

(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
2018年4月19日(19.04.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/069976 A1

(51) 国際特許分類:
H05G 2/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/080142

(22) 国際出願日: 2016年10月11日(11.10.2016)

(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).

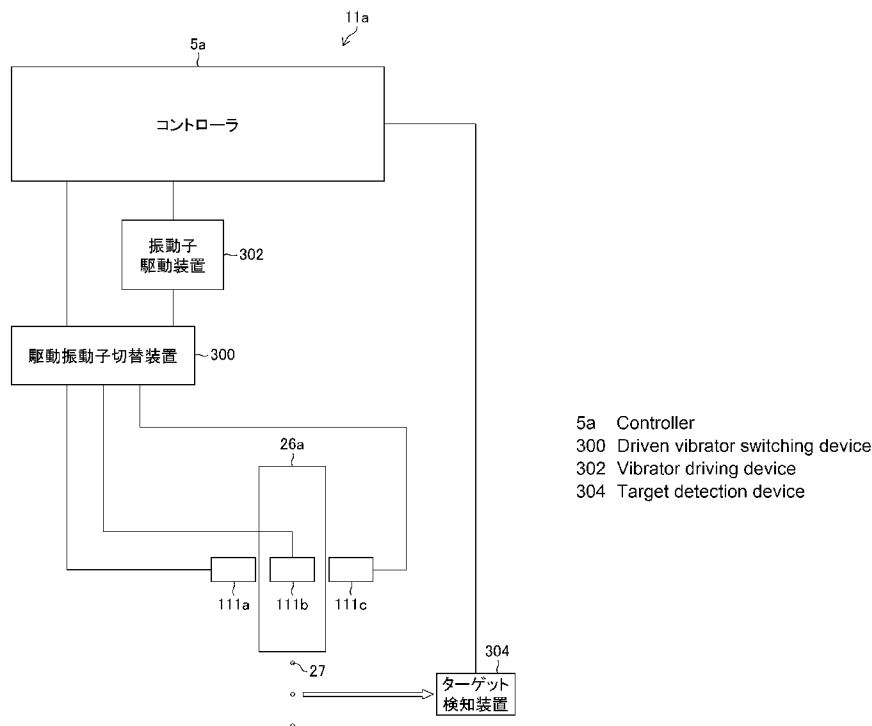
(72) 発明者: 中野 真生 (NAKANO, Masaki); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田400番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP).

(74) 代理人: 松浦 憲三 (MATSUURA, Kenzo); 〒1630223 東京都新宿区西新宿二丁目6番1号 新宿住友ビル23階 私書箱第176号 新都市国際特許事務所 Tokyo (JP).

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

(54) Title: TARGET SUPPLY APPARATUS

(54) 発明の名称: ターゲット供給装置



(57) **Abstract:** A target supply apparatus according to an aspect of the present invention is provided with: a nozzle through which a target is outputted; a plurality of vibrators including a first vibrator that vibrates the nozzle; a detection unit that detects a change in the state of the target outputted from the nozzle; a vibrator switching unit that switches vibrators for vibrating the nozzle from the first vibrator to another vibrator which is included in the vibrators and is different from the first vibrator; and a control unit that controls switching of the vibrators for vibrating the nozzle, on the basis of the change

SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

in the state of the target outputted from the nozzle, the change having been detected by the detection unit.

(57) 要約: 本開示の一観点に係るターゲット供給装置は、ターゲットを出力するノズルと、ノズルを振動させる第1振動子を含む複数の振動子と、ノズルから出力したターゲットの状態の変化を検知する検知部と、ノズルを振動させる振動子を第1振動子から複数の振動子に含まれる第1振動と異なる他の振動子へ切り替える振動子切替部と、検知部によって検知されたノズルから出力したターゲットの状態の変化に基づいて、ノズルを振動させる振動子の切り替えを制御する制御部と、を備えている。

明 細 書

発明の名称： ターゲット供給装置

技術分野

[0001] 本開示は、ターゲット供給装置に関する。

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：特開2010-182555号公報

特許文献2：特開2006-216801号公報

特許文献3：特開2016-16618号公報

特許文献4：特開2009-190189号公報

概要

[0005] 本開示の1つの観点に係るターゲット供給装置は、ターゲットを出力するノズルと、ノズルを振動させる第1振動子を含む複数の振動子と、ノズルから出力したターゲットの状態の変化を検知する検知部と、ノズルを振動させ

る振動子を第1振動子から、複数の振動子に含まれる第1振動子と異なる他の振動子へ切り替える振動子切替部と、検知部によって検出されたノズルから出力したターゲットの状態の変化に基づいて、ノズルを振動させる振動子の切り替えを制御する制御部と、を備えたターゲット供給装置である。

[0006] 本開示の1つの観点に係るターゲット供給装置は、ターゲットを出力するノズルと、ノズルを振動させる第2振動子、及びノズルの振動を検知する第3振動子を含む複数の振動子と、ノズルの振動を表す検知信号を出力し、第3振動子を含む検知部と、ノズルを振動させる振動子を第2振動子から、複数の振動子に含まれる第2振動子と異なる他の振動子へ切り替える振動子切替部と、検知部から出力される検知信号に基づいて、ノズルを振動させる振動子の切り替えを制御する制御部と、を備えたターゲット供給装置である。

[0007] 本開示の1つの観点に係るターゲット供給装置は、ターゲットを出力するノズルと、ノズルを振動させる第4振動子を含む複数の振動子と、ノズルの振動を検知し、ノズルの振動を表す検知信号を出力する検知部と、ノズルを振動させる振動子を第4振動子から、複数の振動子に含まれる第4振動子と異なる他の振動子へ切り替える振動子切替部と、検知部から出力される検知信号に基づいて、ノズルを振動させる振動子の切り替えを制御する制御部と、を備えたターゲット供給装置である。

[0008] 本開示の1つの観点に係るターゲット供給装置は、ターゲットを出力するノズルと、ノズルを振動させる第5振動子を含む複数の振動子と、第5振動子の振動回数を計測する振動回数計測部、又は第5振動子の振動期間を計測する振動期間計測部の少なくともいずれかを含む検知部と、ノズルを振動させる振動子を第5振動子から、複数の振動子に含まれる第5振動子と異なる他の振動子へ切り替える振動子切替部と、振動回数計測部によって計測された第5振動子の振動回数が予め決められた振動回数の規定値に達した場合、又は振動期間計測部によって計測された第5振動子の振動期間が予め決められた振動期間の規定値に達した場合に、振動子切替部によって、ノズルを振動させる振動子を第5振動子と異なる他の振動子へ切り替える制御部と、を

備えたターゲット供給装置である。

図面の簡単な説明

[0009] 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は本開示の実施形態に適用可能なE U V光生成システムの構成を示す一部断面図である。

[図3]図3は図2に示したターゲット位置計測センサの構成例、及びターゲット像計測センサの構成例を示す図である。

[図4]図4は図3に示した第1撮像装置による撮像画像の例を示す図である。

[図5]図5は図3に示した第2撮像装置による撮像画像の例を示す図である。

[図6]図6は図3に示した第3撮像装置による撮像画像の例を示す図である。

[図7]図7は第1実施形態に係るE U V光生成システムの構成を概略的に示すブロック図である。

[図8]図8は第1実施形態に係るE U V光生成システムに適用される振動子切替方法の手順を示すフローチャートである。

[図9]図9は第2実施形態に係るE U V光生成システムの構成を概略的に示すブロック図である。

[図10]図10は図9に示した振動センサとして使用される振動子が発生させる起電力の電圧波形の一例を示す図である。

[図11]図11は第2実施形態に係るE U V光生成システム供給装置に適用される振動子切替方法の手順を示すフローチャートである。

[図12]図12は第3実施形態に係るE U V光生成システムの構成を概略的に示すブロック図である。

[図13]図13は第3実施形態に係るE U V光生成システムに適用される振動子切替方法の手順を示すフローチャートである。

[図14]図14は第4実施形態に係るE U V光生成システムの構成を概略的に

示すブロック図である。

[図15]図 1 5 は第4 実施形態に係る E U V 光生成システムに適用される振動子切替方法の第 1 例の手順を示すフローチャートである。

[図16]図 1 6 は第4 実施形態に係る E U V 光生成システムに適用される振動子切替方法の第 2 例の手順を示すフローチャートである。

実施形態

[0010] 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. 課題

4. ターゲット供給部に複数の振動子を備えた極端紫外光生成システムの説明

4. 1 構成

4. 2 動作

4. 3 ターゲット位置計測センサ、及びターゲット像計測センサの説明

4. 3. 1 構成

4. 3. 2 動作

5. 第1 実施形態

5. 1 構成

5. 2 動作

5. 2. 1 概要

5. 2. 2 ターゲット検知装置がタイミングセンサの場合の故障判定

5. 2. 3 ターゲット検知装置がターゲット像計測センサの場合の故障判定

故障判定

5. 3 振動子切替方法の手順

5. 4 作用・効果

6. 第2実施形態

6. 1 構成

6. 2 動作

6. 3 振動子切替方法の手順

6. 4 作用・効果

7. 第3実施形態

7. 1 構成

7. 2 動作

7. 3 振動子切替方法の手順

7. 4 作用・効果

8. 第4実施形態

8. 1 構成

8. 2 動作

8. 3 振動子切替方法の手順

8. 3. 1 第1例

8. 3. 2 第2例

8. 4 作用・効果

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。

[0011] 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光生成システムの構成を概略的に示す。EUV光生成装置1は、少なくとも1つのレーザ装置3と共に用いられる場合がある。本開示においては、EUV光生成装置1及びレーザ装置3を含むシステムを、EUV光生成システム11と称する。図1に示し、かつ、以

下に詳細に説明するように、EUV光生成装置1は、チャンバ2、ターゲット供給部26を含む。チャンバ2は、密閉可能な容器である。ターゲット供給部26は、ターゲット物質をチャンバ2内部に供給するように構成され、例えば、チャンバ2の壁を貫通するように取り付けられる。ターゲット供給部26から出力されるターゲット物質の材料は、錫、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つ以上の組合せを含んでもよいが、これらに限定されない。

[0012] チャンバ2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21によって塞がれ、ウインドウ21をレーザ装置3から出力されるパルスレーザ光32が透過する。チャンバ2の内部には、例えば、回転楕円面形状の反射面を有するEUV集光ミラー23が配置される。EUV集光ミラー23は、第1及び第2の焦点を有する。EUV集光ミラー23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集光ミラー23は、例えば、その第1の焦点がプラズマ生成領域25に位置し、その第2焦点が中間集光点（I F ; I n t e r m e d i a t e F o c u s i n g p o i n t）292に位置するように配置されてもよい。EUV集光ミラー23の中央部には貫通孔24が設けられ、貫通孔24をパルスレーザ光33が通過する。

[0013] EUV光生成装置1は、EUV光生成コントローラ5、ターゲットセンサ4等を含む。ターゲットセンサ4は、ターゲット27の存在、軌跡、位置、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4は、撮像機能を備えてもよい。

[0014] また、EUV光生成装置1は、チャンバ2の内部と露光装置6の内部とを連通させる接続部29を含む。接続部29の内部には、アパーチャ293が形成された壁291が設けられる。壁291は、そのアパーチャ293がEUV集光ミラー23の第2の焦点位置に位置するように配置される。

[0015] 更に、EUV光生成装置1は、レーザ光伝送装置34、レーザ光集光ミラー22、ターゲット27を回収するためのターゲット回収部28等を含む。

レーザ光伝送装置 34 は、レーザ光の伝送状態を規定するための光学素子と、この光学素子の位置、姿勢等を調整するためのアクチュエータとを備える。

[0016] 1. 2 動作

図 1 を参照して、例示的な L P P 式の E U V 光生成システムの動作を説明する。レーザ装置 3 から出力されたパルスレーザ光 31 は、レーザ光伝送装置 34 を経て、パルスレーザ光 32 としてウインドウ 21 を透過してチャンバ 2 内に入射する。パルスレーザ光 32 は、少なくとも 1 つのレーザ光経路に沿ってチャンバ 2 内を進み、レーザ光集光ミラー 22 で反射されて、パルスレーザ光 33 として少なくとも 1 つのターゲット 27 に照射される。

[0017] ターゲット供給部 26 は、ターゲット物質によって形成されたターゲット 27 をチャンバ 2 内部のプラズマ生成領域 25 に向けて出力するよう構成される。ターゲット 27 には、パルスレーザ光 33 に含まれる少なくとも 1 つのパルスが照射される。パルスレーザ光が照射されたターゲット 27 はプラズマ化し、そのプラズマから放射光 251 が放射される。放射光 251 に含まれる E U V 光 252 は、E U V 集光ミラー 23 によって選択的に反射される。E U V 集光ミラー 23 によって反射された E U V 光 252 は、中間集光点 292 で集光され、露光装置 6 に出力される。なお、1 つのターゲット 27 に、パルスレーザ光 33 に含まれる複数のパルスが照射されてもよい。

[0018] E U V 光生成コントローラ 5 は、E U V 光生成システム 11 全体の制御を統括するよう構成される。E U V 光生成コントローラ 5 は、ターゲットセンサ 4 の検出結果を処理するよう構成される。ターゲットセンサ 4 の検出結果に基づいて、E U V 光生成コントローラ 5 は、例えば、レーザ装置 3 の発振タイミング、パルスレーザ光 32 の照射方向、パルスレーザ光 33 の集光位置等を制御するよう構成されてもよい。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てもよい。

[0019] 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。

[0020] 「ターゲット供給部」は、EUV光を生成するために用いられる溶融錫等のターゲット物質をドロップレットの形状でチャンバ内に供給するための装置である。

[0021] 「ドロップレット」は、チャンバの内部に出力されたターゲット物質の一形態である。

[0022] 3. 課題

ターゲット供給部は、ノズルを振動させる振動子を備えている。ターゲットを生成する周期に対応した周波数の電気信号を振動子に供給することによって、ターゲット供給部はノズルから均一なドロップレットの形態のターゲットを出力する。以下、振動子に供給される電気信号は駆動電圧と記載されることがある。

[0023] ターゲット供給部に駆動する振動子を1つだけ備える場合、振動子が故障すると振動子が正常に動作しない結果、ターゲット供給部は均一なドロップレットの形態のターゲットの生成が困難になり、ターゲット供給部は寿命となる。

[0024] 4. ターゲット供給部に複数の振動子を備えた極端紫外光生成システムの説明

4. 1 構成

図2は本開示の実施形態に適用可能なEUV光生成システムの構成を示す一部断面図である。図2に示したチャンバ2の内部には、レーザ集光光学系22aと、EUV集光ミラーホルダ81と、EUV集光ミラーホルダ保持プレート82と、ターゲット回収部28とを備えている。

[0025] レーザ集光光学系22aは、高反射軸外放物面ミラー221と、高反射平面ミラー222と、レーザ集光光学系保持プレート83と、X方向、Y方向及びZ方向に移動可能なステージ84とを備えている。

[0026] レーザ集光光学系22aは、レーザ集光光学系22aの集光位置がプラズマ生成領域25と一致するように配置される。「一致」とは、厳密には異なっているものの、一致しているとみなし得る「実質的な一致」が含まれ得る

。

[0027] 高反射軸外放物面ミラー 221 は、第 1 ホルダ 223 によって支持される。高反射平面ミラー 222 は第 2 ホルダ 224 によって支持される。ターゲット回収部 28 は、ターゲット 27 の軌道の延長線上に配置される。ターゲット回収部 28 は、プラズマ生成領域 25 を通過したターゲット物質を回収する。

[0028] 図 2 に示したレーザ光伝送装置 34 は、第 1 高反射ミラー 34a と、第 2 高反射ミラー 34b とを備えている。レーザ装置 3 から出射したパルスレーザ光 31 は、第 1 高反射ミラー 34a へ入射する。

[0029] 第 1 高反射ミラー 34a によって反射したパルスレーザ光 32 は、第 2 高反射ミラー 34b へ入射する。第 2 高反射ミラー 34b によって反射したパルスレーザ光 32 は、第 1 ウィンドウ 21a を介してチャンバ 2 の内部へ導入される。なお、図 2 に示した第 1 ウィンドウ 21a は、図 1 に示したウィンドウ 21 に相当する。

[0030] 図 2 に示したターゲット供給部 26 は、タンク部 260 と、ノズル部材 266 と、圧力調節器 120 と、ヒータ 141 と、第 1 振動子 111a と、第 2 振動子 111b と、ピエゾ電源 112 と、ステージ 114 とを備えている。

[0031] タンク部 260 には、ターゲット材料 271 である錫が貯蔵される。タンク部 260 の材質は、錫との反応性が低い材質が適用されてもよい。タンク部 260 の材質の材料はモリブデンが適用されてもよい。

