

(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
2016年5月26日(26.05.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/079810 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/027 (2006.01) G03F 7/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/080517
- (22) 国際出願日: 2014年11月18日(18.11.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: ギガフォトン株式会社(GIGAPHOTON INC.) [JP/JP]; 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田400番地 Tochigi (JP).
- (72) 発明者: 藪 隆之(YABU Takayuki); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田400番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 エビス国際特許事務所 (EBISU INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1410032 東京都品川区大崎1丁目11番2号 ゲートシティ大崎イーストタワー 22階 Tokyo (JP).

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

[続葉有]

(54) Title: EXTREME ULTRAVIOLET LIGHT GENERATING DEVICE, AND EXTREME ULTRAVIOLET LIGHT GENERATING METHOD

(54) 発明の名称: 極端紫外光生成装置及び極端紫外光の生成方法

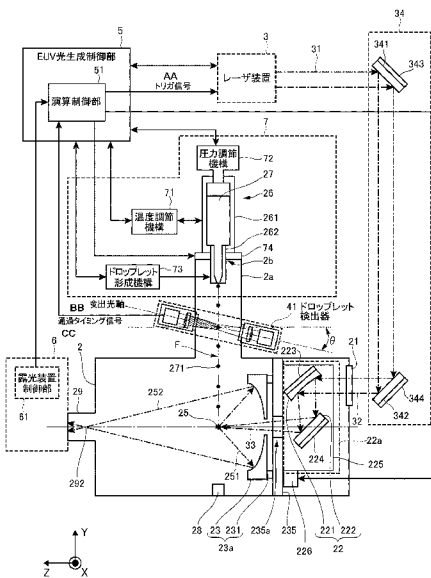


FIG. 6:
3 Laser device
5 EUV light generation control unit
41 Droplet detector
51 Arithmetic control unit
61 Exposure device control unit
71 Temperature adjusting mechanism
72 Pressure adjusting mechanism
73 Droplet forming mechanism
AA Trigger signal
BB Detection optical axis
CC Passing timing signal

(57) Abstract: To stably generate EUV light. An extreme ultraviolet light generating device of the present invention may be provided with: a chamber for generating extreme ultraviolet light; a target supply unit that supplies a target to a plasma generating region by outputting the target, as droplets, to the inside of the chamber; a stage that moves the target supply unit in the direction substantially perpendicular to the trajectory of the droplets outputted from the target supply unit; a droplet detector, which is disposed between the target supply unit and the plasma generating region by being tilted by a predetermined angle with respect to the substantially perpendicular direction, and which detects the droplets from the direction tilted by the predetermined angle; and an arithmetic control unit that adds a delay time to the timing at which the droplets are detected by means of the droplet detector, and controls irradiation timing at which the droplets are to be irradiated with laser light in the plasma generating region.

(57) 要約: EUV光を安定的に生成し得る。極端紫外光生成装置は、極端紫外光が生成されるチャンバと、ターゲットをドロップレットとしてチャンバ内に出力することでプラズマ生成領域にターゲットを供給するターゲット供給部と、ターゲット供給部から出力されるドロップレットの軌道に対して略垂直な方向へ、ターゲット供給部を移動させるステージと、ターゲット供給部とプラズマ生成領域との間に、略垂直な方向に対して所定角度傾けて配置され、所定角度傾いた方向からドロップレットを検出するドロップレット検出器と、ドロップレット検出器においてドロップレットが検出されたタイミングに遅延時間を付加して、プラズマ生成領域でドロップレットにレーザー光を照射する照射タイミングを制御する演算制御部と、を備えてもよい。

WO 2016/079810 A1

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 (条約第 19 条(1))

明 細 書

発明の名称： 極端紫外光生成装置及び極端紫外光の生成方法

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、及びその方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、半導体プロセスの微細化に伴って、半導体プロセスの光リソグラフィにおける転写パターンの微細化が急速に進展している。次世代においては、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：米国特許第7068367号

特許文献2：米国特許第7589337号

特許文献3：米国特許出願公開第2012／080584号

特許文献4：国際公開WO2014／042003号

特許文献5：特願2012－199360

特許文献6：特願2013－114964

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、内部のプラズマ生成領域に供給されたターゲットがレーザ光の照射によりプラズマ化され極端紫外光が生成されるチャンバと、前記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ことで前記プラズマ生成領域に前記ターゲットを供給するターゲット供給部と、前記ターゲット供給部から出力される前記ドロップレットの軌道に対して略垂直な方向へ、前記ターゲット供給部を移動させるステージと、前記ターゲット供給部と前記プラズマ生成領域との間において、前記略垂直な方向に対して所定角度傾けて配置され、前記所定角度傾いた方向から前記ドロップレットを検出するドロップレット検出器と、前記ドロップレット検出器において前記ドロップレットが検出されたタイミングに遅延時間を付加して、前記プラズマ生成領域で前記ドロップレットに前記レーザ光を照射する照射タイミングを制御する演算制御部と、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方法は、レーザ光の照射によりプラズマ生成領域においてターゲットをプラズマ化して極端紫外光を生成する極端紫外光生成方法であって、外部から前記プラズマ生成領域の位置を変更するためのプラズマ生成領域指示位置の情報を受信するステップと、前記情報に基づいて、前記ターゲットをドロップレットとして前記プラズマ生成領域指示位置に供給するターゲット供給部を移動させるステップと、前記情報に基づいて、前記レーザ光を前記プラズマ生成領域指示位置に集光するレーザ光集光光学系を移動させるステップと、前記ターゲット供給部により前記ターゲットを前記ドロップレットとして前記プラズマ生成領域指示位置に向けて出力させるステップと、前記ターゲット供給部から出力された前記ドロップレットの軌道と略垂直な方向に対して所定角度傾けて配置されたドロップレット検出器により、前記ドロップレットを検出するステップと、前記ドロップレット検出器において前記ドロップレットが検出されたタイミングと前記ターゲット供給部の移動距離及び前記所定角度とに基づいて、外部のレーザ装置に前記レーザ光を発振させるトリガ信号を出力するタイミングを定めるための遅延時間を算出するステップと、前記ドロップレット検出器に

において前記ドロップレットが検出されたタイミングに前記遅延時間を付加して、前記トリガ信号を出力するステップと、含んでもよい。

図面の簡単な説明

[0007] 本開示のいくつかの実施形態を、単なる例として、添付の図面を参照して以下に説明する。

[図1]図1は、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、ドロップレット検出器を含むE U V光生成装置の構成を示す。

[図3]図3は、図2に示されたE U V光生成装置が備えるドロップレット検出器の構成を説明するための図を示す。

[図4]図4は、図2に示されたE U V光生成制御部におけるトリガ信号の出力までに係るタイムチャートを示す。

[図5A]図5 Aは、ドロップレット検出器の構成を説明するための図を示す。

[図5B]図5 Bは、図5 Aに示されたドロップレット検出器の検出光軸とドロップレット軌道との関係を説明するための図を示す。

[図6]図6は、第1実施形態のE U V光生成装置の構成を説明するための図を示す。

[図7]図7は、図6に示された演算制御部における動作を説明するためのフローチャートを示す。

[図8]図8は、図7に示された演算制御部におけるX位置補正処理を説明するためのフローチャートを示す。

[図9]図9は、図7に示された演算制御部におけるY位置補正処理を説明するためのフローチャートを示す。

[図10]図10は、図7に示された演算制御部におけるZ位置補正処理を説明するためのフローチャートを示す。

[図11]図11は、図7に示された演算制御部におけるE U V光生成処理を説明するためのフローチャートを示す。

[図12]図12は、第2実施形態のE U V光生成装置の構成を説明するための

図を示す。

[図13]図13は、第2実施形態の演算制御部におけるトリガ信号の出力までに係るタイムチャートを示す。

[図14A]図14Aは、第3実施形態のドロップレット検出器の拡大図を示す。

[図14B]図14Bは、図14Aに示されたドロップレット検出器のA-A線における断面図を示す。

[図14C]図14Cは、図14Aに示された光源部からの照明光のM-M線における断面図を示す。

[図14D]図14Dは、図14Aに示された光センサによって生成される通過タイミング信号等の波形を示す。

[図15A]図15Aは、第4実施形態のドロップレット検出器の拡大図を示す。

[図15B]図15Bは、図15Aに示されたドロップレット検出器のB-B線における断面図を示す。

[図15C]図15Cは、図15Aに示されたスリット板のN-N線における断面図を示す。

[図15D]図15Dは、図15Aに示された光センサによって生成される通過タイミング信号等の波形を示す。

[図16]図16は、第5実施形態のEUV光生成装置の構成を説明するための図を示す。

[図17]図17は、図16に示されたEUV光生成装置が備える画像計測器の構成を説明するための図を示す。

[図18]図18は、図17に示されたドロップレット計測制御部におけるドロップレット速度計測処理を説明するためのフローチャートを示す。

[図19]図19は、図17に示された画像計測器の撮像部で撮像されたドロップレットの画像を示す。

[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を示す。

実施形態

[0008] ～内容～

1. 概要
2. 用語の説明
3. E U V 光生成システムの全体説明
 3. 1 構成
 3. 2 動作
4. ドロップレット検出器を含むE U V 光生成装置
 4. 1 構成
 4. 2 動作
5. 課題
6. 第1実施形態のE U V 光生成装置が備えるドロップレット検出器及び演算制御部
 6. 1 構成
 6. 2 動作
 6. 3 作用
7. 第2実施形態のE U V 光生成装置が備えるドロップレット検出器及び演算制御部
 7. 1 構成
 7. 2 動作
 7. 3 作用
8. 第3実施形態のE U V 光生成装置が備えるドロップレット検出器及び演算制御部
 8. 1 構成
 8. 2 動作
 8. 3 作用
9. 第4実施形態のE U V 光生成装置が備えるドロップレット検出器及び演算制御部
 9. 1 構成
 9. 2 動作

9. 3 作用

10. 第5実施形態のEUV光生成装置が備える画像計測器

10. 1 構成

10. 2 動作

10. 3 作用

11. 各制御部のハードウェア環境

[0009] 以下、本開示の実施形態について、図面を参照しながら詳しく説明する。

以下に説明される実施形態は、本開示のいくつかの例を示すものであって、本開示の内容を限定するものではない。また、各実施形態で説明される構成及び動作の全てが本開示の構成及び動作として必須であるとは限らない。なお、同一の構成要素には同一の参照符号を付して、重複する説明を省略する。

[0010] [1. 概要]

本開示は、以下の実施形態を少なくとも開示し得る。

[0011] 本開示におけるEUV光生成装置1は、内部のプラズマ生成領域25に供給されたターゲット27がレーザ光33の照射によりプラズマ化されEUV光が生成されるチャンバ2と、前記ターゲット27をドロップレット271として前記チャンバ2内に出力することで前記プラズマ生成領域25に前記ターゲット27を供給するターゲット供給部26と、前記ターゲット供給部26から出力される前記ドロップレット271の軌道Fに対して略垂直な方向へ、前記ターゲット供給部26を移動させるステージ74と、前記ターゲット供給部26と前記プラズマ生成領域25との間において、前記略垂直な方向に対して所定角度傾けて配置され、前記所定角度傾いた方向から前記ドロップレット271を検出するドロップレット検出器41と、前記ドロップレット検出器41において前記ドロップレット271が検出されたタイミングに遅延時間を付加して、前記プラズマ生成領域25で前記ドロップレット271に前記レーザ光33を照射する照射タイミングを制御する演算制御部51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、ドロップレット検出器41の検出光軸が傾けて設置されている状況下において、ターゲット供給部26が移動した場合であっても、ドロップレット271に最適のタイミングでパルスレーザ光33を照射し得る。

[0012] [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。

「プラズマ光」は、プラズマ化したターゲットから放射された放射光である。当該放射光にはEUV光が含まれている。

[0013] [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。

[0014] 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。

[0015] 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、軌道、位置、速度等を検出するよう構成されてもよい。

[0016] 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。

[0017] 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。

[0018] [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。

[0019] 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。

[0020] 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。

[0021] [4. ドロップレット検出器を含む E U V 光生成装置]

[4. 1 構成]

図 2 及び図 3 を用いて、ドロップレット検出器 41 を含む E U V 光生成装置 1 の構成について説明する。

図 2 では、E U V 光生成装置 1 のチャンバ 2 から露光装置 6 に向かって E U V 光 252 を導出する方向を 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。

[0022] E U V 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、E U V 光 252 を

露光装置 6 へ導出する方向であってもよい。

- [0023] 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 2 7 を供給するためのターゲット供給路 2 a が設けられてもよい。ターゲット供給路 2 a は、筒形状に形成されてもよい。ターゲット供給路 2 a の先端には、ターゲット供給孔 2 b が設けられてもよい。筒形状のターゲット供給路 2 a の中心軸方向は、EUV 光 2 5 2 を露光装置 6 へ導出する方向に対して略直交してもよい。筒形状のターゲット供給路 2 a の中心軸方向は、後述するレーザ光集光光学系 2 2 a からのパルスレーザ光 3 3 の照射方向と略直交してもよい。

チャンバ 2 が中空の球形状であれば、ターゲット供給路 2 a は、チャンバ 2 の壁面部であってウインドウ 2 1 及び接続部 2 9 の設置されていない位置に設けられてもよい。

- [0024] チャンバ 2 の内部には、レーザ光集光光学系 2 2 a と、EUV 集光光学系 2 3 a と、ターゲット回収部 2 8 と、プレート 2 2 5 及びプレート 2 3 5 と、マニピレータ 2 2 6 とが備えられてもよい。

- [0025] プレート 2 3 5 は、チャンバ 2 の内側面に固定されてもよい。プレート 2 3 5 の中央には、その厚さ方向にパルスレーザ光 3 3 が通過可能な孔 2 3 5 a が設けられてもよい。孔 2 3 5 a の開口方向は、図 1 における貫通孔 2 4 及びプラズマ生成領域 2 5 を通る軸と略同一方向であってもよい。

プレート 2 3 5 の一方の面には、EUV 集光光学系 2 3 a が設けられてもよい。

プレート 2 3 5 の他方の面には、マニピレータ 2 2 6 を介してプレート 2 2 5 が設けられてもよい。

- [0026] プレート 2 3 5 の一方の面に設けられた EUV 集光光学系 2 3 a は、EUV 集光ミラー 2 3 とホルダ 2 3 1 とを含んでもよい。

ホルダ 2 3 1 は、EUV 集光ミラー 2 3 を保持してもよい。EUV 集光ミラー 2 3 を保持するホルダ 2 3 1 は、プレート 2 3 5 に固定されてもよい。

- [0027] プレート 2 3 5 の他方の面に設けられたプレート 2 2 5 は、位置及び姿勢

が、マニピレータ 226 によって変更可能であってもよい。

マニピレータ 226 は、X 方向、Y 方向、及び Z 方向の 3 軸方向に、プレート 225 を動かすアクチュエータを含んでもよい。

マニピレータ 226 のアクチュエータは、後述する E U V 光生成制御部 5 と接続されてもよい。マニピレータ 226 は、E U V 光生成制御部 5 の制御信号に基づいてプレート 225 を動かしてもよい。それにより、プレート 225 の位置及び姿勢が変更されてもよい。

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。

[0028] レーザ光集光光学系 22a は、Z 軸と略平行な方向であってプラズマ生成領域 25 に向けて、パルスレーザ光 33 を照射してもよい。

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。

[0029] 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。

[0030] 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、E U V 光生成制御部 5 がマニピレータ 226 を介してプレート 225 の位置及び姿勢を変更す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 に集光するように実行され得

る。

[0031] 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 27 1 が進行する方向の延長線上に配置されてもよい。

[0032] 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、ターゲット生成器 7 と、ドロップレット検出器 41 とを備えてもよい。

[0033] レーザ光進行方向制御部 34 は、チャンバ 2 の底面部に設けられたウインドウ 21 とレーザ装置 3 との間に設けられてもよい。

レーザ光進行方向制御部 34 は、高反射ミラー 341 及び高反射ミラー 342 と、ホルダ 343 及びホルダ 344 とを含んでもよい。

[0034] ホルダ 343 は、高反射ミラー 341 を保持してもよい。ホルダ 344 は、高反射ミラー 342 を保持してもよい。

ホルダ 343 及びホルダ 344 は、EUV 光生成制御部 5 に接続された図示しないアクチュエータによって位置及び姿勢が変更可能であってもよい。

[0035] 高反射ミラー 341 は、パルスレーザ光 31 が出力されるレーザ装置 3 の出射口及び高反射ミラー 342 とそれぞれ対向して配置されてもよい。

高反射ミラー 342 は、チャンバ 2 のウインドウ 21 及び高反射ミラー 341 とそれぞれ対向して配置されてもよい。

高反射ミラー 341 及び高反射ミラー 342 の位置及び姿勢は、EUV 光生成制御部 5 によりホルダ 343 及びホルダ 344 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 341 及び高反射ミラー 342 に入射したパルスレーザ光 31 の反射光であるパルスレーザ光 32 が、チャンバ 2 の底面部に設けられたウインドウ 21 を透過するように実行され得る。

[0036] ターゲット生成器 7 は、チャンバ 2 のターゲット供給路 2a の端部に設けられてもよい。ターゲット生成器 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、ステージ 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もよい。ノズル 262 は、チャンバ 2 のターゲット供給孔 2b 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 2b 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 の少なくとも内面は、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、ターゲット供給路 2a、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] 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、を含んでもよい。

[0041] 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、EUV 光生成制御部 5 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 EUV 光生成制御部 5 によって制御されてもよい。

[0042] 筒形状のタンク 261 の外側側面部には、図示しない温度センサが固定されてもよい。タンク 261 に固定された温度センサは、EUV 光生成制御部 5 と接続されてもよい。温度センサは、タンク 261 の温度を検出し、検出信号を EUV 光生成制御部 5 に出力してもよい。EUV 光生成制御部 5 は、温度センサから出力された検出信号に基づいて、ヒータ 711 へ供給する電力を調節し得る。

[0043] 上記構成によって温度調節機構 71 は、EUV 光生成制御部 5 の制御信号に基づいてタンク 261 の温度を調節し得る。

[0044] 圧力調節機構 72 は、タンク 261 内の圧力を調節してもよい。圧力調節機構 72 は、図 3 に示すように、圧力調節器 721 と、配管 722 と、ガスボンベ 723 とを含んでもよい。

[0045] 配管 722 は、筒形状のタンク 261 の底面部であってノズル 262 の反対側と、圧力調節器 721 とを連結してもよい。配管 722 は、タンク 261 を含むターゲット供給部 26 と圧力調節器 721 とを連通させ得る。

配管 722 は、図示しない断熱材等で覆われてもよい。配管 722 には、図示しないヒータが設置されてもよい。配管 722 内の温度は、ターゲット供給部 26 のタンク 261 内の温度と略同じ温度に保たれてもよい。

[0046] ガスボンベ 723 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 723 は、圧力調節器 721 を介して、タンク 261 内に不活性ガスを給気してもよい。

[0047] 圧力調節器 721 は、上述のように、筒形状のタンク 261 の底面部であ

ってノズル 262 とは反対側に配管 722 を介して設けられてもよい。

圧力調節器 721 は、給気及び排気用の電磁弁や圧力センサ等を内部に含んでもよい。圧力調節器 721 は、圧力センサを用いてタンク 261 内の圧力を検出してもよい。

圧力調節器 721 は、ガスポンベ 723 に連結されてもよい。圧力調節器 721 は、ガスポンベ 723 に充填された不活性ガスを、タンク 261 内に給気してもよい。

圧力調節器 721 は、図示しない排気ポンプに連結されてもよい。圧力調節器 721 は、排気ポンプを動作させて、タンク 261 内のガスを排気してもよい。

圧力調節器 721 は、タンク 261 内にガスを給気又はタンク 261 内のガスを排気することによって、タンク 261 内の圧力を加圧又は減圧し得る。

[0048] 圧力調節器 721 は、EUV 光生成制御部 5 と接続されてもよい。圧力調節器 721 は、検出した圧力の検出信号を EUV 光生成制御部 5 に出力してもよい。圧力調節器 721 は、EUV 光生成制御部 5 から出力された制御信号が入力されてもよい。

EUV 光生成制御部 5 から出力される制御信号は、圧力調節器 721 から出力された検出信号に基づいて、タンク 261 内の圧力が目標とする圧力になるよう圧力調節器 721 の動作を制御するための制御信号であってもよい。

圧力調節器 721 は、EUV 光生成制御部 5 の制御信号に基づいてタンク 261 内にガスを給気又はタンク 261 内のガスを排気してもよい。それにより、タンク 261 内の圧力は、目標とする圧力に調節され得る。

[0049] 上記構成によって圧力調節機構 72 は、EUV 光生成制御部 5 の制御信号に基づいて、圧力調節器 721 にてタンク 261 内の圧力を調節し得る。

[0050] ドロップレット形成機構 73 は、ノズル 262 からジェット状に噴出したターゲット 27 の流れを周期的に分断し、ドロップレット 271 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。

[0051] 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、 E U V 光生成制御部 5 と接続されてもよい。 piezo 電源 7 3 2 は、 piezo 素子 7 3 1 への電力供給を E U V 光生成制御部 5 によって制御されてもよい。

[0052] 上記構成によってドロップレット形成機構 7 3 は、 E U V 光生成制御部 5 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。

