

(43) 国際公開日
2017年6月1日(01.06.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/090167 A1

- (51) 国際特許分類:
H05G 2/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2015/083299

(22) 国際出願日: 2015 年 11 月 26 日(26.11.2015)

(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 4 0 0 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 4 0 0 番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP). 西村 祐一(NISHIMURA Yuichi); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田 4 0 0 番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP).

(74) 代理人: 保坂 延寿(HOSAKA Nobuhisa); 〒1010025 東京都千代田区神田佐久間町 3 - 2 2 神田 S K ビル 4 階 新井・橋本・保坂国際特許事務所 Tokyo (JP).

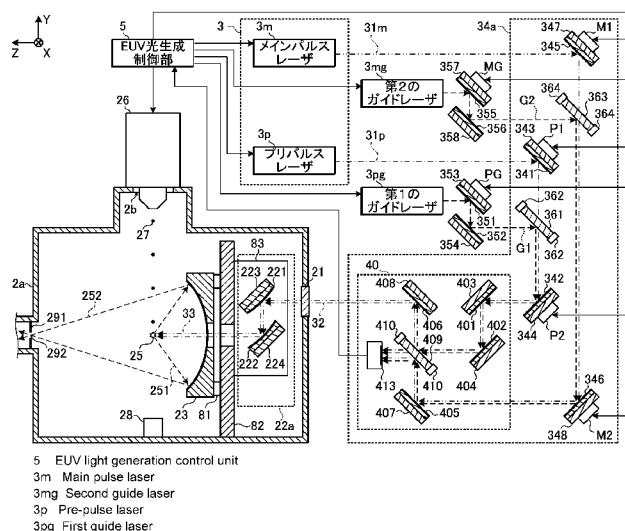
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK,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

添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: EXTREME ULTRAVIOLET LIGHT GENERATION DEVICE

(54) 発明の名称：極端紫外光生成装置



(57) Abstract: Provided is an extreme ultraviolet light generation device that may comprise the following: a target supply unit for outputting a target; a drive laser for outputting drive laser light with which the target is irradiated; a guide laser for outputting guide laser light; a beam combiner for substantially matching and outputting an optical path of the drive laser light outputted from the drive laser and an optical path of the guide laser light that is outputted from the guide laser; a first optical element provided with a first actuator for adjusting the optical path of the drive laser light that is incident on the beam combiner; a second optical element provided with a second actuator for adjusting the optical path of the guide laser light that is incident on the beam combiner; a sensor for detecting the guide laser light outputted from the beam combiner and outputting detection data; and a control unit for receiving the detection data on the guide laser light from the sensor, controlling the second actuator on the basis of the detection data, and controlling the first actuator on the basis of a control quantity of the second actuator.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/090167 A1



極端紫外光生成装置は、ターゲットを出力するターゲット供給部と、ターゲットに照射されるドライブレーザ光を出力するドライブレーザと、ガイドレーザ光を出力するガイドレーザと、ドライブレーザから出力されたドライブレーザ光の光路と、ガイドレーザから出力されたガイドレーザ光の光路と、をほぼ一致させて出力するビームコンバイナと、ビームコンバイナに入射するドライブレーザ光の光路を調整する第1のアクチュエータを備えた第1の光学素子と、ビームコンバイナに入射するガイドレーザ光の光路を調整する第2のアクチュエータを備えた第2の光学素子と、ビームコンバイナから出力されたガイドレーザ光を検出して検出データを出力するセンサと、センサによるガイドレーザ光の検出データを受信し、検出データに基づいて第2のアクチュエータを制御し、第2のアクチュエータの制御量に基づいて第1のアクチュエータを制御する制御部と、を備えてもよい。

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、70 nm～45 nmの微細加工、さらには32 nm以下の微細加工が要求されるようになる。このため、例えば32 nm以下の微細加工の要求に応えるべく、波長13 nm程度の極端紫外（EUV）光を生成する極端紫外光生成装置と縮小投影反射光学系(reduced projection reflection optics)とを組み合わせた露光装置の開発が期待されている。

[0003] EUV光生成装置としては、ターゲット物質にパルス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、シンクロトロン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：米国特許出願公開第2010／117009号明細書

特許文献2：米国特許出願公開第2010／140512号明細書

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、所定領域に向けてターゲットを出力するターゲット供給部と、ターゲットに照射されるドライブレーザ光を出力するドライブレーザと、ガイドレーザ光を出力するガイドレーザと、ドライブレーザから出力されたドライブレーザ光の光路と、ガイドレ

ーザから出力されたガイドレーザ光の光路と、をほぼ一致させて出力するビームコンバイナと、ビームコンバイナに入射するドライブレーザ光の光路を調整する第1のアクチュエータを備えた第1の光学素子と、ビームコンバイナに入射するガイドレーザ光の光路を調整する第2のアクチュエータを備えた第2の光学素子と、ビームコンバイナから出力されたガイドレーザ光を検出して検出データを出力するセンサと、センサによるガイドレーザ光の検出データを受信し、検出データに基づいて第2のアクチュエータを制御し、第2のアクチュエータの制御量に基づいて第1のアクチュエータを制御する制御部と、を備えてもよい。

[0006] 本開示の他の1つの観点に係る極端紫外光生成装置は、所定領域に向けてターゲットを出力するターゲット供給部と、ターゲットに照射されるプリパルスレーザ光を出力するプリパルスレーザと、ターゲットにプリパルスレーザ光が照射された後にターゲットに照射されるメインパルスレーザ光を出力するメインパルスレーザと、第1のガイドレーザ光を出力する第1のガイドレーザと、第2のガイドレーザ光を出力する第2のガイドレーザと、プリパルスレーザから出力されたプリパルスレーザ光の光路と、第1のガイドレーザから出力された第1のガイドレーザ光の光路と、をほぼ一致させて出力する第1のビームコンバイナと、メインパルスレーザから出力されたメインパルスレーザ光の光路と、第2のガイドレーザから出力された第2のガイドレーザ光の光路と、をほぼ一致させて出力する第2のビームコンバイナと、第1のビームコンバイナに入射するプリパルスレーザ光の光路を調整する第1のアクチュエータを備えた第1の光学素子と、第1のビームコンバイナに入射する第1のガイドレーザ光の光路を調整する第2のアクチュエータを備えた第2の光学素子と、第1のビームコンバイナから出力されたプリパルスレーザ光及び第1のガイドレーザ光の両方の光路を調整する第3のアクチュエータを備えた第3の光学素子と、第2のビームコンバイナに入射するメインパルスレーザ光の光路を調整する第4のアクチュエータを備えた第4の光学素子と、第2のビームコンバイナに入射する第2のガイドレーザ光の光路を

調整する第5のアクチュエータを備えた第5の光学素子と、第2のビームコンバイナから出力されたメインパルスレーザ光及び第2のガイドレーザ光の両方の光路を調整する第6のアクチュエータを備えた第6の光学素子と、第3の光学素子から出力されたプリパルスレーザ光の光路と第6の光学素子から出力されたメインパルスレーザ光の光路とを略一致させ、第3の光学素子から出力された第1のガイドレーザ光の光路と第6の光学素子から出力された第2のガイドレーザ光の光路とを略一致させる第3のビームコンバイナと、第3のビームコンバイナから出力された第1及び第2のガイドレーザ光を検出して検出データを出力するセンサと、センサによる第1のガイドレーザ光の検出データに基づいて第2及び第3のアクチュエータを制御し、第2のアクチュエータの制御量に基づいて第1のアクチュエータを制御し、センサによる第2のガイドレーザ光の検出データに基づいて第5及び第6のアクチュエータを制御し、第5のアクチュエータの制御量に基づいて第4のアクチュエータを制御する制御部と、を備えてもよい。

[0007] 本開示の他の1つの観点に係る極端紫外光生成装置は、所定領域に向けてターゲットを出力するターゲット供給部と、ターゲットに照射されるドライブレーザ光を出力するドライブレーザと、ターゲットに照射されるガイドレーザ光を出力するガイドレーザと、ドライブレーザから出力されたドライブレーザ光及びガイドレーザから出力されたガイドレーザ光の両方の光路を調整するアクチュエータを備えた光学素子と、ガイドレーザ光が照射されたターゲットによって反射された光の像を検出する画像センサと、画像センサの出力に基づいて、アクチュエータを制御する制御部と、を備えてもよい。

図面の簡単な説明

[0008] 本開示のいくつかの実施形態を、単なる例として、添付の図面を参照して以下に説明する。

[図1]図1は、例示的な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、本開示の比較例に係るEUV光生成システムの構成を概略的に

示す。

[図3]図3 A～図3 Eは、図2に示されるEUV光生成システムにおけるアクチュエータの制御とEUVエネルギーの安定性との関係を示す。

[図4]図4は、本開示の第1の実施形態に係るEUV光生成システムの構成を概略的に示す。

[図5]図5は、第1の実施形態における光路軸調整の処理手順を示すフローチャートである。

[図6]図6 A～図6 Fは、図4に示されるEUV光生成システムにおけるアクチュエータの制御とEUVエネルギーの安定性との関係を示す。

[図7]図7は、本開示の第2の実施形態に係るEUV光生成システムの構成を概略的に示す。

[図8]図8は、本開示の第2の実施形態に係るEUV光生成システムの構成を概略的に示す。

[図9]図9 Aは、ターゲット27の軌道とターゲットカメラ80の配置との関係を示す。図9 Bは、ガイドレーザ光G1の光路軸が理想的な位置に調整された場合にターゲットカメラ80によって撮影される画像の例を示す。図9 Cは、ガイドレーザ光G1の光路軸が理想的な位置よりもY方向にずれた場合にターゲットカメラ80によって撮影される画像の例を示す。図9 Dは、ガイドレーザ光G1の光路軸が理想的な位置よりもX方向にずれた場合にターゲットカメラ80によって撮影される画像の例を示す。

[図10]図10は、第2の実施形態における光路軸調整の処理手順を示すフローチャートである。

[図11]図11は、本開示の第3の実施形態に係るEUV光生成システムの構成を概略的に示す。

[図12]図12は、本開示の第4の実施形態に係るEUV光生成システムの構成を概略的に示す。

[図13]図13は、第4の実施形態における光路軸調整の処理手順を示すフローチャートである。

[図14]図14は、上述の実施形態において用いられるセンサ413の第1の例を概略的に示す。

[図15]図15は、上述の実施形態において用いられるセンサ413の第2の例を概略的に示す。

[図16]図16A及び図16Bは、上述の実施形態において用いられるセンサ413の第3の例を概略的に示す。

[図17]図17は、制御部の概略構成を示すブロック図である。

実施形態

[0009] <内容>

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. 比較例に係るEUV光生成装置

2. 1 構成

2. 1. 1 ターゲット供給部

2. 1. 2 レーザ装置

2. 1. 3 レーザ光進行方向制御部

2. 1. 4 レーザ光集光光学系

2. 2 動作

2. 2. 1 ターゲットの出力

2. 2. 2 プラズマの生成

2. 3 課題

3. ガイドレーザを備えたEUV光生成装置

3. 1 構成

3. 2 動作

3. 3 作用

4. ターゲットによる反射光を検出するEUV光生成装置

4. 1 構成

- 4. 2 反射光によるレーザ光路軸の検出原理
- 4. 3 動作
- 4. 4 作用
- 5. アクチュエータの応答性能を向上したEUV光生成装置
- 6. ガイドレーザ光とドライブレザ光の位置を同時に調整するEUV光生成装置
 - 6. 1 構成
 - 6. 2 動作
- 7. センサの例
 - 7. 1 第1の例
 - 7. 1. 1 構成
 - 7. 1. 2 動作
 - 7. 2 第2の例
 - 7. 3 第3の例
 - 7. 3. 1 構成
 - 7. 3. 2 動作
- 8. 制御部の構成

[0010] 以下、本開示の実施形態について、図面を参照しながら詳しく説明する。以下に説明される実施形態は、本開示のいくつかの例を示すものであって、本開示の内容を限定するものではない。また、各実施形態で説明される構成及び動作の全てが本開示の構成及び動作として必須であるとは限らない。なお、同一の構成要素には同一の参照符号を付して、重複する説明を省略する。

[0011] 1. 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と共に用いられてもよい。本願においては、EUV光生成装置1及びレーザ装置3を含むシス

テムを、EUV光生成システム11と称する。図1に示し、かつ、以下に詳細に説明するように、EUV光生成装置1は、チャンバ2及びターゲット供給部26を含んでもよい。チャンバ2は、密閉可能であってもよい。ターゲット供給部26は、例えば、チャンバ2の壁を貫通するように取り付けられてもよい。ターゲット供給部26から供給されるターゲット物質の材料は、スズ、テルビウム、ガドリニウム、リチウム、又は、それらの内のいずれか2つ以上の組合せを含んでもよいが、これらに限定されない。

[0012] チャンバ2の壁には、少なくとも1つの貫通孔が設けられていてもよい。その貫通孔には、ウインドウ21が設けられてもよく、ウインドウ21をレーザ装置3から出力されるパルスレーザ光32が透過してもよい。チャンバ2の内部には、例えば、回転楕円面形状の反射面を有するEUV集光ミラー23が配置されてもよい。EUV集光ミラー23は、第1及び第2の焦点を有し得る。EUV集光ミラー23の表面には、例えば、モリブデンとシリコンとが交互に積層された多層反射膜が形成されていてもよい。EUV集光ミラー23は、例えば、その第1の焦点がプラズマ生成領域25に位置し、その第2の焦点が中間集光点（IF）292に位置するように配置されるのが好ましい。EUV集光ミラー23の中央部には貫通孔24が設けられていてもよく、貫通孔24をパルスレーザ光33が通過してもよい。

[0013] EUV光生成装置1は、EUV光生成制御部5及びターゲットセンサ4をさらに含んでもよい。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。

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

[0015] さらに、EUV光生成装置1は、レーザ光進行方向制御部34、レーザ光

集光ミラー 22、ターゲット 27 を回収するためのターゲット回収部 28 等を含んでもよい。レーザ光進行方向制御部 34 は、パルスレーザ光の進行方向を規定するための光学系と、この光学系の配置、姿勢等を調節するためのアクチュエータとを備えてもよい。

[0016] 1. 2 動作

図 1 を参照に、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 つのレーザ光路に沿ってチャンバ 2 内に進み、レーザ光集光ミラー 22 で反射されて、パルスレーザ光 33 としてターゲット 27 に照射されてもよい。

[0017] ターゲット供給部 26 は、ターゲット 27 をチャンバ 2 内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、そのプラズマから放射光 251 が放射され得る。EUV 集光ミラー 23 は、放射光 251 に含まれる EUV 光を、他の波長域の光に比べて高い反射率で反射してもよい。EUV 集光ミラー 23 によって反射された EUV 光を含む反射光 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。

[0018] 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、ターゲット 27 の出力方向等を制御するよう構成されてもよい。さらに、EUV 光生成制御部 5 は、例えば、レーザ装置 3 の発振タイミング、パルスレーザ光 32 の進行方向、パルスレーザ光 33 の集光位置等を制御するよう構成されてもよい。上述の様々な制御は単なる例示に過ぎず、必要に応じて他の制御が追加されてもよい。

[0019] 2. 比較例に係るEUV光生成装置

2. 1 構成

図2は、本開示の比較例に係るEUV光生成システムの構成を概略的に示す。図2に示されるように、EUV光の出力方向をZ方向としてもよい。ターゲットの出力方向と反対の方向をY方向としてもよい。Z方向とY方向との両方に垂直な方向をX方向としてもよい。図2は-X方向の位置からX方向に見たEUV光生成システムを示す。

[0020] 2. 1. 1 ターゲット供給部

ターゲット供給部26は、チャンバ2aの壁面に形成された貫通孔2bを貫通するように配置されていてもよい。貫通孔2bの周囲のチャンバ2aの壁面と、ターゲット供給部26との間には、図示しないシール手段が配置されてもよい。シール手段により、貫通孔2bの周囲のチャンバ2aの壁面とターゲット供給部26との間が密閉されてもよい。

[0021] ターゲット供給部26は、熔融されたターゲットの材料を、内部に貯蔵してもよい。このターゲットの材料は、ターゲット供給部26の内部に供給される不活性ガスによって加圧されてもよい。ターゲット供給部26は、チャンバ2aの内部に位置する図示しない開口部を有してもよい。ターゲット供給部26の上記開口部付近に、図示しない加振装置が配置されてもよい。ターゲット供給部26は、EUV光生成制御部5から出力される制御信号に従い、プラズマ生成領域25に向けてターゲット27を出力するように構成されてもよい。

[0022] 2. 1. 2 レーザ装置

レーザ装置3は、プリパルスレーザ3pと、メインパルスレーザ3mとを含んでもよい。プリパルスレーザ3pは、EUV光生成制御部5から出力される制御信号に従い、プリパルスレーザ光31pを出力するように構成されてもよい。メインパルスレーザ3mは、EUV光生成制御部5から出力される制御信号に従い、メインパルスレーザ光31mを出力するように構成されてもよい。プリパルスレーザ光31pの波長よりも、メインパルスレーザ光

3 1 mの波長が長くてもよい。プリパルスレーザ光3 1 pのエネルギーよりも、メインパルスレーザ光3 1 mのエネルギーが大きくてもよい。プリパルスレーザ3 p及びメインパルスレーザ3 mの各々は、本開示におけるドライブレーザに相当し得る。プリパルスレーザ光3 1 p及びメインパルスレーザ光3 1 mの各々は、本開示におけるドライブレーザ光に相当し得る。

[0023] 2. 1. 3 レーザ光進行方向制御部

チャンバ2 aの外部に配置されたレーザ光進行方向制御部3 4 aは、高反射ミラー3 4 1及び3 4 2を含んでもよい。高反射ミラー3 4 1及び3 4 2は、プリパルスレーザ3 pから出力されるプリパルスレーザ光3 1 pの光路に配置されていてもよい。高反射ミラー3 4 1は、ホルダ3 4 3によって支持されていてもよい。高反射ミラー3 4 2は、ホルダ3 4 4によって支持されていてもよい。ホルダ3 4 3には、アクチュエータP 1が取付けられていてもよい。ホルダ3 4 4には、アクチュエータP 2が取付けられていてもよい。高反射ミラー3 4 1は、プリパルスレーザ光3 1 pを反射するように構成されていてもよい。高反射ミラー3 4 2は、高反射ミラー3 4 1によって反射されたプリパルスレーザ光3 1 pを反射するように構成されていてもよい。

[0024] レーザ光進行方向制御部3 4 aは、さらに、高反射ミラー3 4 5及び3 4 6を含んでもよい。高反射ミラー3 4 5及び3 4 6は、メインパルスレーザ3 mから出力されるメインパルスレーザ光3 1 mの光路に配置されていてもよい。高反射ミラー3 4 5は、ホルダ3 4 7によって支持されていてもよい。高反射ミラー3 4 6は、ホルダ3 4 8によって支持されていてもよい。ホルダ3 4 7には、アクチュエータM 1が取付けられていてもよい。ホルダ3 4 8には、アクチュエータM 2が取付けられていてもよい。高反射ミラー3 4 5は、メインパルスレーザ光3 1 mを反射するように構成されていてもよい。高反射ミラー3 4 6は、高反射ミラー3 4 5によって反射されたメインパルスレーザ光3 1 mを反射するように構成されていてもよい。

[0025] レーザ光進行方向制御部3 4 aは、さらに、ビームコンバイナモジュール

40を含んでもよい。ビームコンバイナモジュール40は、高反射ミラー401、402、405及び406と、ビームコンバイナ409と、センサ413と、を含んでもよい。高反射ミラー401は、高反射ミラー342によって反射されたプリパルスレーザ光31pの光路に配置されてもよい。高反射ミラー401は、ホルダ403によって支持されていてもよい。高反射ミラー401は、プリパルスレーザ光31pを反射するように構成されてもよい。高反射ミラー402は、高反射ミラー401によって反射されたプリパルスレーザ光31pの光路に配置されてもよい。高反射ミラー402は、ホルダ404によって支持されていてもよい。高反射ミラー402は、プリパルスレーザ光31pを反射するように構成されてもよい。

高反射ミラー405は、高反射ミラー346によって反射されたメインパルスレーザ光31mの光路に配置されてもよい。高反射ミラー405は、ホルダ407によって支持されていてもよい。高反射ミラー405は、メインパルスレーザ光31mを反射するように構成されてもよい。

