

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年2月15日(15.02.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/030122 A1

(51) 国際特許分類:
H05G 2/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/026513

(22) 国際出願日: 2017年7月21日(21.07.2017)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
PCT/JP2016/073331 2016年8月8日(08.08.2016) JP

(71) 出願人: ギガフォトン株式会社(GIGAPHOTON INC.) [JP/JP]; 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田400番地 Tochigi (JP).

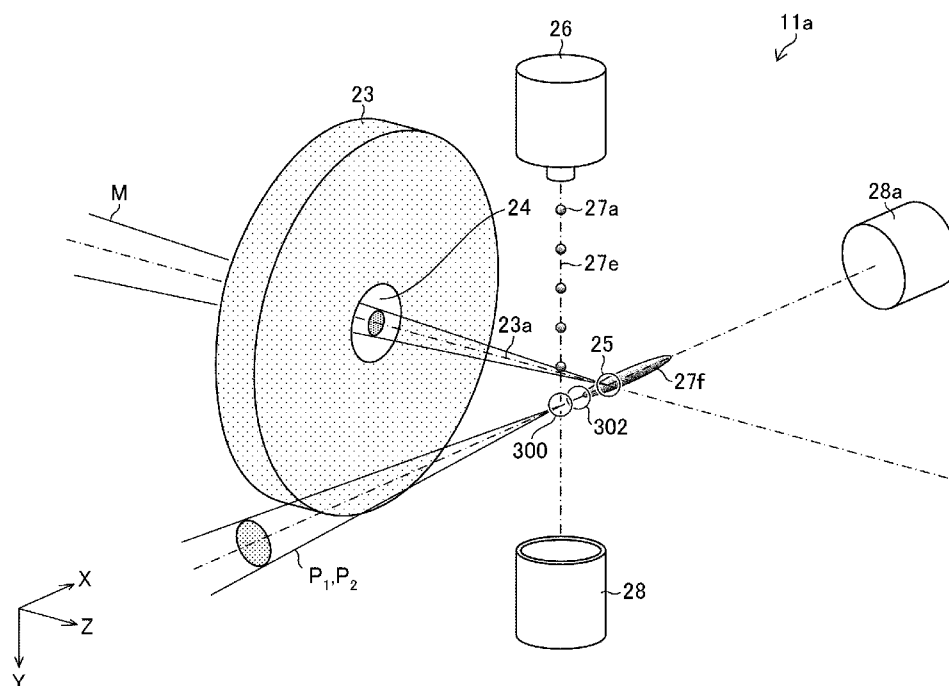
(72) 発明者: 柳田 達哉 (YANAGIDA, Tatsuya); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田400番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP).

(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 新都心国際特許事務所 Tokyo (JP).

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

(54) Title: EXTREME ULTRAVIOLET LIGHT GENERATION METHOD

(54) 発明の名称: 極端紫外光生成方法



(57) Abstract: An extreme ultraviolet light generation method according to one aspect of the present application, wherein a droplet is outputted to a first laser irradiation region that is a different region from a plasma generation region, the droplet, having arrived at the first laser irradiation region, is irradiated with a first laser to generate a deformation liquid target, the deformation liquid target, having arrived at a second laser irradiation region that is a different region from the plasma generation region, is irradiated with a second laser to generate a fragment jet target, and at least one portion of the

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).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

fragment jet target, having arrived at the plasma generation region, is irradiated with a third laser, which propagates in a direction intersecting the propagation direction of the second laser.

(57) 要約：本開示の一観点に係る極端紫外光生成方法は、プラズマ生成領域と異なる領域である第1レーザ光照射領域にドロップレットを出力し、第1レーザ光照射領域に到達したドロップレットに対して、第1レーザ光を照射して変形液体ターゲットを生成し、プラズマ生成領域と異なる領域である第2レーザ光照射領域に到達した変形液体ターゲットに対して、第2レーザ光を照射してフラグメントジェットターゲットを生成し、プラズマ生成領域に到達したフラグメントジェットターゲットの少なくとも一部に対して、第2レーザ光の伝搬方向と交差する方向に伝搬する第3レーザ光を照射する。

明 細 書

発明の名称： 極端紫外光生成方法

技術分野

[0001] 本開示は、極端紫外光生成方法に関する。

背景技術

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

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

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特表2015-536545号公報

特許文献2：特許第5454881号明細書

特許文献3：特開2013-175724号公報

特許文献4：特開平10-221499号公報

特許文献5：国際公開第2013/180007号

特許文献6：国際公開第2016/027346号

概要

[0005] 本開示の1つの観点に係る極端紫外光生成方法は、プラズマ生成領域と異

なる領域である第1レーザ光照射領域にドロップレットを出力するドロップレット出力工程と、ドロップレット出力工程において出力されたドロップレットであり、第1レーザ光照射領域に到達したドロップレットに対して、第1レーザ光を照射して変形液体ターゲットを生成する変形液体ターゲット生成工程と、変形液体ターゲット生成工程において生成された変形液体ターゲットであり、プラズマ生成領域と異なる領域である第2レーザ光照射領域に到達した変形液体ターゲットに対して、第2レーザ光を照射してフラグメントジェットターゲットを生成するフラグメントジェットターゲット生成工程と、フラグメントジェットターゲット生成工程において生成されたフラグメントジェットターゲットであり、プラズマ生成領域に到達したフラグメントジェットターゲットの少なくとも一部に対して、第2レーザ光の伝搬方向と交差する方向に伝搬する第3レーザ光を照射する第3レーザ光照射工程と、を含む極端紫外光生成方法である。

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である。

[図2]図2は本開示の実施形態に適用可能なEUV光生成システムの構成を示す一部断面図である。

[図3]図3は第1プリパルスレーザ光及び第2プリパルスレーザ光の集光光学系の構成を示す一部断面図である。

[図4]図4は比較例に係るターゲット物質の状態変化を模式的に表す図である。

[図5]図5は第1実施形態に係るEUV光生成方法が適用されるEUV光生成システムの構成を概略的に示す図である。

[図6]図6はターゲット物質の変化を模式的に示す図である。

[図7]図7はフラグメントジェットターゲットを撮影した画像を示す図である

。

[図8]図8はフラグメントジェットターゲットの進行方向とメインパルスレーザー光の伝搬方向との関係を示す図である。

[図9]図9はプラズマ生成領域におけるターゲット物質の密度とメインパルスレーザー光の照射タイミングとの関係を示す図である。

[図10]図10は第2実施形態に係るEUV光生成方法が適用されるEUV光生成システムの構成を概略的に示す図である。

[図11]図11は図10に示した第1デブリ抑制装置の構成を概略的に示す図である。

[図12]図12は第3実施形態に係るEUV光生成方法が適用されるEUV光生成システムの構成を概略的に示す図である。

[図13]図13は第3実施形態の変形例に係るEUV光生成方法が適用されるEUV光生成システムの構成を概略的に示す図である。

[図14]図14は第4実施形態に係るEUV光生成方法が適用されるEUV光生成システムの構成を概略的に示す図である。

[図15]図15は第5実施形態に係るEUV光生成方法が適用されるEUV光生成システムの構成を概略的に示す図である。

実施形態

[0007] ー目次ー

1. 極端紫外光生成システムの全体説明

1. 1 構成

1. 2 動作

2. 第1レーザー光、第2レーザー光及び第3レーザー光をターゲットに照射するEUV光生成システムの説明

2. 1 構成

2. 2 動作

3. 用語の説明

4. 課題

5. 第1実施形態

- 5. 1 構成
- 5. 2 動作
- 5. 3 ターゲット物質の状態変化
- 5. 4 メインパルスレーザ光
- 5. 5 作用・効果

6. 第2実施形態

- 6. 1 構成
- 6. 2 動作
- 6. 3 デブリ抑制装置
- 6. 4 作用・効果

7. 第3実施形態

- 7. 1 構成
- 7. 2 動作
- 7. 3 作用・効果
- 7. 4 変形例

8. 第4実施形態

- 8. 1 構成
- 8. 2 動作
- 8. 3 作用・効果

9. 第5実施形態

- 9. 1 構成
- 9. 2 動作
- 9. 3 作用・効果

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。

[0008] 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. 極端紫外光生成システムの全体説明

1. 1 構成

図1に、例示的なLPP式のEUV光生成システムの構成を概略的に示す。EUV光生成装置1は、少なくとも1つのレーザ装置3と共に用いられる場合がある。本開示においては、EUV光生成装置1及びレーザ装置3を含むシステムを、EUV光生成システム11と称する。図1に示し、かつ、以下に詳細に説明するように、EUV光生成装置1は、チャンバ2、ターゲット供給部26を含む。チャンバ2は、密閉可能な容器である。ターゲット供給部26は、ターゲット物質をチャンバ2内部に供給するように構成され、例えば、チャンバ2の壁を貫通するように取り付けられる。ターゲット供給部26から出力されるターゲット物質の材料は、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いる。その貫通孔は、ウインドウ21によって塞がれ、ウインドウ21をレーザ装置3から出力されるパルスレーザ光32が透過する。チャンバ2の内部には、例えば、回転楕円面形状の反射面を有するEUV集光ミラー23が配置される。EUV集光ミラー23は、第1及び第2の焦点を有する。EUV集光ミラー23の表面には、例えば、モリブデンとシリコンとが交互に積層された多層反射膜が形成される。EUV集光ミラー23は、例えば、その第1の焦点がプラズマ生成領域25に位置し、その第2焦点が中間集光点（Intermediate Focusing point）292に位置するように配置されてもよい。EUV集光ミラー23の中央部には貫通孔24が設けられ、貫通孔24をパルスレーザ光33が通過する。

[0011] EUV光生成装置1は、EUV光生成コントローラ5、ターゲットセンサ4等を含む。ターゲットセンサ4は、ターゲット27の存在、軌跡、位置、

速度のうちいずれか又は複数を検出するよう構成される。ターゲットセンサ 4 は、撮像機能を備えてもよい。

[0012] また、EUV光生成装置 1 は、チャンバ 2 の内部と露光装置 6 の内部とを連通させる接続部 29 を含む。接続部 29 の内部には、アパーチャ 293 が形成された壁 291 が設けられる。壁 291 は、そのアパーチャ 293 が EUV 集光ミラー 23 の第 2 の焦点位置に位置するように配置される。

[0013] 更に、EUV光生成装置 1 は、レーザ光伝送装置 34、レーザ光集光ミラー 22、ターゲット 27 を回収するためのターゲット回収部 28 等を含む。レーザ光伝送装置 34 は、レーザ光の伝送状態を規定するための光学素子と、この光学素子の位置、姿勢等を調整するためのアクチュエータとを備える。

[0014] 1. 2 動作

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

[0015] ターゲット供給部 26 は、ターゲット物質によって形成されたターゲット 27 をチャンバ 2 内部のプラズマ生成領域 25 に向けて出力するよう構成される。ターゲット 27 には、パルスレーザ光 33 に含まれる少なくとも 1 つのパルスが照射される。パルスレーザ光が照射されたターゲット 27 はプラズマ化し、そのプラズマから放射光 251 が放射される。放射光 251 に含まれる EUV 光 252 は、EUV 集光ミラー 23 によって選択的に反射される。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 に出力される。なお、1 つのターゲット 27 に、パルスレーザ光 33 に含まれる複数のパルスが照射されてもよい。

[0016] EUV 光生成コントローラ 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る。EUV光生成コントローラ5は、ターゲットセンサ4の検出結果を処理するよう構成される。ターゲットセンサ4の検出結果に基づいて、EUV光生成コントローラ5は、例えば、レーザ装置3の発振タイミング、パルスレーザ光32の照射方向、パルスレーザ光33の集光位置等を制御するよう構成されてもよい。上述の様々な制御は単なる例示に過ぎず、必要に応じて他の制御が追加されてもよい。

[0017] 2. 第1レーザ光、第2レーザ光及び第3レーザ光をターゲットに照射するEUV光生成システムの説明

2. 1 構成

図2は本開示の実施形態に適用可能なEUV光生成システムの構成を示す一部断面図である。本開示におけるEUV光生成システム11の各構成要素は、極端紫外光生成方法の各工程において採用しうる。

[0018] 本開示におけるX方向は、図2の紙面裏面から表面を貫く方向をプラス方向とする。Y方向は、図2のターゲット供給部26からターゲット回収部28へ向かう方向をプラス方向とする。Z方向は、図2のEUV集光ミラー23から中間集光点292へ向かう方向をプラス方向とする。

[0019] EUV光生成システム11は、チャンバ2と、レーザ装置3と、ターゲットセンサ4と、EUV光生成コントローラ5と、ターゲット供給部26と、レーザ光伝送装置34とを備える。

[0020] チャンバ2の内部には、ウインドウ21と、ターゲットセンサ4との境界のウインドウ21bと、発光部45との境界のウインドウ21aとを備える。チャンバ2の内部には、第1レーザ集光光学系22aと、EUV集光ミラー23と、EUV集光ミラーホルダ81と、EUV集光ミラーホルダ保持プレート82と、ターゲット回収部28とが備えられている。また、チャンバ2内には、図2に図示しない第2レーザ集光光学系22bが備えられている。図2に図示しない第2レーザ集光光学系22bは図3に図示する。

[0021] 第1レーザ集光光学系22aは、第1高反射軸外放物面ミラー221と、第1高反射平面ミラー222と、第1レーザ集光光学系保持プレート83と

、X方向、Y方向及びZ方向に移動可能な第1ステージ84とを備える。第1レーザ集光光学系22aは、第1レーザ集光光学系22aの集光位置がプラズマ生成領域25と一致するように配置される。「一致」とは、厳密には異なっているものの、一致しているとみなし得る「実質的な一致」が含まれ得る。

[0022] 第1高反射軸外放物面ミラー221は、第6ホルダ223によって支持される。第1高反射平面ミラー222は第7ホルダ224によって支持される。ターゲット回収部28は、ドロップレット27aの軌道の延長線上に配置される。ターゲット回収部28は、第1パルスレーザ照射領域を通過したターゲット物質を回収する。

[0023] チャンバ2は、ターゲット供給部26と、ドロップレット検出装置4aとを備える。ターゲット供給部26は、タンク61と、ノズル62と、ヒータ63と、ピエゾ素子64と、圧力調整器65とを備える。

[0024] タンク61は、中空の筒形状に形成される。タンク61の内部には、ターゲット物質が収容される。タンク61は、ヒータ63を備える。ヒータ63は、筒形状の外側の側面部に固定される。ヒータ63は、タンク61を加熱する。

[0025] ノズル62は、ターゲット物質を出力するノズル孔62aが形成される。ノズル62は、ピエゾ素子64を備える。ピエゾ素子64は、制御部50と接続される。ノズル62は、筒形状のタンク61の底面部に配置される。ノズル62は、チャンバ2のターゲット供給孔2aを通してチャンバ2の内部に配置される。チャンバ2のターゲット供給孔2aは、ターゲット供給部26が配置されることで塞がれる。

[0026] パイプ状のノズル62の一端は、中空のタンク61に固定される。パイプ状のノズル62の他端には、ノズル孔62aが形成される。ノズル孔62aは、チャンバ2の内部に配置される。ノズル62の中心軸方向の延長線上には、ドロップレット27aに対する第1プリパルスレーザ光 P_1 の照射領域が位置している。図2では、第1プリパルスレーザ光 P_1 の照射領域の図示を省

略する。第1プリパルスレーザ光 P_1 の照射領域は、図3に符号300を付して図示する。以下、第1プリパルスレーザ光 P_1 の照射領域は、第1プリパルスレーザ光照射領域300と記載する。

[0027] ドロップレット検出装置4aは、ターゲットセンサ4と、発光部45とを備える。ドロップレット検出装置4aは、ドロップレット27aがターゲット生成領域に到達する前の検出位置Pでドロップレット27aが通過したことを検出する位置に配置される。ドロップレット検出装置4aは、ドロップレット27aが検出位置Pを通過したタイミングを表す通過タイミング信号を出力する。

[0028] ターゲットセンサ4と、発光部45とはドロップレット27aの軌道を挟んで互いに反対側に配置される。ターゲットセンサ4は、光センサ41と、センサ集光光学系42と、センサ容器43とを備える。センサ容器43は、チャンバ2の外部に配置される。センサ容器43の内部に光センサ41と、センサ集光光学系42とが配置される。発光部45は、光源46と、光源集光光学系47と、光源容器48とを備える。光源容器48は、チャンバ2の外部に配置される。光源容器48の内部には、光源46と、光源集光光学系47とが配置される。

[0029] 圧力調整器65は、配管66を経由してタンク61を含むターゲット供給部26と連通する。圧力調整器65は、タンク61の内部にガスを供給することで、タンク61の圧力を加圧する。圧力調整器65は、タンク61の内部からガスを排出することで、タンク61の圧力を減圧する。ガスは、不活性ガスを採用し得る。

[0030] EUV光生成システム11は、チャンバ2の外部に、レーザ装置3と、EUV光生成コントローラ5と、レーザ光伝送装置34とを備える。レーザ装置3は、メインパルスレーザ装置3aと、第1プリパルスレーザ装置3bと、第2プリパルスレーザ装置3cとを備える。第1プリパルスレーザ光 P_1 の偏光方向と、第2プリパルスレーザ光 P_2 の偏光方向とは、互いに直交する方向で、後述する偏光子343に入射するように構成される。例えば、偏光子

343に対して、第1プリパルスレーザ光 P_1 はP偏光で入射し、第2プリパルスレーザ光 P_2 はS偏光で入射するように構成される。

[0031] メインパルスレーザ装置3aは、CO₂レーザ装置であってもよい。第1プリパルスレーザ装置3b及び第2プリパルスレーザ装置3cのそれぞれは、YAGレーザ装置であってもよい。第1プリパルスレーザ装置3b及び第2プリパルスレーザ装置3cのそれぞれは、Nd:YVO₄を用いたレーザ装置であってもよい。なお、YAGレーザ装置とは、レーザ発振器及び必要に応じてレーザ増幅器を含み、レーザ発振器及びレーザ増幅器の少なくともいずれか一方に、レーザ媒質としてYAG結晶が用いられる。CO₂レーザ装置とは、レーザ発振器及び必要に応じてレーザ増幅器を含み、レーザ発振器及びレーザ増幅器の少なくともいずれか一方に、レーザ媒質としてCO₂ガスが用いられる。

