

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年8月3日(03.08.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/130346 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/027 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/052469
- (22) 国際出願日: 2016年1月28日(28.01.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: ギガフォトン株式会社(GIGAPHOTON INC.) [JP/JP]; 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田400番地 Tochigi (JP).
- (72) 発明者: 西村 祐一(NISHIMURA Yuichi); 〒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). 薮 隆之(YABU Takayuki); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田400番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP). 植野 能史(UENO Yoshifumi); 〒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: 柳田 征史, 外(YANAGIDA Masashi et al.); 〒2220033 神奈川県横浜市港北区新横浜3-18-3 新横浜KSビル 7階 柳田国際特許事務所 Kanagawa (JP).

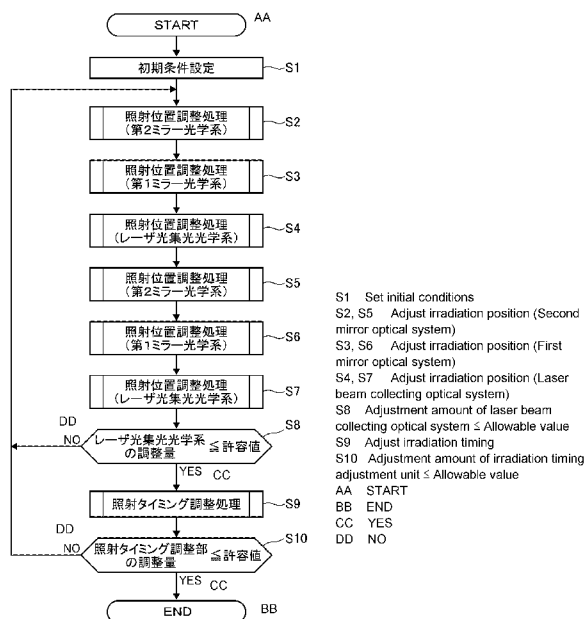
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,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

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: An extreme ultraviolet light generation device of the present invention is provided with: an EUV sensor that measures energy of extreme ultraviolet light generated when a target is irradiated with a plurality of laser beams in a predetermined region in a chamber; an irradiation position adjustment unit that adjusts at least one of the irradiation positions of the laser beams with which the target is to be irradiated in the predetermined region; an irradiation timing adjustment unit that adjusts at least one of the irradiation timings of the laser beams with which the target is to be irradiated in the predetermined region; and a control unit that controls the irradiation position adjustment unit and the irradiation timing adjustment unit. The control unit may control, on the basis of measurement results obtained from the EUV sensor, the irradiation timing adjustment unit after controlling the irradiation position adjustment unit.

(57) 要約: 極端紫外光生成装置は、チャンバ内の所定領域でターゲットに複数のレーザー光が照射されることによって生成された極端紫外光のエネルギーを計測するEUVセンサと、前記所定領域において前記ターゲットに照射される前記複数のレーザー光のそれぞれの照射位置の少なくとも1つを調整する照射位置調整部と、前記所定領域において前記ターゲットに照射される前記複数のレーザー光のそれぞれの照射タイミングの少なくとも1つを調整する照射タイミング調整部と、前記照射位置調整部及び前記照射タイミング調整部を制御する制御部と、を備え、前記制御部は、前記EUVセンサの計測結果に基づいて、前記照射位置調整部を制御した後、前記照射タイミング調整部を制御してもよい。

調整する照射タイミング調整部と、前記照射位置調整部及び前記照射タイミング調整部を制御する制御部と、を備え、前記制御部は、前記EUVセンサの計測結果に基づいて、前記照射位置調整部を制御した後、前記照射タイミング調整部を制御してもよい。

WO 2017/130346 A1

明 細 書

発明の名称： 極端紫外光生成装置

技術分野

[0001] 本開示は、極端紫外光生成装置に関する。

背景技術

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

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

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特表2014-531743号公報

特許文献2：特開2013-74292号公報

特許文献3：米国特許第8598552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、チャンバ内の所定領域でターゲットに複数のレーザ光が照射されることによって生成された極端紫外光のエネルギーを計測するEUVセンサと、所定領域においてターゲットに照射される複数のレーザ光のそれぞれの照射位置の少なくとも1つを調整する照射位置調整部と、所定領域においてターゲットに照射される複数のレーザ光のそれぞれの照射タイミングの少なくとも1つを調整する照射タイミン

グ調整部と、照射位置調整部及び照射タイミング調整部を制御する制御部と、を備え、制御部は、EUVセンサの計測結果に基づいて、照射位置調整部を制御した後に照射タイミング調整部を制御してもよい。

図面の簡単な説明

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

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

[図2]図2は、比較例に係るEUV光生成システムの構成を説明するための図を示す。

[図3]図3は、図2に示されたレーザ装置から出力されたパルスレーザ光がターゲットを照射するタイミングを説明するための図を示す。

[図4]図4は、パルスレーザ光の照射位置及び照射タイミングを調整する処理のフローチャートを示す図である。

[図5]図5は、図4のステップS2乃至S7に示された照射位置調整処理のフローチャートを示す図である。

[図6]図6は、図5に示された照射位置調整処理における走査水準群を例示する図である。

[図7]図7は、図6に示された走査水準群に基づいて作成されたEUV光のエネルギーの分布図を例示する図である。

[図8]図8は、図7に示された分布図から求められた近似曲線を例示する図である。

[図9]図9は、図4のステップS9に示された照射タイミング調整処理のフローチャートを示す図である。

[図10]図10は、図9に示された照射タイミング調整処理における走査水準群を例示する図である。

[図11]図11は、図10に示された走査水準群に基づいて作成された第2テーブルを例示する図である。

[図12]図12は、図10に示された走査水準群に基づいて作成された第1テーブルを例示する図である。

[図13]図13は、第1実施形態の変形例に係るEUV光生成制御部を説明するための図であって、図10に示された走査水準群に基づいて作成された第1テーブルを例示する図である。

[図14]図14は、第1実施形態の変形例に係るEUV光生成制御部を説明するための図であって、図10に示された走査水準群に基づいて作成された第2テーブルを例示する図である。

[図15]図15は、第2実施形態に係る照射位置調整処理のフローチャートを示す図である。

[図16]図16は、図15に示された照射位置調整処理の概要を説明するための図であって、EUV光のエネルギーの分布図を例示する図である。

[図17]図17は、図15に示された照射位置調整処理の概要を説明するための図であって、走査水準の進行順番を例示する図である。

[図18]図18は、図15に示された照射位置調整処理の概要を説明するための図であって、図17に示された順番で走査された各走査水準に対応付けられたエネルギーを例示する図である。

[図19]図19は、第3実施形態のEUV光生成装置の構成を説明するための図を示す。

[図20]図20は、第3実施形態に係る照射位置調整処理のフローチャートを示す図である。

[図21]図21は、第3実施形態に係る照射タイミング調整処理のフローチャートを示す図である。

[図22]図22は、第4実施形態のEUV光生成装置の構成を説明するための図を示す。

[図23]図23は、第4実施形態に係る照射位置調整処理のフローチャートを示す図である。

[図24]図24は、各制御部のハードウェア環境を示すブロック図を示す。

実施形態

[0007] <内容>

1. E U V 光生成システムの全体説明
 1. 1 構成
 1. 2 動作
2. 用語の説明
3. 課題
 3. 1 比較例の構成
 3. 2 比較例の動作
 3. 3 課題
4. 第1実施形態
 4. 1 構成
 4. 2 動作
 4. 3 作用効果
 4. 4 変形例
5. 第2実施形態
 5. 1 動作
 5. 2 作用効果
6. 第3実施形態
 6. 1 構成
 6. 2 動作
 6. 3 作用効果
7. 第4実施形態
 7. 1 構成
 7. 2 動作
 7. 3 作用効果
8. その他
 8. 1 各制御部のハードウェア環境

8. 2 その他の変形例等

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

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

[0009] [1. E U V 光生成システムの全体説明]

[1. 1 構成]

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

E U V 光生成装置1は、少なくとも1つのレーザ装置3と共に用いられてもよい。本願においては、E U V 光生成装置1及びレーザ装置3を含むシステムを、E U V 光生成システム11と称する。図1に示し、かつ、以下に詳細に説明するように、E U V 光生成装置1は、チャンバ2、ターゲット供給器26を含んでもよい。チャンバ2は、密閉可能であってもよい。ターゲット供給器26は、例えば、チャンバ2の壁を貫通するように取り付けられてもよい。ターゲット供給器26から供給されるターゲット27の材料は、スズ、テルビウム、ガドリニウム、リチウム、キセノン、又は、それらの内のいずれか2つ以上の組合せを含んでもよいが、これらに限定されない。

[0010] チャンバ2の壁には、少なくとも1つの貫通孔が設けられていてもよい。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E U V 集光ミラー23が配置されてもよい。E U V 集光ミラー23は、第1及び第2の焦点を有し得る。E U V 集光ミラー23の表面には、例えば、モリブデンと、シリコンとが交互に積層された多層反射膜が形成されていてもよい。E U V 集光ミラー23は、例えば、その第1の焦点がプラズマ生成領域25に位置し、

その第2の焦点が中間集光点（ 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。

[0011] EUV光生成装置1は、EUV光生成制御部5、ターゲットセンサ4等を含んでもよい。ターゲットセンサ4は、撮像機能を有してもよく、ターゲット27の存在、軌跡、位置、速度等を検出するよう構成されてもよい。

[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を含んでもよい。接続部29内部には、アパーチャ293が形成された壁291が設けられてもよい。壁291は、そのアパーチャ293がEUV集光ミラー23の第2の焦点位置に位置するように配置されてもよい。

[0013] 更に、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器28等を含んでもよい。レーザ光進行方向制御部34は、レーザ光の進行方向を規定するための光学素子と、この光学素子の位置、姿勢等を調整するためのアクチュエータとを備えてもよい。

[0014] [1. 2 動作]

図1を参照すると、レーザ装置3から出力されたパルスレーザ光31は、レーザ光進行方向制御部34を経て、パルスレーザ光32としてウィンドウ21を透過してチャンバ2内に入射してもよい。パルスレーザ光32は、少なくとも1つのレーザ光経路に沿ってチャンバ2内を進み、レーザ光集光ミラー22で反射されて、パルスレーザ光33として少なくとも1つのターゲット27に照射されてもよい。

[0015] ターゲット供給器26は、ターゲット27をチャンバ2内部のプラズマ生成領域25に向けて出力するよう構成されてもよい。ターゲット27には、パルスレーザ光33に含まれる少なくとも1つのパルスが照射されてもよい。パルスレーザ光33が照射されたターゲット27はプラズマ化し、そのプラズマからEUV光251が、他の波長の光の放射に伴って放射され得る。

EUV光251は、EUV集光ミラー23によって選択的に反射されてもよい。EUV集光ミラー23によって反射されたEUV光252は、中間集光点292で集光され、露光装置6に出力されてもよい。なお、1つのターゲット27に、パルスレーザ光33に含まれる複数のパルスが照射されてもよい。

[0016] EUV光生成制御部5は、EUV光生成システム11全体の制御を統括するように構成されてもよい。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に構成されてもよい。また、EUV光生成制御部5は、例えば、ターゲット27が出力されるタイミング制御及びターゲット27の出力方向等の制御の内の少なくとも1つを行ってもよい。更に、EUV光生成制御部5は、例えば、レーザ装置3の出力タイミングの制御、パルスレーザ光32の進行方向の制御、パルスレーザ光33の集光位置の制御の内の少なくとも1つを行ってもよい。上述の様々な制御は単なる例示に過ぎず、必要に応じて他の制御が追加されてもよい。

[0017] [2. 用語の説明]

「ターゲット」は、チャンバ内に導入されたレーザ光の被照射物である。レーザ光が照射されたターゲットは、プラズマ化してEUV光を放射する。

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

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

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

「光路」は、レーザ光が通る経路である。光路には、光路軸が含まれてもよい。

「Z軸方向」は、チャンバ内に導入されたレーザ光がプラズマ生成領域25に向かって進行する際の当該レーザ光の進行方向である。Z軸方向は、EUV光生成装置がEUV光を出力する方向と略同一であってもよい。

「Y軸方向」は、ターゲット供給器がチャンバ内にターゲットを出力する方向の逆方向である。Y軸方向は、X軸方向及びZ軸方向に垂直な方向である。

「X軸方向」は、Y軸方向及びZ軸方向に垂直な方向である。

[0018] [3. 課題]

図2及び図3を用いて、比較例のEUV光生成装置1を備えるEUV光生成システム11について説明する。

[0019] [3. 1 比較例の構成]

図2は、比較例に係るEUV光生成システム11の構成を説明するための図を示す。図3は、図2に示されたレーザ装置3から出力されたパルスレーザ光33がターゲット27を照射するタイミングを説明するための図を示す。

比較例に係るEUV光生成システム11は、レーザ装置3と、EUV光生成装置1とを備えてもよい。

[0020] 比較例に係るレーザ装置3は、プラズマ生成領域25に供給された1つのターゲット27を照射するために複数のパルスレーザ光を出力してもよい。

比較例に係るレーザ装置3は、この複数のパルスレーザ光として、例えば、第1プリパルスレーザ光31b、第2プリパルスレーザ光31c及びメインパルスレーザ光31aの3つのパルスレーザ光をこの順番で出力してもよい。

比較例に係るレーザ装置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とを備えてもよい。

[0021] メインパルスレーザ装置3aは、メインパルスレーザ光31aを出力するレーザ装置3であってもよい。

メインパルスレーザ装置 3 a は、C O₂レーザ装置等のガスレーザ装置であってもよい。

メインパルスレーザ光 3 1 a は、ターゲット 2 7 をプラズマ化して E U V 光 2 5 1 を生成するためにターゲット 2 7 に照射されるレーザ光であってもよい。

[0022] 第 1 及び第 2 プリパルスレーザ装置 3 b 及び 3 c は、それぞれ、第 1 及び第 2 プリパルスレーザ光 3 1 b 及び 3 1 c を出力するレーザ装置 3 であってもよい。

第 1 及び第 2 プリパルスレーザ装置 3 b 及び 3 c のそれぞれは、Y A G レーザ装置等の固体レーザ装置であってもよい。

第 1 及び第 2 プリパルスレーザ光 3 1 b 及び 3 1 c のそれぞれは、メインパルスレーザ光 3 1 a がターゲット 2 7 に照射される前段階として、ターゲット 2 7 に照射されるレーザ光であってもよい。

[0023] ここで、ターゲット供給器 2 6 から出力されプラズマ生成領域 2 5 に供給されたターゲット 2 7 を、1 次ターゲットともいう。第 1 プリパルスレーザ光 3 1 b は、1 次ターゲットに照射されるレーザ光であってもよい。