[0026] ビームコンバイナ409は、高反射ミラー402によって反射されたプリパルスレーザ光31pの光路と、高反射ミラー405によって反射されたメインパルスレーザ光31mの光路とが交差する位置に配置されてもよい。光路が交差する位置とは、光路の中心軸が交差する場合に限られず、2つのレーザ光のビーム幅で規定される光路のそれぞれ少なくとも一部が交差する場合に、その交差する位置をいう。ビームコンバイナ409は、ホルダ410によって支持されていてもよい。ビームコンバイナ409は、プリパルスレーザ光31pを高い反射率で反射し、メインパルスレーザ光31mを高い透過率で透過させるように構成されてもよい。ビームコンバイナ409は、プリパルスレーザ光31pとメインパルスレーザ光31mの光路軸をほぼ一致させるように構成されてもよい。光路軸は、光路の中心軸であってもよい。ビームコンバイナ409は、さらに、プリパルスレーザ光31pの一部をセンサ413に向けて透過させ、メインパルスレーザ光31mの一部をセンサ413に向けて反射するように構成されてもよい。

[0027] 高反射ミラー４０６は、ビームコンバイナ４０９によって反射されたプリパルスレーザ光３１ｐ及びビームコンバイナ４０９を透過したメインパルスレーザ光３１ｍの光路に配置されてもよい。高反射ミラー４０６は、ホルダ４０８によって支持されてもよい。高反射ミラー４０６は、プリパルスレーザ光３１ｐ及びメインパルスレーザ光３１ｍを、チャンバ２ａの内部に向けて反射するように構成されてもよい。本明細書においては、高反射ミラー４０６によって反射されたプリパルスレーザ光３１ｐ及び高反射ミラー４０６によって反射されたメインパルスレーザ光３１ｍをまとめてパルスレーザ光３２と称することがある。

[0028] ２．１．４ レーザ光集光光学系

チャンバ２ａの内部には、レーザ光集光光学系２２ａと、ＥＵＶ集光ミラーホルダ８１と、プレート８２及びプレート８３とが設けられてもよい。

[0029] プレート８２は、チャンバ２ａに固定されてもよい。プレート８２には、ＥＵＶ集光ミラーホルダ８１を介してＥＵＶ集光ミラー２３が固定されてもよい。さらに、プレート８２には、プレート８３が支持されてもよい。レーザ光集光光学系２２ａは、軸外放物面凸面ミラー２２１及び楕円面凹面ミラー２２２を含んでもよい。軸外放物面凸面ミラー２２１は、ホルダ２２３によって支持されてもよい。楕円面凹面ミラー２２２は、ホルダ２２４によって支持されてもよい。ホルダ２２３及び２２４は、プレート８３に固定されてもよい。

[0030] 軸外放物面凸面ミラー２２１は、回転放物面の凸面を反射面とするミラーであってもよい。軸外放物面凸面ミラー２２１は、回転放物面の軸が、軸外放物面凸面ミラー２２１に入射するパルスレーザ光３２の光路の中心軸とほぼ平行となるように配置されてもよい。

[0031] 楕円面凹面ミラー２２２は、回転楕円面の凹面を反射面とするミラーであってもよい。楕円面凹面ミラー２２２は、第１の焦点と第２の焦点を有してもよい。軸外放物面凸面ミラー２２１の焦点と、楕円面凹面ミラー２２２の第１の焦点とがほぼ一致するように、楕円面凹面ミラー２２２が配置されて

もよい。楕円面凹面ミラー 2 2 2 の第 2 の焦点は、プラズマ生成領域 2 5 に位置してもよい。

[0032] 2. 2 動作

2. 2. 1 ターゲットの出力

上述のターゲット供給部 2 6 において、不活性ガスによって加圧されたターゲットの材料は、上記開口部を介して出力されてもよい。上述の加振装置によってターゲット供給部 2 6 に振動が与えられることにより、ターゲットの材料は複数のドロップレットに分離されてもよい。それぞれのドロップレットが、ターゲット 2 7 として、ターゲット供給部 2 6 からプラズマ生成領域 2 5 までの軌道に沿って移動してもよい。

[0033] 2. 2. 2 プラズマの生成

プリパルスレーザ 3 p から出力されたプリパルスレーザ光 3 1 p 及びメインパルスレーザ 3 m から出力されたメインパルスレーザ光 3 1 m は、レーザ光進行方向制御部 3 4 a を経て、パルスレーザ光 3 2 としてレーザ光集光光学系 2 2 a に導かれてもよい。

[0034] センサ 4 1 3 は、ビームコンバイナ 4 0 9 を透過したプリパルスレーザ光 3 1 p を検出し、検出結果を E U V 光生成制御部 5 に出力してもよい。E U V 光生成制御部 5 は、センサ 4 1 3 の出力に基づいてプリパルスレーザ光 3 1 p のビームポジション及びポインティングを算出してもよい。ビームポジションは、センサ 4 1 3 に入射したパルスレーザ光の位置を示してもよい。E U V 光生成制御部 5 は、プリパルスレーザ光 3 1 p のビームポジションに基づいて、アクチュエータ P 1 を制御してもよい。ポインティングは、センサ 4 1 3 に入射したパルスレーザ光の方向を示してもよい。E U V 光生成制御部 5 は、プリパルスレーザ光 3 1 p のポインティングに基づいて、アクチュエータ P 2 を制御してもよい。

[0035] センサ 4 1 3 は、ビームコンバイナ 4 0 9 によって反射されたメインパルスレーザ光 3 1 m を検出し、検出結果を E U V 光生成制御部 5 に出力してもよい。E U V 光生成制御部 5 は、センサ 4 1 3 の出力に基づいてメインパルス

スレーザ光 3 1 m のビームポジション及びポインティングを算出してもよい。EUV 光生成制御部 5 は、メインパルスレーザ光 3 1 m のビームポジションに基づいて、アクチュエータ M 1 を制御してもよい。EUV 光生成制御部 5 は、メインパルスレーザ光 3 1 m のポインティングに基づいて、アクチュエータ M 2 を制御してもよい

[0036] パルスレーザ光 3 2 は、レーザ光集光光学系 2 2 a に含まれる軸外放物面凸面ミラー 2 2 1 によって反射されることによりビーム拡大されてもよい。軸外放物面凸面ミラー 2 2 1 によって反射されたパルスレーザ光 3 2 は、楕円面凹面ミラー 2 2 2 によって反射され、パルスレーザ光 3 3 としてプラズマ生成領域 2 5 に集光されてもよい。パルスレーザ光 3 3 は、プリパルスレーザ光 3 1 p とメインパルスレーザ光 3 1 m とを含んでもよい。

[0037] 1 つのターゲット 2 7 がプラズマ生成領域 2 5 に到達したタイミングで、プリパルスレーザ光 3 1 p がターゲット 2 7 に照射されてもよい。プリパルスレーザ光 3 1 p が照射されたターゲット 2 7 は膨張又は拡散して、二次ターゲットとなってもよい。二次ターゲットが所望の大きさに膨張又は拡散したタイミングで、メインパルスレーザ光 3 1 m が二次ターゲットに照射されてもよい。メインパルスレーザ光 3 1 m が照射された二次ターゲットはプラズマ化して、このプラズマから EUV 光を含む放射光 2 5 1 が放射されてもよい。

[0038] 2. 3 課題

図 3 A ～図 3 E は、図 2 に示される EUV 光生成システムにおけるアクチュエータの制御と EUV エネルギーの安定性との関係を示す。

[0039] 図 3 A は、EUV バースト出力指令を示す。EUV 光生成制御部 5 は、露光装置 6 から出力される EUV バースト出力指令を受信してもよい。EUV バースト出力指令は、所定の繰り返し周波数により EUV 光を出力するバースト期間と、EUV 光の出力を休止する休止期間と、を指令する信号でもよい。図 3 A においては、第 1 のバースト期間と、第 1 のバースト期間の後の休止期間と、休止期間の後の第 2 のバースト期間と、が示されている。

- [0040] E U V 光生成制御部 5 は、E U V バースト出力指令が O N である場合、すなわち第 1 又は第 2 のバースト期間である場合に、プリパルスレーザ 3 p 及びメインパルスレーザ 3 m からそれぞれパルスレーザ光を出力させてもよい。E U V 光生成制御部 5 は、E U V バースト出力指令が O F F である場合、すなわち休止期間である場合に、プリパルスレーザ 3 p 及びメインパルスレーザ 3 m からのパルスレーザ光の出力を停止させてもよい。E U V 光生成制御部 5 は、第 1 及び第 2 のバースト期間及び休止期間のいずれにおいても、ターゲット供給部 2 6 からのターゲット 2 7 の出力を続けさせてもよい。
- [0041] 図 3 B 及び図 3 C は、それぞれ、アクチュエータ M 1 及び M 2 の制御量に応じたアクチュエータ M 1 及び M 2 の位置の、時間に応じた変化を示す。第 1 及び第 2 のバースト期間においては、プリパルスレーザ光 3 1 p 及びメインパルスレーザ光 3 1 m の光路に配置された光学系が、プリパルスレーザ光 3 1 p 及びメインパルスレーザ光 3 1 m のエネルギーを吸収して熱膨張し、変形し得る。E U V 光生成制御部 5 は、センサ 4 1 3 によるメインパルスレーザ光 3 1 m の検出結果に基づいてアクチュエータ M 1 及び M 2 を制御することにより、熱負荷による光学系の変形を補償してもよい。
- [0042] アクチュエータ P 1 及び P 2 の制御については、図 3 A ～図 3 E に示されていないが、プリパルスレーザ光 3 1 p の検出結果に基づいて制御されること以外は、アクチュエータ M 1 及び M 2 の制御と同様でもよい。メインパルスレーザ光 3 1 m はプリパルスレーザ光 3 1 p よりエネルギーが大きいので、光学系に対する熱負荷が大きいことがある。アクチュエータ M 1 及び M 2 の制御量は、アクチュエータ P 1 及び P 2 の制御量より大きくてもよい。
- [0043] 第 1 及び第 2 のバースト期間においては、光学系に蓄積される熱負荷が次第に大きくなり得る。図 3 B 及び図 3 C において、例えば第 1 のバースト期間に関して示されているように、バースト期間の終了時には、アクチュエータ M 1 及び M 2 の制御量がバースト期間の開始時よりそれぞれ大きくなっていてもよい。
- [0044] 図 3 D は、ターゲット 2 7 とメインパルスレーザ光 3 1 m の集光位置との

ずれ量の、時間に応じた変化を示す。上述のようにアクチュエータ P 1、P 2、M 1 及び M 2 を制御することにより、プリパルスレーザ光 3 1 p 及びメインパルスレーザ光 3 1 m の光路軸を所望の範囲に制御し得る。図 3 D において、例えば第 1 のバースト期間に関して示されているように、ターゲット 2 7 の位置に対するメインパルスレーザ光 3 1 m の集光位置のずれが抑制され得る。プリパルスレーザ光 3 1 p についても同様の制御が可能であり得る。

[0045] 図 3 E は、E U V 光のエネルギーの時間に応じた変化を示す。上述のようにアクチュエータ P 1、P 2、M 1 及び M 2 を制御することにより、例えば第 1 のバースト期間に関して示されているように、E U V 光のエネルギーが安定化し得る。

[0046] 図 3 A に示される E U V バースト出力指令が O F F である期間、すなわち休止期間においては、プリパルスレーザ光 3 1 p 及びメインパルスレーザ光 3 1 m が出力されないので、熱負荷による光学系の変形が解消し得る。

[0047] しかしながら、休止期間においては、プリパルスレーザ光 3 1 p 及びメインパルスレーザ光 3 1 m が出力されないので、センサ 4 1 3 でレーザ光を検出できないことがある。従って、休止期間においては、アクチュエータ P 1、P 2、M 1 及び M 2 をフィードバック制御できないことがある。

[0048] その場合、図 3 B 及び図 3 C において、休止期間に関して示されているように、アクチュエータ M 1 及び M 2 の制御量は、ほとんど変化せずほぼ一定値のままであり得る。休止期間におけるアクチュエータ M 1 及び M 2 の制御量は、第 1 のバースト期間の終了時における制御量とほぼ同じであり得る。アクチュエータ P 1 及び P 2 に関しても同様であり得る。

[0049] 休止期間の後、図 3 A に示される E U V バースト出力指令が O N となり得る。すなわち第 2 のバースト期間が開始され得る。第 2 のバースト期間の開始時には、熱負荷による光学系の変形が解消していたとしても、図 3 B 及び図 3 C に示されるように、熱負荷による光学系の変形が解消する前のアクチュエータ M 1 及び M 2 の位置を起点として制御が開始され得る。従って、第

2のバースト期間の開始時に、図3Dに示されるように、ターゲット27の位置に対するメインパルスレーザ光31mの集光位置がずれていることがある。プリパルスレーザ光31pについても同様であり得る。これにより、図3Eに示されるように、第2のバースト期間の開始時には、所望のEUV光エネルギーが得られないことがある。

[0050] 以下に説明する実施形態においては、プリパルスレーザ光の光路に一致する第1のガイドレーザ光と、メインパルスレーザ光の光路に一致する第2のガイドレーザ光とを用いて、休止期間においても光学系の制御ができるようにしてもよい。

[0051] 3. ガイドレーザを備えたEUV光生成装置

3. 1 構成

図4は、本開示の第1の実施形態に係るEUV光生成システムの構成を概略的に示す。第1の実施形態において、EUV光生成システムは、第1のガイドレーザ3pgと、第2のガイドレーザ3mgと、をさらに含んでもよい。第1のガイドレーザ3pgは、第1のガイドレーザ光G1を出力するように構成されてもよい。第2のガイドレーザ3mgは、第2のガイドレーザ光G2を出力するように構成されてもよい。第1のガイドレーザ光G1のエネルギーは、プリパルスレーザ光31p及びメインパルスレーザ光31mのいずれよりも小さくてよい。第2のガイドレーザ光G2のエネルギーは、プリパルスレーザ光31p及びメインパルスレーザ光31mのいずれよりも小さくてよい。

[0052] 第1のガイドレーザ光G1の光路には、高反射ミラー351及び352と、ビームコンバイナ361と、が配置されてもよい。ビームコンバイナ361は、高反射ミラー341と高反射ミラー342との間のプリパルスレーザ光31pの光路に位置してもよい。高反射ミラー351はホルダ353に支持されてもよい。高反射ミラー352はホルダ354に支持されてもよい。ビームコンバイナ361はホルダ362に支持されてもよい。ホルダ353には、アクチュエータPGが取付けられていてもよい。アクチュエータP1

は本開示における第1のアクチュエータに相当し、アクチュエータPGは本開示における第2のアクチュエータに相当し、アクチュエータP2は本開示における第3のアクチュエータに相当し得る。

[0053] 高反射ミラー351及び352は、第1のガイドレーザ光G1を順次反射するように構成されていてもよい。ビームコンバイナ361は、プリパルスレーザ光31pを高い透過率で透過させ、第1のガイドレーザ光G1を高い反射率で反射するように構成されてもよい。ビームコンバイナ361は、プリパルスレーザ光31pと第1のガイドレーザ光G1の光路の中心軸をほぼ一致させるように構成されてもよい。

[0054] 第2のガイドレーザ光G2の光路には、高反射ミラー355及び356と、ビームコンバイナ363と、が配置されてもよい。ビームコンバイナ363は、高反射ミラー345と高反射ミラー346との間のメインパルスレーザ光31mの光路に位置してもよい。高反射ミラー355はホルダ357に支持されてもよい。高反射ミラー356はホルダ358に支持されてもよい。ビームコンバイナ363はホルダ364に支持されてもよい。ホルダ357には、アクチュエータMGが取付けられていてもよい。アクチュエータM1は本開示における第4のアクチュエータに相当し、アクチュエータMGは本開示における第5のアクチュエータに相当し、アクチュエータM2は本開示における第6のアクチュエータに相当し得る。

[0055] 高反射ミラー355及び356は、第2のガイドレーザ光G2を順次反射するように構成されていてもよい。ビームコンバイナ363は、メインパルスレーザ光31mを高い透過率で透過させ、第2のガイドレーザ光G2を高い反射率で反射するように構成されてもよい。ビームコンバイナ363は、メインパルスレーザ光31mと第2のガイドレーザ光G2の光路の中心軸をほぼ一致させるように構成されてもよい。

[0056] ビームコンバイナモジュール40に含まれるビームコンバイナ409は、第1のガイドレーザ光G1を高い透過率で透過させるように構成されてもよい。ビームコンバイナ409は、第2のガイドレーザ光G2を高い反射率で

反射するように構成されてもよい。センサ413は、第1のガイドレーザ光G1及び第2のガイドレーザ光G2を検出するように構成されてもよい。

他の点については、図2を参照しながら説明した比較例の構成と同様でよい。

[0057] 3. 2 動作

第1のガイドレーザ光G1及び第2のガイドレーザ光G2は、センサ413に入射してもよい。センサ413は、第1のガイドレーザ光G1及び第2のガイドレーザ光G2を検出し、検出結果をEUV光生成制御部5に出力してもよい。EUV光生成制御部5は、センサ413の出力に基づいて第1のガイドレーザ光G1のビームポジション及びポインティングを算出してもよい。EUV光生成制御部5は、センサ413の出力に基づいて第2のガイドレーザ光G2のビームポジション及びポインティングを算出してもよい。以下に説明するように、EUV光生成制御部5は、休止期間において、第1のガイドレーザ光G1及び第2のガイドレーザ光G2のビームポジション及びポインティングに基づいて高反射ミラーのアクチュエータを制御してもよい。

[0058] 図5は、第1の実施形態における光路軸調整の処理手順を示すフローチャートである。EUV光生成制御部5は、以下の処理により、休止期間における光路軸調整と、バースト期間における光路軸調整と、を行ってもよい。

[0059] S100において、EUV光生成制御部5は、バースト期間中であるか、休止期間中であるかを判定してもよい。例えば、露光装置6から受信したEUVバースト出力指令がONである場合には、バースト期間中であると判定してもよい。また、露光装置6から受信したEUVバースト出力指令がOFFである場合には、休止期間中であると判定してもよい。

[0060] 次に、S100においてバースト期間中であると判定された場合について説明する。バースト期間中である場合(S100; NO)、EUV光生成制御部5は、処理をS101に進めてもよい。バースト期間においては、プリパルスレーザ光31pと、メインパルスレーザ光31mと、第1のガイドレ

ーザ光G 1 と、第2のガイドレーザ光G 2 とが、各レーザ装置から出力されてもよい。

[0061] S 1 0 1 において、E U V 光生成制御部5は、センサ4 1 3 による出力結果を受信して、プリパルスレーザ光3 1 p 及びメインパルスレーザ光3 1 m のビームポジションを計測してもよい。

[0062] 次に、S 1 0 2 において、E U V 光生成制御部5は、プリパルスレーザ光3 1 p のビームポジションが所定範囲に入るように、アクチュエータP 1 を調整してもよい。E U V 光生成制御部5は、メインパルスレーザ光3 1 m のビームポジションが所定範囲に入るように、アクチュエータM 1 を調整してもよい。

[0063] 次に、S 1 0 3 において、E U V 光生成制御部5は、センサ4 1 3 による出力結果を再度受信して、プリパルスレーザ光3 1 p 及びメインパルスレーザ光3 1 m のポインティングを計測してもよい。

[0064] 次に、S 1 0 4 において、E U V 光生成制御部5は、プリパルスレーザ光3 1 p のポインティングが所定範囲に入るように、アクチュエータP 2 を調整してもよい。E U V 光生成制御部5は、メインパルスレーザ光3 1 m のポインティングが所定範囲に入るように、アクチュエータM 2 を調整してもよい。

以上の処理により、プリパルスレーザ光3 1 p 及びメインパルスレーザ光3 1 m の光路軸を調整することにより、これらのレーザ光がターゲット2 7 に適切に照射されるようにしてもよい。

[0065] S 1 0 4 の次に、S 1 0 5 において、E U V 光生成制御部5は、センサ4 1 3 による出力結果を再度受信して、第1のガイドレーザ光G 1 及び第2のガイドレーザ光G 2 のビームポジションを計測してもよい。

[0066] 次に、S 1 0 6 において、E U V 光生成制御部5は、第1のガイドレーザ光G 1 のビームポジションが所定範囲に入るように、アクチュエータP G を調整してもよい。E U V 光生成制御部5は、第2のガイドレーザ光G 2 のビームポジションが所定範囲に入るように、アクチュエータM G を調整しても