[0032] 第1プリパルスレーザ装置3bは、第1プリパルスレーザ光 P_1 を出力する。第1レーザ光は、本開示における第1プリパルスレーザ光 P_1 に相当する。第2プリパルスレーザ装置3cは、第2プリパルスレーザ光 P_2 を出力する。第2レーザ光は、本開示における第2プリパルスレーザ光 P_2 に相当する。メインパルスレーザ装置3aは、メインパルスレーザ光Mを出力する。第3レーザ光は、本開示におけるメインパルスレーザ光Mに相当する。

[0033] EUV光生成コントローラ5は、制御部50と、遅延回路51とを備える。制御部50は、メインパルスレーザ光M、第1プリパルスレーザ光 P_1 及び第2プリパルスレーザ光 P_2 の遅延期間を設定するデータを出力する。メインパルスレーザ光M、第1プリパルスレーザ光 P_1 及び第2プリパルスレーザ光 P_2 の遅延期間を設定するデータは、遅延回路51に入力される。ドロップレット検出装置4aの出力は、制御部50を経由して、遅延回路51に入力される。遅延回路51の出力は、発光トリガとして、メインパルスレーザ装置3a、第1プリパルスレーザ装置3b及び第2プリパルスレーザ装置3cに入力される。

[0034] レーザ光伝送装置34は、メインパルスレーザ光伝送装置34aと、プリ

パルスレーザ光伝送装置 34 b とを備える。メインパルスレーザ光伝送装置 34 a は、第 1 高反射ミラー 34 1 と、第 2 高反射ミラー 34 2 とを備える。第 1 高反射ミラー 34 1 は、第 1 ホルダ 34 6 によって支持される。第 2 高反射ミラー 34 2 は、第 2 ホルダ 34 7 によって支持される。第 1 高反射ミラー 34 1 と、第 2 高反射ミラー 34 2 とは、メインパルスレーザ光 M が第 1 レーザ集光光学系 22 a に入射するように配置される。

[0035] プリパルスレーザ光伝送装置 34 b は、第 3 高反射ミラー 34 0 と、偏光子 34 3 と、第 4 高反射ミラー 34 4 とを備える。第 3 高反射ミラー 34 0 は、第 3 ホルダ 34 5 によって支持される。偏光子 34 3 は、第 4 ホルダ 34 8 によって支持される。第 4 高反射ミラー 34 4 は、第 5 ホルダ 34 9 によって支持される。

[0036] 偏光子 34 3 は、P 偏光を高透過し、S 偏光を高反射する膜をコートしたビームスプリッタであってもよい。偏光子 34 3 は、図 3 において、入射面と XY 平面とが一致するように配置してもよい。偏光子 34 3 は、第 1 プリパルスレーザ光 P_1 の光軸と、第 2 プリパルスレーザ光 P_2 の光軸とが一致する位置に配置してもよい。第 3 高反射ミラー 34 0、偏光子 34 3 及び第 4 高反射ミラー 34 4 は、第 1 プリパルスレーザ光 P_1 及び第 2 プリパルスレーザ光 P_2 が、図 2 に図示しない第 2 レーザ集光光学系 22 b に入射するように配置される。

[0037] 図 2 では、第 4 高反射ミラー 34 4 によって反射させた第 1 プリパルスレーザ光 P_1 及び第 2 プリパルスレーザ光 P_2 の図示を省略する。第 4 高反射ミラー 34 4 によって反射させた第 1 プリパルスレーザ光 P_1 及び第 2 プリパルスレーザ光 P_2 は、図 3 において、プラス X 方向に沿って伝搬される。

[0038] 第 4 高反射ミラー 34 4 によって反射させた第 1 プリパルスレーザ光 P_1 及び第 2 プリパルスレーザ光 P_2 は、第 1 プリパルスレーザ光及び第 2 プリパルスレーザ光を導入するウインドウを介してチャンバ 2 に導入される。図 2 では、第 1 プリパルスレーザ光 P_1 及び第 2 プリパルスレーザ光 P_2 を導入するウインドウの図示を省略する。第 1 プリパルスレーザ光 P_1 及び第 2 プリパル

スレーザ光 P_2 を導入するウィンドウは、図 3 に符号 21c を付して図示する。

[0039] 図 3 は第 1 プリパルスレーザ光の集光光学系、及び第 2 プリパルスレーザ光の集光光学系の構成を示す一部断面図である。図 3 には、XY 平面が図示されている。チャンバ 2 の内部には、第 1 プリパルスレーザ光及び第 2 プリパルスレーザ光を導入するウィンドウ 21c と、第 2 レーザ集光光学系 22b とを備える。

[0040] 第 2 レーザ集光光学系 22b は、第 2 高反射軸外放物面ミラー 221a と、第 2 高反射平面ミラー 222a と、第 2 レーザ集光光学系保持プレート 83a と、X 方向、Y 方向及び Z 方向に移動可能な第 2 ステージ 84a とを備える。第 2 高反射軸外放物面ミラー 221a は、第 8 ホルダ 223a によって支持される。第 2 高反射平面ミラー 222a は、第 9 ホルダ 224a によって支持される。第 2 レーザ集光光学系 22b は、第 2 レーザ集光光学系 22b の集光位置が、第 1 プリパルスレーザ光照射領域 300 と一致するように配置される。また、第 2 レーザ集光光学系 22b は、第 2 レーザ集光光学系 22b の集光位置が、第 2 プリパルスレーザ光照射領域 302 と一致するように配置される。

[0041] 第 1 プリパルスレーザ光照射領域 300 と、第 2 プリパルスレーザ光照射領域 302 とは、少なくとも一部が重複してもよい。フラグメントジェットターゲット生成工程は、本開示における、第 1 プリパルスレーザ光照射領域 300 と少なくとも一部が重複する第 2 プリパルスレーザ光照射領域 302 に到達した変形液体ターゲットに第 2 プリパルスレーザ光 P_2 を照射する態様が含まれ得る。

[0042] 第 2 レーザ集光光学系 22b は、第 1 プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向、及び第 2 プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向が、ドロップレット 27a の進行方向と直交するように配置される。第 1 プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向、及び第 2 プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向は、ドロップレット 27a の進行方向と 90° 以下の角度で交差してもよいし、 90° を超える角度で交差し

てもよい。

[0043] 本開示では、第1プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向と、第2プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向とが一致している態様が示される。本開示において、第1プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向は、第2プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向と読み替えることが可能である。

[0044] 2. 2 動作

図2に示したEUV光生成コントローラ5は、図1に示した露光装置6からEUV光を生成することを表す信号を受信すると、図2に示した制御部50にドロップレット27aを生成することを表すドロップレット生成信号を送信する。

[0045] 制御部50は、ドロップレット生成信号を受信すると、ヒータ63を加熱し、ターゲット物質の融点以上の温度までターゲット物質を加熱し、ターゲット物質を溶融させる。ターゲット物質がスズの場合、融点は232℃である。

[0046] 制御部50は、ドロップレット生成信号を受信すると、タンク61の内部のターゲット物質に付与される圧力が所定の圧力となるように圧力調整器65を動作させる制御信号を、圧力調整器65へ送信する。タンク61の内部のターゲット物質に所定の圧力が付与されることによって、ターゲット物質は所定の速度でノズル62から出力される。

[0047] 制御部50は、所定の周波数でドロップレット27aが生成されるように、 piezo素子64を動作させる電気信号を、piezo素子64へ送る。piezo素子64に送られた電気信号は、所定の波形を有している。その結果、所定の周波数でドロップレット27aが生成される。

[0048] ドロップレット検出装置4aは、ドロップレット27aが検出位置Pを通過したタイミングを表す通過タイミング信号を出力する。遅延回路51は、制御部50を経由して、ドロップレット検出装置4aから出力された通過タイミング信号を受信する。

[0049] 制御部50は、予め、遅延回路51に、第1プリパルスレーザ装置3bの

目標の遅延期間のデータ、第2プリパルスレーザ装置3cの目標の遅延期間のデータ、及びメインパルスレーザ装置3aの目標の遅延期間のデータを送信する。本開示において、第1プリパルスレーザ装置3bの目標の遅延期間を第1遅延期間とする。第2プリパルスレーザ装置3cの目標の遅延期間を第2遅延期間とする。メインパルスレーザ装置3aの目標の遅延期間を第3遅延期間とする。

[0050] 第1遅延期間は、ドロップレット27aが検出位置Pを通過した後、第1プリパルスレーザ光照射領域300において、ドロップレット27aに第1プリパルスレーザ光 P_1 が照射されるように設定される。第1遅延期間は、ドロップレット27aが検出位置Pを通過したタイミングを基点として、ドロップレット27aが第1プリパルスレーザ光照射領域300に到達するタイミングまでの期間から、第1プリパルスレーザ装置3に後述する第1トリガ信号が出力されてから第1プリパルスレーザ光 P_1 が第1プリパルスレーザ光照射領域300に到達するまでの期間を差し引いた期間とされる。ドロップレット27aに第1プリパルスレーザ光 P_1 が照射されると、変形液体ターゲットが生成される。変形液体ターゲットは、図6に符号27bを付して図示する。

[0051] 第2遅延期間は、ドロップレット27aに第1プリパルスレーザ光 P_1 が照射された後、第2プリパルスレーザ光照射領域302において、変形液体ターゲットに対して第2プリパルスレーザ光 P_2 が照射されるように設定される。第2遅延期間は、ドロップレット27aが検出位置Pを通過したタイミングを基点として、変形液体ターゲットが第2プリパルスレーザ光照射領域302に到達するタイミングまでの期間から、第2プリパルスレーザ装置3cに後述する第2トリガ信号が出力されてから第2プリパルスレーザ光 P_2 が第2プリパルスレーザ光照射領域302に到達するまでの期間を差し引いた期間とされる。変形ターゲットに対して第2プリパルスレーザ光 P_2 が照射されると、フラグメントジェットターゲットが生成される。フラグメントジェットターゲットは、図5及び図6に符号27fを付して図示する。

- [0052] 第3遅延期間は、変形液体ターゲットに第2プリパルスレーザ光 P_2 が照射された後、プラズマ生成領域25において、フラグメントジェットターゲットにメインパルスレーザ光Mが照射されるように設定される。第3遅延期間は、ドロップレット27aが検出位置Pを通過したタイミングを基点として、フラグメントジェットターゲットの一部がプラズマ生成領域25へ到達するタイミングまでの期間から、メインパルスレーザ光伝送装置34aに後述する第3トリガ信号が出力されてからメインパルスレーザ光Mがプラズマ生成領域25に到達するまでの期間を差し引いた期間とされる。
- [0053] 制御部50から第1プリパルスレーザ装置3bへの設定値は、第1プリパルスレーザ光 P_1 の1パルスあたりのエネルギーや、第1プリパルスレーザ光 P_1 のパルス幅であってもよい。制御部50から第2プリパルスレーザ装置3cへの設定値は、第2プリパルスレーザ光 P_2 の1パルスあたりのエネルギーや、第2プリパルスレーザ光 P_2 のパルス幅であってもよい。制御部50からメインパルスレーザ装置3aへの設定値は、メインパルスレーザ光Mの1パルスあたりのエネルギーや、メインパルスレーザ光Mのパルス幅、メインパルスレーザ光Mのパルス波形であってもよい。
- [0054] 遅延回路51は、発光トリガ信号の受信タイミングに対して、第1遅延期間が経過したことを表す第1トリガ信号を第1プリパルスレーザ装置3bへ送信する。第1プリパルスレーザ装置3bは、第1トリガ信号に従って、第1プリパルスレーザ光 P_1 を出力する。
- [0055] 遅延回路51は、発光トリガ信号の受信タイミングに対して、第2遅延期間が経過したことを表す第2トリガ信号を第2プリパルスレーザ装置3cへ送信する。第2遅延期間は第1遅延期間を超える期間である。第2プリパルスレーザ装置3cは、第2トリガ信号に従って、第2プリパルスレーザ光 P_2 を出力する。
- [0056] 第1プリパルスレーザ光 P_1 は、P偏光として第3高反射ミラー340に入射する。第1プリパルスレーザ光 P_1 は、第3高反射ミラー340によって高い反射率で反射され、偏光子343に入射する。偏光子343は、第1プリ

パルスレーザ光 P_1 を高い透過率で透過させる。

[0057] 第2プリパルスレーザ光 P_2 は、S偏光として偏光子343に入射する。第2プリパルスレーザ光 P_2 は、偏光子343によって高い反射率で反射される。偏光子343によって反射された第2プリパルスレーザ光 P_2 の光軸は、第1プリパルスレーザ光 P_1 の光軸と一致する。

[0058] 第1プリパルスレーザ光 P_1 及び第2プリパルスレーザ光 P_2 は、第4高反射ミラー344によって、高い反射率で反射され、第2レーザ集光光学系22bに入射する。第2レーザ集光光学系22bに入射した第1プリパルスレーザ光 P_1 及び第2プリパルスレーザ光 P_2 は、それぞれ所定の集光径で集光される。

[0059] 所定の集光径に集光した第1プリパルスレーザ光 P_1 は、ドロップレット27aに照射される。ドロップレット27aに第1プリパルスレーザ光 P_1 が照射されると、変形液体ターゲットが生成される。所定の集光径に集光した第2プリパルスレーザ光 P_2 は、変形液体ターゲットに照射される。変形液体ターゲットに第2プリパルスレーザ光 P_2 が照射されると、フラグメントジェットターゲットが生成される。

[0060] 遅延回路51は、発光トリガ信号の受信タイミングに対して、第3遅延期間が経過したことを表す第3トリガ信号をメインパルスレーザ装置3aへ送信する。第3遅延期間は第2遅延期間を超える期間である。メインパルスレーザ装置3aは、第3トリガ信号に従って、メインパルスレーザ光Mを出力する。

[0061] メインパルスレーザ光Mは、第1高反射ミラー341及び第2高反射ミラー342により高い反射率で反射され、ウインドウ21を介して第1レーザ集光光学系22aに入射する。第1レーザ集光光学系22aに入射したメインパルスレーザ光Mは、所定の集光径で集光される。

[0062] 所定の集光径に集光したメインパルスレーザ光Mは、フラグメントジェットターゲットに照射される。フラグメントジェットターゲットにメインパルスレーザ光Mが照射されると、フラグメントジェットターゲットの少なくとも

も一部がプラズマ化して、そのプラズマ化したターゲット物質からEUV光が放射される。

[0063] 3. 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。

[0064] 「ドロップレット」は、チャンバの内部に出力されたターゲット物質の一形態である。

[0065] 「変形液体ターゲット」は、ドロップレットが厚みのある円盤状に変形したターゲット物質の一形態である。変形液体ターゲットは、パルスレーザ光が照射された、厚みのある円盤の中央が凹んだ形状の液滴であってもよい。

[0066] 「円盤状分散ターゲット」は、変形液体ターゲットが粉碎され、多数の微小液滴がプリパルスレーザ光の伝搬方向に対して直交する方向に、円盤状に分散したターゲット物質の一形態である。

[0067] 「3次ターゲット」は、円盤状分散ターゲットを構成する微小液滴が粉碎され、多数の微小液滴がドーム状に拡散したターゲット物質の一形態である。

[0068] 「フラグメントジェットターゲット」は、液体変形ターゲットが粉碎され、多数の微粒子がプリパルスレーザ光の伝搬方向に沿って拡散するターゲット物質の一形態である。

[0069] 「デブリ成分」は、チャンバの内部に存在するターゲット物質のフラグメントなど、EUV光の放射に寄与しない不要な粒子である。

[0070] 「フラグメントジェットターゲットの進行方向」は、フラグメントジェットターゲットを構成するターゲット物質の粒子が一体的に進行する方向である。

[0071] 「フラグメントジェットターゲットの進行方向の上流側」は、フラグメントジェットターゲットの経路における第2プリパルスレーザ光照射領域の側である。

[0072] 「フラグメントジェットターゲットの進行方向の下流側」は、フラグメントジェットターゲットの経路における第2プリパルスレーザ光照射領域の反

対側である。

[0073] 「集光径」は、ターゲットへの照射位置におけるパルスレーザ光の光路における、パルスレーザ光の光軸と直交する断面の直径であって、必ずしも集光光学系の焦点における最小集光径を意味しない。

[0074] 「レーザ光の伝搬方向」は、光路に沿って光源からターゲットへ向かう方向である。光路に光学素子が配置され、光路の向きが変えられる場合は、光源側の光学素子からターゲット側の光学素子へ向かう方向である。

[0075] 「パルスレーザ光の伝搬方向の上流側」は、光路における光源の側である。

[0076] 「パルスレーザ光の伝搬方向の下流側」は、光路における光源の反対側である。

[0077] 4. 課題

図4は比較例に係るターゲット物質の状態変化を模式的に示す図である。

図4はターゲット物質に対して第4プリパルスレーザ光 P_4 が照射された際のターゲット物質の変化、及び第4プリパルスレーザ光 P_4 が照射されたターゲット物質に対して第5プリパルスレーザ光 P_5 が照射された際のターゲット物質の変化の様子を表している。

[0078] 図4における左から右に向かう方向は時刻の経過を表している。タイミング t_0 においてドロップレット27aに対して第4プリパルスレーザ光 P_4 が照射される。例えば、第4プリパルスレーザ光 P_4 のパルス幅は1ナノ秒未満とし得る。第4プリパルスレーザ光 P_4 の周波数は100キロヘルツとし得る。