[0053] ドロップレット軌道 F は、ノズル孔 2 6 2 a から出力されたドロップレット 2 7 1 が、プラズマ生成領域 2 5 に向かって移動する軌道であってもよい。

なお、ノズル孔 2 6 2 a から出力されたドロップレット 2 7 1 が、プラズマ生成領域 2 5 に向けて移動する方向を、「ドロップレットの進行方向」ともいう。

[0054] ステージ 7 4 は、 X 方向及び Z 方向の 2 軸方向に、ターゲット供給部 2 6 を移動させてもよい。ステージ 7 4 は、 X Z 面である二次元平面に沿って、

ターゲット供給部 26 を移動させてもよい。ステージ 74 は、ドロップレット軌道 F の方向に対して略垂直な方向へ、ターゲット供給部 26 を移動させてもよい。

ステージ 74 は、EUV 光生成制御部 5 と接続されてもよい。ステージ 74 には、EUV 光生成制御部 5 から出力された制御信号が入力されてもよい。

EUV 光生成制御部 5 から出力される制御信号は、チャンバ 2 内に出力されたドロップレット 271 が目標とする位置に到達するようにターゲット供給部 26 の位置を調整するための制御信号であってもよい。

ステージ 74 は、EUV 光生成制御部 5 の制御信号に基づいてターゲット供給部 26 を移動させてもよい。それにより、チャンバ 2 内に出力されたドロップレット 271 の X 方向及び Z 方向における位置は、ドロップレット 271 が目標とする位置に到達するように調整され得る。

[0055] ドロップレット検出器 41 は、チャンバ 2 内に出力されたドロップレット 271 を検出してもよい。

ドロップレット検出器 41 は、図 2 に示すように、ターゲット供給路 2a の側面部の所定位置に設けられてもよい。ドロップレット検出器 41 は、ターゲット供給部 26 とプラズマ生成領域 25 との間に位置し得る。

[0056] ドロップレット検出器 41 は、図 3 に示すように、光源部 411 と、受光部 412 とを備えてもよい。光源部 411 と受光部 412 とは、チャンバ 2 内に出力されたドロップレット 271 の進行経路であるドロップレット軌道 F を挟んで互いに対向配置されてもよい。

[0057] なお、図 2 および図 3 では、光源部 411 と受光部 412 との対向方向が X 方向に略直交する方向であるように便宜的に記載されているが、図 2 および図 3 の記載は、光源部 411 と受光部 412 との対向方向を特定するための記載ではない。

[0058] 光源部 411 は、ドロップレット軌道 F を進行するドロップレット 271 に連続光である照明光を放射してもよい。ドロップレット 271 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 1 1 は、光源 4 1 1 a と、照明光学系 4 1 1 b と、ウィンドウ 4 1 1 c とを含んでもよい。

[0059] 光源 4 1 1 a は、例えば、CW (Continuous Wave) レーザ出力器等の連続レーザ光を出力する光源であってもよい。連続レーザ光のビーム径は、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。

[0060] 照明光学系 4 1 1 b は、レンズ等の光学素子を含んでもよい。光学素子は、レンズ等の透過型光学素子の他にミラー等の反射光学素子であってもよい。

照明光学系 4 1 1 b は、光源 4 1 1 a から放射された連続レーザ光を、ウィンドウ 4 1 1 c を介してドロップレット軌道 F 上のドロップレット通過位置 P に集光してもよい。

[0061] 上記構成によって光源部 4 1 1 は、連続レーザ光をドロップレット軌道 F 上のドロップレット通過位置 P に向かって放射し得る。ドロップレット軌道 F を進行するドロップレット 2 7 1 がドロップレット通過位置 P に到達すると、光源部 4 1 1 から放射された連続レーザ光が当該ドロップレット 2 7 1 を照明し得る。

[0062] 受光部 4 1 2 は、光源部 4 1 1 から放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 1 2 は、光センサ 4 1 2 a と、受光光学系 4 1 2 b と、ウィンドウ 4 1 2 c とを含んでもよい。

[0063] 受光光学系 4 1 2 b は、コリメータ等の光学系であってもよい。このコリメータ等の光学系は、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 1 2 b は、光源部 4 1 1 から放射された連続レーザ光を、ウィンドウ 4 1 2 c を介して光センサ 4 1 2 a に導いてもよい。

[0064] 光センサ 4 1 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 1 2 a は、受光光学系 4 1 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 1 2 a は、E U V 光生成制御部 5 と接続されてもよい。光センサ 4 1 2 a は、検出した光強度の検出信号を E U V 光生成制御部 5 に出力してもよい。

[0065] 上記構成によって受光部 4 1 2 は、光源部 4 1 1 から放射された連続レーザ光の光強度を検出して E U V 光生成制御部 5 に出力し得る。ドロップレット 2 7 1 がドロップレット軌道 F 上のドロップレット通過位置 P に到達すると、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 1 2 における光強度は低下し得る。受光部 4 1 2 は、ドロップレット 2 7 1 の通過による光強度の変化に応じた信号を E U V 光生成制御部 5 に出力し得る。

なお、ドロップレット 2 7 1 による光強度の変化に応じた信号を、「通過タイミング信号」ともいう。

[0066] 上記構成によってドロップレット検出器 4 1 は、ターゲット供給部 2 6 からプラズマ生成領域 2 5 に向けて進行するドロップレット 2 7 1 を検出し、通過タイミング信号を E U V 光生成制御部 5 に出力し得る。それにより、E U V 光生成制御部 5 は、ターゲット供給部 2 6 からプラズマ生成領域 2 5 に向けて進行するドロップレット 2 7 1 が検出されたタイミングを検出し得る。特に、ドロップレット 2 7 1 がドロップレット軌道 F 上のドロップレット通過位置 P を通過したタイミングを検出し得る。

なお、ドロップレット検出器 4 1 がドロップレット 2 7 1 を検出したタイミングを「検出タイミング」ともいう。検出タイミングは、通過タイミング信号が閾値を下回ったタイミングであり得る。

[0067] E U V 光生成制御部 5 は、ターゲット生成器 7、及びドロップレット検出器 4 1 の動作を統括的に制御してもよい。

E U V 光生成制御部 5 は、ヒータ電源 7 1 2 に制御信号を出力して、ヒータ電源 7 1 2 を含む温度調節機構 7 1 の動作を制御してもよい。

E U V 光生成制御部 5 は、圧力調節器 7 2 1 に制御信号を出力して、圧力調節器 7 2 1 を含む圧力調節機構 7 2 の動作を制御してもよい。

E U V 光生成制御部 5 は、ピエゾ電源 7 3 2 に制御信号を出力して、ピエ

ゾ電源 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。

EUV 光生成制御部 5 は、ステージ 7 4 に制御信号を出力して、ステージ 7 4 の動作を制御してもよい。

[0068] EUV 光生成制御部 5 は、露光装置 6 の制御部である露光装置制御部 6 1 との間で制御信号の送受を行ってもよい。それにより、EUV 光生成制御部 5 は、露光装置 6 の指令に基づいて EUV 光生成システム 1 1 全体の動作を統括的に制御してもよい。

EUV 光生成制御部 5 は、プラズマ生成指示位置の指示に関する露光装置 6 の指令に基づいて、ステージ 7 4 及びマニピレータ 2 2 6 を制御してもよい。

EUV 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ってもよい。それにより、EUV 光生成制御部 5 は、レーザ装置 3 の動作を制御してもよい。

EUV 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、EUV 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。

EUV 光生成制御部 5 は、ターゲット生成器 7 と、ドロップレット検出器 4 1 との間で制御信号の送受を行ってもよい。それにより、EUV 光生成制御部 5 は、ターゲット生成器 7 及びドロップレット検出器 4 1 の動作を制御してもよい。

なお、EUV 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。

[0069] EUV 光生成制御部 5 は、ドロップレット検出器 4 1 から出力された通過タイミング信号に基づいて、ドロップレット検出信号を生成してもよい。

なお、EUV 光生成制御部 5 がドロップレット検出信号を生成したタイミングを「生成タイミング」ともいう。

EUV 光生成制御部 5 は、ドロップレット検出信号が生成されてから遅延

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。

EUV 光生成制御部 5 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 31 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 33 がプラズマ生成領域 25 に集光されるタイミングを、ドロップレット 271 がプラズマ生成領域 25 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。それにより、ドロップレット軌道 F 上のドロップレット通過位置 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。

EUV 光生成制御部 5 は、予め入力された遅延時間 T_d を記憶してもよい。

つまり、EUV 光生成制御部 5 は、生成タイミング及び遅延時間 T_d に基づいて、パルスレーザ光 33 の照射タイミングを制御し得る。

[0070] [4. 2 動作]

図 4 を用いて、ドロップレット検出器 41 を備えた EUV 光生成装置 1 における EUV 光生成制御部 5 の動作の概要について説明する。

図 4 は、EUV 光生成制御部 5 によって制御されるレーザ装置 3 の出力タイミングを説明するための図である。

[0071] EUV 光生成制御部 5 は、レーザ装置 3 がレーザ出力を行うタイミングを制御してもよい。

EUV 光生成制御部 5 には、ドロップレット計測器 41 から出力された通過タイミング信号が入力されてもよい。

ドロップレット 271 がドロップレット通過位置 P を通過した場合に入力される通過タイミング信号の光強度は、上述したように、ドロップレット 271 がドロップレット通過位置 P を通過していない場合に入力される通過タイミング信号の光強度に比べて、低い値を示し得る。

EUV光生成制御部5は、入力された通過タイミング信号の光強度が、閾値電圧 V_s よりも低い値を示した場合に、ドロップレット271がドロップレット通過位置Pを通過したと判定してもよい。この場合、EUV光生成制御部5は、ドロップレット通過位置Pを通過したドロップレット271が検出されたとしてドロップレット検出信号を生成してもよい。

なお、閾値電圧 V_s は、ドロップレット271がドロップレット通過位置Pを通過した場合に通過タイミング信号の光強度が取り得る範囲に基づいて予め定められ入力された閾値であってもよい。

ドロップレット検出信号は、ドロップレット通過位置Pを通過したドロップレット271が検出されたことを示す信号であってもよい。

[0072] EUV光生成制御部5は、ドロップレット検出信号が生成されたタイミングから遅延時間 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。

上述したように、トリガ信号は、レーザ装置3がパルスレーザ光31を出力する契機を与える信号であってもよい。

また、遅延時間 T_d は、パルスレーザ光33がプラズマ生成領域25に集光されるタイミングを、ドロップレット271がプラズマ生成領域25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。

[0073] 上記構成により、EUV光生成制御部5は、入力された通過タイミング信号の光強度の変化に同期してトリガ信号をレーザ装置3に出力することにより、レーザ装置3がレーザ出力を行うタイミングを制御し得る。EUV光生成制御部5は、レーザ装置3がレーザ出力を行うタイミングを、ドロップレット通過位置Pを通過したドロップレット271がプラズマ生成領域25に到達したタイミングでパルスレーザ光33がプラズマ生成領域25に集光されるようなタイミングに制御し得る。

それにより、チャンバ2内に出力されたドロップレット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に対してパルスレーザ光33が照射され得る。

なお、EUV光生成制御部5のハードウェア構成については、図20を用いて後述する。

[0074] [5. 課題]

ドロップレット検出器41は、ターゲット供給路2a（図2参照）の側面部において、EUV光生成装置1の他の構成との配置の都合上、傾けて配置することがあり得る。

具体的に、ドロップレット検出器41における光源部411と受光部412との対向方向は、図5Aに示すように、ドロップレット軌道Fと略直交する方向に対して、所定角度（図中 θ ）傾けて配置されることがあり得る。

[0075] ここで、図5Aに示す検出光軸は、光源部411から放射された照明光のうち受光部412によって検出される照明光の光路軸をいう。

検出光軸は、図5Aに示すようにドロップレット検出器41が傾けて配置されると、ドロップレット軌道Fと略直交する方向に対して所定角度（図中 θ ）傾けて設定され得る。

[0076] ここで、露光装置制御部61は、プラズマ生成指示位置（ X_c ， Y_c ， Z_c ）に関する情報を出力し得る。

ターゲット供給部26は、露光装置制御部61から出力されたプラズマ生成指示位置（ X_c ， Y_c ， Z_c ）に基づき、移動し得る。説明のため、ターゲット供給部26がZ方向に移動した場合を考える。

この場合、ターゲット供給部26のノズル孔262aとドロップレット検出器41の検出光軸との距離は、ドロップレット軌道Fの方向（Y方向）において、変化し得る。

[0077] 図5Bは、ターゲット供給部26がZ方向に移動する前後における、ドロップレット271の軌道とドロップレット検出器41の検出光軸との関係を示す図である。

図5Bは、図5Aにおいて示す範囲Qの拡大図である。

図5Bにおいて、ドロップレット軌道Oは、ターゲット供給部26がZ方向に移動する前におけるドロップレット271の軌道を示し、ドロップレ

ト軌道Mは、ターゲット供給部26がZ方向に移動した後におけるドロップレット271の軌道を示す。

図5Bにおいて、ドロップレット271の通過点P1は、ターゲット供給部26がZ方向に移動する前におけるドロップレット軌道Oと検出光軸との交点である。

ドロップレット271の通過点P2は、ターゲット供給部26がZ方向に移動した後におけるドロップレット軌道Mと検出光軸との交点である。

[0078] ここで、図5Bに示すように、ドロップレットの軌道Oと略直交する方向に対する検出光軸の傾斜角度を θ 、ターゲット供給部26のZ方向への移動距離を ΔZ とすると、ノズル孔262a（図3参照）から通過点P2までの距離は、ノズル孔262aから通過点P1までの距離よりも、 $\Delta Z \times \tan \theta$ 長くなり得る。

[0079] このため、ドロップレット軌道M上においてノズル孔262aからドロップレット271が出力されてから通過点P2に到達するまでの時間は、ドロップレット軌道O上においてドロップレット271が出力されてから通過点P1へ到達する時間よりも長くなり得る。

[0080] 更に、ドロップレット271の速度をVとすると、出力されてから通過点P2に到達するまでの時間は、出力されてから通過点P1に到達するまでの時間よりも、 $\Delta Z \times \tan \theta / V$ 遅くなり得る。

[0081] このため、露光装置制御部61からの指令に基づいてターゲット供給部26をZ方向に移動させる際には、Y方向への移動を伴わなくても、ドロップレット271が検出光軸を通過するタイミングがずれてしまうことがあり得る。

[0082] この場合、ドロップレット検出器41からEUV光生成制御部5に出力される通過タイミング信号の変化するタイミングは、ずれてしまうことがあり得る。

よって、EUV光生成制御部5においてドロップレット検出信号が生成されるタイミングは、ずれてしまうことがあり得る。

そして、EUV光生成制御部5からレーザ装置3にトリガ信号が出力されるタイミングは、ずれてしまうことがあり得る。

このため、プラズマ生成領域25におけるドロップレット271へのパルスレーザ光33の照射タイミングは、ずれてしまうことがあり得る。

ドロップレット271へのパルスレーザ光33の照射タイミングがずれてしまうことにより、EUV光251の発生は、不安定になり得る。

[0083] 以上から、ドロップレット検出器41が傾けて配置され、ターゲット供給部26が移動した場合であっても、プラズマ生成領域25におけるドロップレット271へのパルスレーザ光33の照射タイミングを適正に調整し得る技術が望まれている。

[0084] [6. 第1実施形態のEUV光生成装置が備えるドロップレット検出器及び演算制御部]

[6. 1 構成]

図6を用いて、第1実施形態のEUV光生成装置1が備えるドロップレット検出器41及び演算制御部51の構成について説明する。

第1実施形態のターゲット生成器7の構成は、図2及び図3に示したターゲット生成器7の構成と同様であってもよい。

第1実施形態のドロップレット検出器41の構成において、図2及び図3に示したEUV光生成装置1と同様の構成については説明を省略する。

[0085] ドロップレット検出器41における検出光軸は、図6に示すように、ドロップレット軌道Fと略直交する方向に対して、所定角度（図中 θ ）傾けて配置されてもよい。

また、検出光軸は、ステージ74によりターゲット供給部26が移動させられるXZ面に対して、傾けて配置されてもよい。

ドロップレット検出器41は、図6に示すように、XZ面に対して傾けて配置されてもよい。

[0086] 演算制御部51は、図6に示す構成により、露光装置制御部61から出力されたプラズマ生成指示位置（ X_c ， Y_c ， Z_c ）の情報を受信してもよい

。

演算制御部 51 は、ステージ 74 にプラズマ生成指示位置 (X_c , Y_c , Z_c) の情報を出力してもよい。演算制御部 51 は、マニピレータ 226 にプラズマ生成指示位置 (X_c , Y_c , Z_c) の情報を出力してもよい。

演算制御部 51 は、ドロップレット検出器 41 から出力された通過タイミング信号を受信してもよい。

演算制御部 51 は、レーザ発振を行ってパルスレーザ光 31 を出力する契機を与えるためのトリガ信号を、レーザ装置 3 へ出力してもよい。

[0087] なお、第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 の他の構成については、図 2 に示された E U V 光生成装置 1 の構成と同様であってもよい。

[0088] [6. 2 動作]

図 7 ~ 図 11 を用いて、図 6 に示すドロップレット検出器 41 を備えた E U V 光生成装置 1 における演算制御部 51 の動作の概要について説明する。

ドロップレット検出器 41 を備える E U V 光生成装置 1 の動作において、図 2 及び図 3 に示した E U V 光生成装置 1 と同様の動作については説明を省略する。

[0089] まず、図 7 を用いて、第 1 実施形態の演算制御部 51 が含まれる E U V 光生成装置 1 の動作の概要について説明する。

[0090] ステップ S1 において、演算制御部 51 は、プラズマ生成領域 25 の初期設定情報としてのプラズマ生成初期位置 (X_i , Y_i , Z_i)、及び初期遅延時間 T_{d1i} を、図示しないメモリから読み込んでもよい。プラズマ生成初期位置 (X_i , Y_i , Z_i)、及び初期遅延時間 T_{d1i} は、オペレータによって入力されてもよい。

演算制御部 51 は、遅延時間 T_d として初期遅延時間 T_{d1i} を設定してもよい。

[0091] ステップ S2 において、演算制御部 51 は、ドロップレット軌道 F (図 2 参照) が、E U V 光が生成されるプラズマ生成初期位置 (X_i , Y_i , Z_i) を通るように、ターゲット供給部 26 を移動させてもよい。

演算制御部 5 1 は、ステージ 7 4 を制御することによってターゲット供給部 2 6 を移動させてもよい。

- [0092] ステップ S 3 において、演算制御部 5 1 は、EUV 光が生成されるプラズマ生成初期位置 (X_i , Y_i , Z_i) に、レーザ光集光光学系 2 2 a による集光位置を移動させてもよい。

レーザ光集光光学系 2 2 a による集光位置は、マニピレータ 2 2 6 を制御することによって移動させられてもよい。

- [0093] ステップ S 4 において、演算制御部 5 1 は、EUV 光が生成されるプラズマ生成指示位置 (X_c , Y_c , Z_c) が露光装置制御部 6 1 から出力されたか否かを判定してもよい。

演算制御部 5 1 は、露光装置制御部 6 1 からプラズマ生成指示位置 (X_c , Y_c , Z_c) の情報が出力されたと判定した場合には、ステップ S 5 に移行してもよい。

一方、演算制御部 5 1 は、露光装置制御部 6 1 からプラズマ生成指示位置 (X_c , Y_c , Z_c) の情報が出力されたと判定しなかった場合には、ステップ S 1 2 に移行してもよい。

- [0094] ステップ S 5 において、演算制御部 5 1 は、プラズマ生成初期位置 (X_i , Y_i , Z_i) とプラズマ生成指示位置 (X_c , Y_c , Z_c) との差分値 Δ を、座標ごとに算出してもよい。

- [0095] ステップ S 6 において、演算制御部 5 1 は、X 方向におけるプラズマ生成初期位置 (X_i) とプラズマ生成指示位置 (X_c) との差分値 (ΔX) が、0 であるか否かを判定してもよい。

演算制御部 5 1 は、差分値 (ΔX) が 0 ではないと判定した場合には、ステップ S 7 に移行してもよい。

一方、演算制御部 5 1 は、差分値 (ΔX) が 0 であると判定した場合には、ステップ S 8 に移行してもよい。

- [0096] ステップ S 7 において、演算制御部 5 1 は、X 位置補正処理を行ってもよい。

X位置補正処理の詳細については、図8を用いて後述する。

[0097] ステップS8において、演算制御部51は、Y方向におけるプラズマ生成初期位置(Y_i)とプラズマ生成指示位置(Y_c)との差分値(ΔY)が、0であるか否か判定してもよい。

演算制御部51は、差分値(ΔY)が0ではないと判定した場合には、ステップS9に移行してもよい。

演算制御部51は、差分値(ΔY)が0であると判定した場合には、ステップS10に移行してもよい。

[0098] ステップS9において、演算制御部51は、Y位置補正処理を行ってもよい。

Y位置補正処理の詳細については、図9を用いて後述する。

[0099] ステップS10において、演算制御部51は、Z方向におけるプラズマ生成初期位置(Z_i)とプラズマ生成指示位置(Z_c)との差分値(ΔZ)が、0であるか否か判定してもよい。