よい。

S 1 0 6の後、E U V光生成制御部5は、処理をS 1 0 0に戻してもよい。

[0067] 次に、S 1 0 0において休止期間中であると判定された場合について説明する。休止期間中である場合（S 1 0 0 ; Y E S）、E U V光生成制御部5は、処理をS 1 1 1に進めてもよい。休止期間においては、プリパルスレーザ光3 1 pと、メインパルスレーザ光3 1 mとは、出力されなくてもよい。第1のガイドレーザ光G 1と、第2のガイドレーザ光G 2とが、各ガイドレーザ装置から出力されてもよい。

[0068] S 1 1 1において、E U V光生成制御部5は、センサ4 1 3による出力結果を受信して、第1のガイドレーザ光G 1及び第2のガイドレーザ光G 2のビームポジションを計測してもよい。

[0069] 次に、S 1 1 2において、E U V光生成制御部5は、第1のガイドレーザ光G 1のビームポジションが所定範囲に入るように、アクチュエータP Gを調整してもよい。E U V光生成制御部5は、第2のガイドレーザ光G 2のビームポジションが所定範囲に入るように、アクチュエータM Gを調整してもよい。

このとき、E U V光生成制御部5は、アクチュエータP Gの調整量と、アクチュエータM Gの調整量と、を記憶装置に記憶させてもよい。記憶装置は、後述のメモリ1 0 0 2であってもよい。

[0070] 次に、S 1 1 3において、E U V光生成制御部5は、センサ4 1 3による出力結果を再度受信して、第1のガイドレーザ光G 1及び第2のガイドレーザ光G 2のポインティングを計測してもよい。

[0071] 次に、S 1 1 4において、E U V光生成制御部5は、第1のガイドレーザ光G 1のポインティングが所定範囲に入るように、アクチュエータP 2を調整してもよい。E U V光生成制御部5は、第2のガイドレーザ光G 2のポインティングが所定範囲に入るように、アクチュエータM 2を調整してもよい。

[0072] S 1 1 1 ~ S 1 1 4 の処理により、プリパルスレーザ光 3 1 p 及びメインパルスレーザ光 3 1 m の光路軸が調整される代わりに、第 1 のガイドレーザ光 G 1 及び第 2 のガイドレーザ光 G 2 の光路軸が調整されてもよい。

S 1 1 1 ~ S 1 1 4 の処理によれば、プリパルスレーザ光 3 1 p が出力されていない休止期間中においても、第 1 のガイドレーザ光 G 1 の検出結果に基づいて、アクチュエータ P 2 の調整を行うことができる。

S 1 1 1 ~ S 1 1 4 の処理によれば、メインパルスレーザ光 3 1 m が出力されていない休止期間中においても、第 2 のガイドレーザ光 G 2 の検出結果に基づいて、アクチュエータ M 2 の調整を行うことができる。

[0073] S 1 1 4 の次に、S 1 2 0 において、E U V 光生成制御部 5 は、アクチュエータ P G の調整量に基づいて、アクチュエータ P 1 を調整してもよい。アクチュエータ P G の調整量は、記憶装置から読み出したものでもよい。アクチュエータ P 1 の調整量は、アクチュエータ P G の調整量と同じでもよい。あるいは、アクチュエータ P 1 の調整量は、アクチュエータ P G の調整量に一定の比例定数を乗算したものでもよい。一定の比例定数は、高反射ミラー 3 5 1 からセンサ 4 1 3 までの第 1 のガイドレーザ光 G 1 の光路長と、高反射ミラー 3 4 1 からセンサ 4 1 3 までのプリパルスレーザ光 3 1 p の光路長と、の比に基づいて決められてもよい。

[0074] また、S 1 2 0 において、E U V 光生成制御部 5 は、アクチュエータ M G の調整量に基づいて、アクチュエータ P 2 を調整してもよい。アクチュエータ M G の調整量は、記憶装置から読み出したものでもよい。アクチュエータ P 2 の調整量は、アクチュエータ M G の調整量と同じでもよい。あるいは、アクチュエータ P 2 の調整量は、アクチュエータ M G の調整量に一定の比例定数を乗算したものでもよい。一定の比例定数は、高反射ミラー 3 5 5 からセンサ 4 1 3 までの第 2 のガイドレーザ光 G 2 の光路長と、高反射ミラー 3 4 5 からセンサ 4 1 3 までのメインパルスレーザ光 3 1 m の光路長と、の比に基づいて決められてもよい。

[0075] S 1 2 0 の処理によれば、プリパルスレーザ光 3 1 p を出力していない休

止期間中においても、アクチュエータP Gの調整量に基づいて、アクチュエータP 1の調整を行うことができる。

S 1 2 0の処理によれば、メインパルスレーザ光3 1 mを出力していない休止期間中においても、アクチュエータM Gの調整量に基づいて、アクチュエータM 1の調整を行うことができる。

S 1 2 0の後、E U V光生成制御部5は、処理をS 1 0 0に戻してもよい。

[0076] 3. 3 作用

図6 A～図6 Fは、図4に示されるE U V光生成システムにおけるアクチュエータの制御とE U Vエネルギーの安定性との関係を示す。上述の図3 A～図3 Eに対して、図6 A～図6 Fにおいては、アクチュエータM Gの位置の変化を示すグラフが加えられている。

[0077] 図6 A～図6 C、図6 E及び図6 Fに示されるように、第1のバースト期間における動作は、上述の図3 A～図3 Eと同様でよい。図6 Dに示されるように、第1のバースト期間において、さらにアクチュエータM Gが制御されてもよい。アクチュエータM Gは、第2のガイドレーザ光の検出結果に基づいて制御されてもよい。図6 A～図6 Fには示されていないが、アクチュエータM Gの制御と同様に、アクチュエータP Gが、第1のガイドレーザ光の検出結果に基づいて制御されてもよい。

[0078] 第1のバースト期間の後、休止期間においては、プリパルスレーザ光3 1 p及びメインパルスレーザ光3 1 mが出力されないので、熱負荷による光学系の変形が解消し得る。

休止期間においては、図6 C及び図6 Dに示されるように、第2のガイドレーザ光G 2の検出結果に基づいて、アクチュエータM G及びアクチュエータM 2の両方が制御されてもよい。これにより、熱負荷による光学系の変形が解消されるのに応じて、アクチュエータM 2が制御され得る。すなわち、第2のガイドレーザ光G 2の検出結果に基づく制御ができるので、メインパルスレーザ光3 1 mの検出結果に基づく制御ができなくてもよい。

[0079] また、休止期間においては、図 6 B に示されるように、アクチュエータ M G の制御量に基づいて、アクチュエータ M 1 が制御されてもよい。これにより、熱負荷による光学系の変形が解消されるのに応じて、アクチュエータ M 1 が制御され得る。すなわち、アクチュエータ M G の制御量に基づく制御ができるので、メインパルスレーザ光 3 1 m の検出結果に基づく制御ができなくてもよい。

[0080] 休止期間の後、第 2 のバースト期間の開始時には、図 6 B ～図 6 D に示されるように、熱負荷による光学系の変形が緩和されるのに応じて、アクチュエータ M G の位置だけでなく、アクチュエータ M 1 及び M 2 の位置も調整されていてもよい。従って、第 2 のバースト期間においては、適切なアクチュエータ位置を起点として制御が開始され得る。アクチュエータ P G、P 1 及び P 2 に関しても同様であり得る。

[0081] 従って、図 6 E に示されるように、第 2 のバースト期間の開始時におけるターゲット 2 7 の位置に対するメインパルスレーザ光 3 1 m の集光位置のずれが抑制され得る。プリパルスレーザ光 3 1 p についても同様であり得る。

これにより、図 6 F に示されるように、第 2 のバースト期間の開始時から、所望の E U V 光エネルギーが得られる可能性がある。

[0082] 4. ターゲットによる反射光を検出する E U V 光生成装置

4. 1 構成

図 7 及び図 8 は、本開示の第 2 の実施形態に係る E U V 光生成システムの構成を概略的に示す。図 7 は、 $-X$ 方向の位置から X 方向に見た E U V 光生成システムを示す。図 8 は、 Z 方向の位置から $-Z$ 方向に見た E U V 光生成システムを示す。

[0083] 第 2 の実施形態においては、ビームコンバイナ 4 0 9 が、第 1 のガイドレーザ光 G 1 の一部をセンサ 4 1 3 に向けて透過させるだけでなく、第 1 のガイドレーザ光 G 1 の他の一部を高反射ミラー 4 0 6 に向けて反射してもよい。ビームコンバイナ 4 0 9 は、第 2 のガイドレーザ光 G 2 の一部をセンサ 4 1 3 に向けて反射するだけでなく、第 2 のガイドレーザ光 G 2 の他の一部を

高反射ミラー４０６に向けて透過させてもよい。すなわち、ビームコンバイナモジュール４０は、プリパルスレーザ光及びメインパルスレーザ光だけでなく、第１及び第２のガイドレーザ光Ｇ１及びＧ２も、チャンバ２ａに入射させてもよい。

[0084] また、第２の実施形態においては、チャンバ２ａの内部に、レーザ光集光光学系アクチュエータ８４が設けられてもよい。レーザ光集光光学系アクチュエータ８４は、プレート８２に対してプレート８３の位置を変更可能に構成されてもよい。レーザ光集光光学系アクチュエータ８４は、ＥＵＶ光生成制御部５によって制御されてもよい。これにより、レーザ光集光光学系２２ａの位置が変更されてもよい。レーザ光集光光学系２２ａの位置が変更されることにより、プリパルスレーザ光及びメインパルスレーザ光を含むパルスレーザ光３３の光路と、第１及び第２のガイドレーザ光の光路とが変更されてもよい。

[0085] 図８に示されるように、第２の実施形態においては、チャンバ２ａにターゲットカメラ８０が設けられていてもよい。チャンバ２ａの壁面には、ターゲットカメラ８０が取り付けられる位置に、ウインドウ２１ｃが配置されていてもよい。ターゲットカメラ８０は、画像センサ７４と、転写光学系７５と、筐体７３と、を含んでもよい。画像センサ７４及び転写光学系７５が、筐体７３に收容されてもよい。筐体７３には、図示しない高速シャッタがさらに收容されていてもよい。チャンバ２ａ内には、ターゲット２７を撮影するために、図示しない光源が設けられていてもよい。転写光学系７５は、プラズマ生成領域２５に位置する物体の像を画像センサ７４の受光面に結像するように構成されてもよい。

他の点については、図４を参照しながら説明した第１の実施形態と同様の構成でよい。

[0086] ４．２ 反射光によるレーザ光路軸の検出原理

ターゲット供給部２６からプラズマ生成領域２５に向けて移動するドロップレット状のターゲット２７は、ほぼ球状の形を有してもよい。ドロップレ

ット状のターゲット 27 にガイドレーザ光が照射されると、ガイドレーザ光はターゲット 27 の球面状の表面によって多方向に反射され得る。この反射光を含むターゲット 27 の像をターゲットカメラ 80 によって観察した場合、以下の原理により、ターゲット 27 に対するガイドレーザ光の照射位置を推定し得る。

[0087] 図 9 A は、ターゲット 27 の軌道とターゲットカメラ 80 の配置との関係を示す。ターゲット 27 は、プラズマ生成領域 25 を通る Y 軸と平行な軌道に沿って、 $-Y$ 方向に移動してもよい。第 1 のガイドレーザ光 G 1 が、プラズマ生成領域 25 に到達したターゲット 27 に、Z 方向に照射されてもよい。ターゲットカメラ 80 は、第 1 のガイドレーザ光 G 1 の光路軸とほぼ直交する方向からプラズマ生成領域 25 に位置する物体を撮像するように配置されてもよい。ここでは、ターゲットカメラ 80 が $-X$ 方向の位置からプラズマ生成領域 25 に位置する物体を撮像する場合について説明するが、本開示はこの配置に限定されない。また、ここでは第 1 のガイドレーザ光 G 1 がターゲット 27 に照射される場合について説明するが、第 2 のガイドレーザ光 G 2 についても同様でよい。

[0088] 図 9 B は、ガイドレーザ光 G 1 の光路軸が理想的な位置に調整された場合にターゲットカメラ 80 によって撮影される画像の例を示す。ガイドレーザ光 G 1 の光路軸の理想的な位置は、 $Y = 0$ の位置にあってもよい。ターゲットカメラ 80 の画像センサ 74 の受光面には、転写光学系 75 によってターゲット 27 の倒立像が結像されてもよいが、その場合に、図 9 B 及び後述の図 9 C 及び図 9 D の画像は、倒立像を正立像に変換したものであってよい。

[0089] チャンバ 2 a 内において、上述の図示しない光源が点灯された場合、ターゲットカメラ 80 によって撮影される画像には、Y 方向に引き伸ばされたターゲット 27 の像 27 a が写ってもよい。像 27 a の Y 方向の長さは、ターゲットカメラ 80 の露光時間と、ターゲット 27 の速度と、に依存し得る。チャンバ 2 a 内において、上述の図示しない光源が点灯されない場合、あるいはそのような光源が設けられない場合、像 27 a は写らなくてもよい。

[0090] ガイドレーザ光 G 1 は、ターゲット 2 7 の $-Z$ 方向側の表面に照射されてもよい。ガイドレーザ光 G 1 は、ターゲット 2 7 の球面状の表面によって多方向に反射され、その反射光の一部がターゲットカメラ 8 0 に到達してもよい。これにより、ターゲットカメラ 8 0 によって撮影される画像には、ガイドレーザ光 G 1 の照射位置に対応する明るい像 2 7 b が写ってもよい。ガイドレーザ光 G 1 の光路軸が $Y = 0$ の理想的な位置にあるとき、像 2 7 b は $Y = 0$ に対応する位置に形成されてもよい。

[0091] 図 9 C は、ガイドレーザ光 G 1 の光路軸が理想的な位置よりも Y 方向にずれた場合にターゲットカメラ 8 0 によって撮影される画像の例を示す。ガイドレーザ光 G 1 の光路軸が Y 方向にずれると、ガイドレーザ光 G 1 の多くの部分がターゲット 2 7 の Y 方向側の面に照射され得る。これにより、ターゲットカメラ 8 0 によって撮影される画像には、 $Y = 0$ よりも Y 方向にずれた位置に、明るい像 2 7 c が写ってもよい。

[0092] 逆に、ガイドレーザ光 G 1 の光路軸が理想的な位置よりも $-Y$ 方向にずれた場合には、ターゲットカメラ 8 0 によって撮影される画像には、 $Y = 0$ よりも $-Y$ 方向にずれた位置に、明るい像 2 7 c が写ってもよい。従って、像 2 7 c が Y 方向のどこに形成されたかを検出し、この検出結果に基づいてガイドレーザ光 G 1 の光路軸が Y 方向又は $-Y$ 方向にどの程度ずれているかが算出されてもよい。このように、像 2 7 c の位置に基づいて、ターゲットカメラ 8 0 の撮像方向と交差する方向のガイドレーザ光 G 1 の推定位置が算出されてもよい。

[0093] 図 9 D は、ガイドレーザ光 G 1 の光路軸が理想的な位置よりも X 方向にずれた場合にターゲットカメラ 8 0 によって撮影される画像の例を示す。ガイドレーザ光 G 1 の光路軸が X 方向にずれると、ガイドレーザ光 G 1 の多くの部分が、ターゲットカメラ 8 0 から見えないターゲット 2 7 の X 方向側の面に照射され得る。従って、ターゲット 2 7 の表面によって反射されたガイドレーザ光 G 1 の多くの部分が、ターゲットカメラ 8 0 に到達しなくなり得る。これにより、ターゲットカメラ 8 0 によって撮影される画像には、図 9 B

の像 28 b よりも暗い像又は小さい像 27 d が写ってもよい。

[0094] 逆に、ガイドレーザ光 G 1 の光路軸が理想的な位置よりも $-X$ 方向にずれた場合には、ガイドレーザ光 G 1 の多くの部分が、ターゲットカメラ 80 から見えるターゲット 27 の $-X$ 方向側の面に照射され得る。従って、ターゲット 27 の表面によって反射されたガイドレーザ光 G 1 の多くの部分が、ターゲットカメラ 80 に到達し得る。これにより、ターゲットカメラ 80 によって撮影される画像には、図 9 B の像 28 b よりも明るい像又は大きい像が写ってもよい。従って、像 27 d の明るさ又は大きさを検出し、この検出結果に基づいて、ガイドレーザ光 G 1 の光路軸が X 方向にどの程度ずれているかが算出されてもよい。このように、像 27 c の明るさ又は大きさに基づいて、ターゲットカメラ 80 の撮像方向に沿った方向のガイドレーザ光 G 1 の推定位置が算出されてもよい。

[0095] プリパルスレーザ光がターゲット 27 に照射されるとターゲット 27 は膨張又は拡散してしまうため、上記と同じ原理で光路軸のずれを検出しなくてもよい。メインパルスレーザ光がターゲット 27 に照射されるとターゲット 27 はプラズマ化してしまうため、上記と同じ原理で光路軸のずれを検出しなくてもよい。

[0096] ここでは、ターゲットカメラ 80 を 1 つだけ用いる場合について説明したが、本開示はこれに限定されない。ガイドレーザ光の光路軸とほぼ直交する複数の方向からプラズマ生成領域 25 を撮像するように、複数のカメラが配置されてもよい。

[0097] 4. 3 動作

図 10 は、第 2 の実施形態における光路軸調整の処理手順を示すフローチャートである。第 2 の実施形態において、バースト期間中であるか、休止期間中であるかを判定する処理と、バースト期間における光路軸調整の処理は、図 5 を参照しながら説明した S 100 ~ S 106 と同様でよい。

[0098] 第 2 の実施形態において、休止期間における光路軸調整の処理は、S 111 ~ S 120 については図 5 を参照しながら説明したものと同様でよい。第

2の実施形態の休止期間における処理は、S 1 2 0の後、以下の処理が行われる点で、第1の実施形態と異なってもよい。

[0099] S 1 2 0の後、S 1 2 5において、E U V光生成制御部5は、ターゲットカメラ80の画像センサ74から画像データを取得してもよい。E U V光生成制御部5は、画像センサ74から取得した画像データに基づいて、ターゲット27による反射光の像の位置を取得してもよい。ターゲット27による反射光の像の位置からは、ガイドレーザ光のY方向の位置が推定されてもよい。

[0100] 次に、S 1 2 6において、E U V光生成制御部5は、ターゲット27による反射光の像の位置が所定範囲に入るように、レーザ光集光光学系アクチュエータ84を調整してもよい。すなわち、E U V光生成制御部5は、ガイドレーザ光のY方向の位置が所望範囲に入るように、レーザ光集光光学系アクチュエータ84を調整してもよい。

[0101] 次に、S 1 2 7において、E U V光生成制御部5は、画像センサ74から取得した画像データに基づいて、ターゲット27による反射光の像の大きさを取得してもよい。ターゲット27による反射光の像の大きさからは、ガイドレーザ光のX方向の位置が推定されてもよい。S 1 2 7においては、反射光の像の大きさの代わりに、反射光の像の明るさを取得し、反射光の像の明るさから、ガイドレーザ光のX方向の位置が推定されてもよい。

[0102] 次に、S 1 2 8において、E U V光生成制御部5は、ターゲット27による反射光の像の大きさ又は明るさが所定範囲に入るように、レーザ光集光光学系アクチュエータ84を調整してもよい。すなわち、E U V光生成制御部5は、ガイドレーザ光のX方向の位置が所望範囲に入るように、レーザ光集光光学系アクチュエータ84を調整してもよい。

[0103] S 1 2 5～S 1 2 8の処理において、第1のガイドレーザ光G 1の位置と第2のガイドレーザ光G 2の位置とが異なる場合は、その平均の値を用いて、レーザ光集光光学系アクチュエータ84を調整してもよい。あるいは、第1のガイドレーザ光G 1の位置を用いてレーザ光集光光学系アクチュエータ

８４を調整することとしてもよい。

Ｓ１２８の後、ＥＵＶ光生成制御部５は、処理をＳ１００に戻してもよい。

[0104] ４．４ 作用

第２の実施形態によれば、プラズマ生成領域２５におけるガイドレーザ光の位置に基づいてレーザ光集光光学系アクチュエータ８４を調整できるので、レーザ光の光路軸制御の精度が向上し得る。

[0105] ５．アクチュエータの応答性能を向上したＥＵＶ光生成装置

図１１は、本開示の第３の実施形態に係るＥＵＶ光生成システムの構成を概略的に示す。第３の実施形態においては、図７を参照しながら説明したレーザ光集光光学系アクチュエータ８４の代わりに、アクチュエータ４１２が、高反射ミラー４０６のホルダ４０８に取付けられていてもよい。ＥＵＶ光生成制御部５は、レーザ光集光光学系アクチュエータ８４を制御する代わりに、アクチュエータ４１２を制御してもよい。

