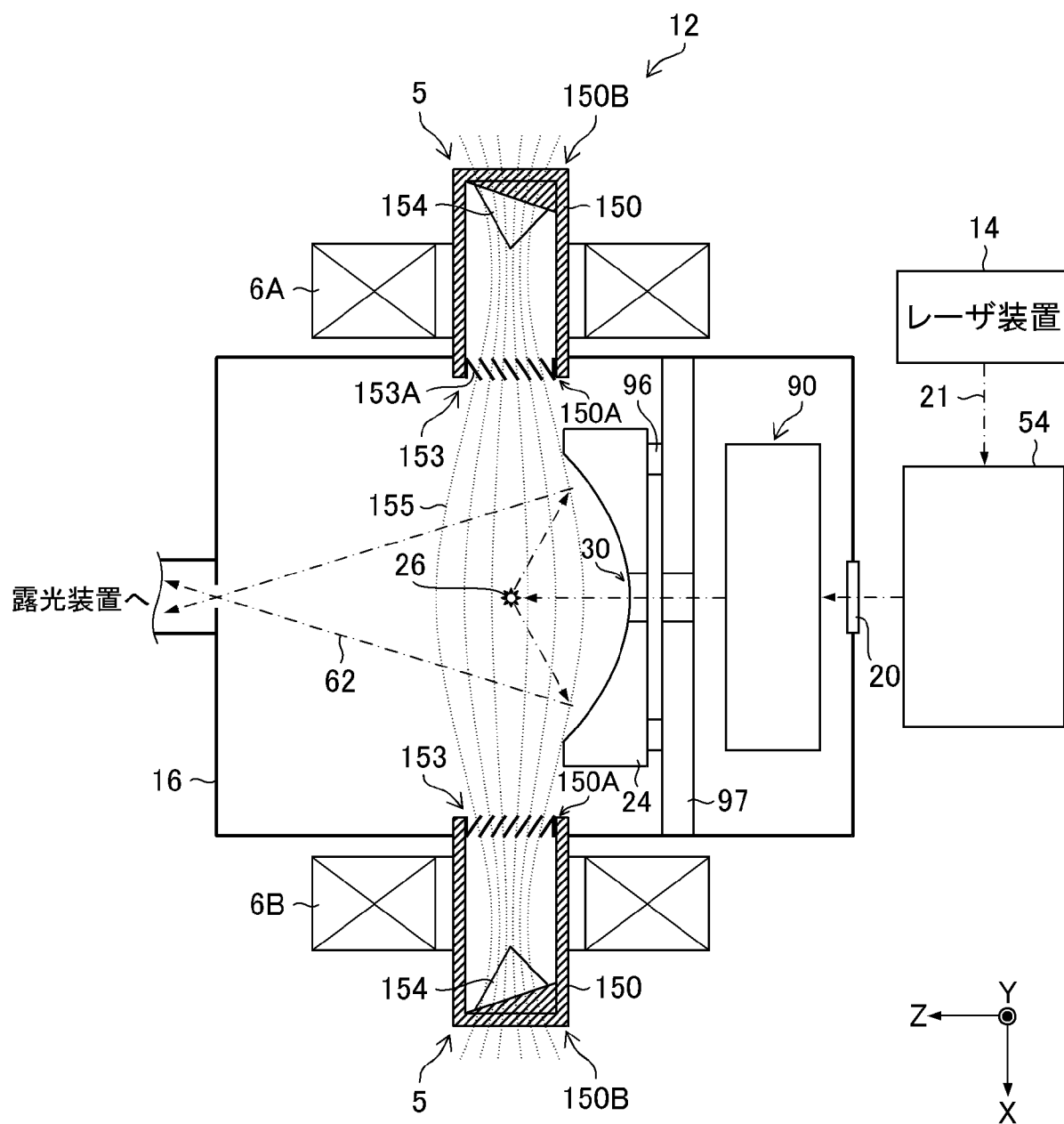
[図1]



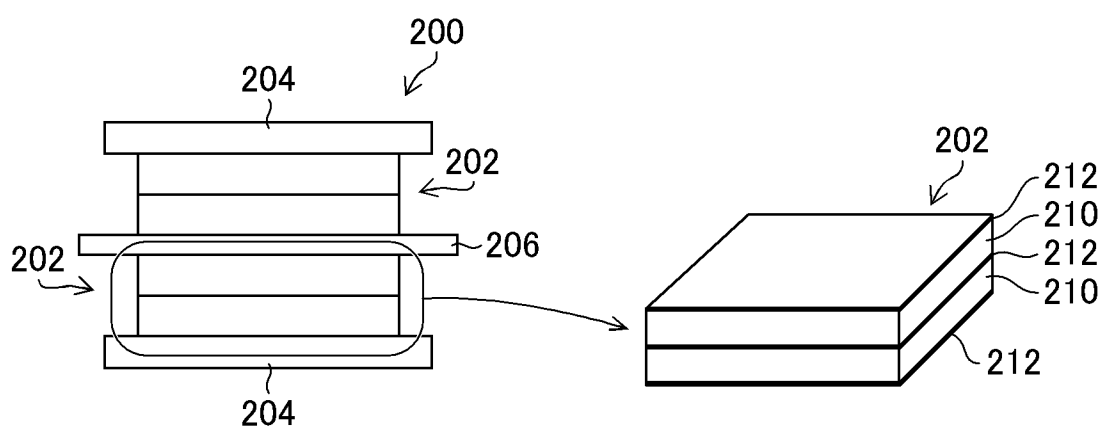
[図2]



