

(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
2017年3月30日(30.03.2017)



(10) 国際公開番号

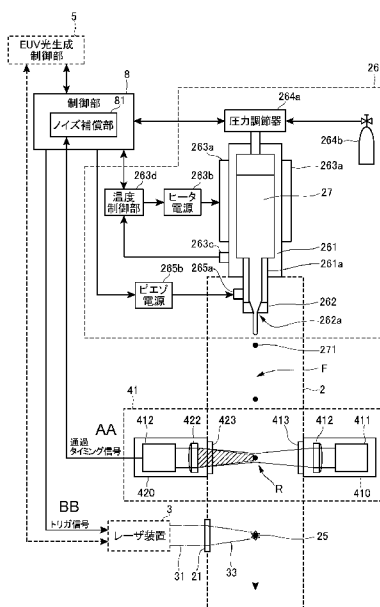
WO 2017/051454 A1

- (51) 国際特許分類:
H05G 2/00 (2006.01) G03F 7/20 (2006.01)
G02B 3/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/076912
- (22) 国際出願日: 2015年9月24日(24.09.2015)
- (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: 松浦 憲三(MATSUURA Kenzo); 〒1630223 東京都新宿区西新宿二丁目6番1号 新宿住友ビル23階 私書箱第176号 新都城国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: EUV LIGHT GENERATION DEVICE

(54) 発明の名称: 極端紫外光生成装置



3 Laser device
5 EUV light generation control unit
8 Control unit
81 Noise compensation unit
263b Heater power source
263d Temperature control unit
264a Pressure adjustment apparatus
265b Piezo power source
AA Passage timing signal
BB Trigger signal

(57) Abstract: This EUV light generation device is to be used along with a laser device that outputs laser light. The EUV light generation device comprises: a chamber wherein an EUV light is generated from a plasma, which is produced by irradiating the laser light onto a target in a generation region inside the chamber; a target supply apparatus for outputting the target as a droplet towards the generation region within the chamber; a droplet detector for detecting the droplet in a detection region between the target supply apparatus and the generation region; and a control unit for sending a trigger signal to the laser device, and for providing the laser device with a trigger for outputting the laser light. The droplet detector sends a passage timing signal to the control unit, indicating the timing of the droplet passage through the detection region. The control unit may include a noise compensation unit to compensate for a noise which is superimposed with the passage timing signal and originates from an electromagnetic wave that has been irradiated from the plasma, the control unit may be sending the trigger signal to the laser device on the basis of the passage timing signal which has been compensated for the noise by the noise compensation unit.

(57) 要約: 極端紫外光生成装置は、レーザ光を出力するレーザ装置と共に用いられる極端紫外光生成装置であって、内部の生成領域でターゲットに前記レーザ光が照射されることで発生するプラズマから極端紫外光が生成されるチャンバと、前記チャンバ内の前記生成領域に向かって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器と、前記ターゲット供給器と前記生成領域との間にある検出領域において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、前記レーザ光を出力する契機を前記レーザ装置に与えるトリガ信号を前記レーザ装置に送信する制御部と、を備え、前記ドロップレット検出器は、前記ドロップレットが前記検出領域を通過したタイミングを示す通過タイミング信号を前記制御部に送信し、前記制御部は、前記プラズマから放射された電磁波に起因して前記通過タイミング信号に重畳するノイズを補償するノイズ補償部を含み、前記ノイズ補償部によって前記ノイズが補償された前記通過タイミング信号に基づいて、前記トリガ信号を前記レーザ装置に送信してもよい。

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 極端紫外光生成装置

技術分野

[0001] 本開示は、極端紫外光生成装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、半導体プロセスの微細化に伴って、半導体プロセスの光リソグラフィにおける転写パターンの微細化が急速に進展している。次世代においては、20nm以下の微細加工が要求されるようになる。このため、波長13nm程度の極端紫外（EUV）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、ターゲットにレーザ光を照射することによって生成されるプラズマが用いられるLPP（Laser Produced Plasma）式の装置と、放電によって生成されるプラズマが用いられるDPP（Discharge Produced Plasma）式の装置と、軌道放射光が用いられるSR（Synchrotron Radiation）式の装置との3種類の装置が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2011-3887号公報

特許文献2：特表2014-534559号公報

特許文献3：特開2009-95826号公報

特許文献4：特開2013-62146号公報

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、レーザ光を出力するレーザ装置と共に用いられる極端紫外光生成装置であって、内部の生成領域でターゲットにレーザ光が照射されることで発生するプラズマから極端紫外光が生成されるチャンバと、チャンバ内の生成領域に向かって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器と、ターゲット供給器と生成

領域との間にある検出領域においてドロップレットを検出するドロップレット検出器と、レーザ光を出力する契機をレーザ装置に与えるトリガ信号をレーザ装置に送信する制御部と、を備え、ドロップレット検出器は、ドロップレットが検出領域を通過したタイミングを示す通過タイミング信号を制御部に送信し、制御部は、プラズマから放射された電磁波に起因して通過タイミング信号に重畳するノイズを補償するノイズ補償部を含み、ノイズ補償部によってノイズが補償された通過タイミング信号に基づいて、トリガ信号をレーザ装置に送信してもよい。

図面の簡単な説明

[0006] 本開示のいくつかの実施形態を、単なる例として、添付の図面を参照して以下に説明する。

[図1]図1は、例示的なLPP式のEUV光生成システムの構成を概略的に示す。

[図2]図2は、比較例のEUV光生成装置の構成を説明するための図を示す。

[図3]図3は、比較例に係るターゲット供給器及び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、制御部によって制御されるレーザ装置の出力タイミングを説明するための図である。

[図5]図5は、比較例のEUV光生成装置の課題を説明するための図を示す。

[図6]図6は、第1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7]図7は、第1実施形態に係るノイズ補償部に含まれるノイズ判定機能を説明するための図を示す。

[図8]図8は、第1実施形態に係るノイズ補償部に含まれるノイズ分離機能を説明するための図を示す。

[図9]図9は、ノイズ分離機能の一態様としてドロップレットの速度を補正する機能を説明するための図を示す。

[図10]図10は、ノイズ分離機能の一態様であるドロップレットの速度を補

正する機能を用いて、ドロップレットの速度補正量を具体的に計算した例を説明するための図である。

[図11]図11は、ドロップレットの速度補正量と、タンク内のターゲットに加わる圧力の圧力補正量との関係を記述した近似式を説明するための図である。

[図12]図12は、ドロップレットの速度補正量と、タンク内のターゲットに加わる圧力の圧力補正量とを対応付けたテーブルを示す図である。

[図13]図13は、第1実施形態に係るノイズ補償部に含まれるノイズマスク機能及び遅延時間補正機能を説明するための図を示す。

[図14]図14は、第1実施形態に係るノイズ補償部の処理を説明するための図を示す。

[図15]図15は、第2実施形態に係るノイズ補償部に含まれるノイズ分離機能を説明するための図を示す。

[図16]図16は、第3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、第3実施形態に係るノイズ補償部に含まれるノイズ判定機能を説明するための図を示す。

[図18]図18は、第3実施形態に係るノイズ補償部に含まれるノイズ分離機能を説明するための図を示す。

[図19]図19は、第3実施形態に係るノイズ補償部の処理を説明するための図を示す。

[図20]図20は、第4実施形態に係るノイズ禁止期間を説明するための図を示す。

[図21]図21は、第4実施形態に係るノイズ補償部に含まれるノイズ判定機能を説明するための図を示す。

[図22]図22は、第4実施形態に係るノイズ補償部に含まれるノイズ判定機能を説明するための図であって、ノイズ禁止期間と複数のドロップレットの空間的な間隔との関係を示す。

[図23]図 2 3 は、第 5 実施形態に係るドロップレット検出器及び移動機構を説明するための図を示す。

[図24]図 2 4 は、第 6 実施形態に係るドロップレット検出器及び移動機構を説明するための図を示す。

[図25]図 2 5 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

[0007] <内容>

1. E U V 光生成システムの全体説明

1. 1 構成

1. 2 動作

2. 用語の説明

3. 課題

3. 1 比較例の構成

3. 2 比較例の動作

3. 3 課題

4. 第 1 実施形態

4. 1 構成

4. 1. 1 ノイズ判定機能

4. 1. 2 ノイズ分離機能

4. 1. 3 ノイズマスク機能

4. 1. 4 遅延時間補正機能

4. 2 動作

4. 3 作用効果

5. 第 2 実施形態

5. 1 構成及び動作

5. 2 作用効果

6. 第 3 実施形態

6. 1 構成

6. 2 動作

6. 3 作用効果

7. 第4実施形態

7. 1 構成及び動作

7. 2 作用効果

8. 第5実施形態

8. 1 構成及び動作

8. 2 作用効果

9. 第6実施形態

9. 1 構成及び動作

9. 2 作用効果

10. その他

10. 1 各制御部のハードウェア環境

10. 2 その他の変形例等

[0008] 以下、本開示の実施形態について、図面を参照しながら詳しく説明する。

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

[0009] [1. E U V 光生成システムの全体説明]

[1. 1 構成]

図1に、例示的なL P P方式のE U V 光生成システムの構成を概略的に示す。

E U V 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、E U V 光生成装置1及びレーザ装置3を含むシステムを、E U V 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、E U V 光生成装置1は、チャンバ2、ターゲット供給

器 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。ターゲット供給器 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。ターゲット供給器 26 から供給されるターゲット 27 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。

[0010] 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 E U V 集光ミラー 23 が配置されてもよい。E U V 集光ミラー 23 は、第 1 及び第 2 の焦点を有し得る。E U V 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もよい。E U V 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 (I F) 292 に位置するように配置されるのが好ましい。E U V 集光ミラー 23 の中央部には貫通孔 24 が設けられてもよく、貫通孔 24 をパルスレーザ光 33 が通過してもよい。

[0011] E U V 光生成装置 1 は、E U V 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。

[0012] また、E U V 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 E U V 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。

[0013] 更に、E U V 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器 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

チューエータとを備えてもよい。

[0014] [1. 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。

[0015] ターゲット供給器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33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EUV光251が、他の波長の光の放射に伴って放射され得る。EUV光251は、EUV集光ミラー23によって選択的に反射されてもよい。EUV集光ミラー23によって反射されたEUV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。

[0016] EUV光生成制御部5は、EUV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。EUV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、EUV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、EUV光生成制御部5は、例えば、レーザ装置3の出力タイミングの制御、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。

[0017] [2. 用語の説明]

「ターゲット」は、チャンバ内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るターゲットの一形態である。

「プラズマ生成領域」は、チャンバ内の所定領域である。プラズマ生成領域は、チャンバ内に出力されたドロップレットに対してレーザ光が照射され、ターゲットがプラズマ化される領域である。

「ドロップレット軌道」は、チャンバ内に出力されたドロップレットが進行する経路である。ドロップレット軌道は、プラズマ生成領域において、チャンバ内に導入されたレーザ光の光路と交差してもよい。

「光路軸」は、レーザ光の進行方向に沿ってレーザ光のビーム断面の中心を通る軸である。

「光路」は、レーザ光が通る経路である。光路には、光路軸が含まれてもよい。

「Z軸方向」は、EUV光生成装置がEUV光を出力する方向である。すなわち、Z軸方向は、EUV光生成装置のチャンバから露光装置へEUV光が出力される方向である。

「Y軸方向」は、ターゲット供給器がチャンバ内にターゲットを出力する方向である。

「X軸方向」は、Y軸方向及びZ軸方向に直交する方向である。

[0018] [3. 課題]

図2～図5を用いて、比較例のEUV光生成装置1について説明する。

比較例のEUV光生成装置1は、ドロップレット検出器41を含むEUV光生成装置1であってもよい。

[0019] [3. 1 比較例の構成]

図2は、比較例のEUV光生成装置1の構成を説明するための図を示す。

図3は、比較例に係るターゲット供給器26及びドロップレット検出器41

の構成を説明するための図を示す。

比較例のEUV光生成装置1は、パルスレーザ光31を出力するレーザ装置3と共に用いられる装置であってもよい。

比較例のEUV光生成装置1は、チャンバ2と、ターゲット供給器26と、ターゲット回収器28と、ドロップレット検出器41と、EUV光生成制御部5と、制御部8とを備えてもよい。

[0020] チャンバ2は、上述のように、ターゲット供給器26によって内部に供給されたドロップレット271にパルスレーザ光33が照射されることでEUV光252が生成される容器であってもよい。チャンバ2は、EUV光252を生成するために減圧される内部空間を外界から隔絶してもよい。

チャンバ2は、例えば、中空の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へ出力する方向に略平行であってもよい。

チャンバ2の内部空間を形成する壁2aは、導電性を有する材料を用いて形成されてもよい。

チャンバ2は、チャンバ2外からチャンバ2内へドロップレット271を供給するためのターゲット供給路2bを含んでもよい。

ターゲット供給路2bは、筒形状のチャンバ2の側面部に設けられてもよい。

ターゲット供給路2bは、筒形状に形成されてもよい。

筒形状のターゲット供給路2bの中心軸方向は、EUV光252を露光装置6へ出力する方向に略直交してもよい。

[0021] 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、ターゲット回収器28と、プレート235と、が設けられてもよい。

[0022] プレート235は、チャンバ2の内部空間を区画分けしてもよい。

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 2 3 5 a が設けられてよい。孔 2 3 5 a の開口方向は、図 1 における貫通孔 2 4 とプラズマ生成領域 2 5 とを通る軸と略同一方向であってもよい。

プレート 2 3 5 より接続部 2 9 側に区画分けされたチャンバ 2 の内部空間には、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 よりウインドウ 2 1 側に区画分けされたチャンバ 2 の内部空間には、レーザ光集光光学系 2 2 a が設けられてもよい。

[0023] 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。

EUV 集光ミラー 2 3 は、ホルダ 2 3 1 に保持されてもよい。ホルダ 2 3 1 は、プレート 2 3 5 に固定されてもよい。

[0024] レーザ光集光光学系 2 2 a は、レーザ光集光ミラー 2 2 と、ホルダ 2 2 3 と、ホルダ 2 2 4 とを含んでもよい。

レーザ光集光ミラー 2 2 は、チャンバ 2 の底面部に設けられたウインドウ 2 1 を透過したパルスレーザ光 3 2 が入射するように配置されてもよい。

レーザ光集光ミラー 2 2 は、軸外放物面ミラー 2 2 1 と、平面ミラー 2 2 2 とを含んでもよい。

[0025] 軸外放物面ミラー 2 2 1 は、チャンバ 2 の底面部に設けられたウインドウ 2 1 及び平面ミラー 2 2 2 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 2 2 1 は、ホルダ 2 2 3 に保持されてもよい。

平面ミラー 2 2 2 は、孔 2 3 5 a 及び軸外放物面ミラー 2 2 1 とそれぞれ対向して配置されてもよい。平面ミラー 2 2 2 は、ホルダ 2 2 4 に保持されてもよい。

ホルダ 2 2 3 及びホルダ 2 2 4 は、不図示の 3 軸ステージに固定されてもよい。3 軸ステージは、X 軸方向、Y 軸方向及び Z 軸方向の 3 軸方向にホルダ 2 2 3 及びホルダ 2 2 4 を動かすアクチュエータを含んでもよい。3 軸ステージのアクチュエータの動作は、EUV 光生成制御部 5 によって制御されてもよい。

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、EUV 光生成制御部 5 が 3 軸ステージのアクチュエータを制御することに伴って、調整され得る。当該調整は、レーザ光集光ミラー 22 から出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。

[0026] ターゲット回収器 28 は、チャンバ 2 内に出力されたドロップレット 271 のうち、パルスレーザ光 33 が照射されなかったドロップレット 271 を回収する機器であってもよい。

ターゲット回収器 28 は、ドロップレット軌道 F の延長線上に配置されてもよい。

[0027] レーザ光進行方向制御部 34 は、レーザ装置 3 から出力されたパルスレーザ光 31 がパルスレーザ光 32 としてチャンバ 2 のウィンドウ 21 に入射するよう、パルスレーザ光 31 の進行方向を制御してもよい。

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

高反射ミラー 341 及び高反射ミラー 342 は、不図示のアクチュエータによって位置及び姿勢が調整されてもよい。当該アクチュエータの動作は、EUV 光生成制御部 5 によって制御されてもよい。

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 が当該アクチュエータを制御することに伴って、調整され得る。当該調整は、レーザ光進行方向制御部 34 からの出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ィンドウ 21 を透過するように実行されてもよい。

[0028] EUV 光生成制御部 5 は、露光装置 6 に設けられた露光装置制御部 61 との間で各種信号の送受信を行ってもよい。

例えば、EUV 光生成制御部 5 は、EUV 光 252 の露光装置 6 への出力に関する制御指令を示す EUV 光出力指令信号を、露光装置制御部 61 から受信してもよい。EUV 光出力指令信号は、EUV 光 252 の目標出力タイミング、目標繰り返し周波数、目標パルスエネルギー等の各種目標値を含んで

もよい。

EUV光生成制御部5は、露光装置制御部61からの各種信号に基づいて、EUV光生成システム11の各構成要素の動作を統括的に制御してもよい。

[0029] 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信を行ってもよい。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34及びレーザ光集光光学系22aを動かす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信を行ってもよい。それにより、EUV光生成制御部5は、パルスレーザ光31～33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、制御部8との間で制御信号の送受信を行ってもよい。それにより、EUV光生成制御部5は、ターゲット供給器26及びドロップレット検出器41に含まれる各構成要素の動作を間接的に制御してもよい。

[0030] ターゲット供給器26は、チャンバ2内に供給するターゲット27を溶融させ、ドロップレット271としてチャンバ2内のプラズマ生成領域25に出力する機器であってもよい。ターゲット供給器26は、いわゆるコンティニュアスジェット方式でドロップレット271を出力する機器であってもよい。

ターゲット供給器26が供給するターゲット27の材料は、金属材料であってもよい。ターゲット27を構成する金属材料は、スズ、テルビウム、ガドリニウム、リチウム又は、それらの内のいずれか2つ以上の組合せを含む材料であってもよい。好適には、ターゲット27を構成する金属材料は、スズであってもよい。

ターゲット供給器26は、チャンバ2のターゲット供給路2bの端部に設けられてもよい。

ターゲット供給器26は、図3に示されるように、タンク261と、ノズ

ル 2 6 2 とを含んでもよい。更に、ターゲット供給器 2 6 は、ヒータ 2 6 3 a と、ヒータ電源 2 6 3 b と、温度センサ 2 6 3 c と、温度制御部 2 6 3 d と、圧力調節器 2 6 4 a と、ガスポンペ 2 6 4 b と、圧電素子 2 6 5 a と、圧電電源 2 6 5 b とを含んでもよい。

[0031] タンク 2 6 1 は、チャンバ 2 内に出力されるターゲット 2 7 を収容する容器であってもよい。タンク 2 6 1 は、ターゲット 2 7 を溶融状態で内部に収容してもよい。

タンク 2 6 1 は、中空の筒形状に形成されてもよい。

タンク 2 6 1 は、ターゲット 2 7 と反応し難い材料で形成されてもよい。ターゲット 2 7 と反応し難い材料は、例えば、 SiC 、 SiO_2 、 Al_2O_3 、モリブデン、タングステン及びタンタルのうちの少なくとも 1 つであってもよい。

タンク 2 6 1 は、チャンバ 2 のターゲット供給路 2 b の端部外側に配置されてもよい。

タンク 2 6 1 は、その中心軸がドロップレット軌道 F と略一致するように配置されてもよい。

[0032] ノズル 2 6 2 は、タンク 2 6 1 内に収容されたターゲット 2 7 をチャンバ 2 内に出力するための部材であってもよい。

ノズル 2 6 2 は、板状に形成されてもよい。

ノズル 2 6 2 は、ターゲット 2 7 と反応し難い材料で形成されてもよい。

ノズル 2 6 2 は、タンク 2 6 1 に接続されてもよい。ノズル 2 6 2 は、タンク 2 6 1 のプラズマ生成領域 2 5 側の端部であるネック部 2 6 1 a の先端に接続されてもよい。

ノズル 2 6 2 の中央には、ノズル孔 2 6 2 a が形成されてもよい。

ノズル孔 2 6 2 a は、ノズル 2 6 2 を貫通するように形成されてもよい。ノズル孔 2 6 2 a は、その中心軸がドロップレット軌道 F と略一致するように形成されてもよい。ノズル孔 2 6 2 a は、溶融したターゲット 2 7 をチャンバ 2 内へジェット状に噴出するような形状に形成されてもよい。

[0033] タンク 2 6 1、ノズル 2 6 2、ターゲット供給路 2 bを含むチャンバ 2 は、それらの内部が互いに連通してもよい。

[0034] ヒータ 2 6 3 a は、タンク 2 6 1 を加熱してもよい。

ヒータ 2 6 3 a は、タンク 2 6 1 に接続されてもよい。ヒータ 2 6 3 a は、タンク 2 6 1 の外表面を覆うように配置されてもよい。

ヒータ 2 6 3 a は、ヒータ電源 2 6 3 b に接続されてもよい。

[0035] ヒータ電源 2 6 3 b は、ヒータ 2 6 3 a に電力を供給する電源であってもよい。

ヒータ電源 2 6 3 b は、温度制御部 2 6 3 d に接続されてもよい。ヒータ電源 2 6 3 b の動作は、温度制御部 2 6 3 d によって制御されてもよい。