演算制御部51は、差分値(ΔZ)が0ではないと判定した場合には、ステップS11に移行してもよい。

演算制御部51は、差分値(ΔZ)が0であると判定した場合には、ステップS12に移行してもよい。

[0100] ステップS11において、演算制御部51は、Z位置補正処理を行ってもよい。

Z位置補正処理の詳細については、図10を用いて後述する。

[0101] ステップS12において、演算制御部51は、EUV光生成処理を行ってもよい。

EUV光生成処理の詳細については、図11を用いて後述する。

[0102] ステップS13において、演算制御部51は、EUV光の生成を中止するか否かを判定してもよい。

演算制御部51は、EUV光の生成を中止するための制御信号が露光装置制御部61から出力された場合には、EUV光の生成を中止すると判定し、

本フローチャートの処理を終了してもよい。

演算制御部 51 は、EUV 光の生成を中止しないと判定した場合には、上述のステップ S4 に戻してもよい。

[0103] 図 8 を用いて、ドロップレット検出器 41 を備えた EUV 光生成装置 1 における演算制御部 51 の X 位置補正処理の概要について説明する。X 位置補正処理は、図 7 におけるステップ S7 であってもよい。

[0104] ステップ S71 において、演算制御部 51 は、ステップ S5 において算出された差分値 (ΔX) の情報に基づいて、以下のように、プラズマ生成初期位置 (X_i) が設定されているプラズマ生成位置 (X) に、上述の差分値 (ΔX) を加えた値に設定してもよい。

$$X = X + \Delta X$$

[0105] ステップ S72 において、演算制御部 51 は、ステップ S71 において設定された座標 (X) に基づいて、ステージ 74 を制御することにより、ターゲット供給部 26 を移動させてもよい。

[0106] ステップ S73 において、演算制御部 51 は、ステップ S71 において設定された座標 (X) に基づいて、マニピレータ 226 を制御することにより、レーザ光集光光学系 22a による集光位置を移動させてもよい。

[0107] ここで、座標 (X) の方向は、ターゲット供給部 26 が移動可能な二次元平面 (XZ 平面) に略平行な方向、かつ、検出光軸に垂直な方向であってもよい。

なお、この座標 (X) の方向を、「所定方向」ともいう。

演算制御部 51 は、図 8 に示すように、ターゲット供給部 26 及びレーザ光集光光学系 22a の移動される方向が座標 (X) の方向である場合には、遅延時間 T_d を更新しなくてもよい。

[0108] 図 9 を用いて、ドロップレット検出器 41 を備えた EUV 光生成装置 1 における演算制御部 51 の Y 位置補正処理の概要について説明する。Y 位置補正処理は、図 7 におけるステップ S9 であってもよい。

[0109] ステップ S91 において、演算制御部 51 は、ステップ S5 において算出

された差分値 (ΔY) の情報に基づいて、以下のように、プラズマ生成初期位置 (Y_i) が設定されているプラズマ生成位置 (Y) に、上述の差分値 (ΔY) を加えた値に設定してもよい。

$$Y = Y + \Delta Y$$

[0110] ステップS 9 2において、演算制御部5 1は、ステップS 9 1において設定された座標 (Y) に基づいて、マニピレータ2 2 6を制御することにより、レーザ光集光光学系2 2 aによる集光位置を移動させてもよい。

[0111] ステップS 9 3において、演算制御部5 1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、座標 (Y) が変更されたプラズマ生成領域2 5にドロップレット2 7 1が到達するタイミングに同期させる調整を行ってもよい。

[0112] 演算制御部5 1は、ステップS 5において算出された差分値 (ΔY) の情報と、ドロップレット2 7 1の速度 (V) の情報とに基づいて、以下のように、プラズマ生成初期位置 (Y_i) とプラズマ生成指示位置 (Y_c) との差分値 (ΔY) におけるドロップレット2 7 1の移動時間 (ΔT) を算出してもよい。

$$\Delta T = \Delta Y / V$$

演算制御部5 1は、ドロップレット2 7 1の速度 (V) の情報について、図示しないメモリから読み込んでもよい。ドロップレット2 7 1の速度 (V) の情報は、予めオペレータによってメモリに入力されていてもよい。

[0113] ステップS 9 4において、演算制御部5 1は、ステップS 9 3において算出された移動時間 (ΔT) に基づいて、以下のように、初期遅延時間 T_{d1} が設定されている遅延時間 T_{d1} に移動時間 (ΔT) を加えて、遅延時間 T_{d1} を更新してもよい。

$$T_{d1} = T_{d1} + \Delta T$$

なお、本ステップS 9 4において更新された遅延時間 T_{d1} を、「第1遅延時間」ともいう。

[0114] 演算制御部5 1は、図9に示すように、ターゲット供給部2 6及びレーザ

光集光光学系 22a の移動される方向が座標 (Y) の方向である場合には、遅延時間 Td1 を更新してもよい。

つまり、演算制御部 51 は、ターゲット供給部 26 及びレーザ光集光光学系 22a の移動される方向が所定方向である座標 (X) の方向ではない場合に、遅延時間 Td1 を更新してもよい。

[0115] 図 10 を用いて、ドロップレット検出器 41 を備えた EUV 光生成装置 1 における演算制御部 51 の Z 位置補正処理の概要について説明する。Z 位置補正処理は、図 7 におけるステップ S11 であってもよい。

[0116] ステップ S111 において、演算制御部 51 は、ステップ S5 において算出された差分値 (ΔZ) の情報に基づいて、以下のように、プラズマ生成初期位置 (Z_i) が設定されているプラズマ生成位置 (Z) に、上述の差分値 (ΔZ) を加えた値に設定してもよい。

$$Z = Z + \Delta Z$$

[0117] ステップ S112 において、演算制御部 51 は、ステップ S111 において設定された座標 (Z) に基づいて、ステージ 74 を制御することにより、ターゲット供給部 26 を移動させてもよい。

[0118] ステップ S113 において、演算制御部 51 は、ステップ S111 において設定された座標 (Z) に基づいて、マニピレータ 226 を制御することにより、レーザ光集光光学系 22a による集光位置を移動させてもよい。

[0119] ステップ S114 において、演算制御部 51 は、図 5B に示したように、ドロップレットの軌道 O と略直交する方向に対する検出光軸の傾斜角度 θ の情報と、ターゲット供給部 26 の Z 方向への移動の長さである所定距離 ΔZ の情報とに基づいて、以下のように、Y 方向における通過点 P1 と通過点 P2 との距離 (ΔY_z) を算出してもよい。

$$\Delta Y_z = \Delta Z \times \tan \theta$$

演算制御部 51 は、ドロップレット検出器 41 の検出光軸の傾斜角度 (θ) の情報について、図示しないメモリから読み込んでもよい。傾斜角度 (θ) の情報は、予めオペレータによってメモリに入力されていてもよい。

[0120] ステップS 1 1 5において、演算制御部5 1は、ステップS 1 1 4において算出された距離 (ΔY_z) の情報と、ドロップレット2 7 1の速度 (V) の情報とに基づいて、以下のように、ドロップレット2 7 1がノズル孔2 6 2 aから出力されてから通過点P 1に到着するまでの時間と、ドロップレット2 7 1がノズル孔2 6 2 aから出力されてから通過点P 2に到着するまでの時間との時間差 (ΔT_z) を算出してもよい。

$$\Delta T_z = \Delta Y_z / V$$

演算制御部5 1は、ドロップレット2 7 1の速度 (V) の情報について、図示しないメモリから読み込んでもよい。

[0121] ステップS 1 1 6において、演算制御部5 1は、ステップS 1 1 5において算出された時間差 (ΔT_z) に基づいて、以下のように、当該時間差 (ΔT_z) を加えて遅延時間 T_{d1} を更新してもよい。

$$T_{d1} = T_{d1} + \Delta T_z$$

時間差 ($\Delta Z \times \tan \theta / V$) が加算される遅延時間 T_{d1} は、図9のステップS 9 4に示すように、ターゲット供給部2 6のY方向への移動に伴って移動時間 (ΔT) が加算されて更新されている場合には、追加的に時間差 (ΔT_z) を加えて更に更新してもよい。

なお、本ステップS 1 1 6において加算される時間差 ($\Delta Z \times \tan \theta / V$) を、「第2遅延時間」ともいう。

[0122] 演算制御部5 1は、図10に示すように、ターゲット供給部2 6及びレーザ光集光光学系2 2 aの移動される方向が座標 (Z) の方向であって、所定方向である座標 (X) の方向ではない場合に、遅延時間 T_{d1} を更新してもよい。

[0123] ここで、ターゲット供給部2 6及びレーザ光集光光学系2 2 aの移動される座標 (Z) の方向は、所定方向である座標 (X) の方向とドロップレット軌道Dの方向とを含む平面 (XY 平面) 内における方向とは、異なってもよい。

つまり、Z位置補正処理において演算制御部5 1は、所定方向とドロップ

レット軌道Dの方向とを含む平面（XY平面）内における方向以外の方向への移動を伴う場合に、遅延時間 T_d を更新してもよい。

そして、演算制御部51は、図9のステップS94に示すように、ターゲット供給部26のY方向への移動に伴って移動時間（ ΔT ）が加算されている場合には、遅延時間 T_d を更に更新してもよい。

[0124] 図11を用いて、図6に示すドロップレット検出器41を備えたEUV光生成装置1におけるEUV光生成制御部5及び演算制御部51のEUV光生成処理の概要について説明する。EUV光生成処理は、図7におけるステップS12であってもよい。

[0125] ステップS121において、EUV光生成制御部5は、ドロップレット271をチャンバ2内に出力するため、ターゲット供給部26を制御してもよい。

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。

[0126] ステップS122において、演算制御部51は、ドロップレット検出器41から入力されている通過タイミング信号が閾値を超えたか否かを判定してもよい。

演算制御部51は、通過タイミング信号が閾値を超えたと判定した場合には、ステップS123に移行してもよい。

一方、演算制御部51は、通過タイミング信号が閾値を超えなかったと判定しなかった場合には、ステップS122に戻してもよい。

[0127] ステップS123において、演算制御部51は、ドロップレット検出器41から入力された通過タイミング信号に基づき、ドロップレット検出信号を生成してもよい。

[0128] ステップS124において、演算制御部51は、生成されたドロップレット検出信号から遅延時間 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。

この後、レーザ装置3は、レーザ発振を行い、パルスレーザ光31を出力

してもよい。レーザ装置 3 から出力されたパルスレーザ光 3 1 は、レーザ光進行方向制御部 3 4 を経由して、パルスレーザ光 3 2 としてチャンバ 2 内に導入され得る。チャンバ 2 内に導入されたパルスレーザ光 3 2 は、レーザ光集光光学系 2 2 a にて集光され、パルスレーザ光 3 3 としてプラズマ生成領域 2 5 に導かれ得る。

[0129] なお、第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 の他の動作については、図 2 に示された E U V 光生成装置 1 の動作と同様であってもよい。

[0130] [6 . 3 作用]

第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 は、ドロップレット検出器 4 1 の検出光軸が傾けて設置されている状況下において、ターゲット供給部 2 6 が移動した場合であっても、ドロップレット 2 7 1 に最適のタイミングでパルスレーザ光 3 3 を照射し得る。

そして、E U V 光生成装置 1 は、プラズマ生成領域 2 5 で実際に生成されるプラズマ光の位置を、露光装置制御部 6 1 の指令により定められたプラズマ生成指示位置に略一致させ得る。

このため、第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 は、適正に生成された E U V 光 2 5 2 を安定して露光装置 6 へ導出し得る。

[0131] [7 . 第 2 実施形態の E U V 光生成装置が備えるドロップレット検出器及び演算制御部]

[7 . 1 構成]

図 1 2 及び図 1 3 を用いて、第 2 実施形態の E U V 光生成装置 1 が備えるドロップレット検出器 4 2 の構成について説明する。

第 2 実施形態におけるドロップレット検出器 4 2 は、第 1 実施形態におけるドロップレット検出器 4 1 の別の実施形態であってもよい。

第 2 実施形態のドロップレット検出器 4 2 の構成において、図 2、図 3、図 5 A 及び図 6 に示したドロップレット検出器 4 1 と同様の構成については説明を省略する。

[0132] ドロップレット検出器 4 2 における光源部 4 2 1 及び受光部 4 2 2 は、Y

Z平面においてドロップレット軌道Fからみて、一方側（Z方向側）に配置されてもよい。

第2実施形態における光源部421及び受光部422は、ドロップレット軌道Fを挟んだ位置に配置することなく、ドロップレット軌道Fに対して、一方側に配置し得る。

[0133] 光源部421は、図12に示すように、光源421aからの照明光をコリメータ等の照明光学系421bにより、ドロップレット軌道Fにおけるドロップレット271の通過位置P1及びその周辺に導いてもよい。

ドロップレット271は、ドロップレット軌道Fに沿って進行することにより、光源部421からの照明光を反射して、反射光を発してもよい。

受光部422は、ドロップレット271が発した反射光を受光してもよい。

[0134] ドロップレット軌道Fまで導かれた照明光のY方向における照射範囲（図中L1）の長さは、隣接するドロップレット271との間隔（図中L2）よりも短くてもよい。

[0135] また、受光部422は、光センサ422aと受光光学系422bとの間に、不図示のスリット板を配置してもよい。

スリット板は、ドロップレット軌道Fにおける一つのドロップレット271のみからの反射光を検出するように、光センサ422aへの反射光の入射範囲を制限してもよい。

[0136] 図12に示す検出光軸は、光源部421から放射された照明光を受けてドロップレット271が発する反射光のうち、受光部422によって検出される反射光の光路軸をいう。

検出光軸は、図12に示すように受光部422が傾けて配置されると、ドロップレット軌道Fと略直交する方向に対して所定角度（図中 θ ）傾けて設定され得る。

[0137] なお、第2実施形態のドロップレット検出器42の他の構成については、図2、図3、図5A及び図6に示されたドロップレット検出器41の構成と

同様であってもよい。

[0138] [7. 2 動作]

図13を用いて、第2実施形態のドロップレット検出器42を備えたEUV光生成装置1における演算制御部51の動作について説明する。

図13は、ドロップレット検出器42を備えたEUV光生成装置1における演算制御部51のトリガ信号の生成までに係るタイムチャートである。

図13に示す演算制御部51の動作において、図4に示したEUV光生成制御部5と同様の動作については説明を省略する。

[0139] ドロップレット271は、所定の生成周期でチャンバ2内に出力され、ドロップレット軌道F上の通過位置P1を通過してもよい。

このとき、演算制御部51は、ドロップレット検出器42から出力される通過タイミング信号に基づいて、レーザ装置3へ出力するトリガ信号の出力タイミングを、以下のように制御してもよい。

[0140] ドロップレット検出器42における光源部421は、ドロップレット軌道Fにおけるドロップレット271の通過位置P1及びその周辺に向けて、連続光を発光し得る。

受光部422は、通過位置P1に到達したドロップレット271が発した反射光を受光してもよい。

受光部422における受光量は、ドロップレット軌道F上の通過位置P1においてドロップレット271が通過することに同期して、上昇し得る。

ドロップレット検出器42は、通過タイミング信号を演算制御部51にそのまま出力してもよい。

[0141] 演算制御部51は、入力された通過タイミング信号Spに対して、図13の上段に示すように、閾値電圧Vsを設定していてもよい。

演算制御部51は、図13の中段に示すように、通過タイミング信号Spが閾値電圧Vsよりも上昇したタイミングで、ドロップレット検出信号Scを生成してもよい。

[0142] 演算制御部51は、ドロップレット検出信号Scが生成されると、図13

の下段に示すように、当該ドロップレット検出信号 S_c が生成された時点から遅延時間 T_d だけ遅延して、レーザ装置 3 へ出力するためのトリガ信号を生成してもよい。

演算制御部 51 は、トリガ信号の生成とともに、レーザ装置 3 にトリガ信号を出力してもよい。

レーザ装置 3 は、トリガ信号が入力されると、パルスレーザ光 33 をプラズマ生成領域 25 に照射し得る。

[0143] なお、第 2 実施形態のドロップレット検出器 42 の他の動作については、図 4 に示されたドロップレット検出器 41 の動作と同様であってもよい。また、第 2 実施形態のドロップレット検出器 42 を備えた E U V 光生成装置 1 における演算制御部 51 の他の動作については、図 6 に示すドロップレット検出器 41 を備えた E U V 光生成装置 1 における演算制御部 51 の動作と同様であってもよい。

[0144] [7. 3 作用]

第 2 実施形態の E U V 光生成装置 1 は、ドロップレット検出器 42 における受光部 422 の検出光軸が、ドロップレット軌道 F に対して傾けて配置されていても、適切なタイミングで通過タイミング信号 S_p 及びドロップレット検出信号 S_c を生成し得る。

このため、ターゲット供給部 26 が移動した場合であっても、ドロップレット 271 に最適のタイミングでパルスレーザ光 33 を照射し得る。

[0145] また、光源部 421 及び受光部 422 の配置は、ドロップレット軌道 F に対して、一方側に配置し得る。このため、ドロップレット検出器 42 の大きさは、小型化が可能となり得る。

[0146] [8. 第 3 実施形態の E U V 光生成装置が備えるドロップレット検出器及び演算制御部]

[8. 1 構成]

図 14A～図 14C を用いて、第 3 実施形態の E U V 光生成装置 1 が備えるドロップレット検出器 43 の構成について説明する。

第3実施形態におけるドロップレット検出器43は、第1実施形態におけるドロップレット検出器41及び第2実施形態におけるドロップレット検出器42の別の実施形態であってもよい。

第3実施形態のドロップレット検出器43の構成において、図2、図3、図5A、図6及び図12に示したドロップレット検出器と同様の構成については説明を省略する。

[0147] 図14Aに示す検出光軸は、光源部431から放射された照明光のうち受光部432によって検出される照明光の光路軸をいう。

検出光軸は、図14Aに示すようにドロップレット検出器43が傾けて配置されると、ドロップレット軌道Fと略直交する方向に対して所定角度（図中 θ ）傾けて設定され得る。

[0148] 照明光学系431bは、平面と凸面とを有する平凸シリンドリカルレンズであってもよい。平凸シリンドリカルレンズにおける凸面の中心軸は、検出光軸と、ドロップレット軌道Fとに対して、略直交させて配置してもよい。

[0149] 図14Bは、図14Aに示されたドロップレット検出器43を、ドロップレット271の進行方向の上流側から見たA-A断面図であってもよい。

[0150] 想定軌道範囲Paは、露光装置制御部61から出力されるプラズマ生成指示位置（Xc）のとり得る範囲に基づいて、決定された範囲であってもよい。想定軌道範囲Paは、図14Bに示すドロップレット検出領域Kに含まれる領域であってもよい。

ここで、ドロップレット検出領域Kは、ドロップレット検出器43によりドロップレット271を検出可能とする最大の範囲として、ドロップレット検出器43の構成によって設定されてもよい。

したがって、ドロップレット検出器43は、プラズマ生成指示位置（Xc）の取り得る範囲に到達するドロップレット271のすべてを検出できるよう構成されてもよい。

[0151] 光源部431から放射された照明光は、照明光学系431bによりドロップレット検出領域K内にて一旦集光され拡散しつつ受光部432に入射され

てもよい。

[0152] 光源431aは、光束の断面が円形である照明光を、照明光学系431bに向けて出力してもよい。

照明光学系431bは、光源431aから出力された照明光の光束の断面を、楕円形に変換して、ドロップレット検出領域K内に集光してもよい。

想定軌道範囲Paにおける照明光の光束の断面は、長軸方向がX方向と略一致する楕円形となってもよい。

また、楕円形状の照明光の光束断面における短軸方向の長さは、ドロップレット271の径と略同じ長さであってもよい。

なお、図14A及び図14Bにおいて、想定軌道範囲Paの範囲は、見やすいように実際より大きく示されているが、図示された範囲より小さくてもよい。

[0153] 楕円形状の照明光の光束断面におけるX方向に沿った長さは、ドロップレット検出領域Kに基づいて決定されてもよい。

[0154] 楕円形状の照明光の光束断面における長軸方向は、ターゲット供給部26が移動可能な二次元平面に略平行な方向であるとともに、検出光軸に垂直な方向である、所定方向と略一致してもよい。

[0155] ドロップレット271は、ドロップレット軌道Fに沿って進行し、光源部431と受光部432との間である想定軌道範囲Paに到達することにより、ドロップレット検出器43にて検出されてもよい。

ドロップレット271は、-Y方向に移動して想定軌道範囲Paに到達したときに、図14Cに示すように、光源部431から受光部432に向けて放射された光の一部を遮ってもよい。これにより、受光部432へ入射する光量が変化し得る。

[0156] ドロップレット軌道Fは、図14Cに示すように、X方向にずれる場合があり得る。

これは、ターゲット供給部26のノズル孔262aの周囲の状態（濡れ性など）が変化することに起因し得る。

また、ターゲット供給部 2 6 をステージ 7 4 によって移動させることに起因し得る。

ドロップレット軌道 F は、想定軌道範囲 P a のほぼ中央を通る場合もあり得るし（軌道 A）、想定軌道範囲 P a の中央から X 方向に少しずれた位置を通る場合もあり得る（軌道 B、軌道 C）。