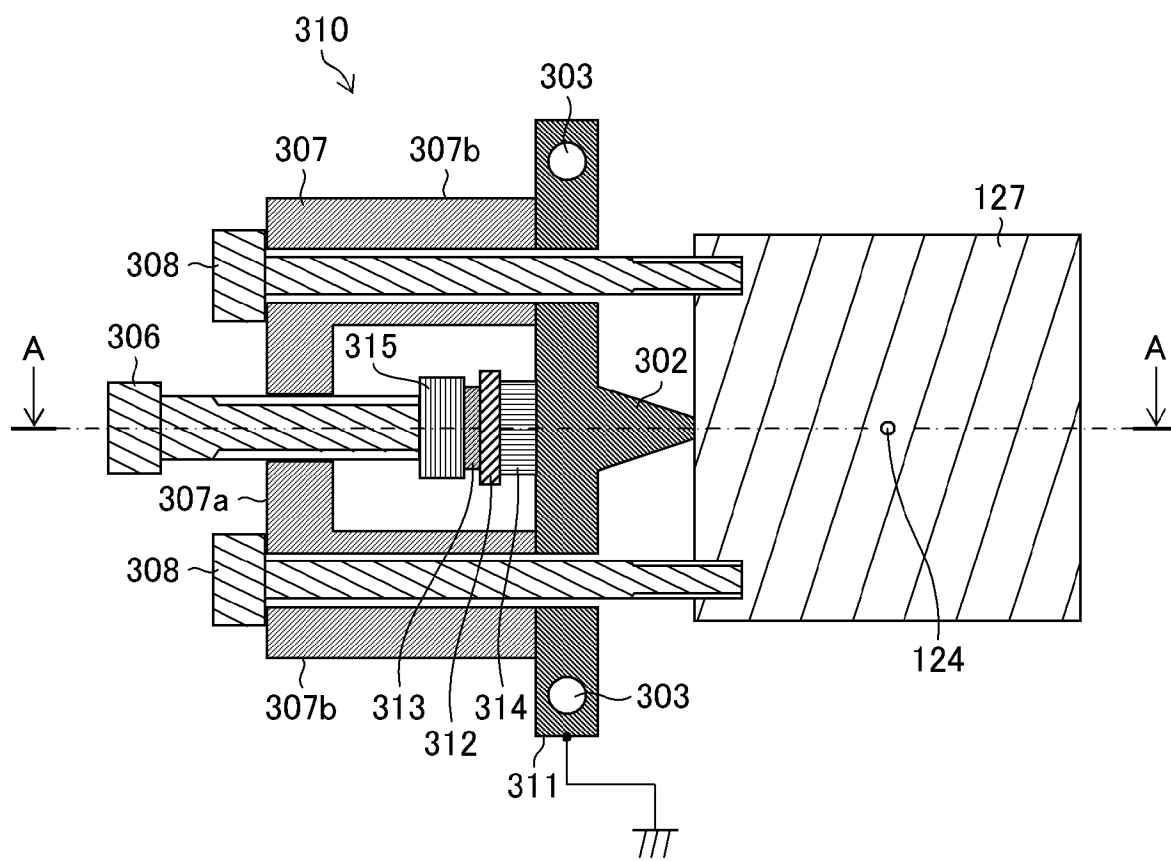
[図3]



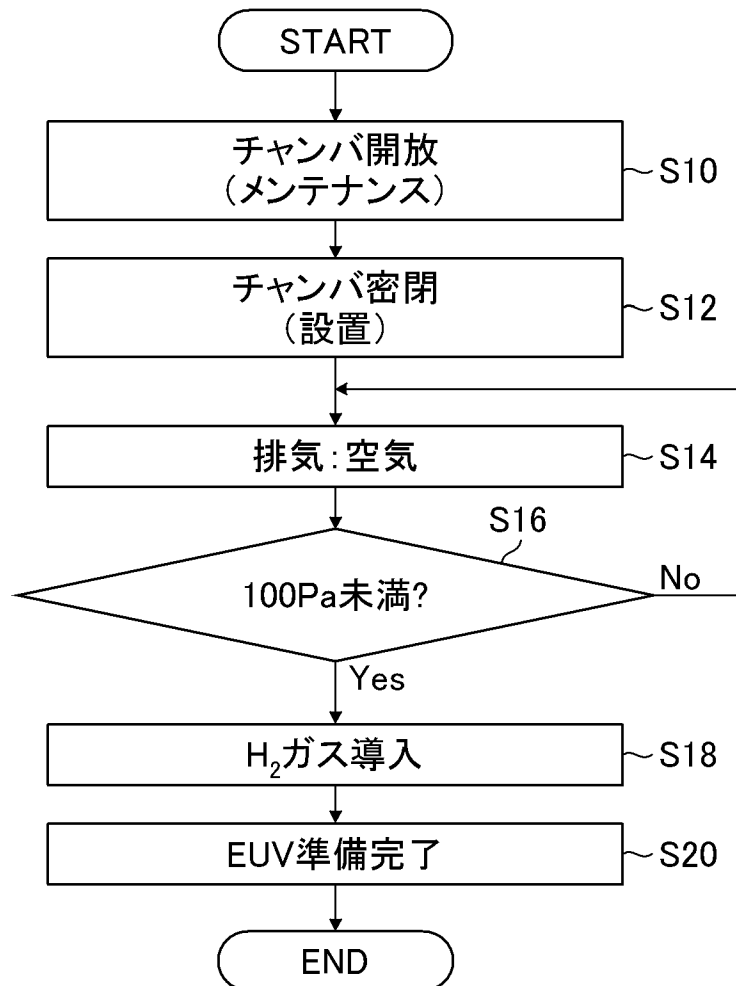
[図4]



