

(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
2014 年 11 月 27 日(27.11.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/189055 A1

- (51) 国際特許分類:
H05G 2/00 (2006.01) *H01L 21/027* (2006.01)
G03F 7/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/063376
- (22) 国際出願日: 2014 年 5 月 20 日(20.05.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-106815 2013 年 5 月 21 日(21.05.2013) JP
- (71) 出願人: ギガフォトン株式会社(GIGAPHOTON INC.) [JP/JP]; 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田 4 〇 〇 番地 Tochigi (JP).
- (72) 発明者: 斎藤 隆志(SAITO Takashi); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田 4 〇 〇 番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP). 岩本 文男(IWAMOTO Fumio); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田 4 〇 〇 番地 ギガフォトン株式会社内

Tochigi (JP). 若林 理(WAKABAYASHI Osamu); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田 4 〇 〇 番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP). 藪 隆之(YABU Takayuki); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田 4 〇 〇 番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP).

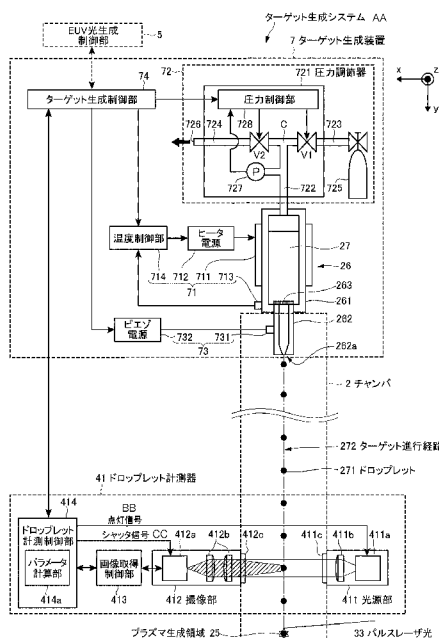
(74) 代理人: 特許業務法人 エビス国際特許事務所 (EBISU INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1410032 東京都品川区大崎 1 丁目 1 1 番 2 号 ゲートシティ大崎イーストタワー 2 2 階 Tokyo (JP).

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

[続葉有]

(54) Title: EXTREME ULTRAVIOLET LIGHT GENERATING APPARATUS

(54) 発明の名称: 極端紫外光生成装置



- 2 Chamber
5 EUV light generation control unit
7 Target generation apparatus
25 Plasma generating region
33 Pulsed laser light
41 Droplet measuring instrument
74 Target generation control unit
771 Droplet
772 Target traveling path
411 Light source unit
412 Image pickup unit
413 Image acquisition control unit
414 Droplet measurement control unit
414a Parameter calculation unit
712 Heater power supply
714 Temperature control unit
721 Pressure adjuster
728 Pressure control unit
732 Piezoelectric power supply
AA Target generating system
BB Lighting signal
CC Shutter signal

(57) Abstract: To stabilize a state of a droplet to be outputted to the inside of a chamber. This extreme ultraviolet light generating apparatus may be provided with: a target supplying unit, which outputs, as a droplet, a target to the inside of a chamber, said target generating extreme ultraviolet light when irradiated with laser light in the chamber; a droplet measuring instrument, which measures parameters relating to a state of the droplet outputted to the inside of the chamber; a pressure adjuster, which adjusts pressure in the target supplying unit having the target stored therein; and a target generation control unit, which controls the pressure adjuster on the basis of the parameters measured by means of the droplet measuring apparatus.

(57) 要約: チャンバ内に出力されるドロップレットの状態を安定化する。極端紫外光生成装置は、チャンバ内でレーザー光が照射されると極端紫外光を生成するターゲットをドロップレットとして前記チャンバ内に出力するターゲット供給部と、前記チャンバ内に出力された前記ドロップレットの状態に関するパラメータを計測するドロップレット計測器と、前記ターゲットが収容された前記ターゲット供給部内の圧力を調節する圧力調節器と、前記ドロップレット計測器で計測された前記パラメータに基づいて前記圧力調節器を制御するターゲット生成制御部と、を備えてもよい。



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

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

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

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
- 補正された請求の範囲及び説明書 (条約第 19 条(1))

明 細 書

発明の名称： 極端紫外光生成装置

技術分野

[0001] 本開示は、極端紫外（EUV）光を生成するための装置に関する。

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、70 nm～45 nmの微細加工、さらには32 nm以下の微細加工が要求されるようになる。このため、例えば32 nm以下の微細加工の要求に応えるべく、波長13 nm程度の極端紫外（EUV）光を生成する極端紫外（EUV）光生成装置と縮小投影反射光学系（Reduced Projection Reflective Optics）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を用いたLPP（Laser Produced Plasma：レーザ励起プラズマ）方式の装置と、放電によって生成されるプラズマを用いたDPP（Discharge Produced Plasma）方式の装置と、軌道放射光を用いたSR（Synchrotron Radiation）方式の装置との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2010-166041号公報

特許文献2：米国特許出願公開第2012/292527号

特許文献3：米国特許出願公開第2010/258747号

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、チャンバ内でレーザ光が照射されると極端紫外光を生成するターゲットをドロップレットとして前記チャンバ内に出力するターゲット供給部と、前記チャンバ内に出力された前記ドロップレットの状態に関するパラメータを計測するドロップレット計

測器と、前記ターゲットが収容された前記ターゲット供給部内の圧力を調節する圧力調節器と、前記ドロップレット計測器で計測された前記パラメータに基づいて前記圧力調節器を制御するターゲット生成制御部と、を備えてもよい。

[0006] 本開示の1つの観点に係る極端紫外光生成装置は、レーザ光を導入してターゲットに照射することで極端紫外光を生成する極端紫外光生成装置であって、前記レーザ光が導入されるチャンバと、圧力を加えることで、前記チャンバ内に前記ターゲットをドロップレットとして出力するターゲット供給部と、前記ドロップレットの状態に関するパラメータを計測するドロップレット計測器と、前記ターゲット供給部に接続され、前記圧力を調節する圧力調節器と、前記ドロップレット計測器と前記圧力調節器とに接続され、前記パラメータに基づいて前記圧力を制御するターゲット生成制御部と、を備えてもよい。

[0007] 本開示の1つの観点に係る極端紫外光生成装置は、チャンバ内でレーザ光が照射されると極端紫外光を生成するターゲットをドロップレットとして前記チャンバ内に出力するターゲット供給部と、前記チャンバ内に出力された前記ドロップレットの状態に関するパラメータを計測するドロップレット計測器と、を備え、計測された前記パラメータに基づいて、前記ドロップレットに対する前記レーザ光の照射を制御してもよい。

図面の簡単な説明

[0008] 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2]図2は、ターゲット生成装置を含むE U V光生成装置の構成を示す。

[図3]図3は、圧力調節器を含むターゲット生成装置の構成を示す。

[図4]図4は、ターゲット生成制御部が行うターゲット供給に係る処理を示すフローチャートである。

[図5]図5は、第1実施形態のEUV光生成装置が備えるターゲット生成システムの構成を示す。

[図6]図6は、図5に示されたターゲット生成制御部が行うターゲット生成制御処理を示すフローチャートである。

[図7]図7は、図5に示されたドロップレット計測制御部が行うドロップレット計測処理を示すフローチャートである。

[図8A]図8Aは、図7に示されたドロップレットのパラメータを計算する処理として、ドロップレットの直径を計算する処理を示すフローチャートである。

[図8B]図8Bは、図5に示された撮像部で撮像されたドロップレットの画像を模式的に示す。

[図9A]図9Aは、図7に示されたドロップレットのパラメータを計算する処理として、ドロップレットの間隔を計算する処理を示すフローチャートである。

[図9B]図9Bは、図5に示された撮像部で撮像されたドロップレットの画像を模式的に示す。

[図10]図10は、第2実施形態のEUV光生成装置が備えるターゲット生成システムのドロップレット計測制御部が行うドロップレット計測処理を示すフローチャートである。

[図11A]図11Aは、図10に示されたドロップレットのパラメータを計算する処理として、ドロップレットの位置を計算する処理を示すフローチャートである。

[図11B]図11Bは、第2実施形態のEUV光生成装置が備えるターゲット生成システムの撮像部で撮像されたドロップレットの画像を模式的に示す。

[図12]図12は、第3実施形態のEUV光生成装置が備えるターゲット生成システムのドロップレット計測制御部が行うドロップレット計測処理を示すフローチャートである。

[図13A]図13Aは、図12に示されたドロップレットのパラメータを計算す

る処理として、ドロップレットの進行速度を計算する処理を示すフローチャートである。

[図13B]図13Bは、第3実施形態のEUV光生成装置が備えるターゲット生成システムの撮像部で撮像されたドロップレットの画像を模式的に示す。

[図14A]図14Aは、図12に示されたドロップレットのパラメータを計算する処理として、ドロップレットの流量を計算する処理を示すフローチャートである。

[図14B]図14Bは、第3実施形態のEUV光生成装置が備えるターゲット生成システムの撮像部で撮像されたドロップレットの画像を模式的に示す。

[図15]図15は、ドロップレット形成機構の変形例に係るEUV光生成装置が備えるターゲット生成システムの構成を示す。

[図16]図16は、図15に示されたターゲット生成制御部が行うターゲット生成制御部処理を示すフローチャートである。

[図17]図17は、第4実施形態のEUV光生成装置が備えるターゲット生成システムの構成を示す。

[図18]図18は、図17に示されたドロップレット計測制御部が行うドロップレット計測処理を示すフローチャートである。

[図19]図19は、図18に示されたドロップレットの進行速度を計算する処理の詳細を示すフローチャートである。

[図20]図20は、各制御部のハードウェア環境を示すブロック図である。

実施形態

[0009] ～内容～

1. 概要
2. 用語の説明
3. EUV光生成システムの全体説明
 3. 1 構成
 3. 2 動作
4. ターゲット生成装置を含むEUV光生成装置

- 4. 1 構成
- 4. 2 動作
- 4. 3 課題
- 5. 第1実施形態のEUV光生成装置が備えるターゲット生成システム
 - 5. 1 構成
 - 5. 2 動作
 - 5. 3 作用
- 6. 第2実施形態のEUV光生成装置が備えるターゲット生成システム
 - 6. 1 構成
 - 6. 2 動作
 - 6. 3 作用
- 7. 第3実施形態のEUV光生成装置が備えるターゲット生成システム
 - 7. 1 構成
 - 7. 2 動作
 - 7. 3 作用
- 8. ドロップレット形成機構の変形例に係るEUV光生成装置が備えるターゲット生成システム
- 9. 第4実施形態のEUV光生成装置が備えるターゲット生成システム
 - 9. 1 構成
 - 9. 2 動作
 - 9. 3 作用
- 10. その他
 - 10. 1 各制御部のハードウェア環境
 - 10. 2 その他の変形例

[0010] 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。

[0011] [1. 概要]

本開示は、以下の実施形態を少なくとも開示し得る。

[0012] 本開示におけるEUV光生成装置1は、チャンバ2内でレーザ光が照射されるとEUV光を生成するターゲット27をドロップレット271としてチャンバ2内に出力するターゲット供給部26と、チャンバ2内に出力されたドロップレット271の状態に関するパラメータを計測するドロップレット計測器41と、ターゲット27が収容されたターゲット供給部26内の圧力を調節する圧力調節器721と、ドロップレット計測器41で計測されたパラメータに基づいて圧力調節器721を制御するターゲット生成制御部74と、を備えてもよい。

よって、本開示におけるEUV光生成装置1は、チャンバ2内に実際に出力されたドロップレット271の状態を安定化させ得る。

[0013] [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EUV光を放射する。

「ドロップレット」は、チャンバ内へ供給されたターゲットの一形態である。

「ドロップレットの状態に関するパラメータ」は、ターゲット供給部からチャンバ内へ出力されたドロップレットの力学的状態を示す物理量である。特に、チャンバ内を進行するドロップレットの大きさ、位置、速度、流量、隣接する2つのドロップレットの間隔等である。

[0014] [3. EUV光生成システムの全体説明]

[3. 1 構成]

図1に、例示的なLPP方式の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と共に用いられて

もよい。本願においては、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を含んでもよい。チャンバ2は、密閉可能であってもよい。ターゲット供給部26は、例えば、チャンバ2の壁を貫通するように取り付けられてもよい。ターゲット供給部26から供給さ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つ以上の組合せを含んでもよいが、これらに限定されない。

[0015] 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てもよい。その貫通孔には、ウインドウ21が設けられてもよく、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が透過してもよい。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が配置されてもよい。EUV集光ミラー23は、第1及び第2の焦点を有し得る。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ていてもよい。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の焦点が中間集光点(IF)292に位置するように配置されるのが好ましい。EUV集光ミラー23の中央部には貫通孔24が設けられていてもよく、貫通孔24をパルスレーザ光33が通過してもよい。

[0016] EUV光生成装置1は、EUV光生成制御部5、ターゲットセンサ4等を含んでもよい。ターゲットセンサ4は、撮像機能を有してもよく、ターゲット27の存在、軌跡、位置、速度等を検出するよう構成されてもよい。

[0017] 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を含んでもよい。接続部29内部には、アパーチャ293が形成された壁291が設けられてもよい。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てもよい。

[0018] さらに、EUV光生成装置1は、レーザ光進行方向制御部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 等を含んでもよい。レーザ光進行方向制御部 34 は、レーザ光の進行方向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てもよい。

[0019] [3. 2 動作]

図 1 を参照すると、レーザ装置 3 から出力されたパルスレーザ光 31 は、レーザ光進行方向制御部 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 内に入射してもよい。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 に照射されてもよい。

[0020] ターゲット供給部 26 は、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てもよい。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てもよい。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 E U V 光 251 が、他の波長の光の放射に伴って放射され得る。E U V 光 251 は、E U V 集光ミラー 23 によって選択的に反射されてもよい。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 に出力されてもよい。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。

[0021] E U V 光生成制御部 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てもよい。E U V 光生成制御部 5 は、ターゲットセンサ 4 によって撮像されたターゲット 27 のイメージデータ等処理するよう構成されてもよい。また、E U V 光生成制御部 5 は、例えば、ターゲット 27 が出力されるタイミング制御及びターゲット 27 の出力方向等の制御の内の少なくとも 1 つを行ってもよい。更に、E U V 光生成制御部 5 は、例えば、レーザ装置 3 の発振タイミングの制御、パルスレーザ光 32 の進行方向の制御、パルスレーザ光 33 の集光位置の制御の内の少なくとも 1 つを行ってもよい。

。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。

[0022] [4. ターゲット生成装置を含むEUV光生成装置]

[4. 1 構成]

図2を用いて、ターゲット生成装置7を含むEUV光生成装置1の構成について説明する。図3を用いて、圧力調節器721を含むターゲット生成装置7の構成について説明する。

図2では、EUV光252がEUV光生成装置1のチャンバ2から露光装置6へ導出される方向をz軸とする。x軸及びy軸は、z軸に直交し、且つ、互いに直交する軸とする。以降の図面でも図2の座標軸と同様とする。

[0023] EUV光生成装置1のチャンバ2は、例えば、中空の球形状又は筒形状に形成されてもよい。筒形状のチャンバ2の中心軸方向は、EUV光252を露光装置6へ導出する方向であってもよい。筒形状のチャンバ2の側面部には、チャンバ2外からチャンバ2内へターゲット27を供給するためのターゲット供給孔2aが設けられてもよい。チャンバ2が中空の球形状であれば、ターゲット供給孔2aは、チャンバ2の壁面部であってウィンドウ21及び接続部29の設置されていない位置に設けられてもよい。

チャンバ2の内部には、レーザ光集光光学系22aと、EUV集光光学系23aと、ターゲット回収部28と、プレート225及びプレート235とを備えてもよい。

[0024] プレート235は、チャンバ2の内側面に固定されてもよい。プレート235の中央には、その厚さ方向にパルスレーザ光33が通過可能な孔235aが設けられてもよい。孔235aの開口方向は、図1における貫通孔24及びプラズマ生成領域25を通る軸と同一方向であってもよい。

プレート235の一方の面には、EUV集光光学系23aが設けられてもよい。

プレート235の他方の面には、図示しない3軸ステージを介してプレート225が設けられてもよい。

[0025] プレート235の一方の面に設けられたEUV集光光学系23aは、EUV集光ミラー23とホルダ231とを含んでもよい。

ホルダ231は、EUV集光ミラー23を保持してもよい。EUV集光ミラー23を保持するホルダ231は、プレート235に固定されてもよい。

[0026] プレート235の他方の面に設けられたプレート225は、3軸ステージによって位置及び姿勢を変更可能であってもよい。

プレート225には、レーザ光集光光学系22aが設けられてもよい。

[0027] レーザ光集光光学系22aは、レーザ光集光ミラー22と、ホルダ223及びホルダ224とを含んでもよい。

レーザ光集光ミラー22は、軸外放物面ミラー221及び平面ミラー222を含んでもよい。

[0028] ホルダ223は、軸外放物面ミラー221を保持してもよい。軸外放物面ミラー221を保持するホルダ223は、プレート225に固定されてもよい。

ホルダ224は、平面ミラー222を保持してもよい。平面ミラー222を保持するホルダ224は、プレート225に固定されてもよい。

[0029] 軸外放物面ミラー221は、チャンバ2の底面部に設けられたウインドウ21及び平面ミラー222とそれぞれ対向して配置されてもよい。

平面ミラー222は、孔235a及び軸外放物面ミラー221とそれぞれ対向して配置されてもよい。

軸外放物面ミラー221及び平面ミラー222の位置及び姿勢は、プレート225の位置及び姿勢が変更されることに伴って調整され得る。当該調整は、軸外放物面ミラー221及び平面ミラー222に入射したパルスレーザ光32の反射光であるパルスレーザ光33が、プラズマ生成領域25で集光するように実行され得る。

[0030] ターゲット回収部28は、チャンバ2内に出力されたドロップレット271が進行する方向の延長線上に配置されてもよい。

[0031] また、チャンバ2の外部には、レーザ光進行方向制御部34と、EUV光

生成制御部 5 と、ターゲット生成装置 7 とを備えてもよい。

[0032] レーザ光進行方向制御部 3 4 は、チャンバ 2 の底面部に設けられたウインドウ 2 1 とレーザ装置 3 との間に設けられていてもよい。

レーザ光進行方向制御部 3 4 は、高反射ミラー 3 4 1 及び高反射ミラー 3 4 2 と、ホルダ 3 4 3 及びホルダ 3 4 4 とを含んでもよい。

[0033] ホルダ 3 4 3 は、高反射ミラー 3 4 1 を保持してもよい。ホルダ 3 4 4 は、高反射ミラー 3 4 2 を保持してもよい。

ホルダ 3 4 3 及びホルダ 3 4 4 は、図示しないアクチュエータによって位置及び姿勢を変更可能であってもよい。

[0034] 高反射ミラー 3 4 1 は、パルスレーザ光 3 1 が出射されるレーザ装置 3 の出射口及び高反射ミラー 3 4 2 とそれぞれ対向して配置されてもよい。

高反射ミラー 3 4 2 は、チャンバ 2 のウインドウ 2 1 及び高反射ミラー 3 4 1 とそれぞれ対向して配置されてもよい。

高反射ミラー 3 4 1 及び高反射ミラー 3 4 2 の位置及び姿勢は、ホルダ 3 4 3 及びホルダ 3 4 4 の位置及び姿勢が変更されることに伴って調整され得る。当該調整は、高反射ミラー 3 4 1 及び高反射ミラー 3 4 2 に入射したパルスレーザ光 3 1 の反射光であるパルスレーザ光 3 2 が、チャンバ 2 の底面部に設けられたウインドウ 2 1 を透過するように実行され得る。

[0035] E U V 光生成制御部 5 は、レーザ装置 3 との間で制御信号の送受を行い、レーザ装置 3 の動作を制御してもよい。

E U V 光生成制御部 5 は、レーザ光進行方向制御部 3 4 及びレーザ光集光光学系 2 2 a のそれぞれのアクチュエータとの間で各々制御信号の送受を行ってもよい。それにより、E U V 光生成制御部 5 は、パルスレーザ光 3 1 ~ 3 3 の進行方向及び集光位置を調整してもよい。

E U V 光生成制御部 5 は、ターゲット生成装置 7 の後述するターゲット生成制御部 7 4 との間で制御信号の送受を行い、ターゲット生成装置 7 の動作を制御してもよい。

なお、E U V 光生成制御部 5 のハードウェア構成については、図 2 0 を用

いて後述する。

[0036] ターゲット生成装置 7 は、チャンバ 2 の側面側に設けられていてもよい。

ターゲット生成装置 7 は、ターゲット供給部 26 と、温度調節機構 71 と、圧力調節機構 72 と、ドロップレット形成機構 73 と、ターゲット生成制御部 74 とを備えてもよい。

[0037] ターゲット供給部 26 は、タンク 261 と、ノズル 262 と、フィルタ 263 とを含んでもよい。

タンク 261 は、中空の筒形状に形成されてもよい。中空のタンク 261 の内部には、ターゲット 27 が収容されてもよい。

ターゲット 27 を収容するタンク 261 の少なくとも内部は、ターゲット 27 と反応し難い材料で構成されてもよい。ターゲット 27 と反応し難い材料は、例えば、 SiC 、 SiO_2 、 Al_2O_3 、モリブデン、タングステン、タantalのいずれかであってもよい。

[0038] ノズル 262 は、筒形状のタンク 261 の底面部に設けられていてもよい。ノズル 262 は、チャンバ 2 のターゲット供給孔 2a を通してチャンバ 2 の内部に配置されてもよい。ターゲット供給孔 2a は、ターゲット供給部 26 が設置されることで塞がれ得る。それにより、チャンバ 2 の内部は大気と隔絶され得る。

ノズル 262 の内部は、ターゲット 27 と反応し難い材料で構成されてもよい。

[0039] パイプ状のノズル 262 の一端は、中空のタンク 261 に固定されてもよい。パイプ状のノズル 262 の他端には、図 3 に示すように、ノズル孔 262a が設けられていてもよい。ノズル 262 の一端側にあるタンク 261 がチャンバ 2 の外部に位置し、ノズル 262 の他端側にあるノズル孔 262a がチャンバ 2 の内部に位置してもよい。ノズル 262 の中心軸方向の延長線上には、チャンバ 2 の内部にあるプラズマ生成領域 25 が位置してもよい。タンク 261、ノズル 262、及びチャンバ 2 は、その内部が互いに連通してもよい。

ノズル孔 262a は、溶融したターゲット 27 をチャンバ 2 内へジェット状に噴出するような形状で形成されてもよい。

[0040] フィルタ 263 は、図 3 に示すように、ノズル 262 のタンク 261 側にある端部に着脱自在に設けられてもよい。タンク 261 とノズル 262 とは、その内部がフィルタ 263 を介して互いに連通し得る。

フィルタ 263 は、ターゲット 27 と反応し難い材料で多孔質構造に形成されてもよい。多孔質構造のフィルタ 263 は、その厚さ方向に貫通する多数の貫通孔を含んでもよい。フィルタ 263 の貫通孔は、溶融したターゲット 27 が通過可能で、且つ、ターゲット 27 に混入した不純物が通過不能な大きさに形成されてもよい。

ターゲット 27 に混入した不純物は、例えば、タンク 261 やノズル 262 に残留した大気中の酸素によって酸化されたターゲット 27 の酸化物や塵等であり得る。ターゲット 27 の不純物は、ノズル 262 のノズル孔 262a を詰まらせ得る。

フィルタ 263 は、タンク 261 内の溶融したターゲット 27 をノズル 262 へ通過させると共に、ターゲット 27 に混入した不純物を捕獲し得る。

[0041] 温度調節機構 71 は、タンク 261 の温度を調節してもよい。

温度調節機構 71 は、図 3 に示すように、ヒータ 711 と、ヒータ電源 712 と、温度センサ 713 と、温度制御部 714 とを含んでもよい。

[0042] ヒータ 711 は、筒形状のタンク 261 の外側側面部に固定されてもよい。タンク 261 に固定されたヒータ 711 は、タンク 261 を加熱してもよい。タンク 261 を加熱するヒータ 711 は、ヒータ電源 712 と接続されてもよい。

ヒータ電源 712 は、ヒータ 711 に電力を供給してもよい。ヒータ 711 に電力を供給するヒータ電源 712 は、温度制御部 714 と接続されてもよい。ヒータ電源 712 は、ヒータ 711 への電力供給を温度制御部 714 によって制御されてもよい。

[0043] 温度センサ 713 は、筒形状のタンク 261 の外側側面部であって、ノズ

ル 2 6 2 付近に固定されてもよい。タンク 2 6 1 に固定された温度センサ 7 1 3 は、温度制御部 7 1 4 と接続されてもよい。温度センサ 7 1 3 は、タンク 2 6 1 の温度を検出し、検出信号を温度制御部 7 1 4 に出力してもよい。

[0044] 温度制御部 7 1 4 は、温度センサ 7 1 3 から出力された検出信号に基づいて、ヒータ電源 7 1 2 からヒータ 7 1 1 へ供給する電力を調節してもよい。温度制御部 7 1 4 は、ヒータ 7 1 1 への供給電力を調節することによって、タンク 2 6 1 の加熱状態を制御し得る。

温度制御部 7 1 4 は、ターゲット生成制御部 7 4 に接続されてもよい。

なお、温度制御部 7 1 4 のハードウェア構成については、図 20 を用いて後述する。

[0045] 上記構成によって温度調節機構 7 1 は、ターゲット生成制御部 7 4 の制御信号に基づいてタンク 2 6 1 の温度を調節し得る。

[0046] 圧力調節機構 7 2 は、タンク 2 6 1 内へ導入するガス圧を加減することで、タンク 2 6 1 内の圧力を調節してもよい。

圧力調節機構 7 2 は、図 3 に示すように、圧力調節器 7 2 1 と、配管 7 2 2 ~ 7 2 4 と、ガスポンベ 7 2 5 と、排気口 7 2 6 とを含んでもよい。