[0032] ノズル部材 266 は、直径が 3 マイクロメートルから 6 マイクロメートルのノズル孔 267 が形成される。ノズル部材 266 の材質は、錫との反応性が低い材料が適用されてもよい。ノズル部材 266 の材質の材料は、モリブデンが適用されてもよい。ターゲット供給部 26 はノズル部材 266 をタンク部 260 の底部に固定するためのノズルホルダを備えてもよい。ノズルホルダの図示は省略する。

[0033] ノズルホルダの材質は、錫との反応性が低い材料が適用されてもよい。ノ

ズルホルダの材質の材料は、モリブデンが適用されてもよい。ノズル部材 266 と図示しないノズルホルダとの間は面シールされていてもよい。タンク部 260 とノズル部材 266 との間は面シールされていてもよい。

[0034] 圧力調節器 120 は、不活性ガスのポンペが接続される。ポンペの図示は省略する。不活性ガスは、アルゴンが適用されてもよい。ポンペと圧力調節器 120 との間のガス配管は、圧力調節器 120 によって制御可能なバルブが設けられる。ガス配管及びバルブの図示は省略する。

[0035] 圧力調節器 120 は、導入管 131 を介してタンク部 260 の内部と連通する。圧力調節器 120 は、導入管 131 を介して図示しないポンペから供給された不活性ガスをタンク部 260 へ導入してもよい。

[0036] ヒータ 141 は、ヒータ電源と電気接続される。ヒータ電源は温度コントローラと電気信号を伝送可能に接続される。ヒータ電源及び温度コントローラの図示は省略する。ヒータ電源は、温度コントローラからの制御に従って、ヒータへ電力を供給してもよい。

[0037] ヒータ 141 は、タンク部 260 の内部のターゲット材料 271 を加熱するように配置される。例えば、ヒータ 141 は、タンク部 260 の外側面に配置されてもよい。

[0038] タンク部 260、及び図示しないノズルホルダのいずれか一方は、温度センサが取り付けられる。温度センサの図示は省略する。温度センサは、タンク部 260、及びノズルホルダのいずれか一方の温度を計測するように配置されてもよい。

[0039] 温度センサは、チャンバ 2 の隔壁に設けられた導入端子を介して、温度コントローラと電気信号を伝送可能に接続される。導入端子の図示は省略する。導入端子は、チャンバ 2 の気密性を維持し、温度センサと温度コントローラとの電気接続ラインをチャンバ 2 から電氣的に絶縁してもよい。

[0040] ピエゾ電源 112 は、EUV 光生成コントローラ 5 と電気信号を伝送可能に接続される。ピエゾ電源 112 は、チャンバ 2 の隔壁に設けられた導入端子を介して、第 1 振動子 111 a の電極、及び第 2 振動子 111 b の電極と

電気接続される。第1振動子111aの電極、第2振動子111bの電極、及び導入端子の図示は省略する。

[0041] 導入端子は、チャンバ2の気密性を維持し、piezo電源112と第1振動子111aの電極、第2振動子111bの電極との電気接続ラインをチャンバ2から電氣的に絶縁してもよい。

[0042] 第1振動子111a及び第2振動子111bは、ノズル部材266の側面に設けられていてもよい。第1振動子111a及び第2振動子111bは、ノズル孔267の中心を通る軸に対して線対称関係となるように配置されてもよい。

[0043] 第1振動子111a、及び第2振動子111bは、piezo素子を適用してもよい。piezo素子は、外部からの電気信号に応じて振動する圧電部材であってもよい。piezo素子は、チタン酸ジルコン酸鉛を用いた圧電素子であってもよい。

[0044] 圧力調節器120及び温度コントローラは、EUV光生成コントローラ5と電気信号を伝送可能に接続される。圧力調節器120及び温度コントローラは、EUV光生成コントローラ5の制御に従い動作する。

[0045] タンク部260の内部は、タンク部260の底に設けられたターゲット流路を介してノズル孔267と連通してもよい。ターゲット流路は、流通するターゲット材料271を濾過するためのフィルタを備えてもよい。ターゲット流路、及びフィルタの図示は省略する。

[0046] ステージ114は、XZ平面と平行な面内において、タンク部260、及びノズル部材266を移動可能な位置に配置される。ステージ114は、EUV光生成コントローラ5と電気信号を伝送可能に接続される。ステージ114は、EUV光生成コントローラ5の制御に従い、XZ平面と平行な面内において、チャンバ2の位置に対するタンク部260、及びノズル部材266の位置を移動させる。

[0047] 図2に示したEUV光生成装置1は、タイミングセンサ4aを備えている。タイミングセンサ4aは、ターゲット27がプラズマ生成領域25に到達

する前の検知位置Pでターゲット27が通過したことを検知する位置に配置される。タイミングセンサ4aは、ターゲット27が検知位置Pを通過したタイミングを表す通過タイミング信号を出力する。

[0048] タイミングセンサ4aは、照明部200と、受光部202とを備えている。照明部200と受光部202とは、ターゲット27の軌道を挟んで、ターゲット27の通過領域の両側に配置される。

[0049] 照明部200は、光源204と、照明光学系206とを備えている。照明部200は、チャンバ2の隔壁に設けられた第2ウインドウ21bを介して、チャンバ2の内部へ照明光を照射可能な位置に配置される。光源204から出射した照明光は、照明光学系206及び第2ウインドウ21bを介して、ターゲット27の軌道に照射される。

[0050] 受光部202は、受光光学系208と、光センサ210とを備えている。受光部202は、第3ウインドウ21cを介して、照明部200から出射した照明光を可能な位置に配置される。第3ウインドウ21cを介して、入射した照明光は、受光光学系208を介して光センサ210へ到達する。光センサ210は、受光した照明光の光量に応じたターゲット27の検知信号を出力する。

[0051] タイミングセンサ4aは、EUV光生成コントローラ5と電気信号を伝送可能に接続される。タイミングセンサ4aは、光センサ210から出力された検知信号であり、ターゲット27が検知位置Pを通過したタイミングを表す検知信号をEUV光生成コントローラ5へ出力する。

[0052] 図2に示したターゲット位置計測センサ4bは、プラズマ生成領域25に向けて配置されてもよい。ターゲット位置計測センサ4bの検知位置Pを通過したターゲット27の軌道の位置を検知してもよい。

[0053] ターゲット像計測センサ4cは、プラズマ生成領域25に向けて配置されてもよい。ターゲット像計測センサ4cは、検知位置Pを通過したターゲット27の画像を取得してもよい。

[0054] ターゲット位置計測センサ4b、及びターゲット像計測センサ4cは、E

UV光生成コントローラ5と電気信号を伝送可能に接続される。ターゲット位置計測センサ4bは、ターゲット27の軌道の位置を表す検知信号をEUV光生成コントローラ5へ出力してもよい。ターゲット像計測センサ4cは、ターゲット27の画像を表す検知信号をEUV光生成コントローラ5へ出力してもよい。

[0055] ターゲット位置計測センサ4bは、第2照明部と、CCDカメラ等の撮像装置を備えていてもよい。図2では、第2照明部、及び撮像装置の図示は省略する。第2照明部は、図3に符号280を付して図示する。撮像装置は、図3に符号282、及び284を付して図示する。

[0056] 図2に示したターゲット位置計測センサ4bは、ターゲット27による照明光の反射画像を撮像する。図3に示すように、複数の撮像装置を備え、複数の撮像装置のそれぞれは、異なる方向からターゲット27を撮像して、撮影方向が異なる画像を取得してもよい。

[0057] 異なる方向から撮影された画像から、所定の平面内におけるターゲット27の位置の計算が可能である。ターゲット位置計測センサ4bは、プラズマ光を遮断するためのシャッターを備えていてもよい。シャッターは、タイミングセンサ4aから出力される検知信号であり、ターゲット27の通過タイミングを表す検知信号に対して、所定の期間遅延させたゲート信号によって開閉してもよい。

[0058] ターゲット像計測センサ4cは、第3照明部と、CCDカメラ等の撮像装置を備えていてもよい。図2では、第3照明部、及び撮像装置の図示は省略する。第3照明部は、図3に符号286を付して図示する。撮像装置は、図3に符号288を付して図示する。

[0059] ターゲット像計測センサ4cは、ターゲット27による照明光の透過画像を撮像する。第3照明部は、レーザ光源などの高輝度の光源を適用してもよい。これにより、ターゲット像計測センサ4cは、比較的、短期間の露光によって、ターゲット27の撮像が可能である。

[0060] ターゲット像計測センサ4cは、比較的、短期間の露光によって、ある時

刻におけるターゲット 27 の位置が特定可能な画像を撮像し得る。ターゲット像計測センサ 4 c は、プラズマ光を遮断するためのシャッターを備えていてもよい。シャッターは、タイミングセンサ 4 a から出力される検知信号であり、ターゲット 27 の通過タイミングを表す検知信号に対して、所定の期間遅延させたゲート信号によって開閉してもよい。

[0061] 図 1 に示したターゲットセンサ 4 は、図 2 に示したタイミングセンサ 4 a、ターゲット位置計測センサ 4 b、及びターゲット像計測センサ 4 c を含んでもよい。ターゲット位置計測センサ 4 b、及びターゲット像計測センサ 4 c の詳細は後述する。

[0062] 4. 2 動作

EUV 光生成コントローラ 5 は、露光装置 6 の露光装置制御部 6 a からターゲット 27 の出力準備信号が入力されると、以下の動作を実行する。

[0063] EUV 光生成コントローラ 5 は、タンク部 260 の内部のターゲット材料 271 が融点以上の温度となるように、温度コントローラを制御する。EUV 光生成コントローラ 5 の制御に対して、温度コントローラは温度センサの検知値が所定の温度以上となるように、ヒータ電源を駆動する。

[0064] 所定の温度は、ターゲット材料 271 として錫が適用される場合、錫の融点以上の温度であってもよい。例えば、錫の融点である 232℃ に対して、所定の温度は 232℃ 以上であってもよい。所定の温度は、温度範囲であってもよい。例えば、温度範囲は、錫の融点である 232℃ に対して、240℃ 以上 290℃ 以下の温度範囲としてもよい。

[0065] EUV 光生成コントローラ 5 は、温度センサの検知値が、所定の期間、所定の温度以上の温度を維持しているか否かを判定してもよい。所定の温度以上が所定期間維持されている場合、EUV 光生成コントローラ 5 は、露光装置 6 の露光装置制御部 6 a にターゲット 27 の出力準備が完了したことを通知してもよい。EUV 光生成コントローラ 5 は、ターゲット 27 の出力を要求する信号が入力されるまで待機してもよい。

[0066] EUV 光生成コントローラ 5 は、ターゲット 27 の出力を要求する信号が

入力されると、圧力調節器 120 を制御して、タンク部 260 の内部の圧力を所定の圧力まで昇圧させる。所定の圧力は、40 メガパスカル程度であってもよい。

[0067] EUV 光生成コントローラ 5 は、圧力調節器 120 を制御して、タンク部 260 の内部の圧力を所定の圧力に維持してもよい。タンク部 260 の内部の圧力が所定の圧力に維持されている状態において、ノズル孔 267 からターゲット材料 271 のジェットが出力され得る。

[0068] EUV 光生成コントローラ 5 は、ノズル孔 267 から出力されるターゲット材料 271 のジェットが、所定のサイズ、及び所定の周期のドロップレットに変化するように、ピエゾ電源 112 を制御する。これにより、ピエゾ電源 112 から第 1 振動子 111 a に所定の波形の駆動電圧が印加されてもよい。

[0069] 所定の波形の駆動電圧が印加された第 1 振動子 111 a で発生した振動は、ノズルホルダ、ノズル部材 266、及びタンク部 260 を介してターゲット材料 271 に伝達してもよい。これにより、ターゲット材料 271 のジェットが分断され、ターゲット材料 271 のジェットが、所定のサイズ、及び所定の周期のドロップレットに変化してもよい。

[0070] EUV 光生成コントローラ 5 は、タイミングセンサ 4 a が出力する検知信号に対して、所定の期間遅延させたゲート信号を、ターゲット位置計測センサ 4 b、及びターゲット像計測センサ 4 c に出力してもよい。

[0071] ターゲット位置計測センサ 4 b は、EUV 光生成コントローラ 5 から出力されたゲート信号に従って、プラズマ生成領域 25 を撮像し、撮像信号を EUV 光生成コントローラ 5 へ出力してもよい。

[0072] EUV 光生成コントローラ 5 は、ターゲット位置計測センサ 4 b から出力された撮像信号を用いて、プラズマ生成領域 25 におけるターゲット 27 の位置を演算してもよい。例えば、EUV 光生成コントローラ 5 は、プラズマ生成領域 25 に設定される座標系におけるターゲット 27 の座標を演算してもよい。

[0073] プラズマ生成領域 25 に設定される座標系が二次元座標系の場合、EUV 光生成コントローラ 5 は、ターゲット 27 の二次元の座標を演算してもよい。例えば、EUV 光生成コントローラ 5 は、XZ 平面上の座標を演算してもよい。

[0074] EUV 光生成コントローラ 5 は、ターゲット 27 の目標位置と、検知されたターゲットの位置との偏差を小さくするように、ターゲット供給部 26 のステージ 114 を動作させてもよい。

[0075] ターゲット像計測センサ 4c は、EUV 光生成コントローラ 5 から出力されたゲート信号に従って、プラズマ生成領域 25 を撮像し、撮像信号を EUV 光生成コントローラ 5 へ出力してもよい。

[0076] EUV 光生成コントローラ 5 は、ターゲット像計測センサ 4c から出力された画像信号を用いて、ターゲット 27 がプラズマ生成領域 25 における位置を演算してもよい。例えば、EUV 光生成コントローラ 5 は、プラズマ生成領域 25 に設定される座標系におけるターゲット 27 の座標を演算してもよい。EUV 光生成コントローラ 5 は、プラズマ生成領域 25 に設定される座標系における Y 方向の位置を算出してもよい。

[0077] EUV 光生成コントローラ 5 は、計測されたターゲット 27 の位置に従って、ターゲット 27 の目標位置にレーザ光が照射されるように、レーザ装置 3 に出力される発光トリガ信号に遅延期間を付加してもよい。

[0078] 4. 3 ターゲット位置計測センサ、及びターゲット像計測センサの説明

4. 3. 1 構成

図 3 は図 2 に示したターゲット位置計測センサの構成例、及びターゲット像計測センサの構成例を示す図である。図 3 に示したターゲット位置計測センサ 4b は、第 1 照明装置 280 と、第 1 撮像装置 282 と、第 2 撮像装置 284 とを備えている。第 1 撮像装置 282 及び第 2 撮像装置 284 のそれぞれに照明装置を備えてもよい。

[0079] 図 3 に示した第 1 撮像装置 282 は、X 方向からターゲット 27 を撮像する位置に配置される。図 3 に示した第 2 撮像装置 284 は、Z 方向からター

ゲット 27 を撮像する位置に配置される。第 1 撮像装置 282 の撮像方向は X 方向に限定されない。また、第 2 撮像装置 284 の撮像方向は Z 方向に限定されない。

[0080] 第 1 撮像装置 282 の撮像方向と第 2 撮像装置 284 の撮像方向とは、異なる方向であればよい。第 1 撮像装置 282 の撮像方向と第 2 撮像装置 284 の撮像方向とは、互いに直交する方向としてもよい。

[0081] 図 3 に示した第 1 照明装置 280 は、第 1 撮像装置 282 及び第 2 撮像装置 284 に、ターゲット 27 の反射光が入射するように配置される。

[0082] 図 3 に示したターゲット像計測センサ 4c は、第 2 照明装置 286 と、第 3 撮像装置 288 とを備えている。第 2 照明装置 286 は、レーザ光源、又はフラッシュランプ等の高輝度の照明光を出射可能な光源を適用してもよい。

[0083] 図 3 に示した第 3 撮像装置 288 は、被写体像が表示される画面において、Y 方向が特定できる方向からターゲット 27 を撮像する位置に配置される。図 3 に示した第 2 照明装置 286 は、ターゲット 27 の軌道を挟んで、第 3 撮像装置 288 と対向する位置に配置される。

[0084] 第 3 撮像装置 288 には、第 2 照明装置 286 から出射した照明光であり、ターゲット 27 の付近を透過した照明光が入射してもよい。第 3 撮像装置 288 は、第 2 照明装置 286 から出射した照明光を遮るターゲット 27 の像を取得してもよい。

[0085] 4. 3. 2 動作

EUV 光生成コントローラ 5 は、第 1 撮像装置 282 及び第 2 撮像装置 284 へゲート信号を出力して、第 1 撮像装置 282 及び第 2 撮像装置 284 のそれぞれから、ターゲット 27 の画像を取得してもよい。

[0086] 図 4 は図 3 に示した第 1 撮像装置による撮像画像の例を示す図である。図 4 に示した第 1 撮像装置 282 の撮像画像は、一定の周期で連続して出力された複数のターゲット 27 を YZ 平面に投影した画像である。図 4 に示した第 1 撮像装置 282 の撮像画像は、Z 方向におけるターゲット 27 の軌道の