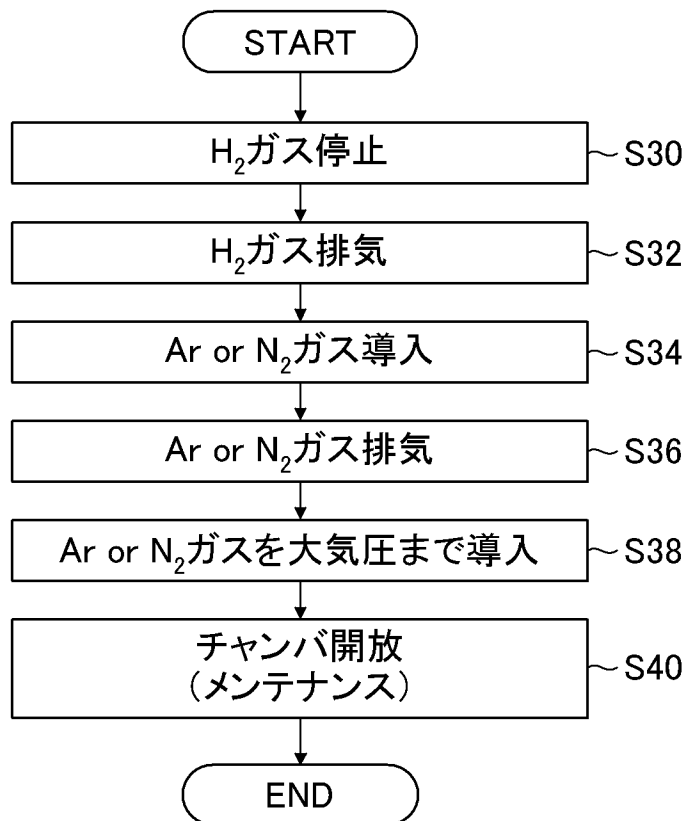
[図5]



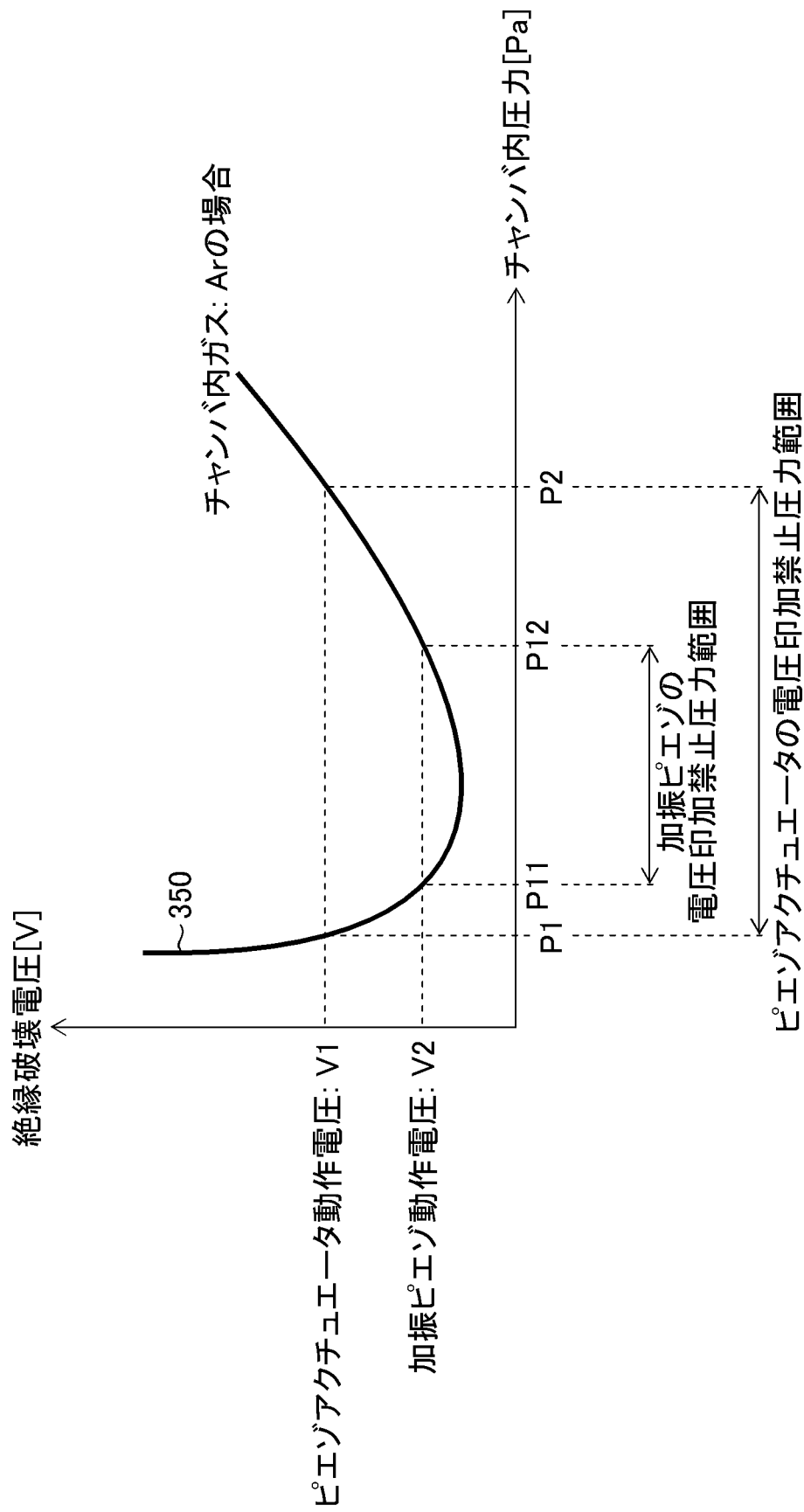
[図6]