[0047] 配管 7 2 2 は、筒形状のタンク 2 6 1 の底面部であってノズル 2 6 2 の反対側と、圧力調節器 7 2 1 とを連結してもよい。

配管 7 2 3 は、圧力調節器 7 2 1 と、ガスポンベ 7 2 5 とを連結してもよい。

配管 7 2 2 及び 7 2 3 は、圧力調節器 7 2 1 の内部までそれぞれ延びて、合流点 C で配管 7 2 4 とそれぞれ接続されてもよい。

配管 7 2 4 は、圧力調節器 7 2 1 内の合流点 C から圧力調節器 7 2 1 の外部に延びていてもよい。圧力調節器 7 2 1 の外部に延びた配管 7 2 4 の先端には、排気口 7 2 6 が設けられてもよい。

配管 7 2 2 ~ 7 2 4 は、タンク 2 6 1 を含むターゲット供給部 2 6 と、ガスポンベ 7 2 5 と、排気口 7 2 6 と、後述の圧力センサ 7 2 7 と、をそれぞれ連通させ得る。

配管 7 2 2 ~ 7 2 4 は、図示しない断熱材等で覆われてもよい。配管 7 2 2 ~ 7 2 4 には、図示しないヒータが設置されてもよい。配管 7 2 2 ~ 7 2 4 内の温度は、ターゲット供給部 2 6 のタンク 2 6 1 内の温度と同じ温度に保たれてもよい。

[0048] ガスボンベ 7 2 5 は、ヘリウム、アルゴン等の不活性ガスが充填されていてもよい。

ガスボンベ 7 2 5 は、圧力調節器 7 2 1 を介して、タンク 2 6 1 内に不活性ガスを給気してもよい。

[0049] 排気口 7 2 6 は、圧力調節器 7 2 1 を介して、配管 7 2 2 ~ 7 2 4 内及びタンク 2 6 1 内のガスを排気してもよい。

排気口 7 2 6 には、図示しない排気ポンプが連結されてもよい。このとき、排気ポンプは、圧力調節器 7 2 1 に含まれる後述の圧力制御部 7 2 8 と接続されてもよい。排気ポンプは、圧力制御部 7 2 8 からの作動信号又は作動停止信号に基づいて、その排気動作が制御されてもよい。

[0050] 圧力調節器 7 2 1 は、タンク 2 6 1 内に給気する不活性ガスのガス圧を加減することで、タンク 2 6 1 内の圧力を調節してもよい。

圧力調節器 7 2 1 は、その内部に延びた配管 7 2 2 ~ 7 2 4 の一部の他に、圧力センサ 7 2 7 と、圧力制御部 7 2 8 と、バルブ V 1 及び V 2 とを含んでもよい。

[0051] 圧力センサ 7 2 7 は、配管 7 2 2 を介して連結するタンク 2 6 1 内の圧力を検出してもよい。

圧力センサ 7 2 7 は、圧力調節器 7 2 1 内の合流点 C とタンク 2 6 1 との間の配管 7 2 2 に設けられてもよい。

圧力センサ 7 2 7 は、圧力制御部 7 2 8 に接続されてもよい。圧力センサ 7 2 7 は、検出した圧力の検出信号を圧力制御部 7 2 8 に出力してもよい。

[0052] バルブ V 1 は、圧力調節器 7 2 1 内の合流点 C とガスボンベ 7 2 5 との間の配管 7 2 3 に設けられてもよい。

バルブ V 2 は、圧力調節器 7 2 1 内の合流点 C と排気口 7 2 6 との間の配

管 7 2 4 に設けられてもよい。

バルブ V 1 及び V 2 は、ソレノイドバルブであってもよい。バルブ V 1 及び V 2 は、それぞれ圧力制御部 7 2 8 と接続されてもよい。

[0053] 圧力制御部 7 2 8 は、バルブ V 1 及び V 2 にバルブ開信号又はバルブ閉信号をそれぞれ出力して、バルブ V 1 及び V 2 の開閉動作をそれぞれ制御してもよい。

圧力制御部 7 2 8 は、ターゲット生成制御部 7 4 と接続されてもよい。圧力制御部 7 2 8 は、ターゲット生成制御部 7 4 から出力された制御信号を入力してもよい。

ターゲット生成制御部 7 4 から出力される制御信号は、タンク 2 6 1 内の圧力が所望の圧力値となるよう圧力調節器 7 2 1 の動作を制御するための制御信号であってもよい。当該制御信号には、タンク 2 6 1 内の圧力を所望の圧力値とするよう圧力調節器 7 2 1 に設定する圧力設定値が含まれてもよい。圧力制御部 7 2 8 は、当該制御信号が入力されると、ターゲット生成制御部 7 4 から出力された圧力設定値が設定され得る。

圧力制御部 7 2 8 は、圧力センサ 7 2 7 で検出される圧力検出値が、ターゲット生成制御部 7 4 によって設定された圧力設定値となるように、バルブ V 1 及び V 2 の開閉動作を制御してもよい。圧力制御部 7 2 8 は、バルブ V 1 及び V 2 の開閉動作を制御することによって、タンク 2 6 1 内にガスを給気又は排気し得る。圧力制御部 7 2 8 は、タンク 2 6 1 内にガスを給気又は排気することによって、タンク 2 6 1 内の圧力を加圧又は減圧し得る。

なお、圧力制御部 7 2 8 のハードウェア構成については、図 2 0 を用いて後述する。

[0054] 上記構成によって圧力調節機構 7 2 は、タンク 2 6 1 内の圧力値がターゲット生成制御部 7 4 によって設定された圧力設定値となるように、圧力調節器 7 2 1 にてタンク 2 6 1 内の圧力を調節し得る。

[0055] ドロップレット形成機構 7 3 は、ノズル 2 6 2 からジェット状に噴出したターゲット 2 7 の流れを周期的に分断し、ドロップレット 2 7 1 を形成して

もよい。

ドロップレット形成機構 7 3 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 2 7 1 を形成してもよい。コンティニュアスジェット方式では、ノズル 2 6 2 を振動させてジェット状に噴出したターゲット 2 7 の流れに定在波を与え、当該ターゲット 2 7 を周期的に分離してもよい。分離されたターゲット 2 7 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 2 7 1 を形成し得る。

ドロップレット形成機構 7 3 は、図 3 に示すように、 piezo 素子 7 3 1 と、 piezo 電源 7 3 2 とを含んでもよい。

[0056] piezo 素子 7 3 1 は、パイプ状のノズル 2 6 2 の外側側面部に固定されてもよい。ノズル 2 6 2 に固定された piezo 素子 7 3 1 は、ノズル 2 6 2 に振動を与えてもよい。ノズル 2 6 2 に振動を与える piezo 素子 7 3 1 は、 piezo 電源 7 3 2 と接続されてもよい。

piezo 電源 7 3 2 は、 piezo 素子 7 3 1 に電力を供給してもよい。 piezo 素子 7 3 1 に電力を供給する piezo 電源 7 3 2 は、ターゲット生成制御部 7 4 と接続されてもよい。

[0057] 上記構成によってドロップレット形成機構 7 3 は、ターゲット生成制御部 7 4 の制御信号に基づいてドロップレット 2 7 1 を形成し得る。

[0058] ターゲット生成制御部 7 4 は、 E U V 光生成制御部 5 との間で制御信号の送受を行い、ターゲット生成装置 7 全体の動作を統括的に制御してもよい。

ターゲット生成制御部 7 4 は、温度制御部 7 1 4 に制御信号を出力して、温度制御部 7 1 4 を含む温度調節機構 7 1 の動作を制御してもよい。

ターゲット生成制御部 7 4 は、圧力制御部 7 2 8 に制御信号を出力して、圧力制御部 7 2 8 を含む圧力調節機構 7 2 の動作を制御してもよい。

ターゲット生成制御部 7 4 は、 piezo 電源 7 3 2 に制御信号を出力して、 piezo 電源 7 3 2 を含むドロップレット形成機構 7 3 の動作を制御してもよい。

なお、ターゲット生成制御部 7 4 のハードウェア構成については、図 2 0

を用いて後述する。

[0059] [4. 2 動作]

図4を用いて、ターゲット生成装置7の動作について説明する。具体的には、図2～図4を用いて、ターゲット生成制御部74のターゲット供給に係る処理について説明する。

ターゲット生成制御部74は、EUV光生成制御部5から出力されたターゲット生成装置7の起動信号が入力されると、以下の処理を行ってもよい。

[0060] ステップS1において、ターゲット生成制御部74は、ターゲット生成装置7の初期設定を行ってもよい。

ターゲット生成制御部74は、ターゲット生成装置7の各構成部を起動し、各構成部の動作チェックを行ってもよい。そして、ターゲット生成制御部74は、各構成部を初期化して初期設定値を設定してもよい。

[0061] 特に、ターゲット生成制御部74は、タンク261内の圧力が、例えば1hPa程度の真空状態に近い値となるように、圧力調節器721の初期圧力設定値を設定してもよい。

タンク261内に存在するターゲット27と反応しやすいガスは、ターゲット27が溶融する前に排気され得る。その後、ガスボンベ725から不活性ガスがタンク261内に給気され得る。

[0062] 更に、ターゲット生成制御部74は、ターゲット27の温度がターゲット27の融点以上の値となるように、温度制御部714を介してヒータ711の初期温度設定値を設定してもよい。ターゲット27がスズであれば、ヒータ711の初期温度設定値は、例えば232℃以上300℃未満の温度であってもよい。或いは、ヒータ711の初期温度設定値は、300℃以上の温度であってもよい。

タンク261に収容されたターゲット27は、その融点以上に加熱され得る。加熱されたターゲット27は、溶融し得る。

[0063] ステップS2において、ターゲット生成制御部74は、EUV光生成制御部5よりターゲット生成信号が入力されたか否かを判定してもよい。

ターゲット生成信号は、チャンバ2内のプラズマ生成領域25へのターゲット供給をターゲット生成装置7に実行させるための制御信号であってもよい。

ターゲット生成制御部74は、ターゲット生成信号が入力されるまで待機してもよい。ターゲット生成制御部74は、ターゲット27の温度がターゲット27の融点以上の所定範囲内で維持されるように、ヒータ711による加熱を継続して制御してもよい。

ターゲット生成制御部74は、ターゲット生成信号が入力されたならば、ステップS3に移行してもよい。

[0064] ステップS3において、ターゲット生成制御部74は、温度制御部714を介してタンク261の温度を確認してもよい。ターゲット生成制御部74は、温度制御部714を介して温度設定値を適宜修正し、ヒータ711による加熱を制御してもよい。

[0065] ステップS4において、ターゲット生成制御部74は、ターゲット生成制御処理を行ってもよい。

ターゲット生成制御処理は、チャンバ2内に出力されたドロップレット271の状態に関するパラメータが所定の目標値となるように、ターゲット生成装置7の動作を制御する処理であってもよい。具体的には、ターゲット生成制御処理には、ドロップレット271の形成処理、パラメータの計算処理、及び圧力調節器721の制御処理が含まれてもよい。

ターゲット生成制御処理によって、一定周期で均一なドロップレット271が形成され得る。形成されたドロップレット271は、チャンバ2内へ出力され、プラズマ生成領域25にある速度をもって到達し得る。

なお、ターゲット生成制御処理は、図6を用いて後述する。

[0066] EUV光生成制御部5は、ドロップレット271がプラズマ生成領域25に到達するのに同期してパルスレーザ光33がプラズマ生成領域25を照射するように、レーザ装置3におけるパルスレーザ光31の出力タイミングを制御してもよい。

プラズマ生成領域 2 5 に照射されたパルスレーザ光 3 3 は、プラズマ生成領域 2 5 に到達したドロップレット 2 7 1 を照射し得る。パルスレーザ光 3 3 が照射されたドロップレット 2 7 1 は、プラズマ化され E U V 光 2 5 1 を生成し得る。

[0067] ステップ S 5 において、ターゲット生成制御部 7 4 は、E U V 光生成制御部 5 よりターゲット生成停止信号が入力されたか否かを判定してもよい。

ターゲット生成停止信号は、プラズマ生成領域 2 5 へのターゲット供給をターゲット生成装置 7 に停止させるための制御信号であってもよい。

ターゲット生成制御部 7 4 は、ターゲット生成停止信号が入力されなければ、ステップ S 3 に移行してもよい。一方、ターゲット生成制御部 7 4 は、ターゲット生成停止信号が入力されたならば、本処理を終了してもよい。

[0068] [4. 3 課題]

E U V 光生成装置 1 は、複数のドロップレット 2 7 1 をチャンバ 2 内に出力し得る。この複数のドロップレット 2 7 1 は、それぞれが一定の状態を保ってチャンバ 2 内を進行し、プラズマ生成領域 2 5 へ到達することが望ましい。

ターゲット生成装置 7 からチャンバ 2 内にドロップレット 2 7 1 が出力される周期は、例えば $10\ \mu\text{s}$ 程度と、非常に短くてもよい。ドロップレット 2 7 1 の大きさは、例えば直径 $20\ \mu\text{m}$ 程度と、非常に小さくてもよい。

よって、チャンバ 2 内に実際に出力された複数のドロップレット 2 7 1 が、それぞれ一定の状態を保ってチャンバ 2 内を進行しているかを正確に計測し得る技術が望まれている。

[0069] ターゲット生成装置 7 では、圧力調節器 7 2 1 にてタンク 2 6 1 内の圧力を調節することによって、チャンバ 2 内に出力されるドロップレット 2 7 1 の状態を制御し得る。

しかしながら、タンク 2 6 1 内の圧力を所定圧力に制御しても、E U V 光生成装置 1 の稼働中、チャンバ 2 内に出力されたドロップレット 2 7 1 の状態が実際には変動し得る。

例えば、EUV光生成装置1の稼働中、ターゲット27に混入した不純物は、フィルタ263に徐々に蓄積し得る。不純物の蓄積量が増加すると、フィルタ263を通過するターゲット27の圧力損失が増加し得る。ターゲット27の圧力損失が増加すると、例えば、チャンバ2内に出力されたドロップレット271の速度や流量が減少するように変動し得る。

また、例えば、EUV光生成装置1の稼働中、タンク261内のガス温度が変動し得る。圧力調節器721にてタンク261内に不活性ガスを給気する際、タンク261内に給気される不活性ガスの温度は、タンク261の温度と温度差を生じ得る。この温度差は、時間が経過すると緩和されるが、その過程で、タンク261内のターゲット27に実際に加わる圧力が変動し得る。ターゲット27に加わる圧力が変動すると、例えば、チャンバ2内に出力されたドロップレット271の速度や流量が変動し得る。

このように、タンク261内の圧力を所定圧力となるように制御しても、EUV光生成装置1の稼働中、チャンバ2内に出力されたドロップレット271の状態が実際には変動し得る。

よって、チャンバ2内に実際に出力された複数のドロップレット271が、それぞれ一定の状態を保ってチャンバ2内を進行しているかを正確に計測し、その計測結果をドロップレット271の出力制御にフィードバックし得る技術が望まれている。特に、当該計測結果を、タンク261内のターゲット27に加わる圧力を調節する圧力調節器721の制御にフィードバックし得る技術が望まれている。

[0070] [5. 第1実施形態のEUV光生成装置が備えるターゲット生成システム]

[5. 1 構成]

ターゲット生成システムは、ターゲット生成装置と、ターゲット生成装置が出力したドロップレットのパラメータを計測するドロップレット計測器とを備え、計測したパラメータに基づいてターゲットの出力状態を制御するシステムであってもよい。

図5を用いて、第1実施形態のEUV光生成装置1が備えるターゲット生

成システムの構成について説明する。

第1実施形態のEUV光生成装置1が備えるターゲット生成システムは、ドロップレット計測器41と、ターゲット生成装置7とを備えてもよい。

[0071] ドロップレット計測器41は、チャンバ2内に出力されたドロップレット271の状態に関するパラメータを計測してもよい。

ドロップレット計測器41は、チャンバ2に設けられてもよい。ドロップレット計測器41は、ターゲット供給部26とプラズマ生成領域25との間であって、プラズマ生成領域25付近に配置されてもよい。

[0072] ドロップレット計測器41は、光源部411と、撮像部412と、画像取得制御部413と、ドロップレット計測制御部414とを備えてもよい。

光源部411と撮像部412とは、チャンバ2内に出力されたターゲット27の進行経路であるターゲット進行経路272を挟んで互に対向配置されてもよい。

光源部411と撮像部412との対向方向は、ターゲット進行経路272と直交してもよい。

[0073] 光源部411は、ターゲット進行経路272を進行するドロップレット271にパルス光を照射してもよい。

光源部411は、光源411aと、照明光学系411bと、ウィンドウ411cとを含んでもよい。

[0074] 光源411aは、例えば、キセノンフラッシュランプやレーザ光源等のパルス点灯する光源であってもよい。

光源部411に含まれる光源411aの点灯を開始してから終了させるまでの時間を、「点灯時間 $\Delta\tau$ 」ともいう。光源411aの点灯時間 $\Delta\tau$ は、ターゲット生成装置7からチャンバ2内にドロップレット271が出力される周期よりも十分に短くてもよい。例えば、ターゲット供給部26からチャンバ2内にドロップレット271が出力される周期は10 μ s程度、光源411aの点灯時間 $\Delta\tau$ は10ns~100nsであってもよい。

なお、ターゲット供給部26からチャンバ2内にドロップレット271が

出力される周期を、ドロップレット271の「生成周期」ともいう。

光源411aは、ドロップレット計測制御部414と接続されてもよい。

光源411aは、ドロップレット計測制御部414から出力された点灯信号に基づいてパルス点灯して、パルス光を発光してもよい。

[0075] 照明光学系411bは、コリメータ等の光学系であってよく、レンズ等の光学素子によって構成されていてもよい。照明光学系411bは、光源411aから発光されたパルス光を、ウインドウ411cを介してターゲット進行経路272上に導いてもよい。

[0076] 上記構成によって光源部411は、ドロップレット計測制御部414から出力された点灯信号に基づいて、パルス光をターゲット進行経路272に向かって照射し得る。光源部411から照射されたパルス光は、光源部411と撮像部412との間のターゲット進行経路272を進行するドロップレット271を照射し得る。

[0077] 撮像部412は、光源部411によってパルス光が照射されたドロップレット271の影の像を撮像してもよい。

撮像部412は、イメージセンサ412aと、転写光学系412bと、ウインドウ412cとを含んでもよい。

[0078] 転写光学系412bは、一对のレンズ等の光学素子であってもよい。このレンズは、シリンドリカルレンズであってもよい。転写光学系412bは、ウインドウ412cを介して導かれたドロップレット271の影を、イメージセンサ412aの受光面に結像してもよい。

[0079] イメージセンサ412aは、CCD (Charge-Coupled Device) やCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 等の2次元イメージセンサであってもよい。イメージセンサ412aは、図示しないシャッタを備えていてもよい。そして、イメージセンサ412aは、転写光学系412bによって結像されたドロップレット271の影の像を、撮像してもよい。イメージセンサ412aの時間的な撮像間隔は、光源411aの点灯時間 $\Delta\tau$ よりも十分に長くてもよい。イメージセンサ412aの時間的な撮像間隔は、例え

ば0.1 s～1 sであってもよい。

なお、撮像部412に含まれるイメージセンサ412aの時間的な撮像間隔を、ドロップレット計測器41の「計測間隔K」ともいう。

[0080] イメージセンサ412aは、ドロップレット計測制御部414と接続されてもよい。イメージセンサ412aは、ドロップレット計測制御部414からのシャッタ信号に基づいてシャッタを開閉して、ドロップレット271の影の像を撮像してもよい。イメージセンサ412aは、図示しないシャッタが開いている間のみ撮像するようにしてもよい。シャッタは、電氣的シャッタであっても機械的シャッタであってもよい。

なお、撮像部412に含まれるイメージセンサ412aの1回の撮像においてシャッタが開いてから閉じるまでに要する時間を、1回の「撮像時間 Δt 」ともいう。

[0081] イメージセンサ412aは、画像取得制御部413と接続されてもよい。イメージセンサ412aは、撮像したドロップレット271の影の像に係る画像信号を、1回の撮像毎に画像取得制御部413に出力してもよい。

[0082] 画像取得制御部413は、イメージセンサ412aから出力された画像信号からドロップレット271の影の像に係るビットマップデータ等の画像データを生成してもよい。画像取得制御部413は、生成した画像データを当該画像データの識別情報に対応付けて記憶してもよい。画像データの識別情報は、画像データの生成時刻に関する情報等であってもよい。

画像取得制御部413は、ドロップレット計測制御部414と接続されてもよい。画像取得制御部413は、ドロップレット計測制御部414からの制御信号に基づいて、生成した画像データ及びその識別情報をドロップレット計測制御部414に出力してもよい。

なお、画像取得制御部413のハードウェア構成については、図20を用いて後述する。

[0083] ドロップレット計測制御部414は、光源部411及び撮像部412に点灯信号及びシャッタ信号を出力して、光源部411及び撮像部412の動作

を制御してもよい。

ドロップレット計測制御部414は、図示しないタイマTを内部に含んでもよい。タイマTは、点灯信号及びシャッタ信号の出力タイミングを計るためのタイマであってもよい。ドロップレット計測制御部414は、点灯時間 $\Delta \tau$ 、撮像時間 Δt 、計測間隔Kが経過したことを計時し得る。

[0084] ドロップレット計測制御部414は、画像取得制御部413から出力された画像データ及びその識別情報を記憶してもよい。

ドロップレット計測制御部414は、パラメータ計算部414aを含んでもよい。パラメータ計算部414aは、ドロップレット271の状態に関するパラメータを画像データに基づいて計算するプログラムであってもよい。

ドロップレット計測制御部414は、パラメータ計算部414aを用いて、画像取得制御部413から出力された画像データに基づいて上記パラメータを計算してもよい。

[0085] パラメータ計算部414aを用いて計算されるパラメータは、チャンバ2内へ出力されたドロップレット271の力学的状態を示す物理量であってもよい。例えば、パラメータは、チャンバ2内を進行するドロップレット271の直径D、体積V、位置Y、進行速度v、生成周波数f、流量Q、間隔d等であってもよい。

[0086] ドロップレット271の「位置Y」は、ターゲット供給部26からチャンバ2内に出力されたドロップレット271の進行方向におけるドロップレット271の位置であってもよい。ドロップレット271の進行方向は、例えば図5に示した座標系のY方向であってもよい。

ドロップレット計測器41がチャンバ2に固定されている場合、ドロップレット計測器41に含まれる撮像部412は、ターゲット進行経路272上の特定範囲を定点観測し得る。撮像部412の撮像範囲は、ターゲット進行経路272上でターゲット供給部26から一定距離の位置に存在し得る。ドロップレット271の位置Yは、ドロップレット271の進行方向における撮像範囲内の相対位置であってもよい。ドロップレット271の位置Yは

、撮像された画像データにおいて、ドロップレット271の進行方向と平行な方向におけるドロップレット271の位置であってもよい。

[0087] ドロップレット271の「生成周波数 f 」は、ターゲット供給部26からチャンバ2内に単位時間当たりには出力されるドロップレット271の個数であってもよい。

ドロップレット271の「流量 Q 」は、ターゲット供給部26からチャンバ2内に単位時間当たりには出力されたドロップレット271の体積 V であってもよい。

ドロップレット271の「間隔 d 」は、ターゲット供給部26からチャンバ2内に順次出力された隣り合う2つのドロップレット271間の間隔であって、ドロップレット271の進行方向における間隔であってもよい。

[0088] ドロップレット計測制御部414は、ターゲット生成制御部74と接続されてもよい。ドロップレット計測制御部414は、計算したドロップレット271のパラメータをターゲット生成制御部74に出力してもよい。ドロップレット計測制御部414は、ターゲット生成制御部74からの指示に依らずに、当該パラメータをターゲット生成制御部74へ出力してもよい。

ドロップレット計測制御部414は、光源部411及び撮像部412の制御、画像データの取得、並びに、パラメータの計算に係る処理についても、ターゲット生成制御部74からの指示に依らずに行ってもよい。

なお、ドロップレット計測制御部414のハードウェア構成については、図20を用いて後述する。

[0089] 上記構成によってドロップレット計測器41は、ターゲット供給部26からチャンバ2内に出力されたドロップレット271の像を撮像して、その画像データを取得し得る。そして、ドロップレット計測器41は、取得した画像データから当該ドロップレット271のパラメータを計算し、ターゲット生成制御部74に出力し得る。

このようにして、ドロップレット計測器41は、チャンバ2内に出力されたドロップレット271の状態に関するパラメータを計測し、パラメータの

計測結果をターゲット生成制御部 7 4 に出力し得る。

[0090] 図 5 のターゲット生成装置 7 が備えるターゲット生成制御部 7 4 は、ドロップレット計測器 4 1 から出力されたパラメータの計測結果に基づいて、ターゲット生成装置 7 全体の動作を統括的に制御してもよい。

特に、ターゲット生成制御部 7 4 は、当該パラメータの計測結果に基づいて圧力調節器 7 2 1 を制御してもよい。

例えば、ターゲット生成制御部 7 4 は、ドロップレット計測器 4 1 で計測されたパラメータの計測値と当該パラメータの目標値との差分に応じて圧力調節器 7 2 1 に設定する圧力設定値を決定してもよい。ターゲット生成制御部 7 4 は、決定した圧力設定値を含む制御信号を圧力調節器 7 2 1 へ出力して、タンク 2 6 1 内の圧力が所望の圧力値となるよう圧力調節器 7 2 1 の動作を制御してもよい。