また、ドロップレット軌道 F は、想定軌道範囲 P a の端部付近を通る場合もあり得る（軌道 D）。

[0157] ドロップレット軌道 F が想定軌道範囲 P a のほぼ中央を通る場合（軌道 A）に比べて、X 方向に少しずれた位置を通る場合には（軌道 B、軌道 C）、ドロップレット 2 7 1 が光源部 4 3 1 からの照明光の一部を遮る時間が僅かに短くなり得る。

ドロップレット軌道 F が想定軌道範囲 P a の端部付近を通る場合には（軌道 D）、ドロップレット 2 7 1 が光源部 4 3 1 からの照明光の一部を遮る時間がもう少し短くなり得る。

[0158] 以上から、想定軌道範囲 P a における照明光の光束断面を楕円形状としているので、ドロップレット 2 7 1 が想定軌道範囲 P a に到達するタイミングのずれは、ドロップレット軌道 F が X 方向にずれた場合であっても、僅かとなり得る。

[0159] なお、第 3 実施形態のドロップレット検出器 4 3 の他の構成については、図 2、図 3、図 5 A、図 6 及び図 1 2 に示されたドロップレット検出器の構成と同様であってもよい。

[0160] [8. 2 動作]

図 1 4 D を用いて、第 3 実施形態のドロップレット検出器 4 3 を備えた E U V 光生成装置 1 における演算制御部 5 1 の動作について説明する。

図 1 4 D は、ドロップレット検出器 4 3 を備えた E U V 光生成装置 1 における演算制御部 5 1 のドロップレット検出信号の生成までに係るタイムチャートである。

図 1 4 D に示す演算制御部 5 1 の動作において、図 4 及び図 1 3 にて説明

した動作と同様の動作については説明を省略する。

[0161] ドロップレット検出器43は、ドロップレット271が想定軌道範囲Paに到達することで、演算制御部51に出力される通過タイミング信号が変化してもよい。

[0162] 演算制御部51は、ドロップレット検出器43から出力された通過タイミング信号に基づき、図14Dに示すように、ドロップレット検出信号Scを生成してもよい。

図14Dに示すように、ドロップレット軌道FがX方向にずれても、ドロップレット検出器43から出力される通過タイミング信号が変化するタイミングのずれが僅かとなることから、ドロップレット検出信号Scの生成されるタイミングのずれは、僅かになり得る。

[0163] なお、第3実施形態のドロップレット検出器43の他の動作については、図4及び図13に示されたドロップレット検出器の動作と同様であってもよい。

[0164] [8.3 作用]

第3実施形態のEUV光生成装置1は、ドロップレット検出器43が想定軌道範囲Paにおける照明光の光束断面を楕円形状としているので、ドロップレット軌道FがX方向にずれても、ドロップレット検出信号の生成されるタイミングのずれが僅かになり得る。

これにより、ドロップレット271の軌道がX方向にずれても、レーザ装置3がパルスレーザ光を出力するタイミングのずれが僅かになり得る。

[0165] [9. 第4実施形態のEUV光生成装置が備えるドロップレット検出器及び演算制御部]

[9.1 構成]

図15A～図15Cを用いて、第4実施形態のEUV光生成装置1が備えるドロップレット検出器44の構成について説明する。

第4実施形態におけるドロップレット検出器44は、第1実施形態におけるドロップレット検出器41、第2実施形態におけるドロップレット検出器

４２及び第３実施形態におけるドロップレット検出器４３とは別の実施形態であってもよい。

第４実施形態のドロップレット検出器４４の構成において、図２、図３、図５Ａ、図６、図１２、図１４Ａ、図１４Ｂ及び図１４Ｃに示したドロップレット検出器と同様の構成については説明を省略する。

[0166] 受光部４４２は、光センサ４４２ａと、受光光学系４４２ｂと、ウインドウ４４２ｃと、スリット板４４２ｄを含んでもよい。

スリット板４４２ｄは、検出光軸に対して略垂直に配置されてもよい。スリット板４４２ｄには、Ｘ方向に沿って長い長方形のスリット４４２ｅが形成されていてもよい。

[0167] スリット板４４２ｄは、スリット４４２ｅに入射する光を光センサ４４２ａ側へ通過させ、スリット４４２ｅの周囲に到達する光の通過を制限し得る。スリット４４２ｅを通過した光は、光センサ４４２ａによって検出され得る。

[0168] 受光光学系４４２ｂは、複数のレンズ（凸レンズ）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４４２ｂは、ドロップレット軌道Ｆにおいて想定軌道範囲Ｐａを通過するとともに光源部４４１からの照明光を受けるドロップレット２７１の影の像を、スリット４４２ｅの位置に形成するように構成されてもよい。受光光学系４４２ｂによってスリット４４２ｅの位置に形成される像はドロップレット２７１の倒立像であってもよい。

[0169] ここで、図１５Ｂは、図１５Ａに示されたドロップレット検出器４４を、ドロップレット２７１の進行方向の上流側から見たＢ－Ｂ断面図であってもよい。

図１５Ｃは、図１５Ａに示したスリット板４４２ｄを通過する光の進行方向に略垂直なＮ－Ｎ断面図であってもよい。

[0170] ドロップレット２７１の像は、図１５Ｃに示すように、スリット４４２ｅの位置において倒立像として形成されるため、ドロップレット２７１が－Ｙ

方向に進行する場合には、ドロップレット271の像は、図15Cの上方向に移動し得る。

すなわち、ドロップレット271の像は、図15Cにおける下方の位置から、スリット442eの位置を通過して、図15Cにおける上方の位置に移動し得る。

[0171] 図15Cに示されるように、ドロップレット271の像がスリット442eの位置に到達したときには、ドロップレット271により遮光されてスリット442eを通過する光の光量は、低下し得る。このとき、光センサ442aの受光素子が受光する受光量は、減少し得る。

[0172] ドロップレット検出器44は、ドロップレット271の像がスリット442eの位置に到達した際の、光センサ442aにおける受光光量の変化に基づいて、通過タイミング信号を生成してもよい。

[0173] スリット442eの形状は、図15Cに示されるように、X方向に沿って長い長方形であってもよい。スリット442eの形状は、長辺方向の長さが、想定軌道範囲Paよりも大きいドロップレット検出領域Kに基づいて決定されてもよい。スリット442eの形状は、短辺方向の長さがドロップレット271の径と略同じ長さであってもよい。

この形状により、図15Cに示すように、ドロップレット軌道FがX方向にずれても、スリット442eにおいてドロップレット271の像が形成されるタイミングのずれは、抑制され得る。

[0174] なお、第4実施形態のドロップレット検出器44の他の構成については、図2、図3、図5A、図6、図12及び図14A～図14Cに示されたドロップレット検出器の構成と同様であってもよい。

[0175] [9.2 動作]

図15Dを用いて、第4実施形態のドロップレット検出器44を備えたEUV光生成装置1における演算制御部51の動作について説明する。

図15Dは、ドロップレット検出器44を備えたEUV光生成装置1における演算制御部51のドロップレット検出信号の生成までに係るタイムチャ

ートである。

図 1 5 D に示す演算制御部 5 1 の動作において、図 4、図 1 3 及び図 1 4 D にて説明した動作と同様の動作については説明を省略する。

[0176] ドロップレット検出器 4 4 は、ドロップレット 2 7 1 が想定軌道範囲 P a に到達することで、演算制御部 5 1 に出力される通過タイミング信号が変化してもよい。

[0177] 演算制御部 5 1 は、ドロップレット検出器 4 4 から出力された通過タイミング信号に基づき、図 1 5 D に示すように、ドロップレット検出信号 S c を生成してもよい。

図 1 5 D に示すように、ドロップレット軌道 F が X 方向にずれても、ドロップレット検出器 4 4 から出力される通過タイミング信号が変化するタイミングのずれが抑制されるため、ドロップレット検出信号 S c の生成されるタイミングのずれは、抑制され得る。

[0178] なお、第 4 実施形態のドロップレット検出器 4 4 の他の動作については、図 4、図 1 3 及び図 1 4 D に示されたドロップレット検出器の動作と同様であってもよい。

[0179] [9. 3 作用]

第 4 実施形態の E U V 光生成装置 1 は、ドロップレット検出器 4 4 内に長方形のスリット 4 3 2 e が施されたスリット板 4 4 2 d を配置したため、X 方向においてドロップレット 2 7 1 の通過位置が変わったとしても、通過タイミング信号が変化するタイミングを略一致させ得る。

よって、X 方向においてドロップレット 2 7 1 の通過位置が変わったとしても、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 にパルスレーザ光 3 3 を照射するタイミングが変化してしまうことを抑制し得る。

[0180] [1 0. 第 5 実施形態の E U V 光生成装置が備える画像計測器]

[1 0. 1 構成]

図 1 6 及び図 1 7 を用いて、第 5 実施形態の E U V 光生成装置 1 が備える画像計測器 6 0 の構成について説明する。

[0181] 第5実施形態のターゲット生成器7の構成は、図2、図3及び図6に示したターゲット生成器7の構成と同様であってもよい。

第5実施形態のドロップレット検出器41の構成は、図5A、図6に示したドロップレット検出器41の構成と同様であってもよい。

また、第5実施形態のドロップレット検出器41は、図12、図14A、図14B、図15A及び図15Bに示したドロップレット検出器42、43及び44と置き換えられてもよい。

第5実施形態の演算制御部51の構成は、図6に示した演算制御部51の構成と同様であってもよい。

[0182] なお、第5実施形態のドロップレット検出器41の構成において、図2、図3、図5A、図6に示したドロップレット検出器41と同様の構成については説明を省略する。

また、第5実施形態の演算制御部51の構成において、図6に示した演算制御部51と同様の構成については説明を省略する。

[0183] EUV光生成制御部5は、ターゲット生成器7、ドロップレット検出器41、及び画像計測器60の動作を制御してもよい。

演算制御部51には、画像計測器60から画像データに係る信号が入力されてもよい。

[0184] 画像計測器60は、チャンバ2内のドロップレット軌道Fにおけるドロップレット271を撮像し、その画像データを生成してもよい。

[0185] 画像計測器60は、光源部601と、撮像部602と、画像取得制御部603と、ドロップレット計測制御部604とを備えてもよい。

画像計測器60は、ノズル262とドロップレット検出器41との間に配置されてもよい。

光源部601と撮像部602とは、チャンバ2内に出力されたドロップレット271のドロップレット軌道Fを挟んで互いに対向配置されてもよい。

光源部601と撮像部602との対向方向は、ドロップレット軌道Fと略直交してもよい。

[0186] 光源部601は、ドロップレット軌道F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601は、光源601aと、照明光学系601bと、ウィンドウ601cとを含んでもよい。

[0187] 光源601a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601に含まれる光源601a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 ΔT 」ともいう。光源601aの点灯時間 ΔT は、ターゲット生成器7からチャンバ2内にドロップレット271が出力される生成周波数が100kHzの場合、例えば、 $1\mu s \sim 5\mu s$ の所定の時間であってもよい。

光源601aは、ドロップレット計測制御部604と接続されてもよい。光源601aは、ドロップレット計測制御部604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。

[0188] 照明光学系601b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601bは、光源601aから発光されたパルス光を、ウィンドウ601cを介してドロップレット軌道F上に導いてもよい。

[0189] 上記構成によって光源部601は、ドロップレット計測制御部604から出力された点灯信号に基づいて、パルス光をドロップレット軌道Fに向かって照射し得る。光源部601から照射されたパルス光は、光源部601と撮像部602との間のドロップレット軌道Fを進行するドロップレット271を照射し得る。

[0190] 撮像部602は、光源部601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602は、イメージセンサ602aと、転写光学系602bと、ウィンドウ602cとを含んでもよい。

[0191] 転写光学系602bは、一对のレンズ等の光学素子であってもよい。転写

光学系 602b は、ウインドウ 602c 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 602a の受光面に結像してもよい。

[0192] イメージセンサ 602a 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 602a 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 602a は、転写光学系 602b 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 602a の時間的な撮像間隔は、光源 601a の点灯時間 ΔT よりも十分に長くてもよい。イメージセンサ 602a 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 602 に含まれるイメージセンサ 602a の時間的な撮像間隔を、画像計測器 60 の「計測間隔 K」ともいう。

[0193] イメージセンサ 602a は、ドロップレット計測制御部 604 と接続されてもよい。イメージセンサ 602a は、ドロップレット計測制御部 604 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 602a 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 602 に含まれるイメージセンサ 602a 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。

[0194] イメージセンサ 602a は、画像取得制御部 603 と接続されてもよい。イメージセンサ 602a 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 603 に出力してもよい。

[0195] 画像取得制御部 603 は、イメージセンサ 602a 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 603 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603は、ドロップレット計測制御部604と接続されてもよい。画像取得制御部603は、ドロップレット計測制御部604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604に出力してもよい。

なお、画像取得制御部603のハードウェア構成については、図20を用いて後述する。

[0196] ドロップレット計測制御部604は、光源部601及び撮像部602に点灯信号及びシャッタ信号を出力して、光源部601及び撮像部602の動作を制御してもよい。

[0197] ドロップレット計測制御部604は、画像取得制御部603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604は、画像データに基づいて、ドロップレット271の進行速度 v など、ドロップレット271の状態に関するパラメータを計算するプログラムを、不図示のメモリに記憶しておいてもよい。

ドロップレット計測制御部604は、画像取得制御部603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。

[0198] 上記プログラム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 、進行速度 v 、間隔 d 等であってもよい。

[0199] 画像計測器60がチャンバ2に固定されている場合、画像計測器60に含まれる撮像部602は、ドロップレット軌道 F 上の特定範囲を定点観測し得る。ドロップレット271の Y 方向における位置は、ドロップレット271の進行方向における撮像範囲内での相対位置であってもよい。ドロップレット271の Y 方向における位置は、撮像された画像データにおいて、ドロップレット271の進行方向と略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。

[0200] 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。

[0201] ドロップレット計測制御部604は、光源部601及び撮像部602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、EUV光生成制御部5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604のハードウェア構成については、図20を用いて後述する。

[0202] 上記構成によって画像計測器60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、画像計測器60は、取得した画像データから当該ドロップレット271の進行速度 v などのパラメータを計算し、EUV光生成制御部5の演算制御部51に出力し得る。

[0203] なお、第5実施形態のEUV光生成装置1の他の構成については、図2及び図6に示されたEUV光生成装置1の構成と同様であってもよい。

[0204] [10.2 動作]

図18及び図19を用いて、第5実施形態のEUV光生成装置1が備えるドロップレット計測制御部604の動作について説明する。

第5実施形態は、図9に示したY位置補正処理のステップS93や、図10に示したZ位置補正処理のステップS115にて用いられるドロップレット271の速度(V)の情報について、画像計測器60によって撮像された画像データから算出した速度(v)を適用して用いてもよい。

[0205] 図18に示す動作は、図16及び図17において説明した画像計測器60のドロップレット計測制御部604において行われる、ドロップレット271の速度(V)の算出のための動作であってもよい。

先ず、図18を用いて、ドロップレット速度算出処理に係る動作を説明する。

[0206] ステップS301において、ドロップレット計測制御部604には、EUV

V光生成制御部5から出力されたドロップレット供給信号が入力されてもよい。

[0207] ステップS302において、ドロップレット計測制御部604は、タイマTをリセットすると共に、タイマT_mの計時をスタートしてもよい。

[0208] ステップS303において、ドロップレット計測制御部604は、撮像部602のイメージセンサ602a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602aに出力してもよい。

ドロップレット計測制御部604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_mの値を記憶してもよい。

[0209] ステップS304において、ドロップレット計測制御部604は、光源部601の光源601aを点灯するために、所定の点灯時間 ΔT_m の期間だけ点灯信号を当該光源601aに出力してもよい。光源601aは、点灯時間 ΔT_m が経過するまでの間、ドロップレット軌道Fにパルス光を発光し得る。

[0210] ステップS305において、ドロップレット計測制御部604は、時刻T_mから所定の撮像時間 Δt_m が経過すると、イメージセンサ602a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602aに出力してもよい。

撮像時間 Δt_m は、ステップS303でイメージセンサ602aのシャッタを開いてから、このステップS305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602aは、撮像時間 Δt_m 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604は、当該シャッタを閉じるタイミングを決定するために、シャッタ信号を出力した際のタイマT_mの値を記憶してもよい。

[0211] ステップS306において、ドロップレット計測制御部604は、ステップS305で撮像したドロップレット271の影の像に係る画像データ（図19参照）を画像取得制御部603から取得してもよい。

[0212] ステップS307において、ドロップレット計測制御部604は、ステッ

プS 3 0 6 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 2 7 1 の影の像から、1つのドロップレット 2 7 1 の軌跡を特定してもよい。1つのドロップレット 2 7 1 の軌跡は、例えば図 1 9 においては、ドロップレット 2 7 1 1 の軌跡に相当し得る。

- [0213] ステップS 3 0 8 において、ドロップレット計測制御部 6 0 4 は、ステップS 3 0 7 で特定した軌跡からドロップレット 2 7 1 の直径Dを計算してもよい。

ドロップレット計測制御部 6 0 4 は、ドロップレット 2 7 1 の進行方向に略垂直な方向における軌跡の幅をドロップレット 2 7 1 の直径Dとしてもよい。

- [0214] ステップS 3 0 9 において、ドロップレット計測制御部 6 0 4 は、ステップS 3 0 7 で特定した軌跡の長さLを計算してもよい。

軌跡の長さLは、ドロップレット 2 7 1 の進行方向における当該ドロップレット 2 7 1 の軌跡の長さであってもよい。

- [0215] ステップS 3 1 0 において、ドロップレット計測制御部 6 0 4 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 の軌跡から間隔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 2 7 1 の軌跡は、例えば図 1 9 においては、ステップS 3 0 7 で特定した軌跡 2 7 1 1 と、これの直近の軌跡 2 7 1 k とであってもよい。

間隔dは、2つのドロップレット 2 7 1 の進行方向における間隔であってもよい。例えば図 1 9 においては、軌跡 2 7 1 k と軌跡 2 7 1 1 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。

- [0216] ステップS 3 1 1 において、ドロップレット計測制御部 6 0 4 は、ステップS 3 0 8 で計算した直径Dと、ステップS 3 0 9 で計算した長さLとに基づいて、ドロップレット 2 7 1 の速度vを計算してもよい。

ドロップレット計測制御部 6 0 4 は、ドロップレット 2 7 1 の速度vを次式から計算してもよい。

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

上記右辺の $(L - D)$ は、点灯時間 ΔT_m の間に1つのドロップレット271が進行した距離を意味し得る。

[0217] ステップS312において、ドロップレット計測制御部604は、ステップS311で計算したドロップレット271の速度 v をパラメータ $(V) = v$ として設定してもよい。

また、ドロップレット計測制御部604は、画像データを複数回取得し、複数の画像データからそれぞれ計算された速度 v の平均値を算出し、その平均値をパラメータ (V) として設定してもよい。

[0218] ステップS313において、ドロップレット計測制御部604は、ステップS312で設定したパラメータ (V) をEUV光生成制御部5の演算制御部51に出力してもよい。

演算制御部51は、ドロップレット計測制御部604から出力されたドロップレット271の速度(パラメータ (V))に基づき、図9に示したY位置補正処理のステップS93や、図10に示したZ位置補正処理のステップS115の際に、用いてもよい。

[0219] なお、第5実施形態のEUV光生成装置1の他の動作については、図7～図11に示されたEUV光生成装置1の動作と同様であってもよい。

[0220] [10. 3 作用]

第5実施形態のEUV光生成装置1は、画像計測器60によりドロップレット271の画像データを随時取得できる。そして、当該画像データからドロップレット271の速度を随時計算できる。

そのため、遅延時間 T_d の更新に用いられるドロップレット271の速度の情報は、その正確性が向上し得る。このため、適正なドロップレット271の速度の情報を用いて、遅延時間 T_d の算出をより正確に行うことができる。よって、ターゲット供給部26が移動した場合であっても、ドロップレット271に最適のタイミングでパルスレーザ光33を照射し得る。

[0221] [11. 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。

[0222] 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。

[0223] 処理ユニット1000は、中央処理ユニット(CPU)1001と、メモリ1002と、タイマ1003と、画像処理ユニット(GPU)1004とを含んでもよい。メモリ1002は、ランダムアクセスメモリ(RAM)とリードオンリーメモリ(ROM)とを含んでもよい。CPU1001は、市販のプロセッサのいずれでもよい。デュアルマイクロプロセッサや他のマルチプロセッサアーキテクチャが、CPU1001として使用されてもよい。

[0224] 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。

[0225] 動作において、処理ユニット1000は、ストレージユニット1005に保存されたプログラムを読み込んで、実行してもよい、また、処理ユニット1000は、ストレージユニット1005からプログラムと一緒にデータを読み込んでもよい、また、処理ユニット1000は、ストレージユニット1005にデータを書き込んでもよい。CPU1001は、ストレージユニット1005から読み込んだプログラムを実行してもよい。メモリ1002は、CPU1001によって実行されるプログラムおよびCPU1001の動作に使用されるデータを、一時的に保管する作業領域であってもよい。タイ

マ１００３は、時間間隔を計測して、プログラムの実行に従ってＣＰＵ１００１に計測結果を出力してもよい。ＧＰＵ１００４は、ストレージユニット１００５から読み込まれるプログラムに従って、画像データを処理し、処理結果をＣＰＵ１００１に出力してもよい。