位置を特定可能である。

[0087] 図5は図3に示した第2撮像装置による撮像画像の例を示す図である。図5に示した第2撮像装置284の撮像画像は、一定の周期で連続して出力された複数のターゲット27をXY平面に投影した画像である。図5に示した第2撮像装置284の撮像画像は、X方向におけるターゲット27の軌道の位置を特定可能である。

[0088] 第3撮像装置288は、高輝度の照明光の透過光が入射するので、第3撮像装置288の受光期間を表すゲート信号の期間は、比較的短くてよい。第3撮像装置288の受光期間を表すゲート信号の期間が短いと、第3撮像装置288の受光期間が短くなるので、第3撮像装置288は、ターゲット27の静止画像の撮像が可能である。

[0089] 図6は図3に示した第3撮像装置による撮像画像の例を示す図である。図6に示すターゲット27の静止画像の撮像によって、ある時刻におけるプラズマ生成領域25に到達したターゲット27のY軸方向の座標の特定が可能である。

[0090] 5. 第1実施形態

5. 1 構成

図7は第1実施形態に係るEUV光生成システムの構成を概略的に示すブロック図である。図7に示したEUV光生成システム11aは、ターゲット供給部26aと、コントローラ5aと、駆動振動子切替装置300と、振動子駆動装置302と、ターゲット検知装置304とを備えている。

[0091] 図7に示したターゲット供給部26aは、複数の振動子を備えている。図7に示すように、ターゲット供給部26aは、3つの振動子である、第1振動子111a、第2振動子111b、及び第3振動子111cを備えてもよい。

[0092] 第1振動子111a、第2振動子111b、及び第3振動子111cの図示しない電極は、駆動振動子切替装置300と、駆動電圧を伝送可能に接続される。駆動振動子切替装置300は、振動子駆動装置302と、駆動電圧

を伝送可能に接続される。駆動振動子切替装置 300、及び振動子駆動装置 302 は、コントローラ 5a と電気信号を伝送可能に接続される。

[0093] ターゲット検知装置 304 は、ターゲット供給部 26a から出力されたターゲット 27 の状態を検知可能な位置に配置される。ターゲット検知装置 304 は、コントローラ 5a と電気信号を伝送可能に接続される。

[0094] ターゲット検知装置 304 は、図 2 に示したタイミングセンサ 4a を適用してもよい。ターゲット検知装置 304 は、図 2 に示したターゲット像計測センサ 4c を適用してもよい。

[0095] 図 7 に示したコントローラ 5a、駆動振動子切替装置 300 は、図 2 に示した E U V 光生成コントローラ 5 に含まれてもよいし、E U V 光生成コントローラ 5 とは別に備えられ、E U V 光生成コントローラ 5 と電気信号を伝送可能に接続されてもよい。

[0096] コントローラ 5a は、1 つ、又は複数のプロセッサを含んで構成されてもよい。コントローラ 5a は、プロセッサに付随するメモリを備えていてもよい。図 7 に示した振動子駆動装置 302 は、図 2 に示したピエゾ電源 112 を含んでいてもよい。

[0097] 5. 2 動作

5. 2. 1 概要

E U V 光生成システム 11a に適用されるターゲット供給部 26a は、m 個の振動子の数を備えている。m は 2 以上の整数である。コントローラ 5a は、m 個の振動子の中から任意の一つの振動子を、駆動する最初の振動子として決定する。最初の振動子は 1 番目の振動子とする。駆動する振動子とは、ターゲット 27 を生成する際に駆動電圧を供給して振動させる振動子である。

[0098] コントローラ 5a は、駆動振動子切替装置 300 によって、駆動する振動子を選択する。最初に選択される振動子を 1 番目の振動子とする。1 番目の振動子は、m 個の振動子のうち、任意の振動子でよい。

[0099] 例えば、コントローラ 5a は、1 番目の振動子の情報を表す選択信号を駆

動振動子切替装置 300 へ出力してもよい。例えば、振動子の情報は、振動子の識別番号としてもよい。振動子の識別番号は、 m 個の振動子のそれぞれに付した 1 から m までの整数としてもよい。

[0100] コントローラ 5 a は、1 番目の振動子に駆動電圧を供給して、1 番目の振動子を振動させる。コントローラ 5 a は、ターゲット 27 が規定の性能のドロップレットとして結合するように 1 番目の振動子の駆動パラメータを調整し、1 番目の振動子の駆動パラメータを決定する。

[0101] 規定の性能のドロップレットの例として、所定の観察位置におけるターゲット 27 の通過周波数が 100 キロヘルツで通過する、結合したドロップレットが挙げられる。ターゲット 27 の通過周波数は、ターゲット 27 の通過タイミングの間隔の逆数として算出される。駆動パラメータは、駆動電圧の電圧波形の振幅でもよいし、駆動電圧の電圧波形のデューティでもよい。

[0102] コントローラ 5 a は、決定された駆動パラメータを適用して 1 番目の振動子を振動させて、ターゲット 27 を生成する。ターゲット検知装置 304 は、ターゲット 27 の状態を検知する。ターゲット 27 の状態の検知の詳細は後述する。

[0103] コントローラ 5 a は、ターゲット検知装置 304 から出力される、ターゲット 27 の状態の検知結果に基づいて、1 番目の振動子の故障の有無を判定する。振動子の故障は、振動子が振動しない状態、振動子が振動するもののターゲット 27 が出力されない振動子の状態、又は振動子が振動するものの、所定の条件を満たすターゲット 27 が出力されない振動子の状態が含まれてもよい。振動子の故障判定の詳細は後述する。

[0104] コントローラ 5 a は、1 番目の振動子が故障したと判定すると、駆動振動子切替装置 300 によって、1 番目の振動子と異なる他の振動子であり、未使用の振動子を駆動する振動子に決定する。例えば、1 番目の振動子に代わり駆動する振動子として決定された振動子を 2 番目の振動子とする。

[0105] コントローラ 5 a は、振動子を切り替える振動を駆動振動子切替装置 300 へ出力する際に、図 2 に示した露光装置 6 から出力される光出射停止許可

命令に従ってもよい。

[0106] コントローラ 5 a は、2 番目の振動子の駆動パラメータを調整し、決定する。コントローラ 5 a は、2 番目の振動子を振動させてターゲット 2 7 を生成する。ターゲット検知装置 3 0 4 は、ターゲット 2 7 の状態を検知する。コントローラ 5 a は、ターゲット検知装置 3 0 4 から出力される、ターゲット 2 7 の状態の検知結果に基づいて、2 番目の振動子の故障の有無を判定する。

[0107] このようにして、コントローラ 5 a は、任意の未使用の振動子である n 番目の振動子を駆動する振動子として決定し、選択すると、n 番目の振動子の駆動パラメータを調整し、決定する。なお、n は 1 以上 m 以下の整数である。

[0108] コントローラ 5 a は、n 番目の振動子を振動させてターゲット 2 7 を生成する。ターゲット検知装置 3 0 4 は、ターゲット 2 7 の状態を検知する。コントローラ 5 a は、ターゲット検知装置 3 0 4 によるターゲット 2 7 の状態の検知結果に基づいて、n 番目の振動子が故障していると判定すると、n + 1 番目の振動子を駆動する振動子として決定し、選択する。

[0109] 駆動する振動子を n 番目の振動子から n + 1 番目の振動子へ切り替える際に、コントローラ 5 a は、図 2 に示した露光装置 6 から出力される光出射停止許可命令に従って n 番目の振動子の振動を停止させてもよい。

[0110] コントローラ 5 a は、n + 1 番目の振動子の駆動パラメータを調整し、決定する。コントローラ 5 a は、n + 1 番目の振動子を振動させてターゲット 2 7 を生成する。ターゲット検知装置 3 0 4 は、ターゲット 2 7 の状態を検知する。

[0111] このようにして、1 番目の振動子から m 番目の振動子のそれぞれが故障するまで、コントローラ 5 a は、駆動する振動子が故障したと判定すると、駆動する振動子を未使用の振動子の中から決定して、変更する。

[0112] 5. 2. 2 ターゲット検知装置がタイミングセンサの場合の故障判定
図 7 に示したターゲット検知装置 3 0 4 は、図 2 に示したタイミングセン

サ4 aと兼用されてもよい。図7に示したターゲット検知装置304が図2に示したタイミングセンサ4 aの場合、タイミングセンサ4 aはターゲット27の通過タイミングの間隔を検知する。コントローラ5 aは、ターゲット27の通過タイミングの間隔から算出される、ターゲット27の間の距離が、予め決められた規定値以下の場合に、駆動する振動子を故障と判定してもよい。ターゲット27間の距離は、ターゲット27の通過タイミングの間隔にターゲット27の速度を乗算して算出される。ターゲット27の速度はターゲットの出力条件に基づいて決めることが可能である。

[0113] 例えば、標準的なターゲット27間の距離を1000マイクロメートルとする。ターゲット27間の距離のばらつきである 3σ （99.73パーセント）が、5マイクロメートル未満、又はマイナス5マイクロメートルを超えていれば、コントローラ5 aは振動子が正常と判定してもよい。

[0114] 一方、ターゲット27間の距離のばらつきである 3σ が、5マイクロメートル以上、又はマイナス5マイクロメートル以下であれば、コントローラ5 aは振動子が故障していると判定してもよい。5マイクロメートルとは、標準的なターゲット27間の距離である1000マイクロメートルの0.5パーセントである。

[0115] なお、タイミングセンサ4 aのサンプリング期間は0.1秒としてもよい。サンプル数は10000としてもよい。

[0116] また、標準的なターゲット27間の距離からターゲット27間の距離を減算して求めた差分の最大値の絶対値、又は差分の最小値の絶対値が、標準的なターゲット27間の距離の0.5パーセント未満であれば、コントローラ5 aは振動子が正常と判定してもよい。標準的なターゲット27間の距離からターゲット27間の距離を減算した求めた差分の最大値の絶対値、又は差分の最小値の絶対値が、標準的なターゲット27間の距離の0.5パーセント以上であれば、コントローラ5 aは振動子が故障していると判定してもよい。

[0117] 5. 2. 3 ターゲット検知装置がターゲット像計測センサの場合の故

障判定

図 7 に示したターゲット検知装置 304 は、図 2 に示したターゲット像計測センサ 4c と兼用されてもよい。図 7 に示したターゲット検知装置 304 が、図 2 に示したターゲット像計測センサ 4c の場合は、ターゲット像計測センサ 4c によって撮像された画像の解析結果から得られる、を振動子の故障判定の指標としてもよい。

[0118] 例えば、標準的なターゲット 27 間の距離を 1000 マイクロメートルとする。ターゲット 27 間の距離のばらつきである 3σ が 5 マイクロメートル未満、又はマイナス 5 マイクロメートルを超えていれば、コントローラ 5a は振動子が正常と判定してもよい。

[0119] 一方、ターゲット 27 間の距離のばらつきである 3σ が 5 マイクロメートル以上、又はマイナス 5 マイクロメートル以下であれば、コントローラ 5a は振動子が故障していると判定してもよい。5 マイクロメートルは、標準的なターゲット 27 間の距離である 1000 マイクロメートルの 0.5 パーセントである。なお、ドロップレットの形態のターゲット 27 の直径は 20 マイクロメートルとしてもよい。

[0120] また、標準的なターゲット 27 間の距離からターゲット 27 間の距離を減算して求めた差分の最大値の絶対値、又は差分の最小値の絶対値が、標準的なターゲット 27 間の距離の 0.5 パーセント未満であれば、コントローラ 5a は振動子が正常と判定してもよい。標準的なターゲット 27 間の距離からターゲット 27 間の距離を減算した値の絶対値が、標準的なターゲット 27 間の距離の 0.5 パーセント以上であれば、コントローラ 5a は振動子が故障していると判定してもよい。

[0121] 5. 3 振動子切替方法の手順

図 8 は第 1 実施形態に係る E U V 光生成システムに適用される振動子切替方法の手順を示すフローチャートである。図 7 に示したコントローラ 5a は、ターゲット供給部 26a に備えられる m 個の振動子のうち、n 番目の振動子を駆動する振動子として決定し、n 番目の振動子の振動を開始する。

- [0122] 図8のステップS10において、図7に示したコントローラ5aは、n番目の振動子の駆動パラメータを調整し、n番目の振動子の駆動パラメータを決定し、n番目の振動子を振動させる。図8のステップS12では、図7に示したターゲット検知装置304によってターゲット27の検知が実行される。
- [0123] 図8のステップS14では、図7に示したターゲット検知装置304によるターゲット27の検知結果に基づいて、コントローラ5aは、ターゲット27の状態が変化したか否かを判定する。
- [0124] 図8のステップS14において、図7に示したコントローラ5aがターゲット27の状態が変化していないと判定すると、No判定となる。No判定の場合は、図8のステップS12へ進み、ステップS14においてYes判定となるまで、ステップS12、及びステップS14が繰り返し実行される。
- [0125] ステップS14において、図7に示したコントローラ5aがターゲット27の状態が変化していると判定すると、Yes判定となる。Yes判定の場合は、図8のステップS16へ進む。ステップS16では、図7に示したコントローラ5aは、露光装置6からの光出射停止許可命令を取得したか否かを判定する。
- [0126] 図8のステップS16において、図7に示したコントローラ5aが露光装置6からの光出射停止許可命令を取得していない場合は、No判定となる。No判定の場合は、コントローラ5aは、露光装置6からの光出射停止許可命令を取得したか否かの判定を継続する。
- [0127] 図8のステップS16において、図7に示したコントローラ5aが露光装置6からの光出射停止許可命令を取得した場合は、Yes判定となる。Yes判定の場合は、図8のステップS18へ進む。
- [0128] ステップS18では、図7に示したコントローラ5aは、振動子駆動装置302によって、n番目の振動子の振動を停止させる。図8のステップS18において、n番目の振動子の振動を停止させると、ステップS20へ進む

。

[0129] ステップS 2 0では、図7に示したコントローラ5 aは、n番目の振動子が最終の振動子であるか否かを判定する。最終の振動子はm番目の振動子である。図8のステップS 2 0において、図7に示したコントローラ5 aがn番目の振動子が最終の振動子でないと判定すると、N o判定となる。N o判定の場合は、図8のステップS 2 2へ進む。

[0130] ステップS 2 2では、図7に示したコントローラ5 aは、n + 1番目の振動子を駆動する振動子として決定し、振動子駆動装置3 0 2によって、n + 1番目の振動子の振動を開始する。n + 1番目の振動子は、未使用の振動子であればよい。以降、コントローラ5 aは、図8のステップS 2 2においてY e s判定となるまで、ステップS 1 0からステップS 2 0までの工程を順に実行する。

[0131] ステップS 2 0において、図7に示したコントローラ5 aが、n番目の振動子が最終の振動子であると判定すると、Y e s判定となる。Y e s判定の場合は、図7に示したコントローラ5 aは、振動子の切り替えを終了する。

[0132] 5. 4 作用・効果

ターゲットの生成の際に駆動する振動子が故障しても、故障した振動子は他の振動子へ切り替わるので、振動子が故障した場合にターゲット供給部を交換する必要がない。これにより、ターゲット供給部に備えられた振動子の数分だけ、ターゲット供給部の寿命が延長可能である。

[0133] また、ターゲットの状態が直接検知されるので、より正確な振動子の故障判定が可能となり、結果として、E U V光生成システムの信頼性が向上する。

[0134] 本開示におけるターゲット供給部2 6、及びターゲット供給部2 6 aは、ターゲット供給装置の一態様である。

[0135] 本開示における第1振動子1 1 1 a、第2振動子1 1 1 b、及び第3振動子1 1 1 cを含むm個の振動子は、第1振動子を含む複数の振動子の一態様である。本開示におけるターゲット検知装置3 0 4は、検知部の一態様であ

る。

[0136] 本開示における第1振動子111a、第2振動子111b、及び第3振動子111cを含むm個の振動子のうち未使用の振動子は、第1振動子と異なる他の振動子の一態様である。本開示における駆動振動子切替装置は、振動子切替部の一態様である。本開示におけるコントローラ5aは、制御部の一態様である。本開示における振動子駆動装置302は振動子駆動部の一態様である。

[0137] 本開示におけるタイミングセンサ4aは、ターゲットの通過経路における、各ターゲット間の通過タイミングの間隔を計測する通過タイミング間隔計測部の一態様である。本開示におけるタイミングセンサ4aは、ノズルから出力するターゲットの出力タイミングを調整するために、各ターゲット間の通過タイミングの間隔を計測するタイミング計測部の一態様である。本開示におけるタイミングセンサ4aに備えられる照明部200は、第1照明部の一態様である。

[0138] 本開示におけるターゲット像計測センサ4cに備えられる第3撮像装置288は、ノズルから出力したターゲットを撮像する撮像部の一態様である。本開示におけるターゲット像計測センサ4cに備えられる第2照明装置286は、第2照明部の一態様である。