第 1 プリパルスレーザ光 3 1 b が照射された 1 次ターゲットを、2 次ターゲットともいう。第 2 プリパルスレーザ光 3 1 c は、2 次ターゲットに照射されるレーザ光であってもよい。

第 2 プリパルスレーザ光 3 1 c が照射された 2 次ターゲットを、3 次ターゲットともいう。メインパルスレーザ光 3 1 a は、3 次ターゲットに照射されるレーザ光であってもよい。

[0024] また、第 1 プリパルスレーザ光 3 1 b が 1 次ターゲットに照射されるタイミングを、第 1 照射タイミングともいう。

第 2 プリパルスレーザ光 3 1 c が 2 次ターゲットに照射されるタイミングを、第 2 照射タイミングともいう。

メインパルスレーザ光 3 1 a が 3 次ターゲットに照射されるタイミングを、第 3 照射タイミングともいう。

[0025] また、第1プリパルスレーザ光31bが1次ターゲットに照射される位置を、第1プリパルスレーザ光31bの照射位置ともいう。

第2プリパルスレーザ光31cが2次ターゲットに照射される位置を、第2プリパルスレーザ光31cの照射位置ともいう。

メインパルスレーザ光31aが3次ターゲットに照射される位置を、メインパルスレーザ光31aの照射位置ともいう。

[0026] また、第1プリパルスレーザ光31bの照射位置、第2プリパルスレーザ光31cの照射位置及びメインパルスレーザ光31aの照射位置を総称して、パルスレーザ光33の照射位置ともいう。

第1プリパルスレーザ光31b、第2プリパルスレーザ光31c及びメインパルスレーザ光31aを総称して、パルスレーザ光31ともいう。或いは、第1プリパルスレーザ光31b、第2プリパルスレーザ光31c及びメインパルスレーザ光31aを総称して、パルスレーザ光32ともいう。或いは、第1プリパルスレーザ光31b、第2プリパルスレーザ光31c及びメインパルスレーザ光31aを総称して、パルスレーザ光33ともいう。

1次ターゲット、2次ターゲット及び3次ターゲットを総称して、ターゲット27ともいう。

第1照射タイミング、第2照射タイミング及び第3照射タイミングを総称して、照射タイミングともいう。

[0027] 比較例に係るEUV光生成装置1は、チャンバ2と、レーザ光集光光学系22aと、高反射ミラー341と、ミラー342と、第1ミラー光学系343と、ビームコンバイナ35とを備えてもよい。加えて、比較例のEUV光生成装置1は、ターゲット供給器26と、ターゲット検出器41と、画像センサ43と、EUVセンサ44と、EUV光生成制御部5と、遅延回路51とを備えてもよい。

[0028] チャンバ2は、内部に供給されたターゲット27にパルスレーザ光33が照射されることで、ターゲット27からプラズマが生成され、EUV光252が生成される容器であってもよい。

チャンバ2の壁2aは、チャンバ2の内部空間を形成し、チャンバ2の内部空間を外界から隔絶してもよい。

チャンバ2は、チャンバ2内へターゲット27を供給するためのターゲット供給路2bを含んでもよい。

[0029] レーザ光集光光学系22aは、ウインドウ21を介してチャンバ2内に入射したパルスレーザ光32をプラズマ生成領域25に集光する光学系であってもよい。

レーザ光集光光学系22aは、ウインドウ21を透過したパルスレーザ光32の光路上であって、ウインドウ21とプラズマ生成領域25との間に配置されてもよい。

レーザ光集光光学系22aは、レーザ光集光ミラー22と、ステージ221とを含んでもよい。

[0030] レーザ光集光ミラー22は、ウインドウ21を透過したパルスレーザ光32を、パルスレーザ光33としてプラズマ生成領域25に向けて反射させてもよい。レーザ光集光ミラー22は、ウインドウ21を透過したパルスレーザ光32を、パルスレーザ光33としてプラズマ生成領域25に集光してもよい。

レーザ光集光ミラー22は、ステージ221に搭載されてもよい。

レーザ光集光ミラー22は、軸外放物面ミラー222及び平面ミラー223を用いて構成されてもよい。

[0031] ステージ221は、X軸、Y軸及びZ軸の3軸にて、レーザ光集光ミラー22の位置及び姿勢の少なくとも1つを調整するステージであってもよい。

具体的には、ステージ221は、プラズマ生成領域25において第1プリパルスレーザ光31bが1次ターゲットに照射されるよう、レーザ光集光ミラー22の位置及び姿勢の少なくとも1つを調整してもよい。ステージ221は、プラズマ生成領域25において第2プリパルスレーザ光31cが2次ターゲットに照射されるよう、レーザ光集光ミラー22の位置及び姿勢の少なくとも1つを調整してもよい。ステージ221は、プラズマ生成領域25

においてメインパルスレーザ光 3 1 a が 3 次ターゲットに照射されるよう、レーザ光集光ミラー 2 2 の位置及び姿勢の少なくとも 1 つを調整してもよい。

ステージ 2 2 1 の駆動は、EUV 光生成制御部 5 によって制御されてもよい。

[0032] 高反射ミラー 3 4 1 は、メインパルスレーザ装置 3 a から出力されたメインパルスレーザ光 3 1 a の光路上であって、メインパルスレーザ装置 3 a とビームコンバイナ 3 5 との間に配置されてもよい。

高反射ミラー 3 4 1 は、メインパルスレーザ装置 3 a から出力されたメインパルスレーザ光 3 1 a をビームコンバイナ 3 5 に向けて反射させてもよい。

[0033] ミラー 3 4 2 は、第 1 プリパルスレーザ装置 3 b から出力された第 1 プリパルスレーザ光 3 1 b の光路上であって、第 1 プリパルスレーザ装置 3 b とビームコンバイナ 3 5 との間に配置されてもよい。ミラー 3 4 2 は、第 1 ミラー光学系 3 4 3 で反射された第 2 プリパルスレーザ光 3 1 c の光路上であって、第 1 ミラー光学系 3 4 3 とビームコンバイナ 3 5 との間に配置されてもよい。

ミラー 3 4 2 は、第 1 プリパルスレーザ装置 3 b から出力された第 1 プリパルスレーザ光 3 1 b をビームコンバイナ 3 5 に向けて反射させてもよい。

ミラー 3 4 2 は、第 1 ミラー光学系 3 4 3 で反射された第 2 プリパルスレーザ光 3 1 c をビームコンバイナ 3 5 に向けて透過させてもよい。

[0034] 第 1 ミラー光学系 3 4 3 は、第 2 プリパルスレーザ装置 3 c から出力された第 2 プリパルスレーザ光 3 1 c の光路上であって、第 2 プリパルスレーザ装置 3 c とミラー 3 4 2 との間に配置されてもよい。第 1 ミラー光学系 3 4 3 は、レーザ光集光光学系 2 2 a に入射する前の第 2 プリパルスレーザ光 3 1 c の光路上に配置されてもよい。

第 1 ミラー光学系 3 4 3 は、高反射ミラー 3 4 3 a と、ステージ 3 4 3 b とを含んでもよい。

[0035] 高反射ミラー３４３ａは、第２プリパルスレーザ光３１ｃの波長に対して高い反射率を有するミラーであってもよい。

高反射ミラー３４３ａは、ステージ３４３ｂに搭載されてもよい。

高反射ミラー３４３ａは、第２プリパルスレーザ装置３ｃから出力された第２プリパルスレーザ光３１ｃを、ミラー３４２を介して、ビームコンバイナ３５に向けて反射させてもよい。

[0036] ステージ３４３ｂは、高反射ミラー３４３ａの位置及び姿勢の少なくとも１つを調整してもよい。ステージ３４３ｂは、高反射ミラー３４３ａで反射された第２プリパルスレーザ光３１ｃの光路軸がミラー３４２で反射された第１プリパルスレーザ光３１ｂの光路軸と略同一となるよう、高反射ミラー３４３ａの位置及び姿勢を調整してもよい。

ステージ３４３ｂの駆動は、ＥＵＶ光生成制御部５によって制御されてもよい。

[0037] ビームコンバイナ３５は、第１及び第２プリパルスレーザ光３１ｂ及び３１ｃとメインパルスレーザ光３１ａとを略同一の光路軸でチャンバ２内に導入させる光学系であってもよい。

ビームコンバイナ３５は、ウインドウ２１付近のチャンバ２の壁２ａに接続されてもよい。

ビームコンバイナ３５は、ダイクロイックミラー３５１と、第２ミラー光学系３５２とを含んでもよい。

[0038] ダイクロイックミラー３５１は、ダイヤモンド基板を用いて形成されてもよい。このダイヤモンド基板の表面には、第１及び第２プリパルスレーザ光３１ｂ及び３１ｃの波長に対して高い反射率を有し、メインパルスレーザ光３１ａの波長に対して高い透過率を有する膜がコーティングされてもよい。

ダイクロイックミラー３５１は、ミラー３４２で反射された第１プリパルスレーザ光３１ｂ及びミラー３４２を透過した第２プリパルスレーザ光３１ｃの光路上であって、ミラー３４２とウインドウ２１との間に配置されてもよい。ダイクロイックミラー３５１は、第２ミラー光学系３５２で反射され

たメインパルスレーザ光 3 1 a の光路上であって、第 2 ミラー光学系 3 5 2 とウインドウ 2 1 との間に配置されてもよい。

ダイクロイックミラー 3 5 1 は、ミラー 3 4 2 で反射された第 1 プリパルスレーザ光 3 1 b 及びミラー 3 4 2 を透過した第 2 プリパルスレーザ光 3 1 c を、ウインドウ 2 1 を介して、レーザ光集光光学系 2 2 a に向けて反射させてもよい。ダイクロイックミラー 3 5 1 は、第 2 ミラー光学系 3 5 2 で反射されたメインパルスレーザ光 3 1 a をウインドウ 2 1 に向けて透過させてもよい。

[0039] 第 2 ミラー光学系 3 5 2 は、高反射ミラー 3 4 1 で反射されたメインパルスレーザ光 3 1 a の光路上であって、高反射ミラー 3 4 1 とダイクロイックミラー 3 5 1 との間に配置されてもよい。第 2 ミラー光学系 3 5 2 は、レーザ光集光光学系 2 2 a に入射する前のメインパルスレーザ光 3 1 a の光路上に配置されてもよい。

第 2 ミラー光学系 3 5 2 は、高反射ミラー 3 5 2 a と、ステージ 3 5 2 b とを含んでもよい。

[0040] 高反射ミラー 3 5 2 a は、メインパルスレーザ光 3 1 a の波長に対して高い反射率を有するミラーであってもよい。

高反射ミラー 3 5 2 a は、ステージ 3 5 2 b に搭載されてもよい。

高反射ミラー 3 5 2 a は、高反射ミラー 3 4 1 で反射されたメインパルスレーザ光 3 1 a を、ダイクロイックミラー 3 5 1 及びウインドウ 2 1 を介して、レーザ光集光光学系 2 2 a に向けて反射させてもよい。

[0041] ステージ 3 5 2 b は、高反射ミラー 3 5 2 a の位置及び姿勢の少なくとも 1 つを調整してもよい。

ステージ 3 5 2 b は、高反射ミラー 3 5 2 a で反射されたメインパルスレーザ光 3 1 a の光路軸がダイクロイックミラー 3 5 1 で反射された第 1 プリパルスレーザ光 3 1 b の光路軸と略同一となるよう、高反射ミラー 3 5 2 a の位置及び姿勢を調整してもよい。

ステージ 3 5 2 b の駆動は、EUV 光生成制御部 5 によって制御されても

よい。

[0042] ターゲット供給器 2 6 は、チャンバ 2 内に供給されるターゲット 2 7 を溶融させ、ドロップレットの形態で、プラズマ生成領域 2 5 に向けて出力する機器であってもよい。ターゲット供給器 2 6 は、いわゆるコンティニュアスジェット方式でターゲット 2 7 を出力する機器であってもよい。

ターゲット供給器 2 6 によって供給されるターゲット 2 7 は、金属材料で形成されてもよい。ターゲット 2 7 を形成する金属材料は、スズ、テルビウム、ガドリニウム、又は、それらの内のいずれか 2 つ以上の組合せを含む材料であってもよい。好適には、ターゲット 2 7 を形成する金属材料は、スズであってもよい。

ターゲット供給器 2 6 は、チャンバ 2 のターゲット供給路 2 b の端部に設けられてもよい。

ターゲット供給器 2 6 は、タンク 2 6 1、ノズル 2 6 2、ヒータ 2 6 3、圧力調節器 2 6 4 及び piezo 素子 2 6 5 を用いて構成されてもよい。

ターゲット供給器 2 6 の動作は、EUV 光生成制御部 5 によって制御されてもよい。

[0043] ターゲット検出器 4 1 は、チャンバ 2 内に出力されたターゲット 2 7 を検出する検出器であってもよい。

具体的には、ターゲット検出器 4 1 は、チャンバ 2 内の所定位置にある所定の検出領域 P をターゲット 2 7 が通過したタイミングを検出する検出器であってもよい。検出領域 P がある所定位置は、ターゲット供給器 2 6 とプラズマ生成領域 2 5 との間にあるターゲット軌道 Q 上の位置であってもよい。

[0044] ターゲット検出器 4 1 は、照明部 4 1 1 と、検出部 4 1 2 とを含んでもよい。

照明部 4 1 1 及び検出部 4 1 2 は、それぞれウインドウ 4 2 1 及びウインドウ 4 2 2 を介して、ターゲット供給路 2 b の壁 2 a に接続されてもよい。

照明部 4 1 1 及び検出部 4 1 2 は、ターゲット軌道 Q 上の検出領域 P を挟んで互いに対向するように配置されてもよい。

[0045] 照明部 4 1 1 は、検出領域 P を通過するターゲット 2 7 を照明するように、検出領域 P に向けて照明光を出力してもよい。

[0046] 検出部 4 1 2 は、検出領域 P を通過するターゲット 2 7 を照明するように出力された照明光の光強度を検出することで、検出領域 P を通過するターゲット 2 7 を検出してもよい。

検出部 4 1 2 で検出された照明光の光強度は、ターゲット 2 7 が検出領域 P を通過する毎に変化してもよい。検出部 4 1 2 は、検出された照明光の光強度の変化に応じた検出信号を生成し、EUV 光生成制御部 5 に送信してもよい。

なお、検出部 4 1 2 によって検出された照明光の光強度の変化に応じた検出信号を、通過タイミング信号ともいう。

[0047] 画像センサ 4 3 は、プラズマ生成領域 2 5 付近の画像を取得するセンサであってもよい。

画像センサ 4 3 は、プラズマ生成領域 2 5 と対向するようにチャンバ 2 の壁 2 a に設けられてもよい。

画像センサ 4 3 は、プラズマ生成領域 2 5 においてターゲット 2 7 及びターゲット 2 7 から生成されたプラズマの画像を取得し、EUV 光生成制御部 5 に送信してもよい。