[0079] 第4プリパルスレーザ光 P_4 が照射されたドロップレット27aは、タイミング t_1 における変形液体ターゲット27bの形態を経て、タイミング t_2 において円盤状分散ターゲット27cとなる。

[0080] タイミング t_2 において円盤状分散ターゲット27cに対して第5プリパルスレーザ光 P_5 が照射されると、円盤状分散ターゲット27cを形成している微小液滴が粉碎され、タイミング t_3 において、3次ターゲット27dとなる。

。例えば、第5プリパルスレーザ光 P_5 のパルス幅は1ナノ秒以上とし得る。

[0081] 3次ターゲットは、第5プリパルスレーザ光 P_5 の伝搬方向と反対向きに凸となるドーム状に微小液滴が拡散した状態である。3次ターゲット27dを構成する微小液滴は、凸となる方向について、ほぼ等方的に拡散する。3次ターゲット27dを構成する微小液滴の拡散速度は100メートル毎秒から200メートル毎秒程度とし得る。

[0082] 3次ターゲット27dに対して、3次ターゲット27dの直径と同等の集光径を有するメインパルスレーザ光を照射すると、3次ターゲット27dはプラズマ化し、プラズマ化したターゲット物質からEUV光が放射される。図4を用いて説明したEUV光の放射は以下の課題が存在している。

[0083] [課題1]

EUV光の出力を上げるためにメインパルスレーザ光のエネルギーを上げると、EUV光への変換効率が低下してしまう。そうすると、メインパルスレーザ光のエネルギーを上げたとしても、EUV光の出力エネルギーを効果的に上げることが困難である。

[0084] [課題2]

EUV光の出力を上げようとしてドロップレットを出力させる繰り返し周波数を高くすると、ドロップレット間の距離が短くなる。そうすると、次のドロップレットに対してプラズマ化したターゲット物質が影響を与えて、次のドロップレットの位置が乱れてしまい、位置が乱れた次のドロップレットに対するプリパルスレーザ光の照射状態が不安定になる。

[0085] [課題3]

EUV光への変換効率を維持したままEUV光の出力を上げようとする場合、メインパルスレーザ光のエネルギーを上げることに伴って、ドロップレットの体積及び拡散範囲を拡大し、更にメインパルスレーザ光の集光径も拡大することが考えられる。しかし、ドロップレットの拡散範囲とメインパルスレーザ光の集光径とを拡大すると、プラズマ化したターゲット物質の膨張範囲が大きくなり、EUV光の発光サイズが大きくなる。そうすると、中間

集光点におけるエタンドュの制限を超えてしまう。

[0086] [課題 4]

ターゲット物質から生じたフラグメント等を含むデブリ成分などの粒子が E U V 集光ミラーに付着してしまい、E U V 集光ミラーの反射率を低下させてしまう。

[0087] 5. 第 1 実施形態

5. 1 構成

図 5 は第 1 実施形態に係る E U V 光生成方法が適用される E U V 光生成システムの構成を概略的に示す図である。極端紫外光生成方法は、本開示における E U V 光生成方法に相当する。

[0088] 図 5 に示した E U V 光生成システム 1 1 a は、E U V 集光ミラー 2 3 と、ターゲット供給部 2 6 と、ターゲット回収部 2 8 と、第 2 ターゲット回収部 2 8 a とを備える。

[0089] ターゲット供給部 2 6 は、第 1 プリパルスレーザ光照射領域 3 0 0 にドロップレット 2 7 a を供給するように配置される。符号 2 7 e を付した一点破線は、ドロップレット 2 7 a の経路を示している。

[0090] 図 2 に示した第 1 レーザ集光光学系 2 2 a は、図 5 に示したメインパルスレーザ光 M の伝搬方向が、第 1 プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向、及び第 2 プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向と直交するように配置される。メインパルスレーザ光 M の伝搬方向は、第 1 プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向と異なる方向とし得る。

[0091] 第 1 プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向と異なる方向は、例えば、第 1 プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向と 90° 以下の角度で交差する方向とし得る。第 1 プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向と異なる方向は、例えば、第 1 プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向と 90° を超える角度で交差する方向とし得る。

[0092] メインパルスレーザ光 M の伝搬方向は、第 2 プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向と異なる方向とし得る。第 2 プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向と異なる方向は、例えば、第 2 プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向と 90° 以下の角度

で交差する方向とし得る。第2プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向と異なる方向は、例えば、第2プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向と 90° を超える角度で交差する方向とし得る。

[0093] 第1プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向について、プラズマ生成領域25は第1プリパルスレーザ光照射領域300と所定の距離だけ離されている。第1プリパルスレーザ光照射領域300は、プラズマ生成領域25と異なる領域である。第2プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向について、プラズマ生成領域25は第2プリパルスレーザ光照射領域302と所定の距離だけ離されている。第2プリパルスレーザ光照射領域302は、プラズマ生成領域25と異なる領域である。

[0094] 第1プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向、及び第2プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向におけるプラズマ生成領域25の下流側の位置には、ターゲットを回収するための第2ターゲット回収部28aが配置される。

[0095] 5. 2 動作

図5に示したターゲット供給部26から出力されたドロップレット27aは、第1プリパルスレーザ光照射領域300に到達する。ドロップレット出力工程は、本開示における、ターゲット供給部26から第1プリパルスレーザ光照射領域300にドロップレット27aを供給する工程に相当する。第1レーザ光照射領域は、本開示における、第1プリパルスレーザ光照射領域300に相当する。

[0096] 第1プリパルスレーザ光照射領域300に到達したドロップレット27aは、第1プリパルスレーザ光 P_1 が照射される。変形液体ターゲット生成工程は、本開示における、第1プリパルスレーザ光照射領域300に到達したドロップレット27aに対して、第1プリパルスレーザ光 P_1 を照射する工程に相当する。

[0097] 第1プリパルスレーザ光 P_1 が照射されたターゲット物質である、図5に図示しない変形液体ターゲットは、第2プリパルスレーザ光照射領域302において第2プリパルスレーザ光 P_2 が照射される。本開示では、第2プリパル

スレーザ光 P_2 の伝搬方向は、第 1 プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向と同一の方向とされる。

[0098] フラグメントジェットターゲット生成工程は、本開示における、第 1 プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向と同一の方向に伝搬する第 2 プリパルスレーザ光 P_2 を変形液体ターゲットに対して照射する工程が含まれる。第 2 レーザ光照射領域は、本開示における、第 2 プリパルスレーザ光照射領域 302 に相当する。

[0099] 変形液体ターゲットに対して第 2 プリパルスレーザ光 P_2 が照射されると、フラグメントジェットターゲット 27f が生成される。フラグメントジェットターゲット生成工程は、本開示における、第 2 プリパルスレーザ光照射領域 302 に到達した変形液体ターゲットに対して、第 2 プリパルスレーザ光 P_2 を照射する工程に相当する。

[0100] フラグメントジェットターゲット 27f は、第 2 プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向に沿って進行する。フラグメントジェットターゲット 27f の少なくとも一部がプラズマ生成領域 25 に到達すると、プラズマ生成領域 25 に到達したフラグメントジェットターゲット 27f に対してメインパルスレーザ光 M が照射される。フラグメントジェットターゲット 27f にメインパルスレーザ光 M が照射されると、メインパルスレーザ光 M が照射されたフラグメントジェットターゲット 27f がプラズマ化し、プラズマ化したターゲット物質から E U V 光が放射される。

[0101] 第 3 レーザ光照射工程は、本開示における、プラズマ生成領域 25 に到達したフラグメントジェットターゲット 27f に対して、メインパルスレーザ光 M を照射する工程に相当する。

[0102] メインパルスレーザ光 M の照射後に残留するフラグメント等のデブリ成分は、第 2 ターゲット回収部 28a によって回収される。第 1 回収工程は、メインパルスレーザ光 M の照射後に残留するフラグメント等のデブリ成分を第 2 ターゲット回収部 28a によって回収する工程に相当する。第 2 レーザ光の伝搬方向におけるプラズマ生成領域の下流側に向かう粒子は、メインパル

スレーザ光Mの照射後に残留するフラグメント等のデブリ成分を含み得る。

[0103] 5. 3 ターゲット物質の状態変化

図6はターゲット物質の変化を模式的に示す図である。図6は第1プリパルスレーザ光 P_1 及び第2プリパルスレーザ光 P_2 が照射された際のターゲット物質の変化の様子、及びメインパルスレーザ光Mが照射された際のターゲット物質の変化の様子を表している。

[0104] タイミング t_0 において、ドロップレット27aに対して第1プリパルスレーザ光 P_1 が照射されると、変形液体ターゲット27bが生成される。第1プリパルスレーザ光 P_1 のパルス幅は、1.0ナノ秒以上とし得る。

[0105] 変形液体ターゲット生成工程は、ドロップレット27aに対して、1.0ナノ秒以上のパルス幅を有する第1プリパルスレーザ光 P_1 を照射する態様を含み得る。

[0106] タイミング t_0 からタイミング t_1 の期間は、変形液体ターゲット27bの少なくとも一部が液滴の状態を維持し得る期間である。液滴の状態とは、変形液体ターゲット27bの界面が単一の閉曲面を有している状態である。

[0107] 変形液体ターゲット27bは、第1プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向に所定の厚みを有し、第1プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向と直交する方向に広がった円盤状の液滴である。変形液体ターゲット27bは、第1プリパルスレーザ光 P_1 が照射された位置が凹んだ形状、及び第1プリパルスレーザ光 P_1 が照射された位置の周囲が凹んだ形状の少なくともいずれかを含み得る。

[0108] タイミング t_1 において、変形液体ターゲット27bの液滴の状態が維持されている間に、変形液体ターゲット27bに対して第2プリパルスレーザ光 P_2 が照射されると、フラグメントジェットターゲット27fが生成される。第2プリパルスレーザ光 P_2 のパルス幅は、100フェムト秒以上、1.0ナノ秒未満とし得る。

[0109] フラグメントジェットターゲット生成工程は、本開示における、変形液体ターゲット27bに対して、100フェムト秒以上、1.0ナノ秒未満のパルス幅を有する第2プリパルスレーザ光 P_2 を照射する態様を含み得る。

- [0110] 第2プリパルスレーザ光 P_2 のパルス幅の上限値は、ターゲット物質の拡散が不十分となる第2プリパルスレーザ光 P_2 のエネルギー強度の観点から決めてもよい。第2プリパルスレーザ光 P_2 のパルス幅の上限値は、ターゲット物質の一部が電離しない第2プリパルスレーザ光 P_2 のエネルギー強度の観点から決めてもよい。第2プリパルスレーザ光 P_2 のパルス幅の上限値は、ターゲット物質の膨張の期間的な制限の観点から決めてもよい。第2プリパルスレーザ光 P_2 のパルス幅の上限値は、ターゲット物質の拡散の期間的な制限の観点から決めてもよい。
- [0111] フラグメントジェットターゲット27fは、第2プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向に、フラグメントジェットターゲット27fを構成するターゲット物質の粒子がジェット状に拡散したターゲット物質の形態である。
- [0112] フラグメントジェットターゲット27fは、イオンが飛散し、イオンが消失した後のターゲット物質の形態である。イオンはドロップレット27aに対する第1プリパルスレーザ光 P_1 の照射によって発生しうる。イオンは変形液体ターゲット27bに対する第2プリパルスレーザ光 P_2 の照射によって発生しうる。
- [0113] 第3レーザ光照射工程は、本開示における、イオンが飛散し、イオンが消失した後のフラグメントジェットターゲットに対してメインパルスレーザ光Mを照射する態様を含み得る。
- [0114] 図7はフラグメントジェットターゲットを撮影した画像を示す図である。図7に示されたフラグメントジェットターゲット27fの画像は、実際に生成されたフラグメントジェットターゲット27fをあるタイミングにおいて撮像して得られている。図7における左から右へ向かう方向は、第2プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向である。図7に示すように、フラグメントジェットターゲット27fは、第2プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向について高い指向性を有している。
- [0115] 図7に示されたフラグメントジェットターゲット27fの画像を解析して得られた、フラグメントジェットターゲット27fの進行速度は、1キロメ

ートル毎秒から100キロメートル毎秒程度である。また、フラグメントジェットターゲット27fの進行方向と直交する方向の長さは100マイクロメートル程度である。フラグメントジェットターゲット27fの生成における、第1プリパルスレーザ光 P_1 のパラメータ、及びスペックの一例は以下のとおりである。

[0116] ドロップレットの直径：25マイクロメートルから30マイクロメートル

第1プリパルスレーザ光のパルス幅：6.0ナノ秒

ドロップレットの直径が25マイクロメートルの場合の第1プリパルスレーザ光のエネルギー密度：4.0ジュール毎平方センチメートル

ドロップレットの直径が30マイクロメートルの場合の第1プリパルスレーザ光のエネルギー密度：34.0ジュール毎平方センチメートル

なお、エネルギー密度はフルエンスとしてもよい。

[0117] 第1プリパルスレーザ光の集光径：250マイクロメートル

パルス幅レンジ：1.0ナノ秒から100ナノ秒

フルエンスレンジ：0.1ジュール毎平方センチメートルから100ジュール毎平方センチメートル

好ましくは、17.0ジュール毎平方センチメートルから52.0ジュール毎平方センチメートル

フラグメントジェットターゲット27fの生成における、第2プリパルスレーザ光 P_2 のパラメータ、及びスペックの一例は以下のとおりである。

[0118] 第2プリパルスレーザ光のパルス幅：14.0ピコ秒

第2プリパルスレーザ光のエネルギー密度：1.0ジュール毎平方センチメートル

第2プリパルスレーザ光の集光径：300マイクロメートル

第1プリパルスレーザ光からの遅延期間：1.0マイクロ秒

0.4マイクロ秒から1.2マイクロ秒までの任意の期間としてもよい。

[0119] パルス幅レンジ：1.0ピコ秒から500ピコ秒

フルエンスレンジ：0.1ジュール毎平方センチメートルから100ジュール

ール毎平方センチメートル

好ましくは、0.5ジュール毎平方センチメートルから6.2ジュール毎平方センチメートル

また、第1プリパルスレーザ光 P_1 及び第2プリパルスレーザ光 P_2 の波長は、例えば、同等でよく、1.06マイクロメートルでもよい。

[0120] 第2プリパルスレーザ光 P_2 のパルス幅が100フェムト秒以上50ピコ秒未満の場合、第2プリパルスレーザ光 P_2 を出力する第2プリパルスレーザ装置は、モードロックレーザをオシレータとした構成としてもよい。第2プリパルスレーザ光 P_2 のパルス幅が150ピコ秒以上の場合、第2プリパルスレーザ光 P_2 を出力する第2プリパルスレーザ装置は、半導体レーザをオシレータとした構成としてもよい。

[0121] 第2プリパルスレーザ光 P_2 のパルス幅は、1フェムト秒以上100フェムト秒未満としても、第2プリパルスレーザ光 P_2 のパルス幅が100フェムト秒以上50ピコ秒未満の場合と同様の効果が期待できる。第2プリパルスレーザ光 P_2 のパルス幅が1フェムト秒以上100フェムト秒未満の場合、第2プリパルスレーザ光 P_2 を出力する第2プリパルスレーザ装置は、再生モードロックレーザを適用し得る。第2プリパルスレーザ装置は、例えば、カーレンズモードロック方式を適用し得る。

[0122] 第1プリパルスレーザ光 P_1 のパルス幅が数ナノ秒以上、数十ナノ秒未満の場合、第1プリパルスレーザ光 P_1 を出力する第1プリパルスレーザ装置は、Qスイッチ発振を適用した構成としてもよい。第1プリパルスレーザ光 P_1 のパルス幅が数十ナノ秒以上の場合、第1プリパルスレーザ光 P_1 を出力する第1プリパルスレーザ装置は、MOPA構成を適用してもよい。

[0123] 例えば、半導体レーザやCWレーザ等をオシレータとして用い、光路上に配置された光スイッチ等でレーザ光を時間的に切り出して、所望のパルス幅を有する第1プリパルスレーザ光 P_1 を生成し得る。なお、MOPAは、Master Oscillator Power Amplifierの省略語である。CWは、Continuous Waveの省略語である。

[0124] 5. 4 メインパルスレーザ光

図8はメインパルスレーザ光の伝搬方向とフラグメントジェットターゲットの進行方向との関係を示す図である。なお、本開示におけるフラグメントジェットターゲット27fの進行方向は、図5に示した第2プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向と一致している。本開示では、フラグメントジェットターゲット27fの進行方向は、第1プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向としてもよい。

[0125] 以下、フラグメントジェットターゲット27fの進行方向は、第2プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向と読み替えてもよい。フラグメントジェットターゲット27fの進行方向は、第1プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向と読み替えてもよい。

[0126] 図8に示すように、メインパルスレーザ光Mの伝搬方向はプラスZ方向と平行方向であり、フラグメントジェットターゲット27fの進行方向に対して直交する方向である。メインパルスレーザ光Mの伝搬方向は、フラグメントジェットターゲット27fの進行方向と交差する方向とし得る。

[0127] 第3レーザ光照射工程は、本開示における、フラグメントジェットターゲット27fの進行方向に対して直交する方向に伝搬するメインパルスレーザ光Mを照射する態様を含み得る。

[0128] 図9はプラズマ生成領域におけるターゲット物質の密度とメインパルスレーザ光の照射タイミングとの関係を示す図である。図9における左から右へ向かう方向は時刻の経過を表している。第2プリパルスレーザ光 P_2 の1回の照射により生成されたフラグメントジェットターゲット27fは、初期状態において、最適密度以上のターゲット物質の密度を有している。フラグメントジェットターゲット27fの最適密度は、EUV光の生成に最適なターゲット物質の密度である。

[0129] プラズマ生成領域25において、フラグメントジェットターゲット27fに対して、メインパルスレーザ光Mの第1パルス M_a が照射されると、プラズマ生成領域25においてフラグメントジェットターゲット27fの少なくとも