他の点については、図７～図１０を参照しながら説明した第２の実施形態と同様でよい。

[0106] レーザ光集光光学系アクチュエータ８４は、複数のミラーを含むレーザ光集光光学系２２ａと、プレート８３と、図示しない冷却装置とを移動させるので、応答速度の向上が困難な場合があり得る。これに対し、第３の実施形態においては、アクチュエータ４１２が一枚の高反射ミラー４０６とホルダ４０８を移動させるので、応答速度の向上が期待できる。

第３の実施形態においては、アクチュエータ４１２が高反射ミラー４０６のホルダ４０８に取付けられる場合について説明したが、本開示はこれに限定されない。例えば、プリパルスレーザ光を反射する高反射ミラー４０２のホルダ４０４と、メインパルスレーザ光を反射する高反射ミラー４０５のホルダ４０７と、にそれぞれアクチュエータが設けられてもよい。プリパルスレーザ光を反射する高反射ミラー４０２のホルダ４０４には、冷却装置が不要であり得る。従って、高反射ミラー４０２のホルダ４０４に設けられたア

クチュエータは、さらなる応答速度の向上が期待され得る。

[0107] 6. ガイドレーザ光とドライブレザ光の位置を同時に調整するEUV光生成装置

6. 1 構成

図12は、本開示の第4の実施形態に係るEUV光生成システムの構成を概略的に示す。第4の実施形態は、アクチュエータPG及びMGの調整量に基づいてアクチュエータP2及びM2を調整する処理(S120)を省略した点で、第2の実施形態又は第3の実施形態と異なってもよい。

[0108] 図12に示されるように、第4の実施形態に係るEUV光生成システムは、高反射ミラー355及び356と、ビームコンバイナ365及び366と、それらのホルダ357、358、367及び368と、を含んでもよい。図7及び図11に示される高反射ミラー351、352、355及び356と、ビームコンバイナ361及び363と、それらのホルダ353、354、357、358、362及び364と、アクチュエータPG及びMGとは、設けられなくてもよい。

[0109] 高反射ミラー355は、第1のガイドレーザ3pgから出力される第1のガイドレーザ光G1の光路に配置されてもよい。ビームコンバイナ365は、高反射ミラー355によって反射された第1のガイドレーザ光G1の光路に配置されてもよい。ビームコンバイナ365は、プリパルスレーザ3pと高反射ミラー341との間のプリパルスレーザ光31pの光路に位置してもよい。ビームコンバイナ365は、プリパルスレーザ光31pを高い透過率で透過させ、第1のガイドレーザ光G1を高い反射率で反射するように構成されてもよい。ビームコンバイナ365は、プリパルスレーザ光31pと第1のガイドレーザ光G1の光路の中心軸をほぼ一致させるように構成されてもよい。

[0110] 高反射ミラー356は、第2のガイドレーザ3mgから出力される第2のガイドレーザ光G2の光路に配置されてもよい。ビームコンバイナ366は、高反射ミラー356によって反射された第2のガイドレーザ光G2の光路

に配置されてもよい。ビームコンバイナ366は、メインパルスレーザ3mと高反射ミラー345との間のメインパルスレーザ光31mの光路に位置してもよい。ビームコンバイナ366は、メインパルスレーザ光31mを高い透過率で透過させ、第2のガイドレーザ光G2を高い反射率で反射するように構成されてもよい。ビームコンバイナ366は、メインパルスレーザ光31mと第2のガイドレーザ光G2の光路の中心軸をほぼ一致させるように構成されてもよい。

[0111] 以上の構成によれば、アクチュエータP1を制御することにより、第1のガイドレーザ光G1とプリパルスレーザ光31pの両方の光路軸の位置が同時に移動してもよい。アクチュエータM1を制御することにより、第2のガイドレーザ光G2とメインパルスレーザ光31mの両方の光路軸の位置が同時に移動してもよい。

[0112] 6. 2 動作

図13は、第4の実施形態における光路軸調整の処理手順を示すフローチャートである。第4の実施形態においては、バースト期間中に、S105及びS106の処理（図10）は行われなくてもよい。従って、図13においては、バースト期間中に第1及び第2のガイドレーザ3pg及び3mgを発振させなくてもよい。但し、本実施形態は、バースト期間中に第1及び第2のガイドレーザ3pg及び3mgを発振させない場合には限定されない。バースト期間中に、第1及び第2のガイドレーザ3pg及び3mgを発振させて、ドライブレザ光とガイドレーザ光との光路軸が合っているか否かを確認できるようにしてもよい。

[0113] 第4の実施形態においては、休止期間中に、S112の処理（図10）の代わりに、S112aの処理が行われてもよい。S112aにおいて、EUV光生成制御部5は、第1及び第2のガイドレーザ光G1及びG2のビームポジションが所定範囲に入るように、アクチュエータP1及びM1を調整してもよい。従って、第4の実施形態においては、休止期間中に、S120の処理（図10）が行われなくてもよい。

他の点については、図 7～図 10 を参照しながら説明した第 2 の実施形態又は図 11 を参照しながら説明した第 3 の実施形態と同様でよい。

[0114] 7. センサの例

7. 1 第 1 の例

図 14 は、上述の実施形態において用いられるセンサ 413 の第 1 の例を概略的に示す。センサ 413 は、プリパルスレーザ光 31p と、メインパルスレーザ光 31m と、第 1 及び第 2 のガイドレーザ光 G1 及び G2 と、の各々についてビームポジション及びポインティングを算出可能なデータを取得するため、以下の構成を有してもよい。

[0115] 7. 1. 1 構成

第 1 の例に係るセンサ 413 は、ビームスプリッタ 90a と、高反射ミラー 90b と、バンドパスフィルタ 91pm 及び 91g と、ビームスプリッタ 92pm 及び 92g と、高反射ミラー 93pm 及び 93g と、を含んでもよい。センサ 413 は、さらに、転写光学系 94pm 及び 94g と、集光光学系 95pm 及び 95g と、ビームプロファイラ 96pm、96g、97pm 及び 97g と、を含んでもよい。

[0116] ビームスプリッタ 90a は、センサ 413 に図中の下側から入射した光を反射光と透過光とに分けるように構成されてもよい。反射光と透過光との各々に、プリパルスレーザ光 31p と、メインパルスレーザ光 31m と、第 1 及び第 2 のガイドレーザ光 G1 及び G2 とが含まれてもよい。

[0117] ビームスプリッタ 90a の反射光の光路に、バンドパスフィルタ 91pm が配置されてもよい。バンドパスフィルタ 91pm は、プリパルスレーザ光 31p 及びメインパルスレーザ光 31m を透過し、その他の光を吸収又は反射するように構成されてもよい。第 1 及び第 2 のガイドレーザ光 G1 及び G2 は、バンドパスフィルタ 91pm によって吸収又は反射されてもよい。

[0118] バンドパスフィルタ 91pm を透過したプリパルスレーザ光 31p 及びメインパルスレーザ光 31m の光路に、ビームスプリッタ 92pm が配置されてもよい。ビームスプリッタ 92pm はプリパルスレーザ光 31p 及びメイ

ンパルスレーザ光 3 1 m の各々を反射光と透過光とに分けるように構成されてもよい。

[0119] ビームスプリッタ 9 2 p m の反射光の光路に、高反射ミラー 9 3 p m、集光光学系 9 5 p m 及びビームプロファイラ 9 7 p m が配置されてもよい。高反射ミラー 9 3 p m は、ビームスプリッタ 9 2 p m の反射光を集光光学系 9 5 p m に向けて反射するように構成されてもよい。集光光学系 9 5 p m は、ビームスプリッタ 9 2 p m の反射光をビームプロファイラ 9 7 p m の受光面に集光するように構成されてもよい。

[0120] ビームスプリッタ 9 2 p m の透過光の光路に、転写光学系 9 4 p m 及びビームプロファイラ 9 6 p m が配置されてもよい。転写光学系 9 4 p m は、プリパルスレーザ光 3 1 p 及びメインパルスレーザ光 3 1 m の光路上の位置 A におけるビーム断面の像をビームプロファイラ 9 6 p m の受光面に転写するように構成されてもよい。

[0121] ビームスプリッタ 9 0 a の透過光の光路に、高反射ミラー 9 0 b 及びバンドパスフィルタ 9 1 g が配置されてもよい。高反射ミラー 9 0 b は、ビームスプリッタ 9 0 a の透過光をバンドパスフィルタ 9 1 g に向けて反射するように構成されてもよい。バンドパスフィルタ 9 1 g は、第 1 及び第 2 のガイドレーザ光 G 1 及び G 2 を透過し、その他の光を吸収又は反射するように構成されてもよい。プリパルスレーザ光 3 1 p 及びメインパルスレーザ光 3 1 m は、バンドパスフィルタ 9 1 g によって吸収又は反射されてもよい。

[0122] バンドパスフィルタ 9 1 g を透過した第 1 及び第 2 のガイドレーザ光 G 1 及び G 2 の光路に、ビームスプリッタ 9 2 g が配置されてもよい。ビームスプリッタ 9 2 g は第 1 及び第 2 のガイドレーザ光 G 1 及び G 2 の各々を反射光と透過光とに分けるように構成されてもよい。

[0123] ビームスプリッタ 9 2 g の反射光の光路に、高反射ミラー 9 3 g、集光光学系 9 5 g 及びビームプロファイラ 9 7 g が配置されてもよい。高反射ミラー 9 3 g は、ビームスプリッタ 9 2 g の反射光を集光光学系 9 5 g に向けて反射するように構成されてもよい。集光光学系 9 5 g は、ビームスプリッタ

92gの反射光をビームプロファイラ97gの受光面に集光するように構成されてもよい。

[0124] ビームスプリッタ92gの透過光の光路に、転写光学系94g及びビームプロファイラ96gが配置されてもよい。転写光学系94gは、第1及び第2のガイドレーザ光G1及びG2の光路上の位置Bにおけるビーム断面の像をビームプロファイラ96gの受光面に転写するように構成されてもよい。

[0125] 7. 1. 2 動作

EUV光生成制御部5は、ビームプロファイラ96pmの受光面に転写されたプリパルスレーザ光31p及びメインパルスレーザ光31mの光強度分布のデータを受信してもよい。EUV光生成制御部5は、この光強度分布のデータに含まれるビーム断面の像に基づいて、プリパルスレーザ光31p及びメインパルスレーザ光31mのビームポジションを計算してもよい。

EUV光生成制御部5は、ビームプロファイラ97pmの受光面に集光されたプリパルスレーザ光31p及びメインパルスレーザ光31mの光強度分布のデータを受信してもよい。EUV光生成制御部5は、この光強度分布のデータから集光位置を算出し、算出された集光位置に基づいて、プリパルスレーザ光31p及びメインパルスレーザ光31mのポインティングを計算してもよい。

[0126] EUV光生成制御部5は、ビームプロファイラ96gの受光面に転写された第1及び第2のガイドレーザ光G1及びG2の光強度分布のデータを受信してもよい。EUV光生成制御部5は、この光強度分布のデータに含まれるビーム断面の像に基づいて、第1及び第2のガイドレーザ光G1及びG2のビームポジションを計算してもよい。

EUV光生成制御部5は、ビームプロファイラ97gの受光面に集光された第1及び第2のガイドレーザ光G1及びG2の光強度分布のデータを受信してもよい。EUV光生成制御部5は、この光強度分布のデータから集光位置を算出し、算出された集光位置に基づいて、第1及び第2のガイドレーザ光G1及びG2のポインティングを計算してもよい。

[0127] 第1の例によれば、プリパルスレーザ光31p及びメインパルスレーザ光31mと、第1及び第2のガイドレーザ光G1及びG2とで、別々のビームプロファイラ97pmとビームプロファイラ97gとを用いている。また、プリパルスレーザ光31p及びメインパルスレーザ光31mと、第1及び第2のガイドレーザ光G1及びG2とで、別々のビームプロファイラ96pmとビームプロファイラ96gとを用いている。これにより、プリパルスレーザ光31p及びメインパルスレーザ光31mと、第1及び第2のガイドレーザ光G1及びG2と、を並行して観測することができ、制御の周期を早くし得る。また、もし、ビームプロファイラ97pm又はビームプロファイラ96pmが故障したとしても、例えばバンドパスフィルタ91gを交換すれば、ビームプロファイラ97g又はビームプロファイラ96gによって必要最低限の測定もなし得る。

[0128] 7. 2 第2の例

図15は、上述の実施形態において用いられるセンサ413の第2の例を概略的に示す。第2の例において、センサ413は、ビームスプリッタ92a及び92bによって分けられた後の光路に、バンドパスフィルタ91apm、91ag、91bpm及び91bgが配置されてもよい。具体的には、センサ413は、以下の構成を有してもよい。

[0129] 第2の例に係るセンサ413は、ビームスプリッタ90aと、高反射ミラー90bと、バンドパスフィルタ91apm、91ag、91bpm及び91bgと、ビームスプリッタ92a及び92bと、高反射ミラー93a及び93bと、を含んでもよい。センサ413は、さらに、転写光学系94pm及び94gと、集光光学系95pm及び95gと、ビームプロファイラ96pm、96g、97pm及び97gと、を含んでもよい。

[0130] ビームスプリッタ90aは、センサ413に図中の下側から入射した光を反射光と透過光とに分けるように構成されてもよい。反射光と透過光との各々に、プリパルスレーザ光31pと、メインパルスレーザ光31mと、第1及び第2のガイドレーザ光G1及びG2とが含まれてもよい。

- [0131] ビームスプリッタ 90 a の反射光の光路に、ビームスプリッタ 92 a が配置されてもよい。ビームスプリッタ 92 a は、ビームスプリッタ 90 a の反射光を、さらに反射光と透過光とに分けるように構成されてもよい。
- [0132] ビームスプリッタ 92 a の反射光の光路に、高反射ミラー 93 a、バンドパスフィルタ 91 a p m、集光光学系 95 p m 及びビームプロファイラ 97 p m が配置されてもよい。高反射ミラー 93 a は、ビームスプリッタ 92 a の反射光をバンドパスフィルタ 91 a p m に向けて反射するように構成されてもよい。バンドパスフィルタ 91 a p m は、プリパルスレーザ光 31 p 及びメインパルスレーザ光 31 m を透過し、その他の光を吸収又は反射するように構成されてもよい。第 1 及び第 2 のガイドレーザ光 G1 及び G2 は、バンドパスフィルタ 91 a p m によって吸収又は反射されてもよい。集光光学系 95 p m は、バンドパスフィルタ 91 a p m を透過した光をビームプロファイラ 97 p m の受光面に集光するように構成されてもよい。
- [0133] ビームスプリッタ 92 a の透過光の光路に、バンドパスフィルタ 91 a g、集光光学系 95 g 及びビームプロファイラ 97 g が配置されてもよい。バンドパスフィルタ 91 a g は、第 1 及び第 2 のガイドレーザ光 G1 及び G2 を透過し、その他の光を吸収又は反射するように構成されてもよい。プリパルスレーザ光 31 p 及びメインパルスレーザ光 31 m は、バンドパスフィルタ 91 a g によって吸収又は反射されてもよい。集光光学系 95 g は、バンドパスフィルタ 91 a g を透過した光をビームプロファイラ 97 g の受光面に集光するように構成されてもよい。
- [0134] ビームスプリッタ 90 a の透過光の光路に、高反射ミラー 90 b 及びビームスプリッタ 92 b が配置されてもよい。高反射ミラー 90 b は、ビームスプリッタ 90 a の透過光をビームスプリッタ 92 b に向けて反射するように構成されてもよい。ビームスプリッタ 92 b は、ビームスプリッタ 90 a の透過光を、さらに反射光と透過光とに分けるように構成されてもよい。
- [0135] ビームスプリッタ 92 b の反射光の光路に、高反射ミラー 93 b、バンドパスフィルタ 91 b p m、転写光学系 94 p m 及びビームプロファイラ 96

p mが配置されてもよい。高反射ミラー93 bは、ビームスプリッタ92 bの反射光をバンドパスフィルタ91 b p mに向けて反射するように構成されてもよい。バンドパスフィルタ91 b p mは、プリパルスレーザ光31 p及びメインパルスレーザ光31 mを透過し、その他の光を吸収又は反射するように構成されてもよい。第1及び第2のガイドレーザ光G1及びG2は、バンドパスフィルタ91 b p mによって吸収又は反射されてもよい。転写光学系94 p mは、プリパルスレーザ光31 p及びメインパルスレーザ光31 mの光路上の位置Aにおけるビーム断面の像をビームプロファイラ96 p mの受光面に転写するように構成されてもよい。

[0136] ビームスプリッタ92 bの透過光の光路に、バンドパスフィルタ91 b g、転写光学系94 g及びビームプロファイラ96 gが配置されてもよい。バンドパスフィルタ91 b gは、第1及び第2のガイドレーザ光G1及びG2を透過し、その他の光を吸収又は反射するように構成されてもよい。プリパルスレーザ光31 p及びメインパルスレーザ光31 mは、バンドパスフィルタ91 b gによって吸収又は反射されてもよい。転写光学系94 gは、第1及び第2のガイドレーザ光G1及びG2の光路上の位置Bにおけるビーム断面の像をビームプロファイラ96 gの受光面に転写するように構成されてもよい。

[0137] 第2の例によれば、プリパルスレーザ光31 p及びメインパルスレーザ光31 mと、第1及び第2のガイドレーザ光G1及びG2とで、別々のビームプロファイラ97 p mとビームプロファイラ97 gとを用いている。また、プリパルスレーザ光31 p及びメインパルスレーザ光31 mと、第1及び第2のガイドレーザ光G1及びG2とで、別々のビームプロファイラ96 p mとビームプロファイラ96 gとを用いている。これにより、プリパルスレーザ光31 p及びメインパルスレーザ光31 mと、第1及び第2のガイドレーザ光G1及びG2と、を並行して観測することができ、制御の周期を早くし得る。また、もし、ビームプロファイラ97 p mが故障したとしても、例えばバンドパスフィルタ91 a gを交換すれば、ビームプロファイラ97 gに

よって必要最低限の測定もなし得る。また、もし、ビームプロファイラ 9 6 p m が故障したとしても、例えばバンドパスフィルタ 9 1 b g を交換すれば、ビームプロファイラ 9 6 g によって必要最低限の測定もなし得る。

他の点については、図 1 4 を参照しながら説明した第 1 の例と同様でよい。

[0138] 7. 3 第 3 の例

図 1 6 A 及び図 1 6 B は、上述の実施形態において用いられるセンサ 4 1 3 の第 3 の例を概略的に示す。第 3 の例において、センサ 4 1 3 は、ステージ 9 1 s によって切替え可能なバンドパスフィルタ 9 1 p m 及び 9 1 g を含んでもよい。図 1 6 A は、バンドパスフィルタ 9 1 g に切り替えられた状態を示し、図 1 6 B は、バンドパスフィルタ 9 1 p m に切り替えられた状態を示す。具体的には、センサ 4 1 3 は、以下の構成を有してもよい。

[0139] 7. 3. 1 構成

第 3 の例に係るセンサ 4 1 3 は、高反射ミラー 9 0 b と、バンドパスフィルタ 9 1 p m 及び 9 1 g と、ステージ 9 1 s と、ビームスプリッタ 9 2 と、を含んでもよい。センサ 4 1 3 は、さらに、転写光学系 9 4 と、集光光学系 9 5 と、ビームプロファイラ 9 6 及び 9 7 と、を含んでもよい。

[0140] 高反射ミラー 9 0 b は、センサ 4 1 3 に入射した光を反射するように構成されてもよい。高反射ミラー 9 0 b の反射光には、プリパルスレーザ光 3 1 p と、メインパルスレーザ光 3 1 m と、第 1 及び第 2 のガイドレーザ光 G 1 及び G 2 とが含まれてもよい。

ステージ 9 1 s は、バンドパスフィルタ 9 1 p m 及び 9 1 g のいずれが高反射ミラー 9 0 b の反射光の光路に位置するかを切替え可能に構成されてもよい。ステージ 9 1 s は、EUV 光生成制御部 5 によって制御されるドライバ 9 1 d によって駆動されてもよい。

[0141] ビームスプリッタ 9 2 は、バンドパスフィルタ 9 1 p m 及び 9 1 g のいずれかを透過した光を反射光と透過光とに分けるように構成されてもよい。