画像センサ 4 3 の動作は、EUV 光生成制御部 5 によって制御されてもよい。

[0048] EUV センサ 4 4 は、プラズマから放射された EUV 光 2 5 1 のエネルギーを計測するセンサであってもよい。

EUV センサ 4 4 は、複数の EUV センサ 4 4 から構成されてもよい。

複数の EUV センサ 4 4 のそれぞれは、プラズマ生成領域 2 5 と対向するようにチャンバ 2 の壁 2 a に設けられてもよい。

複数の EUV センサ 4 4 のそれぞれは、プラズマ生成領域 2 5 においてプラズマが生成された際にそれらによって計測されるエネルギーの差が小さくなるよう、プラズマ生成領域 2 5 に対して等方的に配置されてもよい。

複数のEUVセンサ44のそれぞれは、プラズマ生成領域25においてプラズマから放射されたEUV光251のエネルギーを計測し、EUV光生成制御部5に送信してもよい。

複数のEUVセンサ44のそれぞれの動作は、EUV光生成制御部5によって制御されてもよい。

[0049] EUV光生成制御部5は、露光装置6との間で各種信号の送受信を行ってもよい。

EUV光生成制御部5は、露光装置6からの各種信号に基づいて、EUV光生成システム11の各構成要素の動作を統括的に制御してもよい。

EUV光生成制御部5は、レーザ装置3に各種信号を送信し、パルスレーザ光31のパルスエネルギー及びパルス幅を制御してもよい。

EUV光生成制御部5は、ステージ221、ステージ343b及びステージ352bに駆動信号を送信し、パルスレーザ光33の進行方向及び照射位置を制御してもよい。

EUV光生成制御部5は、ターゲット供給器26に各種信号を送信し、ターゲット供給器26からのターゲット27の出力を制御してもよい。

EUV光生成制御部5は、遅延回路51に遅延時間を設定すると共に、ターゲット検出器41からの通過タイミング信号を遅延回路51に送信してもよい。それにより、EUV光生成制御部5は、レーザ装置3、画像センサ43及びEUVセンサ44の動作タイミングを間接的に制御してもよい。

[0050] 遅延回路51は、EUV光生成制御部5によって設定された遅延時間に応じて、レーザ装置3、画像センサ43及びEUVセンサ44の動作タイミングを調整する回路であってもよい。

遅延回路51に設定される遅延時間は、図3に示されるような遅延時間Dt1乃至Dt3を含んでもよい。遅延時間Dt1乃至Dt3は、レーザ装置3がパルスレーザ光31を出力するタイミングを規定してもよい。

[0051] 遅延時間Dt1は、第1プリパルスレーザ光31bが1次ターゲットに適切に照射されるよう、第1照射タイミングを調整するための時間であっても

よい。遅延時間 $D t 1$ は、第1プリパルスレーザ光31bがプラズマ生成領域25に到達するタイミングが、ターゲット27がプラズマ生成領域25に供給されるタイミングと略一致するように予め決定されてもよい。

遅延時間 $D t 2$ は、第2プリパルスレーザ光31cが2次ターゲットに適切に照射されるよう第2照射タイミングを調整するための時間であってもよい。

遅延時間 $D t 3$ は、メインパルスレーザ光31aが3次ターゲットに適切に照射されるよう第3照射タイミングを調整するための時間であってもよい。

[0052] なお、遅延時間 $D t 2$ は、本開示の第1遅延時間を構成してもよい。遅延時間 $D t 3$ は、本開示の第2遅延時間を構成してもよい。

[0053] [3. 2 比較例の動作]

EUV光生成制御部5は、レーザ装置3、画像センサ43及びEUVセンサ44の動作タイミングを調整するための設定値を、遅延回路51に設定してもよい。遅延回路51に設定される設定値には、遅延時間 $D t 1$ 乃至 $D t 3$ が含まれてもよい。

[0054] EUV光生成制御部5は、第1プリパルスレーザ装置3bから出力される第1プリパルスレーザ光31bのパルスエネルギー及びパルス幅の少なくとも1つを制御するための設定値を、第1プリパルスレーザ装置3bに設定してもよい。

EUV光生成制御部5は、第2プリパルスレーザ装置3cから出力される第2プリパルスレーザ光31cのパルスエネルギー及びパルス幅の少なくとも1つを制御するための設定値を、第2プリパルスレーザ装置3cに設定してもよい。

EUV光生成制御部5は、メインパルスレーザ装置3aから出力されるメインパルスレーザ光31aのパルスエネルギー若しくはパルス幅又はパルス波形を制御するための設定値を、メインパルスレーザ装置3aに設定してもよい。

[0055] E U V 光生成制御部 5 は、ターゲット供給器 2 6 を制御し、ターゲット供給器 2 6 からプラズマ生成領域 2 5 に向けてターゲット 2 7 を出力させてもよい。

例えば、E U V 光生成制御部 5 は、ターゲット供給器 2 6 に含まれるヒータ 2 6 3 をターゲット 2 7 の融点以上の温度まで加熱させ、ターゲット供給器 2 6 に含まれるタンク 2 6 1 に収容された固体のターゲット 2 7 を溶融させてもよい。

E U V 光生成制御部 5 は、ターゲット供給器 2 6 に含まれる圧力調節器 2 6 4 を制御して、タンク 2 6 1 内のターゲット 2 7 が所定速度で連続的にノズル 2 6 2 から出力されるよう、タンク 2 6 1 内のターゲット 2 7 に所定圧力を加えてもよい。

E U V 光生成制御部 5 は、ターゲット供給器 2 6 に含まれるピエゾ素子 2 6 5 を所定波形で振動させ、連続的に出力されたターゲット 2 7 を所定周期で分断してドロップレット状のターゲット 2 7 を形成し、所定周波数でノズル 2 6 2 から出力させてもよい。

[0056] チャンバ 2 内へ出力されたターゲット 2 7 は、ドロップレットの形態でターゲット軌道 Q 上を進行し、検出領域 P を通過し得る。

[0057] ターゲット検出器 4 1 の照明部 4 1 1 は、検出領域 P を通過するターゲット 2 7 を照明するように、検出領域 P に向けて照明光を出力してもよい。

ターゲット検出器 4 1 の検出部 4 1 2 は、検出領域 P に出力された照明光を検出することで検出領域 P を通過するターゲット 2 7 を検出してもよい。検出部 4 1 2 は、E U V 光生成制御部 5 に通過タイミング信号を送信してもよい。

[0058] E U V 光生成制御部 5 は、ターゲット検出器 4 1 から送信された通過タイミング信号を受信し、遅延回路 5 1 に送信してもよい。E U V 光生成制御部 5 は、受信された通過タイミング信号をそのまま遅延回路 5 1 に送信してもよい。

[0059] 遅延回路 5 1 は、E U V 光生成制御部 5 からの通過タイミング信号を受信

したタイミングから遅延時間 $D t 1$ だけ付加されたタイミングに第 1 照射タイミングが到来するよう、第 1 プリパルスレーザ装置 3 b に第 1 トリガ信号を送信してもよい。

第 1 トリガ信号は、第 1 プリパルスレーザ装置 3 b が第 1 プリパルスレーザ光 3 1 b を出力する契機を与えるための信号であってもよい。

[0060] 第 1 プリパルスレーザ装置 3 b は、第 1 トリガ信号を受信すると、EUV 光生成制御部 5 によって設定されたパルスエネルギー及びパルス幅の少なくとも 1 つを有する第 1 プリパルスレーザ光 3 1 b を出力してもよい。

[0061] 第 1 プリパルスレーザ装置 3 b から出力された第 1 プリパルスレーザ光 3 1 b は、ミラー 3 4 2 及びダイクロイックミラー 3 5 1 で反射され、ウインドウ 2 1 を透過し得る。ウインドウ 2 1 を透過した第 1 プリパルスレーザ光 3 1 b は、チャンバ 2 内に入射し、レーザ光集光光学系 2 2 a によって所定スポット直径 $D 1$ でプラズマ生成領域 2 5 に集光され得る。プラズマ生成領域 2 5 に集光された第 1 プリパルスレーザ光 3 1 b は、プラズマ生成領域 2 5 に供給されたターゲット 2 7 である 1 次ターゲットを第 1 照射タイミングで照射し得る。

[0062] 1 次ターゲットは、上述のように、ドロップレットの形態でプラズマ生成領域 2 5 に供給され得る。1 次ターゲットは、第 1 プリパルスレーザ光 3 1 b が照射されると、破壊され、マイクロドロップレット及びクラスタ等のターゲット 2 7 の微粒子がミスト状に拡散した 2 次ターゲットに変容し得る。すなわち、2 次ターゲットは、第 1 プリパルスレーザ光が照射されることによってドロップレット状の 1 次ターゲットから変容したターゲット 2 7 であり得る。

[0063] 遅延回路 5 1 は、第 1 照射タイミングから遅延時間 $D t 2$ だけ付加されたタイミングに第 2 照射タイミングが到来するよう、第 2 プリパルスレーザ装置 3 c に第 2 トリガ信号を送信してもよい。

第 2 トリガ信号は、第 2 プリパルスレーザ装置 3 c が第 2 プリパルスレーザ光 3 1 c を出力する契機を与えるための信号であってもよい。

- [0064] 第2プリパルスレーザ装置3cは、第2トリガ信号を受信すると、EUV光生成制御部5によって設定されたパルスエネルギー及びパルス幅の少なくとも1つを有する第2プリパルスレーザ光31cを出力してもよい。
- [0065] 第2プリパルスレーザ装置3cから出力された第2プリパルスレーザ光31cは、第1ミラー光学系343によって、ミラー342で反射された第1プリパルスレーザ光31bと略同一の光路軸を有するように反射され得る。第1ミラー光学系343で反射された第2プリパルスレーザ光31cは、ミラー342を透過して、第1プリパルスレーザ光31bと略同一の光路軸を有してダイクロイックミラー351で反射され得る。ダイクロイックミラー351で反射された第2プリパルスレーザ光31cは、第1プリパルスレーザ光31bと略同一の光路軸を有して、ウインドウ21を透過し得る。ウインドウ21を透過した第2プリパルスレーザ光31cは、チャンバ2内に入射し、レーザ光集光光学系22aによって所定スポット直径D2でプラズマ生成領域25に集光され得る。プラズマ生成領域25に集光された第2プリパルスレーザ光31cは、第1プリパルスレーザ光31bが照射された1次ターゲットである2次ターゲットを第2照射タイミングで照射し得る。
- [0066] 2次ターゲットは、第2プリパルスレーザ光31cが照射されると、更に微細になったターゲット27の微粒子と、ターゲット27の蒸気とを含む3次ターゲットに変容し得る。3次ターゲットは、ターゲット27の一部がプラズマ化したプリプラズマを含んでもよい。プリプラズマは、2次ターゲットの一部がプラズマ化してイオン又は中性粒子を含む形態となったターゲット27であり得る。すなわち、3次ターゲットは、第2プリパルスレーザ光31cが照射されることによってミスト状の2次ターゲットから変容したターゲット27であり得る。
- [0067] 遅延回路51は、第1照射タイミングから遅延時間Dt3だけ付加されたタイミングに第3照射タイミングが到来するよう、メインパルスレーザ装置3aに第3トリガ信号を送信してもよい。

第3トリガ信号は、メインパルスレーザ装置3aがメインパルスレーザ光

3 1 a を出力する契機を与えるための信号であってもよい。

[0068] メインパルスレーザ装置 3 a は、第 3 トリガ信号を受信すると、E U V 光生成制御部 5 によって設定されたパルスエネルギー、パルス幅及びパルス波形の少なくとも 1 つを有するメインパルスレーザ光 3 1 a を出力してもよい。

[0069] メインパルスレーザ装置 3 a から出力されたメインパルスレーザ光 3 1 a は、高反射ミラー 3 4 1 で反射され得る。高反射ミラー 3 4 1 で反射されたメインパルスレーザ光 3 1 a は、第 2 ミラー光学系 3 5 2 によって、ダイクロイックミラー 3 5 1 で反射された第 1 及び第 2 プリパルスレーザ光 3 1 b 及び 3 1 c と略同一の光路軸を有するように反射され得る。第 2 ミラー光学系 3 5 2 で反射されたメインパルスレーザ光 3 1 a は、ダイクロイックミラー 3 5 1 を透過して、第 1 及び第 2 プリパルスレーザ光 3 1 b 及び 3 1 c と略同一の光路軸を有して、ウインドウ 2 1 を透過し得る。ウインドウ 2 1 を透過したメインパルスレーザ光 3 1 a は、チャンバ 2 内に入射し、レーザ光集光光学系 2 2 a によって所定スポット直径 D m でプラズマ生成領域 2 5 に集光され得る。プラズマ生成領域 2 5 に集光されたメインパルスレーザ光 3 1 a は、第 2 プリパルスレーザ光 3 1 c が照射された 2 次ターゲットである 3 次ターゲットを第 3 照射タイミングで照射し得る。

[0070] 3 次ターゲットは、メインパルスレーザ光 3 1 a が照射されると、プラズマ化して、E U V 光 2 5 1 を含む光を放射し得る。プラズマから放射された E U V 光 2 5 1 のうち特定の波長付近の E U V 光 2 5 1 は、E U V 集光ミラー 2 3 で選択的に反射され得る。選択的に反射された E U V 光 2 5 1 は、E U V 光 2 5 2 として中間集光点 2 9 2 に集光され、露光装置 6 に出力され得る。

メインパルスレーザ光 3 1 a を 3 次ターゲットに照射することは、メインパルスレーザ光 3 1 a を 1 次又は 2 次ターゲットに照射することに比べて、メインパルスレーザ光 3 1 a による E U V 光 2 5 1 の生成効率を高め得る。

[0071] また、遅延回路 5 1 は、プラズマから放射された E U V 光 2 5 1 のエネルギーが適切に計測されるよう、第 1 ゲート信号を複数の E U V センサ 4 4 のそ

れぞれに送信してもよい。

第1ゲート信号は、EUVセンサ44がEUV光251のエネルギーを計測する契機を与える信号であってもよい。

例えば、遅延回路51は、第3照射タイミングから後続する第1照射タイミングまでの間にEUVセンサ44の計測タイミングが到来するよう、複数のEUVセンサ44のそれぞれに第1ゲート信号を送信してもよい。

[0072] 複数のEUVセンサ44のそれぞれは、第1ゲート信号を受信すると、プラズマから放射されたEUV光251のエネルギーを計測し、その計測値をEUV光生成制御部5に送信してもよい。