も一部がプラズマ化する。プラズマ化したターゲット物質からEUV光が放射される。第1パルス M_a が照射された後、時刻の経過に従いプラズマ生成領域25におけるターゲット物質の密度が減少する。図9に示すように、プラズマ生成領域25におけるターゲット物質の密度は、最適密度未満となり得る。

[0130] フラグメントジェットターゲット27fは、フラグメントジェットターゲット27fの進行方向についてターゲット物質が高速で移動している。そうすると、プラズマ生成領域25は、フラグメントジェットターゲット27fの進行方向の上流側からターゲット物質が供給される。プラズマ生成領域25におけるターゲット物質の密度は、最適密度以上に回復し得る。

[0131] プラズマ生成領域25におけるターゲット物質の密度が最適密度以上になると、メインパルスレーザ光Mの第2パルス M_b の照射が可能となる。フラグメントジェットターゲット27fに対するメインパルスレーザ光Mの第2パルス M_b の照射後は、プラズマ生成領域25におけるターゲット物質の密度が最適密度以上になるまでの期間を経て、メインパルスレーザ光Mの第3パルス M_c の照射が可能となる。

[0132] メインパルスレーザ光Mは、時間的に連続していてもよい。時間的に連続したメインパルスレーザ光Mを照射する場合、プラズマ生成領域25におけるターゲット物質の密度は、最適密度以上を維持していてもよい。プラズマの発生によるターゲット物質の膨張によるターゲット物質の密度の低下と、フラグメントジェットターゲット27fにおけるターゲット物質の移動によるターゲット物質の密度の上昇とが釣り合っているともよい。

[0133] 第3レーザ光照射工程は、本開示における、第1メインパルスレーザ光 M_1 が照射され、プラズマ生成領域25におけるターゲット物質の密度が最適密度以上に回復する期間が空けられた後に、第2メインパルスレーザ光 M_2 が照射される態様を含み得る。

[0134] 5. 5 作用効果

メインパルスレーザ光Mの照射により、プラズマ生成領域25におけるタ

ターゲット物質の密度が低下しても、フラグメントジェットターゲット 27 f におけるターゲット物質の進行によって、ターゲット物質がプラズマ生成領域 25 へ供給される。

[0135] したがって、ターゲット物質の密度の低下による E U V 光への変換効率が低下することなく、複数のパルスを含むメインパルスレーザ光、長いパルス幅を含むメインパルスレーザ光、又は時間的に連続したメインパルスレーザ光を利用し得る。

[0136] 第 1 プリパルスレーザ光照射領域 300 とプラズマ生成領域 25 とは、所定の距離が離される。これにより、プラズマ化したターゲット物質によって後続するドロップレットの軌道が乱れることが抑制され、第 1 プリパルスレーザ光照射領域 300 におけるドロップレット 27 a の位置安定性が向上し得る。

[0137] プラズマ生成領域 25 におけるターゲット物質の密度が最適密度以上となる期間だけ離れた複数のパルスを含むパルスレーザ光をメインパルスレーザ光 M として使用し得る。これにより、E U V 光の単位時間あたりの出力エネルギーが向上し得る。また、メインパルスレーザ光 M の 1 パルスあたりの照射強度を抑えることが可能となり、プラズマ化したターゲット物質の膨張による E U V 光の集光径の拡大化を抑制し得る。

[0138] ジェット状であり、ターゲット物質が高速で進行するフラグメントジェットターゲット 27 f がプラズマ生成領域 25 に供給される。これにより、フラグメントジェットターゲット 27 f の少なくとも一部がプラズマ化した後に残留するフラグメント等のデブリ成分には、フラグメントジェットターゲット 27 f の初速が慣性として作用して、第 2 ターゲット回収部 28 a に回収し得る。したがって、E U V 集光ミラー 23 へのデブリ成分の付着を抑制し得る。

[0139] 6. 第 2 実施形態

6. 1 構成

図 10 は第 2 実施形態に係る E U V 光生成方法が適用される E U V 光生成

システムの構成を概略的に示す図である。図10に示されたEUV光生成システム11bは、チャンバ2の内部における第1プリパルスレーザ光 P_1 及び第2プリパルスレーザ光 P_2 の光路に、第1ソレノイド磁石400及び第2ソレノイド磁石402を備える。

[0140] EUV光生成システム11bは、第1ソレノイド磁石400及び第2ソレノイド磁石402を備える。第1ソレノイド磁石400及び第2ソレノイド磁石402は、第1プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向、及び第2プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向について、EUV集光ミラー23を挟んでEUV集光ミラー23の両側に配置される。

[0141] 第1ソレノイド磁石400は、第1プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向、及び第2プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向について、EUV集光ミラー23の上流側の位置に配置される。第2ソレノイド磁石402は、第1プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向、及び第2プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向について、EUV集光ミラー23の下流側の位置に配置される。

[0142] 第1ソレノイド磁石400と第2ソレノイド磁石402との間に磁場が発生する。符号404を付した破線は、第1ソレノイド磁石400と第2ソレノイド磁石402との間に発生する磁場の磁力線を表している。符号404を付した破線の矢印は磁場の向きを表している。

[0143] 第1ソレノイド磁石400は、第1プリパルスレーザ光 P_1 、第2プリパルスレーザ光 P_2 、及びターゲット物質のデブリ成分を通過させる第1貫通孔406が形成される。第2ソレノイド磁石402は、ターゲット物質のデブリ成分等の粒子を通過させることが可能な第2貫通孔408が形成される。

[0144] 第1プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向、及び第2プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向は、第1ソレノイド磁石400及び第2ソレノイド磁石402による磁場の磁場軸405と平行となる方向としてもよい。メインパルスレーザ光Mの伝搬方向は、EUV集光ミラー23の集光軸23aの向く方向と同一の方向である。

[0145] EUV光生成システム11bは、第1デブリ抑制装置414を備える。第

1 デブリ抑制装置414は、第1プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向、及び第2プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向について、ウインドウ21cと、第1ソレノイド磁石400との間の位置に配置される。

[0146] 第1プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向、及び第2プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向について、第2ソレノイド磁石402の下流側の位置には、第2ターゲット回収部28aが配置される。

[0147] 第1導入窓は、第1プリパルスレーザ光 P_1 及び第2プリパルスレーザ光 P_2 を導入するウインドウ21cに相当する。第2導入窓は、第1プリパルスレーザ光 P_1 及び第2プリパルスレーザ光 P_2 を導入するウインドウ21cに相当する。本開示において、第1導入窓と第2導入窓とは共通化されている。

[0148] 6. 2 動作

フラグメントジェットターゲット27fに対してメインパルスレーザ光Mが照射されると、ターゲット物質のデブリ成分が発生し得る。デブリ成分のうち、イオン等の荷電粒子の一部は磁力線404に沿って移動する。デブリ成分は磁場の作用によって、第2ソレノイド磁石402の第2貫通孔408の方へ誘導される。第2ソレノイド磁石402の第2貫通孔408の方へ誘導されたデブリ成分は、第2ターゲット回収部28aによって回収される。

[0149] デブリ成分のうち、中性原子やフラグメント等の電氣的に中性の粒子には、フラグメントジェットターゲット27fの初速が慣性として作用して、第2ターゲット回収部28aの方へ向かう。フラグメント等の電氣的に中性の粒子は、第2ターゲット回収部28aによって回収される。第1回収工程は、第2ターゲット回収部28aの方へ向かったデブリ成分等の粒子を回収する工程を含み得る。

[0150] 第1ソレノイド磁石400の方へ向かったデブリ成分は、第1ソレノイド磁石400の第1貫通孔406を通過し、第1デブリ抑制装置414によって回収される。磁場発生工程は、本開示における、第1ソレノイド磁石400と第2ソレノイド磁石402との間に磁場を発生させる工程に相当する。

[0151] 6. 3 デブリ抑制装置

図 1 1 は図 1 0 に示した第 1 デブリ抑制装置の構成を概略的に示す一部断面図である。図 1 1 に示した第 1 デブリ抑制装置 4 1 4 は、ガス導入部 4 2 2 と、レーザ光路管 4 2 4 と、排出管 4 2 6 とを備える。排出管 4 2 6 は第 1 排出口 4 2 8 と連通する。レーザ光路管 4 2 4 は導入口 4 3 0 と連通している。

[0152] 符号 4 3 2 を付した矢印付きの曲線は、ガス導入部 4 2 2 からレーザ光路管 4 2 4 へ導入されたガスの流れを表している。符号 4 3 4 を付した矢印付きの曲線は、EUV 集光ミラー 2 3 の側から第 1 デブリ抑制装置 4 1 4 の側へ向かうガスの流れを表している。

[0153] 図 1 1 に示した第 1 デブリ抑制装置 4 1 4 は、レーザ光路管 4 2 4 の導入口 4 3 0 の側に第 1 排出口 4 2 8 が配置されているが、第 1 排出口 4 2 8 は図 1 1 に示した配置に限定されない。第 1 排出口 4 2 8 は、ガス導入部 4 2 2 から導入されるガスの進行方向が、第 1 プリパルスレーザ光 P_1 及び第 2 プリパルスレーザ光 P_2 を導入するウィンドウ 2 1 c から遠ざかる方へ向く配置であればよい。第 1 排出口 4 2 8 にはポンプ等、不図示の排気装置が接続されてもよい。

[0154] 図 1 1 には、2つのガス導入部 4 2 2 が図示されているが、3つ以上のガス導入部 4 2 2 を備えてもよい。ガス導入部 4 2 2 は、ウィンドウ 2 1 c の周囲に配置されたリング状のスリットを備えていてもよい。

[0155] チャンバ 2 の内部に拡散した粒子のうち、第 1 ソレノイド磁石 4 0 0 の方へ向かったデブリ成分の粒子の少なくとも一部は、チャンバ 2 の内部のガスの流れによって、ウィンドウ 2 1 c の方へ向かい、レーザ光路管 4 2 4 の内部へ流入する。チャンバ 2 の内部に拡散した粒子は、イオン等の荷電粒子を含み得る。チャンバ 2 の内部に拡散した粒子は、チャンバ 2 の内部のガス中に拡散した中性原子や、フラグメント等の電氣的に中性の粒子を含み得る。

[0156] 第 1 デブリ抑制装置 4 1 4 は、ガス導入部 4 2 2 からレーザ光路管 4 2 4 へ向かう方向へガスを導入する。ガス導入部 4 2 2 から導入されたガスのレーザ光路管 4 2 4 の内部における圧力は、レーザ光路管 4 2 4 の内部に流入

したデブリ成分等の粒子が、レーザ光路管 4 2 4 の内部において静止する圧力とし得る。または、ガス導入部 4 2 2 から導入されたガスのレーザ光路管 4 2 4 の内部における圧力は、レーザ光路管 4 2 4 の内部に流入したデブリ成分等の粒子が、レーザ光路管 4 2 4 の内部におけるガスの流れによって第 1 排出口 4 2 8 へ流される圧力とし得る。

[0157] 導入口 4 3 0 を介してレーザ光路管 4 2 4 の内部に流入したデブリ成分等の粒子は、レーザ光路管 4 2 4 の内部において静止し、第 1 排出口 4 2 8 から排出される。第 2 回収工程は、本開示における、第 1 デブリ抑制装置を用いて、ウインドウ 2 1 c の方へ向かう粒子を回収する工程に相当する。

[0158] 6. 4 作用・効果

第 1 プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向、及び第 2 プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向について、EUV 集光ミラー 2 3 の上流側の位置に第 1 ソレノイド磁石 4 0 0 を配置する。また、EUV 集光ミラー 2 3 の下流側の位置に第 2 ソレノイド磁石 4 0 2 を配置する。第 1 プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向、及び第 2 プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向と平行方向を向く磁場を発生させる。これにより、ターゲット物質を回収するための第 2 ターゲット回収部 2 8 a を用いて、第 1 プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向、及び第 2 プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向に進行するデブリ成分等の粒子を回収し得る。

[0159] 第 1 プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向、及び第 2 プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向について、EUV 集光ミラー 2 3 の上流側の位置に第 1 デブリ抑制装置 4 1 4 が配置される。これにより、ウインドウ 2 1 c の方へ流入したデブリ成分等の粒子を回収し得る。

[0160] 7. 第 3 実施形態

7. 1 構成

図 1 2 は第 3 実施形態に係る EUV 光生成方法が適用される EUV 光生成システムの構成を概略的に示す図である。図 1 2 に示した EUV 光生成システム 1 1 c は、EUV 集光ミラー 2 3 の中央部に設けられた貫通孔 2 4 を介して、第 1 プリパルスレーザ光 P_1 及び第 2 プリパルスレーザ光 P_2 を照射す

る、図示しないレーザ装置を備える。図 1 2 に示した E U V 光生成システム 1 1 c は、第 1 プリパルスレーザ光 P_1 及び第 2 プリパルスレーザ光 P_2 を伝送する、図示しないプリパルスレーザ光伝送装置を備える。

[0161] また、図 1 2 に示した E U V 光生成システム 1 1 c は、第 1 メインパルスレーザ光 M_1 及び第 2 メインパルスレーザ光 M_2 を照射する、図示しないレーザ装置、及び図示しないメインパルスレーザ光伝送装置を備える。第 1 メインパルスレーザ光 M_1 及び第 2 メインパルスレーザ光 M_2 は、互いに異なる方向から入射する複数のメインパルスレーザ光 M である。

[0162] 第 1 メインパルスレーザ光 M_1 及び第 2 メインパルスレーザ光 M_2 は、一台のレーザ装置から出力されてもよいし、異なるレーザ装置から出力されてもよい。第 1 メインパルスレーザ光 M_1 の伝搬方向、及び第 2 メインパルスレーザ光 M_2 の伝搬方向は、フラグメントジェットターゲット 2 7 f の進行方向と直交する方向である。第 1 メインパルスレーザ光 M_1 の伝搬方向、及び第 2 メインパルスレーザ光 M_2 の伝搬方向は、フラグメントジェットターゲット 2 7 f の進行方向と 90° 以下の角度で交差してもよいし、 90° を超える角度で交差してもよい。

[0163] 第 1 メインパルスレーザ光 M_1 の伝搬方向と、第 2 メインパルスレーザ光 M_2 の伝搬方向とは、反対向きの平行方向でもよい。第 1 メインパルスレーザ光 M_1 の伝搬方向と、第 2 メインパルスレーザ光 M_2 の伝搬方向とは、交差する方向でもよい。第 1 メインパルスレーザ光 M_1 及び第 2 メインパルスレーザ光 M_2 は、プラズマ生成領域 2 5 のフラグメントジェットターゲット 2 7 f の進行方向における同一の位置に照射されてもよいし、異なる位置に照射されてもよい。

[0164] 第 1 メインパルスレーザ光 M_1 及び第 2 メインパルスレーザ光 M_2 は、フラグメントジェットターゲット 2 7 f に対して同時に照射されてもよい。第 2 メインパルスレーザ光 M_2 は、第 1 メインパルスレーザ光 M_1 との間に、第 1 メインパルスレーザ光 M_1 のパルス幅未満の遅延時間が存在してもよい。

[0165] 第 1 メインパルスレーザ光 M_1 及び第 2 メインパルスレーザ光 M_2 は、プラ

ズマ生成領域 25 におけるビームプロファイルが同一であってもよいし、プラズマ生成領域 25 におけるビームプロファイルが異なってもよい。

[0166] 第 1 メインパルスレーザ光 M_1 及び第 2 メインパルスレーザ光 M_2 は、プラズマ生成領域 25 における集光径が同一であってもよいし、プラズマ生成領域 25 における集光径が異なってもよい。

[0167] 7. 2 動作

貫通孔 24 を通過した第 1 プリパルスレーザ光 P_1 がドロップレット 27 a に照射され、第 2 プリパルスレーザ光 P_2 が、図示しない変形液体ターゲットに照射されると、プラス Z 方向に進行するフラグメントジェットターゲット 27 f が生成される。

[0168] プラス Z 方向に進行するフラグメントジェットターゲット 27 f は、第 1 メインパルスレーザ光 M_1 及び第 2 メインパルスレーザ光 M_2 が照射され、フラグメントジェットターゲット 27 f の少なくとも一部がプラズマ化する。プラズマ化したターゲット物質から E U V 光が放射される。

[0169] 第 3 レーザ光照射工程は、本開示における、フラグメントジェットターゲット 27 f に対して、第 1 メインパルスレーザ光 M_1 及び第 2 メインパルスレーザ光 M_2 を照射する態様を含み得る。

[0170] 7. 3 作用・効果

複数のメインパルスレーザ光である、第 1 メインパルスレーザ光 M_1 及び第 2 メインパルスレーザ光 M_2 が、互いに異なる方向からフラグメントジェットターゲット 27 f に対して照射される。これにより、プラズマ生成領域 25 における E U V 光の放射が均一化される。

[0171] 第 1 メインパルスレーザ光 M_1 及び第 2 メインパルスレーザ光 M_2 のそれぞれの出力を上げることなく、メインパルスレーザ光 M のトータルの出力を上げることが可能となり、E U V 光の出力が向上し得る。

[0172] 第 1 メインパルスレーザ光 M_1 及び第 2 メインパルスレーザ光 M_2 のそれぞれの出力を抑えることができ、メインパルスレーザ光 M の光学系の熱的な変動、劣化、及び損傷の少なくともいずれかを抑制しうる。

[0173] 7. 4 変形例

図13は第3実施形態の変形例に係るEUV光生成方法が適用されるEUV光生成システムの構成を概略的に示す図である。図13に示したEUV光生成システム11dは、5本のメインパルスレーザ光Mが使用される。図13の紙面裏面から表面を貫く方向は、フラグメントジェットターゲット27fの進行方向である。図13の紙面裏面から表面を貫く方向は、プラスZ方向である。