パラメータの目標値は、各種パラメータごとに予め定めておいた設計値であって、ターゲット生成制御部 7 4 に予め入力しておいた値でもよい。ターゲット生成制御部 7 4 への目標値の入力は、操作者の操作によって行われてもよいし、EUV 光生成制御部 5 やネットワークを介して行われてもよい。

その他のターゲット生成制御部 7 4 の構成やターゲット生成装置 7 の構成は、図 3 と同様であってもよい。

[0091] [5. 2 動作]

図 5 ～図 9 を用いて、第 1 実施形態の EUV 光生成装置 1 が備えるターゲット生成システムの動作について説明する。

ターゲット生成制御部 7 4 は、EUV 光生成制御部 5 から出力されたターゲット生成信号が入力されると、図 4 に示したターゲット供給処理を行う。そして、ターゲット生成制御部 7 4 は、図 4 のステップ S 4 においてターゲット生成制御処理を行う。

図 6 を用いて、ターゲット生成制御部 7 4 のターゲット生成制御処理について説明する。

[0092] ステップ S 4 0 1 において、ターゲット生成制御部 7 4 は、圧力調節器 7

21に設定する圧力設定値 P_t を P_0 に設定してもよい。 P_0 は、パラメータの目標値 U_t に対応する圧力値であってもよい。 P_0 は、例えば10MPa～20MPaであってもよい。

パラメータの目標値 U_t は、例えば、チャンバ2内を進行するドロップレット271の目標直径 D_t 、目標体積 V_t 、目標位置 Y_t 、目標進行速度 v_t 、目標生成周波数 f_t 、目標流量 Q_t 、目標間隔 d_t 等であってもよい。

[0093] ステップS402において、ターゲット生成制御部74は、ステップS401で設定した圧力設定値 P_t を圧力調節器721に出力してもよい。

圧力調節器721は、圧力設定値 P_t に相当する不活性ガスをガスボンベ725からタンク261内へ給気し得る。

タンク261内の溶融したターゲット27が加圧されて、溶融したターゲット27がノズル孔262aから噴出し得る。

[0094] ステップS403において、ターゲット生成制御部74は、 piezo電源732を介してpiezo素子731に電力を供給してもよい。

piezo素子731は、ノズル262に振動を与え得る。ノズル孔262aから溶融ターゲット27が噴出されていれば、ノズル262の振動によって溶融ターゲット27が分離されて、ドロップレット271が形成され得る。

なお、ターゲット生成制御部74は、piezo電源732を介してpiezo素子731へ所定波形の電力を供給してもよい。

この所定波形は、ドロップレット271が所定の生成周波数 f で生成されるような波形であってもよい。所定の生成周波数 f は、例えば50kHz～100kHzであってもよい。

[0095] ステップS404において、ターゲット生成制御部74は、ドロップレット計測器41からパラメータ U の計測結果が入力されたか否かを判定してもよい。

パラメータ U は、例えば、チャンバ2内を進行するドロップレット271の直径 D 、体積 V 、位置 Y 、進行速度 v 、生成周波数 f 、流量 Q 、間隔 d 等であってもよい。

ターゲット生成制御部 74 は、ドロップレット計測器 41 からパラメータ U の計測結果が入力されなければ、待機してもよい。一方、ターゲット生成制御部 74 は、ドロップレット計測器 41 からパラメータ U の計測結果が入力されたならば、ステップ S405 に移行してもよい。

[0096] ステップ S405 において、ターゲット生成制御部 74 は、ドロップレット計測器 41 から入力されたパラメータ U の計測結果を読み込むと共に、読み込んだパラメータ U の計測結果を計測値 U として記憶してもよい。

[0097] ステップ S406 において、ターゲット生成制御部 74 は、ステップ S405 で記憶した計測値 U と目標値 U_t との差分 ΔU を算出してもよい。

ターゲット生成制御部 74 は、差分 ΔU を次式から算出してもよい。

$$\Delta U = U_t - U$$

[0098] ステップ S407 において、ターゲット生成制御部 74 は、ステップ S406 で算出した差分 ΔU を圧力修正量 ΔP に換算してもよい。

圧力修正量 ΔP は、各種パラメータの計測値 U と目標値 U_t との差分 ΔU をタンク 261 内の圧力変動にて補正するための圧力設定値 P_t の修正量であってもよい。

ターゲット生成制御部 74 は、圧力修正量 ΔP を次式から算出してもよい。

$$\Delta P = \alpha \cdot \Delta U$$

α は、パラメータの差分 ΔU を圧力修正量 ΔP に換算するための係数であってもよい。係数 α は、パラメータの差分 ΔU と圧力修正量 ΔP とが比例関係にある場合の比例定数であってもよい。係数 α は、各種パラメータごとに予め定めておいた設計値であって、ターゲット生成制御部 74 に予め入力しておいた値でもよい。ターゲット生成制御部 74 への係数 α の入力、操作者の操作によって行われてもよいし、EUV 光生成制御部 5 やネットワークを介して行われてもよい。

[0099] ステップ S408 において、ターゲット生成制御部 74 は、ステップ S407 で算出した圧力修正量 ΔP と現在の圧力設定値 P_t とに基づいて、新た

な圧力設定値 P_t を算出してもよい。

ターゲット生成制御部 74 は、新たな圧力設定値 P_t を次式から算出してもよい。

$$P_t = P_t + \Delta P$$

[0100] ステップ S409 において、ターゲット生成制御部 74 は、ステップ S408 で算出した新たな圧力設定値 P_t を圧力調節器 721 に出力してもよい。

圧力調節器 721 は、新たな圧力設定値 P_t となるように、タンク 261 内にガスを給気又は排気し得る。

タンク 261 内の溶融したターゲット 27 が加圧又は減圧されて、チャンバ 2 内に出力されたドロップレット 271 のパラメータ U は、その目標値 U_t に近づき得る。

[0101] ステップ S410 において、ターゲット生成制御部 74 は、ターゲット生成制御処理を停止するか否かを判定してもよい。

ターゲット生成制御部 74 は、例えば、パラメータの差分 ΔU が、所定時間、所定の許容範囲内に収まり安定しているかどうかを監視してもよく、 ΔU が所定の許容範囲にある場合、ターゲット生成制御処理を一旦停止してもよい。また、ターゲット生成制御部 74 は、例えば、不測の事態によるエラーが発生した場合、ターゲット生成制御処理を一旦停止してもよい。

ターゲット生成制御部 74 は、ターゲット生成制御処理を停止しないのであれば、ステップ S404 に移行してもよい。一方、ターゲット生成制御部 74 は、ターゲット生成制御処理を停止するのであれば、そのまま本処理を終了してもよい。

[0102] 図 7 を用いて、ドロップレット計測制御部 414 のドロップレット計測処理について説明する。

ドロップレット計測処理は、チャンバ 2 内に出力されたドロップレット 271 の状態に関する各種パラメータを計測するために、ドロップレット計測器 41 の動作を制御する処理であってもよい。

ドロップレット計測制御部414は、ターゲット生成制御部74からの指示に依らずに、ドロップレット計測処理として以下の処理を行ってもよい。ターゲット生成制御部74が行う図6のターゲット生成制御処理と、ドロップレット計測制御部414が行う図7のドロップレット計測処理とは、並列的に処理され得る。

- [0103] ステップS601において、ドロップレット計測制御部414は、ドロップレット271の計測個数 $N=0$ として計測個数 N をリセットしてもよい。
- [0104] ステップS602において、ドロップレット計測制御部414は、タイマ T をリセットすると共に、タイマ T の計時をスタートしてもよい。
- [0105] ステップS603において、ドロップレット計測制御部414は、撮像部412のイメージセンサ412aのシャッタを開くためのシャッタ信号をイメージセンサ412aに出力してもよい。

ドロップレット計測制御部414は、当該シャッタを開くためのシャッタ信号を出力した際のタイマ T の値を記憶してもよい。

- [0106] ステップS604において、ドロップレット計測制御部414は、光源部411の光源411aを点灯するために、所定の点灯時間 $\Delta\tau$ だけ点灯信号を当該光源411aに出力してもよい。光源411aは、点灯時間 $\Delta\tau$ が経過するまでの間、ターゲット進行経路272にパルス光を発光し得る。
- [0107] ステップS605において、ドロップレット計測制御部414は、所定の撮像時間 Δt が経過すると、イメージセンサ412aのシャッタを閉じるためのシャッタ信号をイメージセンサ412aに出力してもよい。

撮像時間 Δt は、ステップS603でイメージセンサ412aのシャッタを開いてから、このステップS605でシャッタを閉じるまでの時間であってもよい。イメージセンサ412aは、撮像時間 Δt の間に結像されたドロップレット271の影の像を撮像し得る。

ドロップレット計測制御部414は、当該シャッタを閉じるためのシャッタ信号を出力した際のタイマ T の値を記憶してもよい。

- [0108] ステップS606において、ドロップレット計測制御部414は、ステッ

プS 6 0 5で撮像したドロップレット2 7 1の影の像に係る画像データを画像取得制御部4 1 3から取得してもよい。

- [0109] ステップS 6 0 7において、ドロップレット計測制御部4 1 4は、ステップS 6 0 6で取得した画像データにドロップレット2 7 1が含まれているか否かを判定してもよい。

ドロップレット計測制御部4 1 4は、取得した画像データにドロップレット2 7 1が含まれていれば、ステップS 6 0 8に移行してもよい。一方、ドロップレット計測制御部4 1 4は、取得した画像データにドロップレット2 7 1が含まれていなければ、ステップS 6 1 1に移行してもよい。

- [0110] ステップS 6 0 8において、ドロップレット計測制御部4 1 4は、ドロップレット2 7 1の計測個数Nを更新してもよい。

ドロップレット計測制御部4 1 4は、ドロップレット2 7 1の計測個数Nを次式のようにインクリメントすることによって更新してもよい。

$$N = N + 1$$

- [0111] ステップS 6 0 9において、ドロップレット計測制御部4 1 4は、ステップS 6 0 6で取得した画像データに含まれるドロップレット2 7 1のパラメータUを計算してもよい。

なお、ドロップレット2 7 1のパラメータUを計算する処理については、図8 A及び図9 Aを用いて後述する。

- [0112] ステップS 6 1 0において、ドロップレット計測制御部4 1 4は、ステップS 6 0 9で計算したパラメータUを $U(N) = U$ として記憶してもよい。

$U(N)$ は、ステップS 6 0 9で計算したパラメータUを、ステップS 6 0 8で更新した計測個数Nに対応付けて記憶された値に相当し得る。

ドロップレット計測制御部4 1 4は、現在及び過去に計算した複数のパラメータUの値を、それぞれの計算時における計測個数Nの値に対応付けて記憶し得る。

- [0113] ステップS 6 1 1において、ドロップレット計測制御部4 1 4は、パラメータUを $U = 0$ に設定してもよい。

ドロップレット計測制御部414は、ステップS606で取得した画像データにドロップレット271が含まれていなければ、ドロップレット271のパラメータUを $U=0$ とみなし得る。

[0114] ステップS612において、ドロップレット計測制御部414は、ステップS608で更新した計測個数Nが、 N_{max} 以上であるか否かを判定してもよい。

N_{max} は、パラメータUの平均値を計算するために必要な計測個数Nを示す閾値であってもよい。 N_{max} は、パラメータUのばらつきを考慮して統計的手法によって予め定められた値であってもよい。 N_{max} は、例えば100個～1000個であってもよい。

ドロップレット計測制御部414は、計測個数Nが N_{max} 以上であれば、ステップS613に移行してもよい。一方、ドロップレット計測制御部414は、計測個数Nが N_{max} 以上でなければ、ステップS602に移行してもよい。

[0115] ステップS613において、ドロップレット計測制御部414は、パラメータUの平均値を計算してもよい。

ドロップレット計測制御部414は、パラメータUの平均値を次式から計算してもよい。

$$U = \{U(1) + U(2) + \dots + U(N_{max})\} / N_{max}$$

[0116] ステップS614において、ドロップレット計測制御部414は、ステップS613で計算したパラメータUの平均値をターゲット生成制御部74に出力してもよい。

ドロップレット計測制御部414は、現在及び過去に計算した複数のパラメータUの平均値を出力することで、計算精度の高いパラメータUをターゲット生成制御部74に出力し得る。

[0117] ステップS615において、ドロップレット計測制御部414は、ドロップレット計測処理を停止するか否かを判定してもよい。

ドロップレット計測制御部414は、例えば、予め定められた回数だけパ

ラメータUをターゲット生成制御部74に出力した場合、ドロップレット計測処理を一旦停止してもよい。また、ドロップレット計測制御部414は、例えば、不測の事態によるエラーが発生した場合、ドロップレット計測処理を一旦停止してもよい。

ドロップレット計測制御部414は、ドロップレット計測処理を停止しないのであれば、ステップS601に移行してもよい。一方、ドロップレット計測制御部414は、ドロップレット計測処理を停止するのであれば、そのまま本処理を終了してもよい。

[0118] 図8及び図9を用いて、ドロップレット計測制御部414がドロップレット271のパラメータUを計算する処理について説明する。

図8Aは、図7のステップS609でパラメータUを計算する処理の一例として、ドロップレット271の直径Dを計算する処理の例を示す。

図8Bは、撮像部412を構成するイメージセンサ412aで撮像されたドロップレット271の画像を模式的に示す。図8Bのドロップレット271a～271cは、チャンバ2内に順次出力された複数のドロップレット271を示し得る。

[0119] ステップS6091において、ドロップレット計測制御部414は、図7のステップS606で取得した画像データに含まれるドロップレット271の影の像から当該ドロップレット271の直径Dを計算してもよい。

[0120] ステップS6092において、ドロップレット計測制御部414は、ステップS6091で計算した直径Dをパラメータ $U=D$ として記憶してもよい。

[0121] 撮像部412を構成するイメージセンサ412aで撮像されたドロップレット271の画像データは、1回の撮像において図8Bに例示するような画像を示してもよい。

ドロップレット計測制御部414は、画像データに含まれるドロップレット271の像において、ドロップレット271の進行方向に垂直な方向におけるドロップレット271の像の幅をドロップレット271の直径Dとして

もよい。

略球形の1つのドロップレット271に対応する影が1つの像として略球形に撮像されていれば、ドロップレット計測制御部414は、次のような方法で直径Dを計算してもよい。すなわち、ドロップレット計測制御部414は、ドロップレット271の像の進行方向における幅と当該進行方向に垂直な方向における幅との平均値をドロップレット271の直径Dとしてもよい。

[0122] 図8Aの処理で計算された直径Dは、図7の処理により、平均値が計算された後、ドロップレット計測制御部414を含むドロップレット計測器41から、ターゲット生成制御部74を含むターゲット生成装置7に出力されてもよい。

ターゲット生成装置7では、図6の処理により、出力された直径Dを読み込み、目標直径 D_t との差分に応じて圧力調節器721に設定する圧力設定値が決定され得る。目標直径 D_t は、例えば $10\mu\text{m} \sim 30\mu\text{m}$ であってもよい。

そして、ターゲット生成装置7では、決定された圧力設定値となるようにタンク261内の圧力が調節され、ターゲット27に加わる圧力が調節され得る。

[0123] 図9Aは、図7のステップS609でパラメータUを計算する処理の一例として、ドロップレット271の間隔dを計算する処理の例を示す。

図9Bは、撮像部412を構成するイメージセンサ412aで撮像されたドロップレット271の画像を模式的に示す。図9Bのドロップレット271d~271fは、チャンバ2内に順次出力された複数のドロップレット271を示し得る。

なお、図9Aの処理は、図8Aの処理と共に行われてもよい。

[0124] ステップS6093において、ドロップレット計測制御部414は、図7のステップS606で取得した画像データに含まれるドロップレット271の影の像から、隣り合う2つのドロップレット271の間隔dを計算しても

よい。

[0125] ステップS 6 0 9 4において、ドロップレット計測制御部4 1 4は、ステップS 6 0 9 3で計算した間隔dをパラメータ $U = d$ として記憶してもよい。

[0126] 図9 Bに示すように、イメージセンサ4 1 2 aの撮像時間 Δt の設定によっては、1回の撮像で取得された画像データには、複数のドロップレット2 7 1が含まれ得る。

パラメータUとして間隔dを計算する場合、1回の撮像で取得される画像データに複数のドロップレット2 7 1が含まれるように、イメージセンサ4 1 2 aの撮像時間 Δt を次のように設定してもよい。

[0127] イメージセンサ4 1 2 aの撮像範囲 $A_y \times B_z$ において、ドロップレット2 7 1の進行方向における撮像範囲の長さをAとする。ドロップレット2 7 1の進行速度をvとする。

このとき、撮像時間 Δt を次式の関係を満たすように設定してもよい。

$$(d - A) / v < \Delta t < d / v$$

上記右辺の d / v は、チャンバ2内に順次出力された隣り合う2つのドロップレット2 7 1の像が、分別不可能なまでに重ならない時間を意味し得る。

上記左辺の $(d - A) / v$ は、チャンバ2内に順次出力された隣り合う2つのドロップレット2 7 1の像が撮像範囲の中に含まれ得る時間を意味し得る。

これにより、撮像部4 1 2を構成するイメージセンサ4 1 2 aは、チャンバ2内に順次出力された隣り合う2つのドロップレット2 7 1の像が重ならず毎回撮像範囲に含まれるように撮像し得る。このため、ドロップレット計測制御部4 1 4は、毎回間隔dを計算し得る。

なお、 $d \leq A$ の場合、撮像時間 Δt は、 $0 < \Delta t < d / v$ と設定されてもよい。

[0128] また、ドロップレット2 7 1の進行速度vは、予め定められた速度に設定

されてもよい。

更に、ドロップレット271の進行速度 v は、次のような方法で計算されてもよい。特に、図9Bに示すように、1回の撮像で取得される画像データにおいて1つのドロップレット271に対応する影が1つの像として撮像されていれば、進行速度 v は、次のような方法で計算されてもよい。

[0129] ドロップレット計測制御部414は、異なるタイミングで同一のドロップレット271を撮像して取得された2つの画像データを比較してもよい。ドロップレット計測制御部414は、当該2つの画像データ間における特定のドロップレット271の像の変位を、計測間隔 K の間にドロップレット271が進行した距離として計算してもよい。または、ドロップレット計測制御部414は、1回の撮像において同一のドロップレット271に計測間隔 K をおいて2回パルス光を照射し、1つの画像データで多重露光画像を得てもよい。ドロップレット計測制御部414は、特定のドロップレット271の像の変位を、計測間隔 K の間にドロップレット271が進行した距離として計算してもよい。

そして、ドロップレット計測制御部414は、計算したドロップレット271の進行距離を計測間隔 K で除算することによって、ドロップレット271の進行速度 v を計算し得る。

[0130] 図9Aの処理で計算された間隔 d は、図7の処理により、平均値が計算された後、ドロップレット計測制御部414を含むドロップレット計測器41から、ターゲット生成制御部74を含むターゲット生成装置7に出力されてもよい。

ターゲット生成装置7では、図6の処理により、出力された間隔 d を読み込み、目標間隔 d_t との差分に応じて圧力調節器721に設定する圧力設定値が決定され得る。目標間隔 d_t は、例えば $500\mu\text{m} \sim 1000\mu\text{m}$ であってもよい。

そして、ターゲット生成装置7では、決定された圧力設定値となるようにタンク261内の圧力が圧力調節器721にて調節され、ターゲット27に

加わる圧力が調節され得る。

[0131] [5. 3 作用]

第1実施形態のEUV光生成装置1は、例えば、チャンバ2内に実際に出力されたドロップレット271の直径D及び間隔dが、一定の状態に保たれているかを正確に計測し得る。そして、EUV光生成装置1は、計測された直径D及び間隔dを、タンク261内のターゲット27に加わる圧力の調節にフィードバックし得る。

これにより、第1実施形態のEUV光生成装置1は、その稼働中にリアルタイムで、チャンバ2内に実際に出力されたドロップレット271の直径D及び間隔dを、それぞれの目標値に安定化させ得る。

[0132] 上記直径Dの安定化によって、EUV光生成装置1は、チャンバ2内のプラズマ生成領域25に対し、ドロップレット271を均一な大きさに供給し得る。このため、EUV光生成装置1は、EUV光252を安定して生成し得る。

上記間隔dの安定化によって、EUV光生成装置1は、チャンバ2内のプラズマ生成領域25に対し、ドロップレット271を一定の生成周波数fで供給し得る。このため、ドロップレット271の供給タイミングとパルスレーザー光33の照射タイミングとを容易に同期させ得る。ゆえに、EUV光生成装置1は、EUV光252を安定して生成し得る。

[0133] [6. 第2実施形態のEUV光生成装置が備えるターゲット生成システム]

[6. 1 構成]

第2実施形態のEUV光生成装置1が備えるターゲット生成システムの構成は、第1実施形態の構成と同様であるため、説明を省略する。

[0134] 第1実施形態では、パラメータUを計算する処理として、例えばドロップレット271の直径D及び間隔dを計算する処理を行ってもよい。

第2実施形態では、パラメータUを計算する処理として、例えばドロップレット271の位置Yを計算する処理を行ってもよい。

[0135] [6. 2 動作]

図 10 及び図 11 を用いて、第 2 実施形態の E U V 光生成装置 1 が備えるターゲット生成システムの動作について説明する。

第 2 実施形態の E U V 光生成装置 1 が備えるターゲット生成システムの動作は、図 10 及び図 11 のようにドロップレット計測処理及びパラメータ U の計算処理が、図 7 ～図 9 に示す第 1 実施形態の動作と異なる。

その他の動作は、第 1 実施形態の動作と同様であるため、説明を省略する。

[0136] 図 10 を用いて、ドロップレット計測制御部 414 のドロップレット計測処理について説明する。

ドロップレット計測制御部 414 は、ターゲット生成制御部 74 からの指示に依らずに、ドロップレット計測処理として以下の処理を行ってもよい。ターゲット生成制御部 74 が行う図 6 のターゲット生成制御処理と、ドロップレット計測制御部 414 が行う図 10 のドロップレット計測処理とは、並列的に処理され得る。

[0137] ステップ S701 ～ステップ S708 において、ドロップレット計測制御部 414 は、図 7 のステップ S601 ～ステップ S608 と同様の処理を行ってもよい。

[0138] ステップ S709 において、ドロップレット計測制御部 414 は、ステップ S706 で取得した画像データに含まれるドロップレット 271 のパラメータ U を計算してもよい。

第 2 実施形態では、パラメータ U を計算する処理の一例として、ドロップレット 271 の位置 Y を計算する処理の例を示す。

なお、ドロップレット 271 のパラメータ U を計算する処理については、図 11 A を用いて後述する。

[0139] ステップ S710 において、ドロップレット計測制御部 414 は、ステップ S709 で計算したパラメータ U を $U(N) = U$ として記憶してもよい。

このステップ S710 の処理は、図 7 のステップ S610 と同様の処理であってもよい。

[0140] ステップS 7 1 1において、ドロップレット計測制御部4 1 4は、パラメータUを $U=0$ に設定してもよい。

ドロップレット計測制御部4 1 4は、ステップS 7 0 6で取得した画像データにドロップレット2 7 1が含まれていなければ、ドロップレット2 7 1のパラメータUを $U=0$ とみなし得る。

[0141] ステップS 7 1 2において、ドロップレット計測制御部4 1 4は、ステップS 7 0 8で更新した計測個数Nが、 N_{max} 以上であるか否かを判定してもよい。

このステップS 7 1 2の処理は、図7のステップS 6 1 2と同様の処理であってもよい。

ドロップレット計測制御部4 1 4は、計測個数Nが N_{max} 以上であれば、ステップS 7 1 4に移行してもよい。一方、ドロップレット計測制御部4 1 4は、計測個数Nが N_{max} 以上でなければ、ステップS 7 1 3に移行してもよい。

[0142] ステップS 7 1 3において、ドロップレット計測制御部4 1 4は、ステップS 7 0 2でスタートしたタイマTの値が $1/F$ 以上であるか否かを判定してもよい。

Fは、ドロップレット2 7 1の生成周波数fの約数であってもよい。 $1/F$ は、ドロップレット2 7 1の生成周期の倍数に相当し得る。

ドロップレット計測制御部4 1 4は、タイマTの値が $1/F$ 以上でなければ、待機してもよい。一方、ドロップレット計測制御部4 1 4は、タイマTの値が $1/F$ 以上であれば、ステップS 7 0 2に移行してもよい。

[0143] ドロップレット計測制御部4 1 4は、ステップS 7 0 2でスタートしたタイマTの値がドロップレット2 7 1の生成周期の倍数に相当する $1/F$ に達するまで待機し得る。加えて、ドロップレット計測制御部4 1 4は、タイマTの値がドロップレット2 7 1の生成周期の倍数に相当する $1/F$ に達すると、次回の撮像としてステップS 7 0 3～ステップS 7 0 5を実行し得る。このため、ドロップレット2 7 1の生成周期と計測間隔Kとが同期し得る。

例えば、ドロップレット271の生成周波数 $f = 100\text{ kHz}$ 、 $F = 20\text{ Hz}$ とすると、ドロップレット計測制御部414は、計測間隔 $K = 20\text{ Hz}$ ごとにドロップレット271の生成周期と同期して撮像を行い得る。

[0144] ステップS714において、ドロップレット計測制御部414は、パラメータUの平均値を計算してもよい。

このステップS714の処理は、図7のステップS613と同様の処理であってもよい。

[0145] ステップS715において、ドロップレット計測制御部414は、ステップS714で計算したパラメータUの平均値をターゲット生成制御部74に出力してもよい。