[0036] 温度センサ 2 6 3 c は、タンク 2 6 1 の温度を検出するセンサであってもよい。

温度センサ 2 6 3 c は、タンク 2 6 1 の外表面であって、ネック部 2 6 1 a 付近に接続されてもよい。

温度センサ 2 6 3 c は、温度制御部 2 6 3 d に接続されてもよい。温度センサ 2 6 3 c は、検出されたタンク 2 6 1 の温度に応じた温度検出信号を温度制御部 2 6 3 d に送信してもよい。

[0037] 温度制御部 2 6 3 d は、タンク 2 6 1 の温度を制御する制御部であってもよい。

温度制御部 2 6 3 d は、制御部 8 に接続されてもよい。温度制御部 2 6 3 d は、制御部 8 からの指令に基づいて、タンク 2 6 1 の温度を制御してもよい。

[0038] 圧力調節器 2 6 4 a は、タンク 2 6 1 内のターゲット 2 7 に加わる圧力を調節してもよい。

圧力調節器 2 6 4 a は、タンク 2 6 1 内に連結されてもよい。

圧力調節器 2 6 4 a は、ガスポンベ 2 6 4 b に連結されてもよい。ガスポンベ 2 6 4 b には、ヘリウム又はアルゴン等の不活性ガスが充填されてもよい。圧力調節器 2 6 4 a は、ガスポンベ 2 6 4 b 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 264 a は、不図示の排気口を備えてもよい。圧力調節器 264 a は、排気口からタンク 261 内のガスを排気してもよい。

圧力調節器 264 a は、タンク 261 内にガスを給気し又はタンク 261 内のガスを排気することによって、タンク 261 内のターゲット 27 に加わる圧力を調節してもよい。圧力調節器 264 a の動作は、制御部 8 によって制御されてもよい。

[0039] ピエゾ素子 265 a は、タンク 261 のネック部 261 a に振動を加えてもよい。

ピエゾ素子 265 a は、ネック部 261 a の外表面であって、ノズル 262 付近に接続されてもよい。

ピエゾ素子 265 a は、ピエゾ電源 265 b に接続されてもよい。

[0040] ピエゾ電源 265 b は、ピエゾ素子 265 a に電力を供給する電源であってもよい。

ピエゾ電源 265 b は、制御部 8 に接続されてもよい。ピエゾ電源 265 b の動作は、制御部 8 によって制御されてもよい。

[0041] 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 を検出するセンサであってもよい。

具体的には、ドロップレット検出器 41 は、チャンバ 2 内の所定位置にある検出領域 R をドロップレット 271 が通過したタイミングを検出するセンサであってもよい。検出領域 R がある所定位置は、ターゲット供給器 26 のノズル 262 とプラズマ生成領域 25 との間にあるドロップレット軌道 F 上の位置であってもよい。

ドロップレット検出器 41 は、図 3 に示されるように、光源部 410 と、受光部 420 とを含んでもよい。

[0042] 光源部 410 と受光部 420 とは、チャンバ 2 の壁 2 a の外側に接続されてもよい。チャンバ 2 の一部であるターゲット供給路 2 b の壁 2 a に接続されてもよい。

光源部４１０と受光部４２０とは、ドロップレット軌道Ｆ上の検出領域Ｒを挟んで互いに対向するように配置されてもよい。

光源部４１０と受光部４２０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。

[0043] 光源部４１０は、チャンバ２内の検出領域Ｒに照明光を出力してもよい。光源部４１０から出力された照明光は、検出領域Ｒを通過するドロップレット２７１を照射してもよい。

光源部４１０は、光源４１１と、照明光学系４１２と、ウインドウ４１３とを含んでもよい。

[0044] 光源４１１は、ウインドウ４１３を介して検出領域Ｒに出力される照明光の光源であってもよい。

光源４１１は、例えば、単波長の連続レーザ光を出力するＣＷ（Continuous Wave）レーザ等の光源であってもよい。また、光源４１１は、複数の波長を有する連続光を出力するランプ等の光源であってもよい。

光源４１１の動作は、制御部８によって制御されてもよい。

[0045] 照明光学系４１２は、集光レンズ等を含む光学系であってもよい。当該集光レンズは、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４１２は、光源４１１から出力された照明光の光路上に配置されてもよい。

照明光学系４１２は、光源４１１から出力された照明光を透過させ、ウインドウ４１３に導いてもよい。照明光学系４１２は、光源４１１から出力された照明光を、ウインドウ４１３を介して検出領域Ｒに集光してもよい。

[0046] ウインドウ４１３は、チャンバ２の一部であるターゲット供給路２ｂの壁２ａに設けられてもよい。

ウインドウ４１３は、照明光学系４１２を透過した照明光の光路上に配置されてもよい。

ウインドウ４１３は、照明光学系４１２を透過した照明光を検出領域Ｒに向けて透過させてもよい。

[0047] 受光部420は、光源部410から検出領域Rに出力された照明光を受光してもよい。

受光部420は、光センサ421と、受光光学系422と、ウインドウ423とを含んでもよい。

[0048] ウインドウ423は、チャンバ2の一部であるターゲット供給路2bの壁2aに設けられてもよい。

ウインドウ423は、光源部410のウインドウ413と検出領域Rを挟んで対向して配置されてもよい。

ウインドウ423は、検出領域Rに出力された照明光の光路上に配置されてもよい。

ウインドウ423は、検出領域Rに出力された照明光を受光光学系422に向けて透過させてもよい。

[0049] 受光光学系422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もよい。

受光光学系422は、検出領域Rに出力されウインドウ423を透過した照明光の光路上に配置されてもよい。

受光光学系422は、ウインドウ423を透過した照明光を透過させ、光センサ421に導いてもよい。

[0050] 光センサ421は、検出領域Rに出力された照明光を受光する受光素子であってもよい。

光センサ421は、フォトダイオード、フォトダイオードアレイ、アバランシェダイオード、光電子増倍管及びマルチピクセルフォトンカウンタのうちの少なくとも1つの受光素子であってもよい。光センサ421は、これらの受光素子と、イメージインテンシファイア等の高速シャッタとを組み合わせ構成されてもよい。

光センサ421は、受光光学系422を透過した照明光の光路上に配置されてもよい。

光センサ421は、受光光学系422を透過した照明光を受光し、その光

強度を検出してもよい。

光センサ 4 2 1 は、制御部 8 に接続されてもよい。光センサ 4 2 1 は、受光した照明光の光強度に応じた検出信号を制御部 8 に送信してもよい。

[0051] 制御部 8 は、E U V 光生成制御部 5 との間で各種信号の送受信を行ってもよい。

例えば、制御部 8 は、ドロップレット 2 7 1 のチャンバ 2 内への出力に関する制御指令を示すターゲット出力信号を、E U V 光生成制御部 5 から受信してもよい。ターゲット出力信号は、E U V 光出力指令信号に含まれる各種目標値に応じてドロップレット 2 7 1 が出力されるよう、ターゲット供給器 2 6 の動作を制御する信号であってもよい。

制御部 8 は、E U V 光生成制御部 5 からの各種信号に基づいて、ターゲット供給器 2 6 に含まれる各構成要素の動作を制御してもよい。

また、制御部 8 は、E U V 光生成制御部 5 からの各種信号に基づいて、レーザ装置 3 がパルスレーザ光 3 1 を出力するタイミングを制御してもよい。

[0052] [3. 2 比較例の動作]

図 4 を用いて、比較例の E U V 光生成装置 1 の動作の概要について説明する。

図 4 は、制御部 8 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。

[0053] 制御部 8 は、E U V 光生成制御部 5 からのターゲット出力信号を受信したか否かを判定してもよい。

制御部 8 は、ターゲット出力信号を受信すると、E U V 光生成制御部 5 からターゲット出力停止信号を受信するまで、以下のような処理を行ってもよい。

ターゲット出力停止信号は、チャンバ 2 内へのターゲット 2 7 の供給をターゲット供給器 2 6 に停止させる制御指令を示す信号であってもよい。

[0054] 制御部 8 は、タンク 2 6 1 の目標温度を指定する信号を温度制御部 2 6 3 d に送信してもよい。

温度センサ 263c は、検出されたタンク 261 の温度に応じた温度検出信号を温度制御部 263d に送信してもよい。

温度制御部 263d は、温度検出信号に示される検出値が目標温度に近付くよう、ヒータ 263a に電力を供給するヒータ電源 263b の動作を制御してもよい。

目標温度は、ターゲット 27 の融点以上の所定範囲内にある温度であってもよい。ターゲット 27 がスズの場合、目標温度は、 250°C ～ 290°C の範囲内にある温度であってもよい。

なお、制御部 8 は、タンク 261 内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、温度制御部 263d を介してヒータ電源 263b の動作を継続的に制御してもよい。

[0055] 制御部 8 は、タンク 261 内のターゲット 27 に加わる圧力が目標圧力になるよう、圧力調節器 264a の動作を制御してもよい。

目標圧力は、タンク 261 内のターゲット 27 がノズル孔 262a から所定速度でジェット状に噴出するような圧力であってもよい。所定速度は、例えば 50 m/s ～ 100 m/s であってもよい。

[0056] 制御部 8 は、 piezo 素子 265a が所定波形でネック部 261a に振動を加えるよう、piezo 素子 265a に電力を供給する piezo 電源 265b の動作を制御してもよい。

所定波形は、ドロップレット 271 が所定周波数で生成されるような波形であってもよい。所定周波数は、例えば 50 kHz ～ 100 kHz であってもよい。

[0057] piezo 素子 265a は、piezo 電源 265b から供給される所定波形の電力に応じて、所定波形でネック部 261a に振動を加え得る。ネック部 261a に接続されたノズル 262 も、所定波形で振動し得る。それにより、ノズル孔 262a から噴出したジェット状のターゲット 27 には定在波が与えられ、ジェット状のターゲット 27 は周期的に分離され得る。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ツ

ト 271 を形成し得る。その結果、所定周波数でドロップレット 271 が生成され、チャンバ 2 内へ出力され得る。

チャンバ 2 内へ出力されたドロップレット 271 は、ドロップレット軌道 F 上を進行し、検出領域 R を通過し得る。

[0058] ドロップレット検出器 41 に含まれる光源 411 は、チャンバ 2 内の検出領域 R に照明光を出力してもよい。ドロップレット検出器 41 に含まれる光センサ 421 は、光源 411 から出力された照明光を受光してもよい。

[0059] ドロップレット軌道 F を進行するドロップレット 271 が検出領域 R を通過する場合、光源 411 から出力された照明光は、検出領域 R を通過するドロップレット 271 を照明し、光センサ 421 に向かって進み得る。この際、光センサ 421 に向かう照明光の一部は、当該ドロップレット 271 によって遮蔽され得る。

そのため、ドロップレット 271 が検出領域 R を通過する場合、光源 411 から出力された照明光の検出領域 R での像の一部は、検出領域 R を通過するドロップレット 271 の影の像となって光センサ 421 に受光され得る。

よって、ドロップレット 271 が検出領域 R を通過する場合、光センサ 421 が受光する照明光の光強度は、ドロップレット 271 が検出領域 R を通過していない場合に比べて顕著に低下し得る。

光センサ 421 は、受光した照明光の光強度を電圧値に変換して当該光強度の変化に応じた検出信号を生成し、制御部 8 に送信し得る。

[0060] なお、光センサ 421 が受光した照明光の光強度を、光センサ 421 の受光強度ともいう。

光センサ 421 によって生成される当該受光強度の変化に応じた検出信号を、通過タイミング信号ともいう。

[0061] 通過タイミング信号は、ドロップレット 271 が検出領域 R に進入する前は、所定のベース電圧を示し得る。通過タイミング信号は、ドロップレット 271 が検出領域 R に進入すると立ち下がり、ドロップレット 271 が検出領域 R の中央に進行すると極小値を示すように推移し得る。通過タイミング

信号は、検出領域 R の中央に進行したドロップレット 271 が更にプラズマ生成領域 25 側に進行すると立ち上がり、ドロップレット 271 が検出領域 R から退去するとベース電圧に戻るように推移し得る。

すなわち、通過タイミング信号は、ドロップレット 271 が検出領域 R に進入してから検出領域 R を退去するまでの期間内に極値を含むような信号波形を有し得る。

[0062] ドロップレット 271 が検出領域 R に進入してから検出領域 R を退去するまでの期間を、検出期間ともいう。

通過タイミング信号のうち、ドロップレット 271 が検出領域 R を通過することに伴って電圧が変化する部分を、ドロップレット通過部分ともいう。ドロップレット通過部分は、検出期間以内において示される通過タイミング信号であり得る。

通過タイミング信号のうち、ドロップレット 271 が検出領域 R を通過していない場合に示されるベース電圧の部分を、ベース部分ともいう。ベース部分は、検出期間外において示される通過タイミング信号であり得る。

[0063] 制御部 8 は、光センサ 421 からの通過タイミング信号を受信してもよい。

制御部 8 は、通過タイミング信号が所定の閾値を超えて当該閾値より低くなった場合、ドロップレット 271 が検出領域 R を通過したと判定してもよい。すなわち、制御部 8 は、通過タイミング信号のドロップレット通過部分が所定の閾値を超えて当該閾値より低くなるタイミングを、ドロップレット 271 が検出領域 R を通過したタイミングと判定してもよい。

或いは、制御部 8 は、通過タイミング信号が所定の閾値を超えて当該閾値より低くなったタイミングと、通過タイミング信号が極値を示した後に当該閾値を超えて当該閾値より高くなったタイミングとの中間値を計算してもよい。そして、制御部 8 は、当該中間値のタイミングを、ドロップレット 271 が検出領域 R を通過したタイミングと判定してもよい。

何れにしても、ドロップレット 271 が検出領域 R を通過したタイミング

は、少なくとも検出期間以内に含まれ、通過タイミング信号の少なくともドロップレット通過部分の何れかのタイミングとして制御部 8 に判定され得る。

所定の閾値は、通過タイミング信号のドロップレット通過部分に取り得る電圧値の範囲に基づいて予め定められてもよい。

[0064] 制御部 8 は、図 4 に示されるように、ドロップレット 271 が検出領域 R を通過したタイミングにおいて、ドロップレット検出信号を生成してもよい。

ドロップレット検出信号は、検出領域 R 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。

[0065] 制御部 8 は、図 4 に示されるように、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 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 に送信してもよい。

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。

遅延時間 D は、パルスレーザ光 33 がプラズマ生成領域 25 に到達するタイミングを、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略一致させるための時間であってもよい。遅延時間 D は、制御部 8 に予め保持されてもよい。

[0066] レーザ装置 3 は、トリガ信号を受信すると、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 31 は、レーザ光進行方向制御部 34 及びウインドウ 21 を介して、パルスレーザ光 32 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 32 は、レーザ光集光光学系 22a にて集光され、パルスレーザ光 33 としてプラズマ生成領域 25 に導かれ得る。当該パルスレーザ光 33 は、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でプラズマ生成領域 25 に導かれ得る。

プラズマ生成領域 25 に導かれたパルスレーザ光 33 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 はプラズマ化し、E U V 光 2 5 1 を含むプラズマ光を放射し得る。

[0067] このようにして、ドロップレット検出器 4 1 は、チャンバ 2 内に出力されたドロップレット 2 7 1 が検出領域 R を通過したタイミングを検出し、通過タイミング信号を制御部 8 に送信し得る。

そして、制御部 8 は、ドロップレット検出器 4 1 からの通過タイミング信号の変化に同期してレーザ装置 3 にトリガ信号を送信し得る。すなわち、制御部 8 は、通過タイミング信号に基づいてトリガ信号をレーザ装置 3 に送信することで、レーザ装置 3 がパルスレーザ光 3 1 を出力するタイミングを制御し得る。

[0068] [3 . 3 課題]

図 5 は、比較例の E U V 光生成装置 1 の課題を説明するための図を示す。

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 が照射されてプラズマが生成されると、当該プラズマから E U V 光 2 5 1 を含む電磁波が放射され得る。

このとき、プラズマから放射された電磁波が、ドロップレット検出器 4 1 に入射し、光センサ 4 2 1 によってノイズとして出力されることがあり得る。このノイズは、プラズマから放射された電磁波に起因するノイズであり得る。このノイズは、図 5 に示されるように、光センサ 4 2 1 から送信される通過タイミング信号に重畳することがあり得る。

すると、制御部 8 は、ドロップレット 2 7 1 が検出領域 R を通過していないにもかかわらず、図 5 に示されるように、通過タイミング信号に重畳したノイズが所定の閾値を超えたタイミングでドロップレット検出信号を生成し得る。すなわち、ドロップレット検出信号が生成されるタイミングには、プラズマから放射された電磁波に起因するノイズによって誤差が生じることがあり得る。

このため、ドロップレット検出信号に基づいて生成されるトリガ信号が、

制御部 8 からレーザ装置 3 に誤ったタイミングで送信されることがあり得る。

それにより、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と、パルスレーザ光 3 3 がプラズマ生成領域 2 5 に到達するタイミングとがずれることがあり得る。その結果、EUV 光生成装置 1 から出力される EUV 光 2 5 2 のパルスエネルギーは、パルス毎で大きくばらつくことがあり得る。

したがって、プラズマから放射された電磁波に起因するノイズが通過タイミング信号に重畳しても適切なタイミングでドロップレット検出信号を生成することによって、EUV 光 2 5 2 のエネルギー安定性を向上させ得る技術が望まれている。

[0069] なお、プラズマから放射された電磁波に起因するノイズを、単にノイズともいう。

プラズマから放射された電磁波に起因するノイズが通過タイミング信号に対して重畳するタイミングを、ノイズの重畳タイミングともいう。

[0070] [4. 第 1 実施形態]

図 6 ～図 1 4 を用いて、第 1 実施形態の EUV 光生成装置 1 について説明する。

第 1 実施形態の EUV 光生成装置 1 は、比較例の EUV 光生成装置 1 に対して、制御部 8 にノイズ補償部 8 1 が追加された構成を備えてもよい。

第 1 実施形態の EUV 光生成装置 1 の構成において、比較例の 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。

[0071] [4. 1 構成]

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

第 1 実施形態に係る制御部 8 は、ノイズ補償部 8 1 を含んでもよい。

ノイズ補償部 8 1 は、ドロップレット検出器 4 1 に含まれる光センサ 4 2 1 からの通過タイミング信号を受信してもよい。

ノイズ補償部 81 は、プラズマから放射された電磁波に起因して通過タイミング信号に重畳するノイズを補償してもよい。

具体的には、ノイズ補償部 81 は、ノイズの重畳タイミングが検出期間以内に含まれるか否かを判定するノイズ判定機能を含んでもよい。

ノイズ補償部 81 は、ノイズの重畳タイミングを検出期間外に分離するノイズ分離機能を含んでもよい。

ノイズ補償部 81 は、検出期間外に分離されたタイミングで通過タイミング信号に重畳するノイズをマスクするノイズマスク機能を含んでもよい。

ノイズ補償部 81 は、トリガ信号が制御部 8 から送信されるタイミングを規定する遅延時間 D を補正する遅延時間補正機能を含んでもよい。

[0072] ノイズ補償部 81 の各種機能は、ハードウェアで構成されてもよいし、ソフトウェアで構成されてもよい。このようなノイズ補償部 81 の各種機能がソフトウェアで構成される場合、ノイズ補償部 81 の各種機能を構成するソフトウェアによる情報処理は、ハードウェア資源を用いて具体的に実現され得る。

[0073] [4. 1. 1 ノイズ判定機能]

図 7 は、第 1 実施形態に係るノイズ補償部 81 に含まれるノイズ判定機能を説明するための図を示す。

ノイズ補償部 81 は、通過タイミング信号及びノイズのそれぞれの信号波形に基づいて、ノイズの重畳タイミングが検出期間以内に含まれるか否かを判定してもよい。

具体的には、ノイズ補償部 81 は、通過タイミング信号のドロップレット通過部分に対してノイズが重畳しているか否かを判定することによって、ノイズの重畳タイミングが検出期間以内に含まれるか否かを判定してもよい。

ノイズ補償部 81 は、ノイズ判定機能を実現するために、例えば次のように構成されてもよい。

[0074] ノイズ補償部 81 は、通過タイミング信号が入力される高速 A/D コンバータと、通過タイミング信号の周波数解析を実行し得るデジタル回路とを備

えてもよい。

そして、ノイズ補償部 81 は、このデジタル回路の周波数解析の結果に基づいて、通過タイミング信号のドロップレット通過部分に対して、ノイズが重畳しているか否かを判定してもよい。

例えば、ノイズ補償部 81 は、通過タイミング信号の周波数成分のうち 1 MHz 以下の周波数成分が支配的である場合には、ノイズが通過タイミング信号に重畳していないと判定してもよい。通過タイミング信号における 1 MHz 以下の周波数成分は、通過タイミング信号のベース部分及びドロップレット通過部分に応じた周波数成分を示し得る。

一方、ノイズ補償部 81 は、通過タイミング信号の周波数成分のうち 10 ~ 20 MHz 以下の周波数成分が存在する場合には、ノイズが通過タイミング信号に重畳していると判定してもよい。そして、ノイズ補償部 81 は、10 ~ 20 MHz 以下の周波数成分が、通過タイミング信号のドロップレット通過部分に対して重畳している場合、ノイズの重畳タイミングが検出期間以内に含まれると判定してもよい。