[0226] パラレルＩ／Ｏコントローラ１０２０は、露光装置制御部６１、ＥＵＶ光生成制御部５、演算制御部５１、画像取得制御部５０３、ドロップレット計測制御部５０４及びレーザ光進行方向制御部３４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、圧力調節器７２１、光源４１１ａ、光源４２１ａ、光源４３１ａ、光源４４１ａ、ステージ７４及びマニピレータ２２６等の、処理ユニット１０００と通信可能なシリアルＩ／Ｏデバイスに接続されてもよく、処理ユニット１０００とそれらシリアルＩ／Ｏデバイスとの間の通信を制御してもよい。Ａ／Ｄ、Ｄ／Ａコンバータ１０４０は、アナログポートを介して、温度センサ、圧力センサ、真空計各種センサ、ターゲットセンサ４、光センサ４１２ａ、光センサ４２２ａ、光センサ４３２ａ、光センサ４４２ａ及びイメージセンサ６０２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。

[0227] 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。

[0228] 例示的なハードウェア環境１００は、本開示における露光装置制御部６１、ＥＵＶ光生成制御部５、演算制御部５１、画像取得制御部５０３、ドロップレット計測制御部５０４及びレーザ光進行方向制御部３４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、露光装置制御部 6 1、EUV 光生成制御部 5、演算制御部 5 1、画像取得制御部 5 0 3、ドロップレット計測制御部 5 0 4 及びレーザ光進行方向制御部 3 4 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。

[0229] 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。

[0230] 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。

[0231] 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。

符号の説明

[0232]	1	…EUV 光生成装置
	2	…チャンバ
	2 5	…プラズマ生成領域
	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、4 2、4 3、4 4	…ドロップレット検出器

- 5 … E U V 光生成制御部
- 5 1 … 演算制御部
- 6 0 … 画像計測器

請求の範囲

- [請求項1] 内部のプラズマ生成領域に供給されたターゲットがレーザ光の照射によりプラズマ化され極端紫外光が生成されるチャンバと、
- 前記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ことで前記プラズマ生成領域に前記ターゲットを供給するターゲット供給部と、
- 前記ターゲット供給部から出力される前記ドロップレットの軌道に対して略垂直な方向へ、前記ターゲット供給部を移動させるステージと、
- 前記ターゲット供給部と前記プラズマ生成領域との間において、前記略垂直な方向に対して所定角度傾けて配置され、前記所定角度傾いた方向から前記ドロップレットを検出するドロップレット検出器と、
- 前記ドロップレット検出器において前記ドロップレットが検出されたタイミングに遅延時間を付加して、前記プラズマ生成領域で前記ドロップレットに前記レーザ光を照射する照射タイミングを制御する演算制御部と、
- を備える極端紫外光生成装置。
- [請求項2] 前記演算制御部は、
- 前記ターゲット供給部の移動される方向が、
- 前記ターゲット供給部が移動可能な二次元平面に略平行な方向であって、前記所定角度傾いた前記ドロップレット検出器の受光部により検出される検出光軸に垂直な方向である所定方向ではない場合に、
- 前記遅延時間を更新する、
- 請求項1に記載の極端紫外光生成装置。
- [請求項3] 前記演算制御部は、
- 前記ターゲット供給部の移動される方向が、
- 前記所定方向と前記ドロップレットの軌道とを含む平面内の方向以外の方向を伴う場合に、

前記遅延時間を更新する、
請求項 2 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項4] 前記演算制御部は、
前記所定角度の情報、及び、前記ターゲット供給部の移動距離の
情報に基づいて、更新するための前記遅延時間を算出する、
請求項 3 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項5] 前記ドロップレットを撮像して前記ドロップレットの速度を算出する
画像計測器を更に備え、
前記演算制御部は、前記画像計測器により算出された前記速度に基づいて前記遅延時間を算出する、
請求項 4 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項6] 前記プラズマ生成領域に前記レーザ光を集光させるレーザ光集光光学系と、
外部からの指示に基づいて前記レーザ光集光光学系を移動させて、
前記レーザ光集光光学系の集光位置を変更するマニピレータと、
を更に備える請求項 4 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項7] 前記ドロップレット検出器は、前記所定方向に延びた領域を通過する
前記ドロップレットを検出する、
請求項 6 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項8] レーザ光の照射によりプラズマ生成領域においてターゲットをプラズマ化して極端紫外光を生成する極端紫外光生成方法であって、
外部から前記プラズマ生成領域の位置を変更するためのプラズマ生成領域指示位置の情報を受信するステップと、
前記情報に基づいて、前記ターゲットをドロップレットとして前記プラズマ生成領域指示位置に供給するターゲット供給部を移動させるステップと、
前記情報に基づいて、前記レーザ光を前記プラズマ生成領域指示位置に集光するレーザ光集光光学系を移動させるステップと、

前記ターゲット供給部により前記ターゲットを前記ドロップレットとして前記プラズマ生成領域指示位置に向けて出力させるステップと、

前記ターゲット供給部から出力された前記ドロップレットの軌道と略垂直な方向に対して所定角度傾けて配置されたドロップレット検出器により、前記ドロップレットを検出するステップと、

前記ドロップレット検出器において前記ドロップレットが検出されたタイミングと前記ターゲット供給部の移動距離及び前記所定角度とに基づいて、外部のレーザ装置に前記レーザ光を発振させるトリガ信号を出力するタイミングを定めるための遅延時間を算出するステップと、

前記ドロップレット検出器において前記ドロップレットが検出されたタイミングに前記遅延時間を付加して、前記トリガ信号を出力するステップと、

を含む、極端紫外光生成方法。

補正された請求の範囲
[2015年11月18日(18.11.2015) 国際事務局受理]

[請求項 1] (補正後) 内部のプラズマ生成領域に供給されたターゲットがレーザー光の照射によりプラズマ化され極端紫外光が生成されるチャンバと、

前記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ことで前記プラズマ生成領域に前記ターゲットを供給するターゲット供給部と、

外部装置からの指令に基づいて、前記ターゲット供給部から出力される前記ドロップレットの軌道に対して略垂直な方向へ、前記ターゲット供給部を移動させるステージと、

前記ターゲット供給部と前記プラズマ生成領域との間において、前記略垂直な方向に対して所定角度傾けて配置され、前記所定角度傾いた方向から前記ドロップレットを検出するドロップレット検出器と、

前記ドロップレット検出器において前記ドロップレットが検出されたタイミングに遅延時間を付加して、前記プラズマ生成領域で前記ドロップレットに前記レーザー光を照射する照射タイミングを制御する演算制御部と、

を備え、

前記演算制御部は、

前記外部装置からの指令に基づく前記ターゲット供給部の移動距離の情報、及び、前記所定角度の情報に基づいて前記遅延時間を更新する、

極端紫外光生成装置。

[請求項 2] 前記演算制御部は、

前記ターゲット供給部の移動される方向が、

前記ターゲット供給部が移動可能な二次元平面に略平行な方向であって、前記所定角度傾いた前記ドロップレット検出器の受光部により検出される検出光軸に垂直な方向である所定方向ではない場合に、

前記遅延時間を更新する、

請求項 1 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項 3] 前記演算制御部は、

前記ターゲット供給部の移動される方向が、

前記所定方向と前記ドロップレットの軌道とを含む平面内の方向

以外の方向を伴う場合に、

前記遅延時間を更新する、

請求項 2 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項 4]

(削除)

[請求項 5]

(補正後) 前記ドロップレットを撮像して前記ドロップレットの速度を算出する画像計測器を更に備え、

前記演算制御部は、前記画像計測器により算出された前記速度に基づいて前記遅延時間を算出する、

請求項 3 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項 6]

(補正後) 前記プラズマ生成領域に前記レーザ光を集光させるレーザ光集光光学系と、

外部からの指示に基づいて前記レーザ光集光光学系を移動させて、前記レーザ光集光光学系の集光位置を変更するマニピレータと、

を更に備える請求項 3 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項 7]

前記ドロップレット検出器は、前記所定方向に延びた領域を通過する前記ドロップレットを検出する、

請求項 6 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項 8]

レーザ光の照射によりプラズマ生成領域においてターゲットをプラズマ化して極端紫外光を生成する極端紫外光生成方法であって、

外部から前記プラズマ生成領域の位置を変更するためのプラズマ生成領域指示位置の情報を受信するステップと、

前記情報に基づいて、前記ターゲットをドロップレットとして前記プラズマ生成領域指示位置に供給するターゲット供給部を移動させるステップと、

前記情報に基づいて、前記レーザ光を前記プラズマ生成領域指示位置に集光するレーザ光集光光学系を移動させるステップと、

前記ターゲット供給部により前記ターゲットを前記ドロップレットとして前記プラズマ生成領域指示位置に向けて出力させるステップと、

前記ターゲット供給部から出力された前記ドロップレットの軌道と略垂直な方向に対して所定角度傾けて配置されたドロップレット検出器により、前記ドロップレットを検出するステップと、

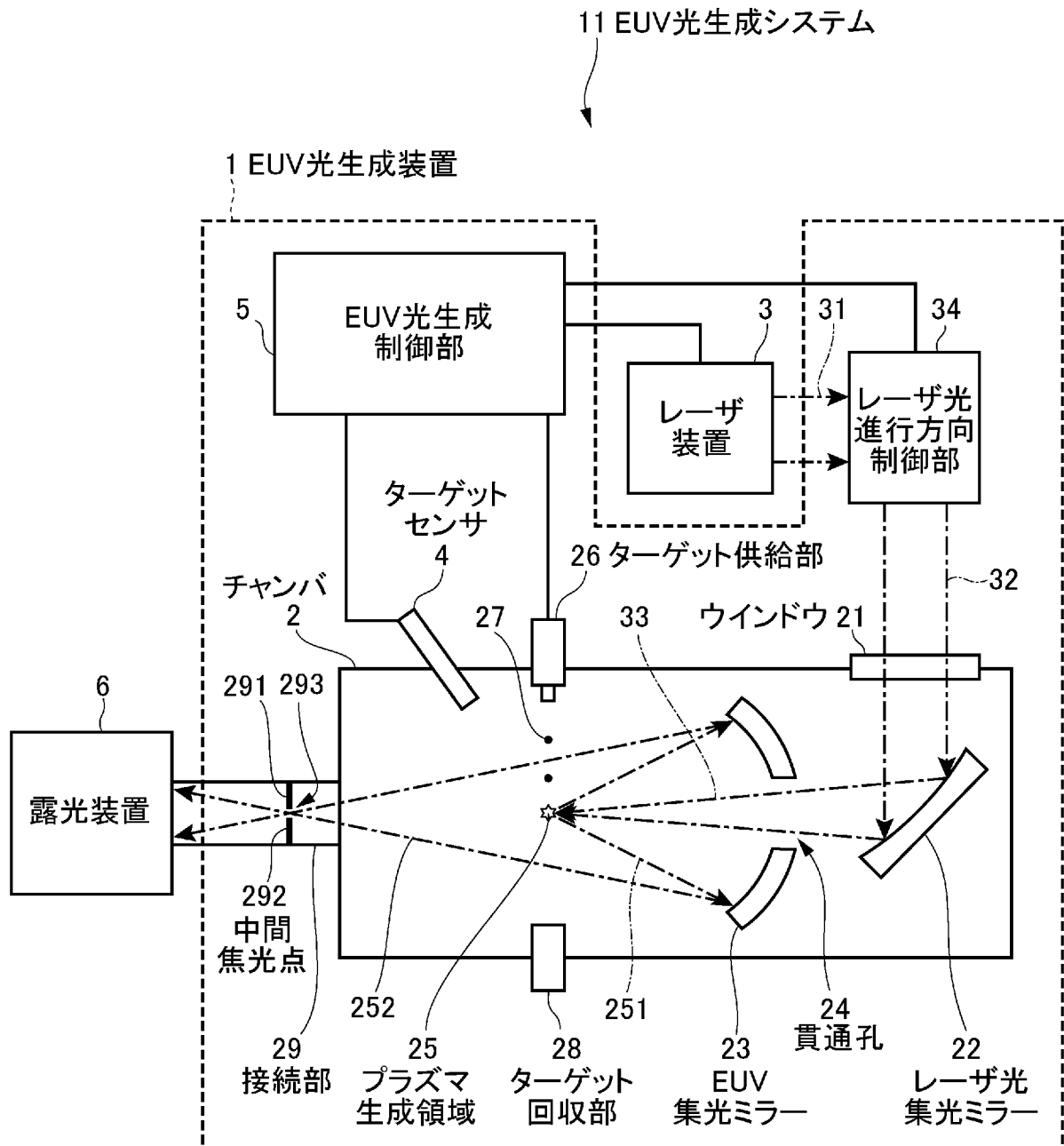
前記ドロップレット検出器において前記ドロップレットが検出されたタイミングと前記ターゲット供給部の移動距離及び前記所定角度とに基づいて、外部のレーザ装置に前記レーザ光を発振させるトリガ信号を出力するタイミングを定めるための遅延時間を算出する

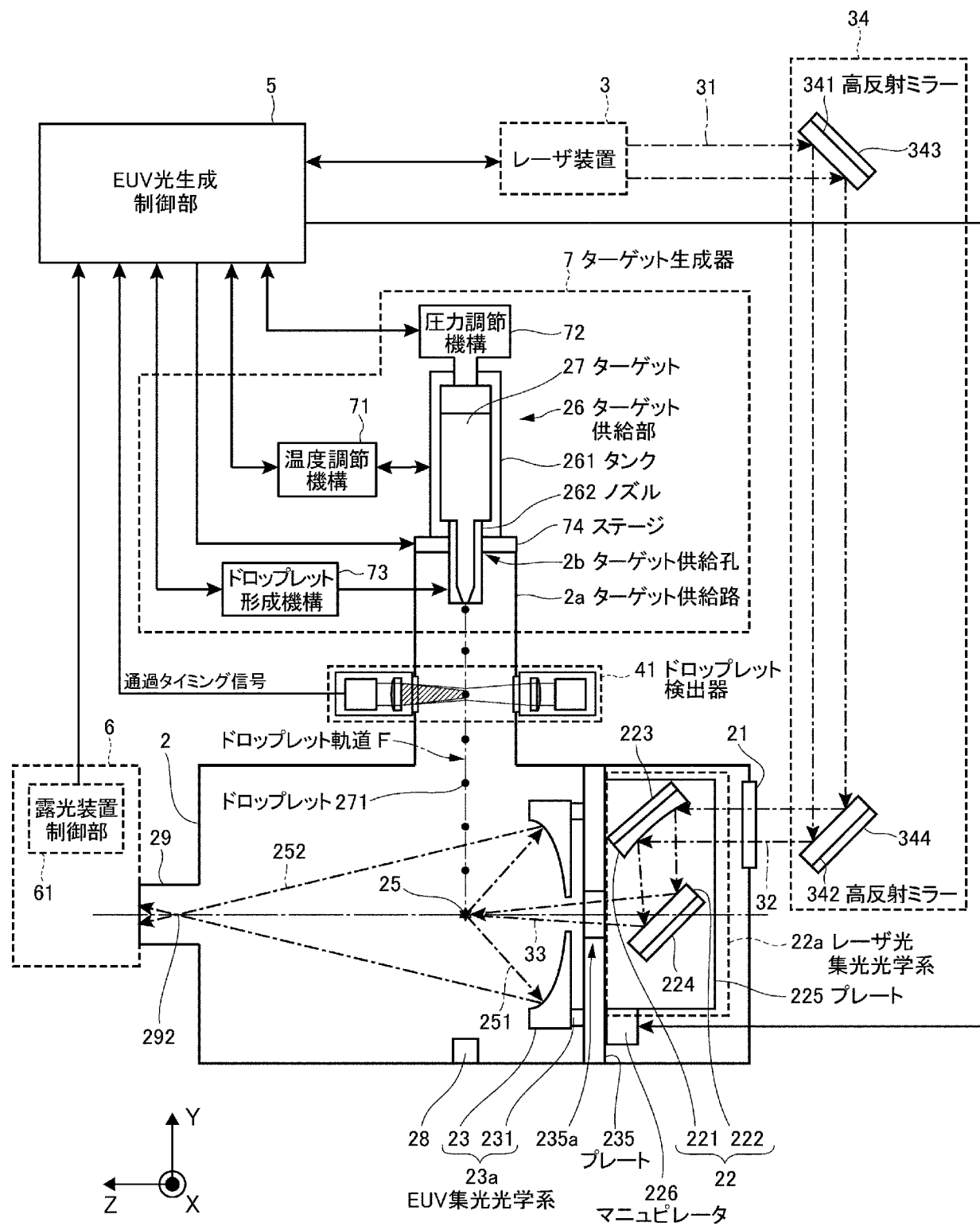
ステップと、

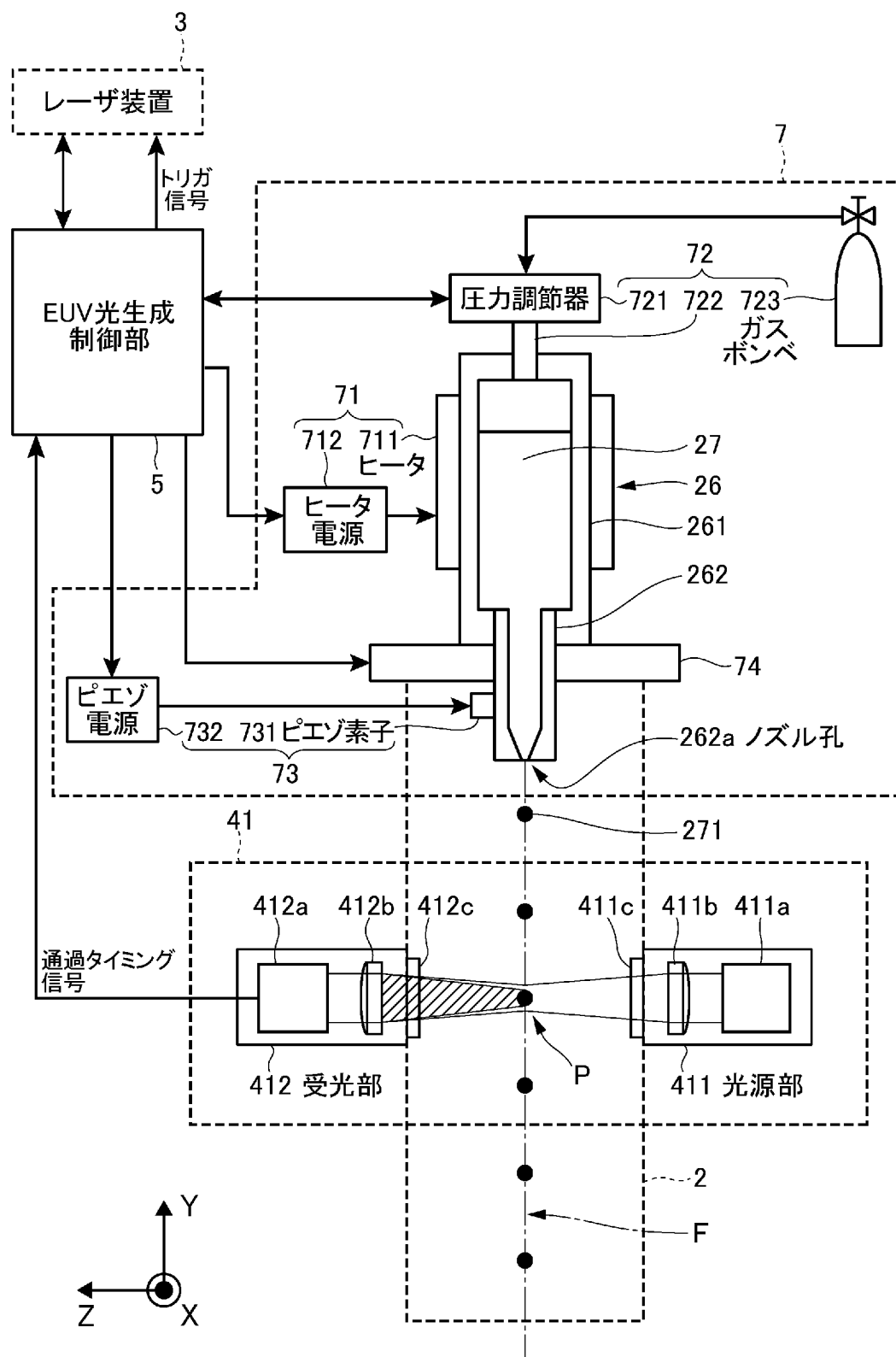
前記ドロップレット検出器において前記ドロップレットが検出されたタイミングに前記遅延時間を付加して、前記トリガ信号を出力するステップと、