ビームスプリッタ 9 2 の反射光の光路に、集光光学系 9 5 及びビームプロ

ファイラ 97 が配置されてもよい。集光光学系 95 は、ビームスプリッタ 92 の反射光をビームプロファイラ 97 の受光面に集光するように構成されてもよい。

ビームスプリッタ 92 の透過光の光路に、転写光学系 94 及びビームプロファイラ 96 が配置されてもよい。転写光学系 94 は、バンドパスフィルタ 91 p m 及び 91 g のいずれかを透過した光の光路上の位置 A におけるビーム断面の像をビームプロファイラ 96 の受光面に転写するように構成されてもよい。

[0142] 7. 3. 2 動作

図 16 B に示されるように、高反射ミラー 90 b の反射光の光路にバンドパスフィルタ 91 p m が位置する場合、バンドパスフィルタ 91 p m は、プリパルスレーザ光 31 p 及びメインパルスレーザ光 31 m を透過させ、その他の光を吸収又は反射してもよい。

この場合、EUV 光生成制御部 5 は、ビームプロファイラ 96 の受光面に転写されたプリパルスレーザ光 31 p 及びメインパルスレーザ光 31 m の光強度分布のデータを受信してもよい。EUV 光生成制御部 5 は、この光強度分布のデータに含まれるビーム断面の像に基づいて、プリパルスレーザ光 31 p 及びメインパルスレーザ光 31 m のビームポジションを計算してもよい。

また、EUV 光生成制御部 5 は、ビームプロファイラ 97 の受光面に集光されたプリパルスレーザ光 31 p 及びメインパルスレーザ光 31 m の光強度分布のデータを受信してもよい。EUV 光生成制御部 5 は、この光強度分布のデータから集光位置を算出し、算出された集光位置に基づいて、プリパルスレーザ光 31 p 及びメインパルスレーザ光 31 m のポインティングを計算してもよい。

[0143] 図 16 A に示されるように、高反射ミラー 90 b の反射光の光路にバンドパスフィルタ 91 g が位置する場合、バンドパスフィルタ 91 g は、第 1 及び第 2 のガイドレーザ光 G1 及び G2 を透過させ、その他の光を吸収又は反

射してもよい。

この場合、EUV光生成制御部5は、ビームプロファイラ96の受光面に転写された第1及び第2のガイドレーザ光G1及びG2の光強度分布のデータを受信してもよい。EUV光生成制御部5は、この光強度分布のデータに含まれるビーム断面の像に基づいて、第1及び第2のガイドレーザ光G1及びG2のビームポジションを計算してもよい。

また、EUV光生成制御部5は、ビームプロファイラ97の受光面に集光された第1及び第2のガイドレーザ光G1及びG2の光強度分布のデータを受信してもよい。EUV光生成制御部5は、この光強度分布のデータから集光位置を算出し、算出された集光位置に基づいて、第1及び第2のガイドレーザ光G1及びG2のポインティングを計算してもよい。

[0144] 第3の例によれば、プリパルスレーザ光31p及びメインパルスレーザ光31mと、第1及び第2のガイドレーザ光G1及びG2とで、共通の集光光学系95及び共通のビームプロファイラ97を用いることができる。また、プリパルスレーザ光31p及びメインパルスレーザ光31mと、第1及び第2のガイドレーザ光G1及びG2とで、共通の転写光学系94及び共通のビームプロファイラ96を用いることができる。これにより、ビームポジションの検出精度を安定化し、ポインティングの検出精度を安定化し得る。

他の点については、図14を参照しながら説明した第1の例と同様でよい。

[0145] 8. 制御部の構成

図17は、制御部の概略構成を示すブロック図である。

上述した実施の形態におけるEUV光生成制御部5等の制御部は、コンピュータやプログラマブルコントローラ等汎用の制御機器によって構成されてもよい。例えば、以下のように構成されてもよい。

[0146] (構成)

制御部は、処理部1000と、処理部1000に接続される、ストレージメモリ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とによって構成されてもよい。また、処理部1000は、CPU1001と、CPU1001に接続された、メモリ1002と、タイマー1003と、GPU1004とから構成されてもよい。

[0147] (動作)

処理部1000は、ストレージメモリ1005に記憶されたプログラムを讀出してもよい。また、処理部1000は、讀出したプログラムを実行したり、プログラムの実行に従ってストレージメモリ1005からデータを讀出したり、ストレージメモリ1005にデータを記憶させたりしてもよい。

[0148] パラレルI/Oコントローラ1020は、パラレルI/Oポートを介して通信可能な機器1021～102xに接続されてもよい。パラレルI/Oコントローラ1020は、処理部1000がプログラムを実行する過程で行うパラレルI/Oポートを介した、デジタル信号による通信を制御してもよい。

[0149] シリアルI/Oコントローラ1030は、シリアルI/Oポートを介して通信可能な機器1031～103xに接続されてもよい。シリアルI/Oコントローラ1030は、処理部1000がプログラムを実行する過程で行うシリアルI/Oポートを介した、デジタル信号による通信を制御してもよい。

[0150] A/D、D/Aコンバータ1040は、アナログポートを介して通信可能な機器1041～104xに接続されてもよい。A/D、D/Aコンバータ1040は、処理部1000がプログラムを実行する過程で行うアナログポートを介した、アナログ信号による通信を制御してもよい。

[0151] ユーザインターフェイス1010は、オペレータが処理部1000によるプログラムの実行過程を表示したり、オペレータによるプログラム実行の中止や割り込み処理を処理部1000に行わせたりするよう構成されてもよい。

[0152] 処理部1000のCPU1001はプログラムの演算処理を行ってもよい

。メモリ 1002 は、CPU 1001 がプログラムを実行する過程で、プログラムの一時記憶や、演算過程でのデータの一時記憶を行ってもよい。タイマー 1003 は、時刻や経過時間を計測し、プログラムの実行に従って CPU 1001 に時刻や経過時間を出力してもよい。GPU 1004 は、処理部 1000 に画像データが入力された際、プログラムの実行に従って画像データを処理し、その結果を CPU 1001 に出力してもよい。

[0153] 平行 I/O コントローラ 1020 に接続される、平行 I/O ポートを介して通信可能な機器 1021 ~ 102x は、レーザ装置 3、露光装置 6、他の制御部等であってもよい。

シリアル I/O コントローラ 1030 に接続される、シリアル I/O ポートを介して通信可能な機器 1031 ~ 103x は、ターゲット供給部 26、レーザ光集光光学系アクチュエータ 84 等であってもよい。

A/D、D/A コンバータ 1040 に接続される、アナログポートを介して通信可能な機器 1041 ~ 104x は、ターゲットカメラ 80 等の各種センサであってもよい。

以上のように構成されることで、制御部は各実施形態に示された動作を実現可能であってもよい。

[0154] 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。

[0155] 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句「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] 所定領域に向けてターゲットを出力するターゲット供給部と、
 前記ターゲットに照射されるドライブレーザ光を出力するドライブレーザと、
 ガイドレーザ光を出力するガイドレーザと、
 前記ドライブレーザから出力された前記ドライブレーザ光の光路と、
 前記ガイドレーザから出力された前記ガイドレーザ光の光路と、を
 ほぼ一致させて出力するビームコンバイナと、
 前記ビームコンバイナに入射する前記ドライブレーザ光の光路を調整する第1のアクチュエータを備えた第1の光学素子と、
 前記ビームコンバイナに入射する前記ガイドレーザ光の光路を調整する第2のアクチュエータを備えた第2の光学素子と、
 前記ビームコンバイナから出力された前記ガイドレーザ光を検出して検出データを出力するセンサと、
 前記センサによる前記ガイドレーザ光の検出データを受信し、前記検出データに基づいて前記第2のアクチュエータを制御し、前記第2のアクチュエータの制御量に基づいて前記第1のアクチュエータを制御する制御部と、
 を備える極端紫外光生成装置。
- [請求項2] 前記制御部は、前記ドライブレーザ光が出力されていないときに、
 前記センサによる前記ガイドレーザ光の検出データを受信し、前記検出データに基づいて前記第2のアクチュエータを制御し、前記第2のアクチュエータの制御量に基づいて前記第1のアクチュエータを制御する、請求項1記載の極端紫外光生成装置。
- [請求項3] 前記ビームコンバイナから出力された前記ドライブレーザ光及び前記ガイドレーザ光の両方の光路を調整する第3のアクチュエータを備えた第3の光学素子をさらに備え、
 前記センサは、前記第3の光学素子から出力された前記ガイドレー

ザ光を検出して前記検出データを出力するように構成され、

前記制御部は、前記検出データに基づいて前記第2のアクチュエータを制御した後の前記センサによる前記ガイドレーザ光の検出データである第2の検出データを受信し、前記第2の検出データに基づいて前記第3のアクチュエータを制御する、請求項1記載の極端紫外光生成装置。

[請求項4]

前記センサは、さらに、前記第3の光学素子から出力された前記ドライブレーザ光を検出して検出データを出力するように構成され、

前記制御部は、前記ドライブレーザ光が出力されているときに、前記センサによる前記ドライブレーザ光の検出データである第3の検出データを受信し、前記第3の検出データに基づいて前記第1のアクチュエータを制御し、前記第3の検出データに基づいて前記第1のアクチュエータを制御した後の前記センサによる前記ドライブレーザ光の検出データである第4の検出データを受信し、前記第4の検出データに基づいて前記第3のアクチュエータを制御し、前記センサによる前記ガイドレーザ光の検出データである第5の検出データを受信し、前記第5の検出データに基づいて前記第2のアクチュエータを制御する、請求項3記載の極端紫外光生成装置。

[請求項5]

所定領域に向けてターゲットを出力するターゲット供給部と、

前記ターゲットに照射されるプリパルスレーザ光を出力するプリパルスレーザと、

前記ターゲットに前記プリパルスレーザ光が照射された後に前記ターゲットに照射されるメインパルスレーザ光を出力するメインパルスレーザと、

第1のガイドレーザ光を出力する第1のガイドレーザと、

第2のガイドレーザ光を出力する第2のガイドレーザと、

前記プリパルスレーザから出力された前記プリパルスレーザ光の光路と、前記第1のガイドレーザから出力された前記第1のガイドレー

ザ光の光路と、をほぼ一致させて出力する第1のビームコンバイナと、

前記メインパルスレーザから出力された前記メインパルスレーザ光の光路と、前記第2のガイドレーザから出力された前記第2のガイドレーザ光の光路と、をほぼ一致させて出力する第2のビームコンバイナと、

前記第1のビームコンバイナに入射する前記プリパルスレーザ光の光路を調整する第1のアクチュエータを備えた第1の光学素子と、

前記第1のビームコンバイナに入射する前記第1のガイドレーザ光の光路を調整する第2のアクチュエータを備えた第2の光学素子と、

前記第1のビームコンバイナから出力された前記プリパルスレーザ光及び前記第1のガイドレーザ光の両方の光路を調整する第3のアクチュエータを備えた第3の光学素子と、

前記第2のビームコンバイナに入射する前記メインパルスレーザ光の光路を調整する第4のアクチュエータを備えた第4の光学素子と、

前記第2のビームコンバイナに入射する前記第2のガイドレーザ光の光路を調整する第5のアクチュエータを備えた第5の光学素子と、

前記第2のビームコンバイナから出力された前記メインパルスレーザ光及び前記第2のガイドレーザ光の両方の光路を調整する第6のアクチュエータを備えた第6の光学素子と、

前記第3の光学素子から出力された前記プリパルスレーザ光の光路と前記第6の光学素子から出力された前記メインパルスレーザ光の光路とを略一致させ、前記第3の光学素子から出力された前記第1のガイドレーザ光の光路と前記第6の光学素子から出力された前記第2のガイドレーザ光の光路とを略一致させる第3のビームコンバイナと、

前記第3のビームコンバイナから出力された前記第1及び第2のガイドレーザ光を検出して検出データを出力するセンサと、

前記センサによる前記第1のガイドレーザ光の検出データに基づい

て前記第2及び第3のアクチュエータを制御し、前記第2のアクチュエータの制御量に基づいて前記第1のアクチュエータを制御し、前記センサによる前記第2のガイドレーザ光の検出データに基づいて前記第5及び第6のアクチュエータを制御し、前記第5のアクチュエータの制御量に基づいて前記第4のアクチュエータを制御する制御部と、を備える極端紫外光生成装置。

[請求項6] 前記制御部は、前記ドライブレザ光が出力されていないときに、前記センサによる前記ガイドレーザ光の検出データを受信し、前記検出データに基づいて前記第2のアクチュエータを制御し、前記第2のアクチュエータの制御量に基づいて前記第1のアクチュエータを制御する、請求項5記載の極端紫外光生成装置。

[請求項7] 前記ビームコンバイナから出力された前記ドライブレザ光及び前記ガイドレーザ光の両方の光路を調整する第3のアクチュエータを備えた第3の光学素子をさらに備え、

前記センサは、前記第3の光学素子から出力された前記ガイドレーザ光を検出して前記検出データを出力するように構成され、

前記制御部は、前記検出データに基づいて前記第2のアクチュエータを制御した後の前記センサによる前記ガイドレーザ光の検出データである第2の検出データを受信し、前記第2の検出データに基づいて前記第3のアクチュエータを制御する、請求項5記載の極端紫外光生成装置。

[請求項8] 前記センサは、さらに、前記第3の光学素子から出力された前記ドライブレザ光を検出して検出データを出力するように構成され、

前記制御部は、前記ドライブレザ光が出力されているときに、前記センサによる前記ドライブレザ光の検出データである第3の検出データを受信し、前記第3の検出データに基づいて前記第1のアクチュエータを制御し、前記第3の検出データに基づいて前記第1のアクチュエータを制御した後の前記センサによる前記ドライブレザ光の

検出データである第4の検出データを受信し、前記第4の検出データに基づいて前記第3のアクチュエータを制御し、前記センサによる前記ガイドレーザ光の検出データである第5の検出データを受信し、前記第5の検出データに基づいて前記第2のアクチュエータを制御する、請求項7記載の極端紫外光生成装置。

- [請求項9] 所定領域に向けてターゲットを出力するターゲット供給部と、
前記ターゲットに照射されるドライブレーザ光を出力するドライブレーザと、
前記ターゲットに照射されるガイドレーザ光を出力するガイドレーザと、
前記ドライブレーザから出力された前記ドライブレーザ光及び前記ガイドレーザから出力された前記ガイドレーザ光の両方の光路を調整するアクチュエータを備えた光学素子と、
前記ガイドレーザ光が照射された前記ターゲットによって反射された光の像を検出する画像センサと、
前記画像センサの出力に基づいて、前記アクチュエータを制御する制御部と、
を備える極端紫外光生成装置。

- [請求項10] 前記ドライブレーザから出力された前記ドライブレーザ光の光路と、前記ガイドレーザから出力された前記ガイドレーザ光の光路と、をほぼ一致させて前記光学素子に向けて出力するビームコンバイナをさらに含む、請求項9記載の極端紫外光生成装置。

- [請求項11] 前記画像センサは、前記ドライブレーザ光が出力されていないときに、前記ガイドレーザ光が照射された前記ターゲットによって反射された光の像を検出する、請求項9記載の極端紫外光生成装置。

- [請求項12] 前記ドライブレーザは、前記ターゲットに照射されるプリパルスレーザ光を出力するプリパルスレーザと、前記ターゲットに前記プリパルスレーザ光が照射された後に前記ターゲットに照射されるメインパ

ルスレーザ光を出力するメインパルスレーザと、を含み、

前記光学素子は、前記プリパルスレーザ光及び前記メインパルスレーザ光のうちのいずれかの光路と、前記ガイドレーザ光の光路と、を調整する、請求項 9 記載の極端紫外光生成装置。

[請求項13]

前記制御部は、

前記ガイドレーザ光が照射された前記ターゲットによって反射された光の像の位置に基づいて、前記画像センサの撮像方向と交差する方向の前記ガイドレーザ光の位置を算出し、

前記ガイドレーザ光が照射された前記ターゲットによって反射された光の像の大きさに基づいて、前記画像センサの撮像方向に沿った方向の前記ガイドレーザ光の位置を算出し、

前記画像センサの撮像方向と交差する方向の前記ガイドレーザ光の位置と、前記画像センサの撮像方向に沿った方向の前記ガイドレーザ光の位置と、に基づいて、前記アクチュエータを制御する、請求項 9 記載の極端紫外光生成装置。

[請求項14]

前記制御部は、

前記ガイドレーザ光が照射された前記ターゲットによって反射された光の像の位置に基づいて、前記画像センサの撮像方向と交差する方向の前記ガイドレーザ光の位置を算出し、

前記ガイドレーザ光が照射された前記ターゲットによって反射された光の像の明るさに基づいて、前記画像センサの撮像方向に沿った方向の前記ガイドレーザ光の位置を算出し、

前記画像センサの撮像方向と交差する方向の前記ガイドレーザ光の位置と、前記画像センサの撮像方向に沿った方向の前記ガイドレーザ光の位置と、に基づいて、前記アクチュエータを制御する、請求項 9 記載の極端紫外光生成装置。

[請求項15]

前記ドライブレーザから出力された前記ドライブレーザ光及び前記ガイドレーザから出力された前記ガイドレーザ光の両方の光路を調整

する第3のアクチュエータを備えた第3の光学素子と、

前記ガイドレーザ光が照射された前記ターゲットによって反射された光の像を検出する画像センサと、

をさらに備え、

前記制御部は、前記画像センサの出力に基づいて、前記アクチュエータを制御する、

請求項1記載の極端紫外光生成装置。

[請求項16] 前記ドライブレーザから出力された前記ドライブレーザ光の光路と、前記ガイドレーザから出力された前記ガイドレーザ光の光路と、をほぼ一致させて前記光学素子に向けて出力するビームコンバイナをさらに含む、請求項9記載の極端紫外光生成装置。

[請求項17] 前記画像センサは、前記ドライブレーザ光が出力されていないときに、前記ガイドレーザ光が照射された前記ターゲットによって反射された光の像を検出する、請求項15記載の極端紫外光生成装置。

[請求項18] 前記ドライブレーザは、前記ターゲットに照射されるプリパルスレーザ光を出力するプリパルスレーザと、前記ターゲットに前記プリパルスレーザ光が照射された後に前記ターゲットに照射されるメインパルスレーザ光を出力するメインパルスレーザと、を含み、

前記第3の光学素子は、前記プリパルスレーザ光及び前記メインパルスレーザ光のうちのいずれかの光路と、前記ガイドレーザ光の光路と、を調整する、請求項15記載の極端紫外光生成装置。

[請求項19] 前記制御部は、

前記ガイドレーザ光が照射された前記ターゲットによって反射された光の像の位置に基づいて、前記画像センサの撮像方向と交差する方向の前記ガイドレーザ光の位置を算出し、

前記ガイドレーザ光が照射された前記ターゲットによって反射された光の像の大きさに基づいて、前記画像センサの撮像方向に沿った方向の前記ガイドレーザ光の位置を算出し、

前記画像センサの撮像方向と交差する方向の前記ガイドレーザ光の位置と、前記画像センサの撮像方向に沿った方向の前記ガイドレーザ光の位置と、に基づいて、前記アクチュエータを制御する、請求項 15 記載の極端紫外光生成装置。

[請求項20]