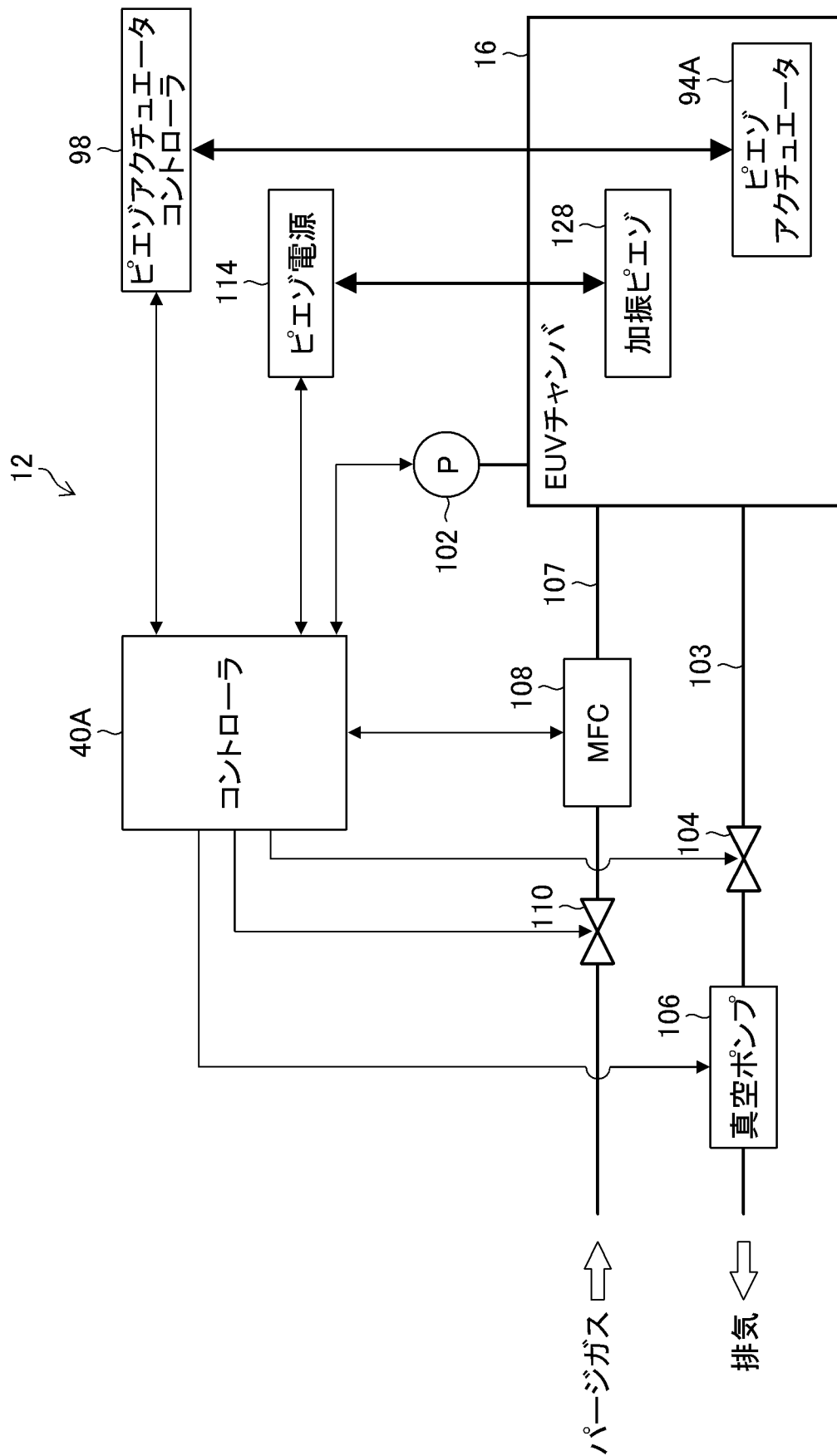
[図7]