このステップS715の処理は、図7のステップS614と同様の処理であってもよい。

[0146] ステップS716において、ドロップレット計測制御部414は、ドロップレット計測処理を停止するか否かを判定してもよい。

このステップS716の処理は、図7のステップS615と同様の処理であってもよい。

[0147] 図11を用いて、第2実施形態のドロップレット計測制御部414がドロップレット271のパラメータUを計算する処理について説明する。

図11Aは、図10のステップS709でパラメータUを計算する処理の一例として、ドロップレット271の位置Yを計算する処理の例を示す。

図11Bは、撮像部412を構成するイメージセンサ412aで撮像されたドロップレット271の画像を模式的に示す。図11Bのドロップレット271g~271iは、チャンバ2内に順次出力された複数のドロップレット271を示し得る。

[0148] ステップS7091において、ドロップレット計測制御部414は、図10のステップS706で取得した画像データに含まれるドロップレット271の影の像から当該ドロップレット271の位置Yを計算してもよい。

[0149] ステップS7092において、ドロップレット計測制御部414は、ステ

ップS 7 0 9 1 で計算した位置Yをパラメータ $U=Y$ として記憶してもよい。

[0150] ドロップレット2 7 1の位置Yは、ドロップレット2 7 1の進行方向における撮像範囲 $A_y \times B_z$ 内での相対位置であってもよい。

ドロップレット計測制御部4 1 4は、ドロップレット2 7 1の進行方向と撮像範囲 $A_y \times B_z$ の境界線との交点を通り、ドロップレット2 7 1の進行方向に直交する直線を基準線としてもよい。そして、ドロップレット計測制御部4 1 4は、当該基準線からドロップレット2 7 1までの距離を計算することによって、位置Yを計算してもよい。当該基準線は、例えば図1 1 Bにおいては、 $A_y 0$ に相当し得る。

[0151] 第2実施形態の撮像時間 Δt も、第1実施形態と同様に、次式を満たし得る。

$$(d - A) / v < \Delta t < d / v$$

よって、第2実施形態においても、撮像部4 1 2を構成するイメージセンサ4 1 2 aは、順次出力された隣り合う2つのドロップレット2 7 1の影の像を、互いの像が重ならないようにして毎回撮像し得る。このため、ドロップレット計測制御部4 1 4は、毎回位置Yを計算し得る。

[0152] 図1 1 Aの処理で計算された位置Yは、図1 0の処理により、平均値が計算された後、ドロップレット計測制御部4 1 4を含むドロップレット計測器4 1 から、ターゲット生成制御部7 4を含むターゲット生成装置7に出力されてもよい。

ターゲット生成装置7では、図6の処理により、出力された位置Yを読み込み、目標位置 Y_t との差分に応じて圧力調節器7 2 1に設定する圧力設定値が決定され得る。

そして、ターゲット生成装置7では、決定された圧力設定値となるようにタンク2 6 1内の圧力が圧力調節器7 2 1にて調節され、ターゲット2 7に加わる圧力が調節され得る。

[0153] [6. 3 作用]

第2実施形態のEUV光生成装置1は、チャンバ2内に実際に出力されたドロップレット271の軌道が、一定の状態に保たれているかを正確に計測し得る。そして、EUV光生成装置1は、計測された位置Yを、タンク261内のターゲット27に加わる圧力の調節にフィードバックし得る。

これにより、第2実施形態のEUV光生成装置1は、その稼働中にリアルタイムで、チャンバ2内に実際に出力されたドロップレット271の位置Yを、その目標値に安定化させ得る。

[0154] 上記位置Yの安定化によって、EUV光生成装置1は、チャンバ2内のプラズマ生成領域25の中でも所定の位置にドロップレット271を供給し得る。このため、EUV光生成装置1は、ドロップレット271の供給タイミングと計測タイミングとを容易に同期させ得る。ゆえに、EUV光生成装置1は、チャンバ2内でのドロップレット271の状態を安定して把握し得る。

[0155] [7. 第3実施形態のEUV光生成装置が備えるターゲット生成システム]
[7. 1 構成]

第3実施形態のEUV光生成装置1が備えるターゲット生成システムの構成は、第1実施形態の構成と同様であるため、説明を省略する。

[0156] 第1実施形態では、パラメータUを計算する処理として、例えばドロップレット271の直径D及び間隔dを計算する処理を行ってもよい。

第2実施形態では、パラメータUを計算する処理として、例えばドロップレット271の位置Yを計算する処理を行ってもよい。

第3実施形態では、パラメータUを計算する処理として、例えばドロップレット271の進行速度v及び流量Qを計算する処理を行ってもよい。

[0157] 第1及び第2実施形態では、ドロップレット計測器41の光源411aの点灯時間 $\Delta\tau$ が、ドロップレット271の生成周期よりも十分に短くてもよい。例えば、ドロップレット271の生成周期は10 μ s程度、点灯時間 $\Delta\tau$ は10ns～100nsであってもよい。

第3実施形態では、ドロップレット計測器41の光源411aの点灯時間

$\Delta \tau$ は、ドロップレット271の生成周期と同程度か短くてもよい。例えば、ドロップレット271の生成周期は10 μ s程度、点灯時間 $\Delta \tau$ は1 μ s～5 μ sであってもよい。

但し、これらの値は例示に過ぎず、実施する装置に合わせて適宜選択されるとよい。

[0158] [7. 2 動作]

図12～図14を用いて、第3実施形態のEUV光生成装置1が備えるターゲット生成システムの動作について説明する。

第3実施形態のEUV光生成装置1が備えるターゲット生成システムの動作は、図12～図14のようにドロップレット計測処理及びパラメータUの計算処理が、図7～図9に示す第1実施形態の動作と異なる。

その他の動作は、第1実施形態の動作と同様であるため、説明を省略する。

[0159] 図12を用いて、ドロップレット計測制御部414のドロップレット計測処理について説明する。

ドロップレット計測制御部414は、ターゲット生成制御部74からの指示に依らずに、ドロップレット計測処理として以下の処理を行ってもよい。ターゲット生成制御部74が行う図6のターゲット生成制御処理と、ドロップレット計測制御部414が行う図12のドロップレット計測処理とは、並列的に処理され得る。

[0160] ステップS801～ステップS808において、ドロップレット計測制御部414は、図7のステップS601～ステップS608と同様の処理を行ってもよい。

[0161] ステップS809において、ドロップレット計測制御部414は、ステップS806で取得した画像データに含まれるドロップレット271のパラメータUを計算してもよい。

第3実施形態では、パラメータUを計算する処理の一例として、ドロップレット271の進行速度 v 及び流量 Q を計算する処理の例を示す。

なお、ドロップレット271のパラメータ U を計算する処理については、図13A及び図14Aを用いて後述する。

[0162] ステップS810において、ドロップレット計測制御部414は、ステップS809で計算したパラメータ U を $U(N) = U$ として記憶してもよい。

このステップS810の処理は、図7のステップS610と同様の処理であってもよい。

[0163] ステップS811において、ドロップレット計測制御部414は、パラメータ U を $U = 0$ に設定し、ドロップレット271の生成周波数 f を $f = 0$ に設定してもよい。

ドロップレット計測制御部414は、ステップS806で取得した画像データにドロップレット271が含まれていなければ、ドロップレット271のパラメータ U を $U = 0$ 及びドロップレット271の生成周波数 f を $f = 0$ とみなし得る。

[0164] ステップS812～ステップS815において、ドロップレット計測制御部414は、図7のステップS612～ステップS615と同様の処理を行ってもよい。

[0165] 図13を用いて、第3実施形態のドロップレット計測制御部414がドロップレット271のパラメータ U を計算する処理について説明する。

図13Aは、図12のステップS809でパラメータ U を計算する処理の一例として、ドロップレット271の進行速度 v を計算する処理の例を示す。

図13Bは、撮像部412を構成するイメージセンサ412aで撮像されたドロップレット271の画像を模式的に示す。図13Bのドロップレット271j～271lは、チャンバ2内に順次出力された複数のドロップレット271を示し得る。

[0166] 第3実施形態の点灯時間 Δt は、ドロップレット271の生成周期と同程度か短くてもよい。このため、第3実施形態では、図13Bに示すように、1回の撮像で取得された画像データには、1つのドロップレット271の影

の像が、進行方向に伸びた像として撮像されることがあり得る。1つのドロップレット271の影の像が進行方向に伸びた像を、1つのドロップレット271の「影像軌跡」ともいう。

このとき、ドロップレット計測制御部414は、以下の処理を行って、ドロップレット271の進行速度 v を計算してもよい。

[0167] ステップS8091において、ドロップレット計測制御部414は、図12のステップS806で取得した画像データに含まれる複数のドロップレット271の影の像から、1つのドロップレット271の影像軌跡を特定してもよい。1つのドロップレット271の影像軌跡は、例えば図13Bにおいては、ドロップレット271kの影像軌跡に相当し得る。

[0168] ステップS8092において、ドロップレット計測制御部414は、ステップS8091で特定した影像軌跡からドロップレット271の直径 D を計算してもよい。

ドロップレット計測制御部414は、ドロップレット271の進行方向に垂直な方向における影像軌跡の幅をドロップレット271の直径 D としてもよい。

[0169] ステップS8093において、ドロップレット計測制御部414は、ステップS8091で特定した影像軌跡の長さ L を計算してもよい。

「影像軌跡の長さ L 」は、ドロップレット271の進行方向における影像軌跡の長さであってもよい。

[0170] ステップS8094において、ドロップレット計測制御部414は、順次出力された隣り合う2つのドロップレット271の影像軌跡の間隔 d を計算してもよい。

「順次出力された隣り合う2つのドロップレット271の影像軌跡」は、例えば図13Bにおいては、ステップS8091で特定した影像軌跡271kと、これの直近の影像軌跡271lとであってもよい。

「影像軌跡の間隔 d 」は、2つのドロップレット271の影像軌跡の間隔であって、ドロップレット271の進行方向における間隔であってもよい。

例えば図 1 3 B においては、影像軌跡 2 7 1 k と影像軌跡 2 7 1 l との、ドロップレット 2 7 1 の進行方向における間隔 d であってもよい。

[0171] ステップ S 8 0 9 5 において、ドロップレット計測制御部 4 1 4 は、ステップ S 8 0 9 2 で計算した直径 D と、ステップ S 8 0 9 3 で計算した長さ L とに基づいて、ドロップレット 2 7 1 の進行速度 v を計算してもよい。

ドロップレット計測制御部 4 1 4 は、ドロップレット 2 7 1 の進行速度 v を次式から計算してもよい。

$$v = (L - D) / \Delta \tau$$

上記右辺の (L - D) は、点灯時間 $\Delta \tau$ の間に 1 つのドロップレット 2 7 1 が進行した距離を意味し得る。

[0172] ステップ S 8 0 9 6 において、ドロップレット計測制御部 4 1 4 は、ステップ S 8 0 9 5 で計算したドロップレット 2 7 1 の進行速度 v をパラメータ $U = v$ として記憶してもよい。

[0173] なお、第 3 実施形態の撮像時間 Δt も、第 1 実施形態と同様に、次式を満たし得る。

$$(d - A) / v < \Delta t < d / v$$

よって、第 3 実施形態においても、撮像部 4 1 2 を構成するイメージセンサ 4 1 2 a は、順次出力された隣り合う 2 つのドロップレット 2 7 1 の影像軌跡を、互いの影像軌跡が重ならないようにして毎回撮像し得る。このため、ドロップレット計測制御部 4 1 4 は、毎回進行速度 v 及び流量 Q を計算し得る。

[0174] 図 1 3 A の処理で計算された進行速度 v は、図 1 2 の処理により、平均値が計算された後、ドロップレット計測制御部 4 1 4 を含むドロップレット計測器 4 1 から、ターゲット生成制御部 7 4 を含むターゲット生成装置 7 に出力されてもよい。

ターゲット生成装置 7 では、図 6 の処理により、出力された進行速度 v を読み込み、目標進行速度 v_t との差分に応じて圧力調節器 7 2 1 に設定する圧力設定値が決定され得る。目標進行速度 v_t は、例えば $50 \text{ m/s} \sim 10$

0 m/sであってもよい。

そして、ターゲット生成装置 7 では、決定された圧力設定値となるようにタンク 261 内の圧力が調節され、ターゲット 27 に加わる圧力が調節され得る。

[0175] 図 14 A は、図 12 のステップ S809 でパラメータ U を計算する処理の一例として、ドロップレット 271 の流量 Q を計算する処理の例を示す。

図 14 B は、撮像部 412 を構成するイメージセンサ 412a で撮像されたドロップレット 271 の画像を模式的に示す。図 14 B のドロップレット 271m ~ 271o は、チャンバ 2 内に順次出力された複数のドロップレット 271 を示し得る。

なお、図 14 A の処理は、図 13 B の処理と共に行われてもよい。

[0176] ステップ S8101 ~ ステップ S8105 において、ドロップレット計測制御部 414 は、図 13 A のステップ S8091 ~ 8095 と同様の処理を行ってもよい。

[0177] ステップ S8106 において、ドロップレット計測制御部 414 は、ステップ S8104 で計算した間隔 d と、ステップ S8105 で計算した進行速度 v とに基づいて、ドロップレット 271 の生成周波数 f を計算してもよい。

ドロップレット計測制御部 414 は、ドロップレット 271 の生成周波数 f を次式から計算してもよい。

$$f = v / d$$

[0178] ステップ S8107 において、ドロップレット計測制御部 414 は、ステップ S8102 で計算したドロップレット 271 の直径 D に基づいて、ドロップレット 271 の体積 V を計算してもよい。

ドロップレット計測制御部 414 は、ドロップレット 271 の体積 V を次式から計算してもよい。

$$V = (4 / 3) \pi (D / 2)^3$$

[0179] ステップ S8108 において、ドロップレット計測制御部 414 は、ステ

ップS 8 1 0 6で計算した生成周波数 f と、ステップS 8 1 0 7で計算した体積 V とに基づいて、ドロップレット2 7 1の流量 Q を計算してもよい。

ドロップレット計測制御部4 1 4は、ドロップレット2 7 1の流量 Q を次式から計算してもよい。

$$Q = f \cdot V$$

[0180] ステップS 8 1 0 9において、ドロップレット計測制御部4 1 4は、ステップS 8 1 0 8で計算したドロップレット2 7 1の流量 Q をパラメータ $U = Q$ として記憶してもよい。

[0181] 図1 4 Aの処理で計算された流量 Q は、図1 2の処理により、平均値が計算された後、ドロップレット計測制御部4 1 4を含むドロップレット計測器4 1 から、ターゲット生成制御部7 4を含むターゲット生成装置7に出力されてもよい。

ターゲット生成装置7では、図6の処理により、出力された流量 Q を読み込み、目標流量 Q_t との差分に応じて圧力調節器7 2 1に設定する圧力設定値が決定され得る。

そして、ターゲット生成装置7では、決定された圧力設定値となるようにタンク2 6 1内の圧力が調節され、ターゲット2 7に加わる圧力が調節され得る。

[0182] [7. 3 作用]

第3実施形態のEUV光生成装置1は、チャンバ2内に実際に出力されたドロップレット2 7 1の進行速度 v 及び流量 Q が、一定の状態に保たれているかを正確に計測し得る。そして、EUV光生成装置1は、計測された進行速度 v 及び流量 Q を、タンク2 6 1内のターゲット2 7に加わる圧力の調節にフィードバックし得る。

これにより、第3実施形態のEUV光生成装置1は、その稼働中にリアルタイムで、チャンバ2内に実際に出力されたドロップレット2 7 1の進行速度 v 及び流量 Q を、それぞれの目標値に安定化させ得る。

[0183] 上記進行速度 v の安定化によって、EUV光生成装置1は、チャンバ2内

のプラズマ生成領域 25 に対し、ドロップレット 271 を一定速度で供給し得る。このため、ドロップレット 271 の供給タイミングとパルスレーザ光 33 の照射タイミングとを容易に同期させ得る。ゆえに、EUV 光生成装置 1 は、EUV 光 252 を安定して生成し得る。

上記流量 Q の安定化によって、EUV 光生成装置 1 は、チャンバ 2 内のプラズマ生成領域 25 に対し、ドロップレット 271 を一定流量で供給し得る。このため、EUV 光生成装置 1 は、EUV 光 252 を安定して生成し得る。

[0184] [8. ドロップレット形成機構の変形例に係る EUV 光生成装置が備えるターゲット生成システム]

図 15 及び図 16 を用いて、ドロップレット形成機構 73 の変形例に係る EUV 光生成装置 1 が備えるターゲット生成システムについて説明する。

ドロップレット形成機構 73 の変形例に係る EUV 光生成装置 1 が備えるターゲット生成システムの構成は、図 15 のようにドロップレット形成機構 73 の構成が、図 5 に示した第 1 実施形態の構成と異なる。

その他の構成は、第 1 実施形態の構成と同様であるため、説明を省略する。

ドロップレット形成機構 73 の変形例に係る EUV 光生成装置 1 が備えるターゲット生成システムの動作は、図 16 のようにターゲット生成制御処理が、図 6 に示した第 1 実施形態のターゲット生成処理と異なる。

その他の動作は、第 1 実施形態の動作と同様であるため、説明を省略する。

[0185] 図 5 に示すような第 1 実施形態のドロップレット形成機構 73 は、コンティニュアスジェット方式によりドロップレット 271 を形成し得る。

図 15 に示す変形例のドロップレット形成機構 73 は、静電引き出し方式によりドロップレット 271 を形成してもよい。

図 15 に示す変形例のドロップレット形成機構 73 は、ターゲット帯電電極 733 と、DC 電圧電源 734 と、引出電極 735 と、パルス電圧電源 7

３６とを含んでもよい。

[0186] ターゲット帯電電極 ７３３は、タンク ２６１内のターゲット ２７に接していてもよく、ノズル ２６２付近に固定されてもよい。ターゲット帯電電極 ７３３は、ＤＣ電圧電源 ７３４と接続されてもよい。ＤＣ電圧電源 ７３４は、ターゲット帯電電極 ７３３に電圧を印加してもよい。

これに伴って、ターゲット帯電電極 ７３３と接するターゲット ２７にも電圧が印加され得る。

[0187] 引出電極 ７３５は、円環形状に形成されてもよい。引出電極 ７３５は、ノズル孔 ２６２ a と間隔をあけてターゲット進行経路 ２７２上に設けられてもよい。円環形状の引出電極 ７３５の中心軸とノズル孔 ２６２ a の中心軸とは同一直線上にあってもよい。

引出電極 ７３５は、パルス電圧電源 ７３６と接続されてもよい。パルス電圧電源 ７３６は、パルス電圧を引出電極 ７３５に印加してもよい。

パルス電圧が印加された引出電極 ７３５は、ターゲット ２７との間に静電気力を発生させ得る。ターゲット ２７と引出電極 ７３５との間に静電気力が発生することによって、ターゲット ２７は、ノズル孔 ２６２ a から突出し、やがて分離され得る。分離されたターゲット ２７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 ２７１を形成し得る。このとき、ドロップレット ２７１は帯電していてもよい。

[0188] パルス電圧電源 ７３６は、ターゲット生成制御部 ７４と接続されてもよい。ターゲット生成制御部 ７４は、チャンバ ２内にドロップレット ２７１を出力すべきタイミングに合わせて、パルス電圧電源 ７３６に出力要求信号を出力してもよい。

パルス電圧電源 ７３６は、ターゲット生成制御部 ７４からの出力要求信号に基づいて、引出電極 ７３５に対してパルス電圧を印加してもよい。

[0189] 静電引き出し方式では、引出電極 ７３５に任意のタイミングでパルス電圧を印加することで、引出電極 ７３５とターゲット ２７との間に静電気力を生じさせ、任意のタイミングでドロップレット ２７１を出力し得る。

また、静電引き出し方式では、タンク 261 内のターゲット 27 に加わる外力として、圧力調節機構 72 による圧力の他に、引出電極 735 とターゲット 27 との間の静電気力があり得る。一方、コンティニュアスジェット方式では、タンク 261 内のターゲット 27 に加わる外力として、当該静電気力が得られない。このため、静電引き出し方式では、圧力調節機構 72 によってターゲット 27 に加えるべき圧力を、コンティニュアスジェット方式よりも抑制し得る。

[0190] ターゲット生成制御部 74 は、EUV 光生成制御部 5 から出力されたターゲット生成信号が入力されると、図 4 に示したターゲット供給処理を行う。そして、ターゲット生成制御部 74 は、図 4 のステップ S4 においてターゲット生成制御処理を行う。

図 16 を用いて、ドロップレット形成機構 73 の変形例に係るターゲット生成制御部 74 が行うターゲット生成制御処理について説明する。

[0191] ステップ S421 において、ターゲット生成制御部 74 は、圧力調節器 721 に設定する圧力設定値 P_t を P_0 に設定してもよい。 P_0 は、パラメータの目標値 U_t に対応する圧力値であってもよい。 P_0 は、例えば 1 MPa ~ 5 MPa であってもよい。

[0192] ステップ S422 において、ターゲット生成制御部 74 は、ステップ S421 で設定した圧力設定値 P_t を圧力調節器 721 に出力してもよい。

圧力調節器 721 は、圧力設定値 P_t に相当する不活性ガスをガスボンベ 725 からタンク 261 内へ給気し得る。

タンク 261 内の溶融したターゲット 27 が加圧されて、溶融したターゲット 27 がノズル孔 262a から突出し得る。

[0193] ステップ S423 において、ターゲット生成制御部 74 は、パルス電圧電源 736 に所定周波数で出力要求信号を出力してもよい。

この所定周波数は、ドロップレット 271 が所定の生成周波数 f で生成されるような周波数であってもよい。所定の生成周波数 f は、例えば 50 kHz ~ 100 kHz であってもよい。

パルス電圧電源 736 は、所定周波数で出力要求信号が入力されると、引出電極 735 に所定周波数でパルス電圧を印加し得る。所定周波数で引出電極 735 にパルス電圧が印加されると、引出電極 735 とターゲット 27 との間に所定周波数で静電気力が生じ得る。ノズル孔 262a からターゲット 27 が突出されていれば、所定周波数で生じた静電気力によって当該ターゲット 27 が分離され、ドロップレット 271 が形成され得る。

[0194] ステップ S424～ステップ S430 において、ターゲット生成制御部 74 は、図 6 のステップ S404～ステップ S410 と同様の処理を行ってもよい。

[0195] ドロップレット形成機構 73 の変形例に係るドロップレット計測制御部 414 が行うドロップレット計測処理及びパラメータの計算に係る処理は、図 7～図 9 に示した第 1 実施形態の処理と同様であってもよい。

[0196] ドロップレット形成機構 73 の変形例に係る E U V 光生成装置 1 は、静電引き出し方式によりドロップレット 271 を形成し得るため、タンク 261 内のターゲット 27 に加えるべき圧力を抑制し得る。このため、ドロップレット形成機構 73 の変形例に係る E U V 光生成装置 1 は、パラメータの計測結果に基づいてターゲット 27 に加えるべき圧力を調節する際、圧力修正量が小さくても所望の圧力値に容易に到達し得る。

これにより、ドロップレット形成機構 73 の変形例に係る E U V 光生成装置 1 は、チャンバ 2 内に実際に出力されたドロップレット 271 のパラメータを、その目標値に迅速に安定化させ得る。

[0197] [9. 第 4 実施形態の E U V 光生成装置が備えるターゲット生成システム]
[9. 1 構成]

図 17 を用いて、第 4 実施形態の E U V 光生成装置 1 が備えるターゲット生成システムの構成について説明する。

[0198] 上述したように、第 1～第 3 実施形態の E U V 光生成装置 1 は、チャンバ 2 内に実際に出力された複数のドロップレット 271 の状態に関するパラメータを計測し得る。

そして、第1～第3実施形態のEUV光生成装置1は、その計測結果に基づいて圧力調節器721を制御することで、チャンバ2内に実際に出力されたドロップレット271の状態を一定の状態に保ち得る。それにより、第1～第3実施形態のEUV光生成装置1は、EUV光252を安定して生成し得る。

一方、圧力調節器721を制御するとき、ターゲット生成制御部74が圧力調節器721に圧力設定値 P_t を設定してからタンク261内の実際の圧力が当該圧力設定値 P_t に到達するまでにはタイムラグが生じ得る。当該タイムラグの間、ドロップレット271の進行速度 v は一定値ではなく変動することが有り得る。このため、当該タイムラグの間、プラズマ生成領域25へのドロップレット271の供給タイミングとパルスレーザ光33の照射タイミングとが同期しないことが有り得る。

第4実施形態のEUV光生成装置1は、プラズマ生成領域25へのドロップレット271の供給タイミングとパルスレーザ光33の照射タイミングとを同期させるEUV光生成装置1であってもよい。

[0199] 第4実施形態のEUV光生成装置1が備えるターゲット生成システムは、ドロップレット計測器41と、ドロップレットタイミング計測器42と、遅延回路82と、ターゲット生成装置7とを備えてもよい。

ターゲット生成装置7の構成は、第1～第3実施形態の構成と同様であるため、説明を省略する。

[0200] ドロップレットタイミング計測器42は、チャンバ2内に出力されたドロップレット271が所定位置Pを通過したタイミングを計測してもよい。当該所定位置Pは、ターゲット進行経路272に沿ってプラズマ生成領域25からターゲット供給部26側に距離Hだけ離れた位置であってもよい。

ドロップレットタイミング計測器42は、光源部421と、受光部422とを備えてもよい。

[0201] 光源部421と受光部422とは、ターゲット進行経路272を挟んで互いに対向して配置されてもよい。

光源部 4 2 1 と受光部 4 2 2 との対向方向は、ターゲット進行経路 2 7 2 と直交してもよい。

[0202] 光源部 4 2 1 は、ターゲット進行経路 2 7 2 を進行するドロップレット 2 7 1 に連続光を照射してもよい。ドロップレット 2 7 1 に照射される連続光は、連続レーザ光であってもよい。