[0073] EUV光生成制御部5は、複数のEUVセンサ44から送信された複数の計測値の平均値を、EUVセンサ44の計測結果として記憶してもよい。

[0074] また、遅延回路51は、1次ターゲットの画像が適切に取得されるよう、所定時間幅を有する第2ゲート信号を画像センサ43に送信してもよい。

第2ゲート信号は、画像センサ43が露光されてプラズマ生成領域25付近の画像を取得する契機を与える信号であってもよい。第2ゲート信号は、その時間幅だけ画像センサ43を露光させて画像を取得させる信号であってもよい。

例えば、遅延回路51は、EUV光生成制御部5からの通過タイミング信号を受信したタイミングから第1照射タイミングまでの間に画像センサ43が第2ゲート信号を受信するよう、画像センサ43に第2ゲート信号を送信してもよい。

[0075] 同様に、遅延回路51は、2次ターゲットの画像が適切に取得されるよう、画像センサ43に第2ゲート信号を送信してもよい。例えば、遅延回路51は、第1照射タイミング以後に画像センサ43が第2ゲート信号の受信を開始し、第2照射タイミングより前に画像センサ43が第2ゲート信号の受信を終了するよう、画像センサ43に第2ゲート信号を送信してもよい。

遅延回路51は、3次ターゲットの画像が適切に取得されるよう、画像センサ43に第2ゲート信号を送信してもよい。例えば、遅延回路51は、第

2 照射タイミング以後に画像センサ 4 3 が第 2 ゲート信号の受信を開始し、第 3 照射タイミングより前に画像センサ 4 3 が第 2 ゲート信号の受信を終了するよう、画像センサ 4 3 に第 2 ゲート信号を送信してもよい。

遅延回路 5 1 は、プラズマの画像が適切に取得されるよう、画像センサ 4 3 に第 2 ゲート信号を送信してもよい。例えば、遅延回路 5 1 は、第 3 照射タイミング以後に画像センサ 4 3 が第 2 ゲート信号の受信を開始し、後続する第 1 照射タイミングより前に画像センサ 4 3 が第 2 ゲート信号の受信を終了するよう、画像センサ 4 3 に第 2 ゲート信号を送信してもよい。

[0076] 画像センサ 4 3 は、これらの第 2 ゲート信号を受信すると、1 次乃至 3 次ターゲット並びにプラズマのそれぞれの画像を取得してもよい。画像センサ 4 3 は、取得された 1 次乃至 3 次ターゲット並びにプラズマのそれぞれの画像を、EUV 光生成制御部 5 に送信してもよい。

[0077] EUV 光生成制御部 5 は、取得された 1 次乃至 3 次ターゲット並びにプラズマの少なくとも 1 つの画像を解析し、解析結果に基づいて、遅延回路 5 1 に設定される設定値を修正してもよい。

例えば、EUV 光生成制御部 5 は、2 次ターゲットの画像を解析し、所定サイズに拡散した 2 次ターゲットが画像内の所定位置に配置されるよう、第 2 ゲート信号の送信タイミングに係る設定値並びに遅延時間 $D_t 1$ 乃至 $D_t 3$ を修正してもよい。

EUV 光生成制御部 5 は、修正された設定値を遅延回路 5 1 に再設定してもよい。

[0078] [3. 3 課題]

比較例の EUV 光生成装置 1 では、第 1 及び第 2 プリパルス 3 1 b 及び 3 1 c 並びにメインパルスレーザ光 3 1 a が、互いに略同一の光路軸を有し、それぞれがプラズマ生成領域 2 5 に集光され得るよう予め設計され得る。このため、EUV 光生成装置 1 の製造直後では、第 1 及び第 2 プリパルス 3 1 b 及び 3 1 c 並びにメインパルスレーザ光 3 1 a は、1 次乃至 3 次ターゲットをそれぞれ適正な照射位置で照射し得る。

言い換えると、EUV光生成装置1の製造直後では、パルスレーザ光33の照射位置は、設計時の照射位置と略一致し得る。設計時の照射位置は、例えば、パルスレーザ光33の標準的な照射条件を参考にして定められた位置であり得る。

[0079] 一方、EUV光生成装置1のメンテナンス後には、パルスレーザ光33の照射位置を調整する必要があるとあり得る。これは、メンテナンス時に交換した部品の機差が存在する他、設計時とメンテナンス後とは、各構成要素のアライメントに差異が発生するからであり得る。パルスレーザ光33の照射位置がずれると、EUV光251の生成に寄与しないターゲット27であるデブリが多量に発生し、EUV光251の生成効率が低下し得る。

特に、第2プリパルス及びメインパルスレーザ光31b及び31aの照射位置の調整は、重要であり得る。これは、第2プリパルス及びメインパルスレーザ光31b及び31aは、第1プリパルスレーザ光31bに比べて、プラズマ生成領域25における照射位置のずれに対する許容度が小さい場合があるからであり得る。すなわち、プラズマ生成領域25における第1プリパルスレーザ光31bの照射径は、1次ターゲットの直径よりも十分に大きく設定され得る。これに対し、プラズマ生成領域25における第2プリパルス及びメインパルスレーザ光31c及び31aの各照射径は、それぞれ、2次及び3次ターゲットの各直径と略等しいか僅かに大きく設定され得る。よって、第2プリパルス及びメインパルスレーザ光31b及び31aの照射位置が設計時の照射位置からずれることは、デブリの発生及びEUV光251の生成効率の低下に大きな影響を与え、EUV光252の出力低下に大きな影響を与え得る。このようなことから、第2プリパルス及びメインパルスレーザ光31b及び31aは、第1プリパルスレーザ光31bに比べて、照射位置のずれに対する許容度が小さい場合があり得る。

また、パルスレーザ光33の照射位置を調整する場合、第1乃至第3トリガ信号の送信タイミングを規定する遅延時間Dt1乃至Dt3の調整も必要であり得る。

[0080] このような状況の下、パルスレーザ光 3 3 の照射位置を調整する場合、比較例の E U V 光生成装置 1 では、熟練したオペレータが、画像センサ 4 3 及び E U V センサ 4 4 等の計測結果に基づいて各構成要素のアライメントを調整していた。

このため、比較例の E U V 光生成装置 1 では、パルスレーザ光 3 3 の照射位置を調整する場合、その調整手順及び調整精度がオペレータによって異なることがあり得る。加えて、その調整に必要な工数も増大することがあり得る。

[0081] したがって、デブリを抑制して E U V 光 2 5 1 の生成効率を確保しつつ、高精度、高再現性及び低工数でパルスレーザ光 3 3 の照射条件を調整し得る技術が望まれている。

[0082] [4 . 第 1 実施形態]

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

第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 は、パルスレーザ光 3 3 の照射位置及び照射タイミングを自動で調整する機能を備えてもよい。

第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 の構成及び動作において、比較例の E U V 光生成装置 1 と同様の構成及び動作については、説明を省略する。

[0083] [4 . 1 構成]

第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 は、照射位置調整部 7 と、照射タイミング調整部 8 とを備えてもよい。

[0084] 照射位置調整部 7 は、プラズマ生成領域 2 5 においてターゲット 2 7 に照射される複数のパルスレーザのそれぞれの照射位置の少なくとも 1 つを調整する機構であってもよい。少なくとも、照射位置調整部 7 は、第 2 プリパルス及びメインパルスレーザ光 3 1 b 及び 3 1 a の照射位置を調整する機構であってもよい。

照射位置調整部 7 は、図 2 に示された、レーザ光集光光学系 2 2 a、第 1 ミラー光学系 3 4 3 及び第 2 ミラー光学系 3 5 2 を用いて構成されてもよい。

。

照射位置調整部 7 の動作は、EUV 光生成制御部 5 によって制御されてもよい。

[0085] 照射タイミング調整部 8 は、プラズマ生成領域 25 においてターゲット 27 に照射される複数のパルスレーザのそれぞれの照射タイミングの少なくとも 1 つを調整するための機能であってもよい。少なくとも、照射タイミング調整部 8 は、第 2 プリパルス及びメインパルスレーザ光 31b 及び 31a の照射タイミングを調整する機能であってもよい。

照射タイミング調整部 8 は、図 2 に示された、遅延回路 51 を用いて構成されてもよい。

照射タイミング調整部 8 の動作は、EUV 光生成制御部 5 によって制御されてもよい。

なお、照射タイミング調整部 8 は、EUV 光生成制御部 5 が備えるソフトウェアで構成されてもよい。この場合、照射タイミング調整部 8 の機能を構成するソフトウェアによる情報処理は、ハードウェア資源を用いて具体的に実現され得る。

[0086] EUV 光生成制御部 5 は、照射位置調整部 7 及び照射タイミング調整部 8 を制御してもよい。EUV 光生成制御部 5 は、EUV センサ 44 の計測結果に基づいて、照射位置調整部 7 及び照射タイミング調整部 8 を制御してもよい。

EUV 光生成制御部 5 は、所定事象が発生した後に、EUV センサ 44 の計測結果に基づいて、照射位置調整部 7 及び照射タイミング調整部 8 を制御してもよい。

所定事象とは、EUV 光生成装置 1 のメンテナンス、及び、EUV 光生成装置 1 の出力が所望の値を下回る事象の少なくとも 1 つであってもよい。

EUV 光生成装置 1 のメンテナンスは、例えば、チャンバ 2 の交換、EUV 集光ミラー 23 の交換、ターゲット供給器 26 の交換、レーザ光進行方向制御部 34 の交換及びレーザ伝播系の交換等であってもよい。

[0087] 第1実施形態のEUV光生成装置1の他の構成については、比較例のEUV光生成装置1と同様であってもよい。

[0088] [4. 2 動作]

第1実施形態のEUV光生成装置1の動作について説明する。具体的には、パルスレーザ光33の照射位置及び照射タイミングを調整するために、第1実施形態に係るEUV光生成制御部5が行う処理について説明する。

[0089] 図4は、パルスレーザ光33の照射位置及び照射タイミングを調整する処理のフローチャートを示す図である。

図4に示された処理は、EUV光生成装置1のメンテナンス等の上述の所定事象が発生した後に、第1実施形態に係るEUV光生成制御部5によって実行されてもよい。

[0090] ステップS1において、EUV光生成制御部5は、初期条件を設定してもよい。

初期条件の設定には、パルスレーザ光33の出力条件、スポット直径D（D1、D2、Dm）、並びに、2次及び3次ターゲットの拡散速度の設定が含まれてもよい。

スポット直径D1は、プラズマ生成領域25における第1プリパルスレーザ光31bの照射径であってもよい。

スポット直径D2は、プラズマ生成領域25における第2プリパルスレーザ光31cの照射径であってもよい。

スポット直径Dmは、プラズマ生成領域25におけるメインパルスレーザ光31aの照射径であってもよい。

したがって、本明細書における「スポット直径」という表記は、必ずしもビームウエスト部分におけるビーム直径を意味しない。また、パルスレーザ光33の照射径は、プラズマ生成領域25に向かって進行するパルスレーザ光33のビーム直径であって、パルスレーザ光33の進行方向に略垂直であってプラズマ生成領域25に交差する平面上でのビーム直径として定義されてもよい。

2次及び3次ターゲットの拡散速度は、画像センサ43によって取得された画像に基づいて予め決定されてもよい。

[0091] 更に、初期条件の設定には、照射位置調整部7の各調整量の許容値 R (R_m 、 R_2 、 R_f)の設定が含まれてもよい。

照射位置調整部7の各調整量とは、レーザ光集光光学系22a、第1ミラー光学系343及び第2ミラー光学系352の各調整量であってもよい。

許容値 R_m は、第2ミラー光学系352の調整量の許容値であってもよい。具体的には、許容値 R_m は、第2ミラー光学系352に含まれるステージ352bの調整量の許容値であってもよい。許容値 R_m は、メインパルスレーザ光31aの照射位置の調整量における許容値に対応し得る。

許容値 R_2 は、第1ミラー光学系343の調整量の許容値であってもよい。具体的には、許容値 R_2 は、第1ミラー光学系343に含まれるステージ343bの調整量の許容値であってもよい。許容値 R_2 は、第2プリパルスレーザ光31cの照射位置の調整量における許容値に対応し得る。

許容値 R_f は、レーザ光集光光学系22aの調整量の許容値であってもよい。具体的には、レーザ光集光光学系22aに含まれるステージ221の調整量の許容値であってもよい。

許容値 R の取り得る範囲は、 $(D/8)$ 以上 $(D/2)$ 以下であってもよい。好適には、許容値 R_m 及び R_2 は、 $(D/3)$ であってもよい。好適には、許容値 R_f は、 $(D/4)$ であってもよい。

[0092] 更に、初期条件の設定には、照射タイミング調整部8の各調整量の許容値 T (T_{td} 、 T_{t3})の設定が含まれてもよい。

照射タイミング調整部8の各調整量とは、遅延回路51に設定される遅延時間 D_{t2} 及び D_{t3} に関する各調整量であってもよい。

第1実施形態のEUV光生成装置1では、照射タイミング調整部8が実際に調整する因子は、差分時間 D_{td} 及び遅延時間 D_{t3} であってもよい。差分時間 D_{td} は、図3に示されるように、遅延時間 D_{t3} と遅延時間 D_{t2} との差分であってもよい。差分時間 D_{td} を調整することは、遅延時間 D_{t2}

2を調整することと実質的に同じことであってもよい。すなわち、第1実施形態のEUV光生成装置1では、照射タイミング調整部8の各調整量とは、実質的に、差分時間 Dt_d 及び遅延時間 Dt_3 の各調整量であってもよい。

許容値 Tt_d は、差分時間 Dt_d の調整量の許容値であってもよい。許容値 Tt_d は、第2照射タイミングの調整量の許容値に対応し得る。

許容値 Tt_3 は、遅延時間 Dt_3 の調整量の許容値であってもよい。許容値 Tt_3 は、第3照射タイミングの調整量の許容値に対応し得る。

許容値 Tt_d の取り得る範囲は、 100 ns 以上 300 ns 以下であってもよい。好適には、許容値 Tt_d は、 100 ns であってもよい。

許容値 Tt_3 の取り得る範囲は、 200 ns 以上 700 ns 以下であってもよい。好適には、許容値 Tt_3 は、 500 ns であってもよい。

[0093] なお、遅延時間 Dt_1 は、検出領域Pからプラズマ生成領域25までの距離と、1次ターゲットの進行速度と、第1トリガ信号の送信タイミングから第1プリパルスレーザ光31bがプラズマ生成領域25に到達するタイミングまでの時間とを用いて決定され得る。

このため、第1実施形態に係るEUV光生成制御部5は、照射タイミング調整部8を制御する際、第1照射タイミングの調整としては、予め決定された遅延時間 Dt_1 を遅延回路51に設定すればよい。すなわち、第1実施形態に係るEUV光生成制御部5は、遅延時間 Dt_1 を調整しなくてもよい。