[0075] 或いは、ノイズ補償部 81 は、図 7 に示されるように、ノイズ判定閾値を予め保持してもよい。

ノイズ判定閾値は、通過タイミング信号のドロップレット通過部分の極性とは逆の極性を有する所定値として定められてもよい。

ノイズ補償部 81 は、通過タイミング信号がノイズ判定閾値を超えて当該ノイズ判定閾値より高くなる場合、ノイズが通過タイミング信号に重畳していると判定してもよい。そして、ノイズ補償部 81 は、当該ノイズが通過タイミング信号のドロップレット通過部分に対して重畳している場合、ノイズの重畳タイミングが検出期間以内に含まれると判定してもよい。

一方、ノイズ補償部 81 は、通過タイミング信号がノイズ判定閾値を超えない場合、プラズマから放射された電磁波に起因するノイズが通過タイミング信号に重畳していないと判定してもよい。

[0076] [4. 1. 2 ノイズ分離機能]

図8は、第1実施形態に係るノイズ補償部81に含まれるノイズ分離機能を説明するための図を示す。図9は、ノイズ分離機能の一態様としてドロップレット271の速度を補正する機能を説明するための図を示す。

ノイズの重畳タイミングが検出期間以内に含まれる場合、制御部8は、誤ったタイミングでドロップレット検出信号を生成することがあり得る。

すなわち、ノイズ補償部81は、ノイズの重畳タイミングが検出期間以内に含まれていなければ、ノイズは通過タイミング信号のベース部分に重畳し得る。この場合、ノイズ補償部81は、通過タイミング信号のベース部分に重畳するノイズを比較的容易にマスクし得る。しかし、ノイズの重畳タイミングが検出期間以内に含まれると、通過タイミング信号のドロップレット通過部分は比較的短時間であるため、このノイズをマスクすることが困難となり得る。すると、制御部8は、通過タイミング信号のドロップレット通過部分に重畳したノイズに基づいて、ドロップレット271が検出領域Rを通過したタイミングを判定する場合があります。この場合、制御部8は、誤ったタイミングでドロップレット検出信号を生成することがあり得る。

よって、ノイズの重畳タイミングは、検出期間外に分離される必要があり得る。

[0077] ノイズ補償部81は、ノイズの重畳タイミングを検出期間外に分離してもよい。

具体的には、ノイズ補償部81は、ノイズを通過タイミング信号のドロップレット通過部分から分離することによって、ノイズの重畳タイミングを検出期間外に分離してもよい。

[0078] ここで、図8に示されるように、通過タイミング信号のドロップレット通過部分の時間幅を T_s (μs) とする。 T_s の長さは、上述の検出期間に相当し得る。プラズマから放射された電磁波に起因して通過タイミング信号に重畳するノイズの時間幅を T_n (μm) とする。あるドロップレット271についてのドロップレット通過部分と、当該ドロップレット271に後続するドロップレット271についてのドロップレット通過部分との時間間隔を

T_r (μs) とする。 T_r の長さは、ドロップレット 271 が生成される周期に相当し得ると共に、EUV 光 252 の繰り返し周期に相当し得る。

この場合、通過タイミング信号のドロップレット通過部分が少なくとも ($T_s + T_n$) 時間だけシフトすれば、ノイズは通過タイミング信号のドロップレット通過部分から分離され得る。すなわち、通過タイミング信号のドロップレット通過部分が少なくとも ($T_s + T_n$) 時間だけシフトすれば、ノイズの重畳タイミングは検出期間外に分離され得る。

また、通過タイミング信号のドロップレット通過部分が T_r 以上シフトすると、ノイズの重畳タイミングが検出期間以内に含まれる虞れがあり得る。

[0079] すなわち、ノイズの重畳タイミングが検出期間外に分離されるためには、通過タイミング信号のドロップレット通過部分が、少なくとも ($T_s + T_n$) 以上であって、 T_r より小さい時間 d (μs) だけシフトすればよい。

言い換えると、ノイズの重畳タイミングが検出期間外に分離されるために、通過タイミング信号のドロップレット通過部分がシフトすべき時間 d は、次式 (1) のように記述されてもよい。

$$(T_s + T_n) \leq d < T_r \quad \dots \text{式 (1)}$$

[0080] ノイズの重畳タイミングが検出期間外に分離されるために、通過タイミング信号のドロップレット通過部分がシフトすべき時間 d を、シフト時間 d ともいう。

[0081] ノイズ補償部 81 は、上述のシフト時間 d を確保するために、ドロップレット 271 の速度を補正してもよい。すなわち、ノイズ補償部 81 は、ノイズ分離機能の一態様としてドロップレット 271 の速度を補正する機能を含んでもよい。

ここで、図 9 に示されるように、ドロップレット 271 の速度を V (m/s) とする。検出領域 R からプラズマ生成領域 25 までの代表的な距離を L (μm) とする。

ドロップレット 271 が検出領域 R 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は、 L/V (μs) となり得る。

この場合、上述のシフト時間 d は、次式 (2) のように記述されてもよい。

$$d = \{L / (V - v)\} - \{L / V\} \quad \cdots \text{式 (2)}$$

右辺の v (m/s) は、上述のシフト時間 d を確保するために必要なドロップレット 271 の速度 V における補正量であり得る。右辺の $(V - v)$ は、速度補正量 v によって補正されたドロップレット 271 の速度であり得る。

式 (2) を v で展開すると、ドロップレット 271 の速度補正量 v は、次式 (3) のように記述され得る。

$$v = d V^2 / (d V + L) \quad \cdots \text{式 (3)}$$

[0082] 図 10 は、ノイズ分離機能の一態様であるドロップレット 271 の速度を補正する機能を用いて、ドロップレット 271 の速度補正量 v を具体的に計算した例を説明するための図である。

ドロップレット 271 の速度 V は、 50 m/s であるとする。

ドロップレット 271 の直径は、 $20 \mu\text{m}$ であるとする。

ドロップレット軌道 F に沿った方向における検出領域 R の幅は、 $20 \mu\text{m}$ であるとする。

EUV 光 252 の繰り返し周波数は、 100 kHz であるとする。すなわち、EUV 光 252 の繰り返し周期は、 $10 \mu\text{s}$ であり得る。ドロップレット 271 が生成される周期は、 $10 \mu\text{s}$ であり得る。あるドロップレット 271 についての通過タイミング信号のドロップレット通過部分と、後続するドロップレット 271 についての通過タイミング信号のドロップレット通過部分との時間間隔 T_r は、 $10 \mu\text{s}$ であり得る。

検出領域 R からプラズマ生成領域 25 までの距離 L は、 $2000 \mu\text{m}$ であるとする。

ノイズの時間幅 T_n は、 $0.1 \mu\text{s}$ であるとする。 T_n は、実験によって $0.1 \mu\text{s}$ 以下であることが予め分かっている。

[0083] この場合、通過タイミング信号のドロップレット通過部分の時間幅 T_s は

、 $0.8 \mu s$ であると計算され得る。すなわち、上述の検出期間は、 $0.8 \mu s$ であり得る。

上述のシフト時間 d の下限值は、 $0.9 \mu s$ であると計算され得る。

上述のシフト時間 d は、式(1)から、 $0.9 \mu s \leq d < 10 \mu s$ と計算され得る。

ここで、シフト時間 d は、 $3 \mu s$ に設定されたとする。

すると、上述のドロップレット271の速度補正量 v は、式(3)から、 $1.1 m/s$ であると計算され得る。

よって、速度補正量 v によって補正されたドロップレット271の速度 V は、 $50 m/s$ から $1.1 m/s$ を減算することで、 $48.9 m/s$ であると計算され得る。

このように、ノイズ補償部81は、ドロップレット271の速度 V 及び直径、検出領域 R の幅、検出領域 R からプラズマ生成領域25までの距離 L 並びにノイズの時間幅 T_n が分かっているならば、シフト時間 d を適切に設定でき、速度補正量 v を計算し得る。

[0084] ところで、ドロップレット271の速度は、タンク261内のターゲット27に加わる圧力と関係し得る。そして、ドロップレット271の速度補正量 v は、タンク261内のターゲット27に加わる圧力の圧力補正量 p (MPa)と関係し得る。

ノイズ補償部81は、ドロップレット271の速度を補正するために、タンク261内のターゲット27に加わる圧力を補正してもよい。すなわち、ノイズ補償部81は、ドロップレット271の速度を補正する機能を実現するために、タンク261内のターゲット27に加わる圧力を補正する機能を含んでもよい。

[0085] 図11は、ドロップレット271の速度補正量 v と、タンク261内のターゲット27に加わる圧力の圧力補正量 p との関係を記述した近似式を説明するための図である。

速度補正量 v は、図11に示されるように、圧力補正量 p が増加するに従

って、増加し得る。速度補正量 v と圧力補正量 p との関係は、次式（４）のような近似式で記述されてもよい。

$$p = f(v) \quad \dots \text{式（４）}$$

ノイズ補償部 ８１は、式（４）のような近似式を予め保持してもよい。そして、ノイズ補償部 ８１は、上述の式（３）を用いて計算された速度補正量 v を、式（４）に代入することによって、圧力補正量 p を計算してもよい。

なお、速度補正量 v と圧力補正量 p との関係を記述した式（４）は、ノズル孔 ２６２ a の直径及びターゲット ２７の物性を考慮して導出されてもよいし、実験等によって予め定められていてもよい。

[0086] 図 １２は、ドロップレット ２７１の速度補正量 v と、タンク ２６１内のターゲット ２７に加わる圧力の圧力補正量 p とを対応付けたテーブルを示す図である。

ノイズ補償部 ８１は、式（４）のような近似式の代りに、図 １２に示されるような、速度補正量 v と圧力補正量 p とを対応付けたテーブルを予め保持してもよい。そして、ノイズ補償部 ８１は、図 １２に示されたテーブルを参照し、上述の式（３）を用いて計算された速度補正量 v に対応付けられた圧力補正量 p を特定してもよい。

なお、速度補正量 v と圧力補正量 p とを対応付けたテーブルは、ノズル孔 ２６２ a の直径及びターゲット ２７の物性を考慮して定められていてもよいし、実験等によって予め定められていてもよい。

[0087] ノイズ補償部 ８１は、タンク ２６１内のターゲット ２７に加わる圧力が、求めた圧力補正量 p だけ減算されるよう、圧力調節器 ２６４ a の目標圧力を変更してもよい。

[0088] このように、ノイズ補償部 ８１は、タンク ２６１内のターゲット ２７に加わる圧力を補正することによって、ドロップレット ２７１の速度を補正し得る。そして、ノイズ補償部 ８１は、ドロップレット ２７１の速度を補正することによって、上述のシフト時間 d を確保し得る。

それにより、ノイズ補償部 ８１は、ノイズと通過タイミング信号のドロッ

プレット通過部分とノイズとを分離し、ノイズの重畳タイミングを検出期間外に分離し得る。

[0089] [4. 1. 3 ノイズマスク機能]

図13は、第1実施形態に係るノイズ補償部81に含まれるノイズマスク機能及び遅延時間補正機能を説明するための図を示す。

ノイズ補償部81は、検出期間外に分離されたタイミングで通過タイミング信号に重畳するノイズをマスクしてもよい。

具体的には、ノイズ補償部81は、通過タイミング信号のドロップレット通過部分からノイズを分離し、検出期間外に分離されたタイミングで通過タイミング信号に重畳するノイズをマスクしてもよい。

[0090] ノイズ補償部81は、ノイズマスク機能を実現するために、マスク期間を設定する機能を含んでもよい。

マスク期間は、その期間以内に通過タイミング信号に重畳するノイズがマスクされる期間であってもよい。マスク期間は、ドロップレット検出信号及びトリガ信号が生成されない期間であってもよい。

ノイズ補償部81は、通過タイミング信号のドロップレット通過部分が含まれない部分に相当する期間をマスク期間に設定してもよい。ノイズ補償部81は、検出期間外の期間をマスク期間に設定してもよい。

ノイズ補償部81は、ドロップレット271が検出領域Rを通過したタイミングに基づいてマスク期間を設定してもよい。ノイズ補償部81は、ドロップレット271が検出領域Rを通過したタイミングから、後続するドロップレット271の検出が期待されるタイミングより前までの期間を、マスク期間に設定してもよい。

例えば、ドロップレット271が生成される周波数が20kHzである場合、ノイズ補償部81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5 μ s以上50 μ s未満の間をマスク期間に設定してもよい。例えば、ドロップレット271が生成される周波数が50kHzである場合、ノイズ補償部81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2 μ s

以上 $20\ \mu\text{s}$ 未満の間をマスク期間に設定してもよい。例えば、ドロップレット 271 が生成される周波数が 100kHz である場合、ノイズ補償部 81 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 $1\ \mu\text{s}$ 以上 $10\ \mu\text{s}$ 未満の間をマスク期間に設定してもよい。

[0091] [4. 1. 4 遅延時間補正機能]

上述のように、遅延時間 D は、パルスレーザ光 33 がプラズマ生成領域 25 に到達するタイミングを、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略一致させるための時間であってもよい。

ドロップレット 271 の速度が変化すると、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は変化し得る。ドロップレット 271 の速度が速度補正量 v だけ補正されると、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は、速度補正量 v に対応する上述のシフト時間 d だけシフトし得る。

よって、ノイズ補償部 81 は、図 13 に示されるように、ドロップレット 271 の速度が速度補正量 v だけ補正されると、トリガ信号が制御部 8 から送信されるタイミングを規定する遅延時間 D を上述のシフト時間 d だけ補正してもよい。図 13 では、補正後の遅延時間 D は D' として示されている。

それにより、ノイズ補償部 81 は、速度が補正されたドロップレット 271 がプラズマ生成領域 25 に到達するタイミングにパルスレーザ光 33 がプラズマ生成領域 25 に到達するよう、トリガ信号が制御部 8 から送信されるタイミングを補正し得る。

[0092] なお、上述のシフト時間 d は、トリガ信号が送信されるタイミングに与えられる遅延時間 D の補正量に相当し得ることから、遅延時間補正量 d とともいう。

ノイズ補償部 81 は、ドロップレット 271 の速度及び直径並びに検出領域 R の幅が大きく変化しない場合、遅延時間補正量 d を一定値として予め保持してもよい。一定値として保持された遅延時間補正量 d は、例えば $3\ \mu\text{s}$ であってもよい。

或いは、ノイズ補償部 81 は、一定値として保持された遅延時間補正量 d を、ドロップレット 271 の速度及び直径の変化等に応じて、適宜修正してもよい。

[0093] 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、比較例の E U V 光生成装置 1 と同様であってもよい。

[0094] [4. 2 動作]

第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 の動作について説明する。具体的には、制御部 8 に含まれるノイズ補償部 81 の処理について説明する。

第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 の動作において、比較例の 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。

[0095] 図 14 は、第 1 実施形態に係るノイズ補償部 81 の処理を説明するための図を示す。

ステップ S1 において、ノイズ補償部 81 は、予め保持された遅延時間補正量 d を読み込んでもよい。

[0096] ステップ S2 において、ノイズ補償部 81 は、ドロップレット検出器 41 からの通過タイミング信号を受信したか否かを判定してもよい。

ノイズ補償部 81 は、通過タイミング信号を受信していなければ、受信するまで待機してもよい。一方、ノイズ補償部 81 は、通過タイミング信号を受信していれば、ステップ S3 に移行してもよい。

[0097] ステップ S3 において、ノイズ補償部 81 は、ノイズの重畳タイミングが検出期間以内に含まれるか否かを判定してもよい。

ノイズ補償部 81 は、ノイズの重畳タイミングが検出期間以内に含まれていなければ、ノイズはノイズマスク機能によってマスクされ得るため、本処理を終了してもよい。

一方、ノイズ補償部 81 は、ノイズの重畳タイミングが検出期間以内に含まれていれば、ステップ S4 に移行してもよい。

[0098] ステップ S4 において、ノイズ補償部 81 は、速度補正量 v を計算してもよい。

ノイズ補償部 81 は、速度補正量 v を、上述のように次式を用いて計算してもよい。

$$v = d V^2 / (d V + L) \quad \cdots \text{式 (3)}$$

[0099] ステップ S5 において、ノイズ補償部 81 は、圧力補正量 p を計算してもよい。

ノイズ補償部 81 は、圧力補正量 p を、上述のように次式を用いて計算してもよい。

$$p = f(v) \quad \cdots \text{式 (4)}$$

[0100] ステップ S6 において、ノイズ補償部 81 は、タンク 261 内のターゲット 27 に加わる圧力が圧力補正量 p だけ補正されるよう、圧力調節器 264a に設定される目標圧力を変更してもよい。

制御部 8 は、圧力補正量 p に応じて変更された目標圧力を圧力調節器 264a に設定してもよい。

圧力調節器 264a は、タンク 261 内のターゲット 27 に加わる圧力を圧力補正量 p だけ調節し、ターゲット 27 に加わる圧力を変更された目標圧力に近付け得る。

ドロップレット 271 の速度は、圧力補正量 p に対応する速度補正量 v だけ補正され得る。

[0101] ステップ S7 において、ノイズ補償部 81 は、予め定められた遅延時間 D を補正してもよい。

ノイズ補償部 81 は、遅延時間 D を、次式を用いて補正してもよい。

$$D = D - d \quad \cdots \text{式 (5)}$$

トリガ信号が制御部 8 から送信されるタイミングは、遅延時間補正量 d だけ補正され得る。

[0102] ステップ S8 において、ノイズ補償部 81 は、ノイズの重畳タイミングが検出期間以内に含まれるか否かを判定してもよい。

ノイズ補償部 81 は、ノイズの重畳タイミングが検出期間以内に含まれていなければ、本処理を終了してもよい。

一方、ノイズ補償部 81 は、ノイズの重畳タイミングが検出期間以内に含まれていれば、ステップ S9 に移行してもよい。

[0103] ステップ S9 において、ノイズ補償部 81 は、遅延時間補正量 d を修正してもよい。

ノイズ補償部 81 は、遅延時間補正量 d を、次式を用いて修正してもよい。

$$d = d + \Delta d \quad \dots \text{式 (6)}$$

右辺の Δd は、遅延時間補正量 d の修正量であり得る。修正量 Δd (μs) は、次式を用いて計算されてもよい。

$$\Delta d = \{T_r - (T_s + T_n)\} / 10 \quad \dots \text{式 (7)}$$

右辺の $\{T_r - (T_s + T_n)\}$ は、式 (1) に示された上述のシフト時間 d の許容範囲の大きさを示し得る。 $\{T_r - (T_s + T_n)\}$ を 10 で除算した値を修正量 Δd とすることで、遅延時間補正量 d はより正確に修正され得る。

ノイズ補償部 81 は、遅延時間補正量 d を修正後、ステップ S4 に移行してもよい。

[0104] 第 1 実施形態の EUV 光生成装置 1 の他の動作については、比較例の EUV 光生成装置 1 と同様であってもよい。

[0105] [4. 3 作用効果]

第 1 実施形態に係るノイズ補償部 81 は、タンク 261 内のターゲット 27 に加わる圧力を補正することによってドロップレット 271 の速度を補正し得る。それにより、第 1 実施形態に係るノイズ補償部 81 は、ノイズの重畳タイミングを検出期間外に分離し得る。

そして、第 1 実施形態に係るノイズ補償部 81 は、検出期間外に分離されたタイミングで通過タイミング信号に重畳するノイズをマスクし得る。

また、第 1 実施形態に係るノイズ補償部 81 は、速度が補正されたドロップレット 271 がプラズマ生成領域 25 に到達するタイミングにパルスレーザ光 33 がプラズマ生成領域 25 に到達するよう、トリガ信号が制御部 8 か

ら送信されるタイミングを補正し得る。

よって、第1実施形態に係るノイズ補償部81は、プラズマから放射された電磁波に起因するノイズが通過タイミング信号に重畳しても、通過タイミング信号に重畳したノイズを補償し得る。

[0106] それにより、第1実施形態に係る制御部8は、ノイズ補償部81によってノイズが補償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適切なタイミングで生成し、適切なタイミングでトリガ信号をレーザ装置3に送信し得る。

その結果、第1実施形態のEUV光生成装置1は、EUV光252のパルスエネルギーがパルス毎でばらつくことを抑制し、EUV光252のエネルギー安定性を向上させ得る。

[0107] [5. 第2実施形態]

図15を用いて、第2実施形態のEUV光生成装置1について説明する。

第2実施形態のEUV光生成装置1は、第1実施形態のEUV光生成装置1に対して、ノイズ補償部81に含まれるノイズ分離機能が主に異なってもよい。

第2実施形態のEUV光生成装置1の構成において、第1実施形態の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。

[0108] [5. 1 構成及び動作]

図15は、第2実施形態に係るノイズ補償部81に含まれるノイズ分離機能を説明するための図を示す。

第2実施形態にノイズ補償部81は、ノイズ分離機能の一態様として、チャンバ2内に順次出力された隣接する複数のドロップレット271の時間間隔を補正する機能を含んでもよい。

複数のドロップレット271の時間間隔が変化すると、ドロップレット271が検出領域Rに到達するタイミングも変化し得るため、通過タイミング信号のドロップレット通過部分の時間的な位置が変化し得る。