光源部 4 2 1 は、光源 4 2 1 a と、照明光学系 4 2 1 b と、ウィンドウ 4 2 1 c とを含んでもよい。

[0203] 光源 4 2 1 a は、例えば、CW (Continuous Wave) レーザ発振器等の連続レーザ光を出射する光源であってもよい。

[0204] 照明光学系 4 2 1 b は、レンズ等を含む光学系であってもよい。当該レンズは、例えばシリンドリカルレンズであってもよい。照明光学系 4 2 1 b は、光源 4 2 1 a から出射された連続レーザ光を、ウィンドウ 4 2 1 c を介してターゲット進行経路 2 7 2 上の所定位置 P に集光してもよい。所定位置 P における連続レーザ光の集光ビームサイズは、ドロップレット 2 7 1 の直径（例えば $20\ \mu\text{m}$ ）よりも十分に大きくてもよい。

[0205] 受光部 4 2 2 は、光源部 4 2 1 から出射された連続レーザ光を受光し、連続レーザ光の光強度を検出してもよい。

受光部 4 2 2 は、光センサ 4 2 2 a と、受光光学系 4 2 2 b と、ウィンドウ 4 2 2 c とを含んでもよい。

[0206] 受光光学系 4 2 2 b は、コリメータ等の光学系であってもよく、レンズ等の光学素子によって構成されていてもよい。受光光学系 4 2 2 b は、光源部 4 2 1 から出射された連続レーザ光を、ウィンドウ 4 2 2 c を介して光センサ 4 2 2 a に導いてもよい。

[0207] 光センサ 4 2 2 a は、フォトダイオードを含む受光素子であってもよい。光センサ 4 2 2 a は、受光光学系 4 2 2 b によって導かれた連続レーザ光の光強度を検出してもよい。

光センサ 4 2 2 a は、ドロップレット計測器 4 1 のドロップレット計測制御部 4 1 4 及び遅延回路 8 2 と接続されてもよい。光センサ 4 2 2 a は、検

出した光強度の検出信号をドロップレット計測制御部 4 1 4 及び遅延回路 8 2 に出力してもよい。

[0208] 上記構成によって、光源部 4 2 1 は、連続レーザ光をターゲット進行経路 2 7 2 上の所定位置 P に向かって出射し得る。ターゲット進行経路 2 7 2 を進行するドロップレット 2 7 1 が所定位置 P を通過すると、光源部 4 2 1 から出射された連続レーザ光が当該ドロップレット 2 7 1 を照射し得る。

受光部 4 2 2 は、光源部 4 2 1 から出射された連続レーザ光の光強度を検出し得る。ドロップレット 2 7 1 がターゲット進行経路 2 7 2 上の所定位置 P を通過すると、当該ドロップレット 2 7 1 により遮蔽された連続レーザ光の受光部 4 2 2 における光強度は低下し得る。受光部 4 2 2 は、ドロップレット 2 7 1 の通過による光強度の低下に応じた検出信号をドロップレット計測制御部 4 1 4 及び遅延回路 8 2 に出力し得る。

なお、ドロップレット 2 7 1 による光強度の低下に応じた検出信号を、「ドロップレット通過信号」ともいう。

[0209] このようにして、ドロップレットタイミング計測器 4 2 は、チャンバ 2 内に出力されたドロップレット 2 7 1 が所定位置 P を通過したタイミングを計測し得る。そして、ドロップレットタイミング計測器 4 2 は、当該タイミングでドロップレット通過信号をドロップレット計測制御部 4 1 4 及び遅延回路 8 2 に出力し得る。

なお、チャンバ 2 内に出力されたドロップレット 2 7 1 が所定位置 P を通過したタイミングを「通過タイミング」ともいう。

[0210] 遅延回路 8 2 は、ドロップレット通過信号が出力されてから「遅延時間 T_d 」だけ遅延したタイミングで「トリガ信号」をレーザ装置 3 に出力してもよい。

遅延回路 8 2 から出力されるトリガ信号は、レーザ装置 3 がレーザ発振を行ってパルスレーザ光 3 1 を出力する契機を与える信号であってもよい。

遅延時間 T_d は、パルスレーザ光 3 3 がプラズマ生成領域 2 5 に集光されるタイミングを、ドロップレット 2 7 1 がプラズマ生成領域 2 5 に到達する

タイミングに同期させるための遅延時間であってもよい。すなわち、遅延時間 T_d は、パルスレーザ光 33 の照射タイミングを、プラズマ生成領域 25 へのドロップレット 271 の供給タイミングに同期させるための遅延時間であってもよい。それにより、ターゲット進行経路 272 上の所定位置 P を通過したドロップレット 271 がプラズマ生成領域 25 に到達すると、当該ドロップレット 271 にパルスレーザ光 33 が照射され得る。

遅延時間 T_d は、ドロップレット計測制御部 414 によって計算され、遅延回路 82 に設定されてもよい。

[0211] ドロップレット計測器 41 に含まれるドロップレット計測制御部 414 は、画像取得制御部 413 から出力された画像データに基づいて、ドロップレット 271 のパラメータ U を計算してもよい。特に、ドロップレット計測制御部 414 は、画像取得制御部 413 から出力された画像データに基づいて、ドロップレット 271 の進行速度 v を計算してもよい。

ドロップレット計測制御部 414 は、入力されたドロップレット通過信号に基づいて、ドロップレット 271 の生成周波数 f を計算してもよい。

ドロップレット計測制御部 414 は、ドロップレット 271 の進行速度 v 及び生成周波数 f に基づいて、遅延時間 T_d を計算してもよい。

ドロップレット計測制御部 414 は、計算した遅延時間 T_d を遅延回路 82 に設定してもよい。

なお、ドロップレット計測器 41 における他の構成については、第 1～第 3 実施形態の構成と同様であるため、説明を省略する。

[0212] [9. 2 動作]

図 18 及び図 19 を用いて、第 4 実施形態の E U V 光生成装置 1 が備えるターゲット生成システムの動作について説明する。

第 4 実施形態の E U V 光生成装置 1 が備えるターゲット生成システムの動作は、図 18 及び図 19 のようにドロップレット計測処理及びパラメータ U の計算処理が、図 7～図 14 B に示す第 1～第 3 実施形態の動作と異なる。

その他の動作は、第 1～第 3 実施形態の動作と同様であるため、説明を省

略する。

[0213] 図 18 を用いて、ドロップレット計測制御部 414 のドロップレット計測処理について説明する。

ドロップレット計測制御部 414 は、ターゲット生成制御部 74 からの指示に依らずに、ドロップレット計測処理として以下の処理を行ってもよい。ターゲット生成制御部 74 が行う図 6 のターゲット生成制御処理と、ドロップレット計測制御部 414 が行う図 18 のドロップレット計測処理とは、並列的に処理され得る。

また、ドロップレット計測制御部 414 は、図 18 のドロップレット計測処理と、図 7、図 10、図 12 のドロップレット計測処理とを並列的に行ってもよい。

[0214] ステップ S901 において、ドロップレット計測制御部 414 は、ドロップレット 271 がチャンバ 2 内の所定位置 P を通過した個数である通過個数 I を、 $I = 0$ としてリセットしてもよい。

ドロップレット計測制御部 414 には、ドロップレット 271 がチャンバ 2 内の所定位置 P を通過するごとに、ドロップレットタイミング計測器 42 からドロップレット通過信号が入力され得る。

ドロップレット計測制御部 414 は、ドロップレット通過信号が入力された回数及びタイミングに応じて、所定位置 P を通過したドロップレット 271 の個数及び通過タイミングを認識し得る。

ドロップレット計測制御部 414 は、所定位置 P を通過したドロップレット 271 の個数を計数する前に、通過個数 I の値をリセットしてもよい。

[0215] ステップ S902～ステップ S907 において、ドロップレット計測制御部 414 は、図 7 のステップ S602～ステップ S607 と同様の処理を行ってもよい。

ドロップレット計測制御部 414 は、取得した画像データにドロップレット 271 が含まれていれば、ステップ S908 に移行してもよい。一方、ドロップレット計測制御部 414 は、取得した画像データにドロップレット 2

71が含まれていなければ、ステップS911に移行してもよい。

- [0216] ステップS908において、ドロップレット計測制御部414は、ドロップレット271がチャンバ2内の所定位置Pを通過した個数である通過個数Iを更新してもよい。

ドロップレット計測制御部414は、ドロップレット通過信号が入力されるごとに通過個数Iを次式のようにインクリメントすることによって更新してもよい。

$$I = I + 1$$

- [0217] ステップS909において、ドロップレット計測制御部414は、ステップS906で取得された画像データに含まれるドロップレット271のパラメータUとして、ドロップレット271の進行速度vを計算してもよい。

なお、ドロップレット271の進行速度vを計算する処理については、図19を用いて後述する。

- [0218] ステップS910において、ドロップレット計測制御部414は、ステップS909で計算されたドロップレット271のパラメータUの1つである進行速度vを $v(I) = v$ として記憶してもよい。

$v(I)$ は、ステップS909で計算された進行速度vを、ステップS908で更新された通過個数Iに対応付けて記憶された値に相当し得る。

ドロップレット計測制御部414は、現在及び過去に計算した複数の進行速度vの値を、それぞれの計算時における通過個数Iの値に対応付けて記憶し得る。

- [0219] ステップS911において、ドロップレット計測制御部414は、進行速度vを $v = 0$ に設定してもよい。

ドロップレット計測制御部414は、ステップS906で取得された画像データにドロップレット271が含まれていなければ、ドロップレット271の進行速度vを $v = 0$ とみなし得る。

- [0220] ステップS912において、ドロップレット計測制御部414は、ステップS908で更新された通過個数Iが、 I_{max} 以上であるか否かを判定し

てもよい。

l_{max} は、所定位置Pを通過したドロップレット271の進行速度 v の平均値を計算するために必要な通過個数 l を示す閾値であってもよい。 l_{max} は、進行速度 v のばらつきを考慮して統計的手法によって予め定められた値であってもよい。

ドロップレット計測制御部414は、通過個数 l が l_{max} 以上であれば、ステップS913に移行してもよい。一方、ドロップレット計測制御部414は、通過個数 l が l_{max} 以上でなければ、ステップS902に移行してもよい。

[0221] ステップS913において、ドロップレット計測制御部414は、進行速度 v の平均値を計算してもよい。

ドロップレット計測制御部414は、進行速度 v の平均値を次式から計算してもよい。

$$v = \{v(1) + v(2) + \dots + v(l_{max})\} / l_{max}$$

[0222] ステップS914において、ドロップレット計測制御部414は、ステップS913で計算された進行速度 v の平均値を用いて、遅延回路82に設定する遅延時間 T_d を計算してもよい。

ドロップレット計測制御部414は、次のようにして遅延時間 T_d を計算してもよい。

[0223] まず、ドロップレット計測制御部414は、チャンバ2内に出力されたドロップレット271が所定位置Pを通過してからプラズマ生成領域25に到達するまでの時間 t_1 を、次式から計算してもよい。

$$t_1 = H / v \quad (A)$$

上記右辺の v は、ステップS913で計算された進行速度 v の平均値であり得る。上記右辺の H は、所定位置Pからプラズマ生成領域25までの距離であり得る。

ドロップレット計測制御部414は、遅延時間 T_d を計算する際に、現在

及び過去に計算した複数の進行速度 v の平均値を用いることで、遅延時間 T_d の計算精度を高め得る。

続いて、ドロップレット計測制御部 414 は、上記の式で計算された t_1 を用いて、遅延回路 82 に設定する遅延時間 T_d を次式から計算してもよい。

$$T_d = t_1 - t_a \quad (B)$$

上記右辺の t_a は、遅延回路 82 がトリガ信号をレーザ装置 3 に出力してからパルスレーザ光 33 がプラズマ生成領域 25 に集光されるまでに必要な時間であり得る。すなわち、パルスレーザ光 33 は、ドロップレット通過信号が出力されてから「遅延時間 T_d + 時間 t_a 」だけ経過したタイミングでプラズマ生成領域 25 に集光され得る。

上記の (A) 式を (B) 式に代入すると、ドロップレット計測制御部 414 は、遅延時間 T_d を次式から計算し得る。

$$T_d = (H/v) - t_a$$

[0224] ステップ S915 において、ドロップレット計測制御部 414 は、ステップ S914 で計算された遅延時間 T_d を遅延回路 82 に設定してもよい。

ドロップレット計測制御部 414 は、遅延時間 T_d を遅延回路 82 に設定することで、パルスレーザ光 33 の照射タイミングをドロップレットの通過タイミングに基づいて制御し得る。

[0225] ステップ S916 において、ドロップレット計測制御部 414 は、ドロップレット計測処理を停止するか否かを判定してもよい。

ドロップレット計測制御部 414 は、次のような場合に図 18 に示されたドロップレット計測処理を一旦停止してもよい。

ドロップレット計測処理が停止される場合とは、例えば、ターゲット生成制御部 74 が圧力調節器 721 に圧力設定値 P_t を設定してからタンク 261 内の実際の圧力が当該圧力設定値 P_t に到達するまでに要する時間が経過した場合が考えられる。また、例えば、不測の事態によるエラーが発生した

場合が考えられる。

ドロップレット計測制御部414は、ドロップレット計測処理を停止しないのであれば、ステップS901に移行してもよい。一方、ドロップレット計測制御部414は、ドロップレット計測処理を停止するのであれば、そのまま本処理を終了してもよい。

[0226] なお、図18に示されたステップS912の処理で用いる l_{max} は、図7のステップS612の処理で用いる N_{max} の値（100個～1000個）に対して小さな値であってもよい。 l_{max} は、例えば $l_{max}=1$ であってもよい。

l_{max} が小さな値であれば、ドロップレット計測制御部414は、遅延時間 T_d を頻繁に計算して遅延回路82に設定することとなり得る。そして、遅延回路82からレーザ装置3に出力されるトリガ信号の出力タイミングは、頻繁に調整され得る。そして、プラズマ生成領域25へのパルスレーザ光33の照射タイミングは、頻繁に調整され得る。

このため、 l_{max} が小さな値であれば、ドロップレット計測制御部414は、ドロップレット271の進行速度 v が変動した際、当該変動に即座に応答してパルスレーザ光33の照射タイミングを調整し得る。すなわち、 l_{max} が小さな値であれば、ドロップレット計測制御部414は、プラズマ生成領域25へのドロップレット271の供給タイミングの変動に対して、パルスレーザ光33の照射タイミングを迅速に同期させ得る。

上述のように、ドロップレット計測制御部414は、図18のドロップレット計測処理と、図7、図10、図12のドロップレット計測処理とを並列的に行ってもよい。この場合、 l_{max} は、 $l_{max} < N_{max}$ であることが好ましい。

[0227] 図19を用いて、第4実施形態のドロップレット計測制御部414がドロップレット271のパラメータUの1つである進行速度 v を計算する処理について説明する。

図19は、図18のステップS909でドロップレット271の進行速度

v を計算する処理の例を示す。

[0228] ステップS9091において、ドロップレット計測制御部414は、ドロップレット271の生成周波数fを計算してもよい。

上述のように、ドロップレット計測制御部414には、ドロップレット271がチャンバ2内の所定位置Pを通過するごとに、ドロップレットタイミング計測器42からドロップレット通過信号が入力され得る。

ドロップレット計測制御部414は、単位時間当たりでのドロップレット通過信号の入力回数を、ドロップレット271の生成周波数fとしてもよい。この場合、 $l_{max} \geq 2$ とするとよく、 $l = 1$ のときは、図18のステップS909における処理を $v(1) = 0$ としてスキップしてもよい。さらに、ステップS913における処理として、次式を用いてもよい。

$$v = \{v(2) + \dots + v(l_{max})\} / (l_{max} - 1)$$

[0229] また、図6のステップS403の処理で説明したように、ターゲット生成制御部74は、所定の生成周波数fでドロップレット271が生成されるようピエゾ電源732を介してピエゾ素子731へ所定波形の電力を供給してもよい。

そこで、ドロップレット計測制御部414は、ピエゾ素子731への電力供給を制御する際に用いる当該所定の生成周波数fの情報を、ターゲット生成制御部74から受け取って、ステップS9091で計算するドロップレット271の生成周波数fとしてもよい。

或いは、ドロップレット計測制御部414は、所定の生成周波数fに関する情報を、予め記憶しておき、ステップS9091で計算するドロップレット271の生成周波数fとしてもよい。

[0230] ステップS9092において、ドロップレット計測制御部414は、図18のステップS906で取得された画像データに含まれるドロップレット271の影の像から、隣り合う2つのドロップレット271の間隔dを計算してもよい。

[0231] ステップS9093において、ドロップレット計測制御部414は、ドロ

ドロップレット 271 の進行速度 v を計算してもよい。

ドロップレット計測制御部 414 は、ステップ S9091 で計算した生成周波数 f と、ステップ S9092 で計算した間隔 d とを用いて、ドロップレット 271 の進行速度 v を次式から計算してもよい。

$$v = d \cdot f$$

ドロップレット計測制御部 414 は、計算された進行速度 v を記憶したら、本処理を終了してもよい。

[0232] ドロップレット計測制御部 414 は、ドロップレット 271 の進行速度 v を計算するために、図 19 の処理を行うのではなく図 13A の処理を行ってもよい。

[0233] 図 19 の処理で計算された進行速度 v は、図 18 の処理により、平均値が計算された後、ドロップレット計測制御部 414 を含むドロップレット計測器 41 から、ターゲット生成制御部 74 を含むターゲット生成装置 7 に出力されてもよい。

ターゲット生成装置 7 では、図 6 の処理により、出力された進行速度 v を読み込み、目標進行速度 v_t との差分に応じて圧力調節器 721 に設定する圧力設定値が決定され得る。目標進行速度 v_t は、例えば $50 \text{ m/s} \sim 100 \text{ m/s}$ であってもよい。

そして、ターゲット生成装置 7 では、決定された圧力設定値となるようにタンク 261 内の圧力が調節され、ターゲット 27 に加わる圧力が調節され得る。

すなわち、第 4 実施形態の E U V 光生成装置 1 は、ドロップレット計測器 41 で計測されたパラメータ U の 1 つであるドロップレット 271 の進行速度 v に基づいて、パルスレーザ光 33 の照射タイミングと圧力調節器 721 との両方を制御し得る。

[0234] [9. 3 作用]

第 4 実施形態の E U V 光生成装置 1 は、チャンバ 2 内に実際に出力されたドロップレット 271 の進行速度 v が、一定の状態に保たれているかを正確

に計測し得る。そして、EUV光生成装置1は、計測された進行速度 v が変動しても、当該変動に即座に応答してパルスレーザ光33の照射タイミングを調整し得る。

すなわち、第4実施形態のEUV光生成装置1は、プラズマ生成領域25へのドロップレット271の供給タイミングの変動に対して、パルスレーザ光33の照射タイミングを迅速に同期させ得る。

それにより、第4実施形態のEUV光生成装置1は、進行速度 v の変動に伴ってプラズマ生成領域25へのドロップレット271の供給タイミングが変動しても、当該ドロップレット271にパルスレーザ光33を照射し得る。

よって、第4実施形態のEUV光生成装置1は、その稼働中にリアルタイムで、パルスレーザ光33の照射タイミングを調整し、EUV光252を安定して生成し得る。

特に、EUV光生成装置1は、タンク261内の圧力が圧力設定値 P_t に到達するまでの間であってもパルスレーザ光33の照射タイミングを調整することによって、EUV光252を安定して生成し得る。

[0235] [10. その他]

[10. 1 各制御部のハードウェア環境]

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

[0236] 図20は、開示される主題の様々な側面が実行され得る例示的なハードウェア環境を示すブロック図である。図20の例示的なハードウェア環境100は、処理ユニット1000と、ストレージユニット1005と、ユーザインターフェイス1010と、パラレルI/Oコントローラ1020と、シリアルI/Oコントローラ1030と、A/D、D/Aコンバータ1040と

を含んでもよいが、ハードウェア環境 100 の構成は、これに限定されない。

[0237] 処理ユニット 1000 は、中央処理ユニット (CPU) 1001 と、メモリ 1002 と、タイマ 1003 と、画像処理ユニット (GPU) 1004 とを含んでもよい。メモリ 1002 は、ランダムアクセスメモリ (RAM) とリードオンリーメモリ (ROM) とを含んでもよい。CPU 1001 は、市販のプロセッサのいずれでもよい。デュアルマイクロプロセッサや他のマルチプロセッサアーキテクチャが、CPU 1001 として使用されてもよい。

[0238] 図 20 におけるこれらの構成物は、本開示において記載されるプロセスを実行するために、相互に接続されていてもよい。

[0239] 動作において、処理ユニット 1000 は、ストレージユニット 1005 に保存されたプログラムを読み込んで、実行してもよい、また、処理ユニット 1000 は、ストレージユニット 1005 からプログラムと一緒にデータを読み込んでよい、また、処理ユニット 1000 は、ストレージユニット 1005 にデータを書き込んでよい。CPU 1001 は、ストレージユニット 1005 から読み込んだプログラムを実行してもよい。メモリ 1002 は、CPU 1001 によって実行されるプログラムおよび CPU 1001 の動作に使用されるデータを、一時的に保管する作業領域であってもよい。タイマ 1003 は、時間間隔を計測して、プログラムの実行に従って CPU 1001 に計測結果を出力してもよい。GPU 1004 は、ストレージユニット 1005 から読み込まれるプログラムに従って、画像データを処理し、処理結果を CPU 1001 に出力してもよい。

[0240] パラレル I/O コントローラ 1020 は、EUV 光生成制御部 5、レーザー光進行方向制御部 34、ターゲット生成制御部 74、温度制御部 714、圧力制御部 728、イメージセンサ 412a、画像取得制御部 413、遅延回路 82、及びドロップレット計測制御部 414 等の、処理ユニット 1000 と通信可能なパラレル I/O デバイスに接続されてもよく、処理ユニット 1000 とそれらパラレル I/O デバイスとの間の通信を制御してもよい。シ

リアル I/O コントローラ 1030 は、ヒータ電源 712、ピエゾ電源 732、光源 411a、光源 421a、DC 電圧電源 734、及びパルス電圧電源 736 等の、処理ユニット 1000 と通信可能なシリアル I/O デバイスに接続されてもよく、処理ユニット 1000 とそれらシリアル I/O デバイスとの間の通信を制御してもよい。A/D、D/A コンバータ 1040 は、アナログポートを介して、温度センサ 713 や圧力センサ 727、ターゲットセンサ 4、光センサ 422a、真空計各種センサ等のアナログデバイスに接続されてもよく、処理ユニット 1000 とそれらアナログデバイスとの間の通信を制御したり、通信内容の A/D、D/A 変換を行ってもよい。

[0241] ユーザインターフェイス 1010 は、操作者が処理ユニット 1000 にプログラムの停止や、割込みルーチンの実行を指示できるように、処理ユニット 1000 によって実行されるプログラムの進捗を操作者に表示してもよい。

[0242] 例示的なハードウェア環境 100 は、本開示における EUV 光生成制御部 5、レーザ光進行方向制御部 34、ターゲット生成制御部 74、温度制御部 714、圧力制御部 728、画像取得制御部 413、及びドロップレット計測制御部 414 の構成に適用されてもよい。当業者は、それらのコントローラが分散コンピューティング環境、すなわち、通信ネットワークを介して繋がっている処理ユニットによってタスクが実行される環境において実現されてもよいことを理解するだろう。本開示において、EUV 光生成制御部 5、レーザ光進行方向制御部 34、ターゲット生成制御部 74、温度制御部 714、圧力制御部 728、画像取得制御部 413、及びドロップレット計測制御部 414 は、イーサネットやインターネットといった通信ネットワークを介して互いに接続されてもよい。分散コンピューティング環境において、プログラムモジュールは、ローカルおよびリモート両方のメモリストレージデバイスに保存されてもよい。

[0243] [10.2 その他の変形例]

ドロップレット計測器 41 は、イメージセンサ 412a の撮像時間 Δt が

光源 4 1 1 a の点灯時間 $\Delta \tau$ と同程度でよい場合、光源 4 1 1 a から連続光を出力させてもよい。光源 4 1 1 a は、連続レーザ光を出力するレーザ光源であってもよい。

ドロップレット計測器 4 1 は、光源部 4 1 1 と撮像部 4 1 2 とをターゲット進行経路 2 7 2 を挟んで対向させなくてもよい。例えば、光源部 4 1 1 のウインドウ 4 1 1 c と撮像部 4 1 2 のウインドウ 4 1 2 c とが、平行でない同じ方向を向くように配置してもよい。撮像部 4 1 2 は、ドロップレット 2 7 1 の影ではなくドロップレット 2 7 1 からの反射光を撮像し得る。光源部 4 1 1 のウインドウ 4 1 1 c と撮像部 4 1 2 のウインドウ 4 1 2 c との配置は、ドロップレット 2 7 1 からの反射光を撮像し得る配置であればよい。

[0244] ドロップレットタイミング計測器 4 2 は、光源部 4 2 1 と受光部 4 2 2 とをターゲット進行経路 2 7 2 を挟んで対向させなくてもよい。例えば、光源部 4 2 1 のウインドウ 4 2 1 c と受光部 4 2 2 のウインドウ 4 2 2 c とが、非平行で同一点を向くように配置してもよい。その場合、受光部 4 2 2 は、ドロップレット 2 7 1 からの反射光を検出し得る。このように、光源部 4 2 1 のウインドウ 4 2 1 c と受光部 4 2 2 のウインドウ 4 2 2 c との配置は、ドロップレット 2 7 1 からの反射光を検出し得る配置であってもよい。

[0245] イメージセンサ 4 1 2 a のシャッタ開閉を制御するシャッタ信号は、ドロップレット計測制御部 4 1 4 が出力するのではなく、画像取得制御部 4 1 3 が出力してもよい。