[0094] 更に、初期条件の設定には、調整前の照射位置調整部7のパラメータS1 (S_m 、 S_2 、 S_f) の設定が含まれてもよい。

照射位置調整部7のパラメータS1 (S_m 、 S_2 、 S_f) は、プラズマ生成領域25におけるパルスレーザ光33の照射位置に関するパラメータであってもよく、プラズマ生成領域25に交差するXY平面上の座標を用いて記述されてもよい。XY平面は、プラズマ生成領域25に向かって進行するパルスレーザ光33の進行方向に略垂直な平面であり得る。言い換えると、XY平面は、プラズマ生成領域25に向かって進行するパルスレーザ光33のビーム断面に略平行な平面であり得る。

例えば、メインパルスレーザ光 3 1 a の照射位置 S_m は、プラズマ生成領域 2 5 に交差する XY 平面上の座標を用いて、 $S_m (1x, 1y)$ と記述されてもよい。

第 2 プリパルスレーザ光 3 1 c の照射位置 S_2 は、プラズマ生成領域 2 5 に交差する XY 平面上の座標を用いて、 $S_2 (4x, 4y)$ と記述されてもよい。

レーザ光集光光学系 2 2 a の位置 S_f は、レーザ光集光光学系 2 2 a によって照射されるパルスレーザ光 3 3 の照射位置であってもよい。レーザ光集光光学系 2 2 a の位置 S_f は、プラズマ生成領域 2 5 に交差する XY 平面上の座標を用いて、 $S_f (fx, fy)$ と記述されてもよい。

[0095] 或いは、照射位置調整部 7 のパラメータ $S_1 (S_m, S_2, S_f)$ は、パルスレーザ光 3 3 の照射位置として、第 2 ミラー光学系 3 5 2、第 1 ミラー光学系 3 4 3 及びレーザ光集光光学系 2 2 a の各位置及び各姿勢を用いて記述されてもよい。

例えば、メインパルスレーザ光 3 1 a の照射位置 S_m は、第 2 ミラー光学系 3 5 2 に含まれる高反射ミラー 3 5 2 a の位置及び角度を用いて、 $S_m (r_1, \theta_1)$ と記述されてもよい。

第 2 プリパルスレーザ光 3 1 c の照射位置 S_2 は、第 1 ミラー光学系 3 4 3 に含まれる高反射ミラー 3 4 3 a の位置及び角度を用いて、 $S_2 (r_4, \theta_4)$ と記述されてもよい。

レーザ光集光光学系 2 2 a の位置 S_f は、レーザ光集光光学系 2 2 a に含まれるレーザ光集光ミラー 2 2 の位置を用いて、 $S_f (x_f, y_f)$ と記述されてもよい。

[0096] 更に、初期条件の設定には、調整前の照射タイミング調整部 8 のパラメータ $D_t (D_{td}, D_{t3})$ の設定が含まれてもよい。

照射タイミング調整部 8 のパラメータ $D_t (D_{td}, D_{t3})$ は、差分時間 D_{td} 及び遅延時間 D_{t3} を示すパラメータであってもよい。

調整前の差分時間 D_{td} 及び遅延時間 D_{t3} は、予め実験又は設計に基づ

いて決定された値であってもよいし、メンテナンス前に遅延回路 5 1 に設定された値であってもよい。

[0097] ステップ S 2 において、E U V 光生成制御部 5 は、照射位置調整処理を行ってもよい。

照射位置調整処理は、照射位置調整部 7 を制御して、パルスレーザ光 3 3 の照射位置を調整する処理であってもよい。

具体的には、E U V 光生成制御部 5 は、照射位置調整部 7 のうちの第 2 ミラー光学系 3 5 2 を制御して、メインパルスレーザ光 3 1 a の照射位置 S m を調整してもよい。

なお、照射位置調整処理については、図 5 を用いて後述する。

[0098] ステップ S 3 において、E U V 光生成制御部 5 は、照射位置調整処理を行ってもよい。

具体的には、E U V 光生成制御部 5 は、照射位置調整部 7 のうちの第 1 ミラー光学系 3 4 3 を制御して、第 2 プリパルスレーザ光 3 1 c の照射位置 S 2 を調整してもよい。

なお、照射位置調整処理については、図 5 を用いて後述する。

[0099] ステップ S 4 において、E U V 光生成制御部 5 は、照射位置調整処理を行ってもよい。

具体的には、E U V 光生成制御部 5 は、照射位置調整部 7 のうちのレーザ光集光光学系 2 2 a を制御して、レーザ光集光光学系 2 2 a の位置 S f を調整してもよい。

なお、照射位置調整処理については、図 5 を用いて後述する。

[0100] ステップ S 2 乃至 S 4 の処理が行われると、調整前の照射位置調整部 7 のパラメータ S 1 (S m 、 S 2 、 S f) は、調整後の照射位置調整部 7 のパラメータ S 1 ' (S m ' 、 S 2 ' 、 S f ') に調整され得る。この際、照射位置調整部 7 のパラメータ S 1 ' (S m ' 、 S 2 ' 、 S f ') は、S m ' 、 S 2 ' 、 S f ' の順番で調整され得る。

すなわち、E U V 光生成制御部 5 は、第 2 ミラー光学系 3 5 2 、第 1 ミラ

ー光学系 3 4 3 及びレーザ光集光光学系 2 2 a の順番に制御して、パルスレーザ光 3 3 の照射位置を調整してもよい。

EUV 光生成制御部 5 は、この順番で調整することで、デブリの発生及び EUV 光 2 5 1 の生成効率の低下に対する影響度が大きいパルスレーザ光 3 3 の照射位置から調整し得る。デブリの発生及び EUV 光 2 5 1 の生成効率の低下に対する影響度は、メインパルスレーザ光 3 1 a の方が第 2 プリパルスレーザ光 3 1 c よりも大きい場合が多いからである。

[0101] ステップ S 5 乃至 S 7 において、EUV 光生成制御部 5 は、ステップ S 2 乃至 S 4 と同様の処理を行ってもよい。

[0102] ステップ S 8 において、EUV 光生成制御部 5 は、レーザ光集光光学系 2 2 a の調整量が許容値 R f 以下であるか否かを判定してもよい。

EUV 光生成制御部 5 は、調整後のレーザ光集光光学系 2 2 a の位置 S f ' と、調整前のレーザ光集光光学系 2 2 a の位置 S f との差分の絶対値 $|S f ' - S f |$ を、レーザ光集光光学系 2 2 a の調整量としてもよい。

EUV 光生成制御部 5 は、レーザ光集光光学系 2 2 a の調整量が許容値 R f を超えるのであれば、ステップ S 2 に移行してもよい。一方、EUV 光生成制御部 5 は、レーザ光集光光学系 2 2 a の調整量が許容値 R f 以下であれば、ステップ S 9 に移行してもよい。

[0103] ステップ S 9 において、EUV 光生成制御部 5 は、照射タイミング調整処理を行ってもよい。

照射タイミング調整処理は、照射タイミング調整部 8 を制御して、パルスレーザ光 3 3 の照射タイミングを調整する処理であってもよい。

具体的には、EUV 光生成制御部 5 は、差分時間 D t d 及び遅延時間 D t 3 を調整し、遅延時間 D t 2 及び D t 3 を遅延回路 5 1 に設定してもよい。また、EUV 光生成制御部 5 は、予め決定された遅延時間 D t 1 を遅延回路 5 1 に設定してもよい。

なお、照射タイミング調整処理については、図 9 を用いて後述する。

[0104] ステップ S 9 の処理が行われると、調整前の照射タイミング調整部 8 のパ

ラメータ D_t (D_{td} 、 D_{t3}) は、調整後の照射タイミング調整部 8 のパラメータ D_t' (D_{td}' 、 D_{t3}') に調整され得る。そして、調整後の照射タイミング調整部 8 のパラメータ D_t' に応じた遅延時間 D_{t2} 及び D_{t3} と、上述のように予め決定された遅延時間 D_{t1} とが、遅延回路 51 に設定され得る。

[0105] ステップ S10 において、EUV 光生成制御部 5 は、照射タイミング調整部 8 の各調整量が許容値 T 以下であるか否かを判定してもよい。

EUV 光生成制御部 5 は、調整後の差分時間 D_{td}' と、調整前の差分時間 D_{td} との差分の絶対値 $|D_{td}' - D_{td}|$ を、差分時間 D_{td} の調整量としてもよい。

EUV 光生成制御部 5 は、調整後の遅延時間 D_{t3}' と、調整前の遅延時間 D_{t3} との差分の絶対値 $|D_{t3}' - D_{t3}|$ を、遅延時間 D_{t3} の調整量としてもよい。

EUV 光生成制御部 5 は、差分時間 D_{td} の調整量が許容値 T_{td} を超えるか、又は、遅延時間 D_{t3} の調整量が許容値 T_{t3} を超えるのであれば、ステップ S2 に移行してもよい。一方、EUV 光生成制御部 5 は、差分時間 D_{td} の調整量が許容値 T_{td} 以下であると共に、遅延時間 D_{t3} の調整量が許容値 T_{t3} 以下であれば、本処理を終了してもよい。

[0106] 図 5 乃至図 8 を用いて、照射位置調整処理について説明する。

図 5 は、図 4 のステップ S2 乃至 S7 に示された照射位置調整処理のフローチャートを示す図である。図 6 は、図 5 に示された照射位置調整処理における走査水準群を例示する図である。図 7 は、図 6 に示された走査水準群に基づいて作成された EUV 光 251 のエネルギーの分布図を例示する図である。図 8 は、図 7 に示された分布図から求められた近似曲線を例示する図である。

図 4 のステップ S2 乃至 S4 に示された照射位置調整処理は、第 2 ミラー光学系 352、第 1 ミラー光学系 343 及びレーザ光集光光学系 22a をそれぞれ制御するが、これらの処理は、略同一のアルゴリズムを用いて記述さ

れてもよい。

また、ステップS 5乃至ステップS 7は、ステップS 2乃至S 4とそれぞれ同様の処理であるため、ステップS 2乃至S 4とそれぞれ略同一のアルゴリズムを用いて記述され得る。

すなわち、図4のステップS 2乃至S 7に示された照射位置調整処理は、略同一のアルゴリズムを用いて記述され得る。

よって、図5乃至図8では、図4のステップS 2に示された照射位置調整処理を代表して説明する。

[0107] ステップS 11において、EUV光生成制御部5は、走査水準群を読み込んでもよい。

EUV光生成制御部5は、パルスレーザ光33の照射位置を調整する場合、パルスレーザ光33の照射位置がプラズマ生成領域25に交差するXY平面上で走査されるよう照射位置調整部7を制御してもよい。そして、EUV光生成制御部5は、走査毎にEUVセンサ44の計測結果を取得してもよい。

第1及び第2プリパルス31b及び31c並びにメインパルスレーザ光31aのプラズマ生成領域25におけるレイリー長は、それぞれ100 μ m以上1000 μ m以下であり得る。このため、パルスレーザ光33の照射位置がZ軸方向に走査されても、取得される計測結果の走査毎での変化量は小さくなり得る。言い換えると、パルスレーザ光33の照射位置をZ軸方向において調整しても、デブリの発生及びEUV光251の生成効率の低下を抑制することには寄与し難いことがあり得る。よって、EUV光生成制御部5は、照射位置調整部7に、プラズマ生成領域25に交差するXY平面上でパルスレーザ光33の照射位置を走査させてもよい。

[0108] 具体的には、EUV光生成制御部5は、例えばメインパルスレーザ光31aの照射位置Sm(1x、1y)を走査させる場合、図6に例示されるような走査水準群に基づいて走査させてもよい。図6の矢印は、走査水準の進行順番を例示している。走査水準群は、図6に例示されるように、調整前のS

$m(1x, 1y)$ を中心としてマトリックス状に配列されたテーブルを用いて作成されてもよい。或いは、走査水準群は、メインパルスレーザ光 31a のプロファイルの楕円度が所定値以下であれば、調整前のメインパルスレーザ光 31a の照射位置 $S_m(1x, 1y)$ を中心として十字状に配列されたテーブルを用いて作成されてもよい。

[0109] E U V 光生成制御部 5 は、予め複数の走査水準群を保持し、パルスレーザ光 33 の出力条件及びスポット直径 D に応じて読み込んでもよい。或いは、E U V 光生成制御部 5 は、パルスレーザ光 33 の出力条件及びスポット直径 D に応じて走査水準群を作成してもよい。

[0110] ステップ S 12 において、E U V 光生成制御部 5 は、読み込まれた走査水準群に基づいてメインパルスレーザ光 31a の照射位置 $S_m(1x, 1y)$ が走査されるよう、第 2 ミラー光学系 352 のステージ 352b を駆動させてもよい。

なお、E U V 光生成制御部 5 は、照射位置 S_2 及び S_f を走査させる場合、第 1 ミラー光学系 343 のステージ 343b 及びレーザ光集光光学系 22a のステージ 221 を駆動させてもよい。

[0111] ステップ S 13 において、E U V 光生成制御部 5 は、第 1 乃至第 3 トリガ信号をレーザ装置 3 に送信して、E U V 光 251 を生成させてもよい。

この際、遅延回路 51 に設定される遅延時間 D_t2 及び D_t3 は、調整前の差分時間 D_td 及び遅延時間 D_t3 に応じた遅延時間 D_t2 及び D_t3 であってもよい。

[0112] ステップ S 14 において、E U V 光生成制御部 5 は、E U V センサ 44 の計測結果を取得してもよい。

E U V 光生成制御部 5 は、複数の E U V センサ 44 から送信された複数の計測値に統計処理を施し、E U V 光 251 のエネルギー及び／又はそのばらつきを取得してもよい。E U V 光 251 のエネルギーは、複数の E U V センサ 44 から送信された複数の計測値の平均値であってもよい。E U V 光 251 のエネルギーのばらつきは、例えば 3σ であってもよい。

EUV光生成制御部5は、EUV光251のエネルギー及び／又はそのばらつきを、EUVセンサ44の計測結果として取得し、各走査水準に対応付けて記憶してもよい。

なお、EUV光生成制御部5は、1つの走査水準においてEUVセンサ44の計測結果を取得するために、100パルス以上100,000パルス以下のパルス数のEUV光251を生成させてもよい。100,000パルスのEUV光251を生成させる場合のEUV光生成装置1の運転条件は、デューティサイクルを50%、1バースト当たりのEUV光251のパルス数を10,000パルスとし、10バーストだけ運転させるような条件であってもよい。なお、バーストとは、所定時間の間、EUV光251を所定繰り返し周波数で生成させるようなEUV光生成装置1の運転動作であってもよい。デューティサイクルは、EUV光251が所定繰り返し周波数で生成される上記所定時間と単位時間との比であってもよい。