[0139] 6. 第2実施形態

6. 1 構成

図9は第2実施形態に係るEUV光生成システムの構成を概略的に示すブロック図である。図9に示したEUV光生成システム11bは、ターゲット供給部26bと、センサ切替装置310と、振動起電力計測装置312と、カウンタ314とを備えている。カウンタ314はタイマでもよい。

[0140] 図9に示したターゲット供給部26bは、複数の振動子を備えている。複数の振動子は、振動センサとして使用可能な振動子が少なくとも1つ含まれる。図9に示した第4振動子111dは、振動センサとして使用可能な振動子であってもよい。

[0141] 第1振動子111a、第2振動子111b、及び第4振動子111dの図示しない電極は、センサ切替装置310と、駆動電圧を伝送可能に接続される。センサ切替装置310は、振動起電力計測装置312と電気信号を伝送可能に接続される。センサ切替装置310、及び振動起電力計測装置312は、コントローラ5aと電気信号を伝送可能に接続される。カウンタ314は、コントローラ5aと電気信号を伝送可能に接続される。

[0142] 6. 2 動作

コントローラ5aは、ターゲット供給部26bに備えられる複数の振動子の中から、駆動に使用しない任意の一つの振動子を振動センサとして決定する。振動センサとしてm番目の振動子を決定してもよい。例えば、図9の第4振動子111dをm番目の振動子とし、振動センサとして決定してもよい。なお、m番目の振動子は、m個の振動子のうち任意の振動子である。

[0143] コントローラ5aは、センサ切替装置310によって、振動センサとしてm番目の振動子を選択する。コントローラ5aは、振動センサとして選択するm番目の振動子の情報を表す選択信号をセンサ切替装置310へ出力してもよい。振動子の情報は、振動子の識別番号としてもよい。振動子の識別番号は、m個の振動子のそれぞれに付した1からmまでの整数としてもよい。

[0144] コントローラ5aは、駆動する振動子としてn番目の振動子を決定し、選択する。コントローラ5aがn番目の振動子を振動させると、その振動がノズルを介して振動センサとして使用するm番目の振動子に伝達する。その結果、m番目の振動子はn番目の振動子の振動状態を表す起電力を発生させる。振動起電力計測装置312は、m番目の振動子が発生させる起電力を計測する。n番目の振動子の振動状態は、n番目の振動子を振動させた際のノズルの振動状態を表している。ノズルは、ノズル孔267を含む、ノズル部材266の先端部分である。

[0145] コントローラ5aは、振動起電力計測装置312によって計測されたm番目の振動子が発生させる起電力の状態に基づいて、n番目の振動子の故障の有無を判定する。コントローラ5aは、振動センサとして使用するm番目の

振動子が発生させる起電力の電圧波形を、駆動する振動子の初期状態においてm番目の振動子が発生させる起電力の電圧波形と常に比較してもよい。

[0146] コントローラ5aは、m番目の振動子が発生させる起電力の測定タイミングごとに、計測結果の電圧波形と、規定となる電圧波形を比較してもよい。

[0147] 起電力の状態は、起電力の振幅の最大値を指標としてもよい。コントローラ5aは、m番目の振動子が発生させる起電力の振幅の最大値が、規定値のマイナス10パーセント以下となった場合に、n番目の振動子が故障していると判定してもよい。n番目の振動子の故障判定に適用される規定値は、n番目の振動子の初期状態においてm番目の振動子が発生させる起電力の振幅の最大値としてもよい。

[0148] n番目の振動子の初期状態は、n番目の振動子の振動の計測を開始した直後としてもよい。ここでいう直後とは、計測を開始したタイミングが含まれてもよいし、計測を開始したタイミングから所定のパルス数が出力されるタイミングまでの期間としてもよい。規定値は、計測を開始したタイミングから所定のパルス数が出力されるタイミングまでの期間における測定値の平均値としてもよい。所定のパルス数は1パルス以上であればよい。例えば、所定のパルス数は100パルスとしてもよい。

[0149] 規定値のマイナス10パーセント以下という故障判定の閾値は例示である。故障判定の閾値は、ターゲット供給部26bから出力されるターゲット27が満たすべき条件に応じて決めてもよい。ターゲット27が満たすべき条件は、ターゲットの形状、又はサテライトの有無などを適用してもよい。

[0150] コントローラ5aは、n番目の振動子が故障したと判定すると、n+1番目の振動子を駆動する振動子として決定し、選択する。n+1番目の振動子は、駆動する振動子として未使用の振動子であれば、いずれの振動子であってもよい。

[0151] 振動センサとして使用するm番目の振動子以外の振動子が全て故障した場合、コントローラ5aは、振動起電力計測装置312によるm番目の振動子の起電力の計測を停止させる。

- [0152] コントローラ 5 a は、駆動する振動子として m 番目の振動子を決定し、選択する。コントローラ 5 a は、m 番目の振動子の駆動パラメータを調整し、決定する。カウンタ 3 1 4 は、m 番目の振動子の振動回数を計測する。カウンタ 3 1 4 によって計測された m 番目の振動子の振動回数が規定回数以上になると、コントローラ 5 a は m 番目の振動子の振動を停止させる。m 番目の振動子の振動回数は、m 番目の振動子が駆動する振動子として使用されてからの振動回数としてもよい。なお、規定回数は振動回数の規定値である。
- [0153] 規定回数は、 1.0×10^{11} 回としてもよい。 1.0×10^{11} 回は、100 キロヘルツで振動子を振動させ、1 日あたり 24 時間、振動子を振動させ、12 日間、振動子を振動させた場合の振動回数に相当する。
- [0154] カウンタ 3 1 4 に代わりタイマを備える場合、タイマは m 番目の振動子の振動の開始からの期間を計測する。振動の開始は、m 番目の振動子が駆動する振動子として使用される場合の振動の開始としてもよい。タイマによって計測された期間が規定期間以上になると、コントローラ 5 a は、m 番目の振動子の振動を停止させる。なお、規定期間は振動期間の規定値である。
- [0155] 規定期間は、1036800 秒としてもよい。1036800 秒は、1 日あたり 24 時間、振動子を振動させ、12 日間、振動子を振動させた場合の期間に相当する。
- [0156] 図 10 は図 9 に示した振動センサとして使用される振動子が発生させる起電力の電圧波形の一例を示す図である。図 10 に符号 330 を付した電圧波形は、初期状態の駆動する振動子の振動によって、振動センサとして使用される振動子が発生させる起電力の電圧波形の一例である。
- [0157] 図 10 に符号 332 を付した電圧波形は、電圧波形の振幅の計測例であり、駆動する振動子が故障と判定される場合の、振動センサとして使用される振動子が発生させる起電力の電圧波形の振幅の計測例である。
- [0158] 図 10 に示したグラフの横軸は期間である。期間の単位はマイクロ秒である。図 10 に示したグラフの縦軸は電圧である。電圧の単位はボルトである。図 10 の縦軸は、電圧波形 330 における正方向の最大値 V_{1max} を 1 ボル

トとし、負方向の最小値 V_{1min} を -1 ボルトとした相対値で表されている。

[0159] 電圧波形 330 の最大値 V_{1max} から最小値 V_{1min} を減算して算出した電圧波形 330 の振幅の最大値を、初期振幅として起電力の規定値としてもよい。電圧波形 330 の振幅の最大値を 1 回の計測値として、100 回分の計測値の平均値を起電力の規定値としてもよい。

[0160] 電圧波形 332 の最大値 V_{2max} から最小値 V_{2min} を減算して算出した電圧波形 332 の振幅の最大値を、起電力の計測値としてもよい。電圧波形 332 の振幅の最大値を 1 回の計測値として、100 回分の計測値の平均値を起電力の計測値としてもよい。

[0161] 起電力の規定値である電圧波形 330 の振幅の最大値は 2.0 ボルトである。電圧波形 332 の計測値は 1.8 ボルトであり、起電力の規定値のマイナス 10 パーセント以下である。振動起電力計測装置 312 によって、電圧波形 332 が計測された場合は、駆動する振動子は故障していると判定してもよい。

[0162] 6. 3 振動子切替方法の手順

図 11 は第 2 実施形態に係る E U V 光生成システムに適用される振動子切替方法の手順を示すフローチャートである。

[0163] ステップ S10 において、図 9 に示したコントローラ 5a は、 n 番目の振動子の駆動パラメータを調整し、 n 番目の振動子の駆動パラメータを決定する。コントローラ 5a は、 n 番目の振動子の振動を開始させる。

[0164] 図 11 のステップ S40 では、図 9 に示した振動起電力計測装置 312 は、 m 番目の振動子によって検知された n 番目の振動子の振動を計測する。図 11 のステップ S42 では、図 9 に示したコントローラ 5a は、 n 番目の振動子の振動における振幅の最大値が、規定値のマイナス 10 パーセント以下であるか否かを判定する。

[0165] 図 11 のステップ S42 において、図 9 に示したコントローラ 5a が、 n 番目の振動子の振動における振幅が、規定値のマイナス 10 パーセントを超えていると判定すると、N o 判定となる。N o 判定の場合は、図 11 のステ

ップS 4 0に進み、ステップS 4 2においてY e s判定となるまで、ステップS 4 0、及びステップS 4 2が繰り返し実行される。

[0166] ステップS 4 2において、図9に示したコントローラ5 aが、n番目の振動子の振動における振幅が、規定値のマイナス10パーセント以下であると判定すると、Y e s判定となる。Y e s判定の場合は、図11のステップS 4 4へ進む。

[0167] ステップS 4 4からステップS 5 0までの工程は、図8のステップS 1 6からステップS 2 2までの工程と同様の工程であり、ここでの説明は省略する。図11のステップS 4 8において、図9に示したコントローラ5 aが、n番目の振動子がm-1番目の振動子であると判定すると、図11のステップS 5 2へ進む。

[0168] 換言すると、図11のステップS 4 8において、図9に示したコントローラ5 aが、m-1個の振動子が故障して、駆動する振動子として未使用の振動子が振動センサとして使用しているm番目の振動子のみになったと判定すると、図11のステップS 5 2へ進む。

[0169] ステップS 5 2では、図9に示したコントローラ5 aは、センサ切替装置310によってm番目の振動子による検知を停止させる。図11のステップS 5 4では、図9に示したコントローラ5 aは、m番目の振動子を振動する振動子として決定し、選択して、m番目の振動子の振動を開始させる。

[0170] 図11のステップS 5 6では、図9に示したコントローラ5 aは、m番目の振動子の駆動パラメータを調整し、決定する。図11のステップS 5 8では、図9に示したコントローラ5 aは、カウンタ314によってm番目の振動子の振動回数を計測する。コントローラ5 aは、m番目の振動子の振動回数が規定回数以上であるか否かを判定する。

[0171] 図11のステップS 5 8では、図9に示したコントローラ5 aは、タイマによってm番目の振動子の振動期間を計測し、m番目の振動子の振動期間が規定期間以上であるか否かを判定してもよい。

[0172] 図11のステップS 5 8において、図9に示したコントローラ5 aが、m

番目の振動子の振動回数が規定回数未満である判定すると、N o 判定となる。N o 判定の場合は、コントローラ 5 a は、図 1 1 のステップ S 5 8 において、Y e s 判定となるまで、m 番目の振動子の振動回数が規定回数以上であるか否かの判定を継続する。

[0173] ステップ S 5 8 において、コントローラ 5 a が、m 番目の振動子の振動回数が規定回数以上であると判定すると、Y e s 判定となる。Y e s 判定の場合は、図 9 に示したコントローラ 5 a は、振動子の切り替えを終了する。

[0174] 6. 4 作用・効果

ターゲットの生成の際に駆動する振動子が故障しても、故障した振動子は他の振動子へ直ちに切り替わるので、振動子が故障した場合にターゲット供給部を交換する必要がない。これにより、ターゲット供給部に備えられた振動子の数分だけ、ターゲット供給部の寿命が延長可能である。

[0175] また、複数の振動子の少なくとも 1 つは、振動センサとして使用されるので、専用の振動センサが不要となる。

[0176] 本開示における第 1 振動子 1 1 1 a、第 2 振動子 1 1 1 b、及び第 4 振動子 1 1 1 d を含む m 個の振動子は、ノズルを振動させる第 2 振動子、及びノズルの振動を検知する第 3 振動子を含む複数の振動子の一態様である。

[0177] 本開示における振動センサとして使用される m 番目の振動子は、第 3 振動子の一態様である。本開示における振動センサとして使用される m 番目の振動子、及び振動起電力計測装置は、検知部の一態様である。

[0178] 本開示におけるセンサ切替装置 3 1 0 は、複数の振動子のいずれかを第 3 振動子に切り替える検知振動子切替部の一態様である。本開示におけるカウンタ 3 1 4 は、第 2 振動子の振動回数を計測する振動回数計測部の一態様である。本開示におけるタイマは、第 2 振動子の振動期間を計測する振動期間計測部の一態様である。

[0179] 7. 第 3 実施形態

7. 1 構成

図 1 2 は第 3 実施形態に係る E U V 光生成システムの構成を概略的に示す

ブロック図である。図 1 2 に示したターゲット供給部 2 6 c は、専用の振動センサ 3 5 0 を備えている。振動センサ 3 5 0 は振動起電力計測装置 3 1 2 と電気信号を伝送可能に接続されている。

[0180] 図 9 に示した第 4 振動子 1 1 1 d が振動センサと駆動する振動子とを兼用するのに対して、図 1 2 に示した振動センサ 3 5 0 は振動検知専用である。振動センサ 3 5 0 は圧電素子を適用してもよい。

[0181] 7. 2 動作

コントローラ 5 a は、複数の振動子から駆動する振動子を決定し、選択する。ここでは、コントローラ 5 a は、n 番目の振動子を選択する。コントローラ 5 a は、n 番目の振動子を振動させ、n 番目の振動子の駆動パラメータを調整し、設定する。

[0182] 振動起電力計測装置 3 1 2 は、振動センサ 3 5 0 によって検知された n 番目の振動子の振動を計測する。振動センサ 3 5 0 によって検知された n 番目の振動子の振動の計測は、第 2 実施形態における、振動センサとして使用する m 番目の振動子によって検知された n 番目の振動子の振動の計測と同様であり、ここでの説明は省略する。

[0183] 7. 3 振動子切替方法の手順

図 1 3 は第 3 実施形態に係る E U V 光生成システムに適用される振動子切替方法の手順を示すフローチャートである。図 1 3 に示したフローチャートは、図 1 1 に示したステップ S 4 0 に代わり、ステップ S 4 1 が含まれる。

[0184] ステップ S 4 1 では、図 1 2 に示した振動起電力計測装置 3 1 2 は、振動センサ 3 5 0 によって検知された n 番目の振動子の振動を計測する。図 1 3 のステップ S 4 2 からステップ S 4 6、及びステップ S 5 0 は、図 1 1 のステップ S 4 2 からステップ S 4 6、及びステップ S 5 0 と同様の工程であり、ここでの説明は省略する。

[0185] 図 1 3 のステップ S 4 8 は、図 8 のステップ S 2 0 と同様の工程である。図 1 3 のステップ S 4 8 では、図 1 2 に示したコントローラ 5 a は、n 番目の振動子が最終の振動子であるか否かを判定する。最終の振動子は m 番目の

振動子である。

[0186] 図13のステップS48において、図12に示したコントローラ5aがn番目の振動子が最終の振動子でないと判定すると、No判定となる。No判定の場合は、図13のステップS50へ進む。

[0187] 図13のステップS48において、図12に示したコントローラ5aがn番目の振動子が最終の振動子であると判定すると、Yes判定となる。Yes判定の場合は、図12に示したコントローラ5aは、振動子の切り替えを終了する。

[0188] 7. 4 作用・効果

ターゲットの生成に使用する振動子が故障しても、故障した振動子は他の振動子へ直ちに切り替わるので、振動子が故障した場合にターゲット供給部を交換する必要がない。これにより、ターゲット供給部に備えられた振動子の数分だけ、ターゲット供給部の寿命が延長可能である。

[0189] 専用の振動センサを備えているので、振動の計測に有利な特性を備える振動センサを採用することができる。これにより、振動子の故障判定の精度を高めることができ、より正確な振動子の切替に係る判定が可能となり、EUV光生成システムの信頼性が向上する。

[0190] 本開示における第1振動子111a、及び第2振動子111bを含むm個の振動子は、第4振動子を含む複数の振動子の一態様である。本開示における振動センサ350、及び振動起電力計測装置312を含む構成は、検知部の一態様である。

[0191] 本開示における第1振動子111a、及び第2振動子111bを含むm個の振動子のうち未使用の振動子は、第4振動子と異なる他の振動子の一態様である。

[0192] 8. 第4実施形態

8. 1 構成

図14は第4実施形態に係るEUV光生成システムの構成を概略的に示すブロック図である。図14に示したEUV光生成システム11dは、図7に

示したターゲット供給部26aを備えている。一方、図14に示したEUV光生成システム11dは、図7に示したターゲット検知装置304に代わり、カウンタ314aを備えている。