[0174] EUV光生成システム11dは、第6レーザ装置500、第7レーザ装置502、第8レーザ装置504、第9レーザ装置506及び第10レーザ装置508を備える。EUV光生成システム11dは、第6メイン光伝送装置510、第7メイン光伝送装置512、第8メイン光伝送装置514、第9メイン光伝送装置516、及び第10メイン光伝送装置518を備える。第6メイン光伝送装置510から第10メイン光伝送装置518のそれぞれは、1つ以上の位置調整ミラー、及び1つ以上の集光光学系の少なくともいずれかを備える。

[0175] 例えば、第6メイン光伝送装置510は、位置調整ミラー510aと、集光光学系510bとを備える。なお、第7メイン光伝送装置512、第8メイン光伝送装置514、第9メイン光伝送装置516、及び第10メイン光伝送装置518の位置調整ミラー及び集光光学系の符号の図示を省略する。

[0176] 第6メイン光伝送装置510は、第6レーザ装置500から出力した第6メインパルスレーザ光M₆をプラズマ生成領域25に集光させる。第7メイン光伝送装置512は、第7レーザ装置502から出力した第7メインパルスレーザ光M₇をプラズマ生成領域25に集光させる。第8メイン光伝送装置514は、第8レーザ装置504から出力した第8メインパルスレーザ光M₈をプラズマ生成領域25に集光させる。

[0177] 第9メイン光伝送装置516は、第9レーザ装置506から出力した第9メインパルスレーザ光M₉をプラズマ生成領域25に集光させる。第10メイン光伝送装置518は、第10レーザ装置508から出力した第10メイン

パルスレーザ光 M_{10} をプラズマ生成領域25に集光させる。

[0178] EUV光生成システム11dは、第6ダンパ520、第7ダンパ522、第8ダンパ524、第9ダンパ526及び第10ダンパ528を備えてもよい。第6ダンパ520は、第6メインパルスレーザ光 M_6 の伝搬方向について、プラズマ生成領域25を挟んで第6メイン光伝送装置510の反対側に配置される。

[0179] 第6ダンパ520は、チャンバ2の内壁に配置されてもよいし、チャンバ2の内壁に配置されたウインドウを挟んで、チャンバ2の外側に配置されてもよい。第7ダンパ522、第8ダンパ524、第9ダンパ526及び第10ダンパ528は、第6ダンパ520と同様の配置を適用し得る。

[0180] 第6ダンパ520は、ターゲット物質に照射されずにプラズマ生成領域25を通過した第6メインパルスレーザ光 M_6 を吸収する。第7ダンパ522、第8ダンパ524、第9ダンパ526及び第10ダンパ528は、第6ダンパ520と同様の機能を有している。

[0181] 第3レーザ光照射工程は、本開示における、フラグメントジェットターゲット27fに対して、第6メインパルスレーザ光 M_6 から第10メインパルスレーザ光 M_{10} を照射する態様を含み得る。

[0182] 8. 第4実施形態

8. 1 構成

図14は第4実施形態に係るEUV光生成方法が適用されるEUV光生成システムの構成を概略的に示す一部断面図である。図14に示したEUV光生成システム11eは、図5等にしたEUV集光ミラー23に代わり、斜入射集光器600を備える。斜入射集光器600は、公知の構成を採用し得る。

[0183] EUV光生成システム11eは、デブリトラップ機構602と、第2デブリ回収部604とを備える。デブリトラップ機構602は、ベッセル2aの内部に配置される。デブリトラップ機構602は、フラグメントジェットターゲット27fの進行方向について、プラズマ生成領域25と斜入射集光器

600との間に配置される。

[0184] デブリトラップ機構602は、公知の構成を採用し得る。なお、EUV光生成システム11eにおけるフラグメントジェットターゲット27fの進行方向は、マイナスZ方向である。

[0185] 第2デブリ回収部604は、フラグメントジェットターゲット27fの進行方向におけるプラズマ生成領域25の下流側の位置に配置される。第2デブリ回収部604は、ベッセル2aの反対側に第2排出口606が備えられている。

[0186] EUV光生成システム11eは、ベッセル2aの内部にガスを導入する、図示しないガス導入部を備える。ベッセル2aの内部のガスの流れ方向は、中間集光点292の側から第2デブリ回収部604の側へ向かう方向である。符号610を付した矢印線はベッセル2aの内部のガスの流れ方向である。

[0187] EUV光生成システム11eは、第1プリパルスレーザ光 P_1 及び第2プリパルスレーザ光 P_2 を出力するレーザ装置、及び第2プリパルスレーザ光伝送装置34dを備える。第1プリパルスレーザ光 P_1 及び第2プリパルスレーザ光 P_2 は、第2プリパルスレーザ光伝送装置34dを介して、中間集光点292の側から第2デブリ回収部604の側に向かって入射する。第2プリパルスレーザ光伝送装置34dは、ベッセル2aの内部に配置される。

[0188] EUV光生成システム11eは、第1プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向、及び第2プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向と直交する方向を伝搬方向とするメインパルスレーザ光Mを出力するレーザ装置を備える。メインパルスレーザ光Mの伝搬方向は、第1プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向、及び第2プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向と 90° 以下の角度で交差してもよいし、 90° を超える角度で交差してもよい。

[0189] 8. 2 動作

フラグメントジェットターゲット27fの少なくとも一部がプラズマ化した後のデブリ成分等の粒子の一部には、フラグメントジェットターゲット2

7 f の初速が慣性として作用して第2デブリ回収部604の方へ向かい、第2デブリ回収部604によって回収される。第2デブリ回収部604の方へ向かわないデブリ成分等の粒子の一部は、デブリトラップ機構602によって回収される。

[0190] 第2デブリ回収部604の方へ向かわないデブリ成分等の粒子の一部は、ベッセル2aの内部のガスの流れが作用して第2デブリ回収部604の方へ流される。第2デブリ回収部604の方へ流されたデブリ成分等の粒子の一部であり、デブリトラップ機構602の方へ向かわないデブリ成分等の粒子の一部は、第2デブリ回収部604によって回収される。第2デブリ回収部604によって回収されたデブリ成分等の粒子は、第2排出口606を介してベッセル2aの外部へ排出される。

[0191] 変形液体ターゲット生成工程は、本開示における、斜入射集光器600を挟んで第1プリパルスレーザ光照射領域300の反対側から、ドロップレット27aに対して第1プリパルスレーザ光 P_1 を照射する態様を含み得る。

[0192] フラグメントジェットターゲット生成工程は、本開示における、斜入射集光器600を挟んで第2プリパルスレーザ光照射領域302の反対側から、変形液体ターゲットに対して第2プリパルスレーザ光 P_2 を照射する態様を含み得る。

[0193] 第3レーザ光照射工程は、本開示における、第2プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向における、斜入射集光器600の下流側のプラズマ生成領域25に到達したフラグメントジェットターゲット27fに対してメインパルスレーザ光Mを照射する態様を含み得る。第1回収工程は、本開示における、第2デブリ回収部604によりデブリ成分を回収する工程を含み得る。

[0194] 8. 3 作用・効果

EUV集光ミラー23に代わり斜入射集光器600を備える。ベッセル2aの内部において、中間集光点292及び斜入射集光器600の側からプラズマ生成領域25の側へ向かう流れ方向のガスを供給する。これにより、フラグメントジェットターゲット27fの進行方向と、ベッセル2aの内部の

ガスの流れの方向とが、斜入射集光器 600 からデブリ成分を遠ざける方向とされ、デブリ成分等の粒子が斜入射集光器 600 の方へ向かうことを抑制し得る。

[0195] 第 2 デブリ回収部 604 に第 2 排出口 606 を備えるので、デブリ成分等の粒子をベッセル 2 a の外部へ排出させる排出口と、ベッセル 2 a の内部のガスを排出する排出口とを共通化し得る。

[0196] 9. 第 5 実施形態

9. 1 構成

図 15 は第 5 実施形態に係る E U V 光生成方法が適用される E U V 光生成システムの構成を概略的に示す一部断面図である。図 15 に示した E U V 光生成システム 11 f は、E U V 光発生部 700 と、フラグメントジェットターゲット生成部 702 とを備える。

[0197] フラグメントジェットターゲット生成部 702 は、ターゲット供給部 26 と、ターゲット回収部 28 と、ウィンドウ 21 c と、第 2 デブリ抑制装置 710 と、ダイバージェンス調整装置 712 と、パルス切出装置 714 とを備える。

[0198] ダイバージェンス調整装置 712 と、パルス切出装置 714 とは、フラグメントジェットターゲット 27 f の進行方向における第 1 プリパルスレーザ光照射領域 300 の下流側の位置に配置される。ダイバージェンス調整装置 712 と、パルス切出装置 714 とは、フラグメントジェットターゲット 27 f の進行方向の上流側からダイバージェンス調整装置 712、パルス切出装置 714 の順に配置される。

[0199] フラグメントジェットターゲット生成部 702 は、ターゲット出力部 716 を備える。ターゲット出力部 716 は、パルス状の第 3 フラグメントジェットターゲット 27 h を出力する。第 3 フラグメントジェットターゲット 27 h は、フラグメントジェットターゲット 27 f の進行方向について所定の長さに切り出される。フラグメントジェットターゲット 27 f の所定の長さは、フラグメントジェットターゲット 27 f が生成された際の長さ未満とさ

れる。

[0200] E U V 光発生部 7 0 0 は、ベッセル 2 b と、ウインドウ 2 1 と、E U V 集光ミラー 2 3 と、第 2 ターゲット回収部 2 8 a とを備える。E U V 光発生部 7 0 0 は、フラグメントジェットターゲット生成部 7 0 2 から出力された第 3 フラグメントジェットターゲット 2 7 h を導入するターゲット導入部 7 2 0 を備える。

[0201] 9. 2 動作

フラグメントジェットターゲット生成部 7 0 2 において、ドロップレット 2 7 a に対して第 1 プリパルスレーザ光 P_1 及び第 2 プリパルスレーザ光 P_2 を照射して、フラグメントジェットターゲット 2 7 f を生成する。フラグメントジェットターゲット 2 7 f は、第 1 プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向、及び第 2 プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向に沿って進行する。

[0202] 第 2 デブリ抑制装置 7 1 0 は、ウインドウ 2 1 c の方へ向かうデブリ成分等の粒子を回収する。ダイバージェンス調整装置 7 1 2 は、フラグメントジェットターゲット 2 7 f の集光径の方向への拡散を抑制する。集光径の方向への拡散が抑制された第 2 フラグメントジェットターゲット 2 7 g は、第 1 プリパルスレーザ光 P_1 の伝搬方向、及び第 2 プリパルスレーザ光 P_2 の伝搬方向に沿って進行する。

[0203] パルス切出装置 7 1 4 は、第 2 フラグメントジェットターゲット 2 7 g の進行方向について、フラグメントジェットターゲット 2 7 f を所定の長さに切り出し、パルス状の第 3 フラグメントジェットターゲット 2 7 h を生成する。第 3 フラグメントジェットターゲット 2 7 h は、ターゲット出力部 7 1 6 及びターゲット導入部 7 2 0 を介して E U V 光発生部 7 0 0 へ導入される。

[0204] E U V 光発生部 7 0 0 へ導入された第 3 フラグメントジェットターゲット 2 7 h がプラズマ生成領域 2 5 へ到達すると、第 3 フラグメントジェットターゲット 2 7 h に対してメインパルスレーザ光 M が照射される。第 3 フラグメントジェットターゲット 2 7 h に対してメインパルスレーザ光 M が照射さ

れると、第3フラグメントジェットターゲット27hの少なくとも一部がプラズマ化し、プラズマ化したターゲット物質からEUV光が放射される。

[0205] なお、ダイバージェンス調整装置712及びパルス切出装置714が省略され、フラグメントジェットターゲット27fがEUV光発生部700へ導入されてもよい。

[0206] 第3フラグメントジェットターゲット27hがプラズマ化した際に発生したデブリ成分には、フラグメントジェットターゲット27fの初速が慣性として作用して第2ターゲット回収部28aの方へ向かう。第2ターゲット回収部28aの方へ向かったデブリ成分は、第2ターゲット回収部28aによって回収される。第1回収工程は、第2ターゲット回収部28aの方へ向かったデブリ成分等の粒子を回収する工程を含み得る。

[0207] 変形液体ターゲット生成工程は、本開示における、プラズマ生成領域25と分離された第1プリパルスレーザ光照射領域300に到達したドロップレット27aに対して第1プリパルスレーザ光 P_1 を照射する態様を含み得る。

[0208] フラグメントジェットターゲット生成工程は、本開示における、プラズマ生成領域25と分離された第2プリパルスレーザ光照射領域302に到達した変形液体ターゲットに対して第2プリパルスレーザ光 P_2 を照射する態様を含み得る。

[0209] ダイバージェンス調整工程は、本開示における、ダイバージェンス調整装置712によるフラグメントジェットターゲット27fの集光径の方向への拡散が抑制された第2フラグメントジェットターゲット27gを生成する工程に相当する。

[0210] 切出工程は、本開示における、パルス切出装置714による、第2フラグメントジェットターゲット27gを所定の長さに切り出し、第3フラグメントジェットターゲット27hを生成する工程に相当する。

[0211] 9. 3 作用・効果

EUV発生部とフラグメントジェットターゲット生成部702とを空間的に分離する。これにより、ドロップレット27a、ターゲット回収部28か

ら跳ね返った粒子、及びフラグメントジェットターゲット 27 f が生成される際に発生したデブリ成分による E U V 集光ミラー 23 の汚染を抑制し得る。

[0212] ターゲット供給部 26 から第 1 プリパルスレーザ光照射領域 300 までの距離が短縮化され、第 1 プリパルスレーザ光照射領域 300 におけるドロップレット 27 a の位置安定性が向上し得る。

[0213] ダイバージェンス調整装置 712 を備えることにより、フラグメントジェットターゲット 27 f の直径方向への拡散を抑制し得る。パルス切出装置 714 を備えることにより、フラグメントジェットターゲット 27 f の進行方向におけるフラグメントジェットターゲット 27 f の長さを調整し得る。これにより、E U V 光の放射に寄与しないターゲットの成分のプラズマ生成領域 25 への進入が抑制され、フラグメントジェットターゲット 27 f の少なくとも一部がプラズマ化した後のデブリ成分の発生を抑制し得る。

[0214] 上記の説明は、制限ではなく単なる例示を意図している。したがって、添付の特許請求の範囲を逸脱することなく本開示の実施形態に変更を加えることができることは、当業者には明らかであろう。

[0215] 本明細書及び添付の特許請求の範囲全体で使用される用語は、「限定的でない」用語と解釈されるべきである。例えば、「含む」又は「含まれる」という用語は、「含まれるものとして記載されたものに限定されない」と解釈されるべきである。「有する」という用語は、「有するものとして記載されたものに限定されない」と解釈されるべきである。また、本明細書、及び添付の特許請求の範囲に記載される不定冠詞「1つの」は、「少なくとも1つ」又は「1又はそれ以上」を意味すると解釈されるべきである。

請求の範囲

- [請求項1] プラズマ生成領域と異なる領域である第1レーザ光照射領域にドロップレットを出力するドロップレット出力工程と、
- 前記ドロップレット出力工程において出力された前記ドロップレットであり、前記第1レーザ光照射領域に到達した前記ドロップレットに対して、第1レーザ光を照射して変形液体ターゲットを生成する変形液体ターゲット生成工程と、
- 前記変形液体ターゲット生成工程において生成された前記変形液体ターゲットであり、前記プラズマ生成領域と異なる領域である第2レーザ光照射領域に到達した前記変形液体ターゲットに対して、第2レーザ光を照射してフラグメントジェットターゲットを生成するフラグメントジェットターゲット生成工程と、
- 前記フラグメントジェットターゲット生成工程において生成された前記フラグメントジェットターゲットであり、前記プラズマ生成領域に到達した前記フラグメントジェットターゲットの少なくとも一部に対して、前記第2レーザ光の伝搬方向と交差する方向に伝搬する第3レーザ光を照射する第3レーザ光照射工程と、
- を含む極端紫外光生成方法。
- [請求項2] 請求項1に記載の極端紫外光生成方法であって、
- 前記第3レーザ光照射工程は、前記変形液体ターゲット生成工程及び前記フラグメントジェットターゲット生成工程の少なくともいずれか一方の工程において発生したイオンが飛散した後に、前記プラズマ生成領域に到達した前記フラグメントジェットターゲットに対して前記第3レーザ光を照射する極端紫外光生成方法。
- [請求項3] 請求項1に記載の極端紫外光生成方法であって、
- 前記第3レーザ光照射工程は、前記フラグメントジェットターゲットの進行方向と直交する方向に伝搬する前記第3レーザ光を前記フラグメントジェットターゲットに対して照射する極端紫外光生成方法。

- [請求項4] 請求項1に記載の極端紫外光生成方法であって、
前記フラグメントジェットターゲット生成工程は、前記第1レーザ光の伝搬方向と同一の方向に伝搬する前記第2レーザ光を前記変形液体ターゲットに対して照射する極端紫外光生成方法。
- [請求項5] 請求項1に記載の極端紫外光生成方法であって、
前記フラグメントジェットターゲット生成工程は、前記第1レーザ光照射領域と少なくとも一部が重なる前記第2レーザ光照射領域に到達した前記変形液体ターゲットに対して、第2レーザ光を照射する極端紫外光生成方法。
- [請求項6] 請求項1に記載の極端紫外光生成方法であって、
前記変形液体ターゲット生成工程は、1ナノ秒以上のパルス幅を有する前記第1レーザ光を前記ドロップレットに対して照射する極端紫外光生成方法。
- [請求項7] 請求項1に記載の極端紫外光生成方法であって、
前記フラグメントジェットターゲット生成工程は、100フェムト秒以上1ナノ秒未満のパルス幅を有する前記第2レーザ光を前記変形液体ターゲットに対して照射する極端紫外光生成方法。
- [請求項8] 請求項1に記載の極端紫外光生成方法であって、
前記第2レーザ光の伝搬方向における前記プラズマ生成領域の下流側に向かう粒子を回収する第1回収工程を含む極端紫外光生成方法。
- [請求項9] 請求項1に記載の極端紫外光生成方法であって、
前記第3レーザ光照射工程は、前記第2レーザ光の1回の照射によって生成された前記フラグメントジェットターゲットに対して、前記フラグメントジェットターゲットにおけるターゲット物質の密度が極端紫外光の生成に適した密度以上となるように、前記フラグメントジェットターゲットの進行速度に応じて期間を空けて複数の前記第3レーザ光を照射する極端紫外光生成方法。
- [請求項10] 請求項1に記載の極端紫外光生成方法であって、