[0113] ステップS15において、EUV光生成制御部5は、読み込まれた走査水準群に含まれる全ての走査水準が走査されたか否かを判定してもよい。

EUV光生成制御部5は、全ての走査水準が走査されていない場合は、ステップS12に移行してもよい。一方、EUV光生成制御部5は、全ての走査水準が走査されたならば、ステップS16に移行してもよい。

[0114] ステップS16において、EUV光生成制御部5は、各走査水準に対応付けて記憶されたEUVセンサ44の計測結果に基づいて、図7に例示されるようなEUV光251のエネルギーの分布図を作成してもよい。

[0115] ステップS17において、EUV光生成制御部5は、作成されたEUV光251のエネルギーの分布図に基づいて、メインパルスレーザ光31aの照射位置 $S_m(1x, 1y)$ の最適位置を決定し、記憶してもよい。

例えば、EUV光生成制御部5は、作成された分布図のうちでEUV光251のエネルギーが最大である走査水準の照射位置 $S_m(1x, 1y)$ を、最適位置 $S_m'(1x', 1y')$ に決定してもよい。

[0116] 或いは、EUV光生成制御部5は、作成された分布図のデータを用いた数

値解析によって最適位置 S_m' ($1x'$ 、 $1y'$) を決定してもよい。

例えば、EUV光生成制御部5は、図8に例示されるように、EUV光251のエネルギーが最大である走査水準及びその付近の走査水準と、これらの走査水準に対応付けられたEUV光251のエネルギーとを、解析対象として特定してもよい。

そして、EUV光生成制御部5は、図8に例示されるように、EUV光251のエネルギー分布を、例えば最小二乗法を用いてガウス分布曲線又は2次曲線に近似してもよい。そして、EUV光生成制御部5は、近似曲線の最大値に対応するX座標及びY座標を、最適位置 S_m' ($1x'$ 、 $1y'$) に決定してもよい。

[0117] EUV光生成制御部5は、決定された最適位置 S_m' ($1x'$ 、 $1y'$) を、照射位置調整部7のパラメータ S_1' に設定してもよい。

なお、この段階で、照射位置 S_2 及び S_f の最適位置 S_2' 及び S_f' が決定されていない場合には、調整前の照射位置 S_2 及び S_f を、パラメータ S_1' に設定してもよい。

すなわち、図2のステップS2の処理が行われた後では、パラメータ S_1' は、 S_1' (S_m' 、 S_2 、 S_f) に設定され得る。図2のステップS3の処理が行われた後では、パラメータ S_1' は、 S_1' (S_m' 、 S_2' 、 S_f) に設定され得る。図2のステップS4の処理が行われた後では、パラメータ S_1' は、 S_1' (S_m' 、 S_2' 、 S_f') に設定され得る。

[0118] ステップS18において、EUV光生成制御部5は、最適位置に応じて照射位置調整部7を制御してもよい。

具体的には、EUV光生成制御部5は、最適位置が設定されたパラメータ S_1' に応じて、ステージ352b、ステージ343b及びステージ221を駆動させてもよい。

これにより、メインパルスレーザ光31aの照射位置 S_m は、最適位置 S_m' に調整され得る。

[0119] ステップS19において、EUV光生成制御部5は、第2ミラー光学系3

52の調整量が許容値 R_m 以下であるか否かを判定してもよい。

EUV光生成制御部5は、調整後のメインパルスレーザ光31aの照射位置 S_m' と、調整前のメインパルスレーザ光31aの照射位置 S_m との差分の絶対値 $|S_m' - S_m|$ を、第2ミラー光学系352の調整量としてもよい。

EUV光生成制御部5は、第2ミラー光学系352の調整量が許容値 R_m 以下であれば、本処理を終了し、図4のステップS3に移行してもよい。一方、EUV光生成制御部5は、第2ミラー光学系352の調整量が許容値 R_m を超えるのであれば、ステップS20に移行してもよい。

なお、EUV光生成制御部5は、第1ミラー光学系343の調整量が許容値 R_2 以下であるか否かを判定する場合、及び、レーザ光集光光学系22aの調整量が許容値 R_f 以下であるか否かを判定する場合も、本ステップと同様に処理すればよい。

[0120] ステップS20において、EUV光生成制御部5は、現在の走査水準群を、最適位置 S_m' を中心とした走査水準群に更新し、ステップS11に移行してもよい。

[0121] 図9乃至図12を用いて、照射タイミング調整処理について説明する。

図9は、図4のステップS9に示された照射タイミング調整処理のフローチャートを示す図である。図10は、図9に示された照射タイミング調整処理における走査水準群を例示する図である。図11は、図10に示された走査水準群に基づいて作成された第2テーブルを例示する図である。図12は、図10に示された走査水準群に基づいて作成された第1テーブルを例示する図である。

[0122] ステップS21において、EUV光生成制御部5は、走査水準群を読み込んでもよい。

EUV光生成制御部5は、パルスレーザ光33の照射タイミングを調整する場合、差分時間 D_{td} 及び遅延時間 D_{t3} を走査し、走査毎にEUVセンサ44の計測結果を取得してもよい。

EUV光生成制御部5は、差分時間 Dt_d 及び遅延時間 Dt_3 を走査する場合、図10に例示されるような走査水準群に基づいて走査してもよい。図10の矢印は、走査水準の進行順番を例示している。走査水準群は、図10に例示されるように、マトリックス状に配列されたテーブルを用いて作成されてもよい。

EUV光生成制御部5は、予め複数の走査水準群を保持し、パルスレーザー光33の出力条件並びに2次及び3次ターゲットの拡散速度に応じて読み込んでもよい。或いは、EUV光生成制御部5は、パルスレーザー光33の出力条件並びに2次及び3次ターゲットの拡散速度に応じて走査水準群を作成してもよい。

[0123] ステップS22において、EUV光生成制御部5は、読み込まれた走査水準群に基づいて差分時間 Dt_d 及び遅延時間 Dt_3 を走査してもよい。そして、EUV光生成制御部5は、走査された差分時間 Dt_d 及び遅延時間 Dt_3 に応じた遅延時間 Dt_2 及び Dt_3 を、遅延回路51に設定してもよい。また、EUV光生成制御部5は、予め決定された遅延時間 Dt_1 を遅延回路51に設定してもよい。

[0124] ステップS23において、EUV光生成制御部5は、第1乃至第3トリガ信号をレーザー装置3に送信して、EUV光251を生成させてもよい。

この際、パルスレーザー光33の照射位置S1は、最適位置S1'に調整済であり得る。

[0125] ステップS24において、EUV光生成制御部5は、図5のステップS14と同様に、EUVセンサ44の計測結果を取得してもよい。

すなわち、EUV光生成制御部5は、複数のEUVセンサ44から送信された複数の計測値に統計処理を施し、EUV光251のエネルギー及びそのばらつきを取得してもよい。EUV光251のエネルギーは、複数のEUVセンサ44から送信された複数の計測値の平均値であってもよい。EUV光251のエネルギーのばらつきは、例えば 3σ であってもよい。

EUV光生成制御部5は、EUV光251のエネルギー及びそのばらつきを

、EUVセンサ44の計測結果として取得し、各走査水準に対応付けて記憶してもよい。

[0126] ステップS25において、EUV光生成制御部5は、図5のステップS15と同様に、読み込まれた走査水準群に含まれる全ての走査水準が走査されたか否かを判定してもよい。

EUV光生成制御部5は、全ての走査水準が走査されていない場合は、ステップS22に移行してもよい。一方、EUV光生成制御部5は、全ての走査水準が走査されたならば、ステップS26に移行してもよい。

[0127] ステップS26において、EUV光生成制御部5は、各走査水準に対応付けて記憶されたEUVセンサ44の計測結果に基づいて、図11に例示されるような第2テーブル及び図12に例示されるような第1テーブルを作成してもよい。

第1テーブルは、図12に例示されるように、差分時間 Dt_d 及び遅延時間 Dt_3 と、EUV光251のエネルギーとの対応関係を示すテーブルであってもよい。

第2テーブルは、図11に例示されるように、差分時間 Dt_d 及び遅延時間 Dt_3 と、EUV光251のエネルギーのばらつきとの対応関係を示すテーブルであってもよい。

[0128] ステップS27において、EUV光生成制御部5は、作成された第1及び第2テーブルに基づいて、差分時間 Dt_d 及び遅延時間 Dt_3 の最適時間を決定し、記憶してもよい。

EUV光生成制御部5は、作成された第2テーブルのうちでEUV光251のエネルギーのばらつきが所定範囲内にある複数の走査水準を特定してもよい。

所定範囲とは、図11に例示されるように、EUV光251のエネルギーのばらつきが上位10%以内である範囲であってもよい。また、所定範囲とは、EUV光251のエネルギーのばらつきが所定値以下である範囲であってもよい。

更に、EUV光生成制御部5は、第2テーブルによって特定された複数の走査水準のうち、第1テーブルにおいてEUV光251のエネルギーが最大である走査水準の差分時間 Dt_d 及び遅延時間 Dt_3 を、最適時間 Dt' (Dt_d' 、 Dt_3') に決定してもよい。

EUV光生成制御部5は、決定された最適時間 Dt' (Dt_d' 、 Dt_3') を、照射タイミング調整部8のパラメータ Dt' に設定してもよい。

[0129] ステップS28において、EUV光生成制御部5は、最適時間 Dt' (Dt_d' 、 Dt_3') に応じて照射タイミング調整部8を制御してもよい。

具体的には、EUV光生成制御部5は、最適時間 Dt' (Dt_d' 、 Dt_3') に応じた遅延時間 Dt_2' 及び Dt_3' を、遅延回路51に設定してもよい。遅延時間 Dt_2' は、 Dt_3' から Dt_d' を減じることで算出され得る。また、EUV光生成制御部5は、予め決定された遅延時間 Dt_1 を遅延回路51に設定してもよい。

その後、EUV光生成制御部5は、本処理を終了し、図4のステップS10に移行してもよい。

[0130] 第1実施形態のEUV光生成装置1の他の動作については、比較例のEUV光生成装置1と同様であってもよい。

[0131] [4. 3 作用効果]

第1実施形態のEUV光生成装置1は、メンテナンス等の上述の所定事象が発生した後、パルスレーザ光33の照射位置及び照射タイミングを、EUV光生成制御部5の制御の下、自動的に調整し得る。その際、パルスレーザ光33の照射位置を調整する処理の後に、パルスレーザ光33の照射タイミングを調整する処理が行われる。また、パルスレーザ光33の照射位置を調整する処理は、分布図を作成する略同一のアルゴリズムを用いて記述され得る。パルスレーザ光33の照射タイミングを調整する処理についても、分布図に代えてテーブルを作成する点で、照射位置を調整する処理と略同じアルゴリズムを用いて記述され得る。

すなわち、第1実施形態のEUV光生成装置1は、パルスレーザ光33の

照射位置及び照射タイミングを、分布図及びテーブルを作成して自動的に調整し得る。

それにより、第1実施形態のEUV光生成装置1は、パルスレーザ光33の照射位置及び照射タイミングの調整を、高精度、高再現性及び低工数で実現し得る。

その結果、第1実施形態のEUV光生成装置1は、デブリを抑制してEUV光251の生成効率を確保しつつ、高精度、高再現性及び低工数でパルスレーザ光33の照射条件を調整し得る。

[0132] [4. 4 変形例]

図13は、第1実施形態の変形例に係るEUV光生成制御部5を説明するための図であって、図10に示された走査水準群に基づいて作成された第1テーブルを例示する図である。図14は、第1実施形態の変形例に係るEUV光生成制御部5を説明するための図であって、図10に示された走査水準群に基づいて作成された第2テーブルを例示する図である。

図9のステップS27において、第1実施形態の変形例に係るEUV光生成制御部5は、第1実施形態とは異なる方法で、差分時間 Dt_d 及び遅延時間 Dt_3 の最適時間を決定してもよい。

すなわち、第1実施形態の変形例では、EUV光生成制御部5は、作成された第1テーブルのうちでEUV光251のエネルギーが所定範囲内にある複数の走査水準を特定してもよい。

所定範囲とは、図13に例示されるように、EUV光251のエネルギーが上位10%以内である範囲であってもよい。また、所定範囲とは、EUV光251のエネルギーが所定値以上である範囲であってもよい。

更に、EUV光生成制御部5は、第1テーブルによって特定された複数の走査水準のうち、第2テーブルにおいてEUV光251のエネルギーのばらつきが最小である走査水準の差分時間 Dt_d 及び遅延時間 Dt_3 を、最適時間 Dt' (Dt_d' 、 Dt_3') に決定してもよい。

EUV光生成制御部5は、決定された最適時間 Dt' (Dt_d' 、 Dt_3')

’) を、照射タイミング調整部 8 のパラメータ $D t'$ に設定してもよい。

[0133] [5. 第 2 実施形態]

図 1 5 乃至図 1 8 を用いて、第 2 実施形態の E U V 光生成装置 1 について説明する。

第 2 実施形態の E U V 光生成装置 1 の構成は、第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 と同様であってもよい。

第 2 実施形態の E U V 光生成装置 1 の動作は、第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 と異ってもよい。

具体的には、第 2 実施形態に係る E U V 光生成制御部 5 は、照射位置調整処理において、第 1 実施形態とは異なる方法でパルスレーザ光 3 3 の照射位置を走査させてもよい。より詳細には、第 2 実施形態に係る E U V 光生成制御部 5 は、パルスレーザ光 3 3 の照射位置を、X 軸に沿った方向と Y 軸に沿った方向とに交互に走査させてもよい。例えば、第 2 実施形態に係る E U V 光生成制御部 5 は、プラズマ生成領域 2 5 に交差する X Y 平面上において、X 軸に沿った方向に走査させた後に Y 軸に沿った方向に走査させてもよい。

第 2 実施形態の E U V 光生成装置 1 の構成及び動作において、第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 と同様の構成及び動作については、説明を省略する。

[0134] [5. 1 動作]

図 1 5 乃至図 1 8 を用いて、第 2 実施形態に係る照射位置調整処理について説明する。

図 1 5 は、第 2 実施形態に係る照射位置調整処理のフローチャートを示す図である。

第 2 実施形態に係る E U V 光生成制御部 5 は、図 4 のステップ S 2 乃至 S 7 に示された照射位置調整処理のそれぞれを、図 1 5 に示された照射位置調整処理に置換して実行してもよい。

図 4 のステップ S 2 乃至 S 7 に示された照射位置調整処理は、図 1 5 の照射位置調整処理に置換された場合でも、略同一のアルゴリズムを用いて記述

され得る。

よって、図15乃至図18では、図4にステップS2の処理に置換された図15の照射位置調整処理を代表して説明する。

[0135] ステップS31において、EUV光生成制御部5は、パルスレーザ光33の出力条件及びスポット直径Dに応じて、初期絶対位置 X_i 及び Y_i 、相対位置水準 X_k 及び Y_k 、並びに、EUV光251の目標エネルギー E_t を読み込んでもよい。