[0193] 図14に示したカウンタ314aは、コントローラ5aと電気信号を伝送可能に接続されている。図14に示したカウンタ314aは、駆動する振動子の振動回数を計測する。EUV光生成システム11dはカウンタ314に代わりタイマを備えてもよい。タイマは駆動する振動子の振動期間を計測する。

[0194] 8. 2 動作

コントローラ5aは、複数の振動子から駆動する振動子を決定し、選択する。ここでは、コントローラ5aは、n番目の振動子を選択する。コントローラ5aは、n番目の振動子を振動させ、n番目の振動子の駆動パラメータを調整し、設定する。

[0195] コントローラ5aは、n番目の振動子の動作中の振動回数を計測する命令をカウンタ314aへ出力する。n番目の振動子の動作中は、ターゲット供給部26がn番目の振動子を振動させてターゲット27を出力する期間としてもよい。

[0196] カウンタ314aは、n番目の振動子の動作中の振動回数が1つの振動子における規定回数に達するまで、n番目の振動子の動作中の振動回数を計測する。カウンタ314aは、n番目の振動子の動作中の振動回数が1つの振動子における規定回数に達した際に、その旨を表す信号をコントローラ5aへ出力する。例えば、規定回数は、 1×10^{11} 回としてもよい。 1×10^{11} 回は、ターゲット供給部26の寿命を36日とし、振動子の数を3つとし、振動子を100キロヘルツで振動させ、1日あたり24時間、12日間、1つの振動子を振動させた場合の3つの振動子の合計の振動回数に相当する。

[0197] コントローラ5aは、カウンタ314aから出力された、n番目の振動子の動作中の振動回数が1つの振動子における規定回数に達した旨を表す信号が入力されると、駆動する振動子を他の振動子へ切り替える信号を駆動振動

子切替装置 300 へ出力する。

- [0198] 駆動振動子切替装置 300 によって、駆動する振動子が他の振動子へ切り替えられると、コントローラ 5 a はカウンタ 314 a の計測値をリセットする信号をカウンタ 314 a へ出力する。
- [0199] カウンタ 314 a は、n 番目の振動子の動作中の振動回数を表す信号をコントローラ 5 a へ出力してもよい。コントローラ 5 a は、n 番目の振動子の動作中の振動回数が 1 つの振動子における規定回数に達するまで、カウンタ 314 a の計測値を表す信号を取得してもよい。
- [0200] コントローラ 5 a は、n 番目の振動子の動作中の振動回数が 1 つの振動子における規定回数に達しているか否かを監視してもよい。コントローラ 5 a は、n 番目の振動子の動作中の振動回数が 1 つの振動子における規定回数に達した際に、露光装置 6 の光出射停止許可命令に従って、駆動する振動子を他の振動子へ切り替える信号を駆動振動子切替装置 300 へ出力してもよい。
- [0201] カウンタ 314 a に代わりタイマが備えられる場合は、コントローラ 5 a は、n 番目の振動子の動作中の振動期間を計測する命令をタイマへ出力する。タイマは n 番目の振動子の動作中の振動期間が 1 つの振動子における規定期間に達するまで、n 番目の振動子の動作中の振動期間を計測する。
- [0202] タイマは、n 番目の振動子の動作中の振動期間が 1 つの振動子における規定期間に達した際に、その旨を表す信号をコントローラ 5 a へ出力する。例えば、規定期間は、1036800 秒としてもよい。1036800 秒は、ターゲット供給部 26 の寿命を 36 日とし、振動子の数を 3 つとし、1 日あたり 24 時間、12 日間、1 つの振動子を振動させた場合の 3 つの振動子の合計の期間に相当する。
- [0203] コントローラ 5 a は、タイマから出力された、n 番目の振動子の動作中の振動期間が 1 つの振動子における規定期間に達した旨を表す信号が入力されると、駆動する振動子を他の振動子へ切り替える信号を駆動振動子切替装置 300 へ出力してもよい。

[0204] 駆動振動子切替装置300によって、駆動する振動子が他の振動子へ切り替えられると、コントローラ5aはタイマの計測値をリセットする信号をカウンタ314aへ出力してもよい。

[0205] タイマは、n番目の振動子の動作中の振動期間を表す信号をコントローラ5aへ出力してもよい。コントローラ5aは、n番目の振動子の動作中の振動期間が1つの振動子における規定期間に達するまで、タイマの計測値を表す信号を取得してもよい。

[0206] コントローラ5aは、n番目の振動子の動作中の振動期間が1つの振動子における規定期間に達しているか否かを監視してもよい。コントローラ5aは、n番目の振動子の動作中の振動期間が1つの振動子における規定期間に達すると、駆動する振動子を他の振動子へ切り替える信号を駆動振動子切替装置300へ出力してもよい。

[0207] 8. 3 振動子切替方法の手順

8. 3. 1 第1例

図15は第4実施形態に係るEUV光生成システムに適用される振動子切替方法の第1例の手順を示すフローチャートである。図15に示した第1例に係る振動子切替方法は、振動子の振動回数に基づいて駆動する振動子を切り替える。

[0208] 図14に示したコントローラ5aは、ターゲット供給部26aに備えられるm個の振動子のうち、n番目の振動子を駆動する振動子として決定し、n番目の振動子の振動を開始する。

[0209] 図15のステップS10では、図14に示したコントローラ5aは、n番目の振動子の駆動パラメータを調整し、n番目の振動子の駆動パラメータを決定し、n番目の振動子を振動させる。

[0210] 図15のステップS60では、図14に示したコントローラ5aは、カウンタ314aの計測値をリセットする信号をカウンタ314aへ出力する。図15のステップS62では、図14に示したカウンタ314aは、n番目の振動子の振動回数を計測する。図15のステップS64では、図14に示

したカウンタ 3 1 4 a は、n 番目の振動子の振動回数が、1 つの振動子における規定回数に達したか否かを判定する。

[0211] 図 1 5 のステップ S 6 4 において、図 1 4 に示したカウンタ 3 1 4 a が n 番目の振動子の振動回数が 1 つの振動子における規定回数に達していないと判定すると、N o 判定となる。N o 判定の場合は図 1 5 のステップ S 6 2 へ進み、ステップ S 6 4 において Y e s 判定となるまで、ステップ S 6 2、及びステップ S 6 4 の工程が繰り返し実行される。

[0212] ステップ S 6 4 において、図 1 4 に示したカウンタ 3 1 4 a が n 番目の振動子の振動回数が 1 つの振動子における規定回数に達していると判定すると、Y s e 判定となる。Y s e 判定の場合は、ステップ S 6 6 へ進む。ステップ S 6 6 からステップ S 7 2 までのそれぞれは、図 8 のステップ S 1 6 からステップ S 2 2 までのそれぞれと同様の工程であり、ここでの説明は省略する。

[0213] 図 1 5 のステップ S 7 0 において、Y e s 判定の場合は、図 1 4 に示したコントローラ 5 a は、振動子の切り替えを終了する。

[0214] 8. 3. 2 第 2 例

図 1 6 は第 4 実施形態に係る E U V 光生成システムに適用される振動子切替方法の第 2 例の手順を示すフローチャートである。図 1 6 に示した第 2 例に係る振動子切替方法は、振動子の振動期間に基づいて駆動する振動子を切り替える。

[0215] 図 1 6 のステップ S 1 0 は、図 1 5 のステップ S 1 0 と同様の工程であり、ここでの説明は省略する。図 1 6 のステップ S 8 0 では、図 1 4 に示したコントローラ 5 a は、図示しないタイマの計測値をリセットする信号をタイマへ出力する。

[0216] 図 1 6 のステップ S 8 2 では、タイマは n 番目の振動子の振動期間を計測する。図 1 6 のステップ S 8 4 では、タイマは、n 番目の振動子の振動期間が、1 つの振動子における規定期間に達したか否かを判定する。

[0217] 図 1 6 のステップ S 8 4 において、タイマが n 番目の振動子の振動期間が

1つの振動子における規定期間に達していないと判定すると、No判定となる。No判定の場合はステップS82へ進み、ステップS84においてYes判定となるまで、ステップS82、及びステップS84の工程が繰り返し実行される。

[0218] ステップS84において、タイマがn番目の振動子の振動期間が1つの振動子における規定期間に達していると判定すると、Yes判定となる。Yes判定の場合は、ステップS86へ進む。ステップS86からステップS72までのそれぞれは、図8のステップS16からステップS22までのそれぞれと同様の工程であり、ここでの説明は省略する。

[0219] 図16のステップS90において、Yes判定の場合は、図14に示したコントローラ5aは、振動子の切り替えを終了する。

[0220] 8. 4 作用・効果

ターゲット供給部が振動子を1つ備える場合と比較して、振動子の1つあたりの振動回数、又は振動期間の低減化が可能であり、結果として、駆動する振動子の故障率を低下させることが可能である。これにより、ターゲット供給部に備えられる振動子の数に応じて、ターゲット供給部の長寿命化が可能である。

[0221] また、駆動する振動子が故障する前に、駆動する振動子を未使用の振動子へ切り替えることが可能であり、振動子の故障に伴うEUV光生成システムのダウンタイムの抑制が可能である。これにより、EUV光生成システムの信頼性が向上する。

[0222] 本開示における第1振動子111a、第2振動子111b、及び第3振動子111cを含むm個の振動子は、第5振動子を含む複数の振動子の一態様である。本開示におけるカウンタ314a、及びタイマを含む構成は、検知部の一態様である。

[0223] 本開示における第1振動子111a、及び第2振動子111bを含むm個の振動子のうち未使用の振動子は、第5振動子と異なる振動子の一態様である。

- [0224] 本開示におけるカウンタ 3 1 4 a は、第 5 振動子の振動回数を計測する振動回数計測部の一態様である。本開示におけるタイマは、第 5 振動子の振動期間を計測する振動期間計測部の一態様である。
- [0225] 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。
- [0226] 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。

請求の範囲

- [請求項1] ターゲットを出力するノズルと、
前記ノズルを振動させる第1振動子を含む複数の振動子と、
前記ノズルから出力したターゲットの状態の変化を検知する検知部と、
前記ノズルを振動させる振動子を前記第1振動子から、前記複数の振動子に含まれる前記第1振動子と異なる他の振動子へ切り替える振動子切替部と、
前記検知部によって検出された前記ノズルから出力したターゲットの状態の変化に基づいて、前記ノズルを振動させる振動子の切り替えを制御する制御部と、
を備えたターゲット供給装置。
- [請求項2] 請求項1に記載のターゲット供給装置であって、
前記検知部は、前記ノズルから出力した複数のターゲットの通過経路における、各ターゲット間の通過タイミングの間隔を計測する通過タイミング間隔計測部を備え、
前記制御部は、前記通過タイミング間隔計測部によって計測された各ターゲット間の通過タイミングの間隔が予め規定された規定値以下の場合に、前記振動子切替部によって、前記ノズルを振動させる振動子を前記第1振動子から、前記第1振動子と異なる他の振動子へ切り替えるターゲット供給装置。
- [請求項3] 請求項2に記載のターゲット供給装置であって、
通過タイミング間隔計測部は、前記ノズルから出力した複数のターゲットへ照明光を照射する第1照明部と、
前記ノズルから出力した複数のターゲットの通過経路を挟んで、前記第1照明部と対向する位置に配置される受光部と、
を備えたターゲット供給装置。
- [請求項4] 請求項1に記載のターゲット供給装置であって、

前記検知部は、前記ノズルから出力したターゲットを撮像する撮像部を備え、

前記制御部は、前記撮像部により撮像された前記ノズルから出力した複数のターゲットの画像から解析される各ターゲット間の通過タイミングの間隔が予め規定された規定値以下の場合に、前記振動子切替部によって、前記ノズルを振動させる振動子を前記第1振動子から、前記第1振動子と異なる振動子へ切り替えるターゲット供給装置。

[請求項5] 請求項4に記載のターゲット供給装置であって、

前記検知部は、前記ノズルから出力したターゲットの通過経路を挟んで前記撮像部と対向する位置に配置される第2照明部を備えるターゲット供給装置。

[請求項6] 請求項5に記載のターゲット供給装置であって、

前記撮像部は、前記ノズルから出力したターゲットの通過経路における前記ターゲットの検知位置での前記ターゲットの静止画を撮像するターゲット供給装置。

[請求項7] 請求項1に記載のターゲット供給装置であって、

前記ノズルを振動させる振動子へ駆動電圧を供給し、前記制御部と電気信号の伝送が可能に接続され、前記振動子切替部と駆動電圧の伝送が可能に接続される振動子駆動部を備えたターゲット供給装置。

[請求項8] ターゲットを出力するノズルと、

前記ノズルを振動させる第2振動子、及び前記ノズルの振動を検知する第3振動子を含む複数の振動子と、

前記ノズルの振動を表す検知信号を出力し、前記第3振動子を含む検知部と、

前記ノズルを振動させる振動子を前記第2振動子から、前記複数の振動子に含まれる前記第2振動子と異なる他の振動子へ切り替える振動子切替部と、

前記検知部から出力される検知信号に基づいて、前記ノズルを振動

させる振動子の切り替えを制御する制御部と、
を備えたターゲット供給装置。

[請求項9] 請求項8に記載のターゲット供給装置であって、
前記検知部は、前記ノズルの振動の大きさを表す検知信号を出力し
、
前記制御部は、前記ノズルの振動の大きさが予め決められた規定値
以下の場合に、前記ノズルを振動させる振動子を第2振動子と異なる
他の振動子へ切り替えるターゲット供給装置。

[請求項10] 請求項8に記載のターゲット供給装置であって、
前記複数の振動子のいずれかを前記第3振動子に切り替える検知振
動子切替部を備え、
前記制御部は、前記検知振動子切替部によって、前記ノズルを振動
させる第2振動子と異なる他の振動子を前記第3振動子に切り替える
ターゲット供給装置。

[請求項11] 請求項8に記載のターゲット供給装置であって、
前記制御部は、前記振動子切替部によって、前記ノズルの振動を検
知する第3振動子を前記ノズルからターゲットを出力する前記第2振
動子へ切り替えるターゲット供給装置。

[請求項12] 請求項11に記載のターゲット供給装置であって、
前記第3振動子とされた振動子が前記第2振動子に切り替えられた
場合に、前記第2振動子の振動回数を計測する振動回数計測部を備え
、
前記制御部は、前記振動回数計測部による計測値が予め決められた
振動回数の規定値に達した場合に、前記第2振動子の振動を停止させ
るターゲット供給装置。

[請求項13] 請求項11に記載のターゲット供給装置であって、
前記第3振動子とされた振動子が前記第2振動子に切り替えられた
場合に、前記第2振動子の振動期間を計測する振動期間計測部を備え

、

前記制御部は、前記振動期間計測部による計測値が予め決められた振動期間の規定値に達した場合に、前記第2振動子の振動を停止させるターゲット供給装置。

[請求項14]

請求項8に記載のターゲット供給装置であって、

前記ノズルを振動させる振動子へ駆動電圧を供給し、前記制御部と電気信号の伝送が可能に接続され、前記振動子切替部と駆動電圧の伝送が可能に接続される振動子駆動部を備えたターゲット供給装置。

[請求項15]

ターゲットを出力するノズルと、

前記ノズルを振動させる第4振動子を含む複数の振動子と、

前記ノズルの振動を検知し、前記ノズルの振動を表す検知信号を出力する検知部と、

前記ノズルを振動させる振動子を前記第4振動子から、前記複数の振動子に含まれる前記第4振動子と異なる他の振動子へ切り替える振動子切替部と、

前記検知部から出力される検知信号に基づいて、前記ノズルを振動させる振動子の切り替えを制御する制御部と、

を備えたターゲット供給装置。

[請求項16]

請求項15に記載のターゲット供給装置であって、

前記検知部は、前記ノズルの振動の大きさを表す検知信号を出力し

、

前記制御部は、前記ノズルの振動の大きさが予め決められた規定値以下の場合に、前記ノズルを振動させる振動子を第4振動子と異なる他の振動子へ切り替えるターゲット供給装置。