すなわち、複数のドロップレット271の時間間隔が変化すると、検出期

間の開始タイミングが変化し得る。

そのため、ノイズ補償部 81 は、複数のドロップレット 271 の時間間隔を補正することによって、プラズマから放射された電磁波に起因するノイズが通過タイミング信号に重畳するタイミングを検出期間外に分離し得る。

[0109] 複数のドロップレット 271 の時間間隔は、ノズル 262 からチャンバ 2 内へジェット状に噴出するターゲット 27 からドロップレット 271 が生成される周期に相当し得る。ドロップレット 271 が生成される周期は、このノズル 262 から噴出するターゲット 27 に加わる振動の周波数と関係し得る。

ノイズ補償部 81 は、複数のドロップレット 271 の時間間隔を補正するために、ノズル 262 から噴出するターゲット 27 に加わる振動の周波数を補正してもよい。

[0110] ノイズ補償部 81 は、ノズル 262 から噴出するターゲット 27 に加わる振動の周波数を補正するために、 piezo 素子 265 a がタンク 261 のネック部 261 a に加える振動の周波数を補正してもよい。具体的には、ノイズ補償部 81 は、piezo 電源 265 b から piezo 素子 265 a に供給される電力の周波数を補正してもよい。

図 15 では、piezo 電源 265 b から piezo 素子 265 a に供給される補正前の電力の周波数を f (kHz) とし、piezo 電源 265 b から piezo 素子 265 a に供給される補正後の電力の周波数を f' (kHz) として示されている。

piezo 電源 265 b から piezo 素子 265 a に供給される電力の周波数の補正量は、上述のシフト時間 d に応じた補正量であればよい。例えば、当該周波数の補正量 ($f' - f$) は、上述のシフト時間 d の逆数であってもよい。

[0111] ところで、ノズル 262 から噴出するターゲット 27 は、検出領域 R に進入する前の段階で、piezo 素子 265 a の振動で複数の微細な液滴に一旦分離された後にこれらが合体することによって、1つのドロップレット 271

を形成することがあり得る。

このとき、 piezo素子 265 a に供給される補正後の電力の周波数によっては、分離された複数の微細な液滴が、検出領域 R に進入する前の段階で適切に合体せず、十分な質量を有する 1 つのドロップレット 271 が形成されない場合があり得る。この場合、パルスレーザ光 33 が不十分な質量のドロップレット 271 を照射してしまい、EUV 光 252 のパルスエネルギーは低下し得る。

[0112] そこで、ノイズ補償部 81 は、piezo素子 265 a に供給される電力の周波数であって、分離された複数の微細な液滴が検出領域 R に進入する前の段階で適切に合体しない周波数を、禁止周波数として予め保持してもよい。禁止周波数は、実験等によって予め定められていればよい。そして、ノイズ補償部 81 は、piezo素子 265 a に供給される電力の周波数を補正する場合、補正後の当該周波数が禁止周波数とならないよう補正すればよい。

或いは、ノイズ補償部 81 は、piezo素子 265 a に供給される電力の周波数であって、分離された複数の微細な液滴が検出領域 R に進入する前の段階で適切に合体し得る周波数を、利用可能周波数として予め保持してもよい。利用可能周波数は、実験等によって予め定められていればよい。そして、ノイズ補償部 81 は、piezo素子 265 a に供給される電力の周波数を補正する場合、補正後の当該周波数が利用可能周波数となるよう補正すればよい。

[0113] また、ノイズ補償部 81 は、piezo素子 265 a に供給される電力の周波数を補正することでドロップレット 271 の速度が変化する場合、遅延時間補正機能を用いて遅延時間 D を補正すればよい。それにより、ノイズ補償部 81 は、トリガ信号が制御部 8 から送信されるタイミングを補正してもよい。

[0114] 第 2 実施形態に係るノイズ補償部 81 の他の構成については、第 1 実施形態に係るノイズ補償部 81 と同様であってもよい。

第 2 実施形態の EUV 光生成装置 1 の他の構成については、第 1 実施形態

のEUV光生成装置1と同様であってもよい。

[0115] [5. 2 作用効果]

第2実施形態に係るノイズ補償部81は、ノズル262から噴出するターゲット27に加わる振動の周波数を補正することによって、複数のドロップレット271の時間間隔を補正し得る。それにより、第2実施形態に係るノイズ補償部81は、第1実施形態と同様に、ノイズの重畳タイミングを検出期間外に分離し得る。

そして、第2実施形態に係るノイズ補償部81は、第1実施形態と同様に、検出期間外に分離されたタイミングで通過タイミング信号に重畳するノイズをマスクし得る。

また、第2実施形態に係るノイズ補償部81は、ドロップレット271の速度が変化する場合、第1実施形態と同様に、トリガ信号が制御部8から送信されるタイミングを補正し得る。

よって、第2実施形態に係るノイズ補償部81は、プラズマから放射された電磁波に起因するノイズが通過タイミング信号に重畳しても、第1実施形態と同様に、通過タイミング信号に重畳したノイズを補償し得る。

[0116] [6. 第3実施形態]

図16～図19を用いて、第3実施形態のEUV光生成装置1について説明する。

第3実施形態のEUV光生成装置1は、第1実施形態のEUV光生成装置1に対して、移動機構45が追加された構成を備えてもよい。

第3実施形態のEUV光生成装置1は、第1実施形態のEUV光生成装置1に対して、ノイズ補償部81に含まれるノイズ判定機能、ノイズ分離機能及びノイズマスク機能が異なってもよい。

第3実施形態のEUV光生成装置1の構成において、第1実施形態の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。

[0117] [6. 1 構成]

図16は、第3実施形態のEUV光生成装置1の構成を説明するための図

を示す。

第3実施形態に係る移動機構45は、検出領域Rの位置をドロップレット軌道Fに沿って移動させる機構であってもよい。

移動機構45は、ドロップレット検出器41の位置をドロップレット軌道Fに沿って移動させるステージであってもよい。

移動機構45は、光源部410の位置をドロップレット軌道Fに沿って移動させるステージと、受光部420の位置をドロップレット軌道Fに沿って移動させるステージとから構成されてもよい。

移動機構45は、光源部410及び受光部420のそれぞれの位置をドロップレット軌道Fと略平行に移動させてもよい。移動機構45は、光源部410及び受光部420のそれぞれの位置を、互いに略同一の距離だけ同一方向に移動させてもよい。

ドロップレット軌道F上での検出領域Rの位置は、移動機構45がドロップレット検出器41の位置を移動させることに応じて移動し得る。

移動機構45の動作は、制御部8によって制御されてもよい。

[0118] 図17は、第3実施形態に係るノイズ補償部81に含まれるノイズ判定機能を説明するための図を示す。

第3実施形態に係るノイズ補償部81は、ノイズの重畳タイミングが、検出期間以内ではなくノイズ禁止期間 T_f 以内に含まれるか否かを判定してもよい。

具体的には、第3実施形態に係るノイズ補償部81は、通過タイミング信号のノイズ禁止期間 T_f に対応する部分に対してノイズが重畳しているか否かを判定してもよい。それにより、第3実施形態に係るノイズ補償部81は、ノイズの重畳タイミングがノイズ禁止期間 T_f 以内に含まれるか否かを判定してもよい。

[0119] ノイズ禁止期間 T_f は、検出期間を含む期間であってもよい。ノイズ禁止期間 T_f は、検出期間に相当する通過タイミング信号のドロップレット通過部分の時間幅 T_s と、ノイズの時間幅 T_n との合計時間よりも長くてよい。

。ノイズ禁止期間 T_f は、検出期間に相当する通過タイミング信号のドロップレット通過部分の時間幅 T_s と、ノイズの時間幅 T_n と、マージンとの合計時間であってもよい。

マージンは、ノイズ補償部 81 の処理能力及びドロップレット検出器 41 の時間分解能に基づいて予め定められてもよい。マージンは、複数のドロップレット 271 の時間間隔のばらつきに基づいて予め定められてもよい。

[0120] ノイズ禁止期間 T_f は、第 1 期間 T_a と、第 2 期間 T_b とを含んでもよい。

第 1 期間 T_a は、ノイズ禁止期間 T_f の開始タイミングから通過タイミング信号の極値を示すタイミングまでの期間であってもよい。第 2 期間 T_b は、通過タイミング信号の極値を示すタイミングからノイズ禁止期間 T_f の終了タイミングまでの期間であってもよい。

ノイズ禁止期間 T_f の第 1 期間 T_a と第 2 期間 T_b とは、略同じ長さであってもよい。すなわち、ノイズ禁止期間 T_f は、通過タイミング信号の極値が示すタイミングを基準としてその前後に略同じ時間だけ定められてもよい。

例えば、ノイズ禁止期間 T_f は、通過タイミング信号の極値が示すタイミングからその前後に $1\ \mu\text{s}$ ずつ定められてもよい。

ノイズ補償部 81 は、ノイズ禁止期間 T_f を予め保持してもよい。

[0121] ノイズ補償部 81 は、通過タイミング信号のノイズ禁止期間 T_f に対応する部分に対してノイズが重畳している場合、ノイズの重畳タイミングがノイズ禁止期間 T_f 以内に含まれると判定してもよい。

ノイズ補償部 81 は、通過タイミング信号のノイズ禁止期間 T_f に対応する部分に対してノイズが重畳していない場合、ノイズの重畳タイミングがノイズ禁止期間 T_f 外に含まれると判定してもよい。

[0122] 図 18 は、第 3 実施形態に係るノイズ補償部 81 に含まれるノイズ分離機能を説明するための図を示す。

第 3 実施形態に係るノイズ補償部 81 は、ノイズの重畳タイミングをノイ

ズ禁止期間 T_f 外に分離してもよい。

具体的には、第3実施形態に係るノイズ補償部81は、通過タイミング信号のノイズ禁止期間 T_f に対応する部分からノイズを分離することによって、ノイズの重畳タイミングをノイズ禁止期間 T_f 外に分離してもよい。

ノイズ禁止期間 T_f は検出期間を含み得る。ノイズの重畳タイミングがノイズ禁止期間 T_f 外に分離されることは、ノイズの重畳タイミングが検出期間外に分離されることを意味し得る。

ノイズの重畳タイミングがノイズ禁止期間 T_f 外に分離されるためには、上述のシフト時間 d は、少なくともノイズ禁止期間 T_f 以上であればよい。

[0123] ノイズ補償部81は、上述のシフト時間 d を確保するために、ドロップレット軌道F上の検出領域Rからプラズマ生成領域25までの距離を補正してもよい。すなわち、ノイズ補償部81は、ノイズ分離機能の一態様として、検出領域Rからプラズマ生成領域25までの距離を補正する機能を含んでもよい。

ノイズ補償部81は、検出領域Rからプラズマ生成領域25までの距離を補正するために、検出領域Rの位置を補正してもよい。ノイズ補償部81は、検出領域Rの位置を補正するために、移動機構45を用いてドロップレット検出器41の位置を移動させてもよい。

[0124] ここで、図18に示されるように、補正前の検出領域Rの位置を R_1 とする。補正後の検出領域Rの位置を R_2 とする。検出領域Rからプラズマ生成領域25までの距離 L の補正量を、距離補正量 L_s (μm) とする。

この場合、距離補正量 L_s は、上述のシフト時間 d に応じた量であってもよい。距離補正量 L_s は、上述のシフト時間 d とドロップレット271の速度 V とを用いて、次の式(8)のように記述され得る。

$$L_s = dV \quad \dots \text{式(8)}$$

[0125] また、検出領域Rからプラズマ生成領域25までの距離 L を変化させた場合、パルスレーザ光33をプラズマ生成領域25に出力する契機となるトリガ信号をレーザ装置3に送信するタイミングも補正が必要となり得る。

当該距離 L が距離補正量 L_s だけ補正されると、トリガ信号をレーザ装置 3 に送信する適切なタイミングは、距離補正量 L_s に対応する上述のシフト時間 d だけシフトし得る。

よって、ノイズ補償部 81 は、当該距離 L が距離補正量 L_s だけ補正されると、遅延時間補正機能を用いて、トリガ信号が制御部 8 から送信されるタイミングを規定する遅延時間 D を、上述のシフト時間 d だけ補正してもよい。

それにより、ノイズ補償部 81 は、トリガ信号が制御部 8 から送信されるタイミングを補正してもよい。

[0126] また、ノイズ補償部 81 は、ノイズ禁止期間 T_f 外に分離されたタイミングで通過タイミング信号に重畳するノイズをマスクしてもよい。

具体的には、ノイズ補償部 81 は、通過タイミング信号のノイズ禁止期間 T_f に対応する部分からノイズを分離し、ノイズ禁止期間 T_f 外に分離されたタイミングで通過タイミング信号に重畳するノイズをマスクしてもよい。

ノイズ補償部 81 は、ノイズ禁止期間 T_f 外の期間をマスク期間に設定してもよい。

[0127] 第 3 実施形態に係るノイズ補償部 81 の他の構成については、第 1 実施形態に係るノイズ補償部 81 と同様であってもよい。

第 3 実施形態の E U V 光生成装置 1 の他の構成については、第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 と同様であってもよい。

[0128] [6. 2 動作]

第 3 実施形態の E U V 光生成装置 1 の動作について説明する。具体的には、制御部 8 に含まれるノイズ補償部 81 の処理について説明する。

第 3 実施形態の E U V 光生成装置 1 の動作において、第 1 実施形態の 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。

[0129] 図 19 は、第 3 実施形態に係るノイズ補償部 81 の処理を説明するための図を示す。

ステップ S 11 及びステップ S 12 において、ノイズ補償部 81 は、図 1

4のステップS1及びステップS2と同様の処理を行ってもよい。

[0130] ステップS13において、ノイズ補償部81は、ノイズの重畳タイミングがノイズ禁止期間 T_f 以内に含まれるか否かを判定してもよい。

ノイズ補償部81は、ノイズの重畳タイミングがノイズ禁止期間 T_f 以内に含まれていなければ、ノイズはノイズマスク機能によってマスクされ得るため、本処理を終了してもよい。

一方、ノイズ補償部81は、ノイズの重畳タイミングがノイズ禁止期間 T_f 以内に含まれていれば、ステップS14に移行してもよい。

[0131] ステップS14において、ノイズ補償部81は、検出領域Rからプラズマ生成領域25までの距離Lの距離補正量 L_s を計算してもよい。

ノイズ補償部81は、距離補正量 L_s を、上述のように次式を用いて計算してもよい。

$$L_s = dV \quad \dots \text{式(8)}$$

[0132] ステップS15において、ノイズ補償部81は、検出領域Rからプラズマ生成領域25までの距離Lが距離補正量 L_s だけ補正されるよう、移動機構45を用いて、ドロップレット検出器41の位置を移動させてもよい。

移動機構45は、ドロップレット検出器41の位置を距離補正量 L_s だけ移動させ得る。

検出領域Rからプラズマ生成領域25までの距離Lは、距離補正量 L_s だけ補正され得る。

[0133] ステップS16において、ノイズ補償部81は、図14のステップS7と同様の処理を行ってもよい。

[0134] ステップS17において、ノイズ補償部81は、ノイズの重畳タイミングがノイズ禁止期間 T_f 以内に含まれるか否かを判定してもよい。

ノイズ補償部81は、ノイズの重畳タイミングがノイズ禁止期間 T_f 以内に含まれていなければ、本処理を終了してもよい。

一方、ノイズ補償部81は、ノイズの重畳タイミングがノイズ禁止期間 T_f 以内に含まれていれば、ステップS18に移行してもよい。

[0135] ステップS 1 8において、ノイズ補償部8 1は、図1 4のステップS 9と同様の処理を行ってもよい。

ノイズ補償部8 1は、ステップS 1 8の後、ステップS 1 4に移行してもよい。

[0136] 第3実施形態のE U V光生成装置1の他の動作については、第1実施形態のE U V光生成装置1と同様であってもよい。

[0137] [6. 3 作用効果]

第3実施形態に係るノイズ補償部8 1は、移動機構4 5を用いて検出領域Rの位置を補正することによって、検出領域Rからプラズマ生成領域2 5までの距離を補正し得る。それにより、第3実施形態に係るノイズ補償部8 1は、ノイズの重畳タイミングをノイズ禁止期間 T_f 外に分離し得る。このとき、ノイズ禁止期間 T_f は検出期間を含み得ることから、第3実施形態に係るノイズ補償部8 1は、ノイズの重畳タイミングを第1実施形態よりも確実に検出期間外に分離し得る。

そして、第3実施形態に係るノイズ補償部8 1は、ノイズ禁止期間 T_f 外に分離されたタイミングで通過タイミング信号に重畳するノイズをマスクし得る。

また、第3実施形態に係るノイズ補償部8 1は、トリガ信号が制御部8から送信されるタイミングを補正し得る。具体的には、第3実施形態に係るノイズ補償部8 1は、距離Lが補正された検出領域Rを通過するドロップレット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パルスレーザ光3 3がプラズマ生成領域2 5に到達するよう、補正し得る。

よって、第3実施形態に係るノイズ補償部8 1は、プラズマから放射された電磁波に起因するノイズが通過タイミング信号に重畳しても、第1実施形態よりも確実に、通過タイミング信号に重畳したノイズを補償し得る。

[0138] [7. 第4実施形態]

図2 0～図2 2を用いて、第4実施形態のE U V光生成装置1について説明する。

第4実施形態のEUV光生成装置1は、第3実施形態のEUV光生成装置1に対して、ノイズ補償部81に含まれるノイズ判定機能が異なってもよい。

第4実施形態のEUV光生成装置1の構成において、第3実施形態の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。

[0139] [7. 1 構成及び動作]

図20は、第4実施形態に係るノイズ禁止期間 T_f を説明するための図を示す。

第4実施形態に係るノイズ補償部81は、ノイズ禁止期間 T_f を次のように設定してもよい。

第4実施形態に係るノイズ禁止期間 T_f は、第1期間 T_a が第2期間 T_b より長くてもよい。第4実施形態に係るノイズ禁止期間 T_f は、第1期間 T_a がノイズの時間幅 T_n だけ第2期間 T_b より長くてもよい。

第4実施形態に係る第1期間 T_a 及び第2期間 T_b は、次の式(9)及び式(10)のようにそれぞれ記述されてもよい。

$$T_a > T_n + T_s / 2 \quad \dots \text{式(9)}$$

$$T_b > T_s / 2 \quad \dots \text{式(10)}$$

[0140] 図21は、第4実施形態に係るノイズ補償部81に含まれるノイズ判定機能を説明するための図を示す。図22は、第4実施形態に係るノイズ補償部81に含まれるノイズ判定機能を説明するための図であって、ノイズ禁止期間 T_f と複数のドロップレット271の空間的な間隔 s との関係を示す。

図21及び図22は、プラズマ生成領域25に到達したドロップレット271にパルスレーザ光33が照射されるタイミングにおいて、検出領域Rの位置が複数のドロップレット271の間にある場合を示している。

プラズマ生成領域25に到達したドロップレット271にパルスレーザ光33が照射されるタイミングを、パルスレーザ光33の照射タイミングともいう。

パルスレーザ光33の照射タイミングは、ノイズの重畳タイミングと略同

一とみなされてもよい。

パルスレーザ光 33 の照射タイミングにおいて検出領域 R の位置が複数のドロップレット 271 の間にある場合、ノイズの重畳タイミングは、少なくとも検出期間外に分離され得る。

[0141] 第 4 実施形態に係るノイズ補償部 81 は、通過タイミング信号及びノイズの信号波形に基づいて、ノイズの重畳タイミングがノイズ禁止期間 T_f 以内に含まれるか否かを判定しなくてもよい。

第 4 実施形態に係るノイズ補償部 81 は、ドロップレット検出器 41 及びドロップレット 271 の各種パラメータに基づいて、ノイズの重畳タイミングがノイズ禁止期間 T_f 以内に含まれるか否かを判定してもよい。

ドロップレット検出器 41 及びドロップレット 271 の各種パラメータは、検出領域 R からプラズマ生成領域 25 までの距離 L 、複数のドロップレット 271 の空間的な間隔 s 及びこれらの速度 V であってもよい。

[0142] ここで、図 21 及び図 22 に示されるように、検出領域 R に対して直上に位置するドロップレット 271 と、検出領域 R との距離を Δs_1 とする。検出領域 R に対して直下に位置するドロップレット 271 と、検出領域 R との距離を Δs_2 とする。複数のドロップレット 271 の空間的な間隔 s は、 Δs_1 と Δs_2 との合計値になり得る。

また、検出領域 R からプラズマ生成領域 25 までの間にあるドロップレット 271 の個数を N とする。ドロップレット 271 の個数 N は、次式 (11) のように記述されてもよい。

$$N = \text{int} (L / s) \quad \cdots \text{式 (11)}$$

右辺の $\text{int} ()$ は、INT 関数を表し、() 内の計算結果について小数点以下を切り捨て、整数を解として得る関数であり得る。

Δs_1 及び Δs_2 は、次の式 (12) 及び式 (13) のようにそれぞれ記述されてもよい。

$$\Delta s_1 = (N + 1) s - L \quad \cdots \text{式 (12)}$$

$$\Delta s_2 = L - N s \quad \cdots \text{式 (13)}$$

[0143] この場合、第4実施形態に係るノイズ補償部81は、 Δs_1 又は Δs_2 が、次の式(14)又は式(15)の関係を満たせば、ノイズの重畳タイミングがノイズ禁止期間 T_f 以内に含まれると判定してもよい。

$$\Delta s_1 / V \leq T_a \quad \cdots \text{式(14)}$$

$$\Delta s_2 / V \leq T_b \quad \cdots \text{式(15)}$$

式(14)は、パルスレーザ光33の照射タイミングにおいて、 Δs_1 が $V T_a$ 以下であれば、ノイズの重畳タイミングが、ノイズ禁止期間 T_f の第1期間 T_a 以内に含まれることを意味し得る。