を含む、極端紫外光生成方法。

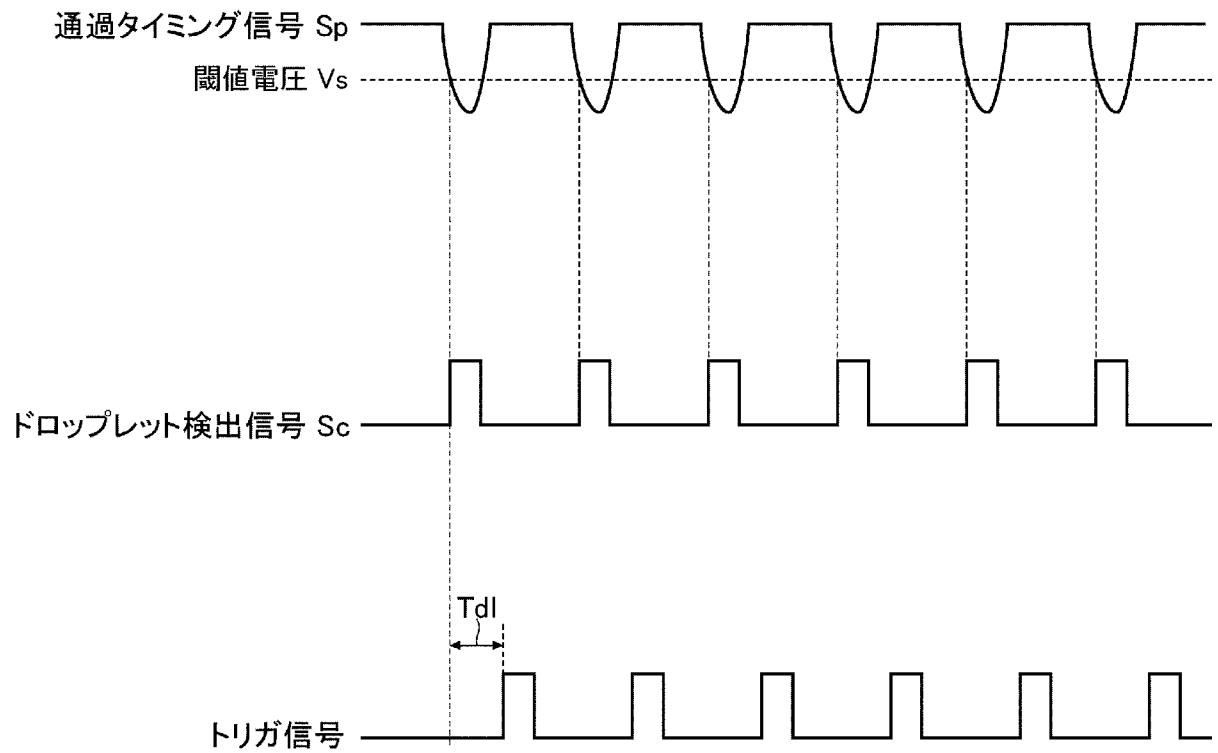
[図1]



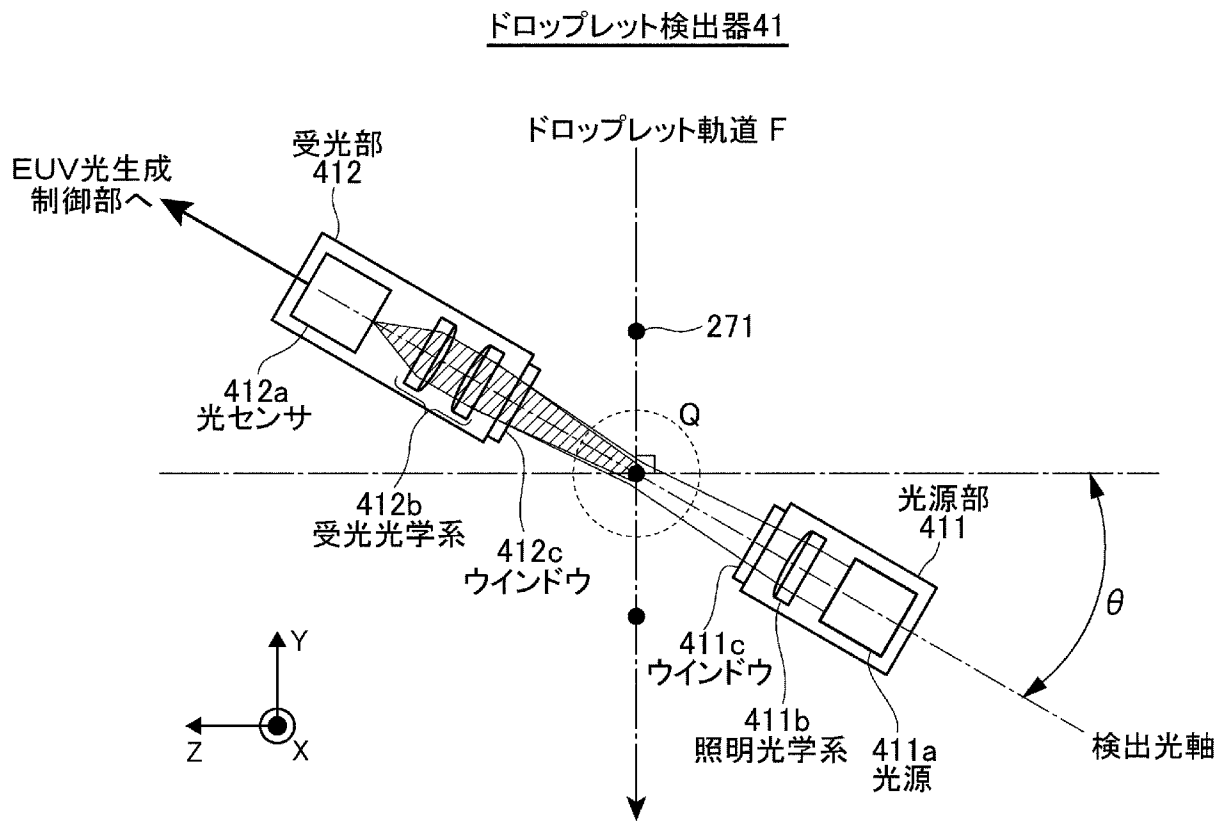




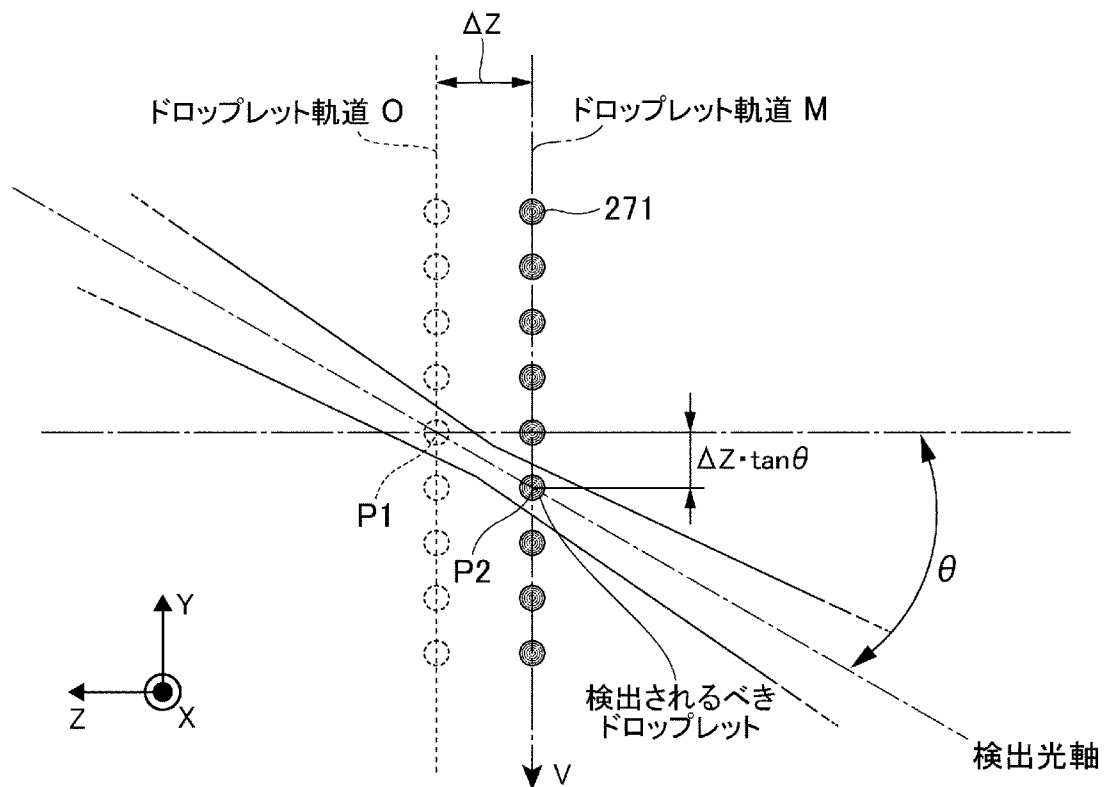
[図4]



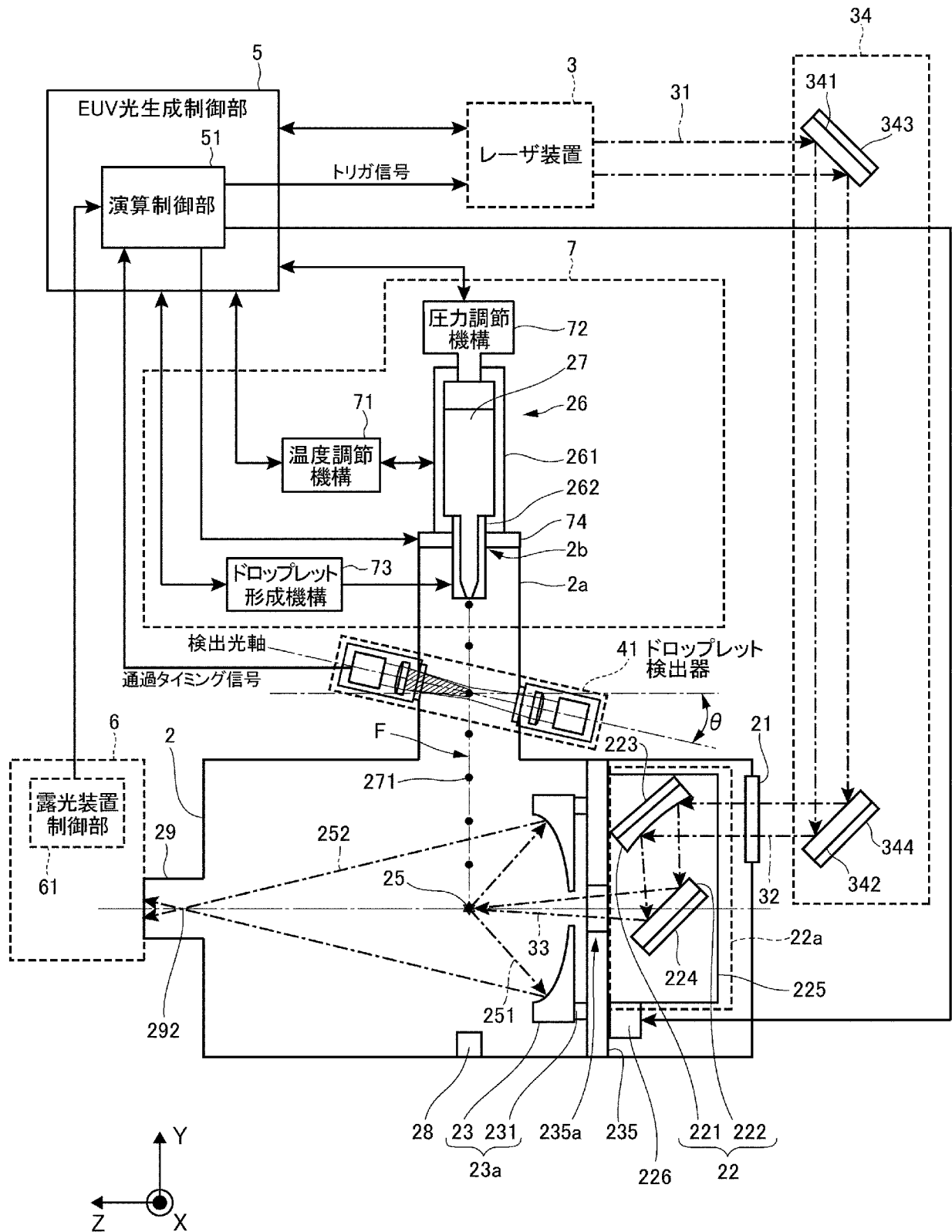
[図5A]



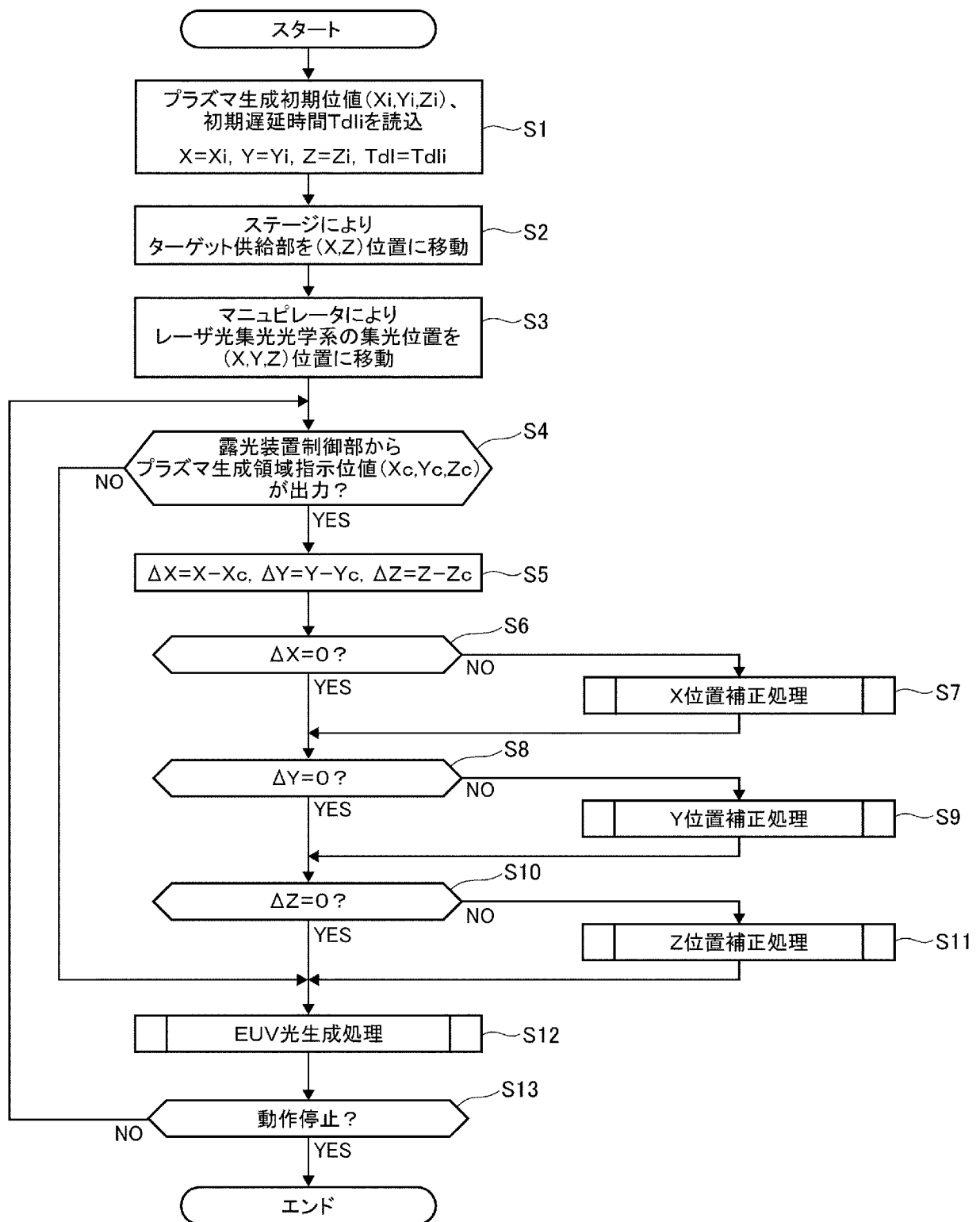
[図5B]



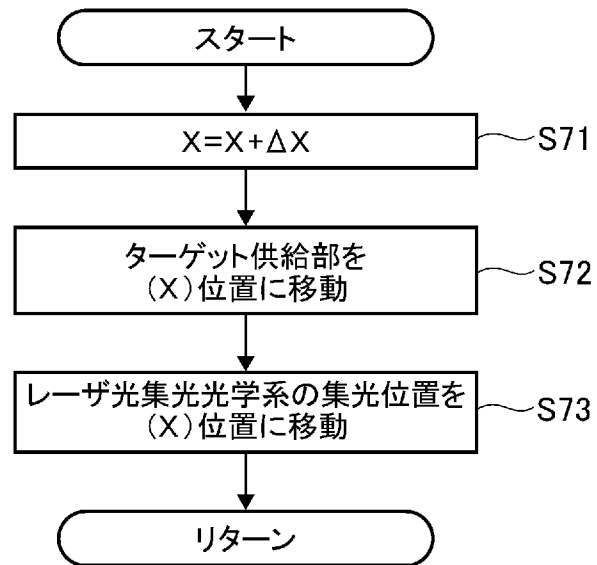
[図6]



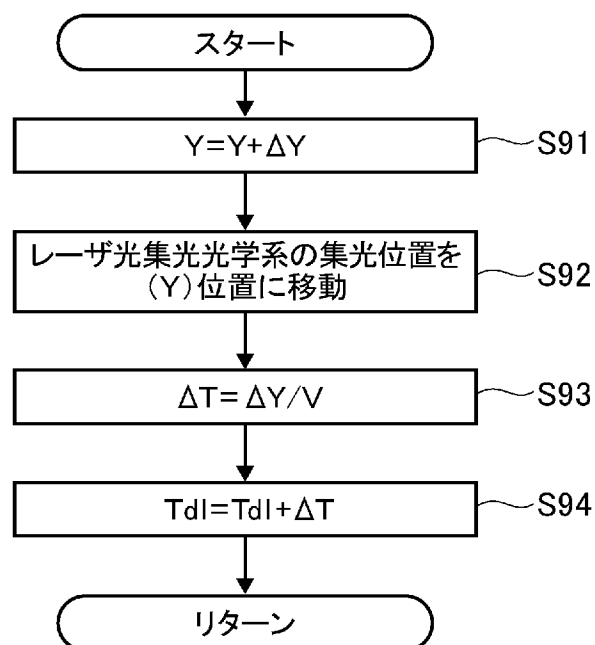
[図7]



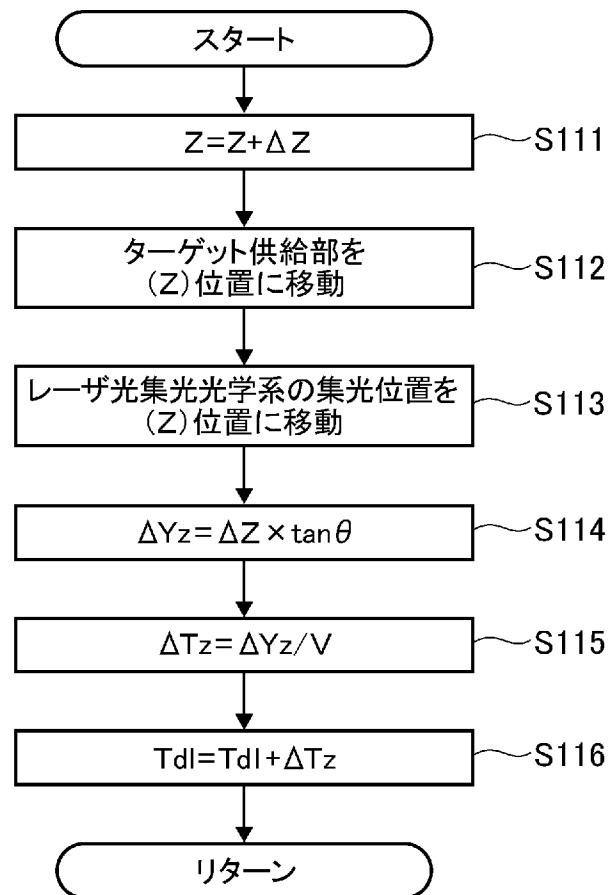
[図8]

X位置補正処理(S7)

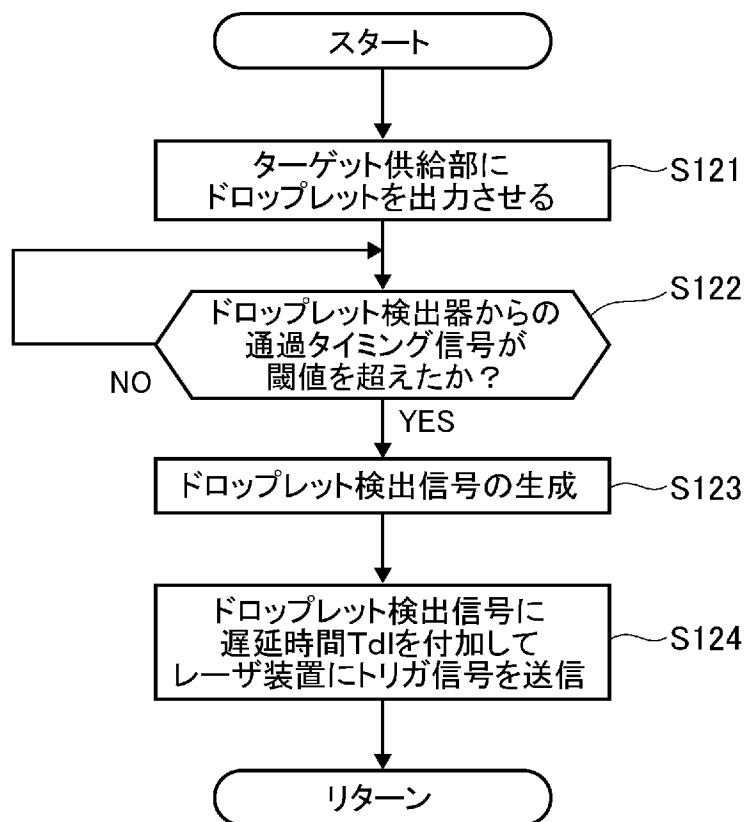
[図9]