[0246] 図 7、図 10、図 12、図 18 に示したドロップレット計測処理は、図 6、図 16 に示したターゲット生成制御処理の一環として実行されてもよい。ターゲット生成制御部 7 4 は、ドロップレット計測制御部 4 1 4 に制御信号を出力して、ドロップレット計測処理の実行開始を指示してもよい。ドロップレット計測制御部 4 1 4 は、ターゲット生成制御部 7 4 からの指示に依ってドロップレット計測処理を実行してもよい。ターゲット生成制御部 7 4 がドロップレット計測処理の実行開始を指示する処理は、例えば、図 6 のステップ S 404 の直前に行われてもよい。

[0247] 図17～図19に示された第4実施形態のEUV光生成装置1では、ドロップレット計測制御部414によって計算されたドロップレット271の進行速度 v に基づいて、ドロップレット計測制御部414が遅延時間 T_d を計算し、遅延回路82に設定していた。すなわち、図17～図19に示された第4実施形態のEUV光生成装置1では、ドロップレット271の進行速度 v に基づいて、ドロップレット計測制御部414がパルスレーザ光33の照射タイミングを制御していた。

しかしながら、第4実施形態のEUV光生成装置1では、ドロップレット計測制御部414は、計算されたドロップレット271の進行速度 v に関する情報をターゲット生成制御部74に出力してもよい。その場合、ターゲット生成制御部74は、遅延回路82に接続されてもよい。ターゲット生成制御部74は、ドロップレット計測制御部414から出力された当該進行速度 v に関する情報が入力されると、図18のステップS914と同様の処理を行い、遅延時間 T_d を計算してもよい。そして、ターゲット生成制御部74は、図18のステップS915と同様の処理を行い、計算された遅延時間 T_d を遅延回路82に設定してもよい。

すなわち、第4実施形態のEUV光生成装置1では、ドロップレット計測制御部414で計算された進行速度 v に基づいて、ターゲット生成制御部74がパルスレーザ光33の照射タイミングを制御してもよい。

それにより、第4実施形態に係るターゲット生成制御部74は、ドロップレット計測器41によって計測されたドロップレット271の進行速度 v に基づいて、パルスレーザ光33の照射タイミングと圧力調節器721との両方を制御し得る。

[0248] EUV光生成制御部5、ターゲット生成制御部74、温度制御部714、圧力制御部728、画像取得制御部413、遅延回路82、及びドロップレット計測制御部414は、その一部又は全部を組み合わせることで一つの制御部として構成されてもよい。

[0249] 上記で説明した実施形態は、変形例を含めて各実施形態同士で互いの技術

を適用し得ることは、当業者には明らかであろう。

[0250] 例えば、第1実施形態のドロップレット計測制御部414は、パラメータとしてドロップレット271の直径D及び間隔dを計算したが、他のパラメータであってもよい。計算するパラメータの種類は、実施する装置に合わせて適宜選択されるとよい。第2～第4実施形態のドロップレット計測制御部414も同様であってもよい。

そして、第1～第4実施形態のターゲット生成制御部74は、計算したパラメータに基づいて圧力調節器721を制御してもよい。

なお、第1～第4実施形態のドロップレット計測制御部414は、各種パラメータを複数種類同時に計算してもよい。そして、第1～第4実施形態のターゲット生成制御部74は、計算した複数種類のパラメータに基づいて圧力調節器721を制御してもよい。

[0251] 第1～第4実施形態のドロップレット形成機構73は、コンティニュアスジェット方式を用いたが、ドロップレット形成機構73の変形例で用いた静電引き出し方式を用いてもよい。

[0252] 上記の説明は、制限ではなく単なる例示を意図したものである。従って、添付の特許請求の範囲を逸脱することなく本開示の実施形態に変更を加えることができることは、当業者には明らかであろう。

[0253] 本明細書及び添付の特許請求の範囲全体で使用される用語は、「限定的でない」用語と解釈されるべきである。例えば、「含む」又は「含まれる」という用語は、「含まれるものとして記載されたものに限定されない」と解釈されるべきである。「有する」という用語は、「有するものとして記載されたものに限定されない」と解釈されるべきである。また、本明細書、及び添付の特許請求の範囲に記載される修飾語「1つの」は、「少なくとも1つ」又は「1又はそれ以上」を意味すると解釈されるべきである。

符号の説明

[0254] 1 …EUV光生成装置
2 …チャンバ

2 6	…ターゲット供給部
2 7	…ターゲット
2 7 1	…ドロップレット
4 1	…ドロップレット計測器
4 1 2	…撮像部
4 1 4	…ドロップレット計測制御部
4 1 4 a	…パラメータ計算部
4 2	…ドロップレットタイミング計測器
5	…E U V 光生成制御部
7	…ターゲット生成装置
7 2 1	…圧力調節器
7 4	…ターゲット生成制御部

請求の範囲

- [請求項1] チャンバ内でレーザ光が照射されると極端紫外光を生成するターゲットをドロップレットとして前記チャンバ内に出力するターゲット供給部と、
- 前記チャンバ内に出力された前記ドロップレットの状態に関するパラメータを計測するドロップレット計測器と、
- 前記ターゲットが収容された前記ターゲット供給部内の圧力を調節する圧力調節器と、
- 前記ドロップレット計測器で計測された前記パラメータに基づいて前記圧力調節器を制御するターゲット生成制御部と、
- を備える極端紫外光生成装置。
- [請求項2] 前記ドロップレット計測器は、
- 前記チャンバ内に順次出力された前記ドロップレットを撮像する撮像部と、
- 前記撮像部で撮像された前記ドロップレットの画像データに基づいて前記パラメータを計算するパラメータ計算部と、
- を備える請求項1に記載の極端紫外光生成装置。
- [請求項3] 前記ターゲット生成制御部は、前記ドロップレットが予め定められた周波数で前記チャンバ内に出力されるように前記ドロップレットを形成する
- 請求項2に記載の極端紫外光生成装置。
- [請求項4] 前記ターゲット生成制御部は、前記ドロップレット計測器で計測された前記パラメータの計測値と該パラメータの目標値との差分に応じて前記圧力調節器に設定する圧力設定値を決定して、前記圧力調節器を制御する
- 請求項3に記載の極端紫外光生成装置。
- [請求項5] 前記画像データは、前記チャンバ内に順次出力されたドロップレットの像を含み、

前記パラメータ計算部は、前記ドロップレットの像を用いて、前記ドロップレットの直径及び位置の少なくとも1つを前記パラメータとして計算する

請求項4に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項6] 前記画像データは、前記チャンバ内に順次出力された隣り合う2つのドロップレットの像を含み、

前記パラメータ計算部は、前記2つのドロップレットの像を用いて、前記2つのドロップレットの間隔、前記ドロップレットの進行速度、及び前記ドロップレットの流量の少なくとも1つを前記パラメータとして計算する

請求項4に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項7] レーザ光を導入してターゲットに照射することで極端紫外光を生成する極端紫外光生成装置であって、

前記レーザ光が導入されるチャンバと、

圧力を加えることで、前記チャンバ内に前記ターゲットをドロップレットとして出力するターゲット供給部と、

前記ドロップレットの状態に関するパラメータを計測するドロップレット計測器と、

前記ターゲット供給部に接続され、前記圧力を調節する圧力調節器と、

前記ドロップレット計測器と前記圧力調節器とに接続され、前記パラメータに基づいて前記圧力を制御するターゲット生成制御部と、
を備える極端紫外光生成装置。

[請求項8] チャンバ内でレーザ光が照射されると極端紫外光を生成するターゲットをドロップレットとして前記チャンバ内に出力するターゲット供給部と、

前記チャンバ内に出力された前記ドロップレットの状態に関するパラメータを計測するドロップレット計測器と、

を備え、

計測された前記パラメータに基づいて、前記ドロップレットに対する前記レーザ光の照射を制御する

極端紫外光生成装置。

[請求項9] 前記ターゲットが収容された前記ターゲット供給部内の圧力を調節する圧力調節器と、

前記ドロップレット計測器で計測された前記パラメータに基づいて前記圧力調節器を制御するターゲット生成制御部と、

を備える請求項8に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項10] 前記パラメータとして前記ドロップレットの進行速度が計測され、計測された前記進行速度に基づいて、前記レーザ光が前記ドロップレットに照射されるタイミングを制御する

請求項8に記載の極端紫外光生成装置。

補正された請求の範囲
[2014年10月15日(15.10.2014)国際事務局受理]

〔請求項1〕 (補正後) チャンバ内でレーザ光が照射されると極端紫外光を生成するターゲットをドロップレットとして前記チャンバ内に出力するターゲット供給部と、

前記チャンバ内に出力された前記ドロップレットの状態に関するパラメータを予め定められた計測個数分又は通過個数分計測するドロップレット計測器と、

前記ターゲットが収容された前記ターゲット供給部内の圧力を調節する圧力調節器と、

前記ドロップレット計測器で計測された前記パラメータの前記計測個数分又は通過個数分の平均値に基づいて前記圧力調節器を制御するターゲット生成制御部と、

を備える極端紫外光生成装置。

〔請求項2〕 前記ドロップレット計測器は、

前記チャンバ内に順次出力された前記ドロップレットを撮像する撮像部と、

前記撮像部で撮像された前記ドロップレットの画像データに基づいて前記パラメータを計算するパラメータ計算部と、

を備える請求項1に記載の極端紫外光生成装置。

〔請求項3〕 前記ターゲット生成制御部は、前記ドロップレットが予め定められた周波数で前記チャンバ内に出力されるように前記ドロップレットを形成する

請求項2に記載の極端紫外光生成装置。

〔請求項 4〕 前記ターゲット生成制御部は、前記ドロップレット計測器で計測された前記パラメータの計測値と該パラメータの目標値との差分に応じて前記圧力調節器に設定する圧力設定値を決定して、前記圧力調節器を制御する

請求項 3 に記載の極端紫外光生成装置。

〔請求項 5〕 前記画像データは、前記チャンバ内に順次出力されたドロップレットの像を含み、

前記パラメータ計算部は、前記ドロップレットの像を用いて、前記ドロップレットの直径及び位置の少なくとも 1 つを前記パラメータとして計算する

請求項 4 に記載の極端紫外光生成装置。

〔請求項 6〕 前記画像データは、前記チャンバ内に順次出力された隣り合う 2 つのドロップレットの像を含み、

前記パラメータ計算部は、前記 2 つのドロップレットの像を用いて、前記 2 つのドロップレットの間隔、前記ドロップレットの進行速度、及び前記ドロップレットの流量の少なくとも 1 つを前記パラメータとして計算する

請求項 4 に記載の極端紫外光生成装置。

〔請求項 7〕 (補正後) レーザ光を導入してターゲットに照射することで極端紫外光を生成する極端紫外光生成装置であって、

前記レーザ光が導入されるチャンバと、

圧力を加えることで、前記チャンバ内に前記ターゲットをドロップレットとして出力するターゲット供給部と、

前記ドロップレットの状態に関するパラメータを予め定められた計

測個数分又は通過個数分計測するドロップレット計測器と、
前記ターゲット供給部に接続され、前記圧力を調節する圧力調節器と、
前記ドロップレット計測器と前記圧力調節器とに接続され、前記パラ
メータの前記計測個数分又は通過個数分の平均値に基づいて前記圧力
を制御するターゲット生成制御部と、
を備える極端紫外光生成装置。

[請求項 8] (補正後) チャンバ内でレーザ光が照射されると極端紫外光を生成す
るターゲットをドロップレットとして前記チャンバ内に出力するター
ゲット供給部と、
前記チャンバ内に出力された前記ドロップレットの状態に関するパ
ラメータを計測するドロップレット計測器と、を備え、
前記パラメータとして前記ドロップレットの進行速度が計測され、
計測された前記進行速度に基づいて、前記レーザ光が前記ドロップレ
ットに照射されるタイミングを制御する
極端紫外光生成装置。

[請求項 9] 前記ターゲットが収容された前記ターゲット供給部内の圧力を調節
する圧力調節器と、
前記ドロップレット計測器で計測された前記パラメータに基づいて
前記圧力調節器を制御するターゲット生成制御部と、
を備える請求項 8 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項 10] (削除)

条約第19条（1）に基づく説明書

請求の範囲第1項は、ドロップレットの状態に関するパラメータを予め定められた計測個数分又は通過個数分計測するドロップレット計測器、及び、ドロップレット計測器で計測されたパラメータの計測個数分又は通過個数分の平均値に基づいて圧力調節器を制御するターゲット生成制御部、について明確にしました。

請求の範囲第7項は、ドロップレットの状態に関するパラメータを予め定められた計測個数分又は通過個数分計測するドロップレット計測器、及び、パラメータの計測個数分又は通過個数分の平均値に基づいて圧力を制御するターゲット生成制御部、について明確にしました。

請求の範囲第1項及び第7項に係る発明によれば、ドロップレットの状態に関するパラメータについて、本願明細書の段落0114及び段落0220に記載の通り、統計的手法によって予め定められた計測個数分又は通過個数分の平均値として更新し続けることで、計測されたドロップレットのパラメータが変動した場合でも、当該変動に即座に応答して、精度の高いパラメータ情報をターゲット生成制御部に出力できるとの効果を奏します。

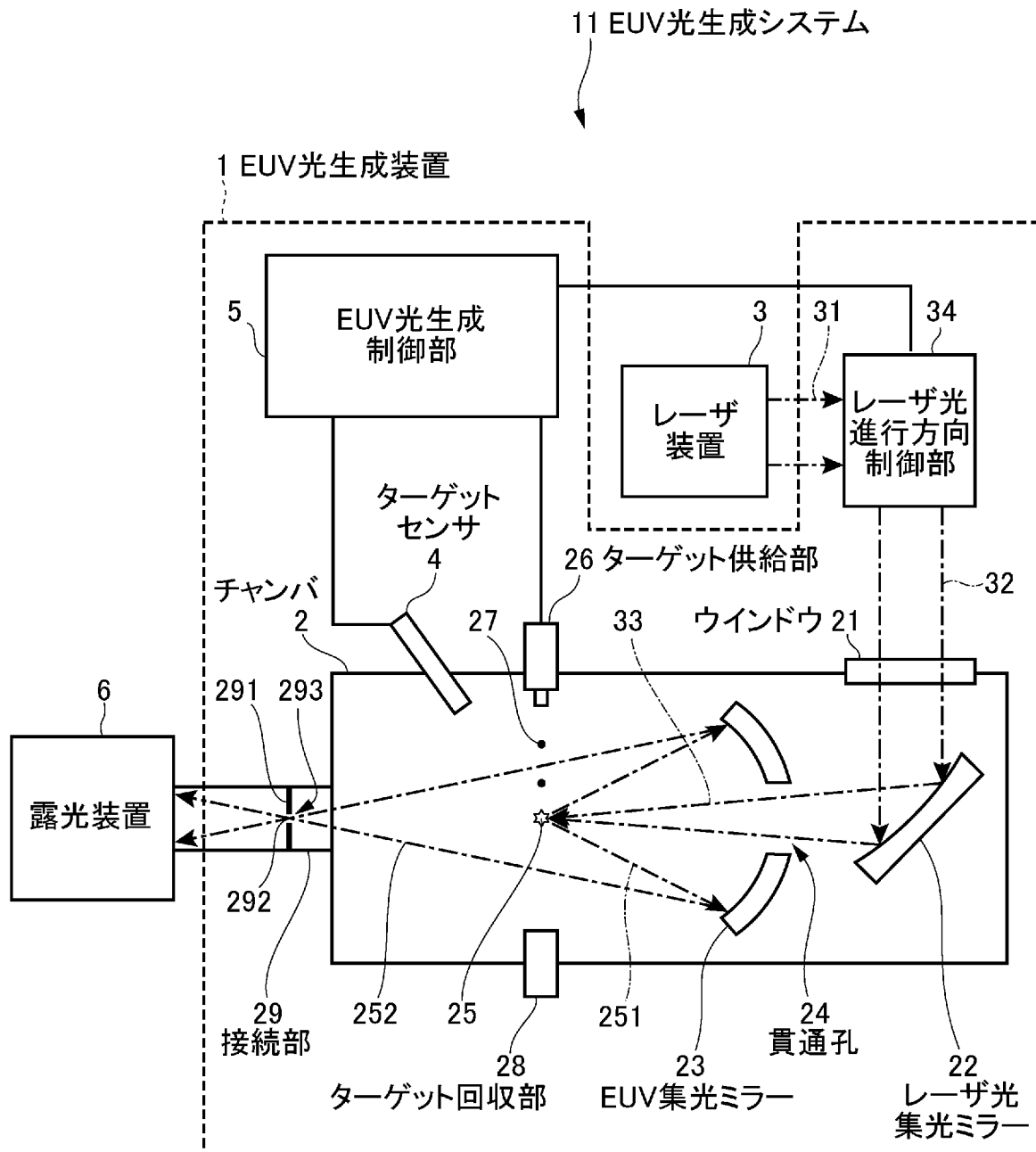
引用文献には、ドロップレットの状態に関するパラメータについて、予め定められた計測個数分の平均値として更新し続けることの開示又は示唆が見受けられません。

請求の範囲第8項は、パラメータとしてドロップレットの進行速度が計測され、計測された進行速度に基づいて、レーザ光がドロップレットに照射されるタイミングを制御すること、について明確にしました。

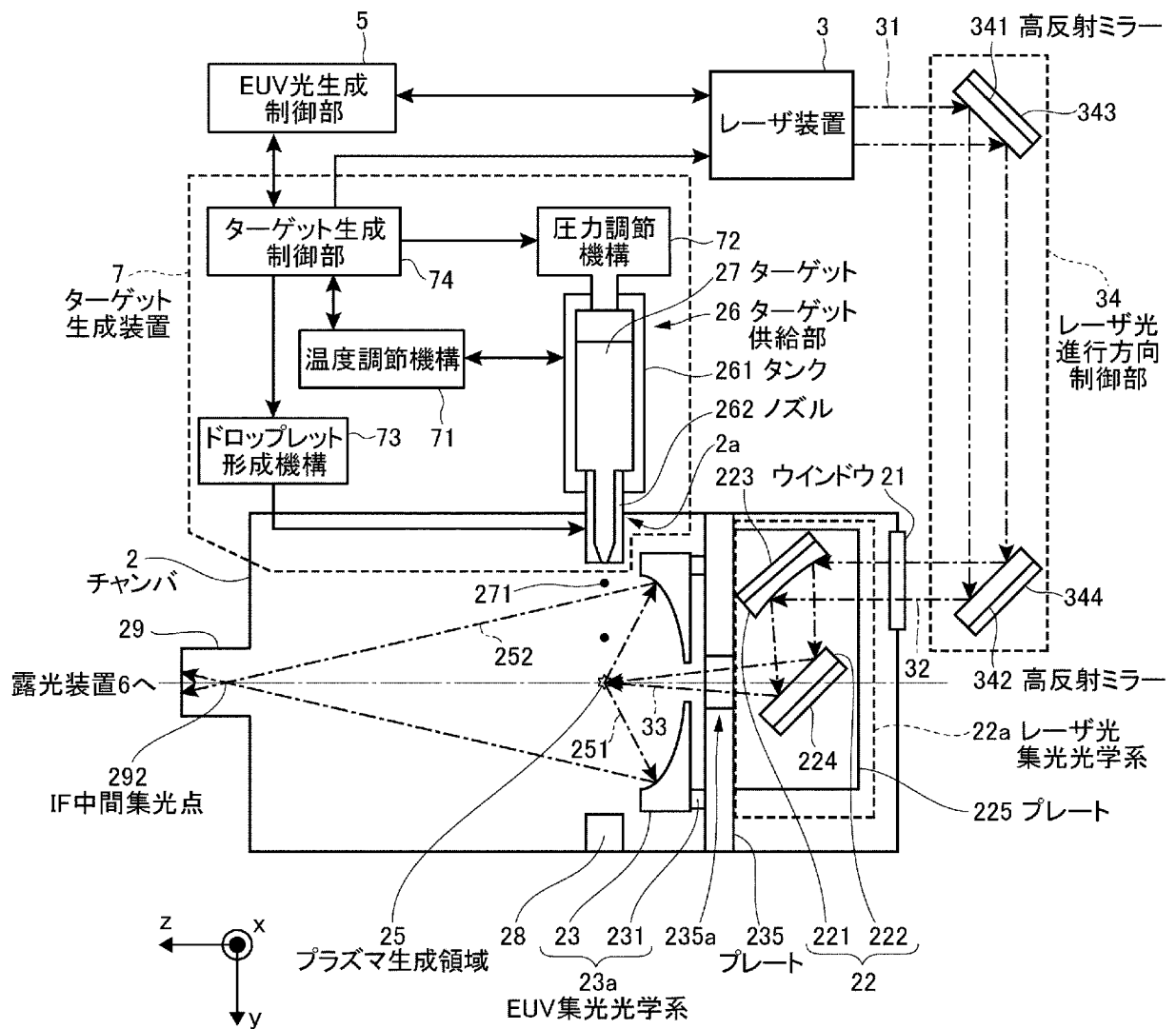
請求の範囲第8項に係る発明によれば、本願明細書の段落0234に記載の通り、計測されたドロップレットの進行速度が変動した場合でも、当該変動に即座に応答して、当該ドロップレットへのパルスレーザ光の照射タイミングを迅速に同期させることができるとの効果を奏します。

引用文献には、ドロップレットの進行速度の計測に関する事項、及び、ドロップレットの進行速度に基づくパルスレーザ光の照射タイミングの調整に関する事項について、開示又は示唆が見受けられません。

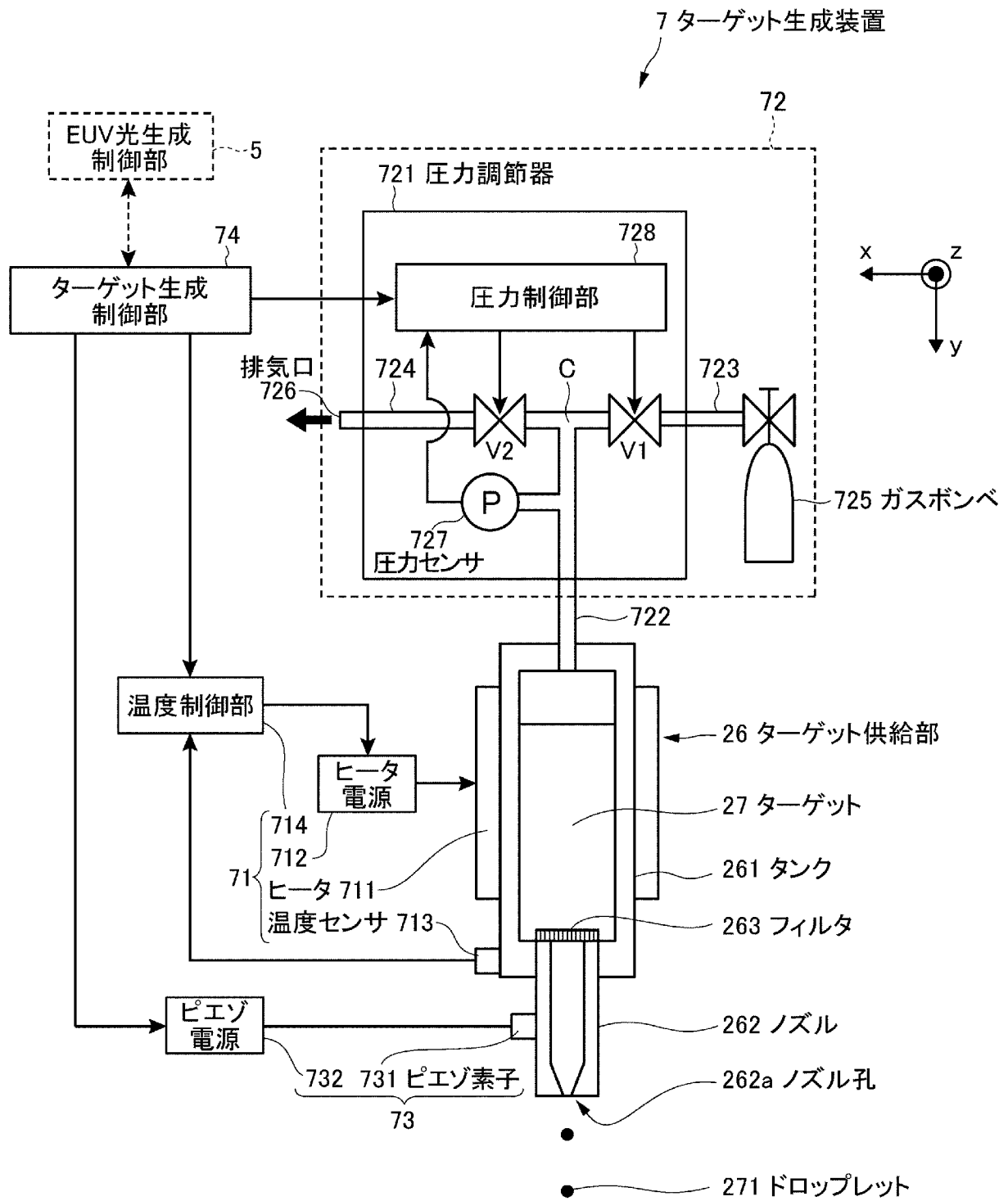
[図1]