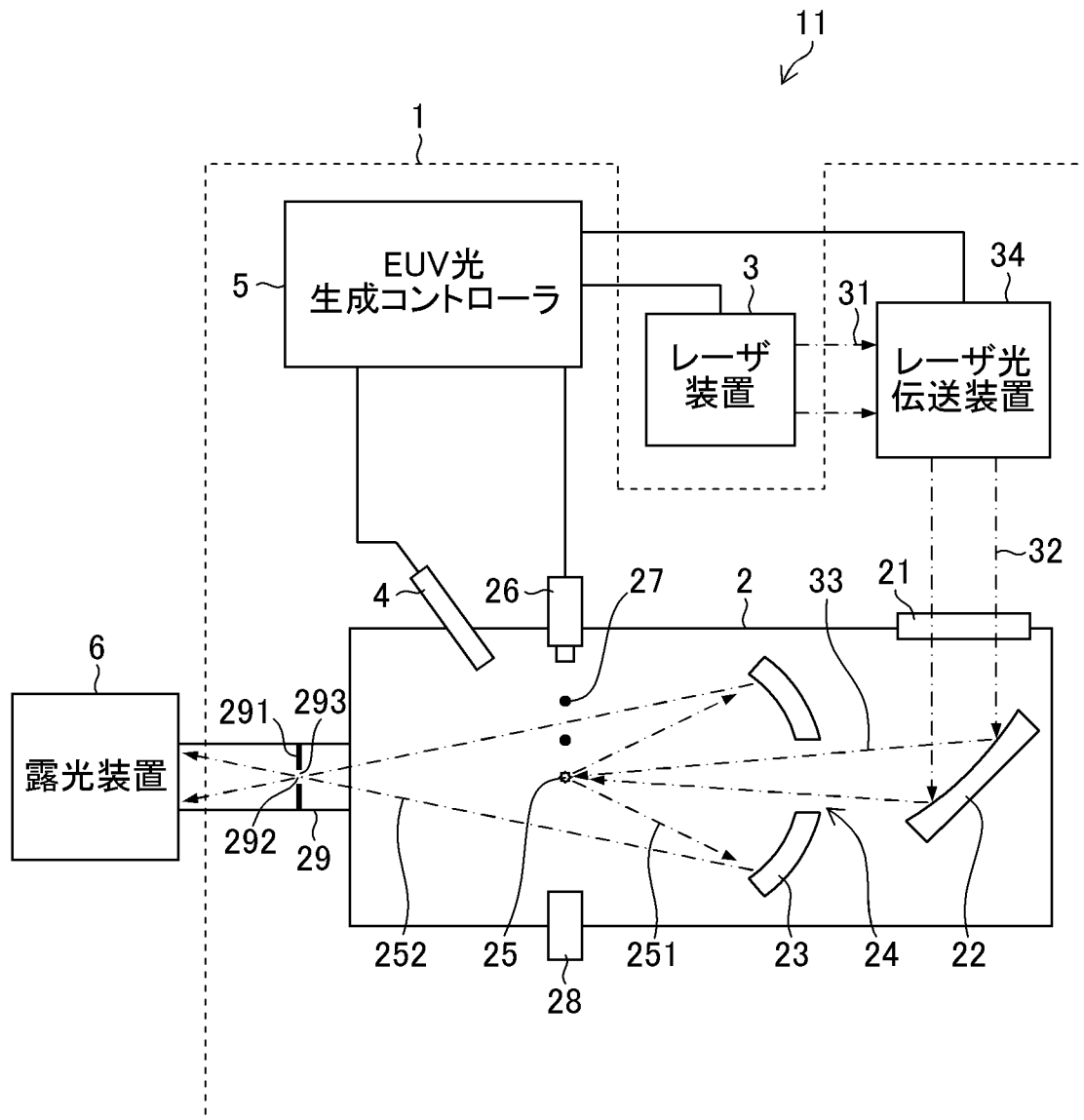
[請求項17]

請求項15に記載のターゲット供給装置であって、

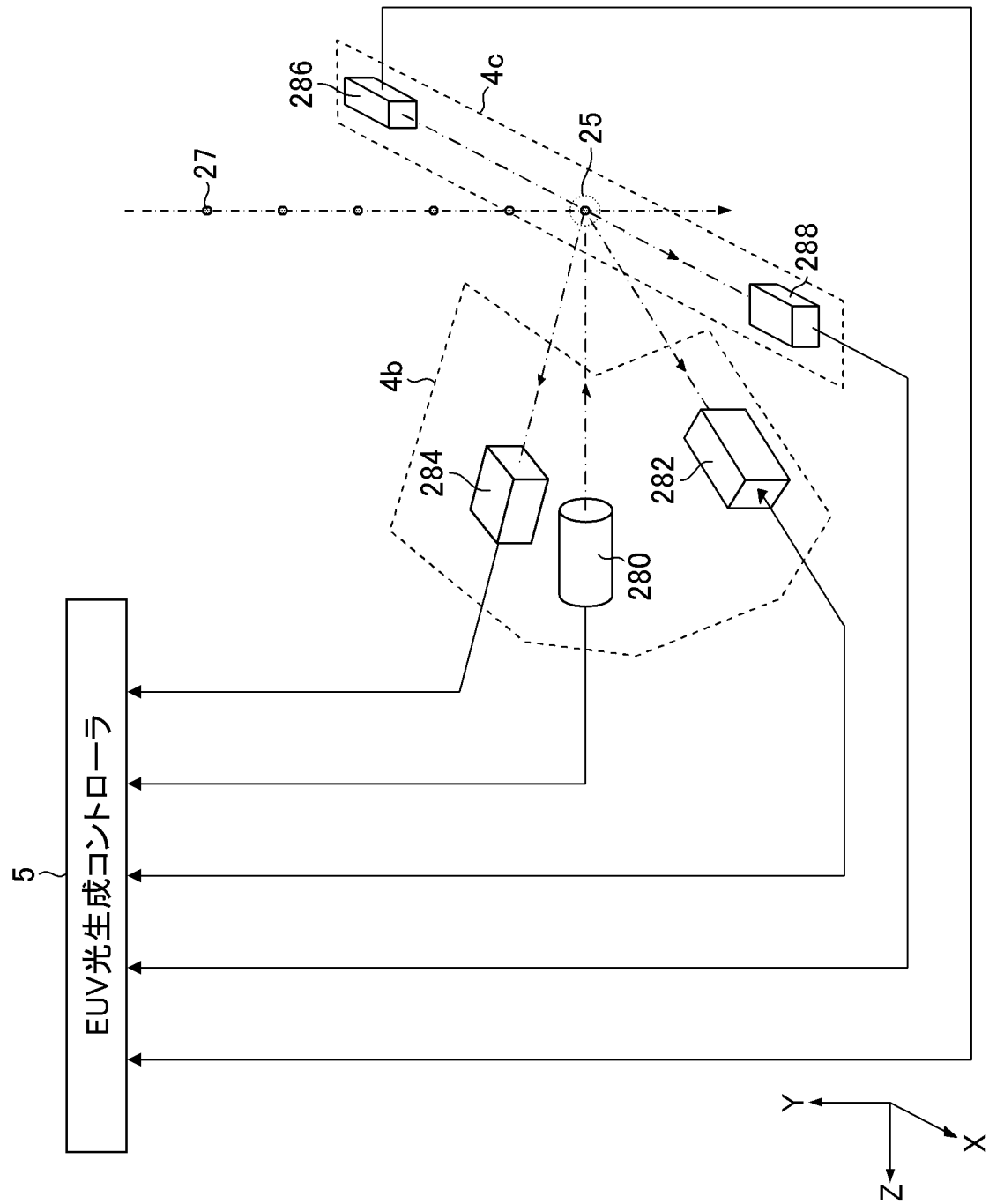
前記ノズルを振動させる振動子へ駆動電圧を供給し、前記制御部と電気信号の伝送が可能に接続され、前記振動子切替部と駆動電圧の伝送が可能に接続される振動子駆動部を備えたターゲット供給装置。

- [請求項18] ターゲットを出力するノズルと、
 前記ノズルを振動させる第5振動子を含む複数の振動子と、
 前記第5振動子の振動回数を計測する振動回数計測部、又は前記第5振動子の振動期間を計測する振動期間計測部の少なくともいずれかを含む検知部と、
 前記ノズルを振動させる振動子を前記第5振動子から、前記複数の振動子に含まれる前記第5振動子と異なる他の振動子へ切り替える振動子切替部と、
 前記振動回数計測部によって計測された前記第5振動子の振動回数が予め決められた振動回数の規定値に達した場合、又は前記振動期間計測部によって計測された前記第5振動子の振動期間が予め決められた振動期間の規定値に達した場合に、前記振動子切替部によって、前記ノズルを振動させる振動子を前記第5振動子と異なる他の振動子へ切り替える制御部と、
 を備えたターゲット供給装置。
- [請求項19] 請求項18に記載のターゲット供給装置であって、
 前記ノズルを振動させる振動子へ駆動電圧を供給し、前記制御部と電気信号の伝送が可能に接続され、前記振動子切替部と駆動電圧の伝送が可能に接続される振動子駆動部を備えたターゲット供給装置。

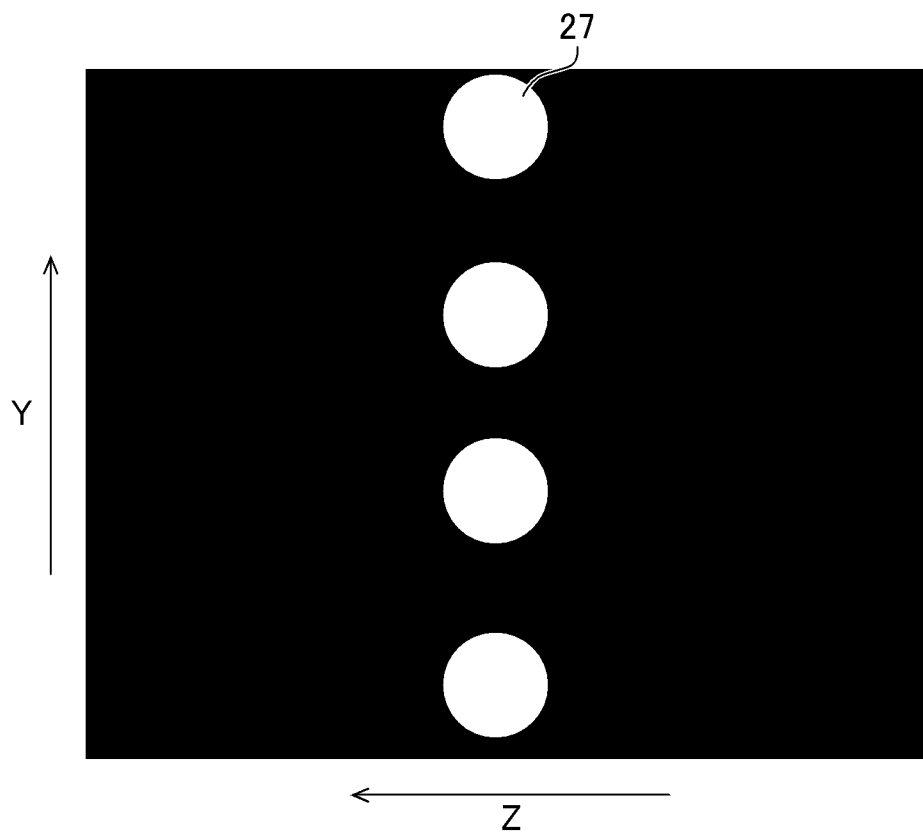
[図1]



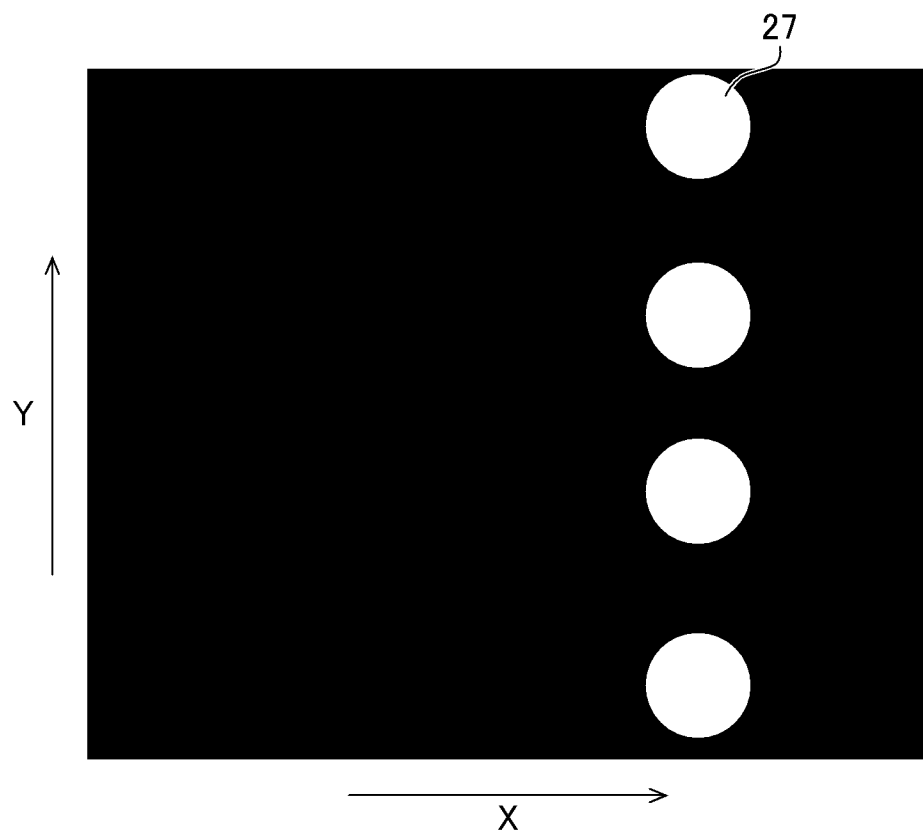
[図3]



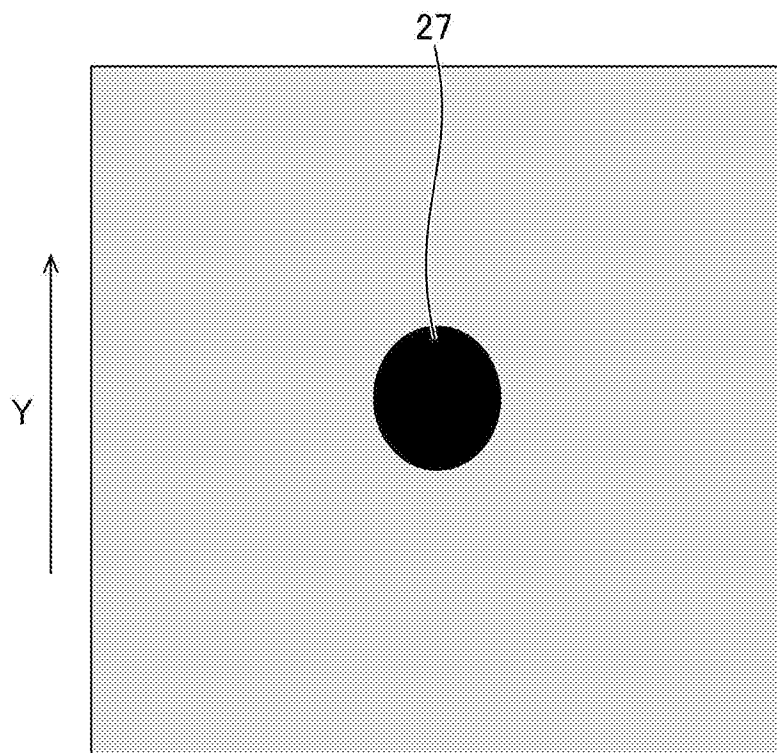
[図4]