式(15)は、パルスレーザ光33の照射タイミングにおいて、 Δs_2 が $V T_b$ 以下であれば、ノイズの重畳タイミングが、ノイズ禁止期間 T_f の第2期間 T_b 以内に含まれることを意味し得る。

[0144] すなわち、パルスレーザ光33の照射タイミングにおいて、検出領域Rに対して直上に位置するドロップレット271から $V T_a$ を超えて離間した位置に検出領域Rがあれば、ノイズの重畳タイミングは、第1期間 T_a 外に分離され得る。

そして、パルスレーザ光33の照射タイミングにおいて、検出領域Rに対して直下に位置するドロップレット271から $V T_b$ を超えて離間した位置に検出領域Rがあれば、ノイズの重畳タイミングは、第2期間 T_b 外に分離され得る。

よって、パルスレーザ光33の照射タイミングにおいて、検出領域Rの直上及び直下の各ドロップレット271からそれぞれ $V T_a$ 及び $V T_b$ を超えて離間する位置に検出領域Rがあれば、ノイズの重畳タイミングはノイズ禁止期間 T_f 外に分離され得る。

[0145] 第4実施形態に係るノイズ補償部81は、パルスレーザ光33の照射タイミングにおいて、検出領域Rの位置がこのような位置になるよう、検出領域Rからプラズマ生成領域25までの距離Lを補正してもよい。具体的には、ノイズ補償部81は、パルスレーザ光33の照射タイミングにおいて、検出領域Rの位置がこのような位置になるよう、移動機構45を用いてドロップ

レット検出器 4 1 の位置を移動させてもよい。

このとき、ノイズ補償部 8 1 は、検出領域 R からプラズマ生成領域 2 5 までの距離 L が、例えば 2 mm 以上 6 mm 以下となるよう、ドロップレット検出器 4 1 の位置を移動させてもよい。ノイズ補償部 8 1 は、検出領域 R からプラズマ生成領域 2 5 までの距離 L が、例えば 2 mm、4 mm 及び 6 mm の少なくとも 1 つになるよう、ドロップレット検出器 4 1 の位置を移動させてもよい。

[0146] 第 4 実施形態に係るノイズ補償部 8 1 の他の構成については、第 3 実施形態に係るノイズ補償部 8 1 と同様であってもよい。

第 4 実施形態の E U V 光生成装置 1 の他の構成については、第 3 実施形態の E U V 光生成装置 1 と同様であってもよい。

[0147] [7 . 2 作用効果]

第 4 実施形態に係るノイズ補償部 8 1 は、ドロップレット検出器 4 1 及びドロップレット 2 7 1 の各種パラメータに基づいて、ノイズの重畳タイミングがノイズ禁止期間 T_f 以内に含まれるか否かを判定し得る。それにより、第 4 実施形態に係るノイズ補償部 8 1 は、信号波形の解析機器を備えなくても比較的簡易な構成で、ノイズの重畳タイミングがノイズ禁止期間 T_f 以内に含まれるか否かを判定し得る。

そして、第 4 実施形態に係るノイズ補償部 8 1 は、第 3 実施形態と同様に、移動機構 4 5 を用いて検出領域 R の位置を補正することによって、検出領域 R からプラズマ生成領域 2 5 までの距離を補正し得る。それにより、第 4 実施形態に係るノイズ補償部 8 1 は、ノイズの重畳タイミングをノイズ禁止期間 T_f 外に分離し得る。

そして、第 4 実施形態に係るノイズ補償部 8 1 は、第 3 実施形態と同様に、ノイズ禁止期間 T_f 外に分離されたタイミングで通過タイミング信号に重畳するノイズをマスクし得る。

また、第 4 実施形態に係るノイズ補償部 8 1 は、第 3 実施形態と同様に、トリガ信号が制御部 8 から送信されるタイミングを補正し得る。

よって、第4実施形態に係るノイズ補償部81は、プラズマから放射された電磁波に起因するノイズが通過タイミング信号に重畳しても、第3実施形態と同様に、通過タイミング信号に重畳したノイズを補償し得る。

[0148] [8. 第5実施形態]

図23を用いて、第5実施形態のEUV光生成装置1について説明する。

第5実施形態のEUV光生成装置1は、第3実施形態のEUV光生成装置1に対して、ドロップレット検出器41及び移動機構45の構成が異なってもよい。

第5実施形態のEUV光生成装置1の構成において、第3実施形態の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。

[0149] [8. 1 構成及び動作]

図23は、第5実施形態に係るドロップレット検出器41及び移動機構45を説明するための図を示す。

第5実施形態に係るドロップレット検出器41には、光源部410から検出領域Rに出力される照明光の光路上に、複数の伝送光学素子が設けられてもよい。

複数の伝送光学素子は、例えば、ミラー414、ミラー415、ミラー424及びミラー425であってもよい。

ミラー414とミラー415とは、光源部410に含まれてもよい。

ミラー424とミラー425とは、受光部420に含まれてもよい。

[0150] ミラー414は、照明光学系412を透過した照明光の光路上に配置されてもよい。

ミラー414は、照明光学系412及びミラー415とそれぞれ対向するように配置されてもよい。

ミラー414は、照明光学系412を透過した照明光を反射し、ミラー415に導いてもよい。

[0151] ミラー415は、ミラー414によって反射された照明光の光路上に配置されてもよい。

ミラー４１５は、ミラー４１４及びウインドウ４１３とそれぞれ対向するように配置されてもよい。

ミラー４１５は、ミラー４１４によって反射された照明光を反射し、ウインドウ４１３を介して検出領域Ｒに導いてもよい。

ミラー４１５は、移動機構４５に載置されてもよい。

[0152] ミラー４２５は、ウインドウ４２３を透過した照明光の光路上に配置されてもよい。

ミラー４２５は、ウインドウ４２３及びミラー４２４とそれぞれ対向するように配置されてもよい。

ミラー４２５は、ウインドウ４２３を透過した照明光を反射し、ミラー４２４に導いてもよい。

ミラー４２５は、移動機構４５に載置されてもよい。

ミラー４２５は、ドロップレット軌道Ｆ上の検出領域Ｒを挟んでミラー４１５と対向するように配置されてもよい。

[0153] ミラー４２４は、ミラー４２５によって反射された照明光の光路上に配置されてもよい。

ミラー４２４は、ミラー４２５及び受光光学系４２２とそれぞれ対向するように配置されてもよい。

ミラー４２４は、ミラー４２５によって反射された照明光を反射し、受光光学系４２２に導いてもよい。

[0154] 第５実施形態に係るドロップレット検出器４１の他の構成については、第３実施形態に係るドロップレット検出器４１と同様であってもよい。

[0155] 第５実施形態に係る移動機構４５は、ミラー４１５の位置をドロップレット軌道Ｆに沿って移動させるステージと、ミラー４２５の位置をドロップレット軌道Ｆに沿って移動させるステージとから構成されてもよい。

移動機構４５は、ミラー４１５及びミラー４２５のそれぞれの位置をドロップレット軌道Ｆと略平行に移動させてもよい。移動機構４５は、ミラー４１５及びミラー４２５のそれぞれの位置を、互いに略同一の距離だけ同一方

向に移動させてもよい。

ドロップレット軌道F上での検出領域Rの位置は、移動機構45がミラー415及びミラー425のそれぞれの位置を移動させることに応じて移動し得る。

移動機構45の動作は、制御部8によって制御されてもよい。

[0156] 第5実施形態に係る移動機構45の他の構成については、第3実施形態に係る移動機構45と同様であってもよい。

第5実施形態のEUV光生成装置1の他の構成については、第3実施形態のEUV光生成装置1と同様であってもよい。

[0157] [8. 2 作用効果]

第5実施形態に係る移動機構45は、検出領域Rからプラズマ生成領域25までの距離Lが補正される場合、光源411、照明光学系412、受光光学系422及び光センサ421を固定した状態で、検出領域Rの位置を移動させ得る。

このため、第5実施形態に係る移動機構45は、ドロップレット検出器41全体を移動させることに伴って、光源411及び照明光学系412の移動距離と光センサ421及び受光光学系422の移動距離との間で誤差が生じることを抑制し得る。

それにより、第5実施形態に係る移動機構45は、これらの移動距離に関する誤差が生じることに伴って、実際に移動された検出領域Rの位置が、ノイズ補償部81によって計算された距離補正量 L_s を反映した検出領域Rの位置からずれることを抑制し得る。

よって、第5実施形態に係るノイズ補償部81は、プラズマから放射された電磁波に起因するノイズが通過タイミング信号に重畳しても、第3実施形態よりも確実に、通過タイミング信号に重畳したノイズを補償し得る。

[0158] [9. 第6実施形態]

図24を用いて、第6実施形態のEUV光生成装置1について説明する。

第6実施形態のEUV光生成装置1は、第3実施形態のEUV光生成装置

1 に対して、ドロップレット検出器 4 1 及び移動機構 4 5 の構成が異なってもよい。

第 6 実施形態の E U V 光生成装置 1 の構成において、第 3 実施形態の E U V 光生成装置 1 と同様の構成については説明を省略する。

[0159] [9. 1 構成及び動作]

図 2 4 は、第 6 実施形態に係るドロップレット検出器 4 1 及び移動機構 4 5 を説明するための図を示す。

第 6 実施形態に係るドロップレット検出器 4 1 は、光源部 4 1 0 及び受光部 4 2 0 が、ドロップレット軌道 F 上の検出領域 R を挟んで互いに対向するように配置されていなくてもよい。

第 6 実施形態に係るドロップレット検出器 4 1 は、光源部 4 1 0 及び受光部 4 2 0 が、1 つの筐体 4 3 1 内に配置されてもよい。

[0160] 第 6 実施形態に係るドロップレット検出器 4 1 は、光源 4 1 1 と、照明光学系 4 1 2 と、光センサ 4 2 1 と、受光光学系 4 2 2 と、筐体 4 3 1 と、部分反射ミラー 4 3 2 と、ウインドウ 4 3 3 とを含んでもよい。

[0161] 第 6 実施形態に係るドロップレット検出器 4 1 に含まれる各構成要素は、検出領域 R に出力された照明光の光路軸とドロップレット 2 7 1 からの反射光の光路軸とが、部分反射ミラー 4 3 2 から検出領域 R までの間で略一致するように配置されてもよい。

ドロップレット 2 7 1 からの反射光は、検出領域 R に出力された照明光が検出領域 R を通過するドロップレット 2 7 1 を照射した際に、検出領域 R を通過するドロップレット 2 7 1 によって反射された照明光であってもよい。

[0162] 筐体 4 3 1 は、光源 4 1 1、照明光学系 4 1 2、光センサ 4 2 1、受光光学系 4 2 2 及び部分反射ミラー 4 3 2 を収容してもよい。筐体 4 3 1 は、光源 4 1 1、照明光学系 4 1 2、光センサ 4 2 1、受光光学系 4 2 2 及び部分反射ミラー 4 3 2 のそれぞれの位置を固定した状態で、これらを収容してもよい。

筐体 4 3 1 は、移動機構 4 5 に載置されてもよい。

[0163] 部分反射ミラー４３２は、照明光学系４１２を透過した照明光の光路上に配置されてもよい。

部分反射ミラー４３２は、照明光学系４１２及びウインドウ４３３とそれぞれ対向するように配置されてもよい。部分反射ミラー４３２は、照明光学系４１２を透過した照明光が略４５°の入射角で入射するように配置されてもよい。

部分反射ミラー４３２は、照明光学系４１２を透過し略４５°の入射角で入射した照明光の一部を反射し、ウインドウ４３３を介して検出領域Ｒに導いてもよい。部分反射ミラー４３２は、略４５°の入射角で入射した照明光の波長に対して略５０％の反射率を有するように構成されてもよい。

[0164] 部分反射ミラー４３２は、ウインドウ４３３を透過したドロップレット２７１からの反射光の光路上に配置されてもよい。

部分反射ミラー４３２は、ウインドウ４３３を透過したドロップレット２７１からの反射光が、略４５°の入射角で入射するように配置されてもよい。

部分反射ミラー４３２は、ウインドウ４３３を透過したドロップレット２７１からの反射光の一部を透過させ、受光光学系４２２にも導いてもよい。

[0165] ウインドウ４３３は、チャンバ２の一部であるターゲット供給路２ｂの壁２ａに設けられてもよい。

ウインドウ４３３は、部分反射ミラー４３２によって反射された照明光の光路上に配置されてもよい。

ウインドウ４３３は、部分反射ミラー４３２によって反射された照明光を検出領域Ｒに向けて透過させてもよい。

ウインドウ４３３は、ドロップレット２７１からの反射光を受光光学系４２２に向けて透過させてもよい。

[0166] 受光光学系４２２は、部分反射ミラー４３２を透過したドロップレット２７１からの反射光の光路上に配置されてもよい。

[0167] 第６実施形態に係るドロップレット検出器４１の他の構成については、第

3実施形態に係るドロップレット検出器41と同様であってもよい。

[0168] 第6実施形態に係る移動機構45は、筐体431の位置をドロップレット軌道Fに沿って移動させるステージから構成されてもよい。

移動機構45は、筐体431の位置をドロップレット軌道Fと略平行に移動させてもよい。

ドロップレット軌道F上での検出領域Rの位置は、移動機構45が筐体431の位置を移動させることに応じて移動し得る。

移動機構45の動作は、制御部8によって制御されてもよい。

[0169] 第6実施形態に係る移動機構45の他の構成については、第3実施形態に係る移動機構45と同様であってもよい。

第6実施形態のEUV光生成装置1の他の構成については、第3実施形態のEUV光生成装置1と同様であってもよい。

[0170] [9. 2 作用効果]

第6実施形態に係る移動機構45は、筐体431の位置を移動させる1つのステージから構成され得る。

すなわち、第6実施形態に係る移動機構45は、検出領域Rからプラズマ生成領域25までの距離Lが補正される場合、光源411、照明光学系412、光センサ421及び受光光学系422の相対位置を筐体431に対して固定した状態で、検出領域Rを移動させ得る。

このため、第6実施形態に係る移動機構45は、ドロップレット検出器41全体を移動させることに伴って、光源411及び照明光学系412の移動距離と光センサ421及び受光光学系422の移動距離との間で誤差が生じることを抑制し得る。

それにより、第6実施形態に係る移動機構45は、これらの移動距離に関する誤差が生じることに伴って、実際に移動された検出領域Rの位置が、ノイズ補償部81によって計算された距離補正量L_sを反映した検出領域Rの位置からずれることを抑制し得る。

よって、第6実施形態に係るノイズ補償部81は、プラズマから放射され

た電磁波に起因するノイズが通過タイミング信号に重畳しても、第3実施形態よりも確実に、通過タイミング信号に重畳したノイズを補償し得る。

[0171] [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。

[0172] 図25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25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。

[0173] 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。

[0174] 図25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、相互に接続されてもよい。

[0175] 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、また、処理ユニット1000は、ストレージユニット1

005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。

[0176] 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、温度制御部263d及び制御部8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、レーザ光進行方向制御部34、ヒータ263a、ヒータ電源263b、圧力調節器264a、ピエゾ電源265b、光源411及び移動機構45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、ターゲットセンサ4、温度センサ263c、ピエゾ素子265a及び光センサ421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。

[0177] 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。

[0178] 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、温度制御部263d及び制御部8等の構成に適用

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、温度制御部 2 6 3 d 及び制御部 8 等は、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。

[0179] [10. 2 その他の変形例等]

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。

[0180] 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。

[0181] 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

[0182]	1	…EUV 光生成装置
	1 1	…EUV 光生成システム
	2	…チャンバ
	2 a	…壁
	2 b	…ターゲット供給路
	2 1	…ウインドウ

2 2	…レーザ光集光ミラー
2 2 a	…レーザ光集光光学系
2 2 1	…軸外放物面ミラー
2 2 2	…平面ミラー
2 2 3	…ホルダ
2 2 4	…ホルダ
2 3	…E U V 集光ミラー
2 3 a	…E U V 集光光学系
2 3 1	…ホルダ
2 3 5	…プレート
2 3 5 a	…孔
2 4	…貫通孔
2 5	…プラズマ生成領域
2 5 1	…E U V 光
2 5 2	…E U V 光
2 6	…ターゲット供給器
2 6 1	…タンク
2 6 1 a	…ネック部
2 6 2	…ノズル
2 6 2 a	…ノズル孔
2 6 3 a	…ヒータ
2 6 3 b	…ヒータ電源
2 6 3 c	…温度センサ
2 6 3 d	…温度制御部
2 6 4 a	…圧力調節器
2 6 4 b	…ガスポンペ
2 6 5 a	…piezo素子
2 6 5 b	…piezo電源

2 7	…ターゲット
2 7 1	…ドロップレット
2 8	…ターゲット回収器
2 9	…接続部
2 9 1	…壁
2 9 2	…中間集光点
2 9 3	…アパーチャ
3	…レーザ装置
3 1 ~ 3 3	…パルスレーザ光
3 4	…レーザ光進行方向制御部
3 4 1	…高反射ミラー
3 4 2	…高反射ミラー
3 4 3	…ホルダ
3 4 4	…ホルダ
3 4 5	…高反射ミラー
3 4 6	…ホルダ
4	…ターゲットセンサ
4 1	…ドロップレット検出器
4 1 0	…光源部
4 1 1	…光源
4 1 2	…照明光学系
4 1 3	…ウインドウ
4 1 4	…ミラー
4 1 5	…ミラー
4 2 0	…受光部
4 2 1	…光センサ
4 2 2	…受光光学系
4 2 3	…ウインドウ

4 2 4	…ミラー
4 2 5	…ミラー
4 3 1	…筐体
4 3 2	…部分反射ミラー
4 3 3	…ウインドウ
4 5	…移動機構
5	…E U V 光生成制御部
6	…露光装置
6 1	…露光装置制御部
8	…制御部
8 1	…ノイズ補償部
1 0 0	…ハードウェア環境
1 0 0 0	…処理ユニット
1 0 0 1	…C P U
1 0 0 2	…メモリ
1 0 0 3	…タイマ
1 0 0 4	…G P U
1 0 0 5	…ストレージユニット
1 0 1 0	…ユーザインターフェイス
1 0 2 0	…パラレル I / O コントローラ
1 0 3 0	…シリアル I / O コントローラ
1 0 4 0	…A / D、D / A コンバータ
F	…ドロップレット軌道
R	…検出領域

請求の範囲

- [請求項1] レーザ光を出力するレーザ装置と共に用いられる極端紫外光生成装置であって、
- 内部の生成領域でターゲットに前記レーザ光が照射されることで発生するプラズマから極端紫外光が生成されるチャンバと、
- 前記チャンバ内の前記生成領域に向かって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器と、
- 前記ターゲット供給器と前記生成領域との間にある検出領域において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、
- 前記レーザ光を出力する契機を前記レーザ装置に与えるトリガ信号を前記レーザ装置に送信する制御部と、
- を備え、
- 前記ドロップレット検出器は、前記ドロップレットが前記検出領域を通過したタイミングを示す通過タイミング信号を前記制御部に送信し、
- 前記制御部は、
- 前記プラズマから放射された電磁波に起因して前記通過タイミング信号に重畳するノイズを補償するノイズ補償部を含み、
- 前記ノイズ補償部によって前記ノイズが補償された前記通過タイミング信号に基づいて、前記トリガ信号を前記レーザ装置に送信する極端紫外光生成装置。
- [請求項2] 前記ドロップレットが前記検出領域を通過したタイミングは、前記ドロップレットが前記検出領域に進入してから前記検出領域を退去するまでの期間である検出期間以内に含まれ、
- 前記ノイズ補償部は、
- 前記ノイズが前記通過タイミング信号に重畳するタイミングを前記検出期間外に分離すると共に、
- 前記検出期間から分離されたタイミングで前記通過タイミング信

号に重畳する前記ノイズをマスクする

ことによって、前記ノイズを補償する

請求項 1 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項3] 前記ノイズ補償部は、前記ドロップレットの速度を補正することによって、前記ノイズが前記通過タイミング信号に重畳する前記タイミングを前記検出期間外に分離する

請求項 2 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項4] 前記ターゲット供給器は、熔融状態の前記ターゲットに圧力を加えることによって、前記ターゲットを前記ドロップレットとして前記チャンバ内に出力し、

前記ノイズ補償部は、前記ターゲット供給器にて前記ターゲットに加わる前記圧力を補正することによって、前記ドロップレットの前記速度を補正する

請求項 3 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項5] 前記ノイズ補償部は、前記速度が補正された前記ドロップレットが前記生成領域に到達するタイミングと前記レーザ光が前記生成領域に到達するタイミングとが略一致するよう、前記トリガ信号が前記制御部から送信されるタイミングを補正する

請求項 4 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項6] 前記ノイズ補償部は、複数の前記ドロップレットを出力する時間間隔を補正することによって、前記ノイズが前記通過タイミング信号に重畳する前記タイミングを前記検出期間外に分離する