初期絶対位置 X_i 及び Y_i は、メインパルスレーザ光31aの照射位置における初期位置の絶対座標であってもよい。

相対位置水準 X_k 及び Y_k は、走査の基点となる走査水準の絶対位置 $X_{i'}$ 及び $Y_{i'}$ からの相対座標を示してもよい。メインパルスレーザ光31aの照射位置は、絶対位置 $X_{i'}$ 及び $Y_{i'}$ を基点とし、相対位置水準 X_k 及び Y_k に基づいて走査され得る。

k は、相対位置水準 X_k 及び Y_k に関する引数であってもよい。 k は、1以上 n 以下の自然数であってもよい。 n は、相対位置水準 X_k 及び Y_k が取り得る走査水準の数であってもよい。

[0136] ステップS32において、EUV光生成制御部5は、次式に示されるように、読み込まれた初期絶対位置 X_i 及び Y_i を、走査の基点となる走査水準の絶対位置 $X_{i'}$ 及び $Y_{i'}$ にそれぞれ設定してもよい。

$$X_{i'} = X_i$$

$$Y_{i'} = Y_i$$

[0137] ステップS33において、EUV光生成制御部5は、次式に示されるように、相対位置水準 X_k の値が X_n になるまで、ステップS34乃至S38の処理を繰り返すループ1を実行してもよい。これにより、EUV光生成制御部5は、メインパルスレーザ光31aの照射位置を、絶対位置 $X_{i'}$ 及び $Y_{i'}$ を基点としてX軸に沿った方向に走査させてもよい。

$$\text{while } X_k \neq X_n$$

$$(k = 1 \sim n)$$

[0138] ステップS 3 4において、E U V光生成制御部5は、絶対位置が $(X i' + X k)$ である走査水準ではE U Vセンサ4 4の計測結果を取得済であるか否かを判定してもよい。

E U V光生成制御部5は、絶対位置が $(X i' + X k)$ である走査水準ではE U Vセンサ4 4の計測結果を取得済でなければ、ステップS 3 6に移行してもよい。一方、E U V光生成制御部5は、絶対位置が $(X i' + X k)$ である走査水準ではE U Vセンサ4 4の計測結果を取得済であれば、ステップS 3 5に移行してもよい。

[0139] ステップS 3 5において、E U V光生成制御部5は、次式に示されるように、引数 k をインクリメントしてもよい。

$$k = k + 1$$

その後、E U V光生成制御部5は、ステップS 3 4に移行してもよい。

[0140] ステップS 3 6において、E U V光生成制御部5は、メインパルスレーザ光3 1 aの照射位置が絶対位置 $(X i' + X k)$ になるよう、第2ミラー光学系3 5 2のステージ3 5 2 bを駆動させてもよい。

[0141] ステップS 3 7において、E U V光生成制御部5は、図5のステップS 1 3と同様に、第1乃至第3トリガ信号をレーザ装置3に送信して、E U V光2 5 1を生成させてもよい。

[0142] ステップS 3 8において、E U V光生成制御部5は、図5のステップS 1 4と同様に、E U Vセンサ4 4の計測結果を取得してもよい。

E U V光生成制御部5は、E U V光2 5 1のエネルギー及び／又はそのばらつきを、E U Vセンサ4 4の計測結果として取得し、各走査水準に対応付けて記憶してもよい。この際、E U V光生成制御部5は、計測されたE U V光2 5 1のエネルギーを $E k$ として記憶してもよい。

[0143] ステップS 3 4乃至S 3 8の処理を繰り返すループ1が実行されると、メインパルスレーザ光3 1 aの照射位置は、絶対位置が $(X i' + X 1)$ 、 $(X i' + X 2)$ 、 $\dots$ 、 $(X i' + X n)$ である走査水準群に基づいて走査され得る。そして、E U V光2 5 1のエネルギー $E k$ が各走査水準に対応

付けて記憶され得る。

[0144] ステップS 3 9において、E U V光生成制御部5は、ループ1で走査された走査水準群のうちで、E U V光2 5 1のエネルギー E_k が最大である走査水準を特定してもよい。

[0145] ステップS 4 0において、E U V光生成制御部5は、メインパルスレーザ光3 1 aの照射位置が、ステップS 3 9で特定された走査水準の絶対位置($X_{i'} + X_k$)になるよう、第2ミラー光学系3 5 2のステージ3 5 2 bを駆動させてもよい。

[0146] ステップS 4 1において、E U V光生成制御部5は、次式に示されるように、ステップS 3 9で特定された走査水準の絶対位置($X_{i'} + X_k$)を、走査の基点となる走査水準の絶対位置 $X_{i'}$ に設定してもよい。

$$X_{i'} = X_{i'} + X_k$$

[0147] ステップS 4 2において、E U V光生成制御部5は、次式に示されるように、ステップS 3 9で特定された走査水準に対応付けられた最大エネルギー E_k が、目標エネルギー E_t 以上であるか否かを判定してもよい。

$$E_k \geq E_t$$

E U V光生成制御部5は、最大エネルギー E_k が目標エネルギー E_t 以上であれば、本処理を終了してもよい。一方、最大エネルギー E_k が目標エネルギー E_t より小さければ、ステップS 4 3に移行してもよい。

[0148] ステップS 4 3において、E U V光生成制御部5は、次式に示されるように、相対位置水準 Y_k の値が Y_n になるまで、ステップS 4 4乃至S 4 8の処理を繰り返すループ2を実行してもよい。これにより、E U V光生成制御部5は、メインパルスレーザ光3 1 aの照射位置を、絶対位置 $X_{i'}$ 及び $Y_{i'}$ を基点としてY軸に沿った方向に走査させてもよい。

$$\text{while } Y_k \neq Y_n$$

$$(k = 1 \sim n)$$

[0149] ステップS 4 4において、E U V光生成制御部5は、絶対位置が($Y_{i'} + Y_k$)である走査水準ではE U Vセンサ4 4の計測結果を取得済であるか

否かを判定してもよい。

EUV光生成制御部5は、絶対位置が $(Y_i' + Y_k)$ である走査水準ではEUVセンサ44の計測結果を取得済でなければ、ステップS46に移行してもよい。一方、EUV光生成制御部5は、絶対位置が $(Y_i' + Y_k)$ である走査水準ではEUVセンサ44の計測結果を取得済であれば、ステップS45に移行してもよい。

[0150] ステップS45において、EUV光生成制御部5は、次式に示されるように、引数 k をインクリメントしてもよい。

$$k = k + 1$$

その後、EUV光生成制御部5は、ステップS44に移行してもよい。

[0151] ステップS46において、EUV光生成制御部5は、メインパルスレーザ光31aの照射位置が絶対位置 $(Y_i' + Y_k)$ になるよう、第2ミラー光学系352のステージ352bを駆動させてもよい。

[0152] ステップS47において、EUV光生成制御部5は、図5のステップS13と同様に、第1乃至第3トリガ信号をレーザ装置3に送信して、EUV光251を生成させてもよい。

[0153] ステップS48において、EUV光生成制御部5は、図5のステップS14と同様に、EUVセンサ44の計測結果を取得してもよい。

EUV光生成制御部5は、EUV光251のエネルギー及び／又はそのばらつきを、EUVセンサ44の計測結果として取得し、各走査水準に対応付けて記憶してもよい。この際、EUV光生成制御部5は、計測されたEUV光251のエネルギーを E_k として記憶してもよい。

[0154] ステップS49において、EUV光生成制御部5は、ループ2で走査された走査水準群のうちで、EUV光251のエネルギー E_k が最大である走査水準を特定してもよい。

[0155] ステップS50において、EUV光生成制御部5は、メインパルスレーザ光31aの照射位置が、ステップS49で特定された走査水準の絶対位置 $(Y_i' + Y_k)$ になるよう、第2ミラー光学系352のステージ352bを

駆動させてもよい。

- [0156] ステップS 5 1において、E U V光生成制御部5は、次式に示されるように、ステップS 4 9で特定された走査水準の絶対位置($Y_i' + Y_k$)を、走査の基点となる走査水準の絶対位置 Y_i' に設定してもよい。

$$Y_i' = Y_i' + Y_k$$

- [0157] ステップS 5 2において、E U V光生成制御部5は、次式に示されるように、ステップS 4 9で特定された走査水準に対応付けられた最大エネルギー E_k が、目標エネルギー E_t 以上であるか否かを判定してもよい。

$$E_k \geq E_t$$

E U V光生成制御部5は、最大エネルギー E_k が目標エネルギー E_t 以上であれば、本処理を終了してもよい。一方、最大エネルギー E_k が目標エネルギー E_t より小さければ、ステップS 3 3に移行してもよい。

- [0158] 図1 6乃至図1 8を用いて、図1 5に示された照射位置調整処理の概要を具体例を挙げて説明する。

図1 6は、図1 5に示された照射位置調整処理の概要を説明するための図であって、E U V光2 5 1のエネルギーの分布図を例示する図である。

図1 6の分布図に示された各走査水準は、プラズマ生成領域2 5に交差するX Y平面上の絶対座標で記述されている。

ここで、相対位置水準 X_k 及び Y_k が取り得る走査水準の数 n を3とする。すなわち、引数 k は、1、2又は3であり得る。

相対位置水準 X_k を、次のような値とする。

$$X_1 = -10, X_2 = 0, X_3 = +10$$

$$Y_1 = -10, Y_2 = 0, Y_3 = +10$$

初期絶対位置 X_i 及び Y_i を、次のような値とする。

$$X_i = 0, Y_i = 0$$

E U V光2 5 1の目標エネルギー E_t は、9. 50 m Jとする。

- [0159] 図1 7は、図1 5に示された照射位置調整処理の概要を説明するための図であって、走査水準の進行順番を例示する図である。図1 8は、図1 5に示

された照射位置調整処理の概要を説明するための図であって、図 17 に示された順番で走査された各走査水準に対応付けられたエネルギーを例示する図である。

図 17 の各走査水準に記載された番号 1 乃至 6 は、走査水準の進行順番を示している。

図 16 に例示された分布図を E U V 光生成制御部 5 が未知の状態、図 15 に示された照射位置調整処理が行われると、各走査水準は、図 17 に例示されるように、次のような進行順番で走査され得る。

なお、図 15 のステップ S 34 及び S 44 に示されるように、E U V センサ 44 の計測結果を取得済である走査水準はスキップされるため、走査水準の進行順番は、図 17 に例示された番号 1 乃至 6 となり得る。

[0160] まず、初期絶対位置 X_i が 0 であり Y_i が 0 である走査水準を基点として、矢印 A のように X 軸に沿った方向への走査が行われる。矢印 A の走査において、進行順番が 3 番目の走査水準に対応する E U V 光 251 のエネルギーは、他の走査水準に対応する E U V 光 251 のエネルギーよりも大きいものの、目標エネルギー E_t よりも小さい。

このため、進行順番が 3 番目の走査水準を基点として、矢印 B のように Y 軸に沿った方向への走査が行われる。矢印 B の走査において、進行順番が 3 番目の走査水準に対応する E U V 光 251 のエネルギーは、他の走査水準に対応する E U V 光 251 のエネルギーよりも大きいものの、目標エネルギー E_t よりも小さい。

このため、進行順番が 3 番目の走査水準を基点として、矢印 C のように X 軸に沿った方向への走査が行われる。矢印 C の走査において、進行順番が 6 番目の走査水準に対応する E U V 光 251 のエネルギー E_k は、他の走査水準に対応する E U V 光 251 のエネルギーよりも大きい。加えて、進行順番が 6 番目の走査水準に対応する E U V 光 251 のエネルギー E_k は、目標エネルギー E_t 以上である。

よって、図 15 に示された照射位置調整処理は、終了され得る。本具体例

の照射位置調整処理によって、図 18 に例示された E U V 光 251 のエネルギーの分布図が E U V 光生成制御部 5 によって作成され得る。

[0161] [5. 2 作用効果]

第 2 実施形態に係る E U V 光生成制御部 5 は、照射位置調整処理において、X 軸及び Y 軸の一方の軸に沿った方向に走査させ、走査された各走査水準に対応付けられた各エネルギーの中に目標エネルギー E_t 以上のエネルギーがあれば、照射位置調整処理を終了し得る。

一方、第 1 実施形態に係る E U V 光生成制御部 5 は、照射位置調整処理において、読み込まれた走査水準群に含まれる全ての走査水準について走査させ得る。

よって、第 2 実施形態の E U V 光生成装置 1 は、第 1 実施形態に比べて、パルスレーザ光 33 の照射位置の調整に必要な工数を低減し得る。

[0162] [6. 第 3 実施形態]

図 19 乃至図 21 を用いて、第 3 実施形態の E U V 光生成装置 1 について説明する。

第 3 実施形態の E U V 光生成装置 1 は、パルスレーザ光 33 の照射位置及び照射タイミングを、E U V 光 251 の生成効率に基づいて調整してもよい。

第 3 実施形態の E U V 光生成装置 1 は、第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 に対して、高反射ミラー 341 の代わりにビームスプリッタ 344 を備えてもよい。更に、第 3 実施形態の E U V 光生成装置 1 は、第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 に対して、レーザセンサ 45 が追加された構成を備えてもよい。

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

[0163] [6. 1 構成]

図 19 は、第 3 実施形態の E U V 光生成装置 1 の構成を説明するための図を示す。

ビームスプリッタ 344 は、メインパルスレーザ装置 3a から出力されたメインパルスレーザ光 31a の光路上であって、メインパルスレーザ装置 3a とビームコンバイナ 35 との間に配置されてもよい。

ビームスプリッタ 344 は、メインパルスレーザ装置 3a から出力されたメインパルスレーザ光 31a の一部をビームコンバイナ 35 に向けて反射させ、メインパルスレーザ光 31a の他の一部をレーザセンサ 45 に向けて透過させてもよい。

[0164] レーザセンサ 45 は、メインパルスレーザ光 31a のエネルギーを計測するセンサであってもよい。

レーザセンサ 45 は、ビームスプリッタ 344 を透過したメインパルスレーザ光 31a の光路上に配置されてもよい。

レーザセンサ 45 は、ビームスプリッタ 344 を透過したメインパルスレーザ光 31a のエネルギーを計測し、その計測値を E U V 光生成制御部 5 に送信してもよい。

レーザセンサ 45 の動作は、E U V 光生成制御部 5 によって制御されてもよい。

[0165] 第 3 実施形態に係る遅延回路 51 は、レーザセンサ 45 の動作タイミングを調整してもよい。

遅延回路 51 は、メインパルスレーザ光 31a のエネルギーが適切に計測されるよう、第 3 ゲート信号をレーザセンサ 45 に送信してもよい。

第 3 ゲート信号は、レーザセンサ 45 がメインパルスレーザ光 31a のエネルギーを計測する契機を与える信号であってもよい。

例えば、遅延回路 51 は、第 3 トリガ信号の送信タイミングに同期して第 3 ゲート信号をレーザセンサ 45 に送信してもよい。

[0166] 第 3 実施形態の E U V 光生成装置 1 の他の構成については、第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 と同様であってもよい。