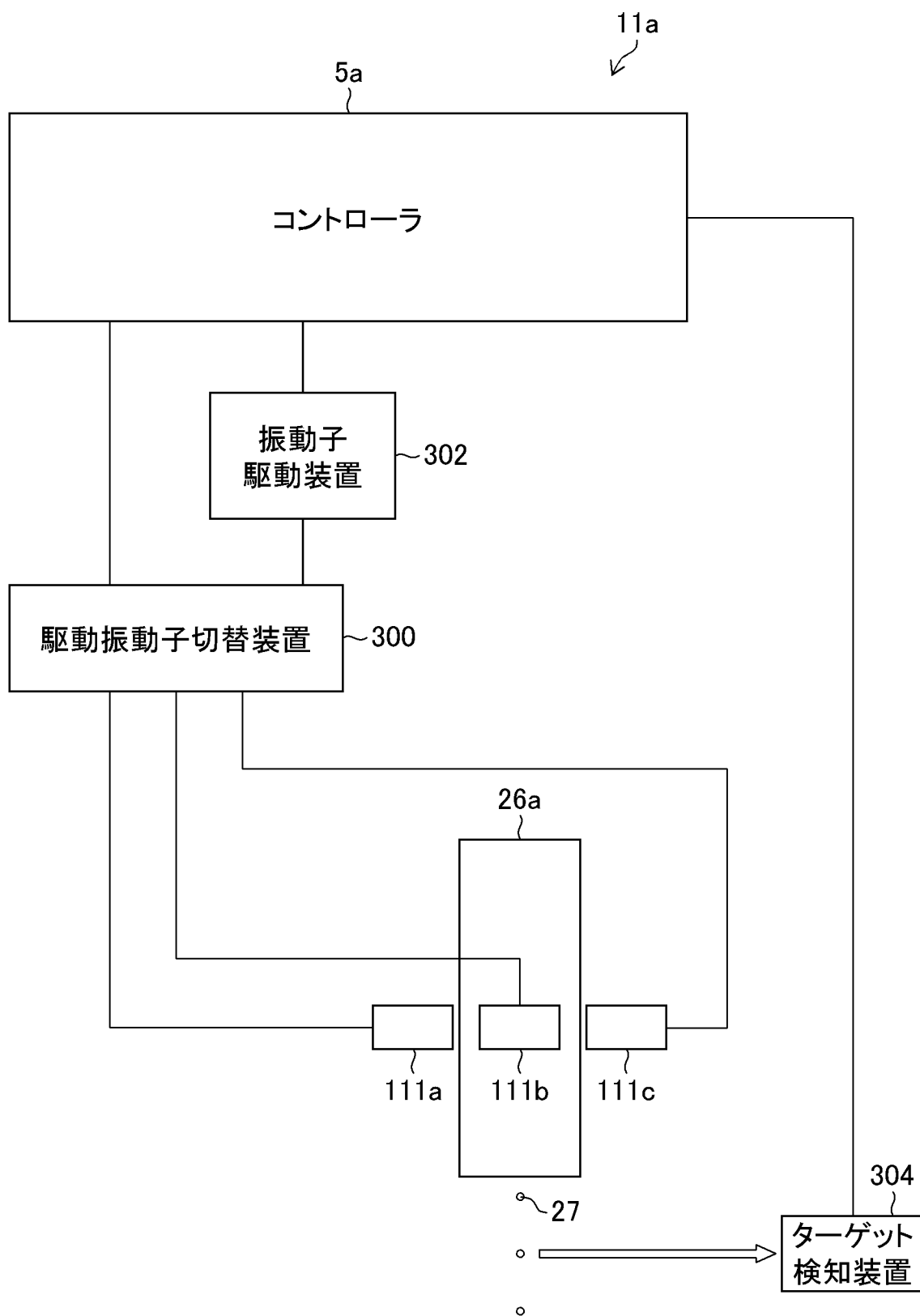
[図5]



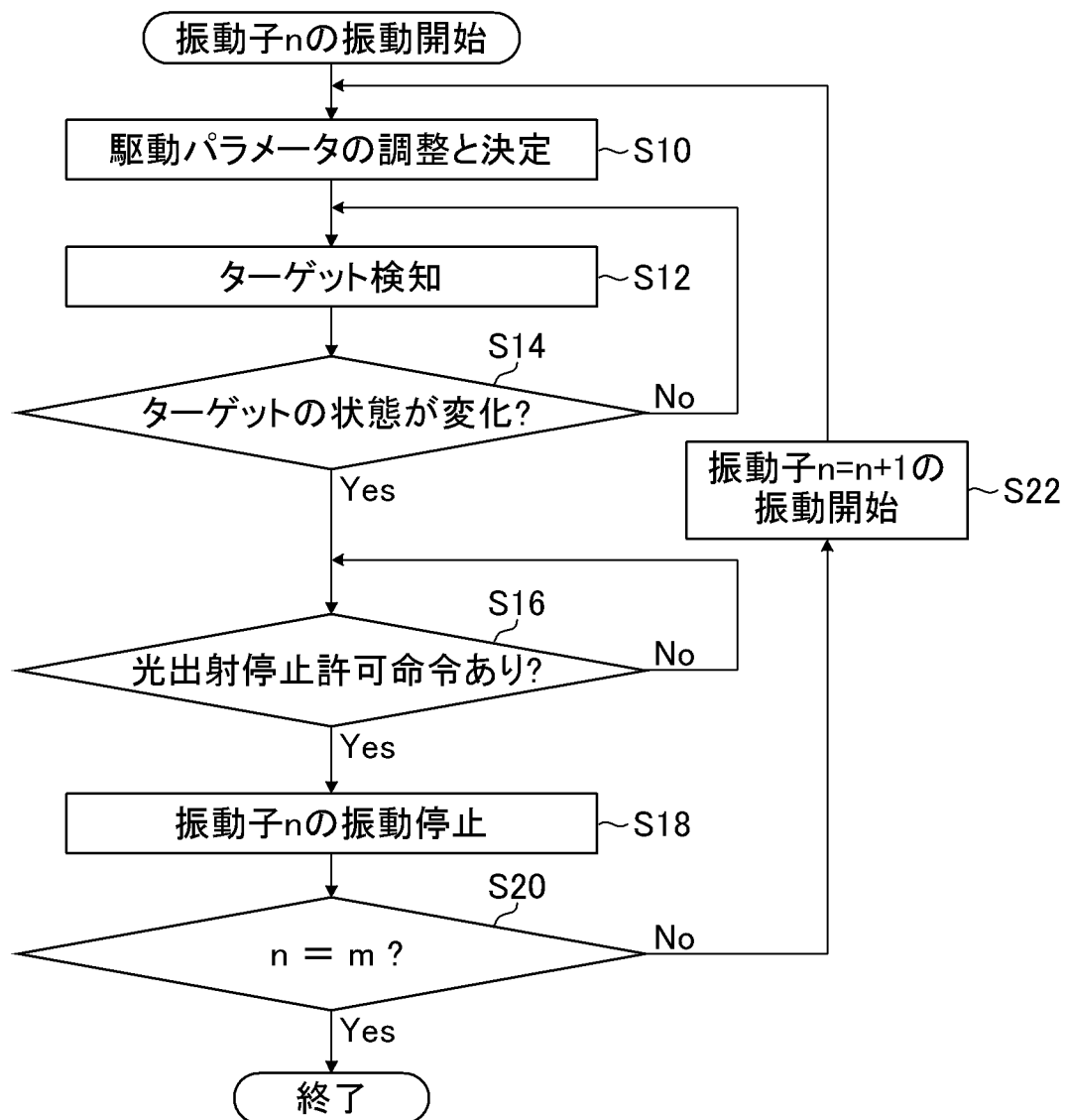
[図6]



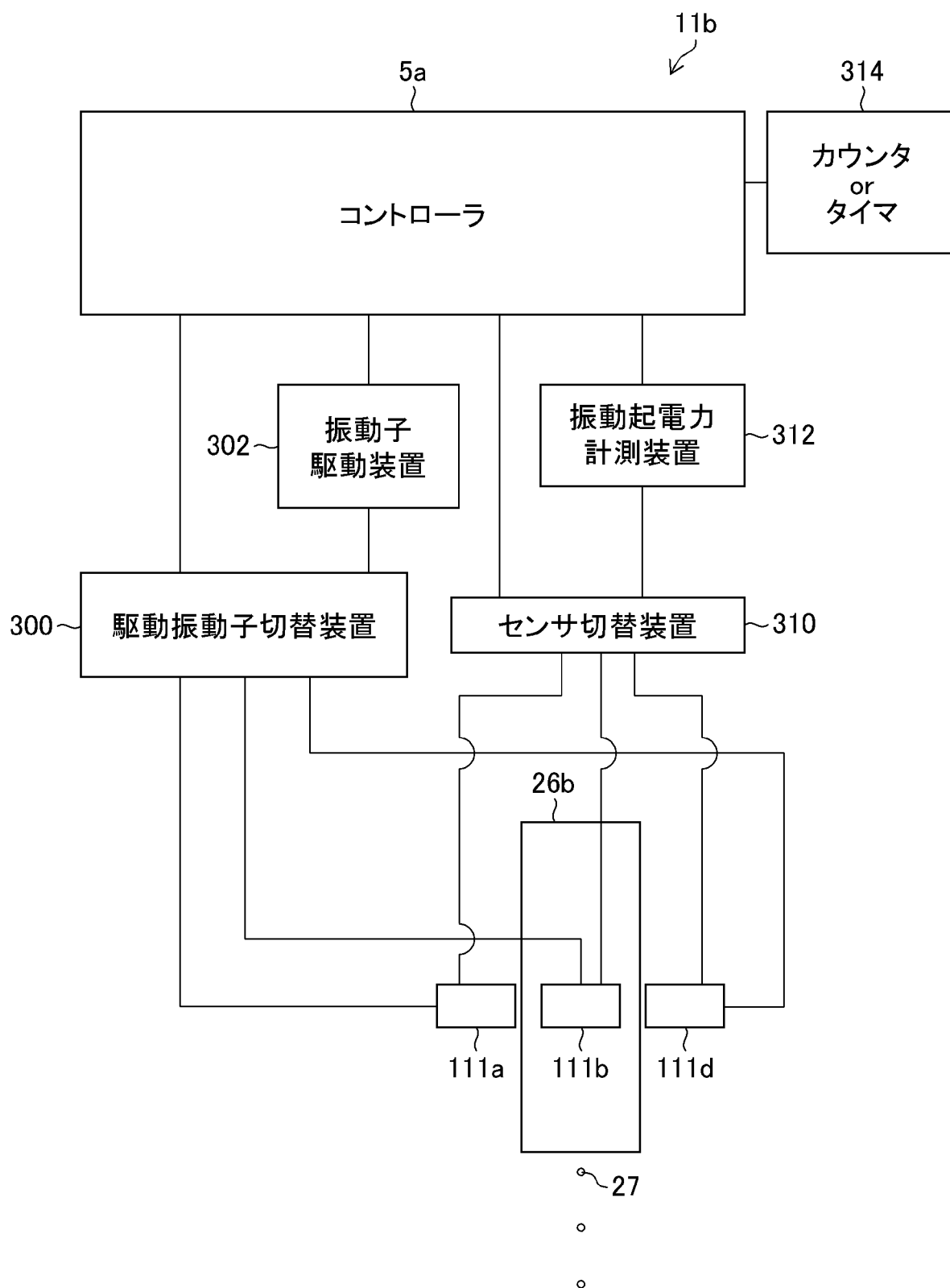
[図7]



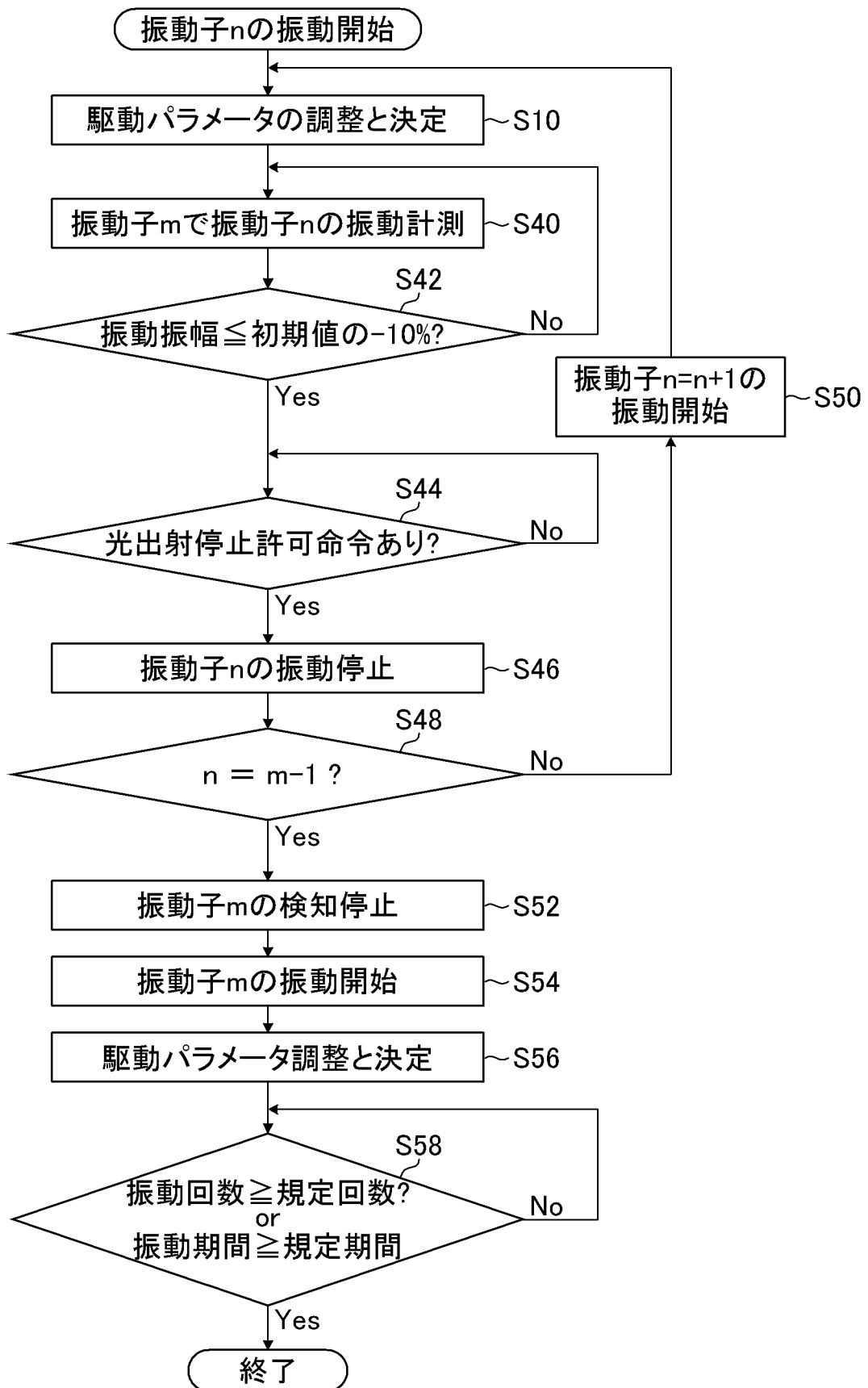
[図8]



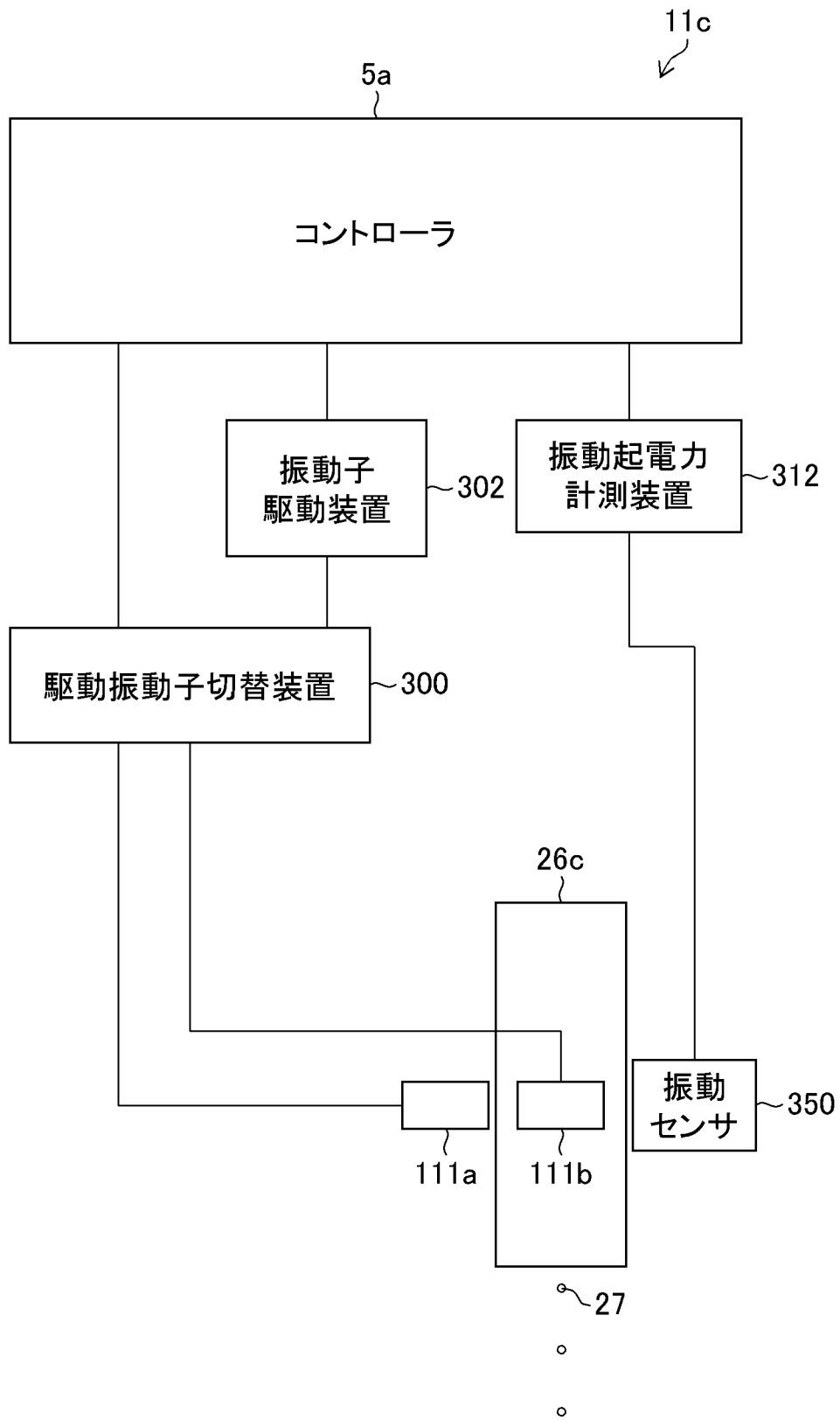
[図9]