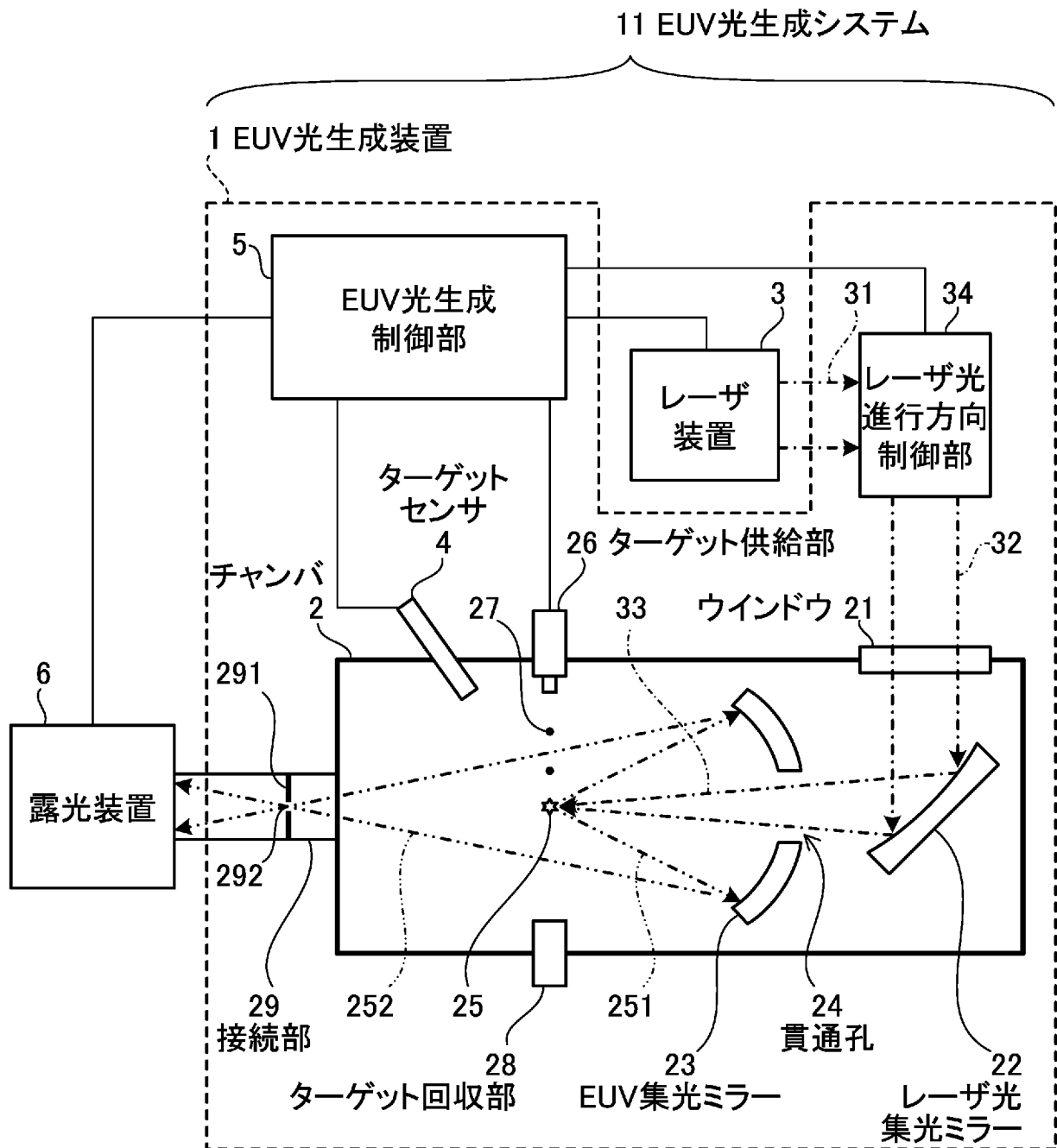
前記制御部は、

前記ガイドレーザ光が照射された前記ターゲットによって反射された光の像の位置に基づいて、前記画像センサの撮像方向と交差する方向の前記ガイドレーザ光の位置を算出し、

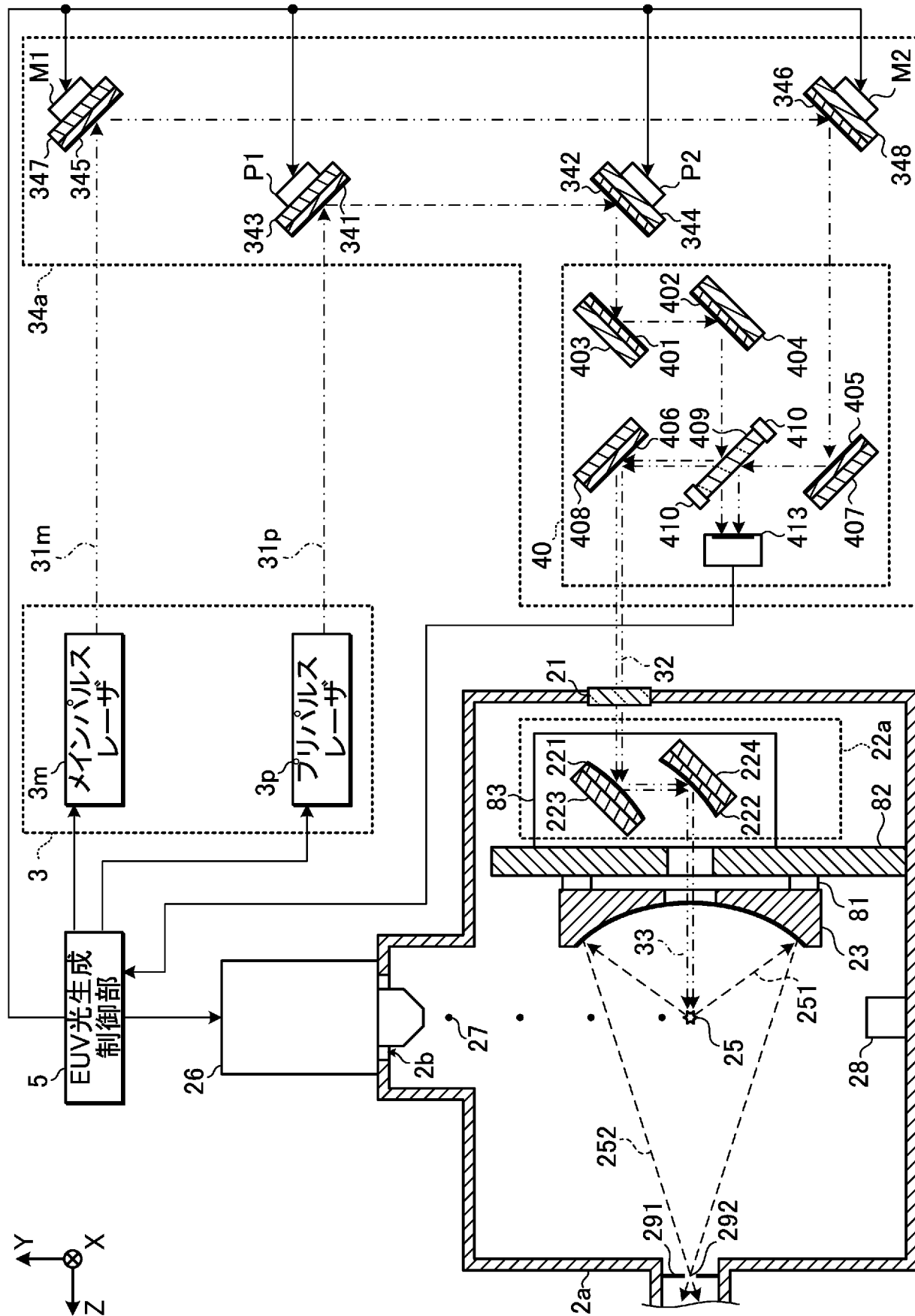
前記ガイドレーザ光が照射された前記ターゲットによって反射された光の像の明るさに基づいて、前記画像センサの撮像方向に沿った方向の前記ガイドレーザ光の位置を算出し、

前記画像センサの撮像方向と交差する方向の前記ガイドレーザ光の位置と、前記画像センサの撮像方向に沿った方向の前記ガイドレーザ光の位置と、に基づいて、前記アクチュエータを制御する、請求項 15 記載の極端紫外光生成装置。

[図1]



[図2]



[図3]

EUVバースト
出力指令第1のバースト
期間

休止期間

第2のバースト
期間

時間

図3A

アクチュエータ
M1位置

時間

図3B

アクチュエータ
M2位置

時間

図3C

ターゲットと
メインパルス
レーザ光集光
位置との
ずれ量

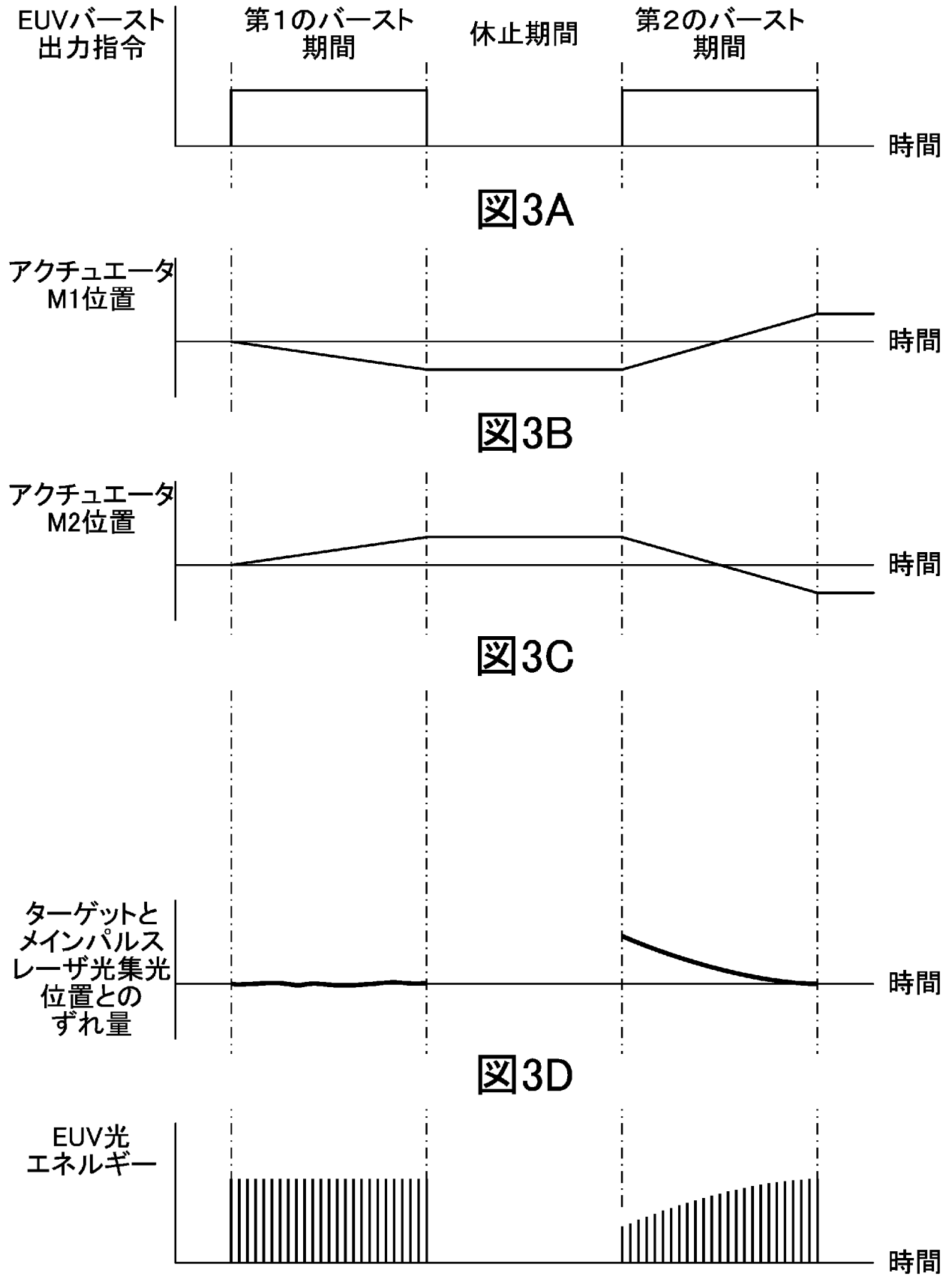
時間

図3D

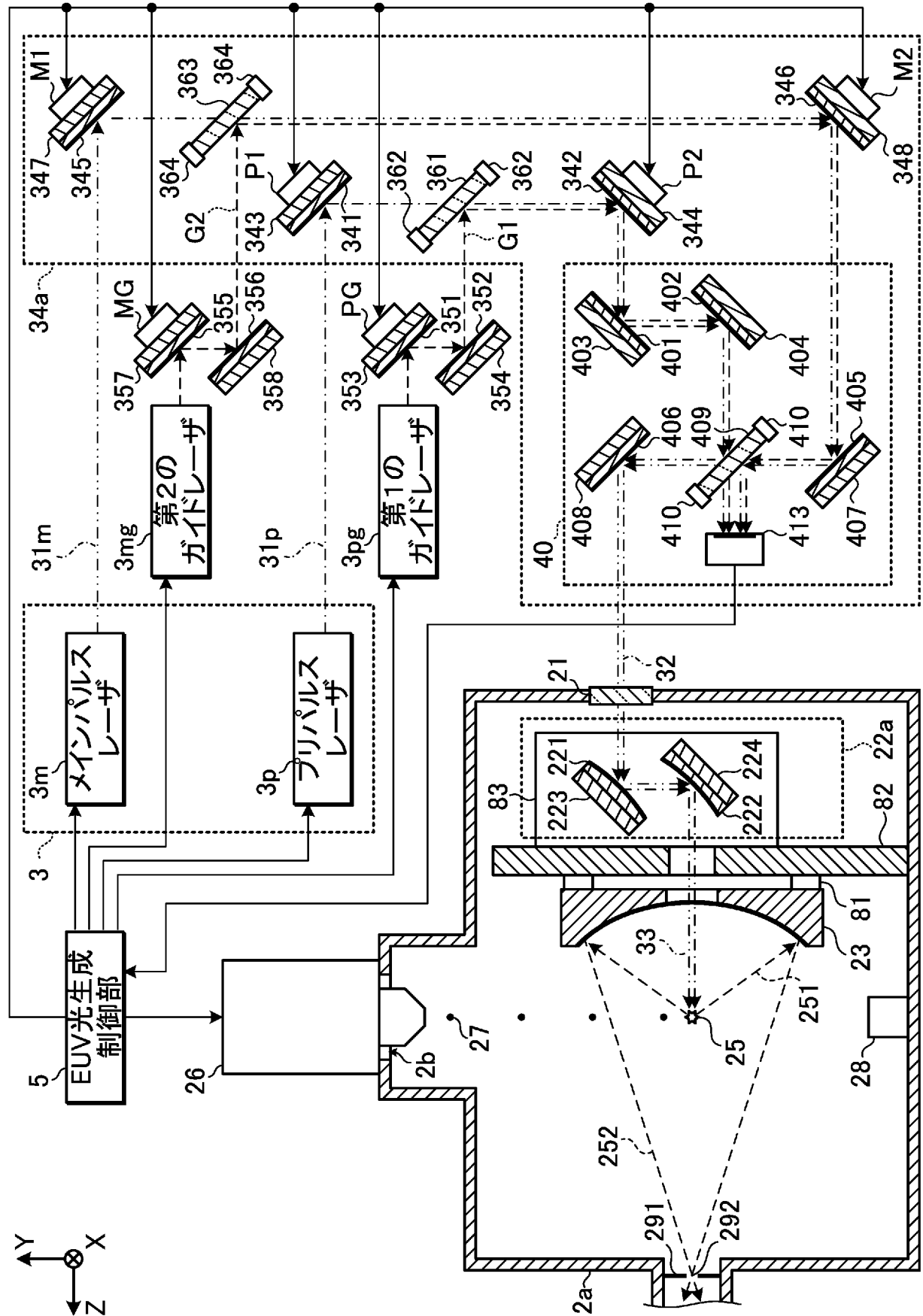
EUV光
エネルギー

時間

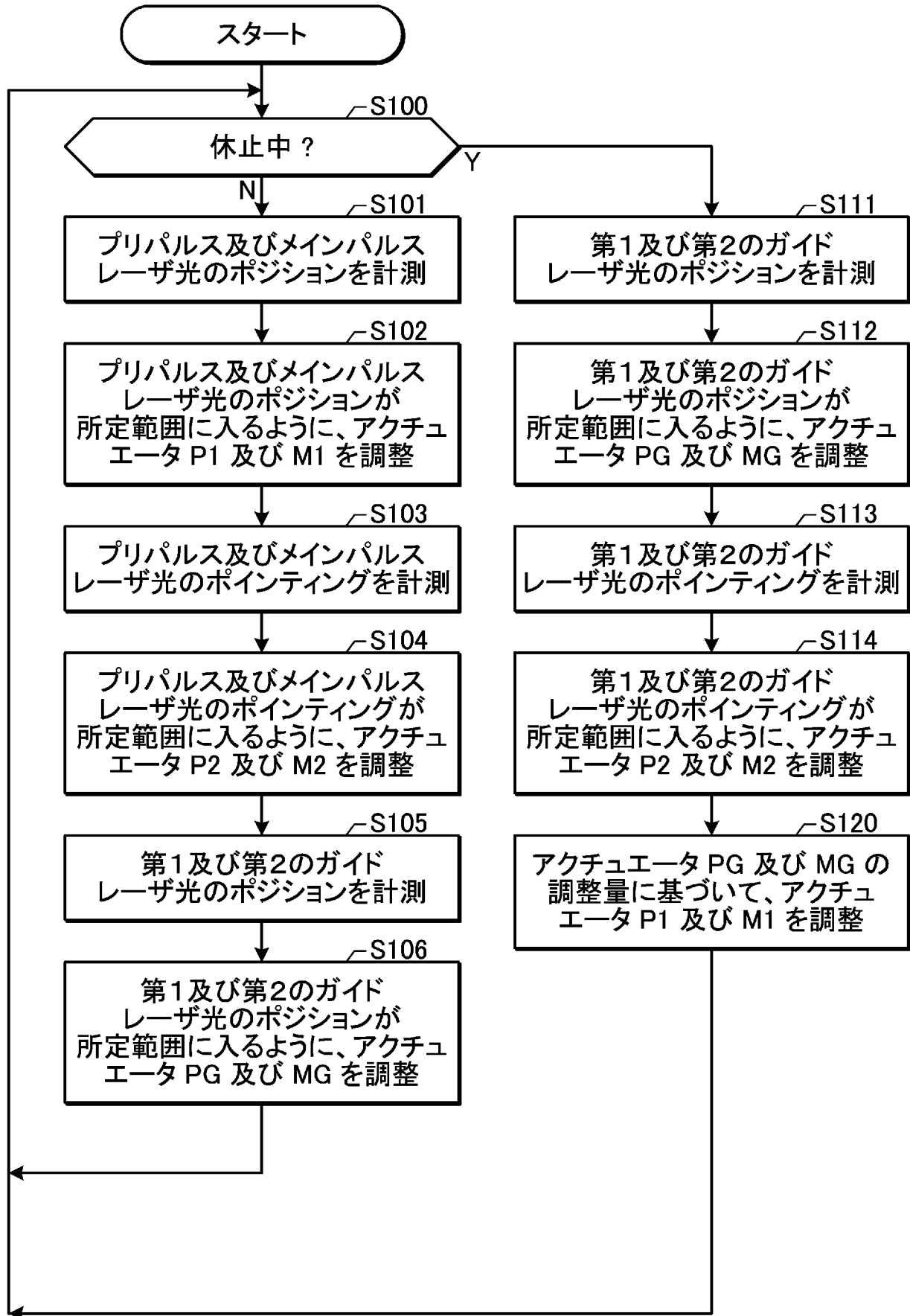
図3E



[図4]



[図5]



[図6]