請求項 2 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項7] 前記ターゲット供給器は、熔融状態で前記チャンバ内に噴出する前記ターゲットに振動を加えることによって、前記ターゲットから前記複数のドロップレットを生成して前記チャンバ内に出力し、

前記ノイズ補償部は、前記ターゲット供給器にて前記ターゲットに加わる前記振動の周波数を補正することによって、前記複数のドロッ

プレットの前記時間間隔を補正する

請求項 6 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項8] 前記ノイズ補償部は、前記検出領域から前記生成領域までの距離を補正することによって、前記ノイズが前記通過タイミング信号に重畳する前記タイミングを前記検出期間外に分離する

請求項 2 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項9] 前記検出領域及び前記生成領域を通る前記ドロップレットの軌道に沿って前記検出領域の位置を移動させる移動機構を更に備え、

前記ノイズ補償部は、前記移動機構を用いて前記検出領域の前記位置を補正することによって、前記検出領域から前記生成領域までの距離を補正する

請求項 8 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項10] 前記ノイズ補償部は、前記距離が補正された前記検出領域を通過する前記ドロップレットが前記生成領域に到達するタイミングに前記レーザ光が前記生成領域に到達するよう、前記トリガ信号が前記制御部から送信されるタイミングを補正する

請求項 9 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項11] 前記ノイズ補償部は、

前記ノイズが前記通過タイミング信号に重畳するタイミングを、前記検出期間を含むノイズ禁止期間外に分離すると共に、

前記ノイズ禁止期間から分離されたタイミングで前記通過タイミング信号に重畳する前記ノイズをマスクする

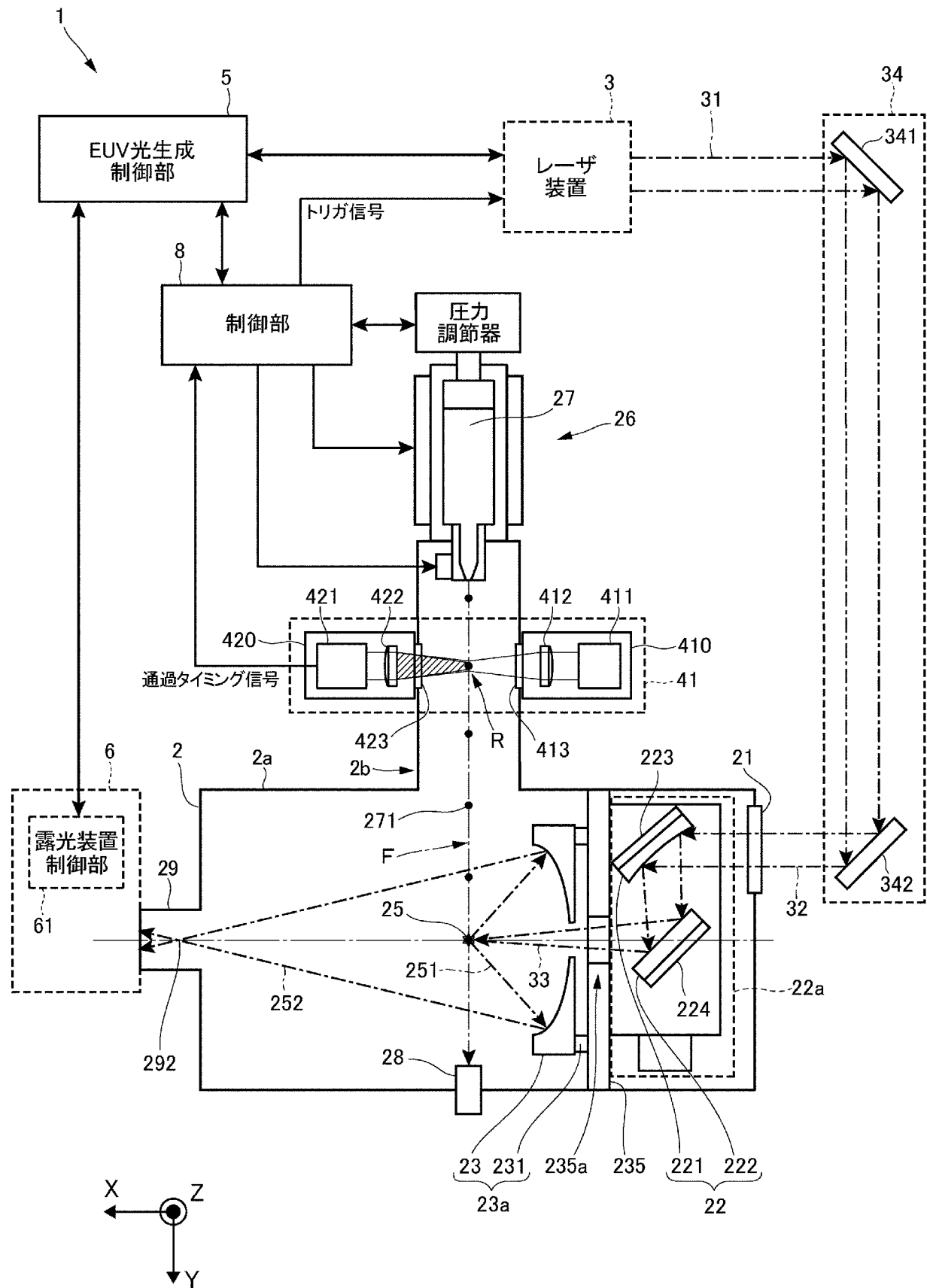
請求項 2 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項12] 前記ノイズ禁止期間は、前記ノイズの時間幅と前記検出期間との合計時間よりも長い

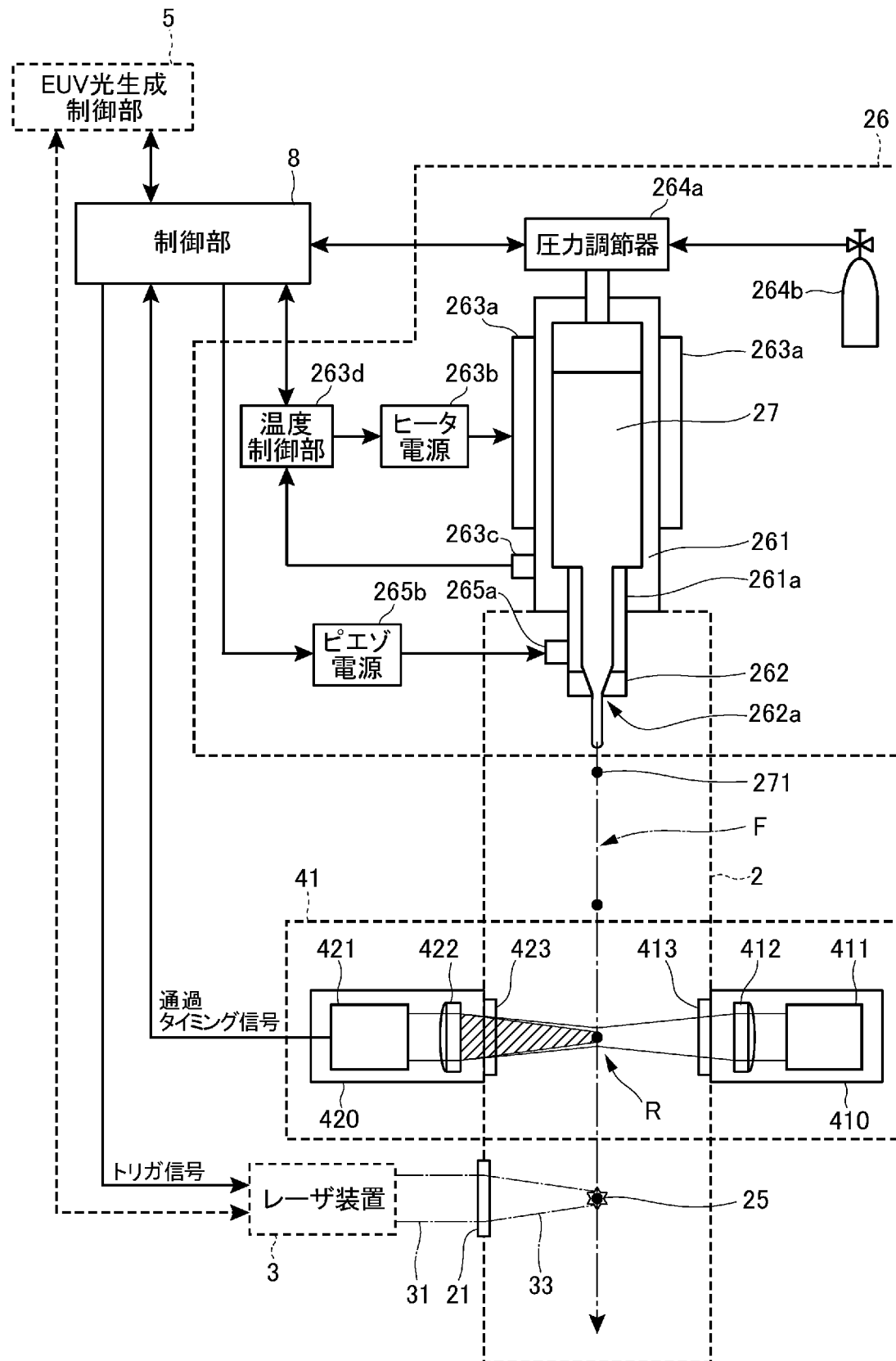
請求項 11 に記載の極端紫外光生成装置。

[illegible]

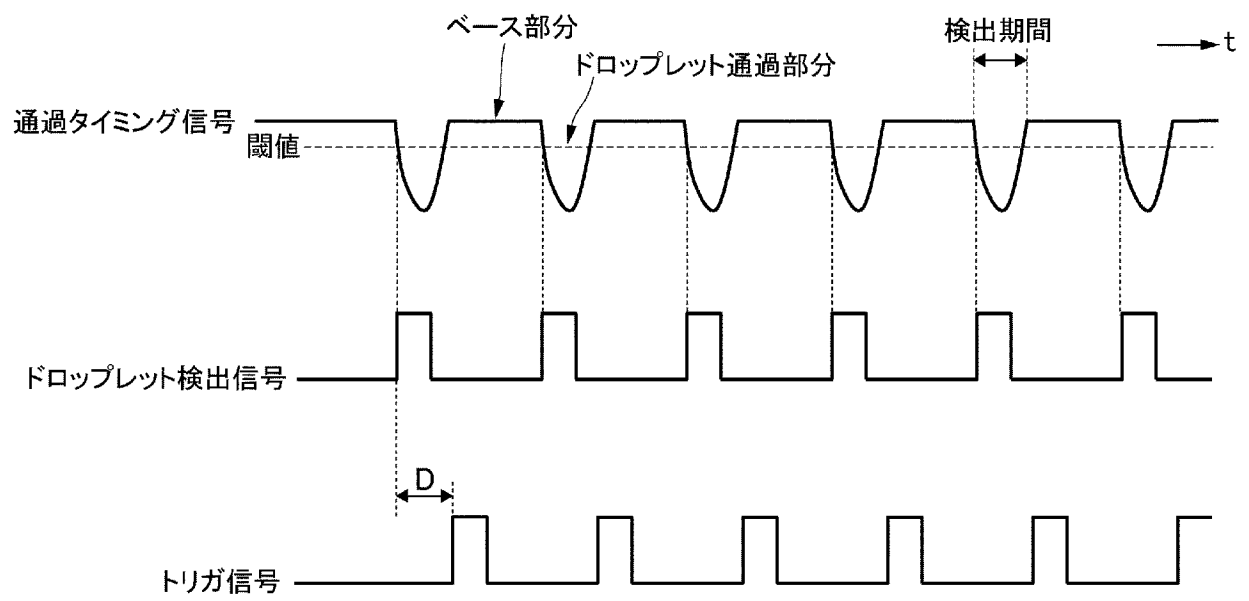
[図2]



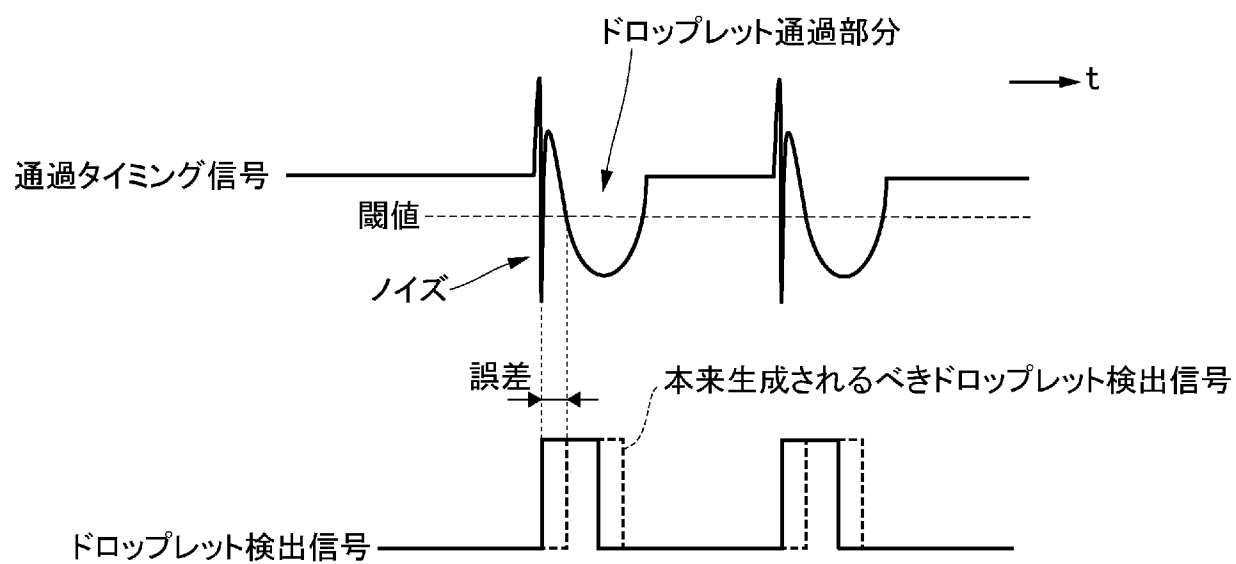
[図3]



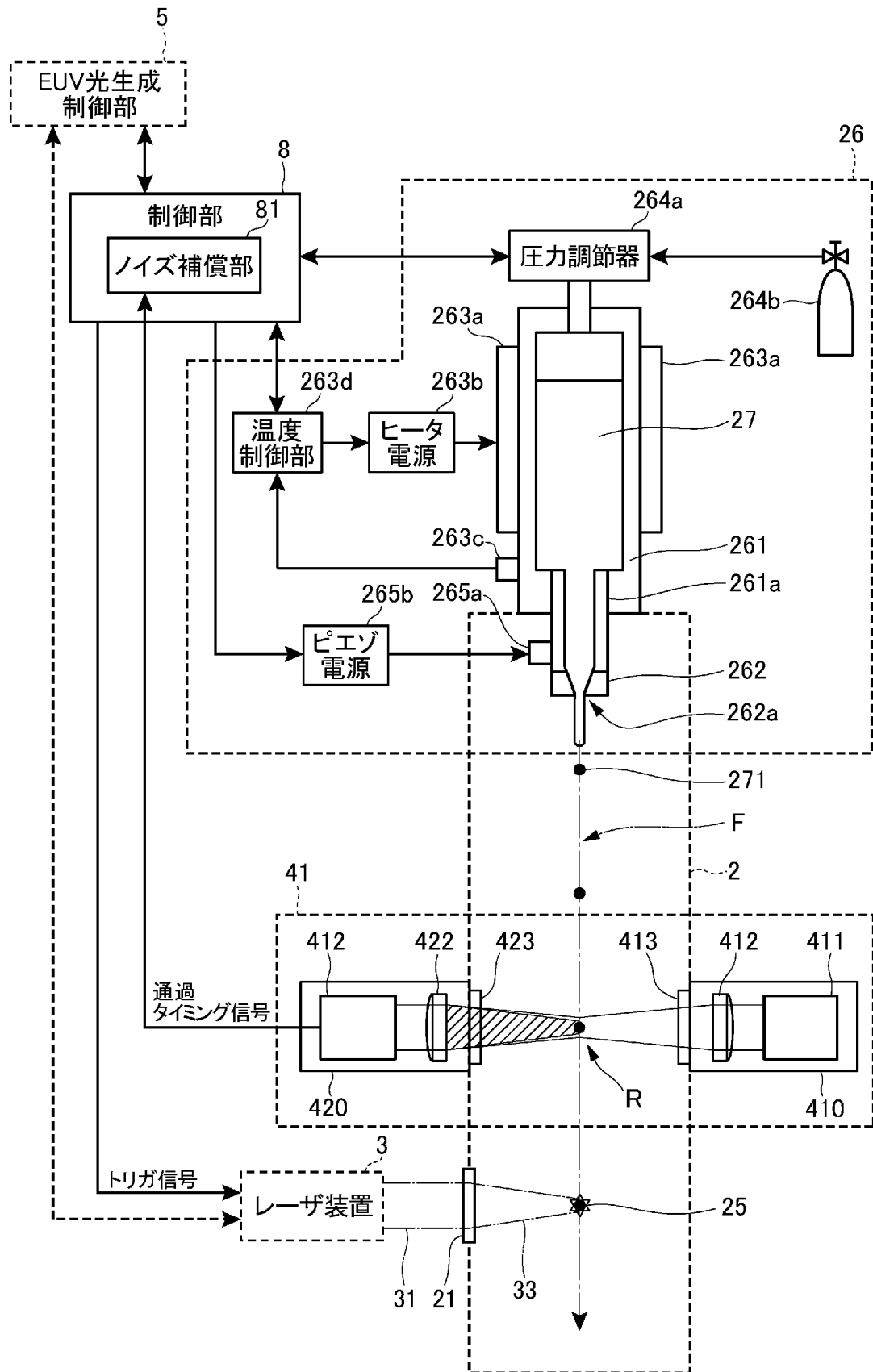
[図4]



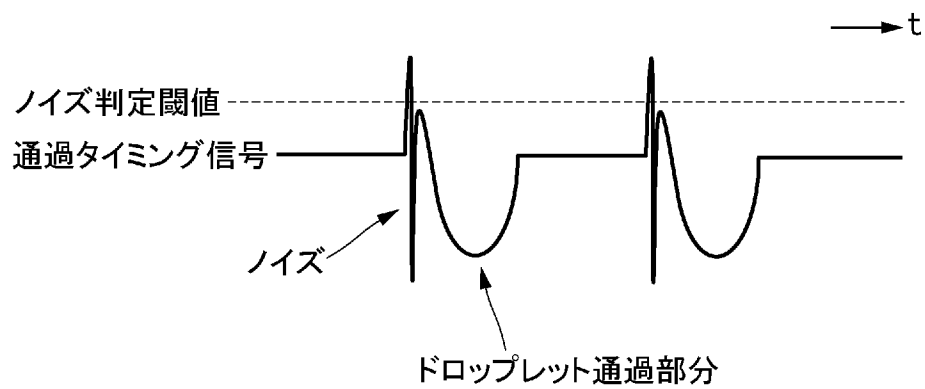
[図5]



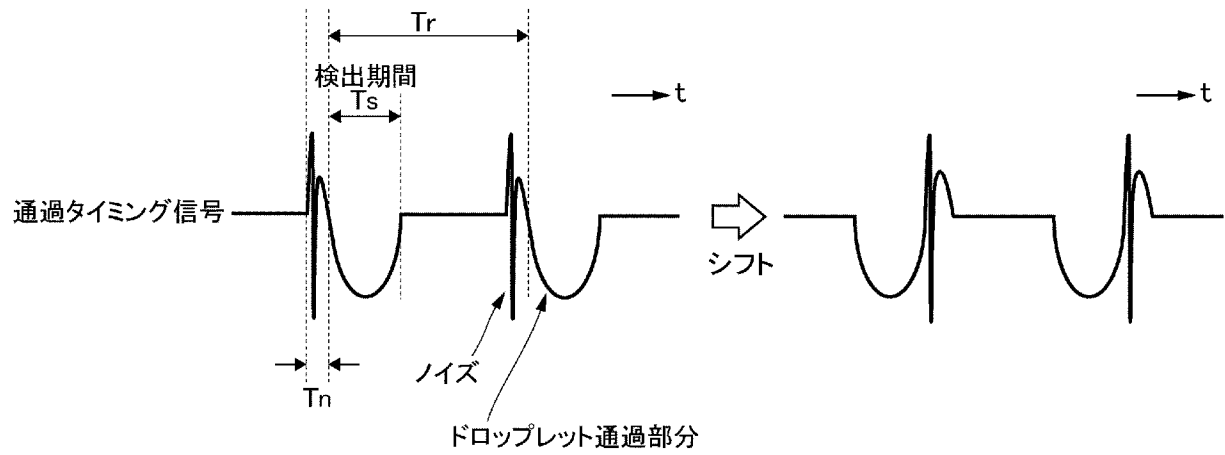
[図6]