前記プラズマ生成領域に前記第2レーザ光の伝搬方向と平行方向の磁場軸を有する磁場を発生させる磁場発生工程を含む極端紫外光生成方法。

[請求項11] 請求項1に記載の極端紫外光生成方法であって、
前記第1レーザ光を導入する第1導入窓、及び前記第2レーザ光を導入する第2導入窓の少なくともいずれかに向かう粒子を回収する第2回収工程を含む極端紫外光生成方法。

[請求項12] 請求項1に記載の極端紫外光生成方法であって、
前記第3レーザ光照射工程は、前記プラズマ生成領域において互いに交差する方向に伝搬する複数の前記第3レーザ光を前記フラグメントジェットターゲットに対して照射する極端紫外光生成方法。

[請求項13] 請求項1に記載の極端紫外光生成方法であって、
前記変形液体ターゲット生成工程は、前記第1レーザ光の伝搬方向について、斜入射集光器を挟んで前記第1レーザ光照射領域の反対側から前記第1レーザ光を照射し、
前記フラグメントジェットターゲット生成工程は、前記第2レーザ光の伝搬方向について、前記斜入射集光器を挟んで前記第2レーザ光照射領域の反対側から前記第2レーザ光を照射し、
前記第3レーザ光照射工程は、前記第2レーザ光の伝搬方向における前記斜入射集光器の下流側の前記プラズマ生成領域に到達した前記フラグメントジェットターゲットの少なくとも一部に対して前記第3レーザ光を照射する極端紫外光生成方法。

[請求項14] 請求項1に記載の極端紫外光生成方法であって、
前記変形液体ターゲット生成工程は、前記プラズマ生成領域と分離された前記第1レーザ光照射領域に到達した前記ドロップレットに対して前記第1レーザ光を照射し、
前記フラグメントジェットターゲット生成工程は、前記プラズマ生成領域と分離された前記第2レーザ光照射領域に到達した前記変形液

体ターゲットに対して前記第2レーザ光を照射する極端紫外光生成方法。

[請求項15] 請求項14に記載の極端紫外光生成方法であって、
前記フラグメントジェットターゲット生成工程において生成された前記フラグメントジェットターゲットの直径方向への拡散が抑制された第2フラグメントジェットターゲットを生成するダイバージェンス調整工程を含む極端紫外光生成方法。

[請求項16] 請求項14に記載の極端紫外光生成方法であって、
前記フラグメントジェットターゲット生成工程において生成された前記フラグメントジェットターゲットの、前記フラグメントジェットターゲットの進行方向における長さが、生成された際の長さ未満の長さに切り出された第3フラグメントジェットターゲットを生成する切出工程を含む極端紫外光生成方法。

[請求項17] 請求項1に記載の極端紫外光生成方法であって、
前記ドロップレット出力工程は、直径が25マイクロメートル以上30マイクロメートル以下のドロップレットを出力する極端紫外光生成方法。

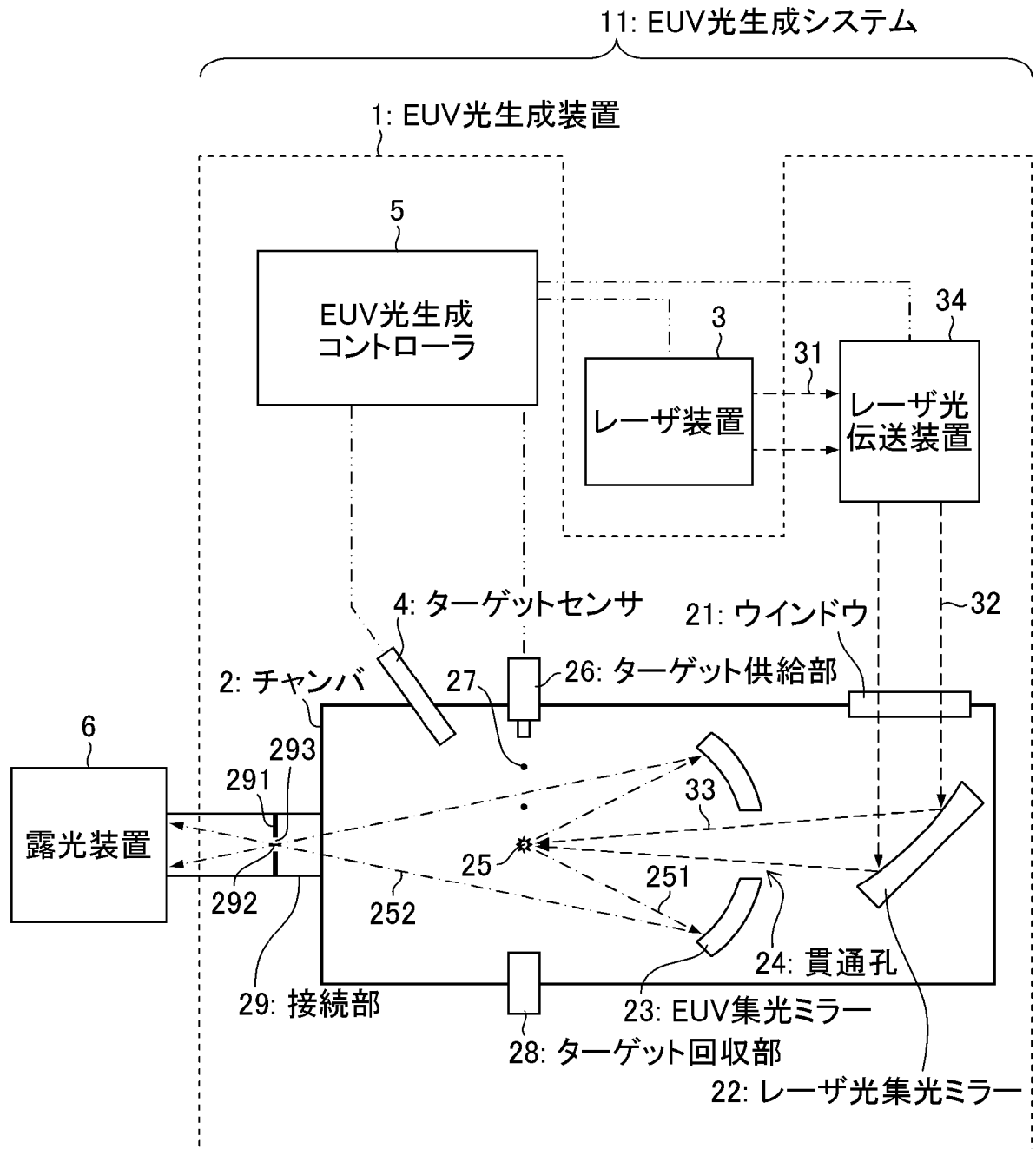
[請求項18] 請求項1に記載の極端紫外光生成方法であって、
前記変形液体ターゲット生成工程は、フルエンスが17.0ジュール毎平方センチメートル以上52.0ジュール毎平方センチメートル以下の前記第1レーザ光を前記ドロップレットに対して照射する極端紫外光生成方法。

[請求項19] 請求項1に記載の極端紫外光生成方法であって、
前記フラグメントジェットターゲット生成工程は、前記第1レーザ光からの遅延期間が0.4マイクロ秒以上1.2マイクロ秒以下の前記第2レーザ光を前記変形液体ターゲットに対して照射する極端紫外光生成方法。

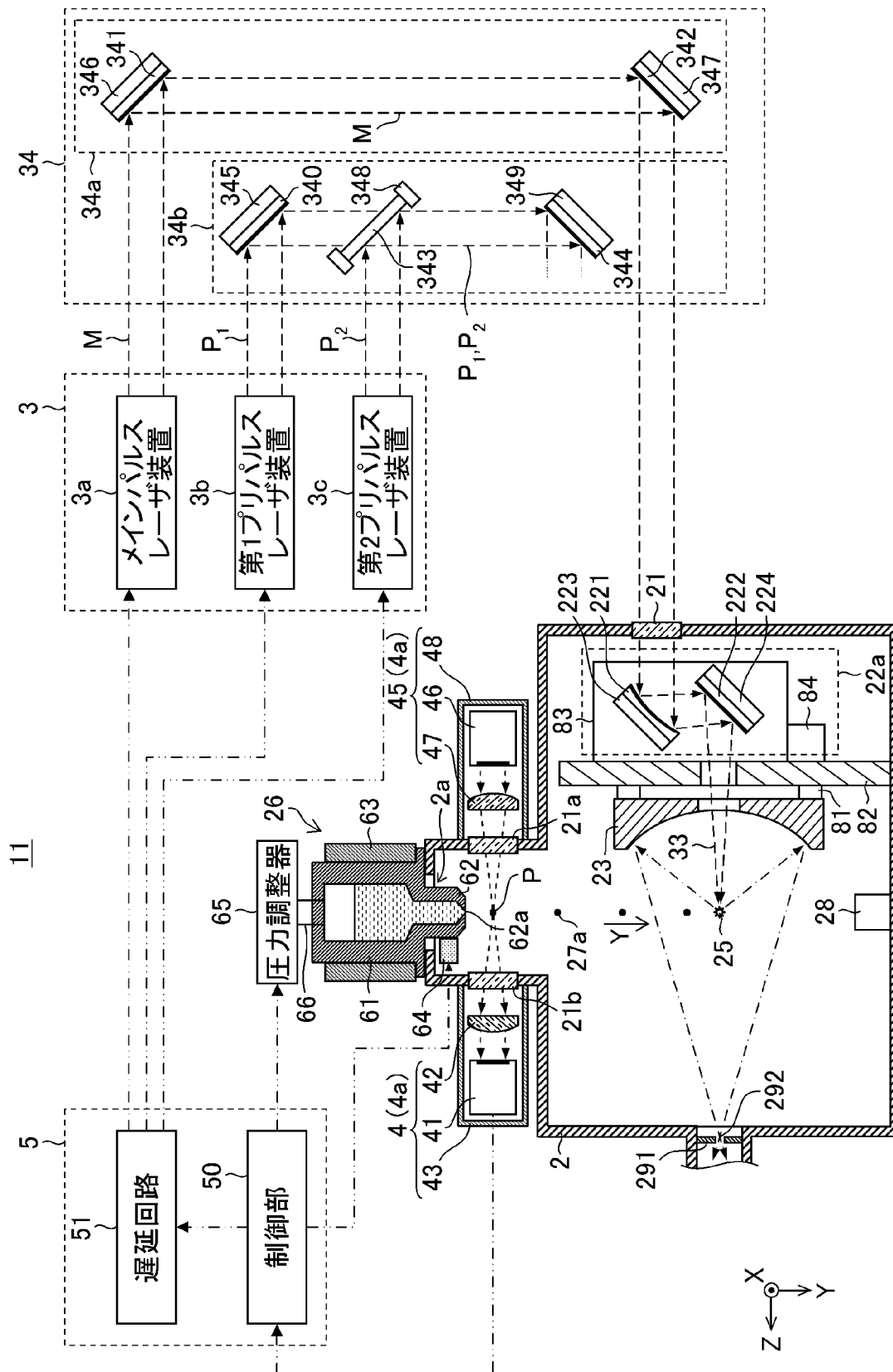
[請求項20] 請求項1に記載の極端紫外光生成方法であって、

前記フラグメントジェットターゲット生成工程は、フルエンスが0.5ジュール毎平方センチメートル以上6.2ジュール毎平方センチメートル以下の前記第2レーザ光を前記変形液体ターゲットに対して照射する極端紫外光生成方法。

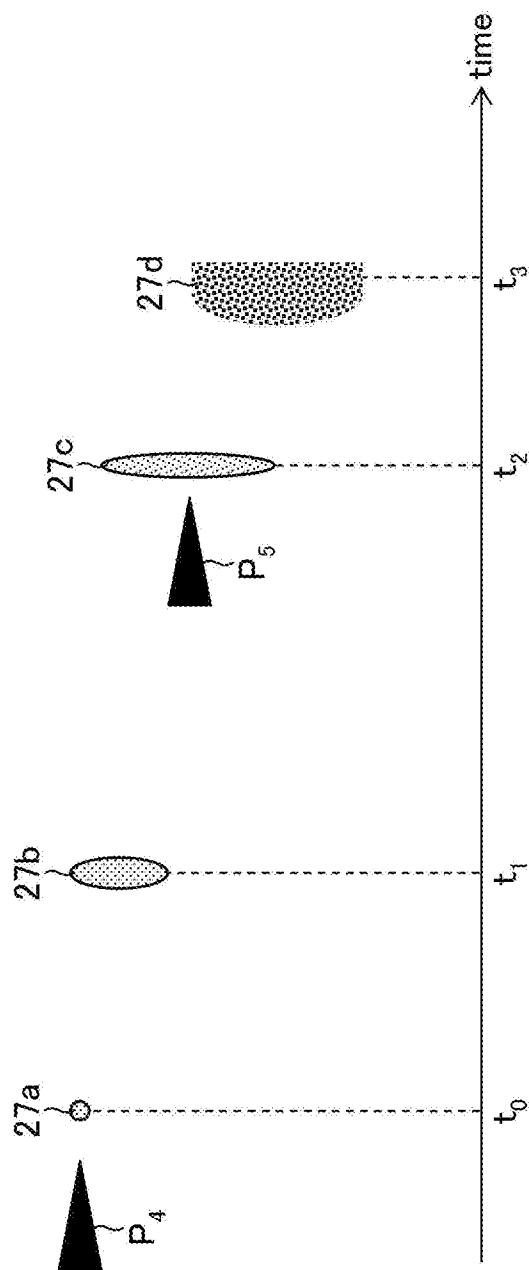
[図1]



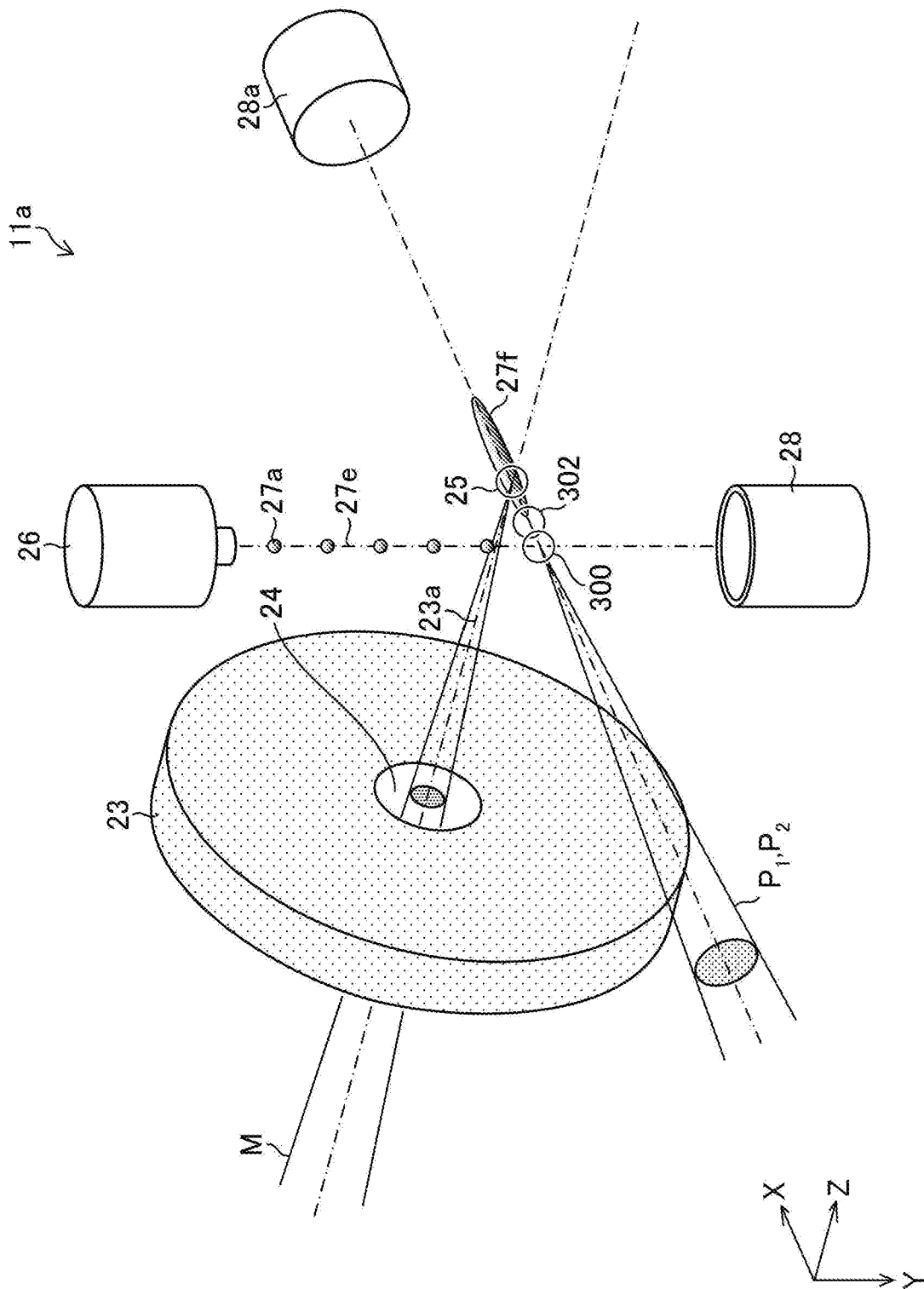
[図2]