EUVバースト
出力指令第1のバースト
期間

休止期間

第2のバースト
期間

時間

図6A

アクチュエータ
M1位置

時間

図6B

アクチュエータ
M2位置

時間

図6C

アクチュエータ
MG位置

時間

図6D

ターゲットと
メインパルス
レーザ光集光
位置との
ずれ量

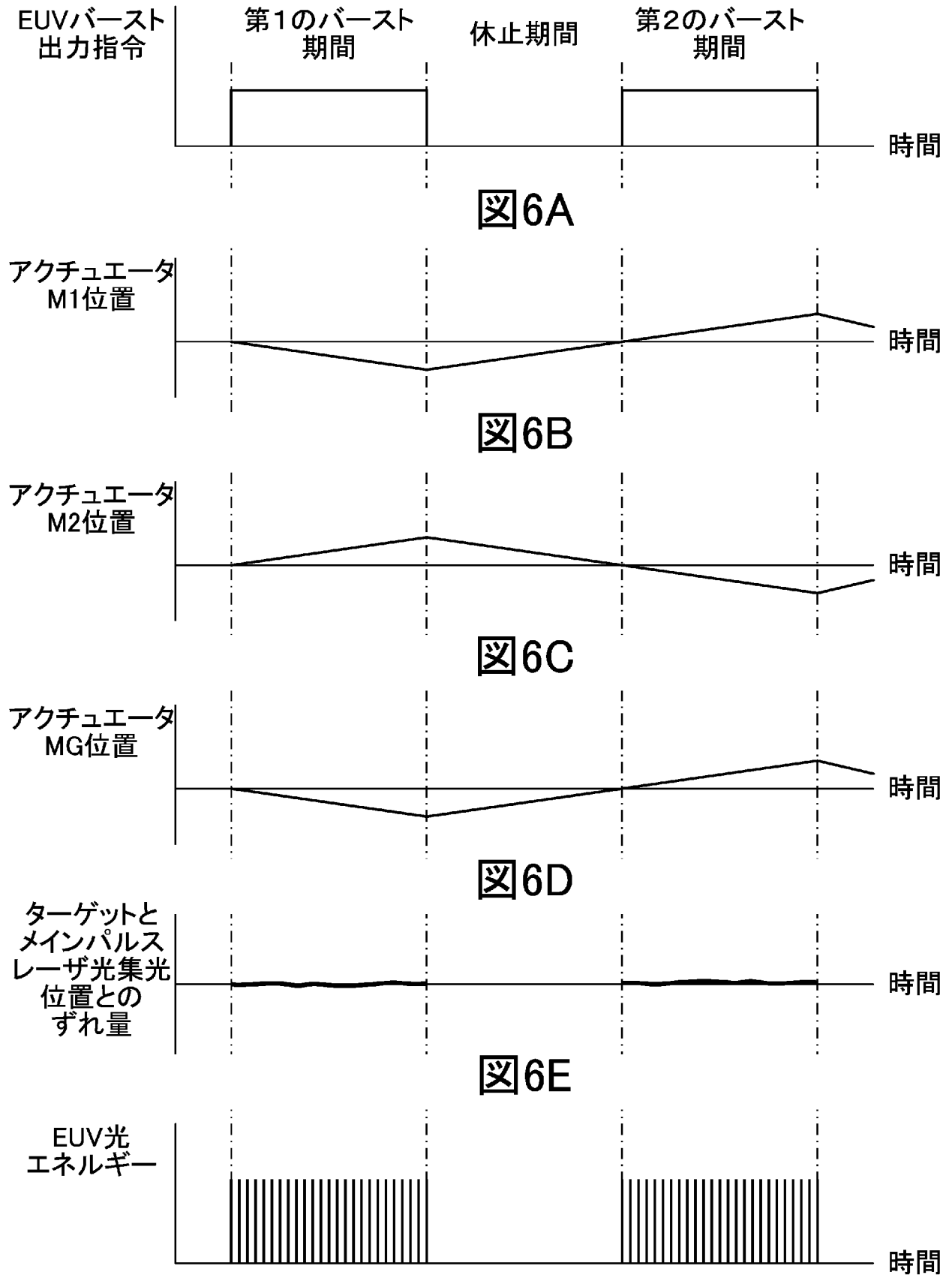
時間

図6E

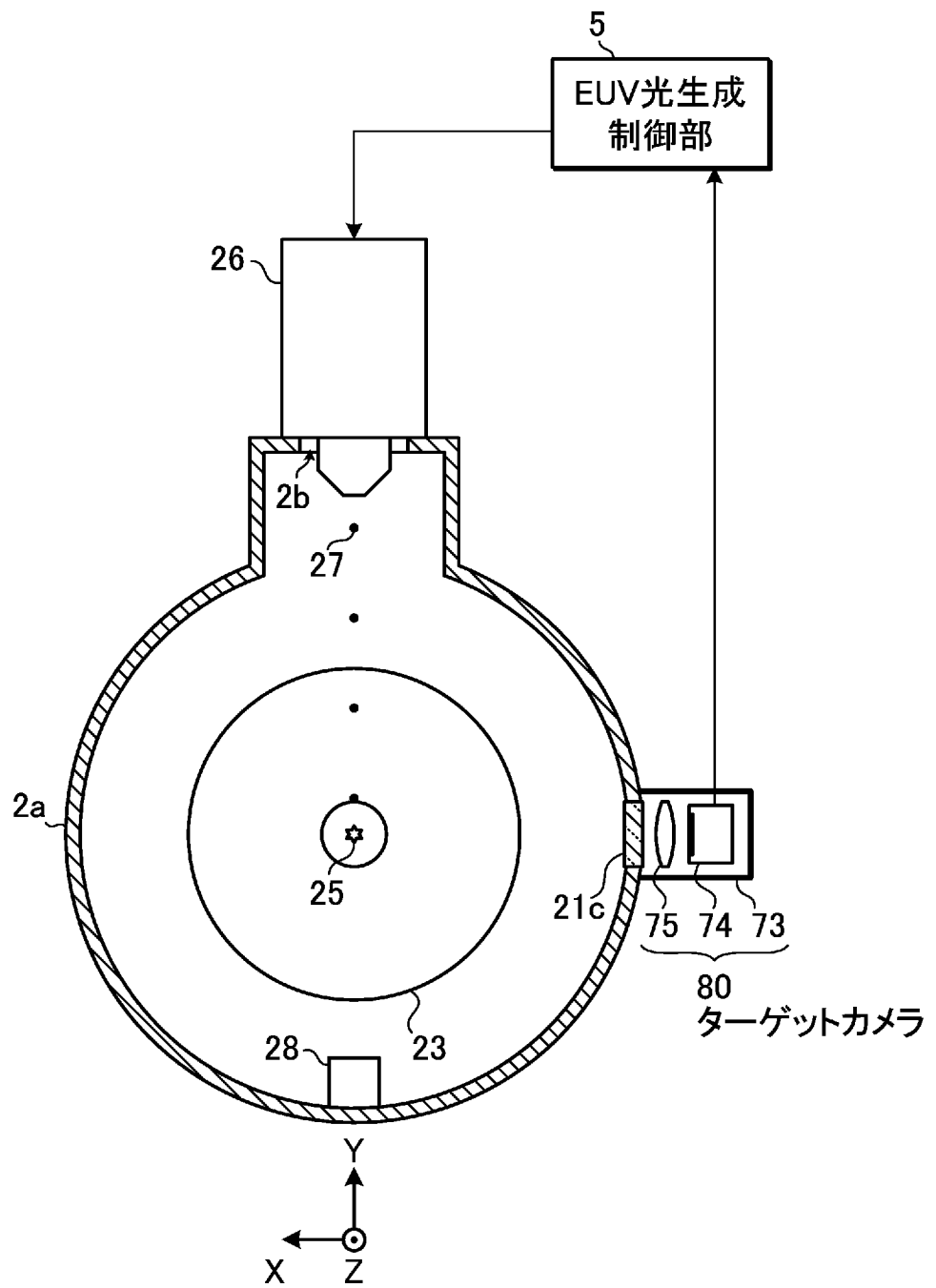
EUV光
エネルギー

時間

図6F



[図8]



[図9]

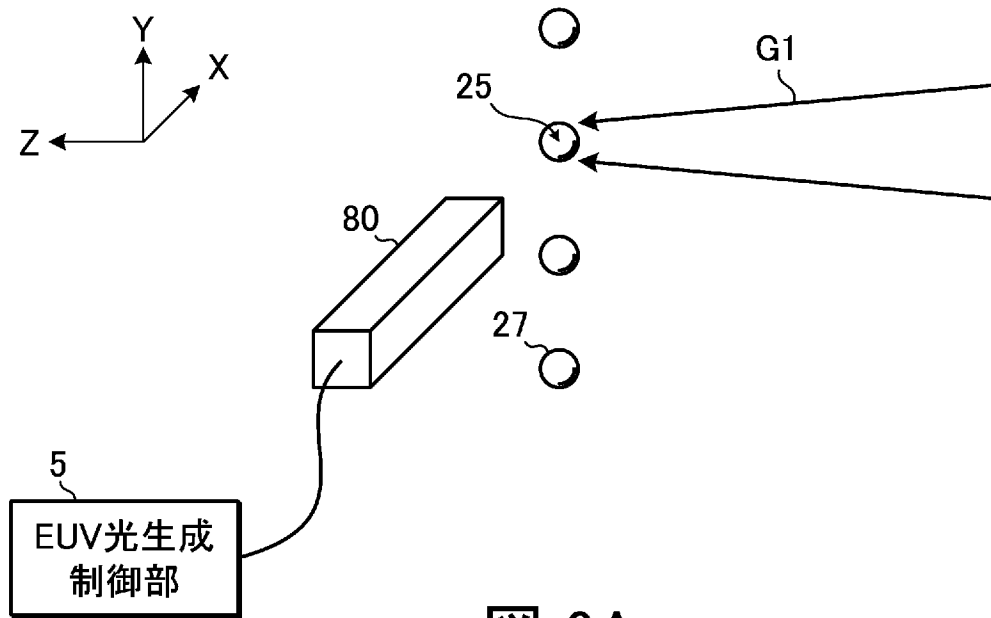


図 9A

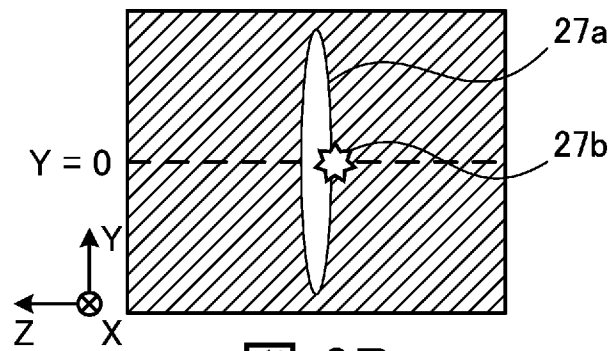


図 9B

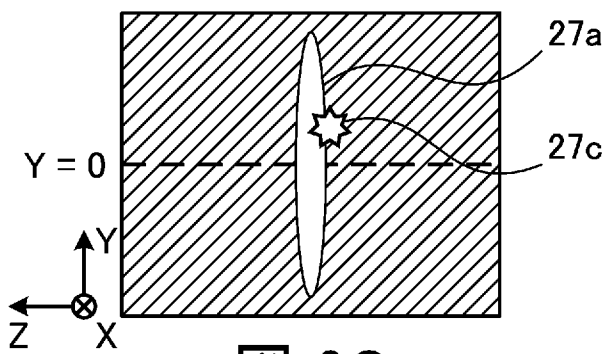


図 9C

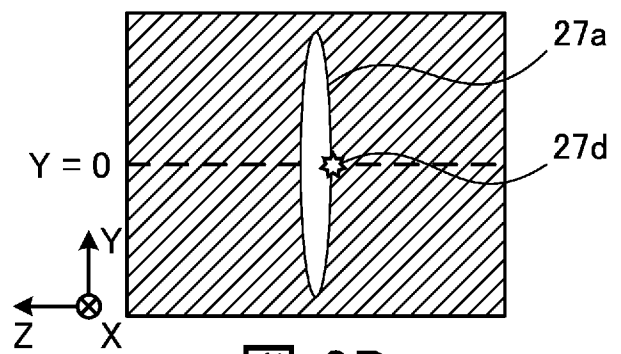
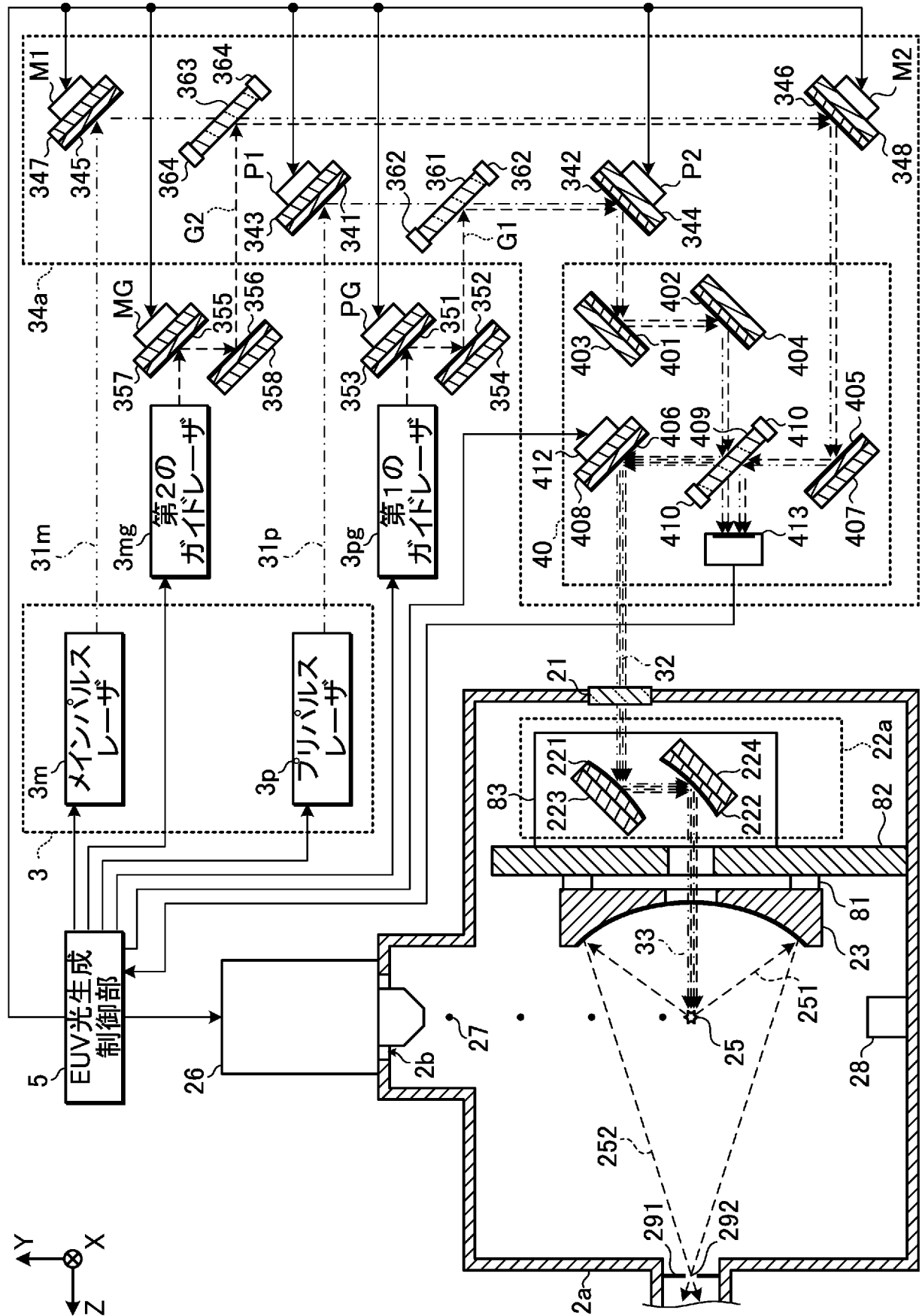


図 9D

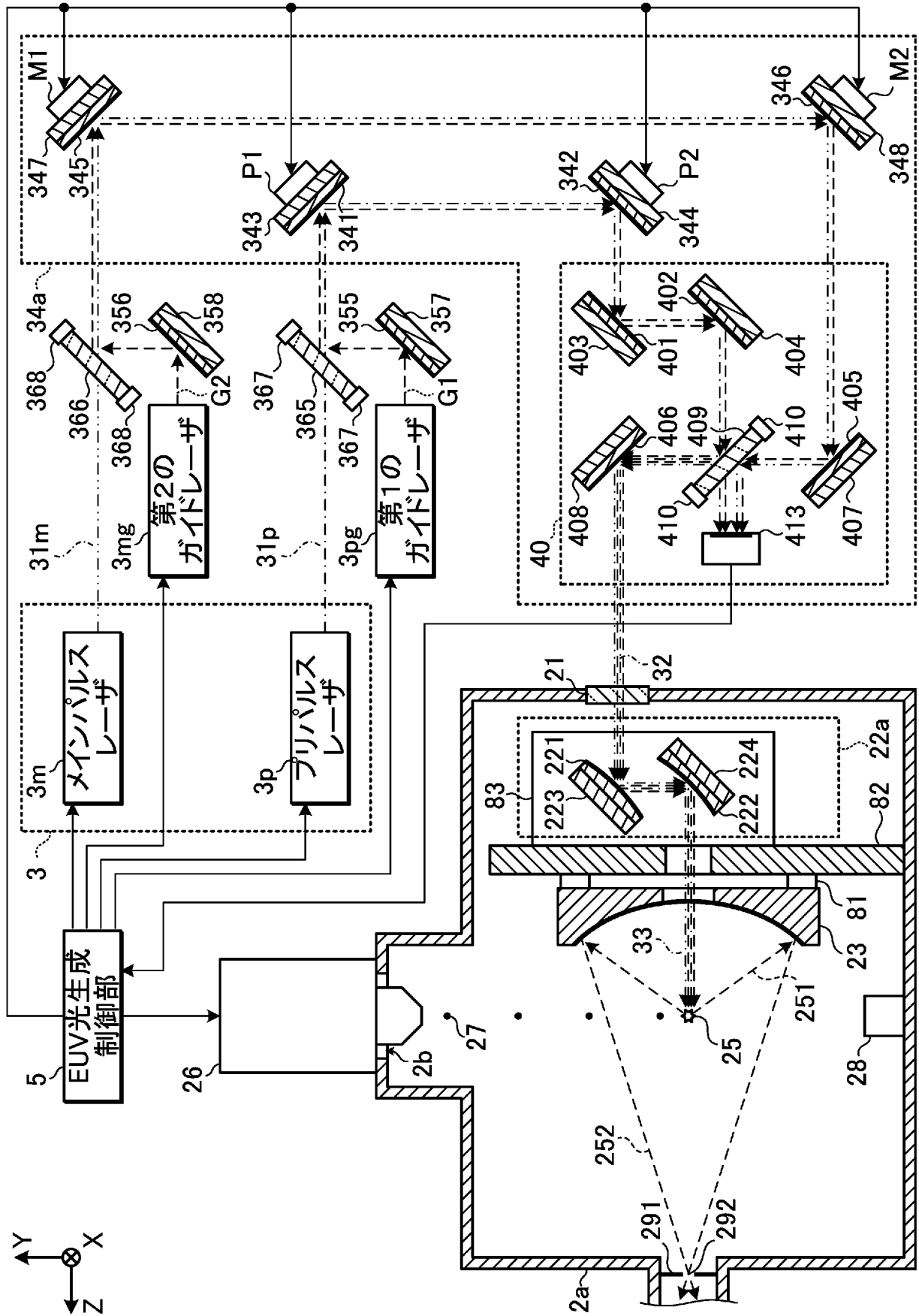
[図10]



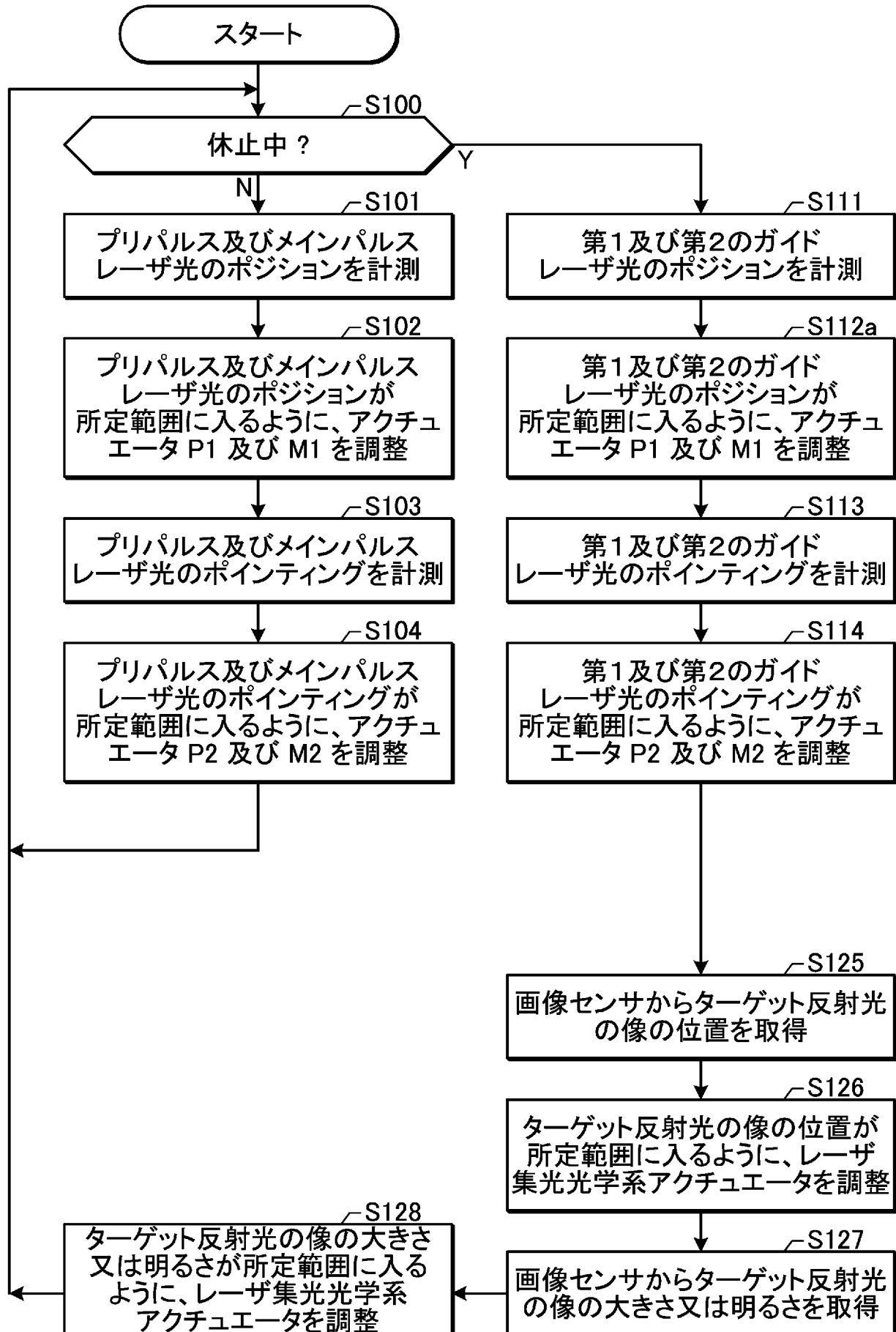
[図11]