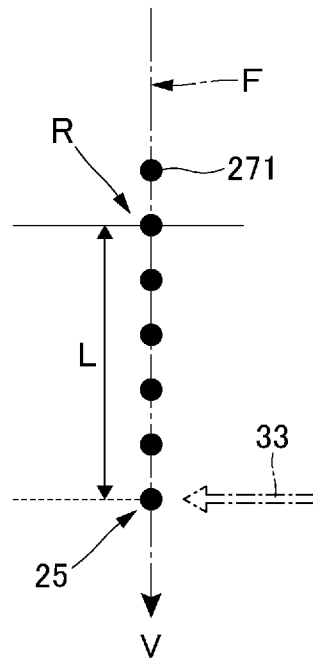
[図7]



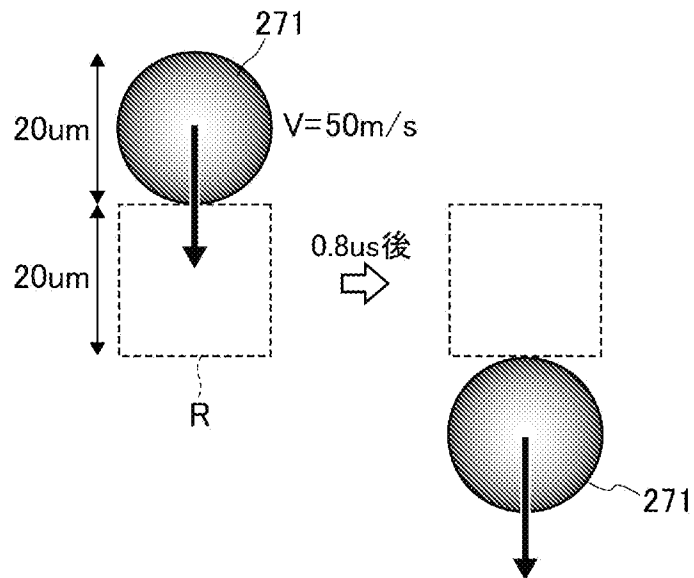
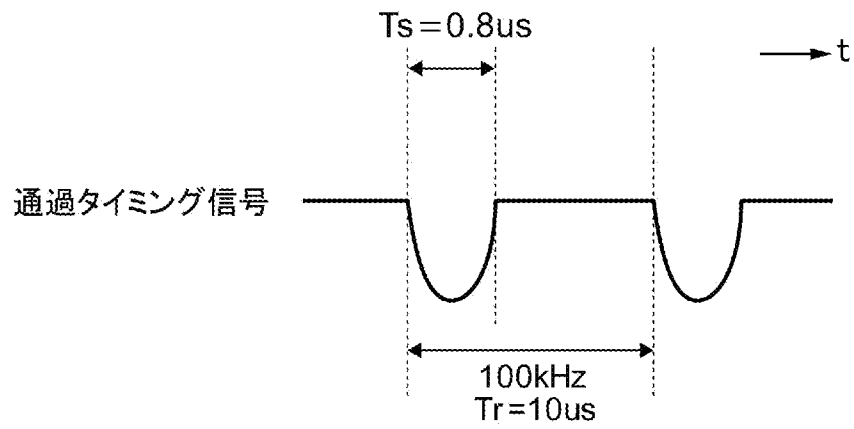
[図8]



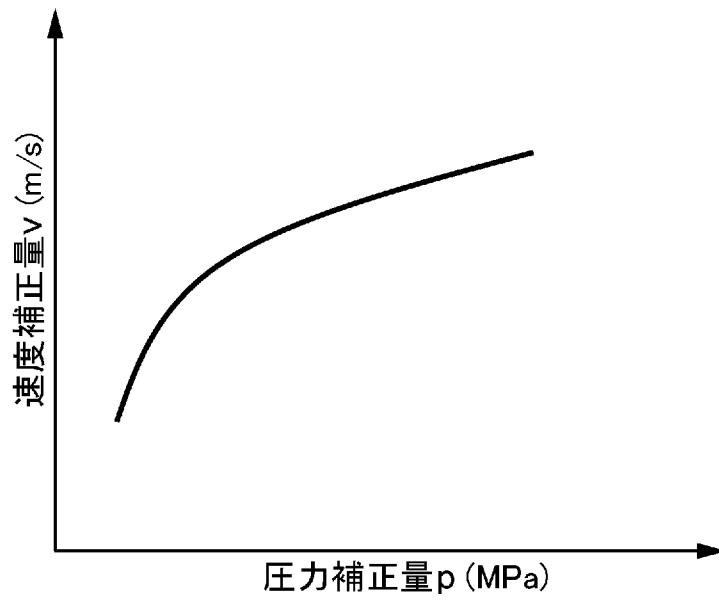
[図9]



[図10]



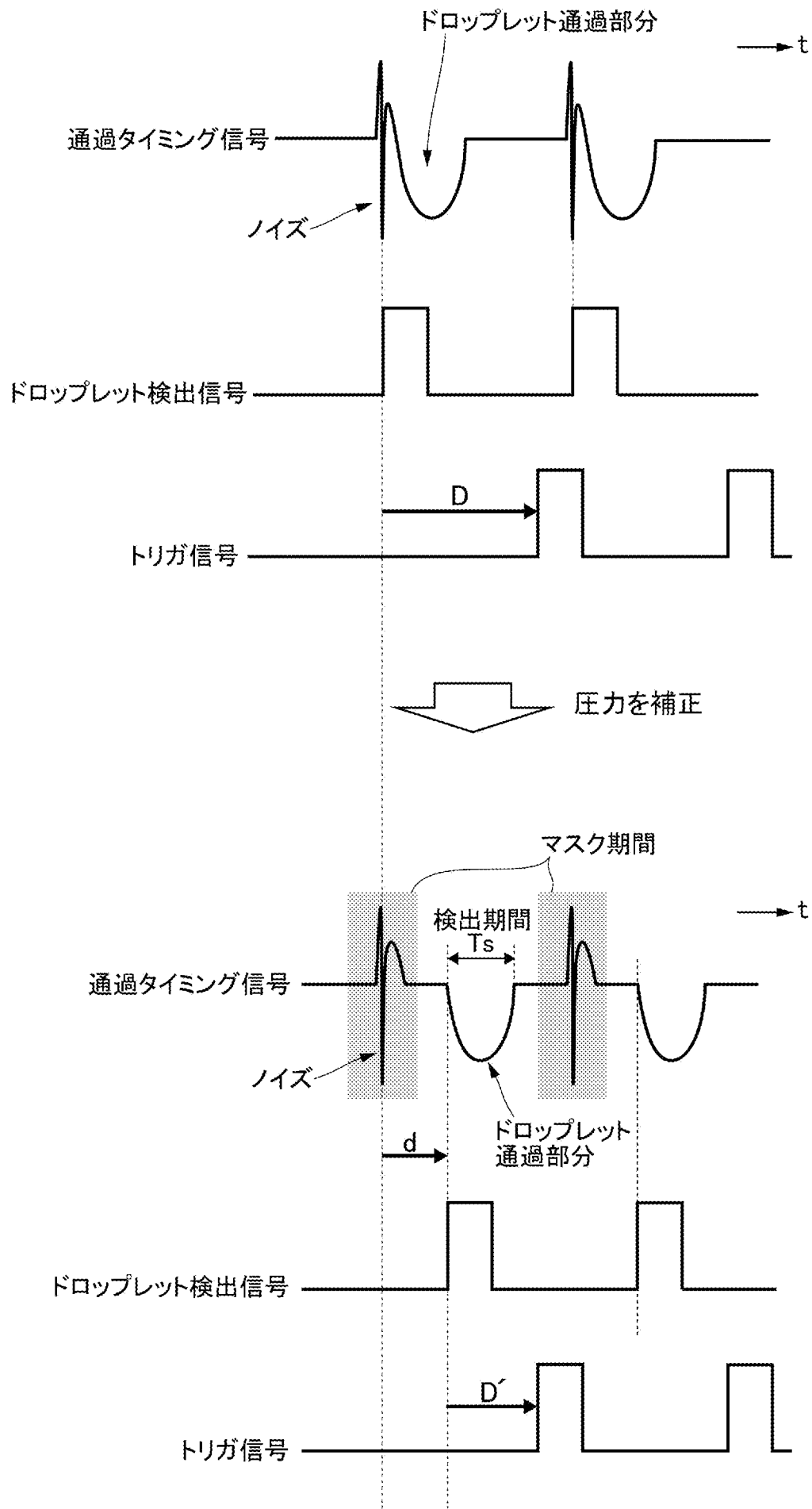
[図11]



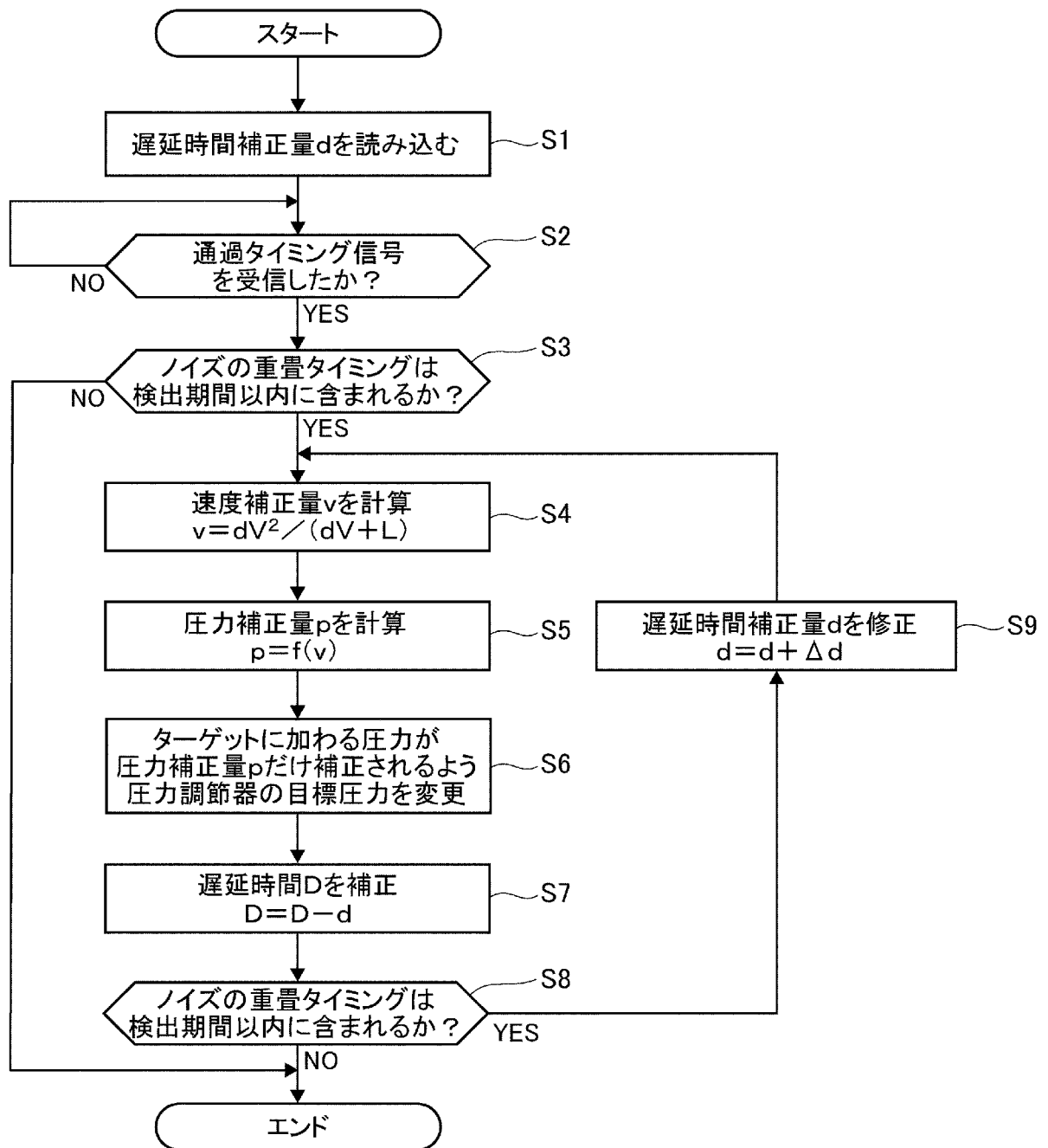
[図12]

速度補正量 v	圧力補正量 p
p_1	v_1
p_2	v_2
$\vdots$	$\vdots$
p_n	v_n

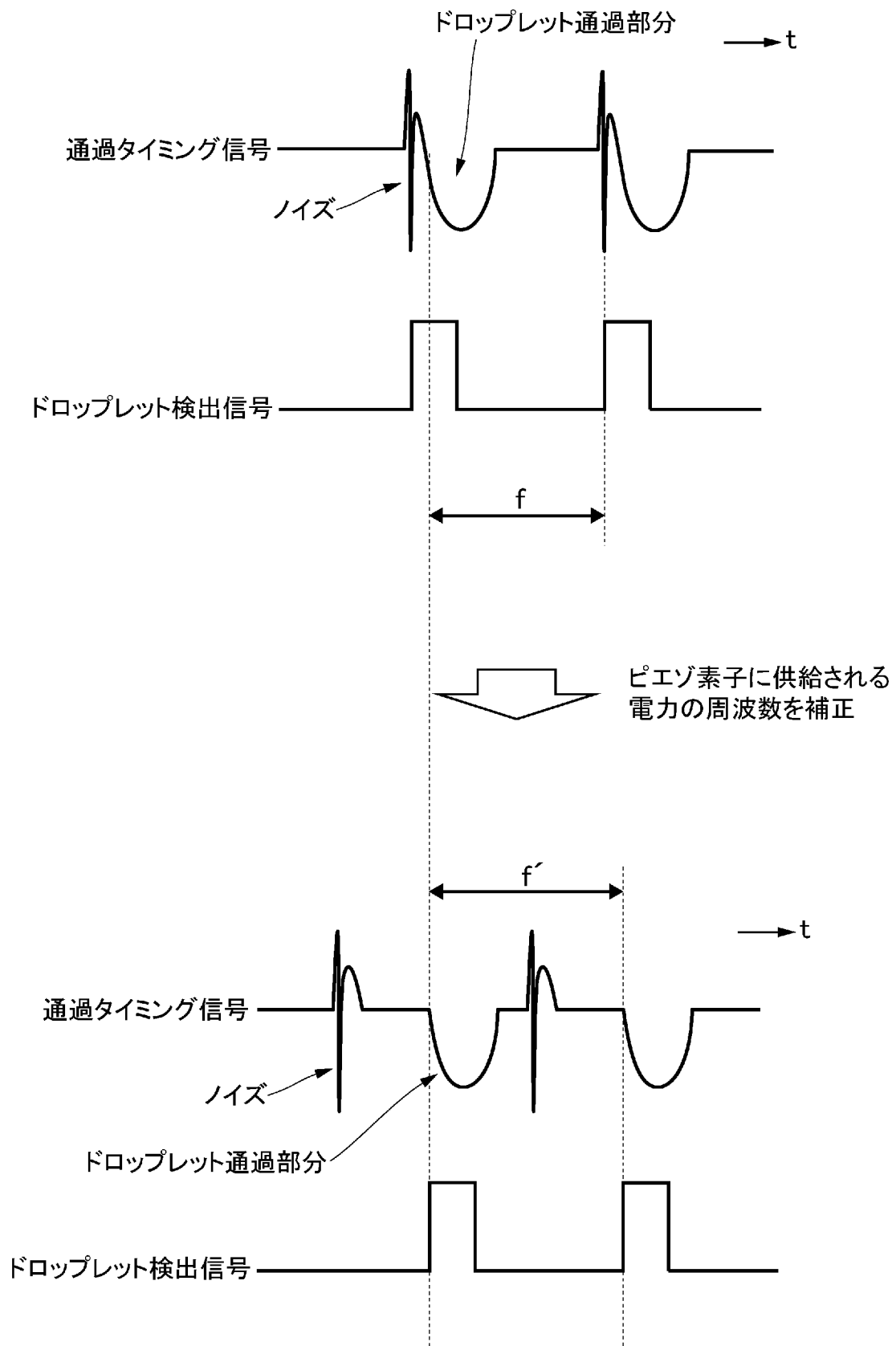
[図13]



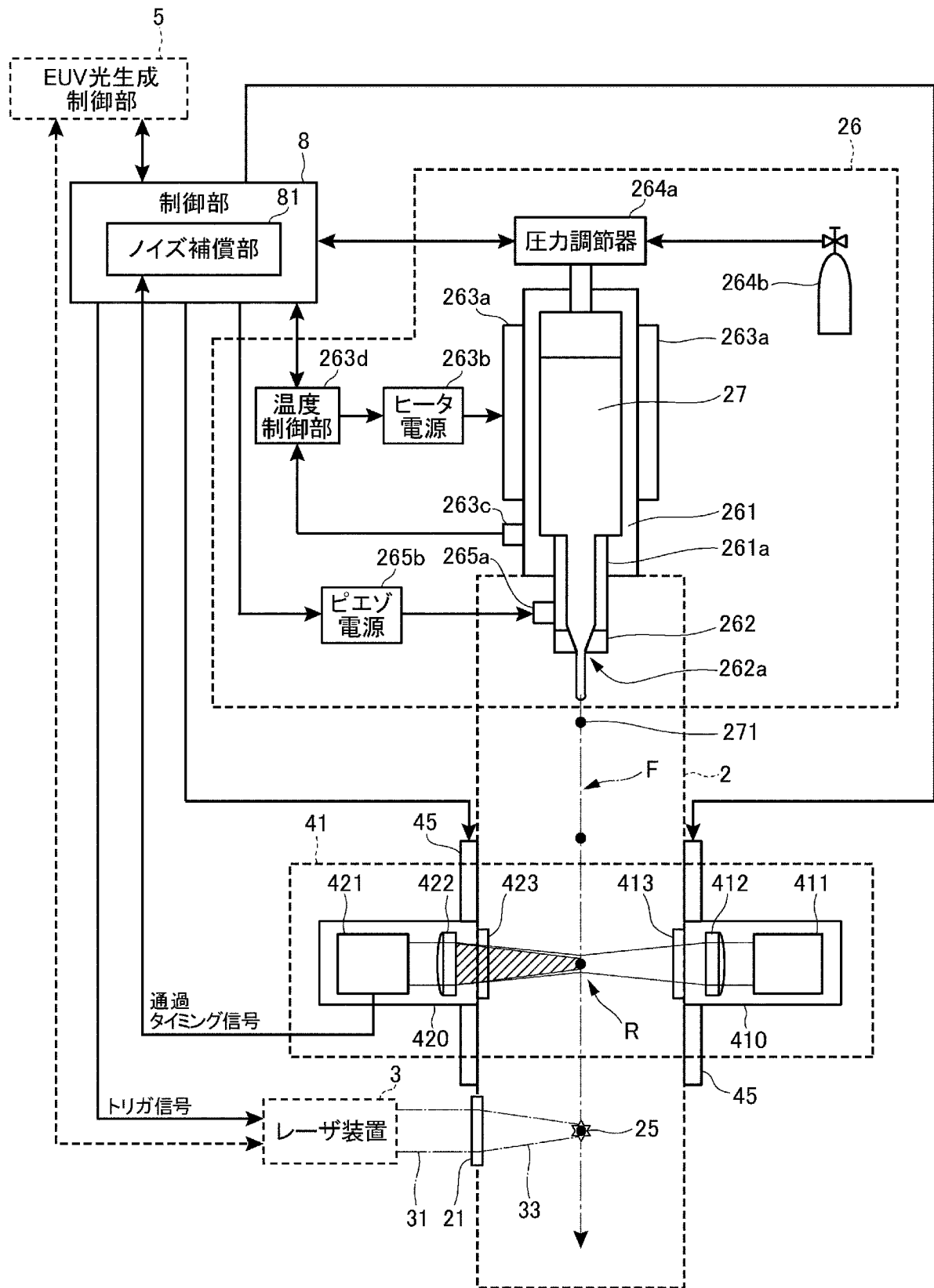
[図14]



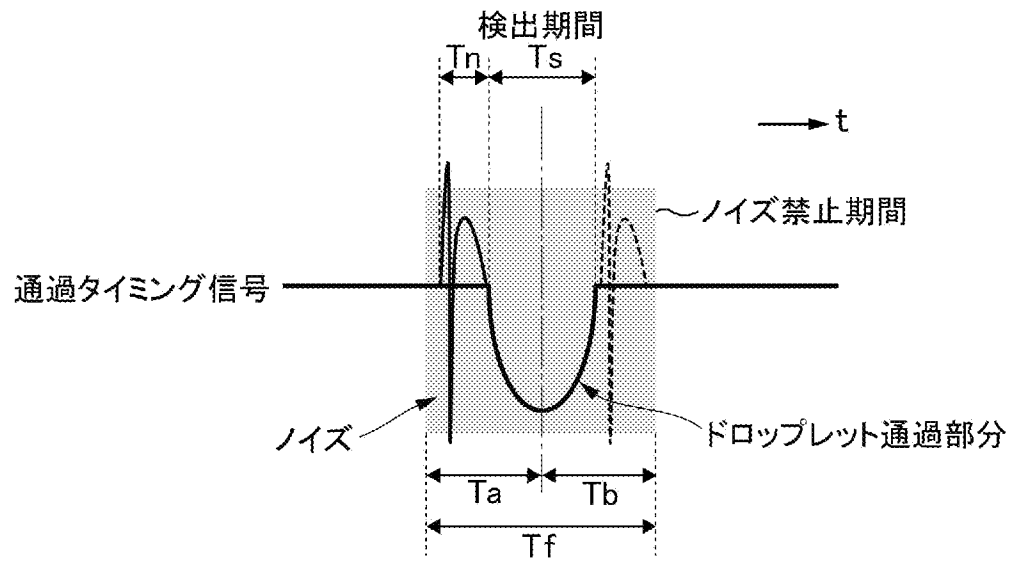
[図15]