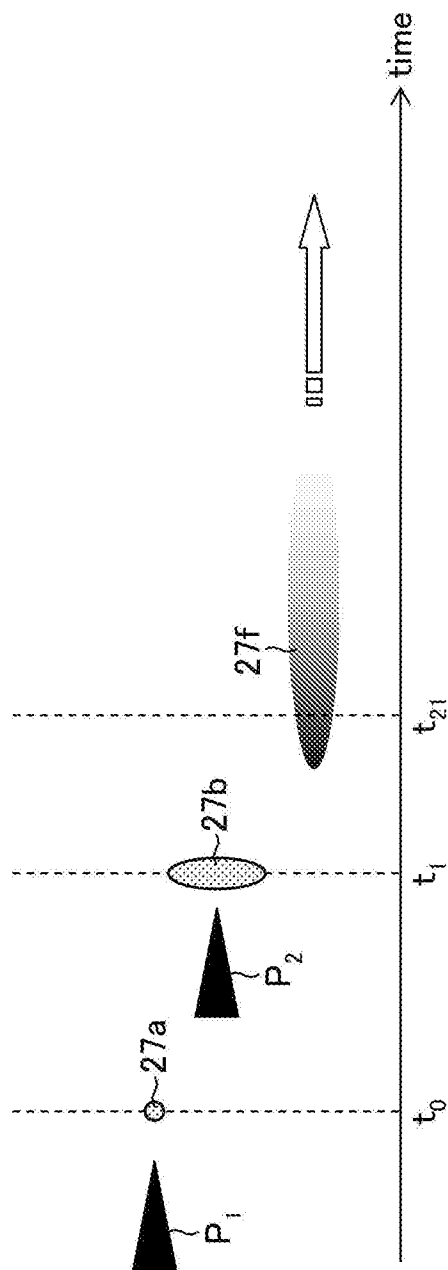
[図4]



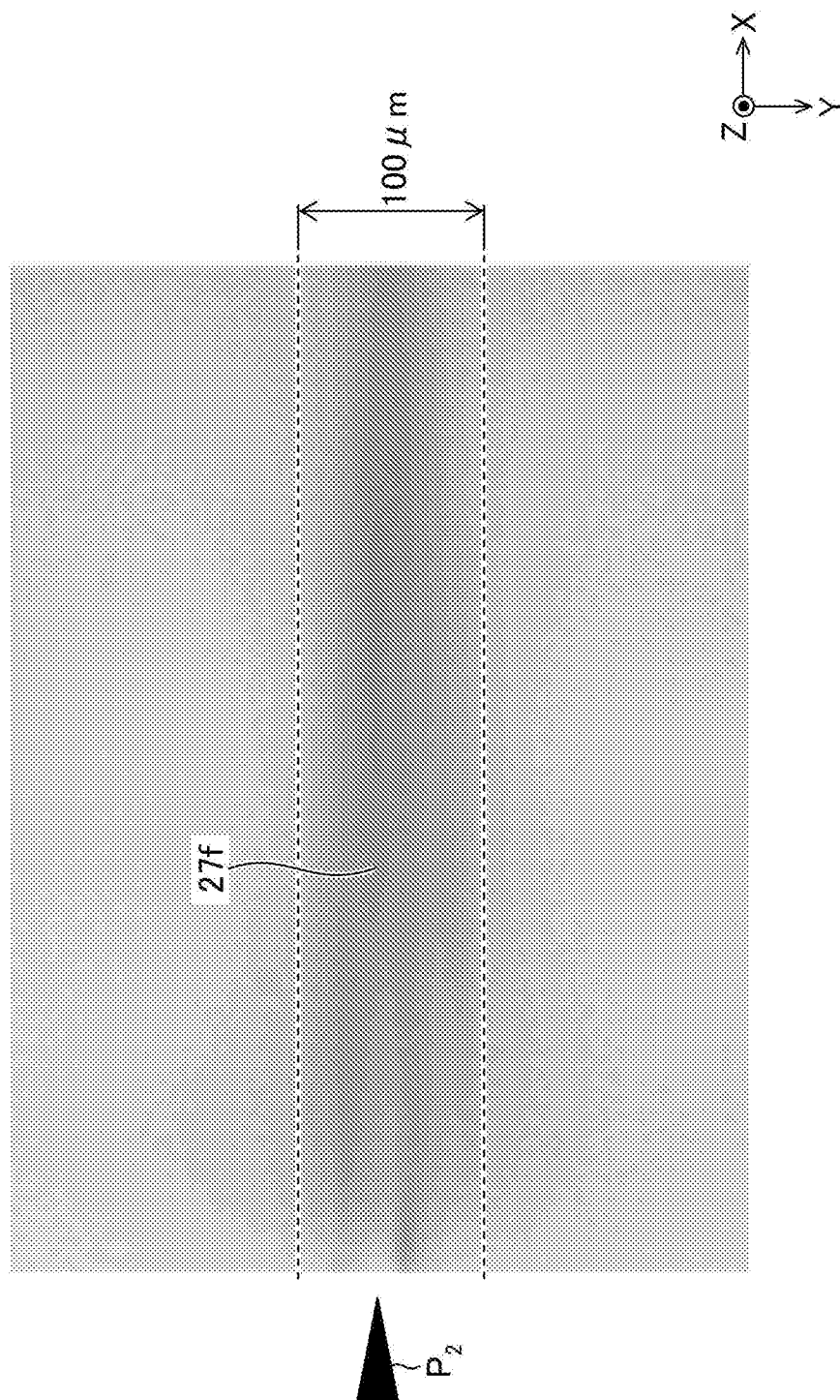
[図5]



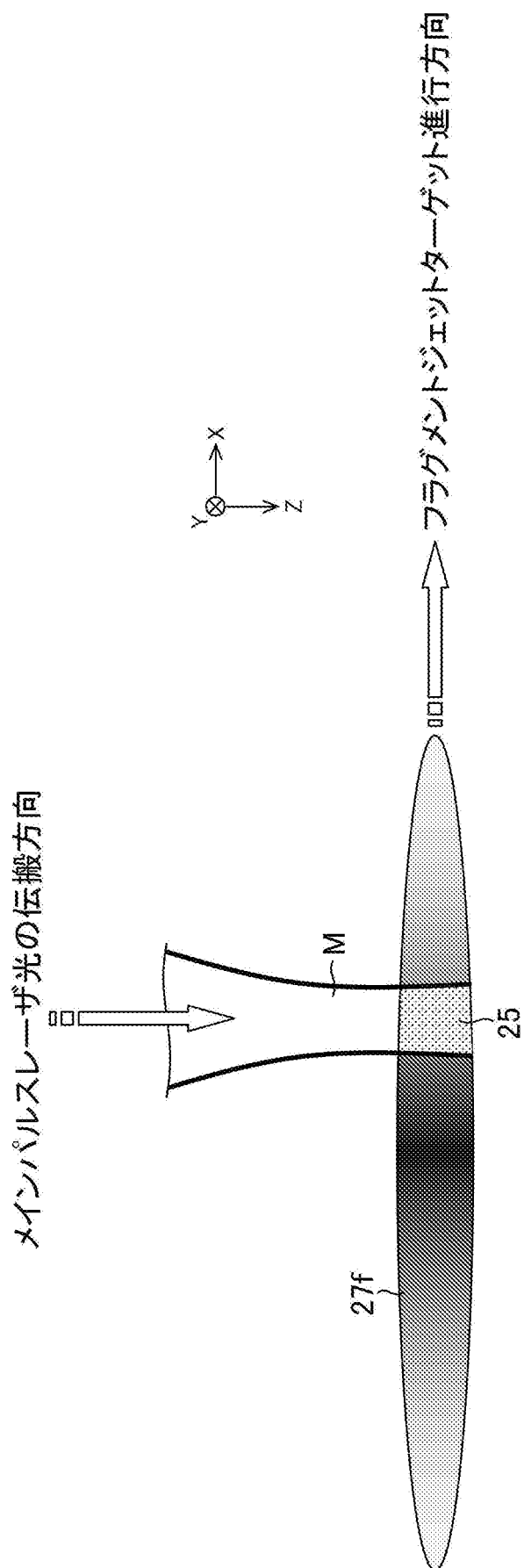
[図6]



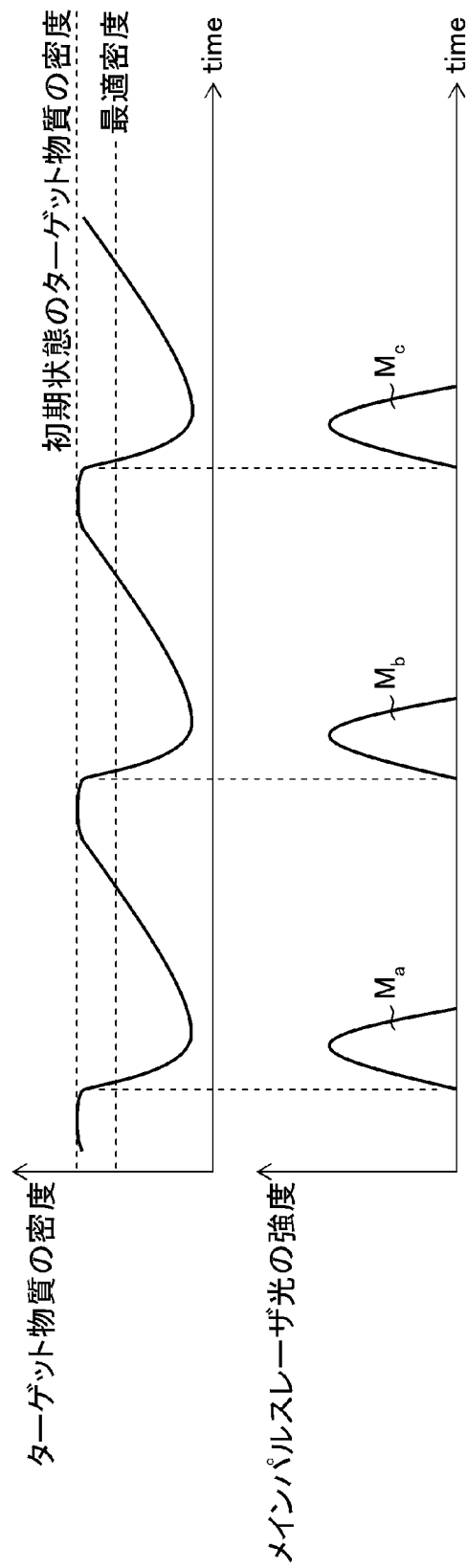
[図7]



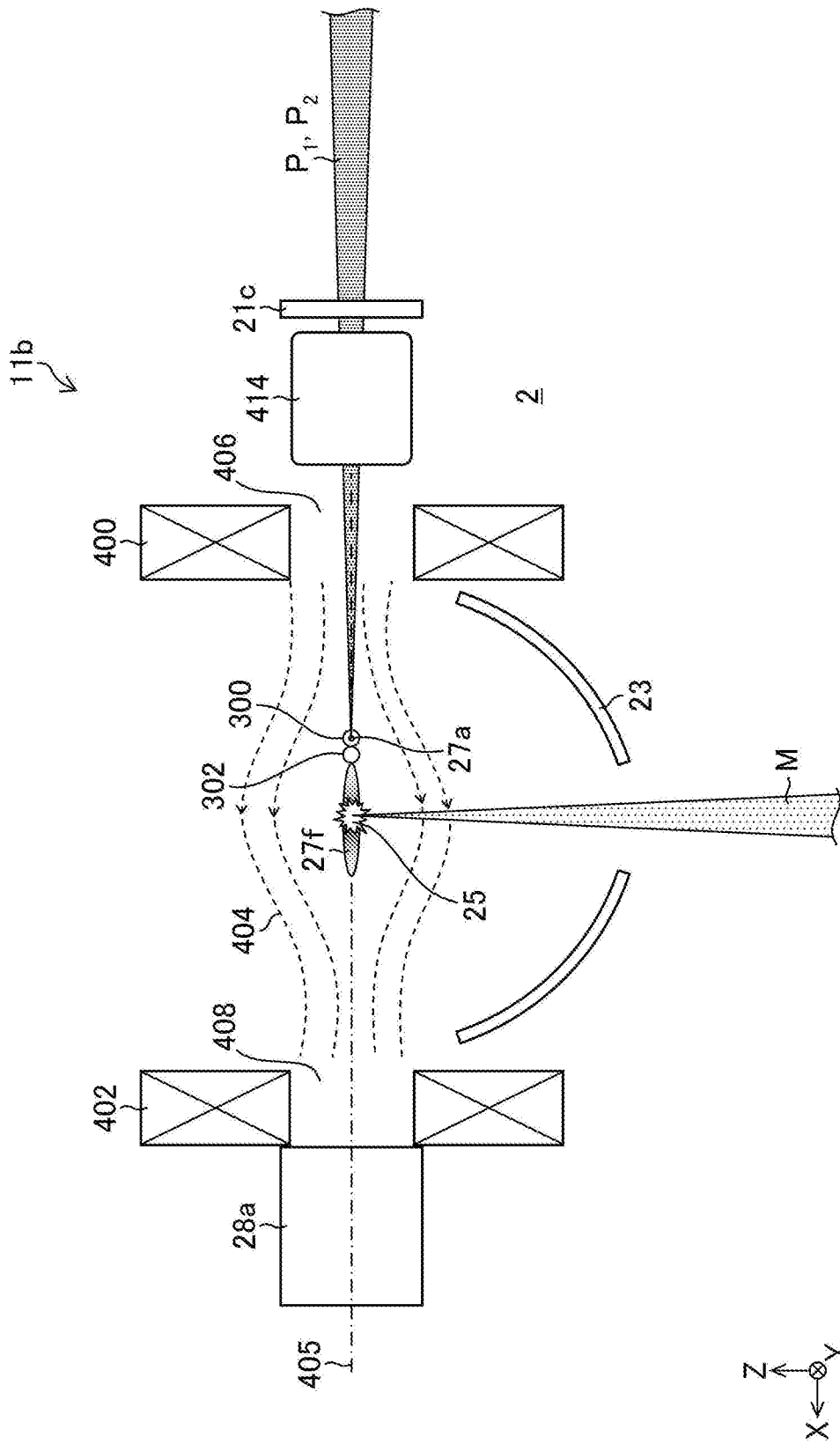
[図8]



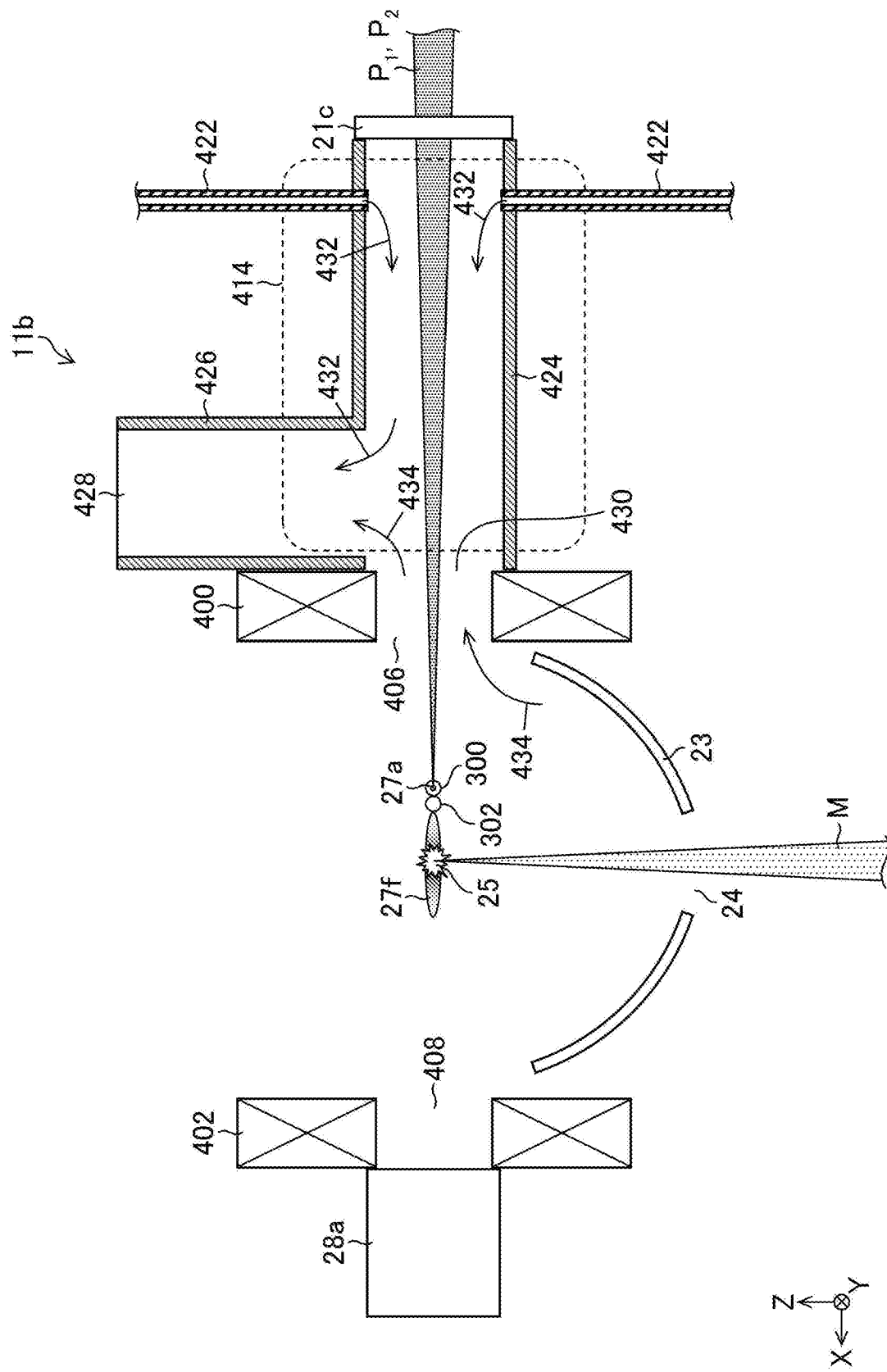
[図9]