Y位置補正処理(S9)

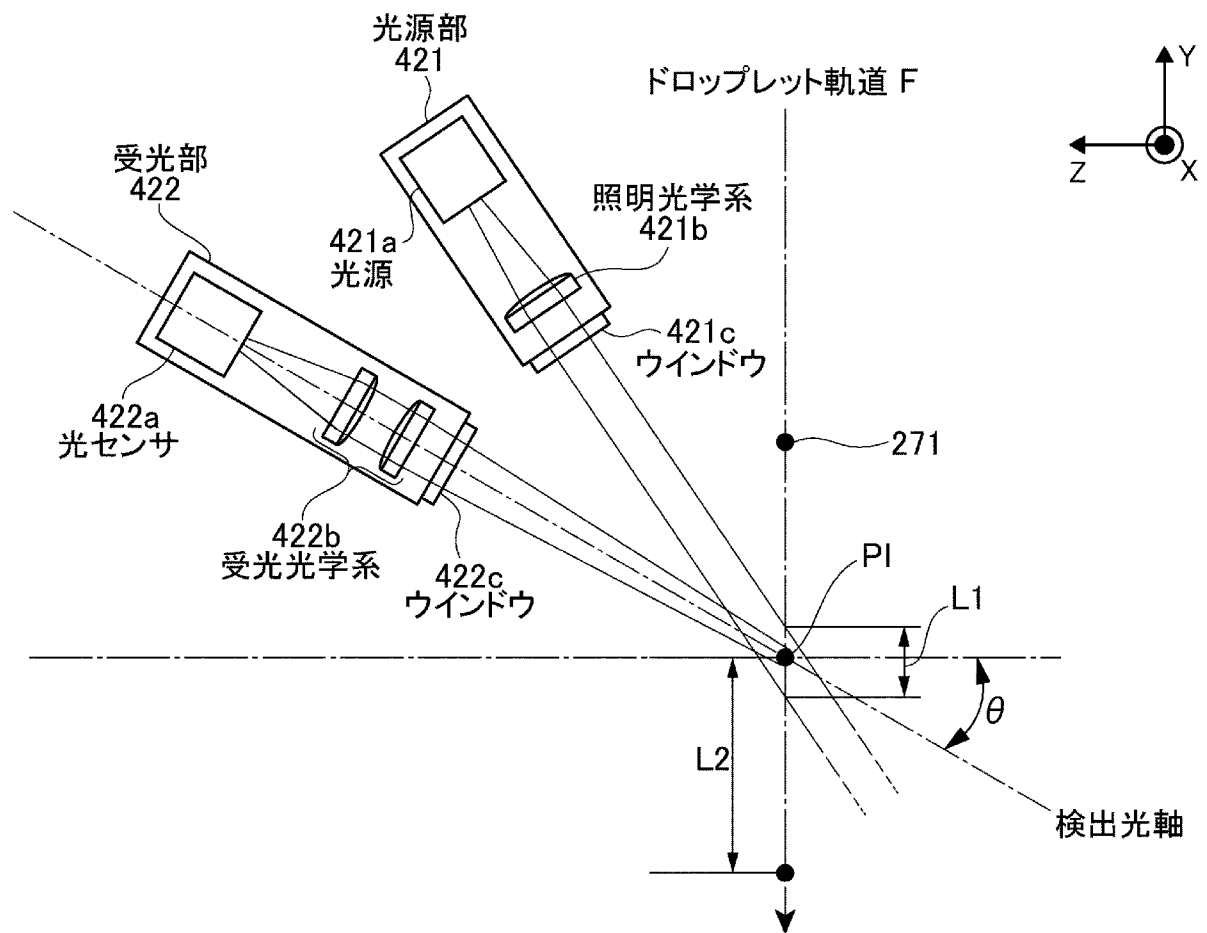
[図10]

Z位置補正処理(S11)

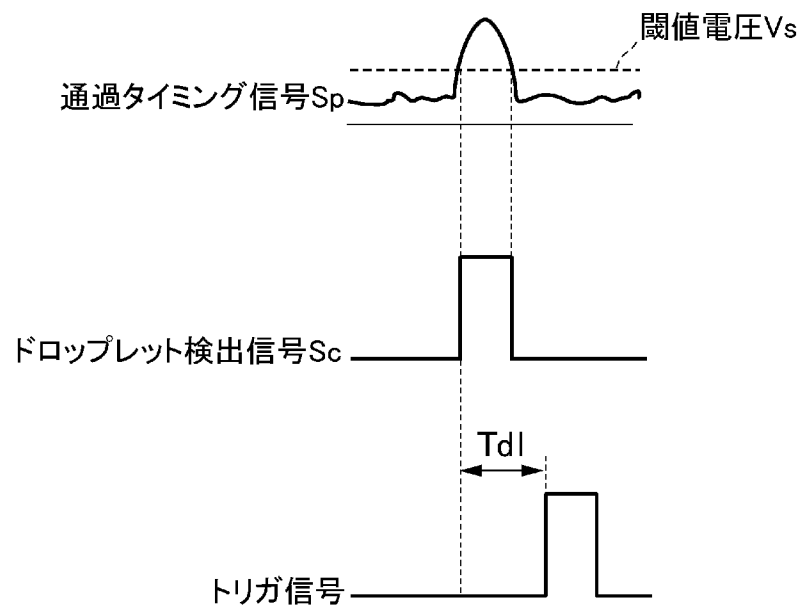
[図11]

EUV光生成処理(S12)

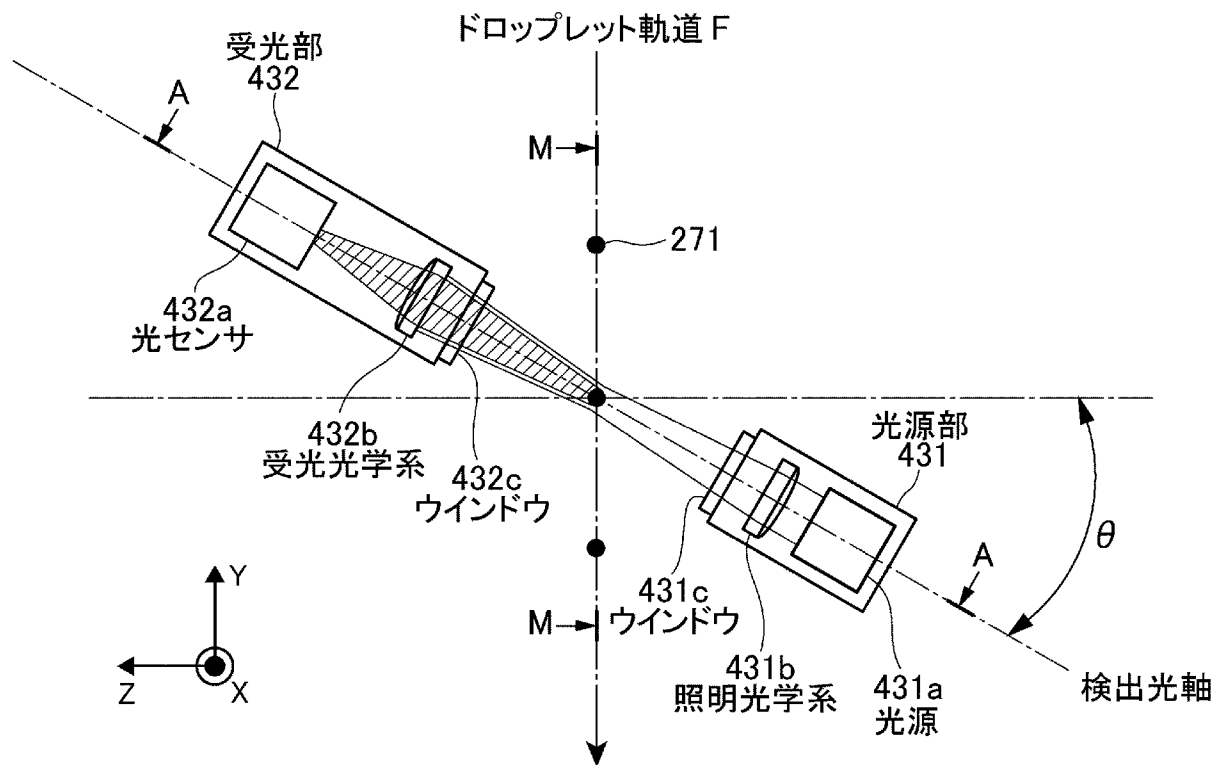
[図12]

ドロップレット検出器42

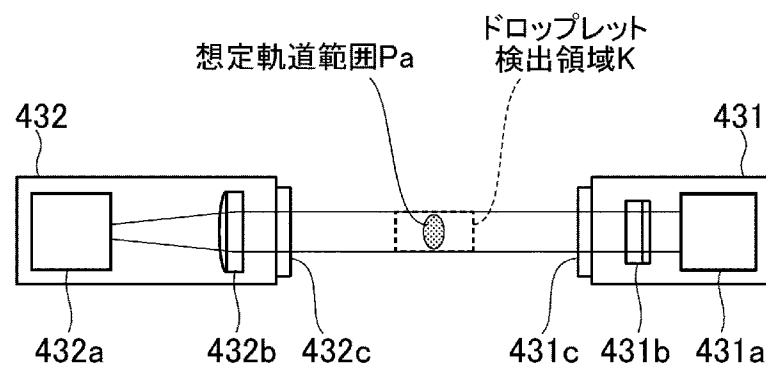
[図13]



[図14A]

ドロップレット検出器43

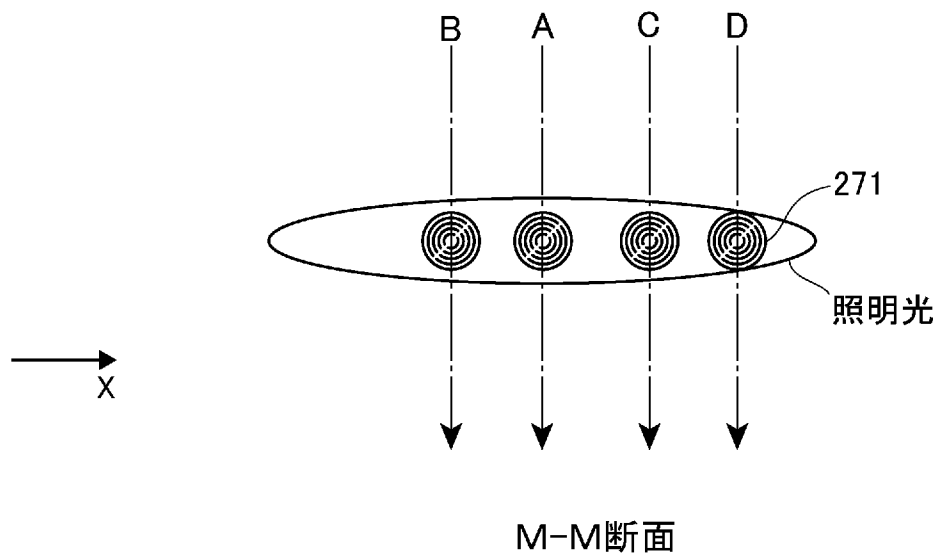
[図14B]



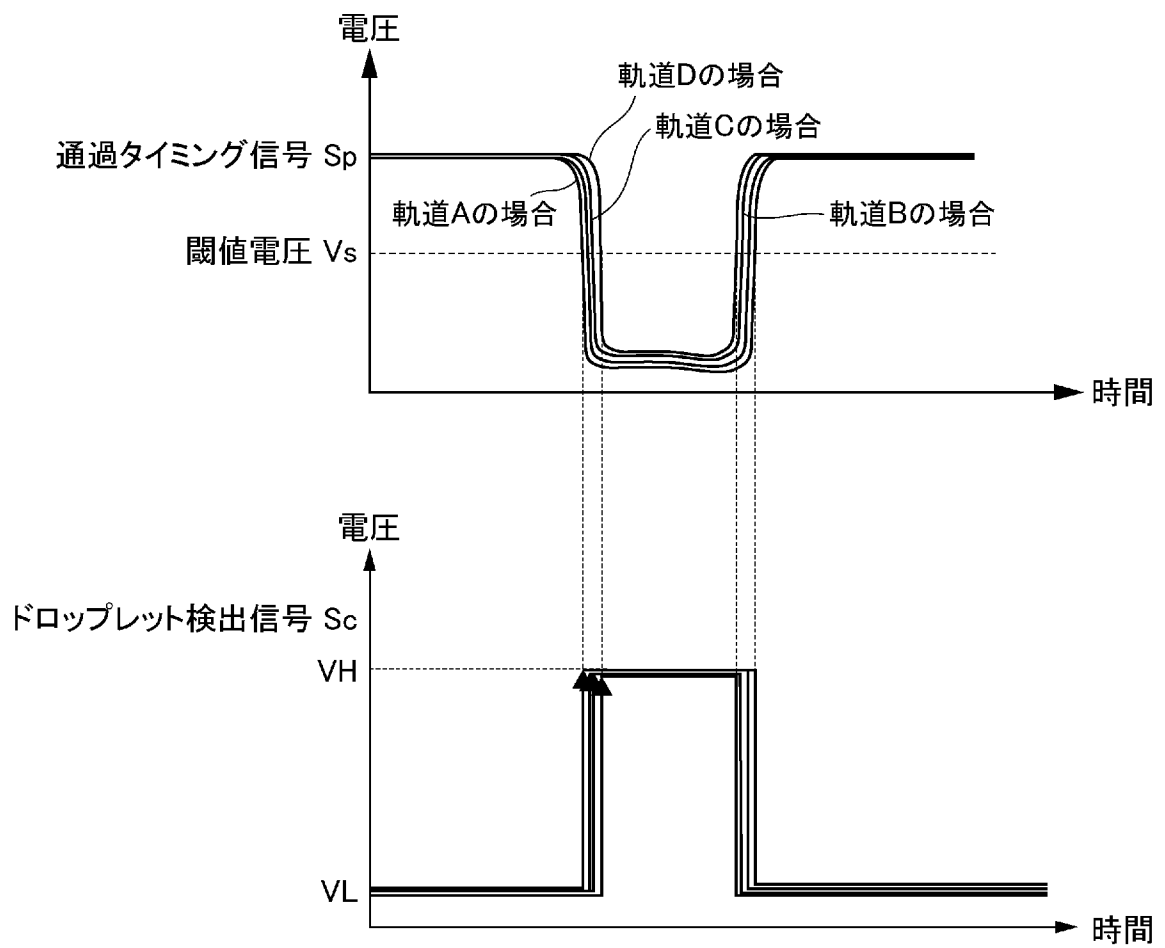
A-A断面



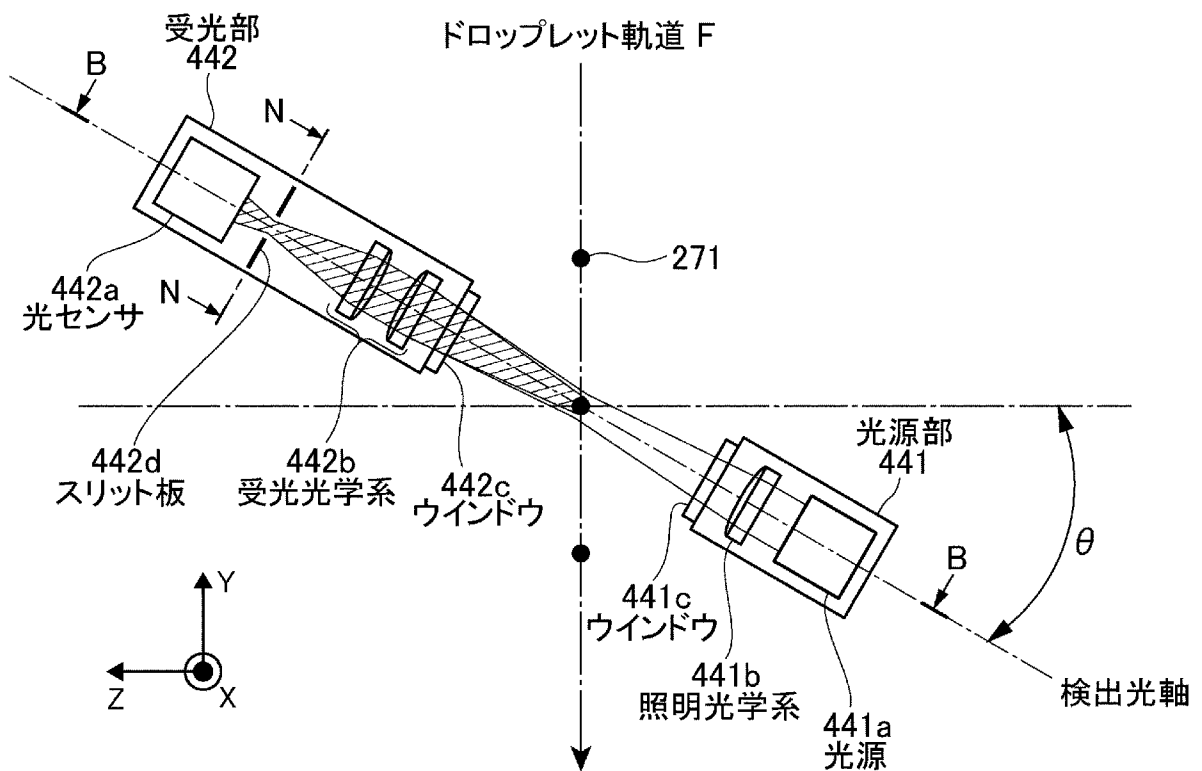
[図14C]



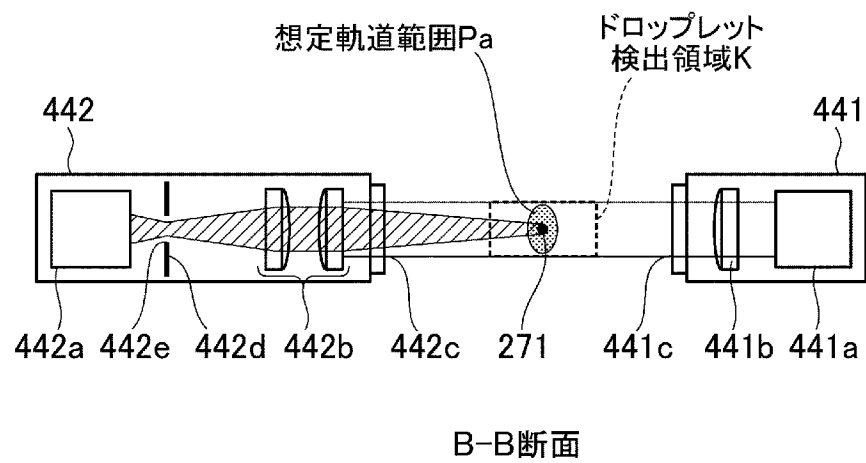
[図14D]



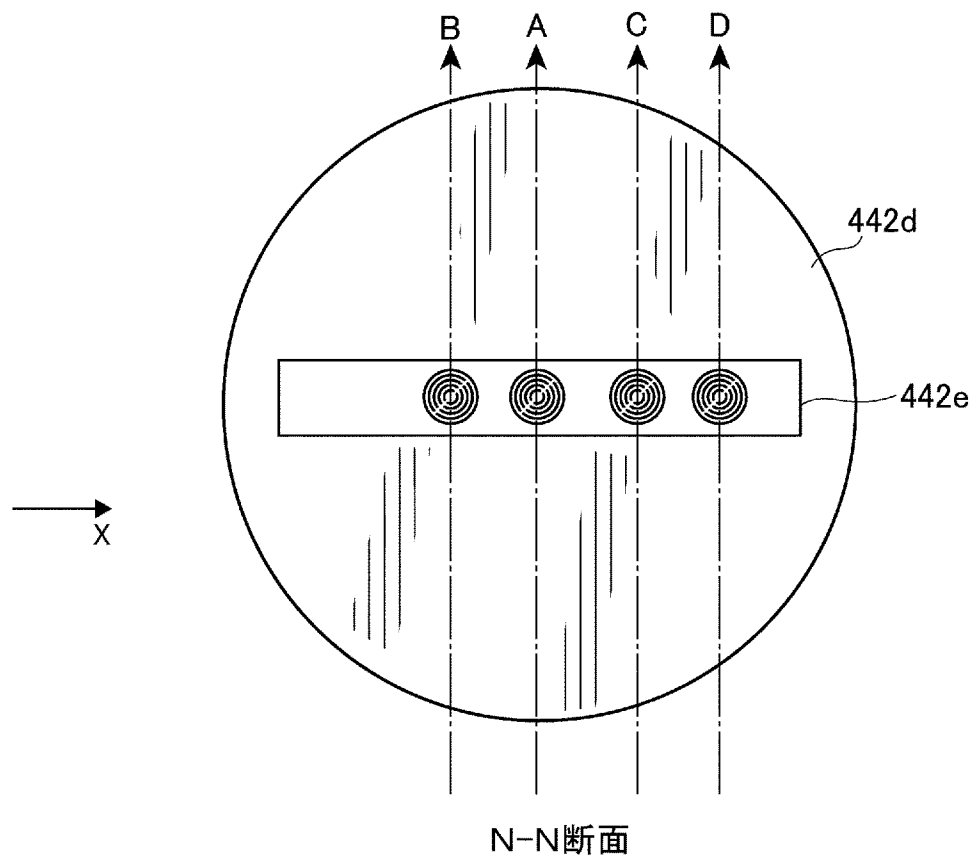
[図15A]