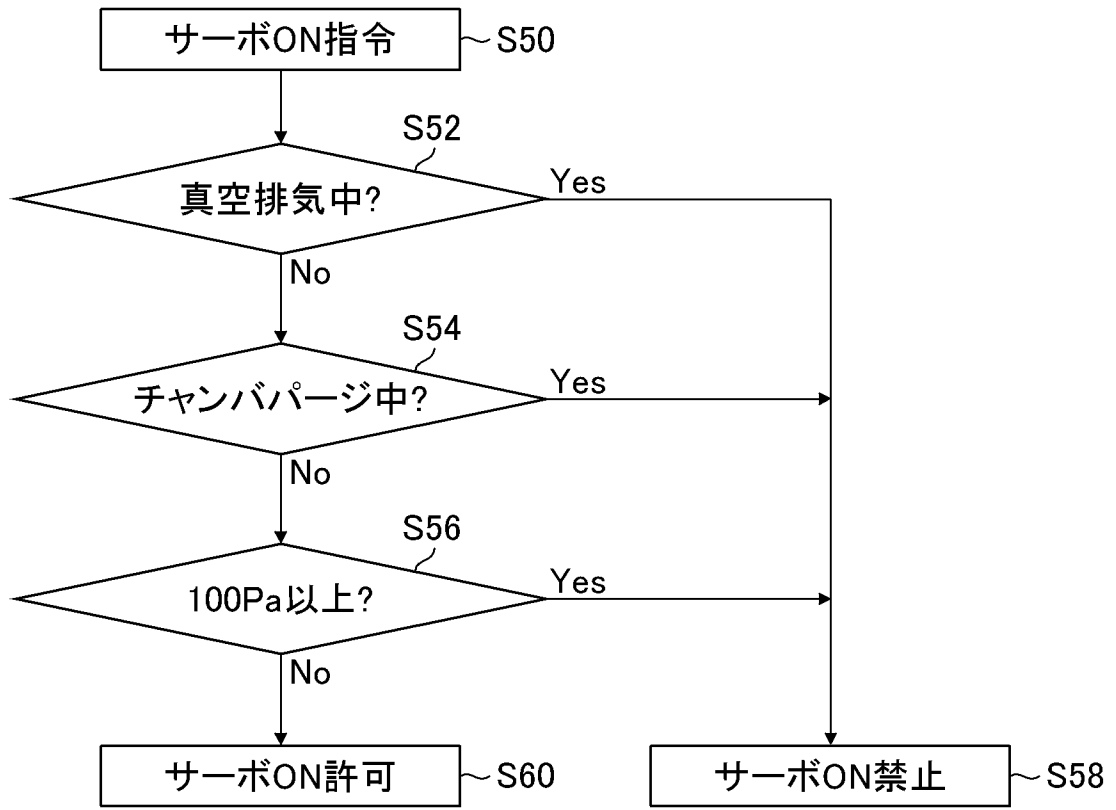
[図8]



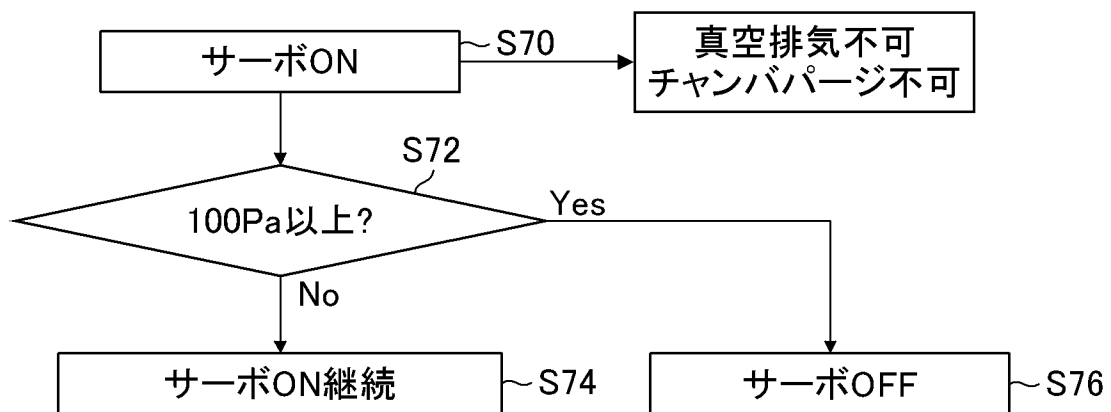
[図9]