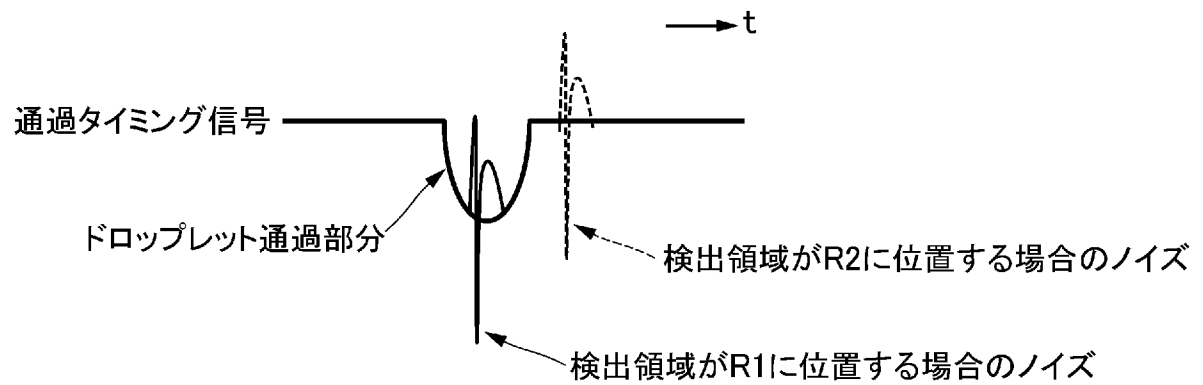
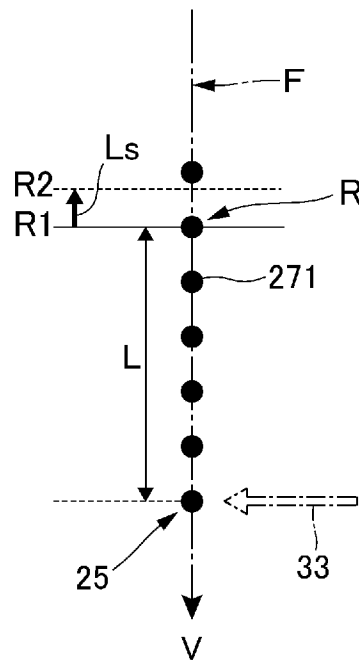
[図16]



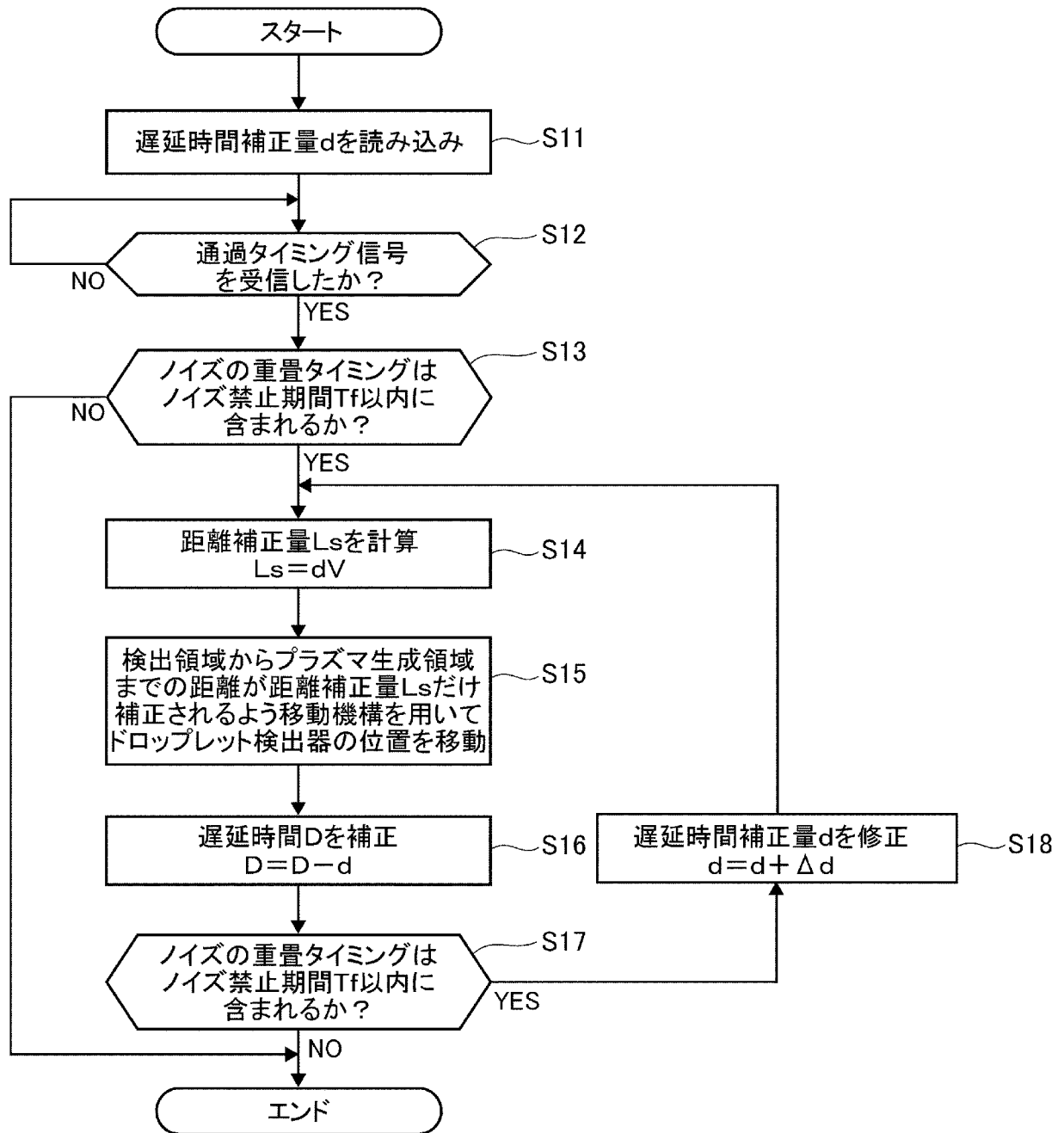
[図17]



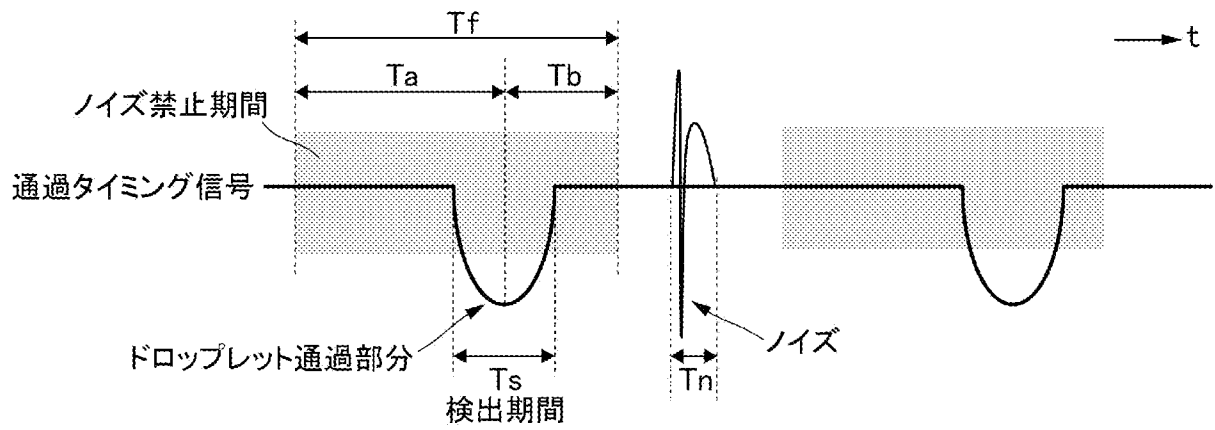
[図18]



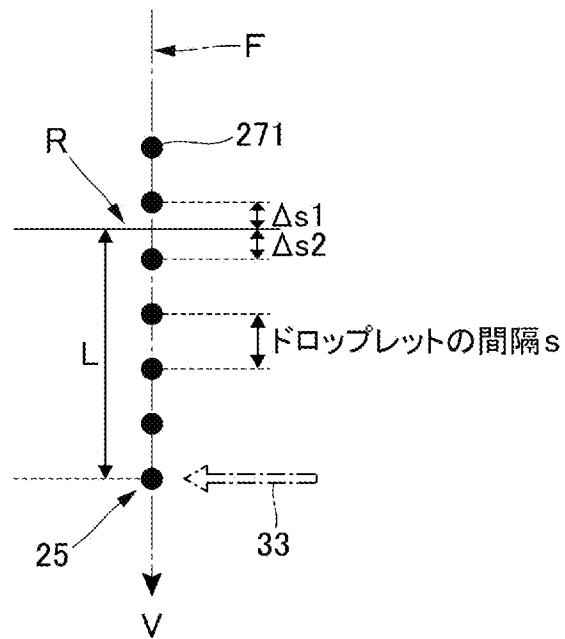
[図19]



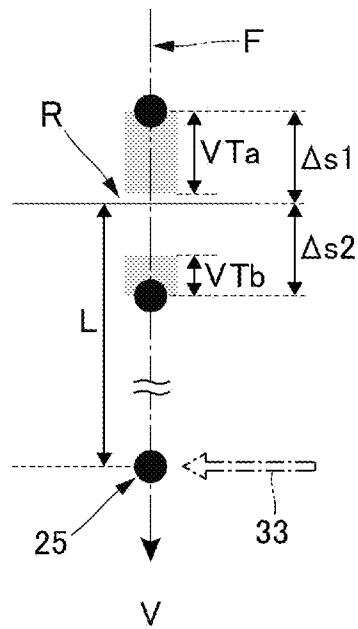
[図20]



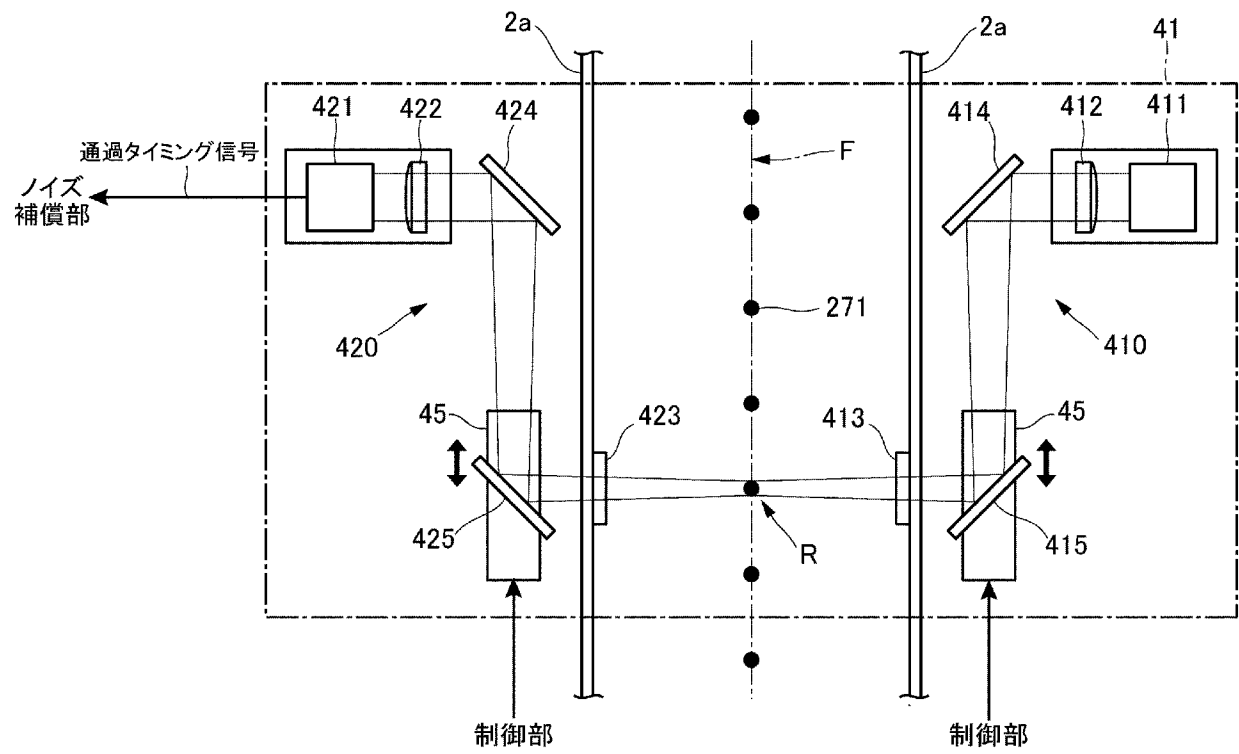
[図21]



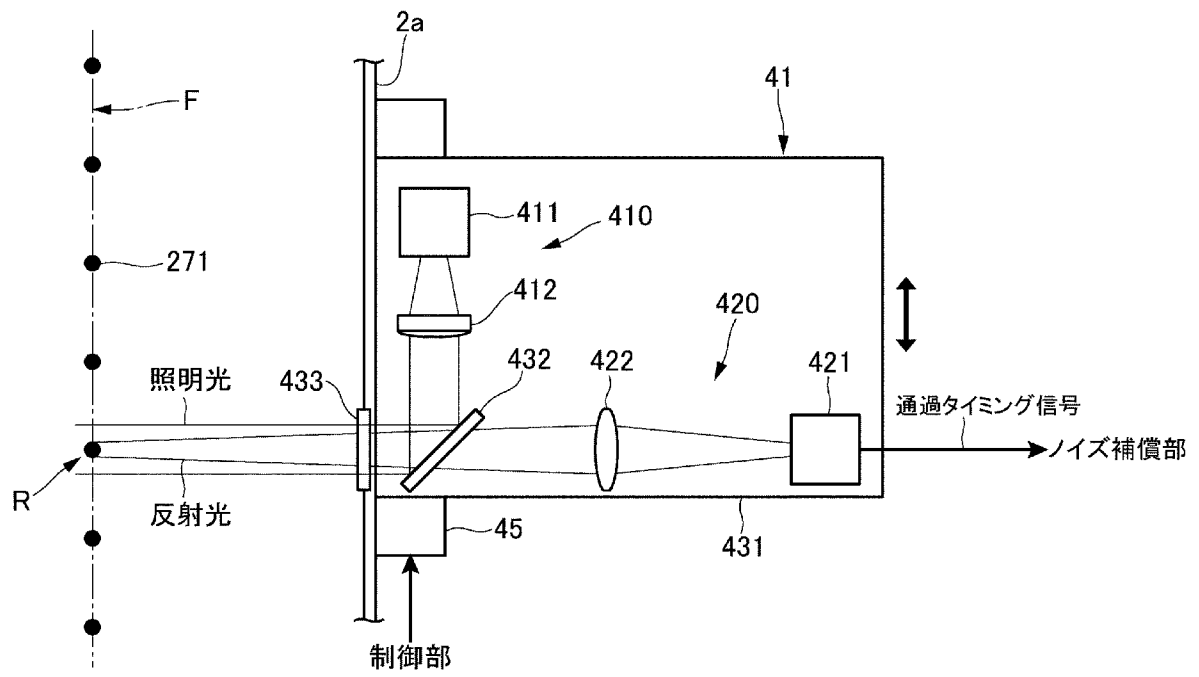
[図22]



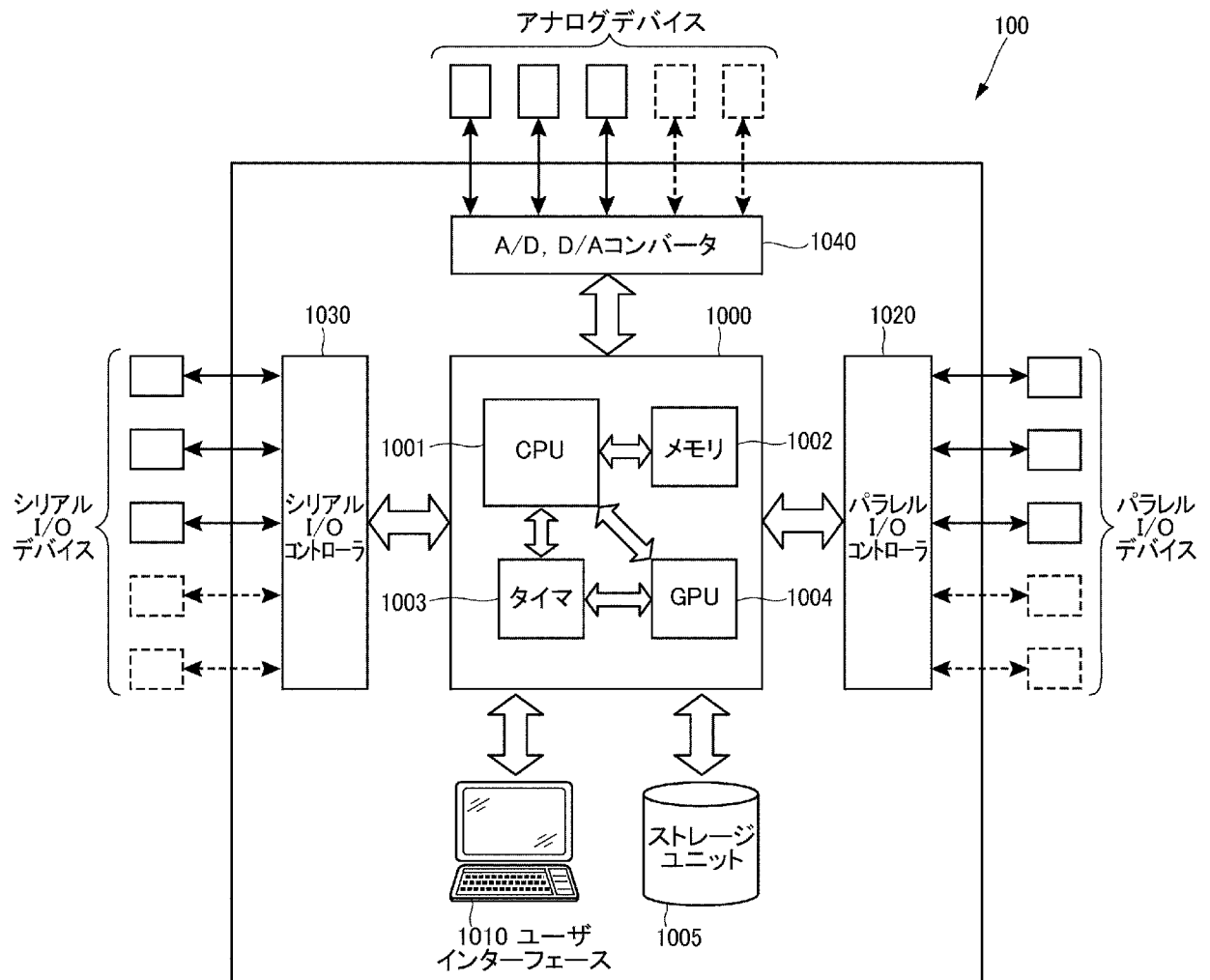
[図23]



[図24]



[図25]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/076912

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H05G2/00(2006.01)i, G02B3/00(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)

H05G2/00, G02B3/00, 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.
A	JP 2011-238921 A (ASML Netherlands B.V.), 24 November 2011 (24.11.2011), entire text; all drawings & US 2011/0273691 A1 Entire Document	1-12
A	JP 2007-123294 A (Canon Inc.), 17 May 2007 (17.05.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 2006-505960 A (Saima Inc.), 16 February 2006 (16.02.2006), entire text; all drawings & WO 2004/012308 A2 Entire Document	1-12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 December 2015 (15.12.15)

Date of mailing of the international search report

22 December 2015 (22.12.15)

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/076912

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 63-002300 A (Hitachi, Ltd.), 07 January 1988 (07.01.1988), entire text; all drawings (Family: none)	1-12

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, G02B3/00(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. H05G2/00, G02B3/00, 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 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	
A	JP 2011-238921 A (エーエスエムエル ネザーランズ ビー. ブイ.) 2011.11.24, 全文、全図 & US 2011/0273691 A1(Entire Document)	1-12	
A	JP 2007-123294 A (キヤノン株式会社) 2007.05.17, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-12	
A	JP 2006-505960 A (サイマー インコーポレイテッド) 2006.02.16, 全文、全図 & WO 2004/012308 A2(Entire Document)	1-12	
☒ 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日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 15. 12. 2015		国際調査報告の発送日 22. 12. 2015	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (I S A / J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 亀澤 智博 電話番号 03-3581-1101 内線 3292	2Q 4746

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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 63-002300 A (株式会社日立製作所) 1988.01.07, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-12