ドロップレット検出器44

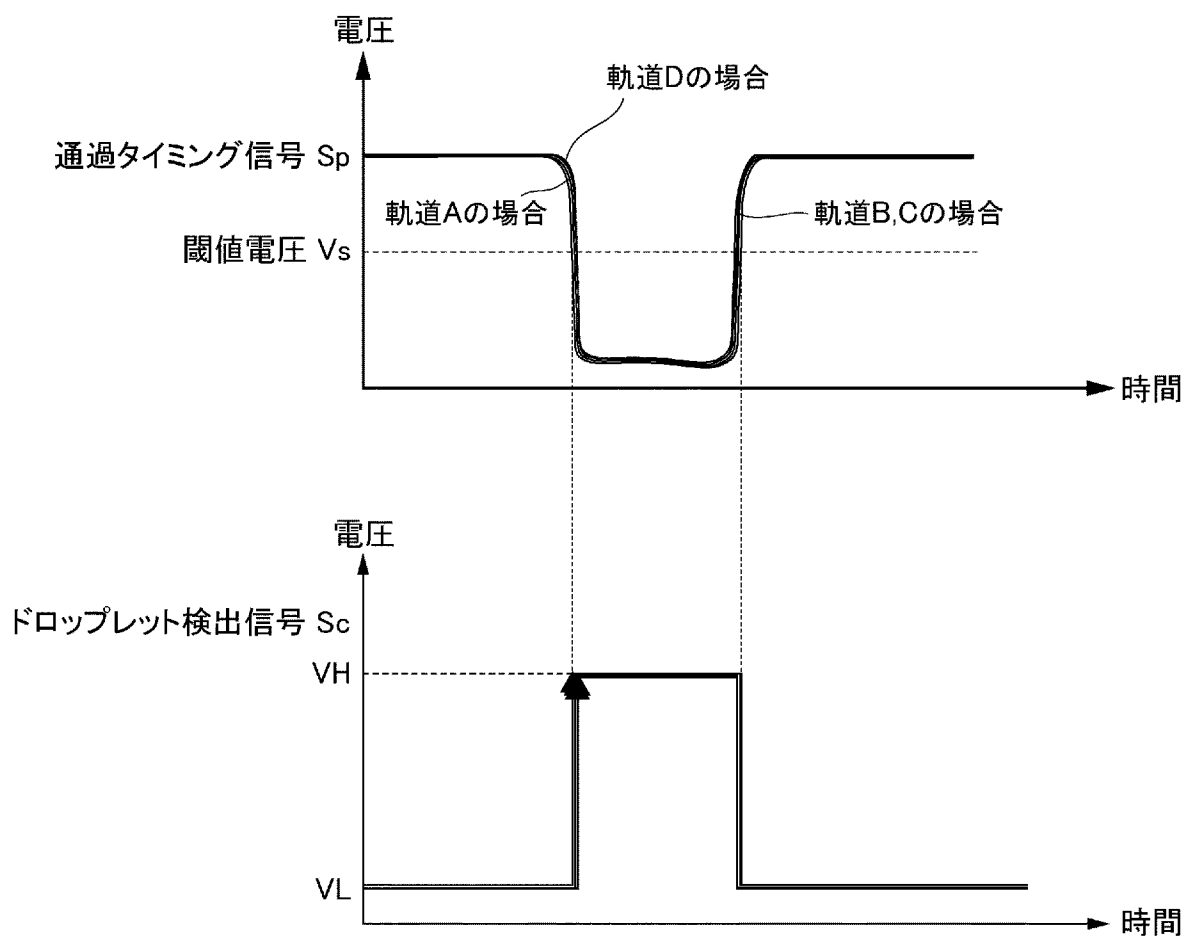
[図15B]

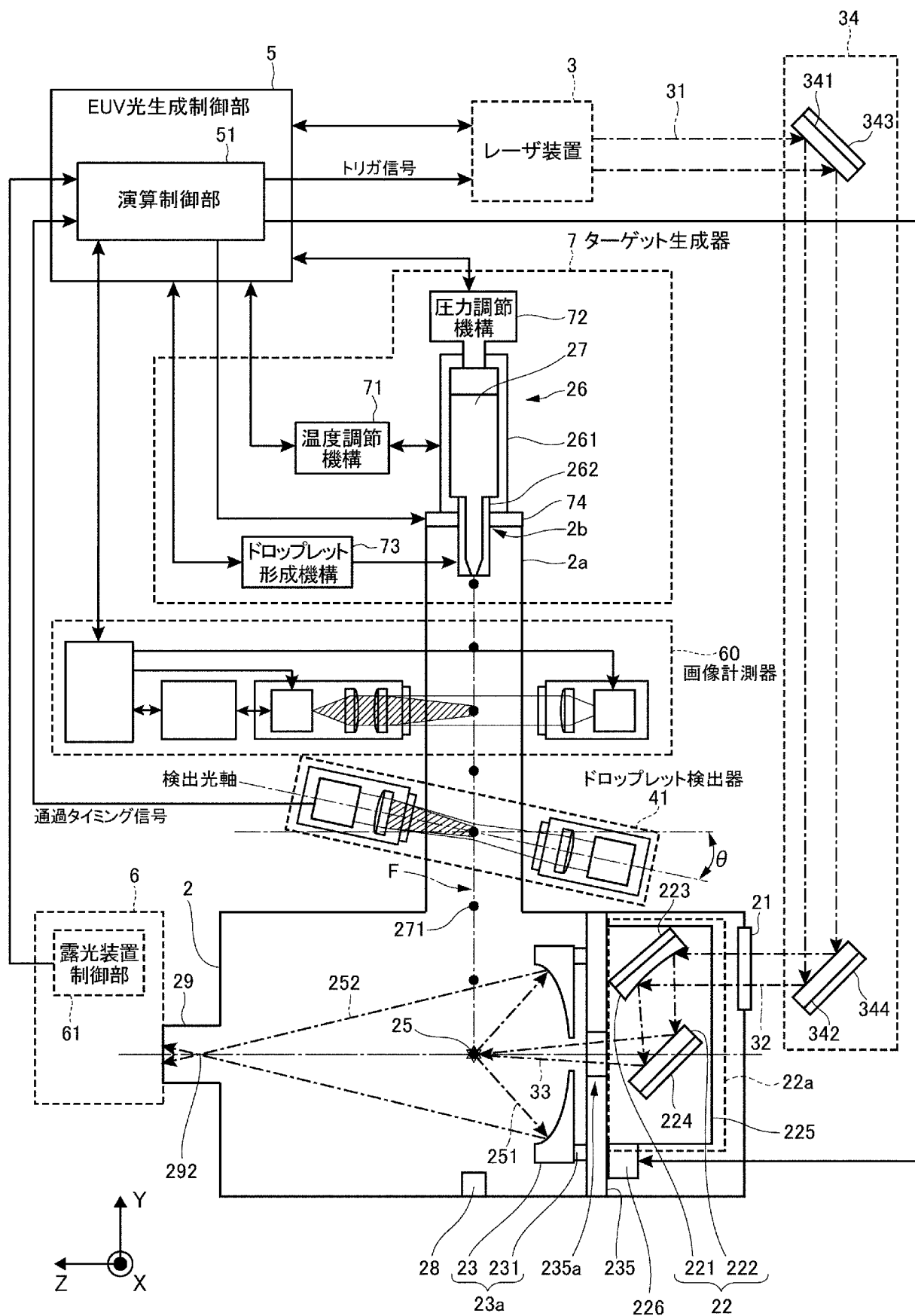


[図15C]

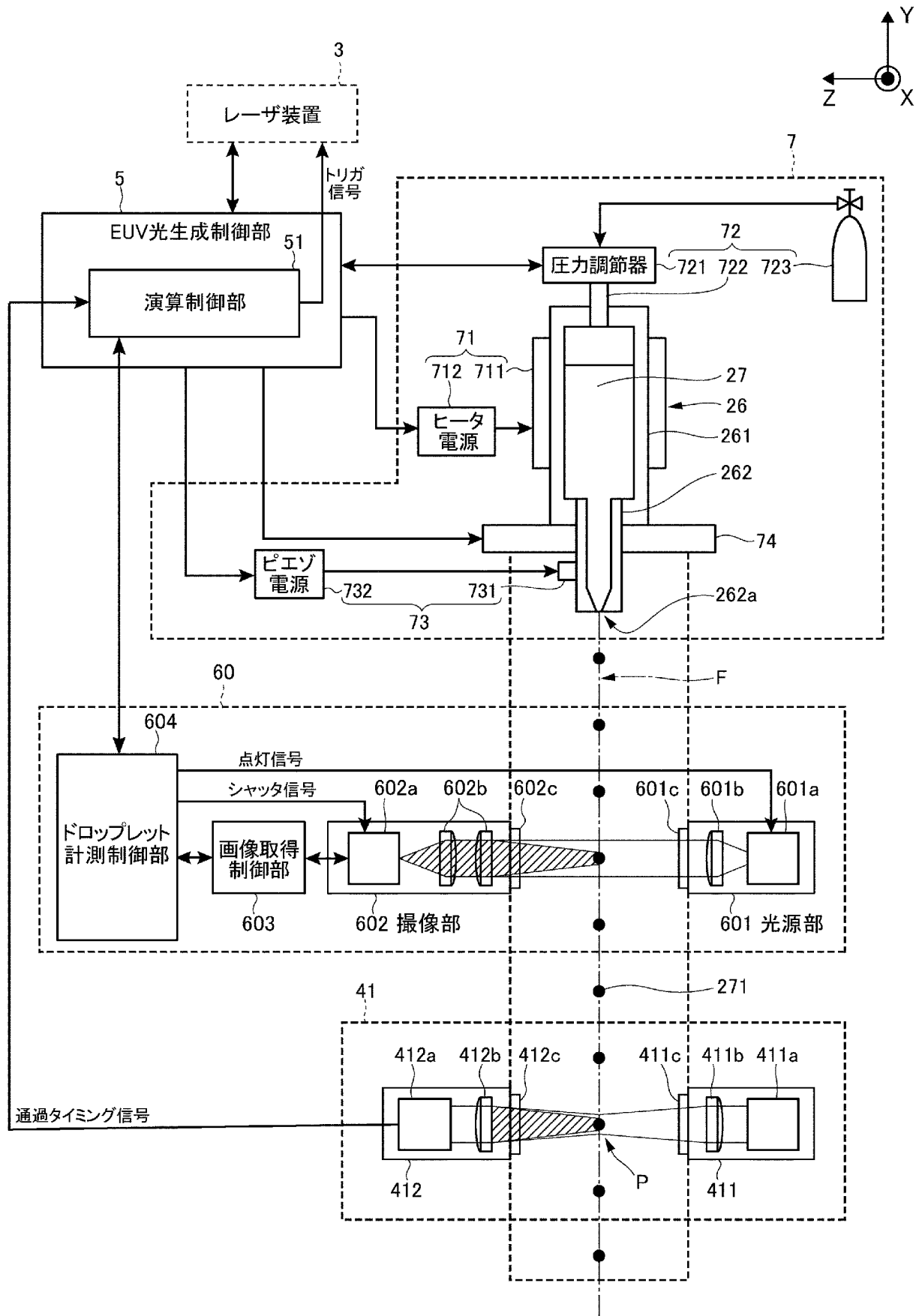


[図15D]

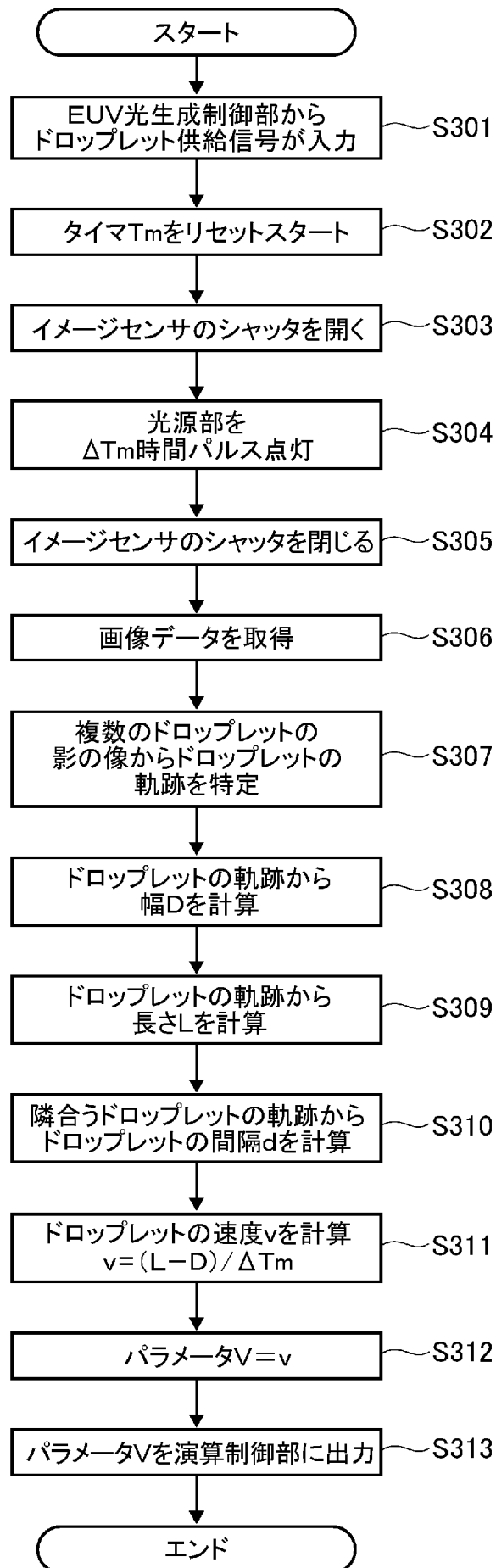




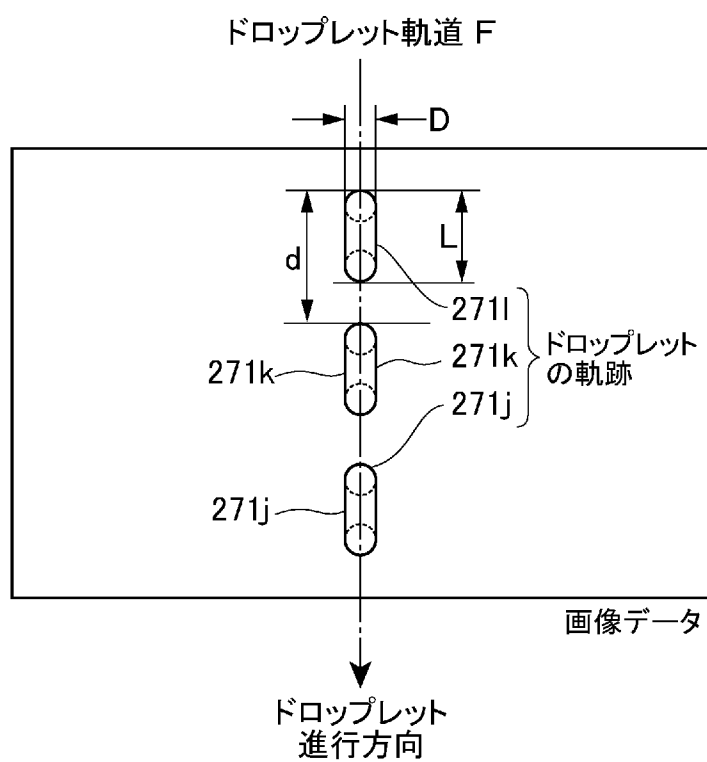
[図17]



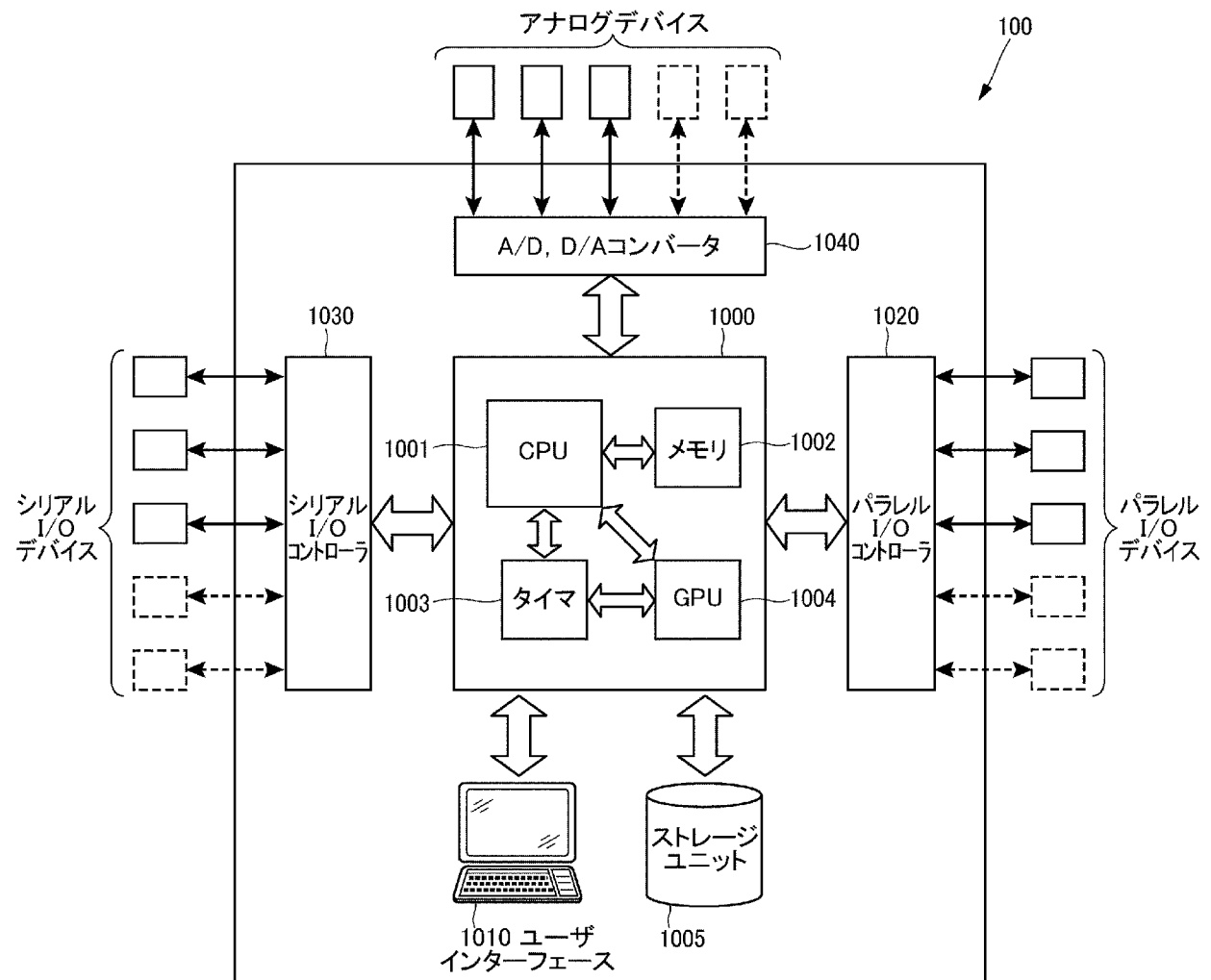
[図18]



[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/080517

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

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

H01L21/027, G03F7/20

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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 2014-086523 A (Gigaphoton Inc.), 12 May 2014 (12.05.2014), paragraphs [0018] to [0038], [0096]; fig. 2 & US 2014/0111635 A1	1-8
X	WO 2014/042003 A1 (Gigaphoton Inc.), 20 March 2014 (20.03.2014), paragraphs [0044] to [0054] (Family: none)	1-8

☐ 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
17 February 2015 (17.02.15)

Date of mailing of the international search report
24 February 2015 (24.02.15)

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

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 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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 2014-086523 A（ギガフォトン株式会社）2014.05.12, 【0018】－【0038】、【0096】、【図2】 & US 2014/0111635 A1	1-8
X	WO 2014/042003 A1（ギガフォトン株式会社）2014.03.20, [0044]-[0054]（ファミリーなし）	1-8

☐ 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

1 7 . 0 2 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

2 4 . 0 2 . 2 0 1 5

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）

関口 英樹

2 M

4 8 4 1

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 4