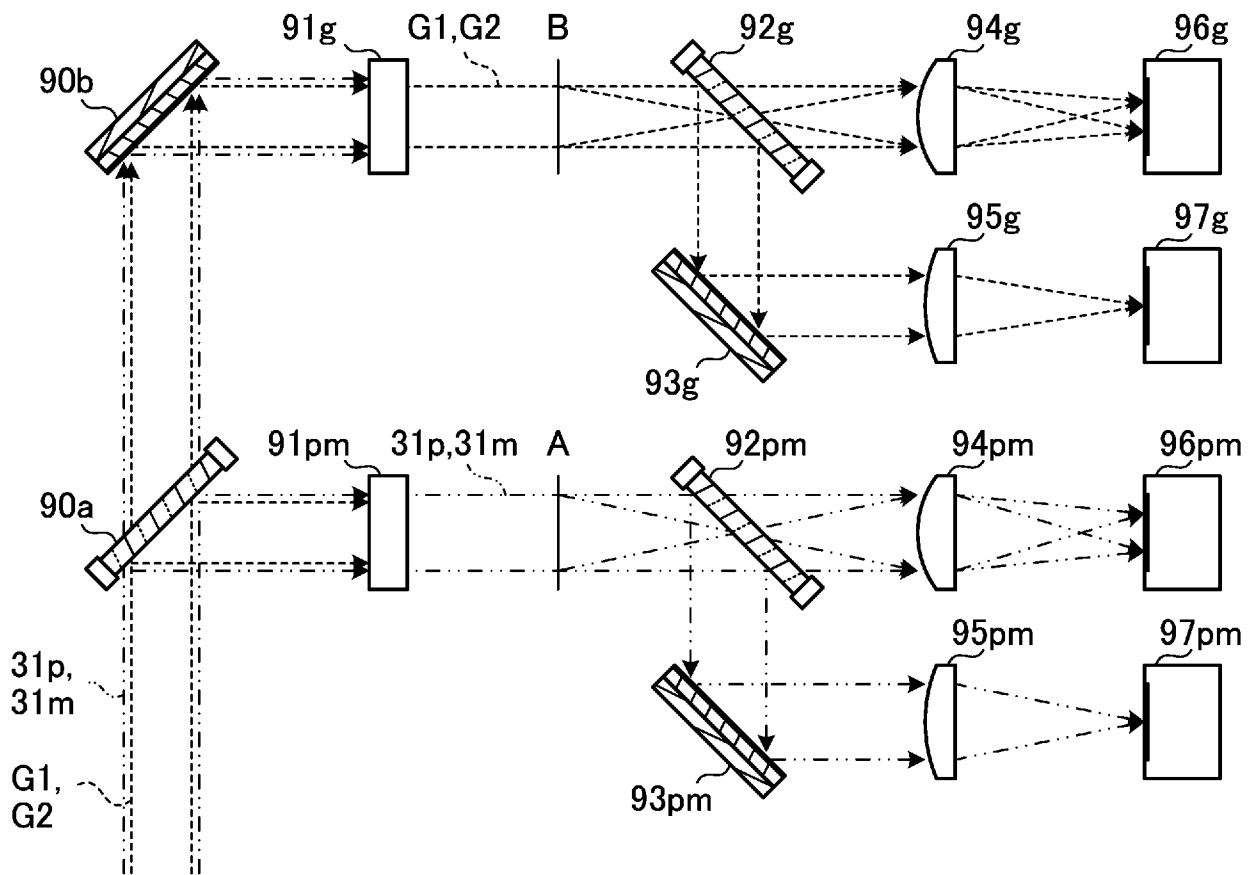
[図12]



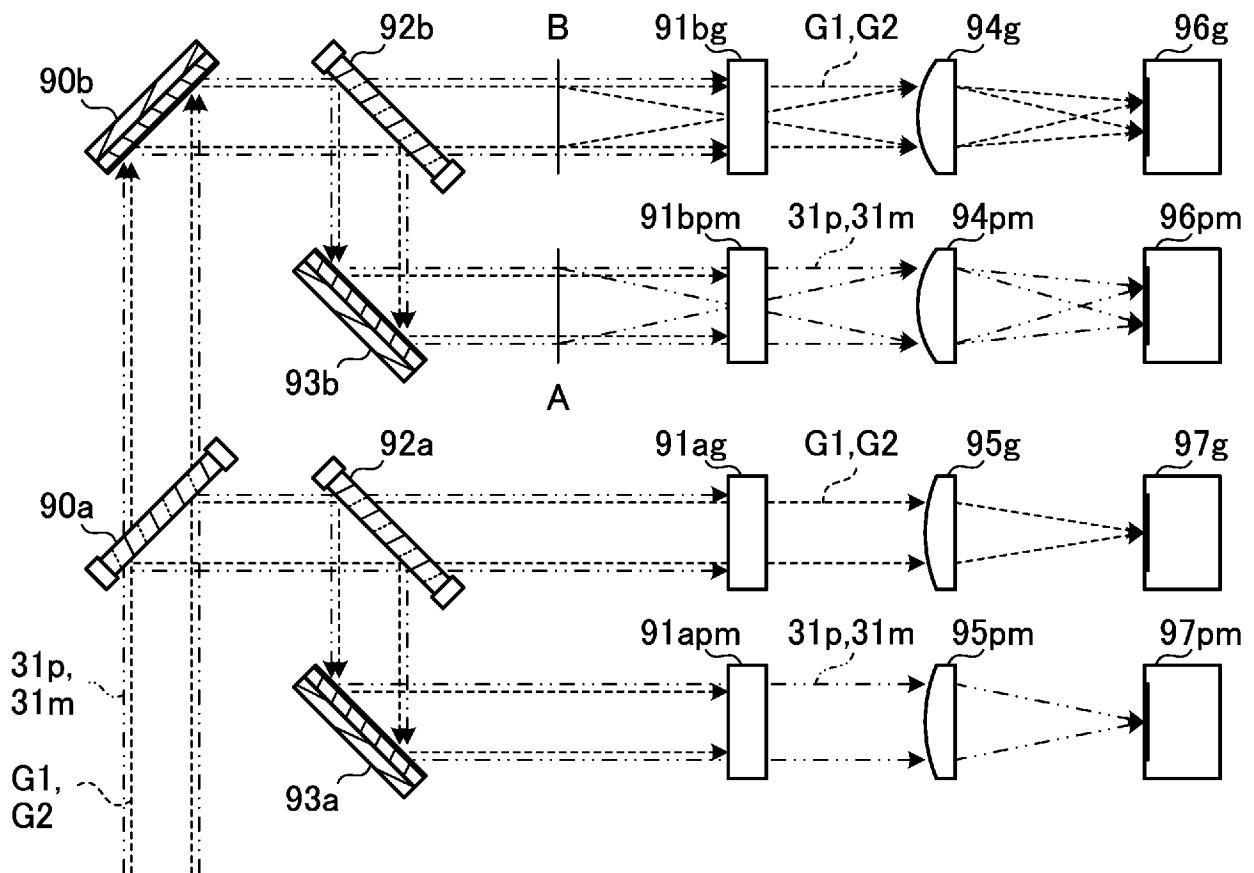
[図13]



[図14]



[図15]



[図16]

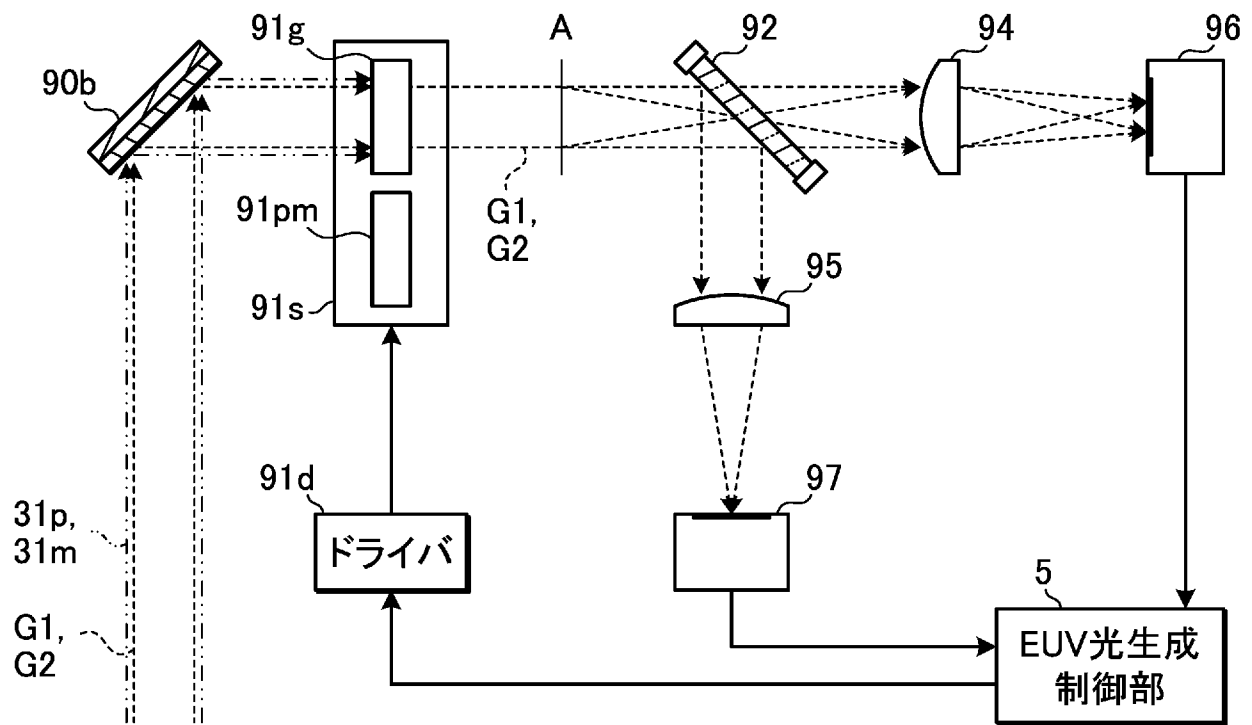


図 16A

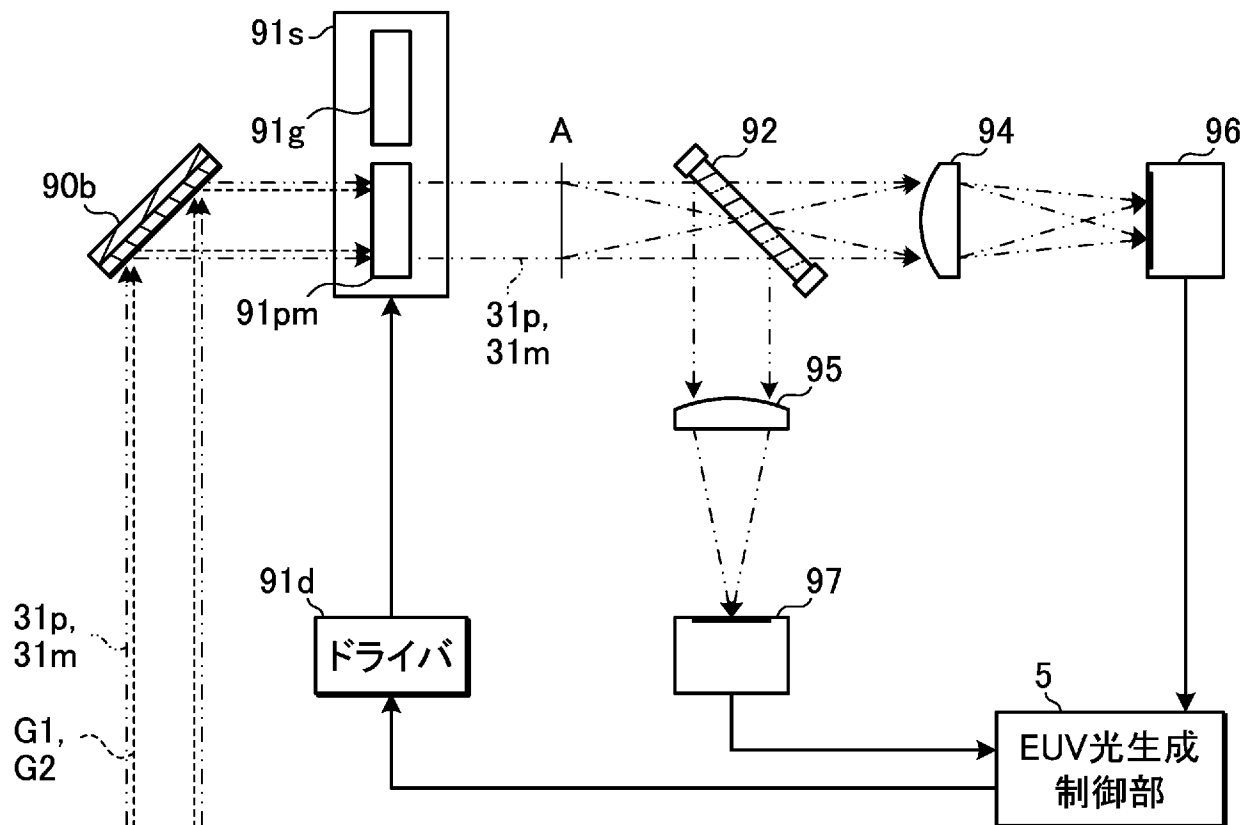
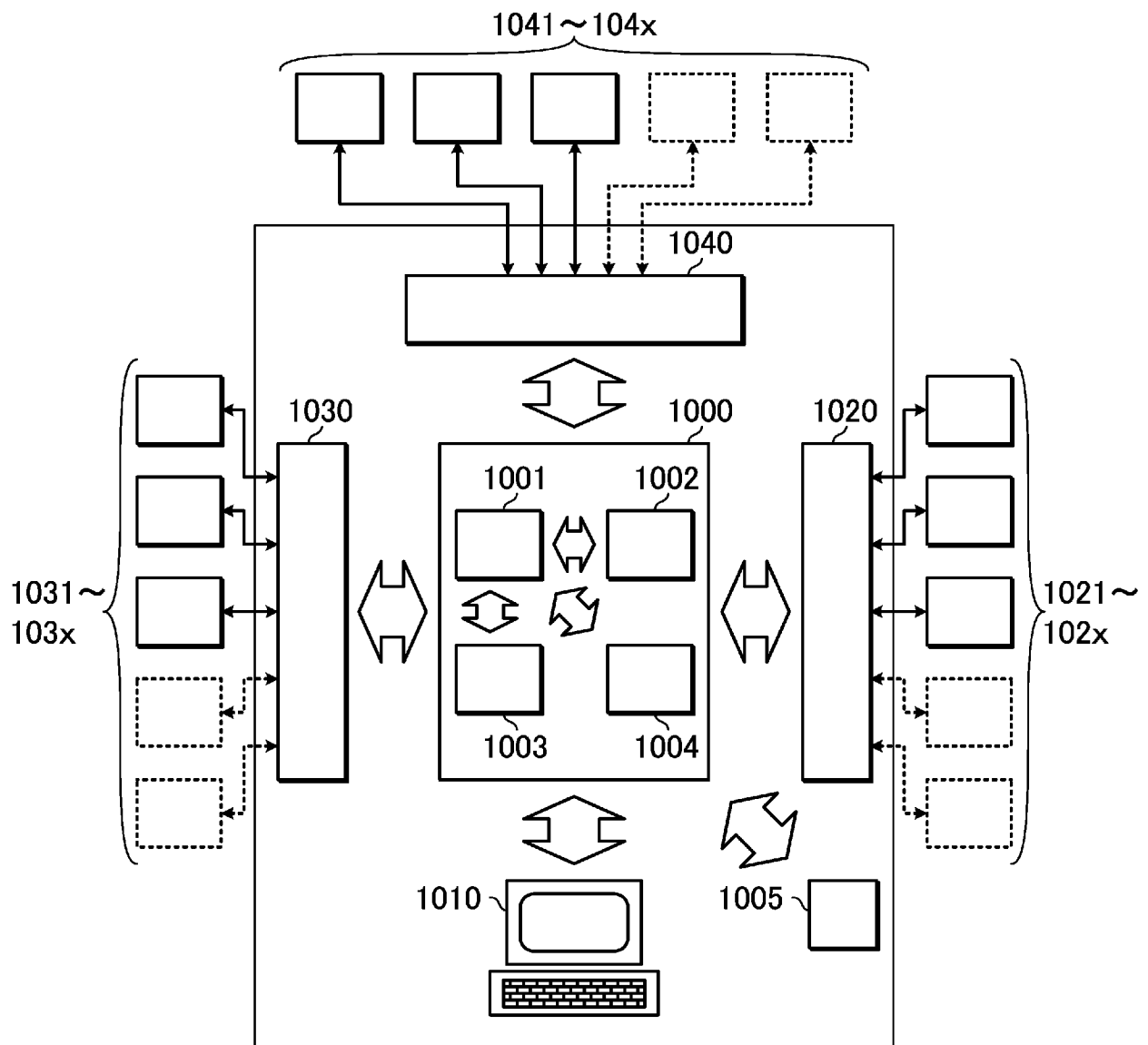


図 16B

[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/083299

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H05G2/00(2006.01) i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H05G2/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	WO 2014/097811 A1 (Gigaphoton Inc.), 26 June 2014 (26.06.2014), paragraphs [0019] to [0031], [0035] to [0038], [0056], [0140] to [0146]; fig. 16 & US 2015/0264792 A1 paragraphs [0087] to [0100], [0104] to [0107], [0132], [0239] to [0247]; fig. 16 & TW 201429320 A	1-4 15, 17-20 5-14, 16

☒ 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
16 February 2016 (16.02.16)

Date of mailing of the international search report
01 March 2016 (01.03.16)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/083299

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2013-535824 A (Saima Inc.), 12 September 2013 (12.09.2013), paragraphs [0008], [0037], [0044], [0058] to [0075]; fig. 11 & US 2012/0019826 A1 paragraphs [0007], [0048], [0056], [0070] to [0088]; fig. 11 & WO 2012/012267 A1 & EP 2595702 A1 & TW 201215245 A & KR 10-2013-0129351 A	9-14, 16 15, 17-20 1-8
A	JP 2014-531743 A (ASML Netherlands B.V.), 27 November 2014 (27.11.2014), & US 2013/0043401 A1 & WO 2013/028272 A1 & EP 2745650 A1 & TW 201311057 A & CN 103748967 A & KR 10-2014-0053347 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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	WO 2014/097811 A1（ギガフォトン株式会社） 2014.06.26, 段落[0019]-[0031], [0035]-[0038], [0056], [0140]-[0146], 図16 & US 2015/0264792 A1, 段落[0087]-[0100], [0104]-[0107], [0132], [0239]-[0247], 図16 & TW 201429320 A	1-4 15, 17-20 5-14, 16

☒ 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

16.02.2016

国際調査報告の発送日

01.03.2016

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）

原 俊文

2Q

4078

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
X Y A	JP 2013-535824 A (サイマー インコーポレイテッド) 2013.09.12, 段落[0008], [0037], [0044], [0058]-[0075], 図 11 & US 2012/0019826 A1, 段落[0007], [0048], [0056], [0070]-[0088], 図 11 & WO 2012/012267 A1 & EP 2595702 A1 & TW 201215245 A & KR 10-2013-0129351 A	9-14, 16 15, 17-20 1-8
A	JP 2014-531743 A (エーエスエムエル ネザーランズ ビー. ブイ.) 2014.11.27 & US 2013/0043401 A1 & WO 2013/028272 A1 & EP 2745650 A1 & TW 201311057 A & CN 103748967 A & KR 10-2014-0053347 A	1-20