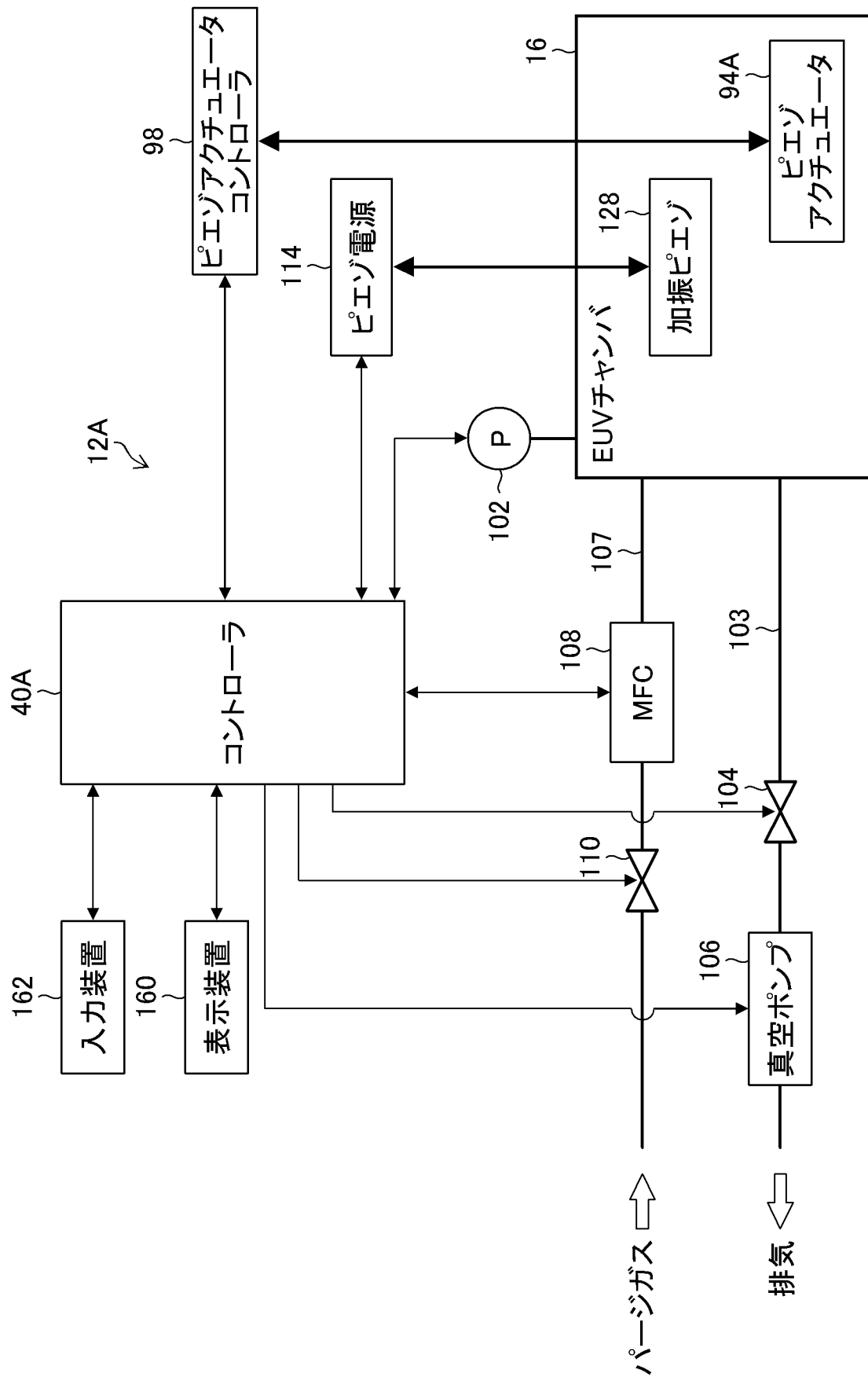
[図10]