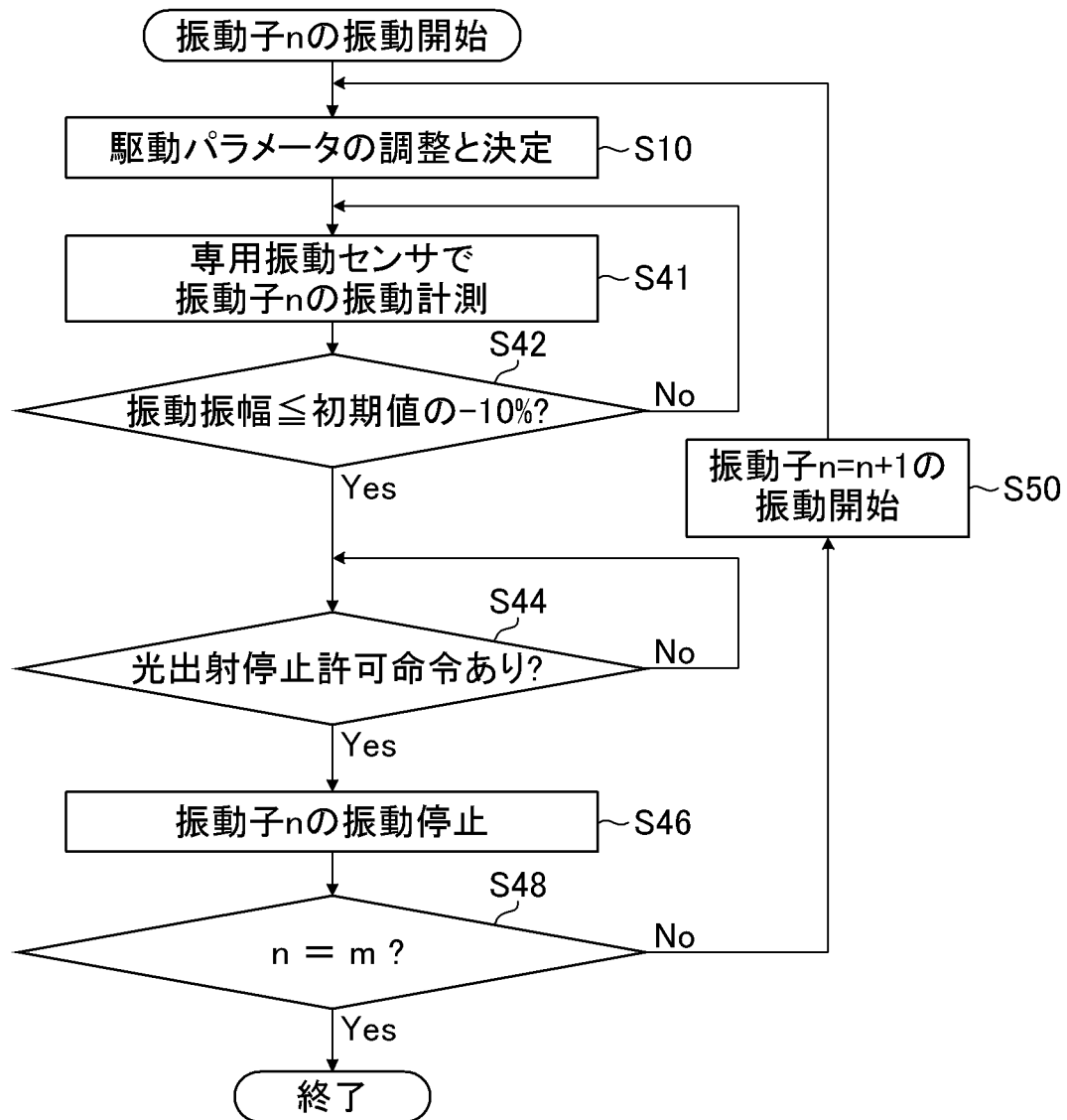
[図11]



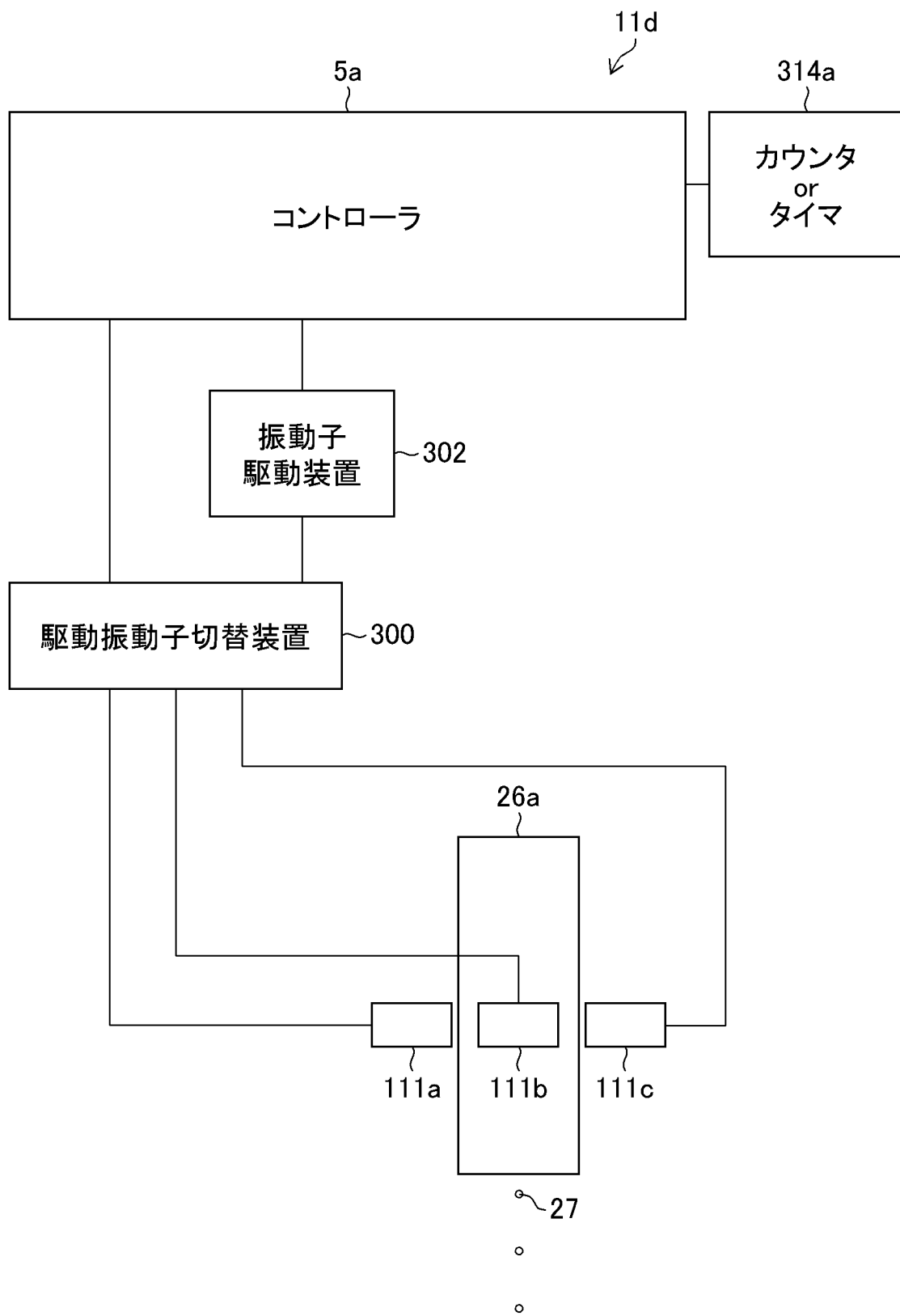
[図12]



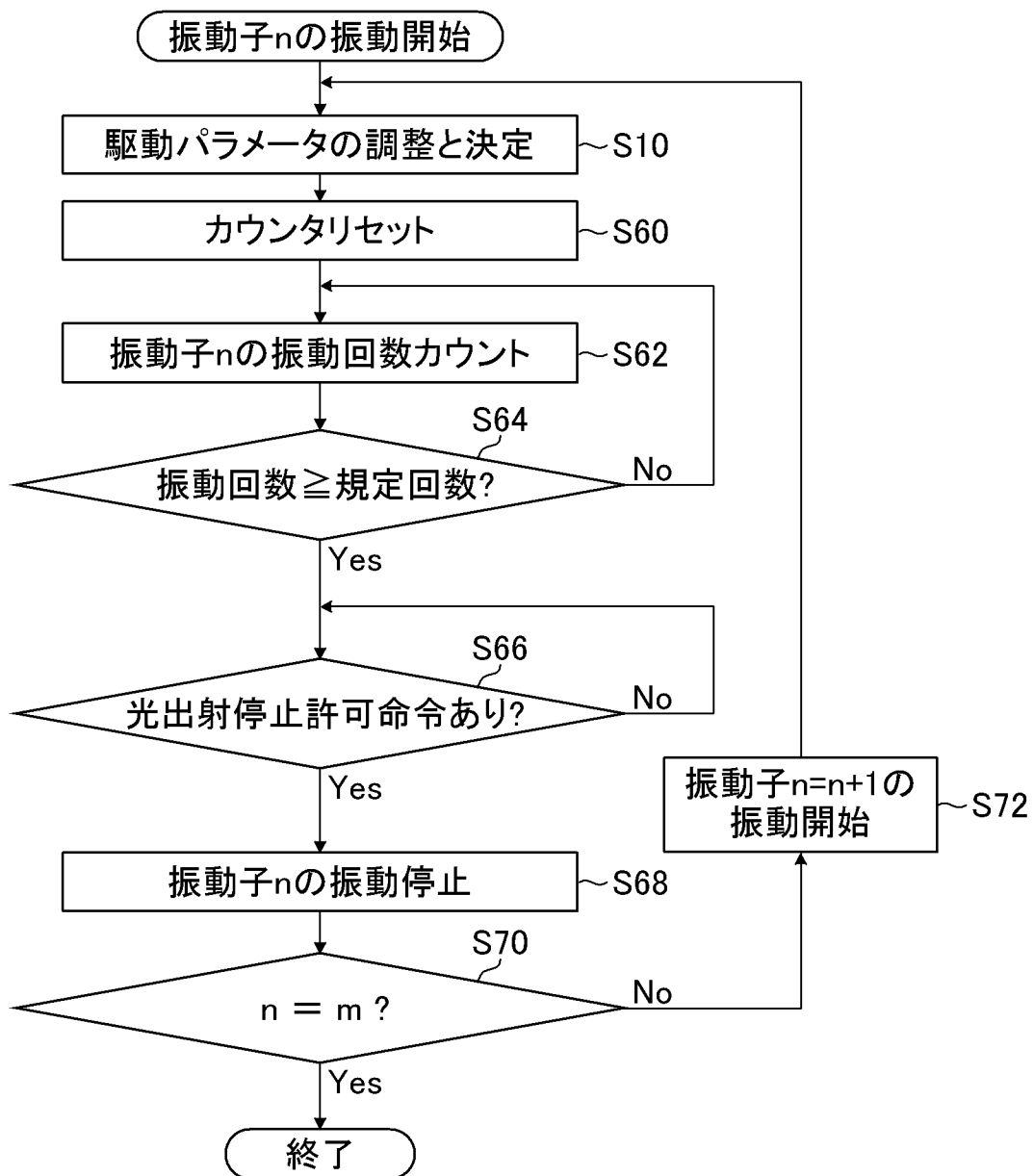
[図13]



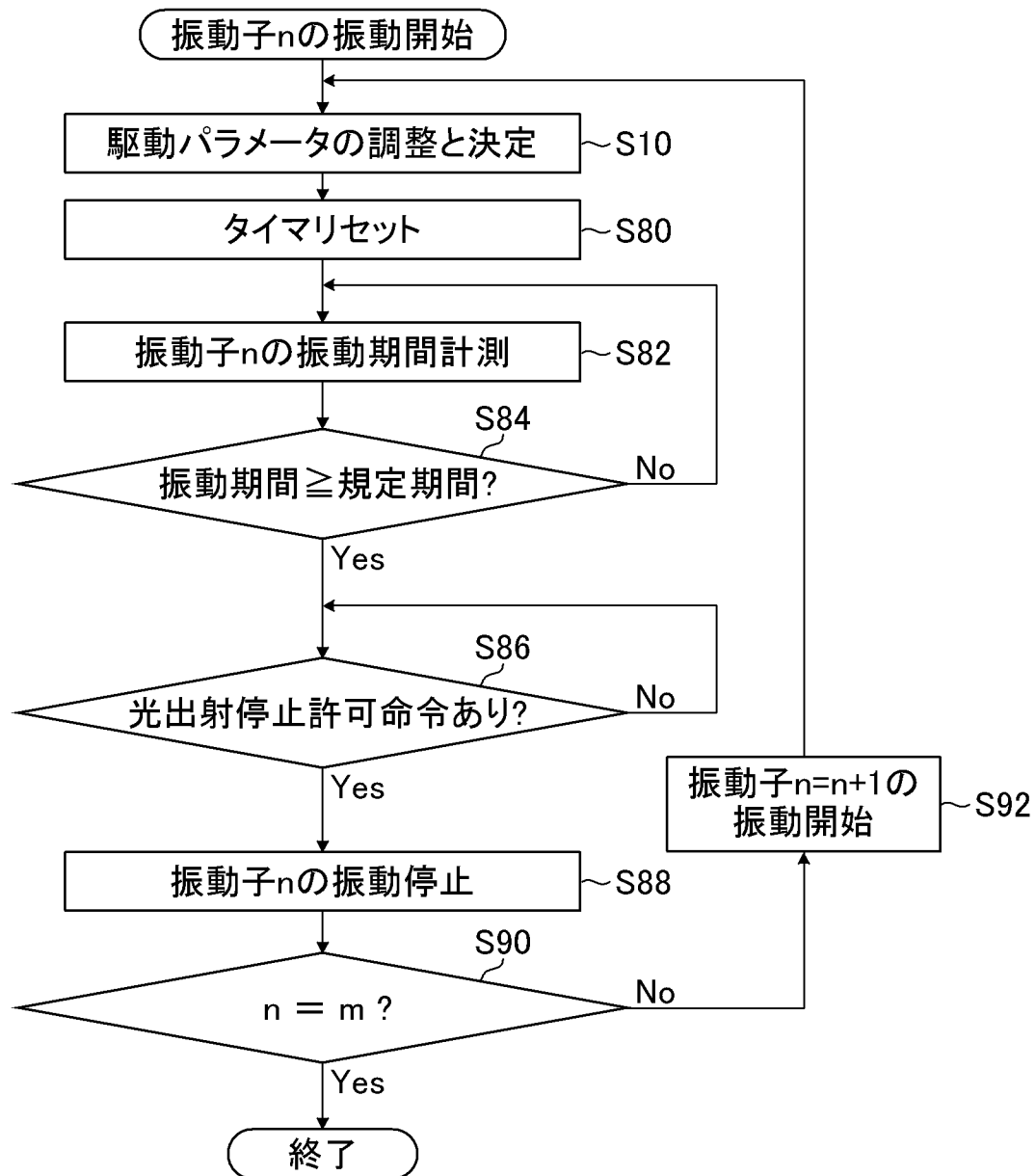
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/080142

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H05G2/00(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)

H05G2/00

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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.
A	JP 2015-62202 A (Gigaphoton Inc.), 02 April 2015 (02.04.2015), (Family: none)	1-19
A	JP 2014-519682 A (Cymer, LLC), 14 August 2014 (14.08.2014), & US 2012-286176 A1 & EP 2707099 A1	1-19
A	JP 2006-216801 A (Komatsu Ltd.), 17 August 2006 (17.08.2006), & US 2006-176925 A1	1-19

☐ 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
15 December 2016 (15.12.16)

Date of mailing of the international search report
27 December 2016 (27.12.16)

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H05G2/00 (2006.01) i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H05G2/00

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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
A	JP 2015-62202 A (ギガフォトン株式会社) 2015.04.02, (ファミリーなし)	1-19
A	JP 2014-519682 A (サイマー リミテッド ライアビリティ カン パニー) 2014.08.14, & US 2012-286176 A1 & EP 2707099 A1	1-19
A	JP 2006-216801 A (株式会社小松製作所) 2006.08.17, & US 2006-176925 A1	1-19

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

15.12.2016

国際調査報告の発送日

27.12.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

小田倉 直人

電話番号 03-3581-1101 内線 3292

2U

9163