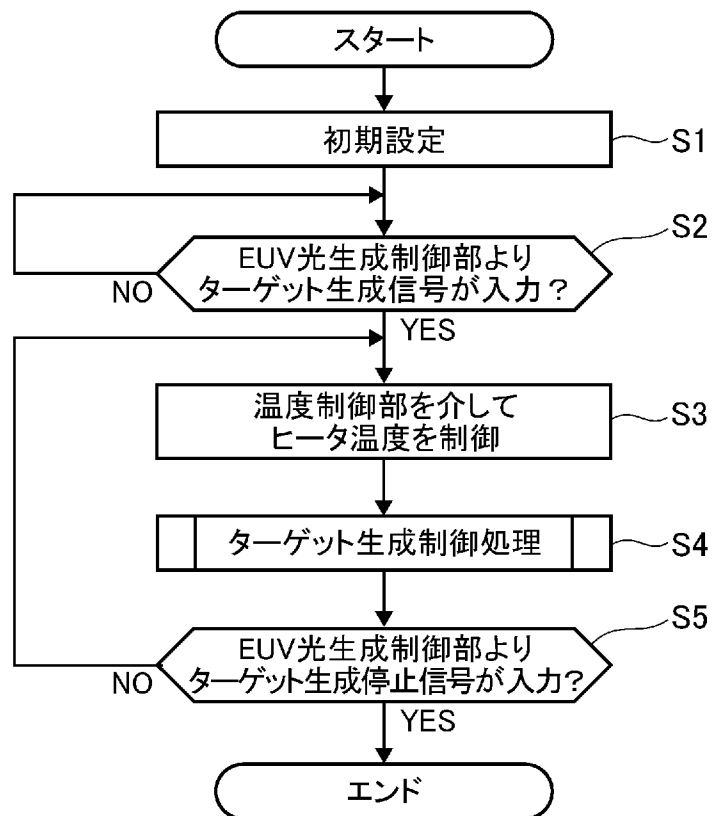
[図2]



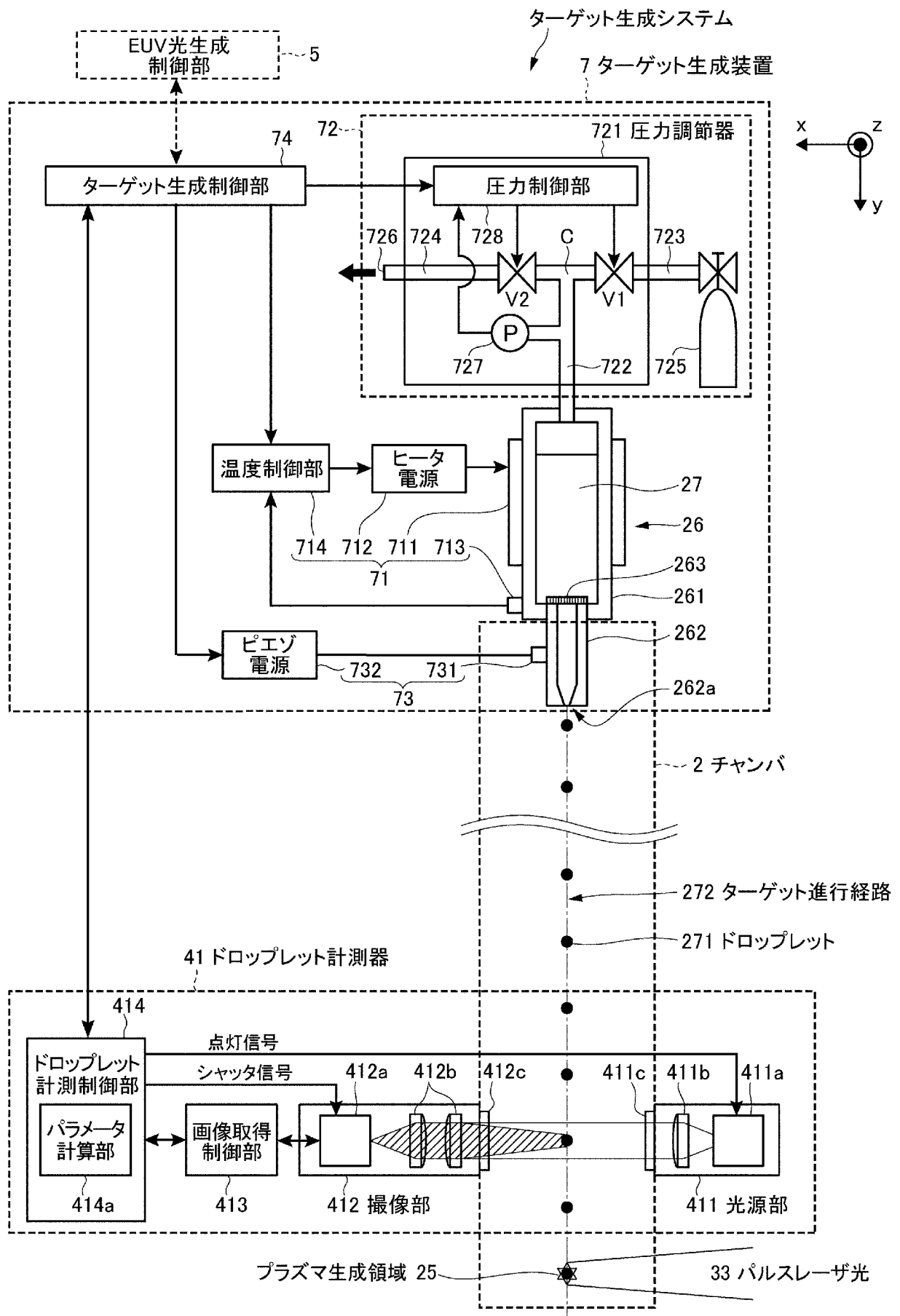
[図3]



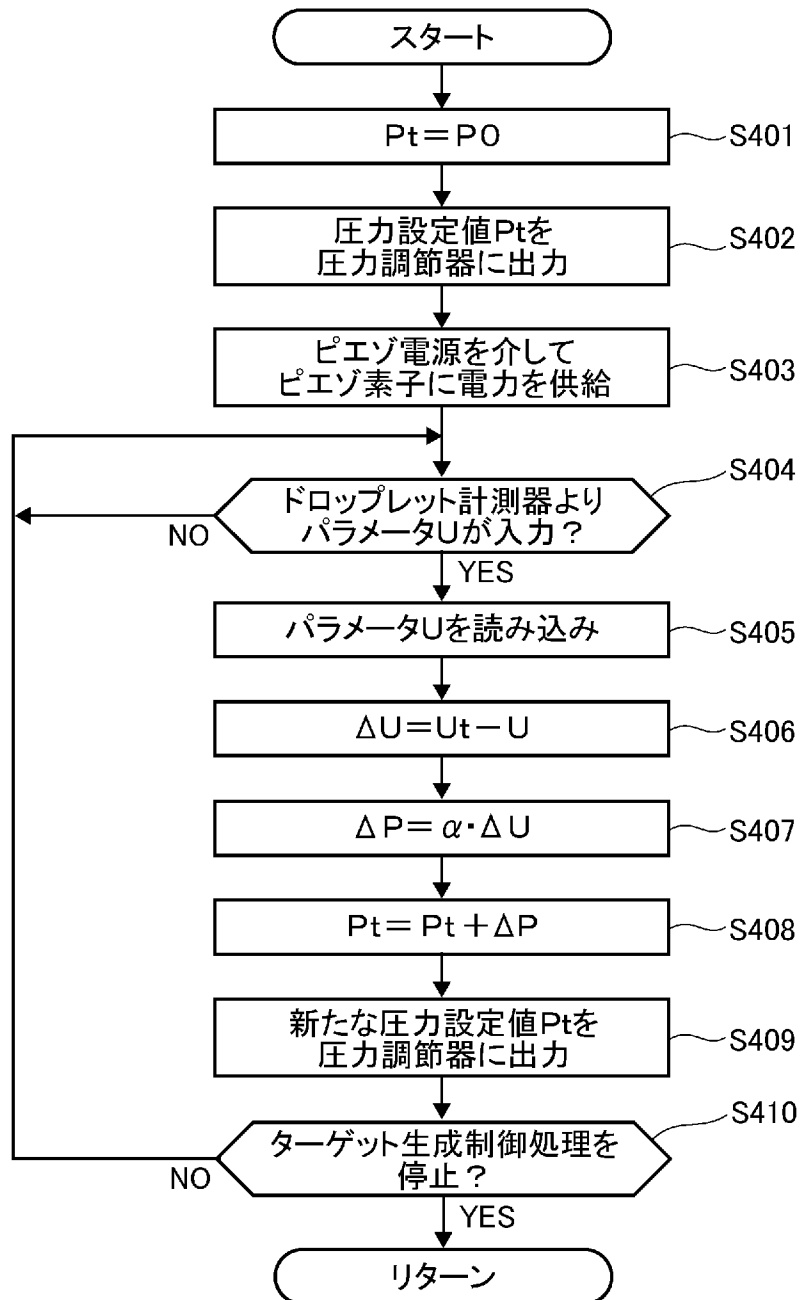
[図4]

ターゲット供給処理

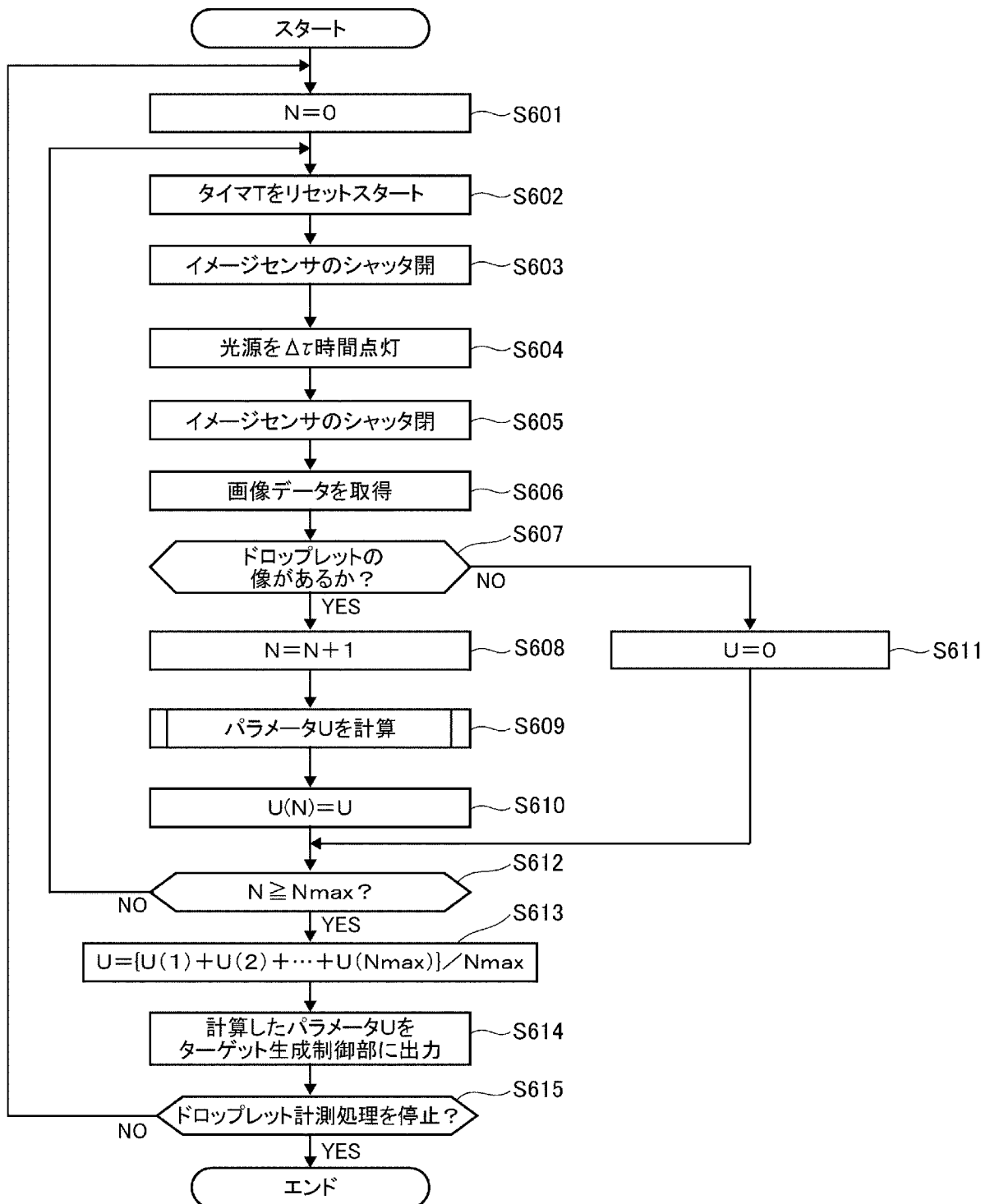
[図5]



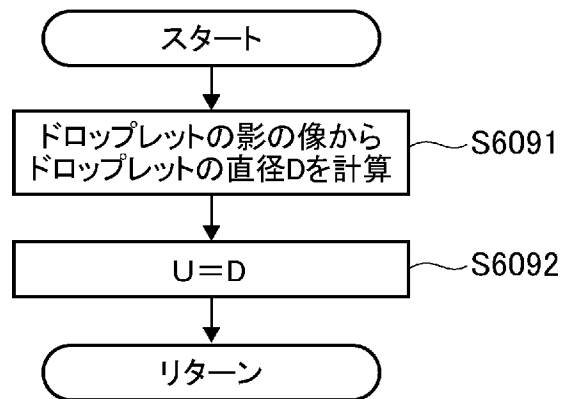
[図6]

ターゲット生成制御処理(S4)

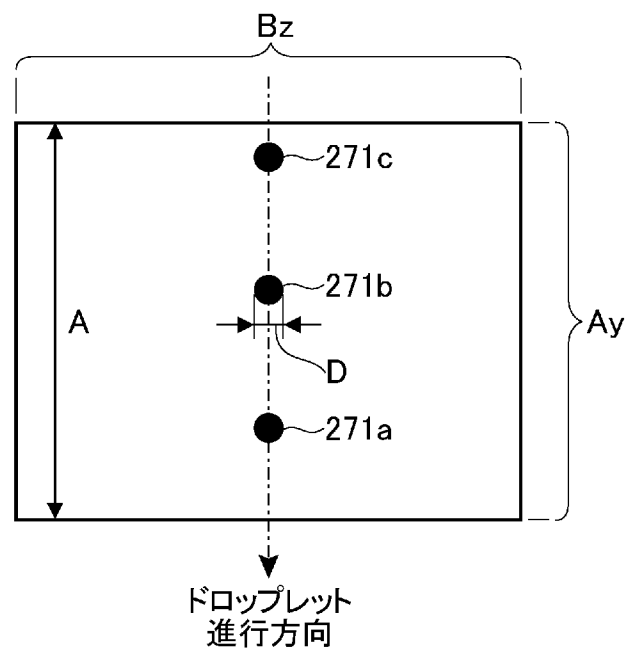
[図7]

ドロップレット計測処理

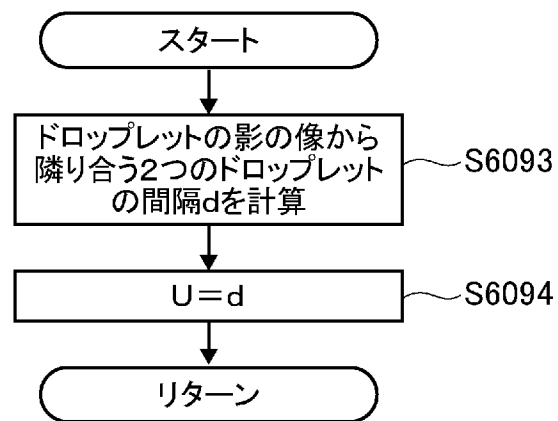
[図8A]

ドロップレットの直径計算 (S609)

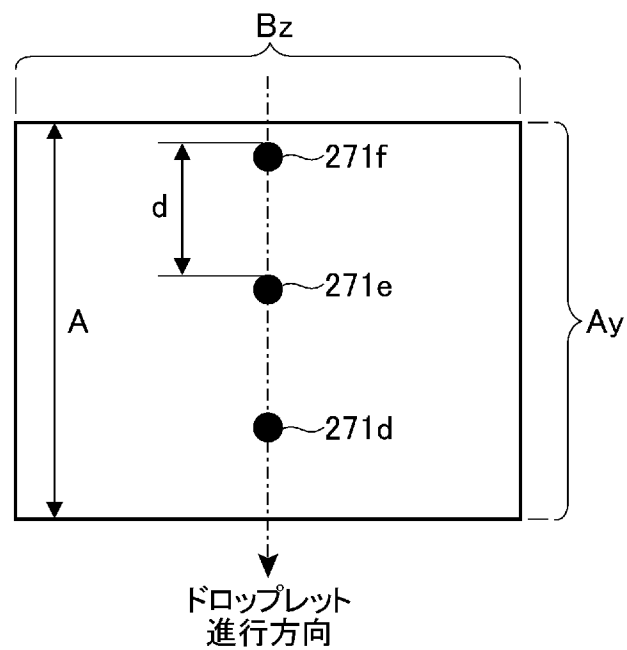
[図8B]

ドロップレットの影の像

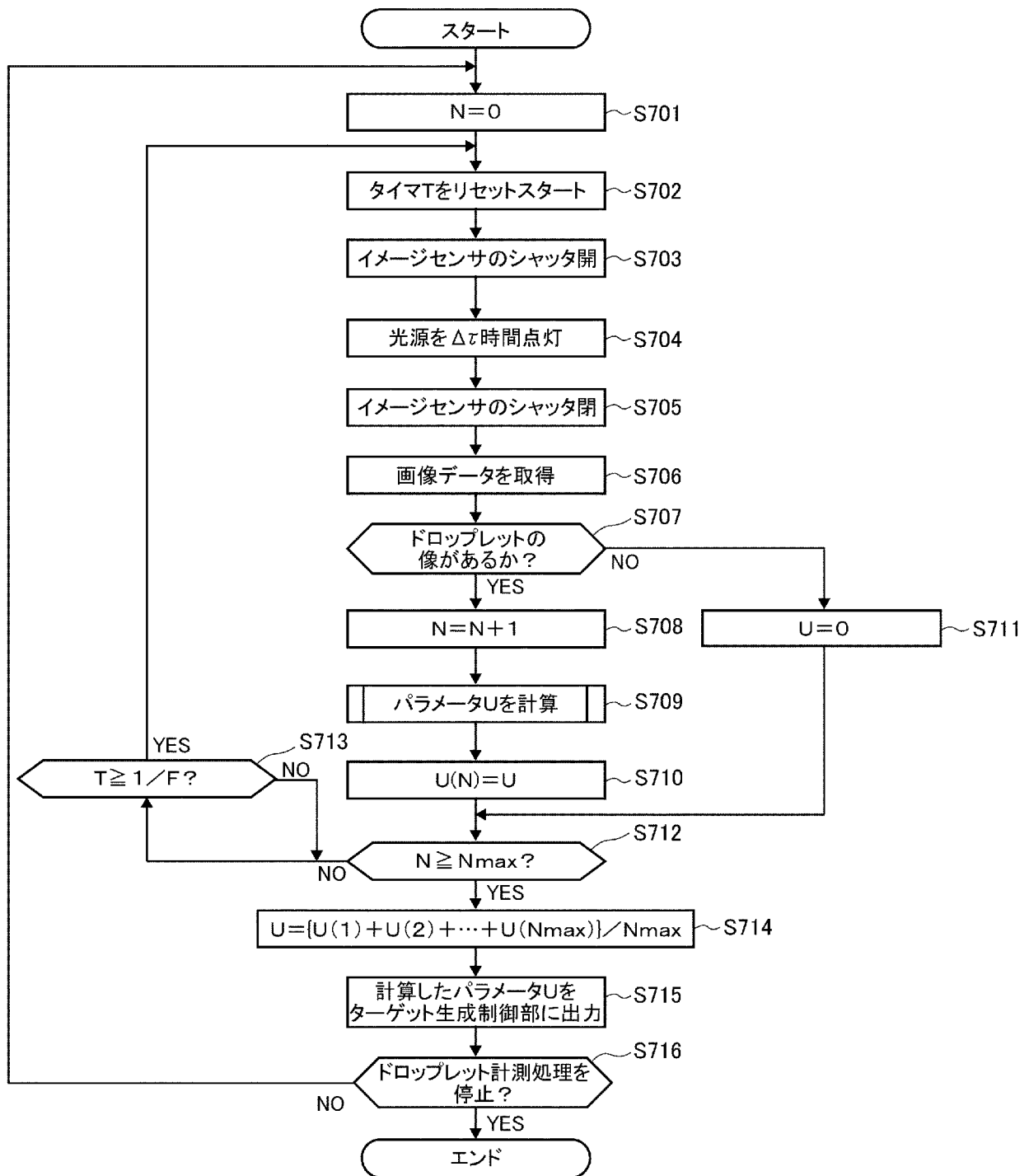
[図9A]

ドロップレットの間隔計算 (S609)

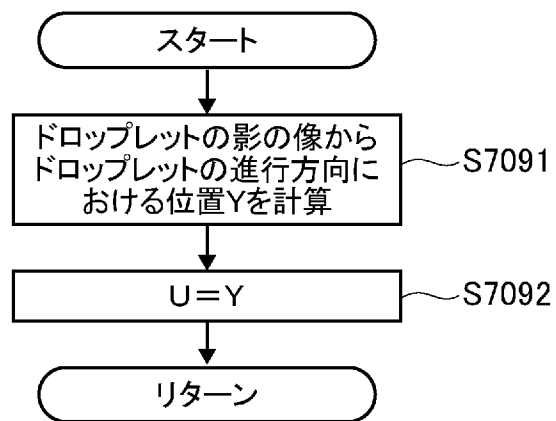
[図9B]

ドロップレットの影の像

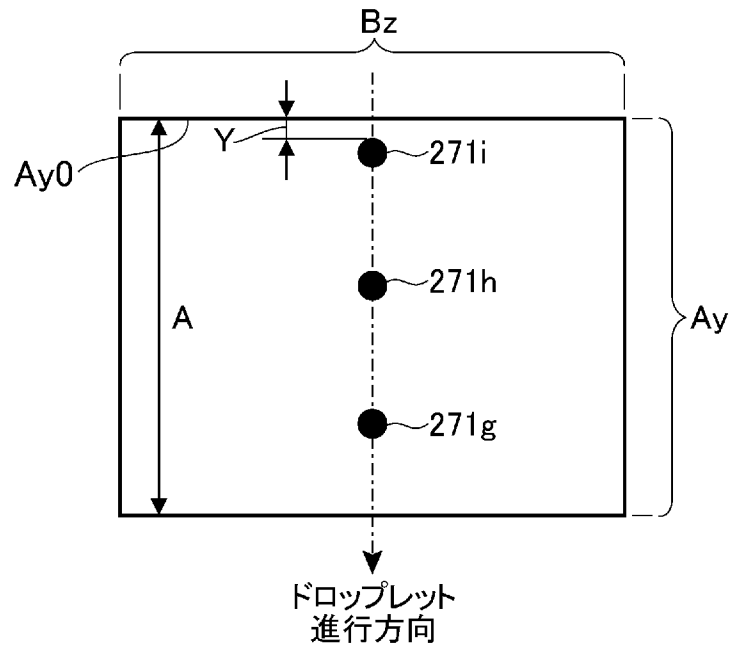
[図10]

ドロップレット計測処理

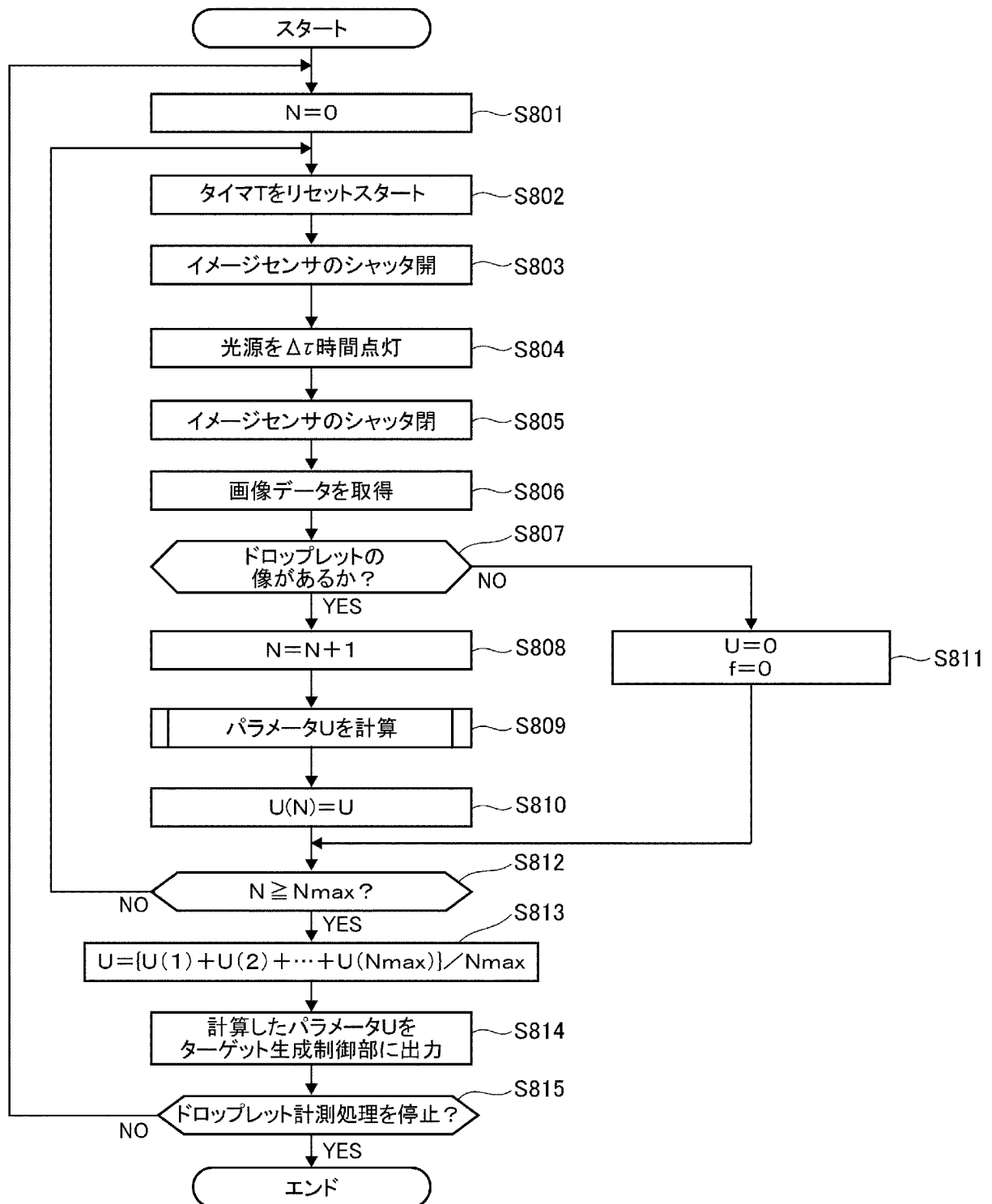
[図11A]