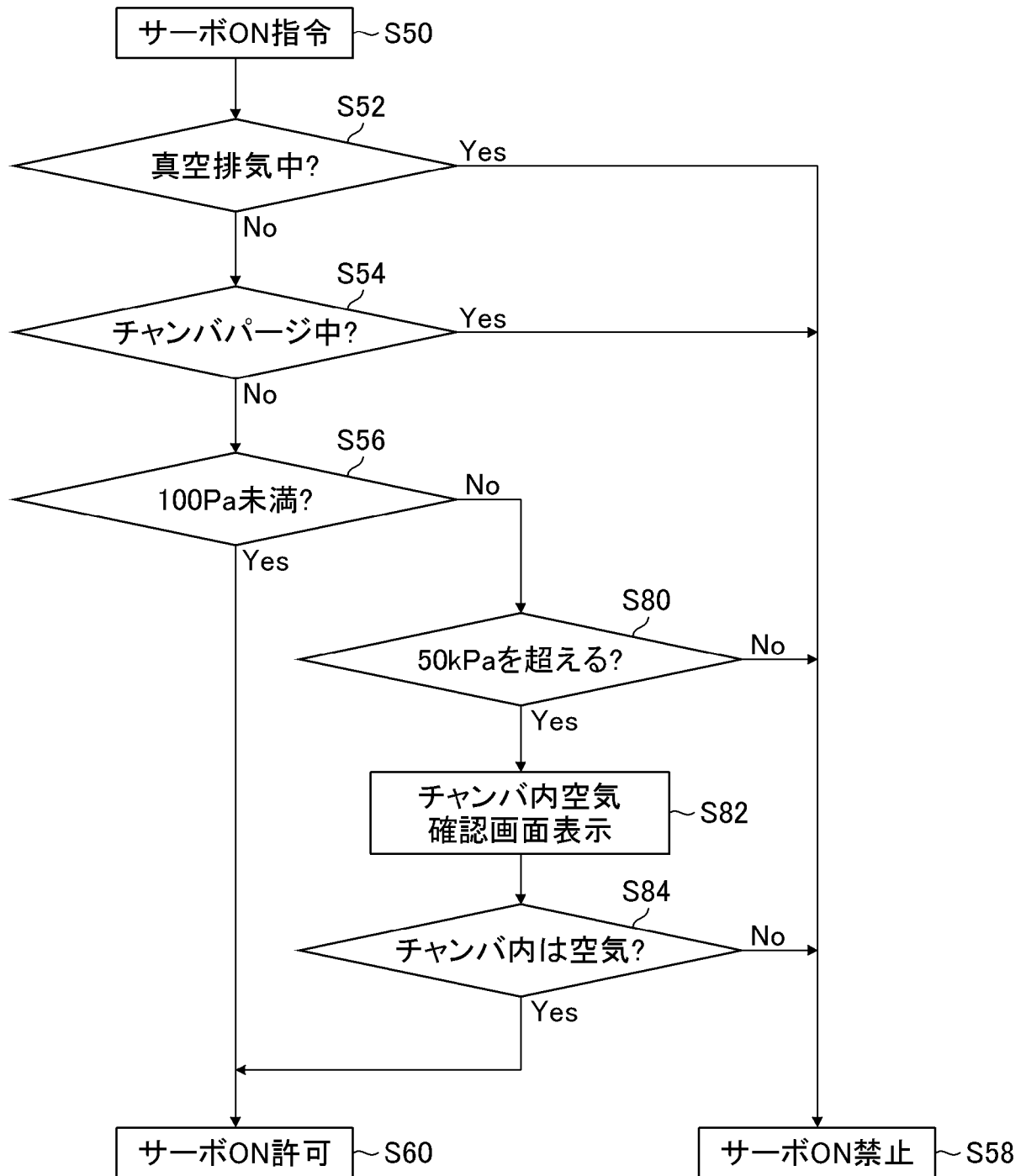
[図11]



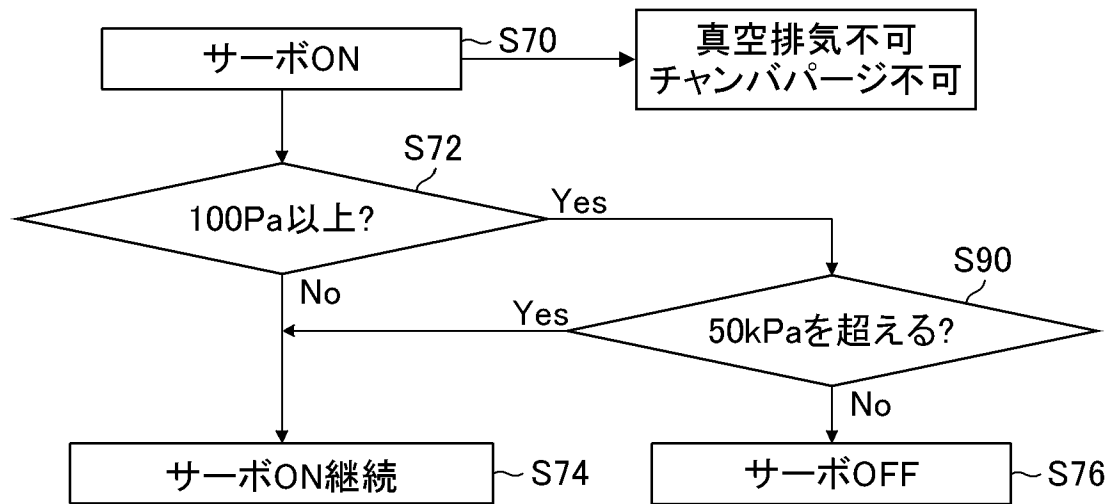
[図12]