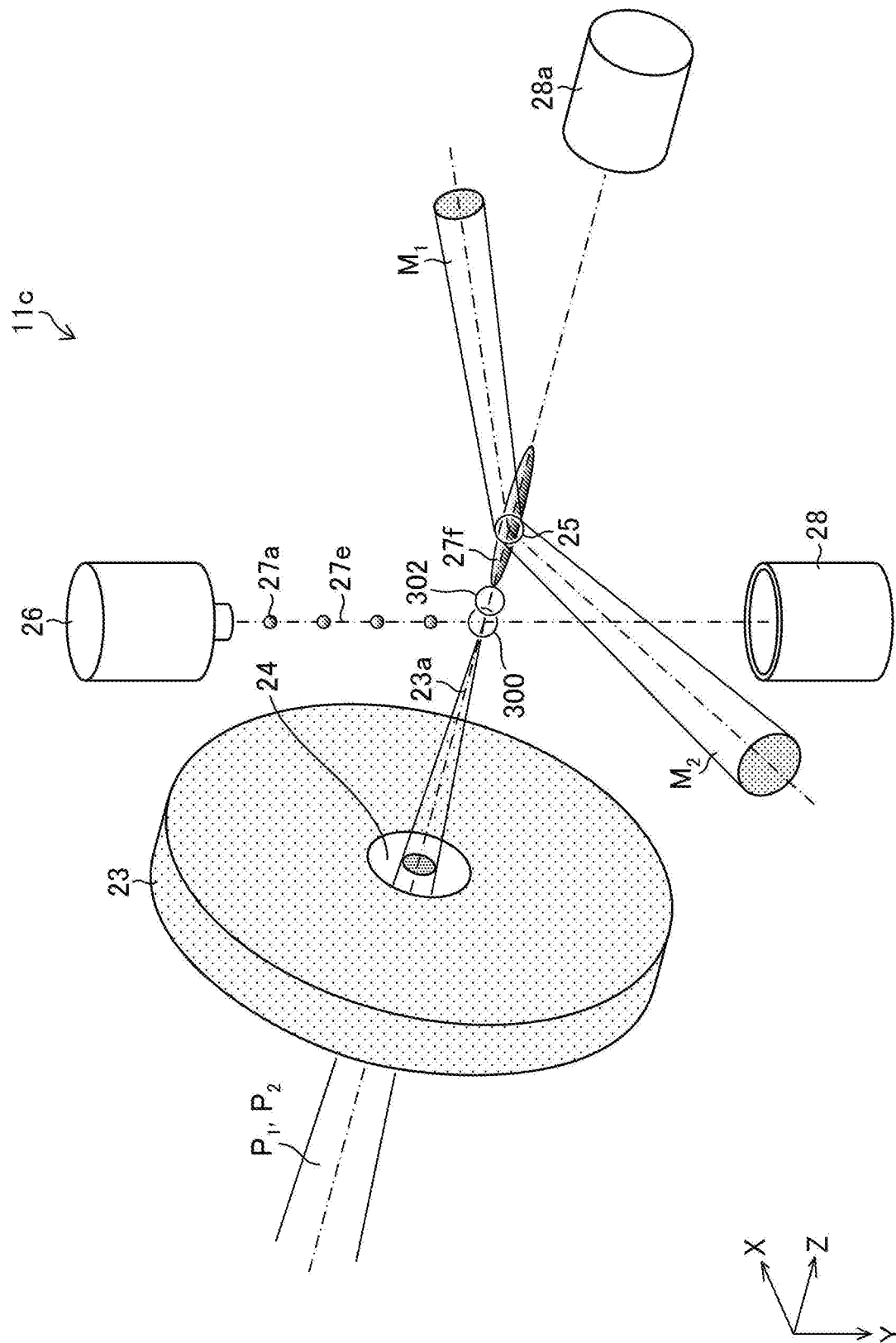
[図10]



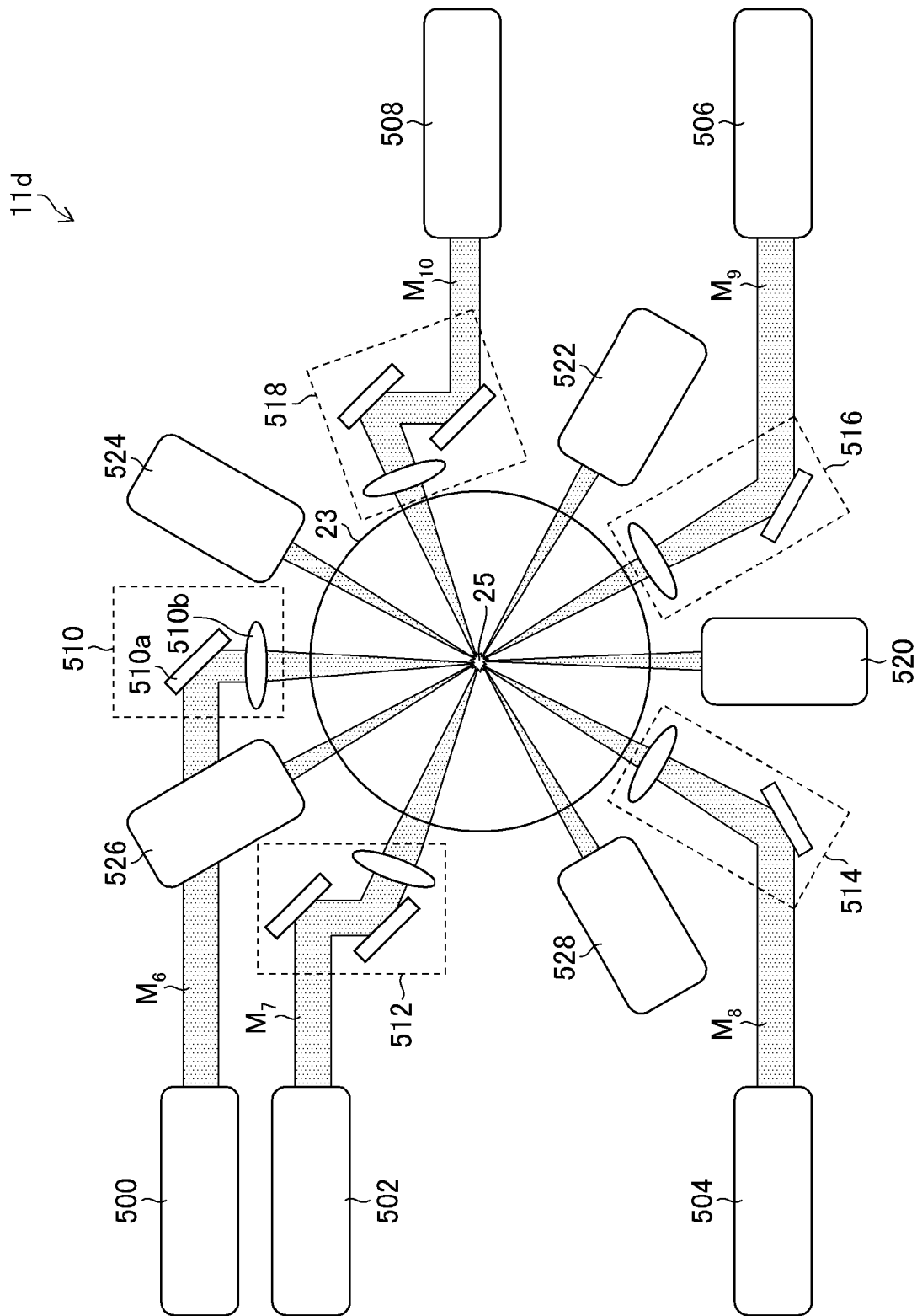
[図11]



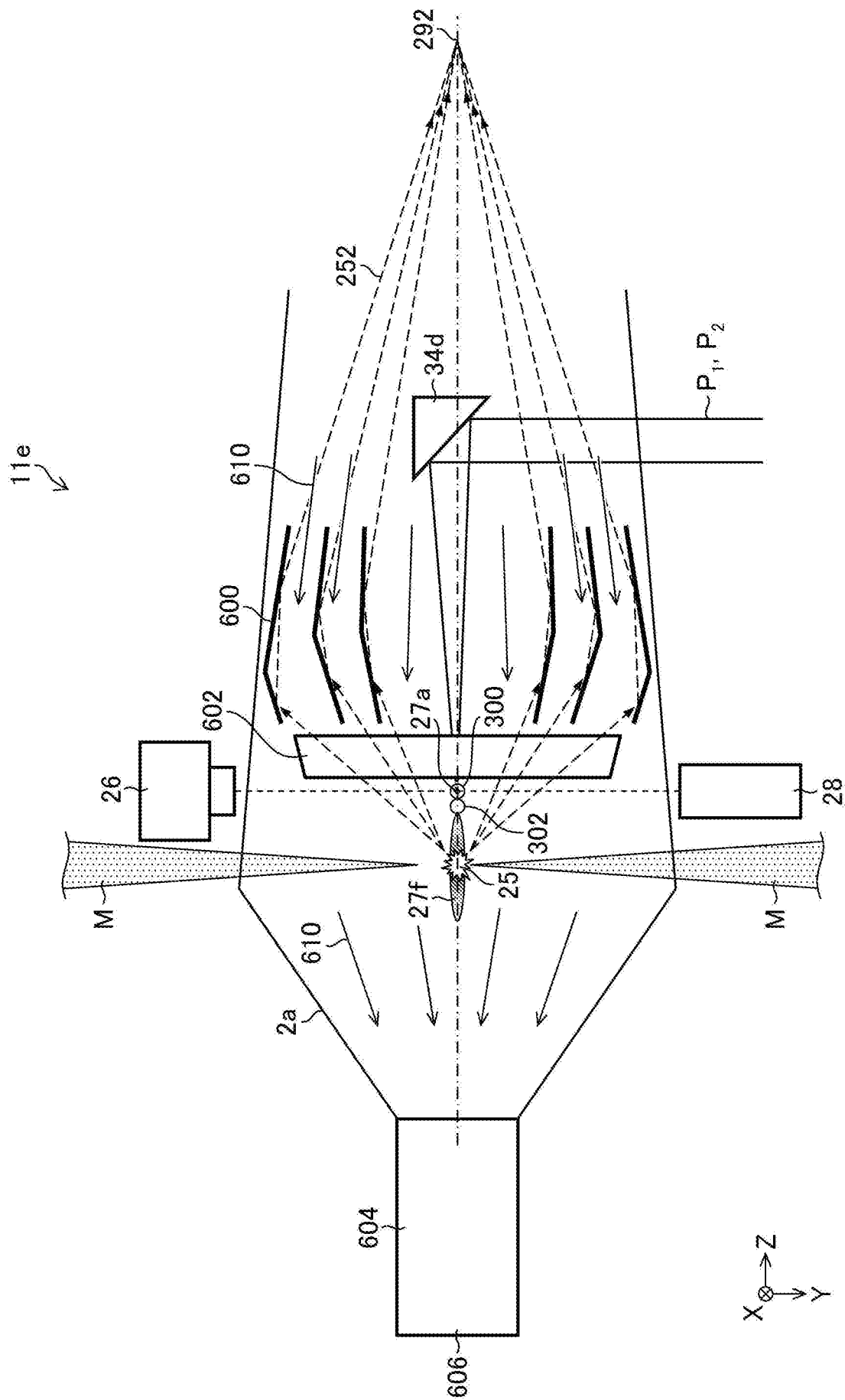
[図12]



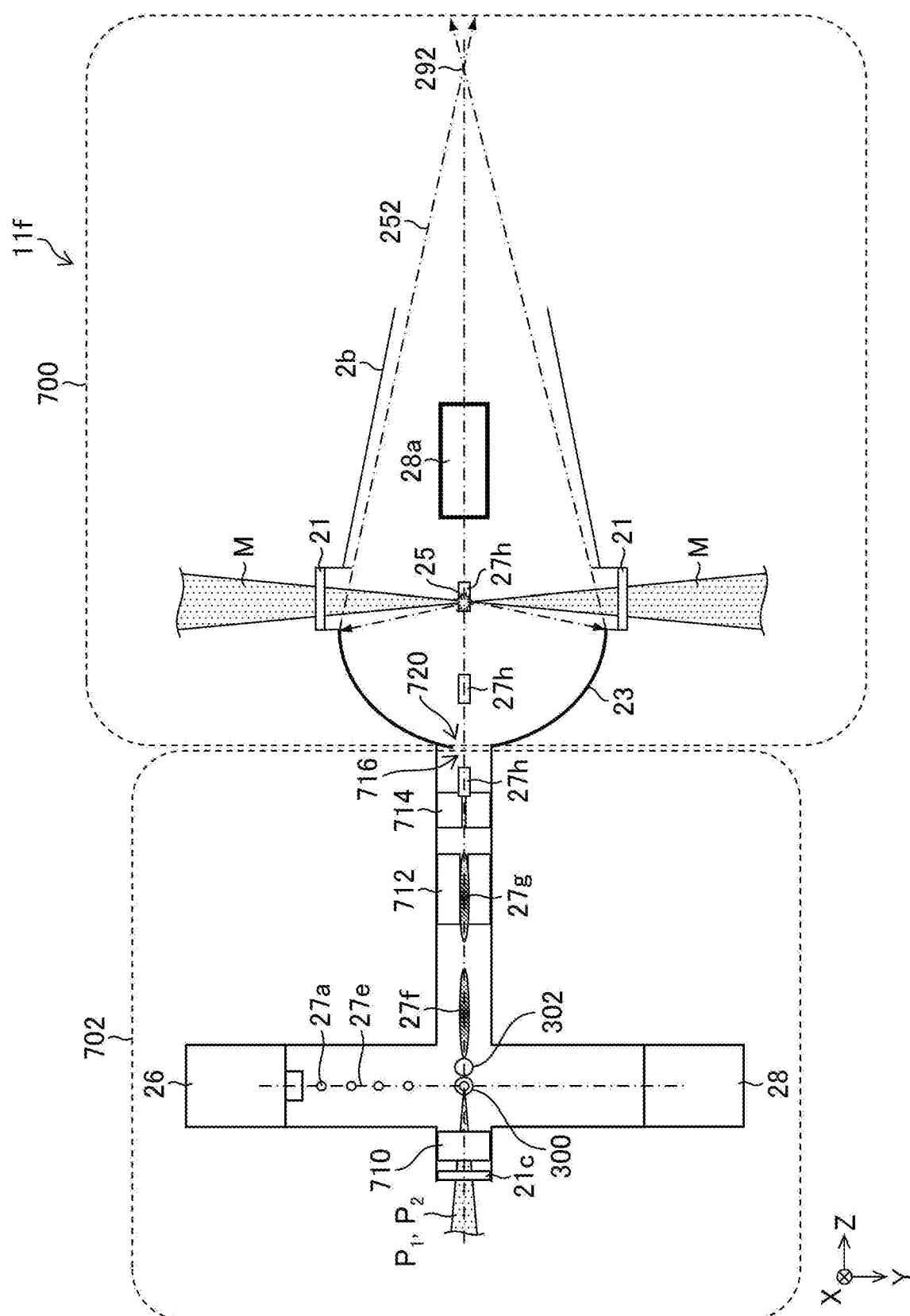
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/026513

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H05G2/00(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H05G2/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2015-532505 A (ASML Netherlands B.V.), 09 November 2015 (09.11.2015), paragraphs [0023] to [0025] & US 2014/0091239 A1 paragraphs [0036] to [0038] & WO 2014/051891 A1 & TW 201421168 A & KR 10-2015-0060755 A	1-20
A	JP 2013-251100 A (Gigaphoton Inc.), 12 December 2013 (12.12.2013), paragraphs [0092] to [0094] & US 2013/0320232 A1 paragraphs [0137] to [0139]	1-20

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

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
13 September 2017 (13.09.17)

Date of mailing of the international search report
26 September 2017 (26.09.17)

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/JP2017/026513

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 2016-518674 A (ASML Netherlands B.V.), 23 June 2016 (23.06.2016), paragraphs [0079] to [0085] & US 8791440 B1 & US 2014/0299791 A1 paragraphs [0098] to [0104] & US 2015/0076374 A1 & US 2016/0029471 A1 & WO 2014/143522 A1 & TW 201441770 A & KR 10-2015-0129750 A & CN 105190776 A	1-20

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H05G2/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H05G2/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2015-532505 A（エーエスエムエル ネザーランズ ビー. ブイ.）2015.11.09, 【0023】～【0025】 & US 2014/0091239 A1, [0036]-[0038] & WO 2014/051891 A1 & TW 201421168 A & KR 10-2015-0060755 A	1 - 20
A	JP 2013-251100 A（ギガフォトン株式会社）2013.12.12, 【0092】～【0094】 & US 2013/0320232 A1, [0137]-[0139]	1 - 20

☒ 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

13.09.2017

国際調査報告の発送日

26.09.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

伊藤 昭治

2U

4077

電話番号 03-3581-1101 内線 3292

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2016-518674 A (エーエスエムエル ネザーランズ ビー. ブ イ.) 2016.06.23, 【0079】～【0085】 & US 8791440 B1 & US 2014/0299791 A1, [0098] - [0104] & US 2015/0076374 A1 & US 2016/0029471 A1 & WO 2014/143522 A1 & TW 201441770 A & KR 10-2015-0129750 A & CN 105190776 A	1 - 20