ドロップレットの位置計算 (S709)

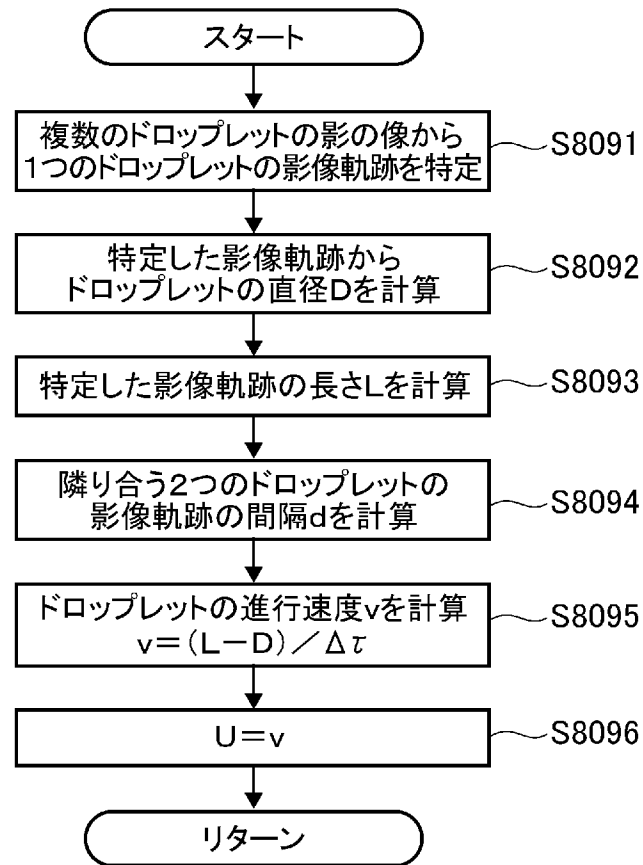
[図11B]

ドロップレットの影の像

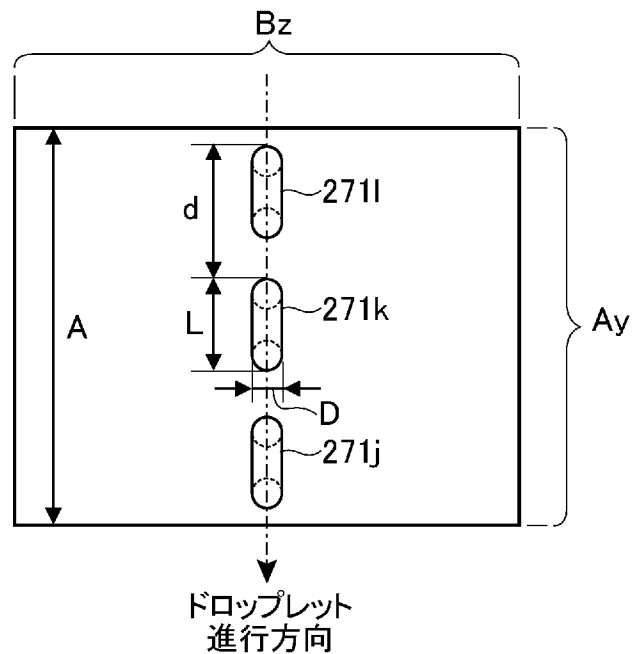
[図12]

ドロップレット計測処理

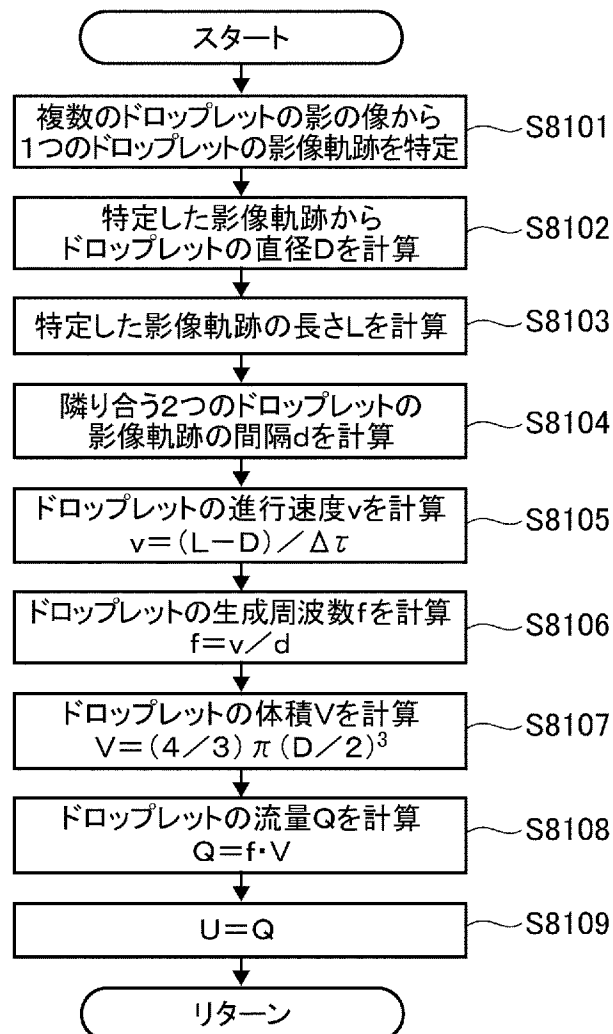
[図13A]

ドロップレットの進行速度計算 (S809)

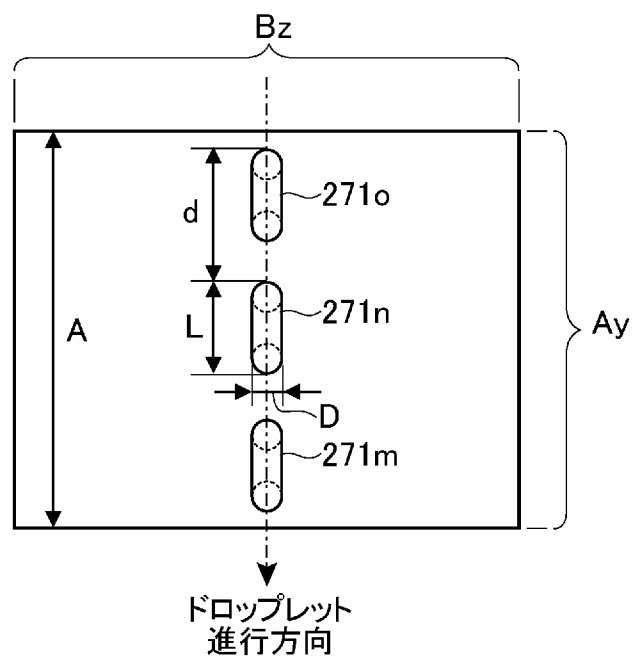
[図13B]

ドロップレットの影像軌跡

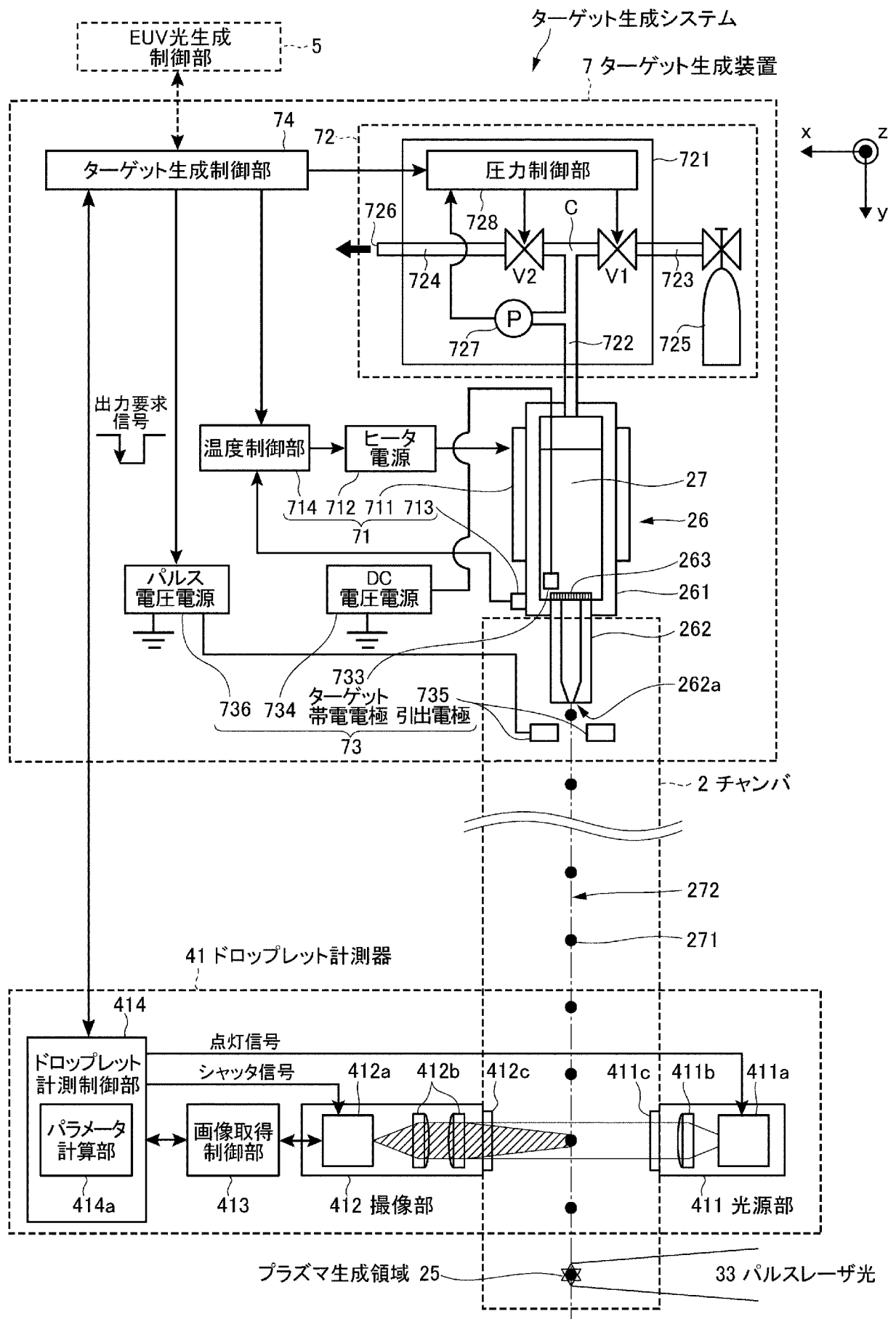
[図14A]

ドロップレットの流量計算 (S809)

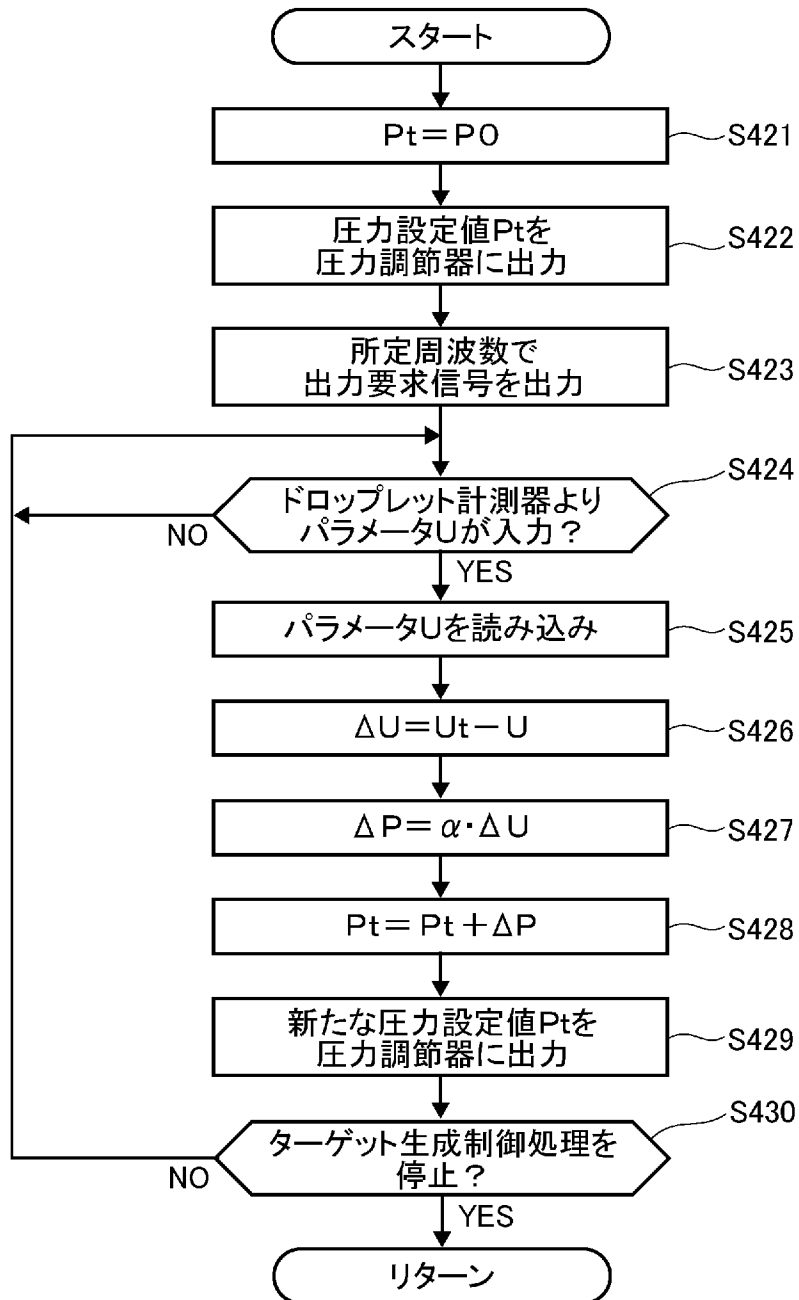
[図14B]

ドロップレットの影像軌跡

[図15]

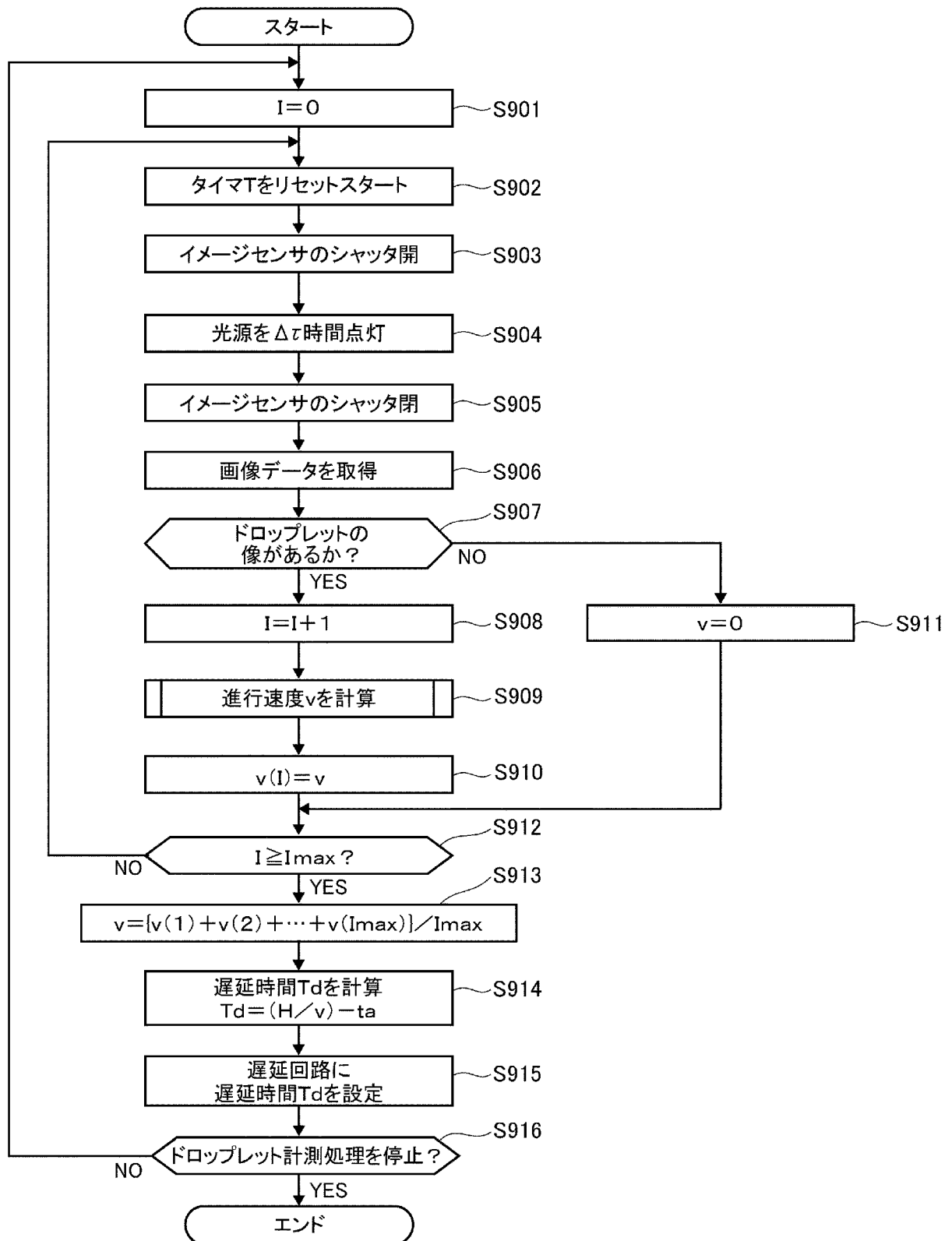


[図16]

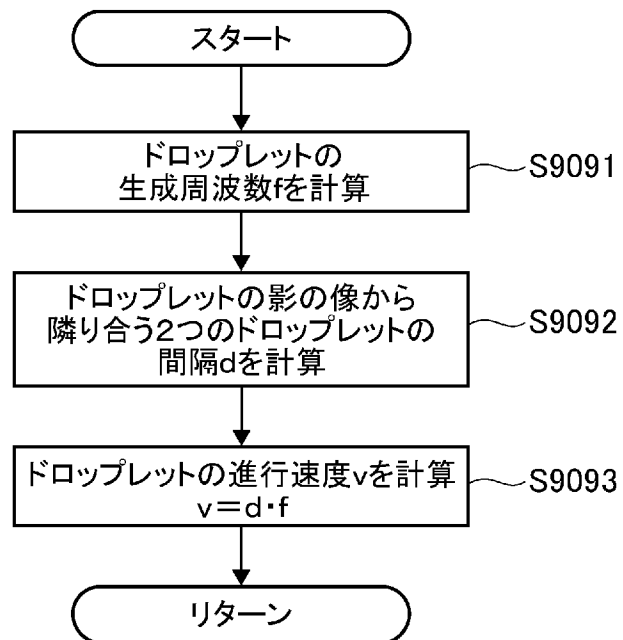
ターゲット生成制御処理(S4)

[illegible]

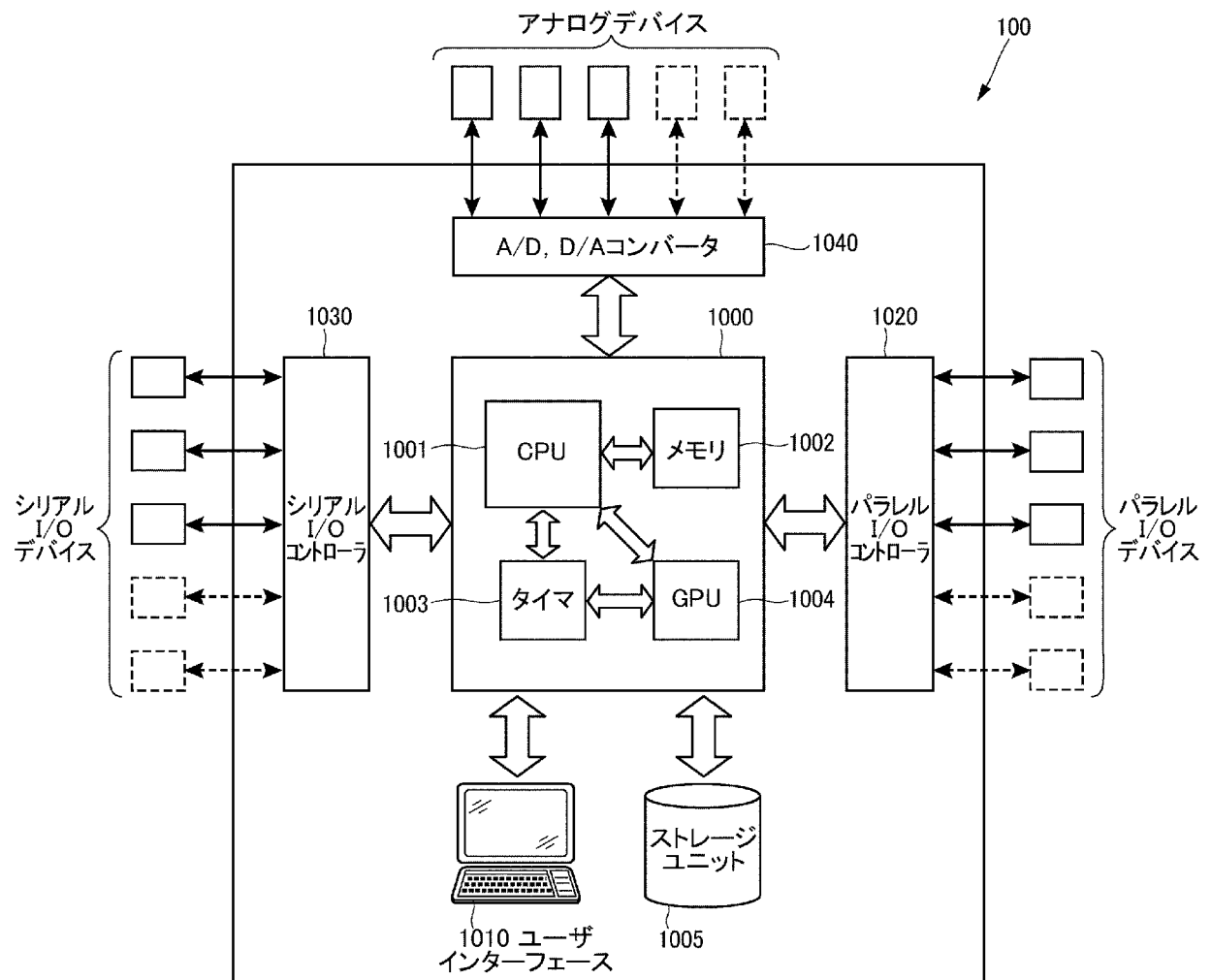
[図18]

ドロップレット計測処理

[図19]

ドロップレットの進行速度計算(S909)

[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/063376

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H05G2/00(2006.01)i, G03F7/20(2006.01)i, H01L21/027(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, G03F7/20, H01L21/027

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2008-532286 A (Saima Inc.), 14 August 2008 (14.08.2008), entire text; all drawings & US 2006/0192154 A1 & WO 2006/093693 A2 & KR 10-2007-0110886 A	1-10
A	JP 2013-037787 A (Gigaphoton Inc.), 21 February 2013 (21.02.2013), entire text; all drawings & US 2013/0032640 A1	1-10
A	JP 2013-030546 A (Gigaphoton Inc.), 07 February 2013 (07.02.2013), entire text; all drawings & US 2013/0026393 A1	1-10

☒ 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
24 July, 2014 (24.07.14)

Date of mailing of the international search report
05 August, 2014 (05.08.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/063376

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-078031 A (Yumex Inc.), 03 April 2008 (03.04.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 2005-346962 A (Kansai Technology Licensing Organization Co., Ltd.), 15 December 2005 (15.12.2005), entire text; all drawings (Family: none)	1-10

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, G03F7/20(2006.01)i, H01L21/027(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, G03F7/20, H01L21/027

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

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

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

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	JP 2008-532286 A（サイマー インコーポレイテッド） 2008.08.14, 全文、全図 & US 2006/0192154 A1 & WO 2006/093693 A2 & KR 10-2007-0110886 A	1-10
A	JP 2013-037787 A（ギガフォトン株式会社） 2013.02.21, 全文、全図 & US 2013/0032640 A1	1-10
A	JP 2013-030546 A（ギガフォトン株式会社） 2013.02.07, 全文、全図 & US 2013/0026393 A1	1-10

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 4 . 0 7 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 5 . 0 8 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

亀澤 智博

2 Q

4 7 4 6

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

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2008-078031 A (株式会社ユメックス) 2008.04.03, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2005-346962 A (関西ティール・エル・オー株式会社) 2005.12.15, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-10