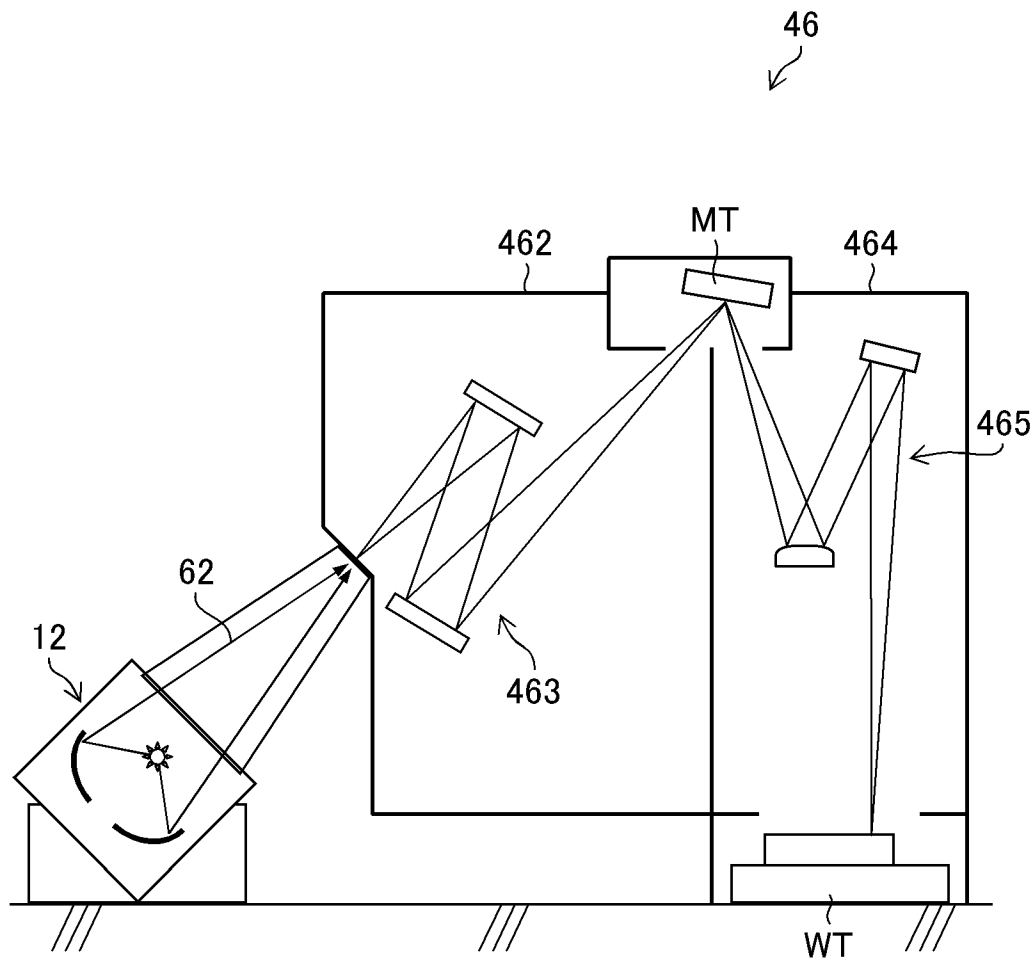
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/024902

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G03F7/20 (2006.01) i, H01L41/04 (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)

Int.Cl. G03F7/20, H01L41/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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	WO 2016/175031 A1 (GIGAPHOTON INC.) 03 November 2016, paragraphs [0002], [0022]-[0035], [0044]-[0060], [0116]-[0127], fig. 2, 7-9, 22, 23 & US 2018/0007770 A1, paragraphs [0003], [0089]-[0104], [0115]-[0133], [0207]-[0224], fig. 2, 7-9, 22A-23	1-3, 5-7, 13-15
Y	JP 2012-212655 A (GIGAPHOTON INC.) 01 November 2012, paragraphs [0024]-[0055], [0105]-[0114], fig. 2-5, 13 & US 8809819 B2, column 7, line 35 to column 11, line 4, column 18, line 45 to column 20, line 32, fig. 2-5, 13 & US 2012/0241650 A1	1-15

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

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search
05.09.2018

Date of mailing of the international search report
18.09.2018

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/024902

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 1-205581 A (OMRON TATEISI ELECTRONICS CO.) 17 August 1989, claim 1, page 1, right column, line 1 to page 2, upper left column, line 11, page 2, lower left column, line 7 to page 3, lower right column, line 19, fig. 1, 4 (Family: none)	1-15

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G03F7/20(2006.01)i, H01L41/04(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. G03F7/20, H01L41/04

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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	WO 2016/175031 A1 (ギガフォトン株式会社) 2016.11.03, 段落 0002, 0022-0035, 0044-0060, 0116-0127, 図 2, 7-9, 22-23 & US 2018/0007770 A1, 段落 0003, 0089-0104, 0115-0133, 0207-0224, 図 2, 7-9, 22A-23	1-3, 5-7, 13-15
Y	JP 2012-212655 A (ギガフォトン株式会社) 2012.11.01, 段落 0024-0055, 0105-0114, 図 2-5, 13 & US 8809819 B2, 第 7 欄第 35 行- 第 11 欄第 4 行, 第 18 欄第 45 行-第 20 欄第 32 行, 図 2-5, 13 & US 2012/0241650 A1	1-15

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

05.09.2018

国際調査報告の発送日

18.09.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/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)

山口 敦司

2 G

9 2 1 6

電話番号 03-3581-1101 内線 3226

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 1-205581 A (立石電機株式会社) 1989.08.17, 特許請求の範囲第1項, 第1頁右欄第1行-第2頁左上欄第11行, 同左下欄第7行-第3頁右下欄第19行, 第1,4図 (ファミリーなし)	1-15