[0167] [6. 2 動作]

図 20 及び図 21 を用いて、第 3 実施形態の E U V 光生成装置 1 の動作に

ついて説明する。

図20は、第3実施形態に係る照射位置調整処理のフローチャートを示す図である。

第3実施形態に係るEUV光生成制御部5は、図4のステップS2乃至S7に示された照射位置調整処理のそれぞれを、図20に示された照射位置調整処理に置換して実行してもよい。

図4のステップS2乃至S7に示された照射位置調整処理は、図20の照射位置調整処理に置換された場合でも、略同一のアルゴリズムを用いて記述され得る。

よって、図20では、図4のステップS2の処理に置換された図20の照射位置調整処理を代表して説明する。

[0168] ステップS61乃至S64において、EUV光生成制御部5は、図5のステップS11乃至S14と同様の処理を行ってもよい。

[0169] ステップS65において、EUV光生成制御部5は、レーザセンサ45の計測結果を取得してもよい。そして、EUV光生成制御部5は、EUV光251の生成効率を計算してもよい。

EUV光生成制御部5は、レーザセンサ45によって計測されたメインパルスレーザ光31aのエネルギーを、レーザセンサ45の計測結果として取得してもよい。

EUV光251の生成効率は、メインパルスレーザ光31aのエネルギーに対する、EUV光251のエネルギーの比を百分率で表した値であってもよい。

EUV光生成制御部5は、EUVセンサ44の計測結果であるEUV光251のエネルギーと、レーザセンサ45の計測結果であるメインパルスレーザ光31aのエネルギーとを用いて、EUV光251の生成効率及び／又はそのばらつきを計算してもよい。

EUV光生成制御部5は、計算されたEUV光251の生成効率及び／又はそのばらつきを、各走査水準に対応付けて記憶してもよい。

[0170] ステップS 6 6において、E U V光生成制御部5は、図5のステップS 1 5と同様の処理に、読み込まれた走査水準群に含まれる全ての走査水準が走査されたか否かを判定してもよい。

E U V光生成制御部5は、全ての走査水準が走査されていなければ、ステップS 6 2に移行してもよい。一方、E U V光生成制御部5は、全ての走査水準が走査されたならば、ステップS 6 7に移行してもよい。

[0171] ステップS 6 7において、E U V光生成制御部5は、図5のステップS 1 6と同様に、各走査水準に対応付けて記憶されたE U V光2 5 1の生成効率に基づいて、E U V光2 5 1の生成効率の分布図を作成してもよい。

E U V光2 5 1の生成効率の分布図は、図7に例示された分布図と同様であり、各走査水準に対応付けられたE U V光2 5 1のエネルギーが生成効率に置換された分布図であってもよい。

[0172] ステップS 6 8において、E U V光生成制御部5は、作成されたE U V光2 5 1の生成効率の分布図に基づいて、メインパルスレーザ光3 1 aの照射位置 $S_m(1x, 1y)$ の最適位置を決定し、記憶してもよい。

E U V光生成制御部5は、図5のステップS 1 7と同様に、作成された分布図のうちでE U V光2 5 1の生成効率が最大である走査水準の照射位置 $S_m(1x, 1y)$ を、最適位置 $S_m'(1x', 1y')$ に決定してもよい。

或いは、E U V光生成制御部5は、図5のステップS 1 7と同様に、作成された分布図のデータを用いた数値解析によって最適位置 $S_m'(1x', 1y')$ を決定してもよい。

そして、E U V光生成制御部5は、決定された最適位置 $S_m'(1x', 1y')$ を、照射位置調整部7のパラメータS 1'に設定してもよい。

[0173] ステップS 6 9において、E U V光生成制御部5は、図5のステップS 1 8と同様の処理を行ってもよい。

[0174] ステップS 7 0において、E U V光生成制御部5は、図5のステップS 1 9と同様に、第2ミラー光学系3 5 2の調整量が許容値 R_m 以下であるか否

かを判定してもよい。

EUV光生成制御部5は、第2ミラー光学系352の調整量が許容値 R_m 以下であれば、本処理を終了し、図4のステップS3に移行してもよい。一方、EUV光生成制御部5は、第2ミラー光学系352の調整量が許容値 R_m を超えるのであれば、ステップS71に移行してもよい。

[0175] ステップS71において、EUV光生成制御部5は、図5のステップS20と同様に、現在の走査水準群を、最適位置 S_m' を中心とした走査水準群に更新し、ステップS61に移行してもよい。

[0176] 図21は、第3実施形態に係る照射タイミング調整処理のフローチャートを示す図である。

第3実施形態に係るEUV光生成制御部5は、図4のステップS9に示された照射タイミング調整処理を、図21に示された照射タイミング調整処理に置換して実行してもよい。

[0177] ステップS81乃至S84において、EUV光生成制御部5は、図9のステップS21乃至S24と同様の処理を行ってもよい。

[0178] ステップS85において、EUV光生成制御部5は、図20のステップS65と同様に、レーザセンサ45の計測結果を取得し、EUV光251の生成効率及びそのばらつきを計算してもよい。

EUV光生成制御部5は、計算されたEUV光251の生成効率及びそのばらつきを、各走査水準に対応付けて記憶してもよい。

[0179] ステップS86において、EUV光生成制御部5は、図9のステップS25と同様に、読み込まれた走査水準群に含まれる全ての走査水準が走査されたか否かを判定してもよい。

EUV光生成制御部5は、全ての走査水準が走査されていなければ、ステップS82に移行してもよい。一方、EUV光生成制御部5は、全ての走査水準が走査されたならば、ステップS87に移行してもよい。

[0180] ステップS87において、EUV光生成制御部5は、図9のステップS26と同様に、各走査水準に対応付けて記憶されたEUV光251の生成効率

及びそのばらつきに基づいて、第3テーブル及び第4テーブルを作成してもよい。

第3テーブルは、図12と同様のテーブルであって、差分時間 $D t d$ 及び遅延時間 $D t 3$ と、EUV光251の生成効率との対応関係を示すテーブルであってもよい。

第4テーブルは、図11と同様のテーブルであって、差分時間 $D t d$ 及び遅延時間 $D t 3$ と、EUV光251の生成効率のばらつきとの対応関係を示すテーブルであってもよい。

[0181] ステップS88において、EUV光生成制御部5は、図9のステップS27と同様に、作成された第3及び第4テーブルに基づいて、差分時間 $D t d$ 及び遅延時間 $D t 3$ の最適時間を決定し、記憶してもよい。

EUV光生成制御部5は、作成された第4テーブルのうちでEUV光251の生成効率のばらつきが所定範囲内にある複数の走査水準を特定してもよい。

所定範囲とは、図11と同様に、EUV光251の生成効率のばらつきが上位10%以内である範囲であってもよい。また、所定範囲とは、EUV光251の生成効率のばらつきが所定値以下である範囲であってもよい。

更に、EUV光生成制御部5は、第4テーブルによって特定された複数の走査水準のうち、第3テーブルのうちでEUV光251の生成効率が最大である走査水準の差分時間 $D t d$ 及び遅延時間 $D t 3$ を、最適時間 $D t'$ ($D t d'$ 、 $D t 3'$) に決定してもよい。

EUV光生成制御部5は、決定された最適時間 $D t'$ ($D t d'$ 、 $D t 3'$) を、照射タイミング調整部8のパラメータ $D t'$ に設定してもよい。

[0182] ステップS89において、EUV光生成制御部5は、図9のステップS28と同様の処理を行ってもよい。

その後、EUV光生成制御部5は、本処理を終了し、図4のステップS10に移行してもよい。

[0183] 第3実施形態のEUV光生成装置1の他の動作については、第1実施形態

のEUV光生成装置1と同様であってもよい。

[0184] [6. 3 作用効果]

第3実施形態のEUV光生成装置1は、パルスレーザ光33の照射位置及び照射タイミングを、EUV光251の生成効率に基づいて調整し得る。

それにより、第3実施形態のEUV光生成装置1は、パルスレーザ光33の照射位置及び照射タイミングを、EUV光251の生成効率を確保するために最適な照射位置及び照射タイミングに直接的に調整し得る。

その結果、第3実施形態のEUV光生成装置1は、第1実施形態に比べて、パルスレーザ光33の照射条件をより適切に調整し得る。

[0185] [7. 第4実施形態]

図22及び図23を用いて、第4実施形態のEUV光生成装置1について説明する。

第4実施形態のEUV光生成装置1は、EUV光生成制御部5が、ポインティングセンサ46の計測結果に基づいてメインパルスレーザ光31aの照射位置を走査させてもよい。

第4実施形態のEUV光生成装置1は、第1実施形態のEUV光生成装置1に対して、ポインティングセンサ46が追加されると共に、高反射ミラー341が省略された構成を備えてもよい。更に、第4実施形態のEUV光生成装置1は、第1実施形態のEUV光生成装置1に対して、第2ミラー光学系352及びビームコンバイナ35の構成が異なってもよい。

第4実施形態のEUV光生成装置1の構成及び動作において、第1実施形態のEUV光生成装置1と同様の構成及び動作については説明を省略する。

[0186] [7. 1 構成]

図22は、第4実施形態のEUV光生成装置1の構成を説明するための図を示す。

第4実施形態に係る第2ミラー光学系352は、ビームコンバイナ35に含まれるのではなく、第1実施形態に係る高反射ミラー341と同様の位置に配置されてもよい。

すなわち、第2ミラー光学系352は、メインパルスレーザ装置3aから出力されたメインパルスレーザ光31aの光路上であって、メインパルスレーザ装置3aとビームコンバイナ35との間に配置されてもよい。

第2ミラー光学系352の高反射ミラー352aは、メインパルスレーザ装置3aから出力されたメインパルスレーザ光31aを、ビームコンバイナ35に向けて反射させてもよい。

[0187] 第4実施形態に係るビームコンバイナ35は、ダイクロイックミラー351と、ビームスプリッタ353とを含んでもよい。

[0188] ビームスプリッタ353は、第2ミラー光学系352で反射されたメインパルスレーザ光31aの光路上であって、第2ミラー光学系352とダイクロイックミラー351との間に配置されてもよい。

ビームスプリッタ353は、第2ミラー光学系352で反射されたメインパルスレーザ光31aの一部をダイクロイックミラー351に向けて反射させ、メインパルスレーザ光31aの他の一部をポインティングセンサ46に向けて透過させてもよい。

[0189] ダイクロイックミラー351は、ビームスプリッタ353で反射されたメインパルスレーザ光31aの光路上であって、ビームスプリッタ353とウインドウ21との間に配置されてもよい。

ダイクロイックミラー351は、ビームスプリッタ353で反射されたメインパルスレーザ光31aをウインドウ21に向けて透過させてもよい。

[0190] ポインティングセンサ46は、メインパルスレーザ光31aのポインティングを計測するセンサであってもよい。

ポインティングセンサ46は、ビームスプリッタ353を透過したメインパルスレーザ光31aの光路上に配置されてもよい。

ビームスプリッタ353を透過したメインパルスレーザ光31aは、ポインティングセンサ46の受光面に入射し得る。ポインティングセンサ46は、この受光面上におけるメインパルスレーザ光31aの入射位置を計測することによって、メインパルスレーザ光31aのポインティングを計測しても

よい。ポインティングセンサ46は、その計測結果をEUV光生成制御部5に送信してもよい。

ポインティングセンサ46の動作は、EUV光生成制御部5によって制御されてもよい。

[0191] 第4実施形態のEUV光生成装置1の他の構成については、第1実施形態のEUV光生成装置1と同様であってもよい。

[0192] [7. 2 動作]

図23は、第4実施形態に係る照射位置調整処理のフローチャートを示す図である。

第4実施形態に係るEUV光生成制御部5は、図4のステップS3及びS6並びにS4及びS7に示された照射位置調整処理のそれぞれは、第1実施形態と同様であってもよい。

第4実施形態に係るEUV光生成制御部5は、図4のステップS2及びS5に示された照射位置調整処理のそれぞれを、図23に示された照射位置調整処理に置換して実行してもよい。

[0193] ステップS91において、EUV光生成制御部5は、図5のステップS1と同様の処理を行ってもよい。

[0194] ステップS92において、EUV光生成制御部5は、第2ミラー光学系352の制御目標値を変更してもよい。

上述のように、ポインティングセンサ46は、その受光面上におけるメインパルスレーザ光31aの入射位置を計測し、その計測結果をEUV光生成制御部5に送信し得る。

第4実施形態に係るEUV光生成制御部5は、ポインティングセンサ46の計測結果に基づいてメインパルスレーザ光31aの照射位置が走査されるよう、第2ミラー光学系352を制御してもよい。

具体的には、第4実施形態に係るEUV光生成制御部5は、ポインティングセンサ46の受光面上におけるメインパルスレーザ光31aの入射位置から、プラズマ生成領域25に交差するXY平面上でのメインパルスレーザ光

3 1 a の照射位置を推定してもよい。

そして、E U V 光生成制御部 5 は、推定されたメインパルスレーザ光 3 1 a の照射位置が、読み込まれた走査水準群の各走査水準に適合して走査されるよう、第 2 ミラー光学系 3 5 2 のステージ 3 5 2 b を駆動させてもよい。

第 2 ミラー光学系 3 5 2 の制御目標値は、読み込まれた走査水準群に含まれる各走査水準の位置を、第 2 ミラー光学系 3 5 2 の高反射ミラー 3 5 2 a の位置及び姿勢に換算した値であってもよい。

[0195] ステップ S 9 3 において、E U V 光生成制御部 5 は、第 2 ミラー光学系 3 5 2 の制御目標値に応じて、第 2 ミラー光学系 3 5 2 のステージ 3 5 2 b を駆動させてもよい。

E U V 光生成制御部 5 は、第 2 ミラー光学系 3 5 2 の高反射ミラー 3 5 2 a の位置及び姿勢が、変更された第 2 ミラー光学系 3 5 2 の制御目標値に調整されるよう、第 2 ミラー光学系 3 5 2 のステージ 3 5 2 b を駆動させてもよい。

[0196] ステップ S 9 4 及び S 9 5 において、E U V 光生成制御部 5 は、図 5 のステップ S 1 3 及び S 1 4 と同様の処理を行ってもよい。

[0197] ステップ S 9 6 において、E U V 光生成制御部 5 は、ポインティングセンサ 4 6 の計測結果を取得してもよい。そして、E U V 光生成制御部 5 は、取得されたポインティングセンサ 4 6 の計測結果を、各走査水準に対応付けて記憶してもよい。

[0198] ステップ S 9 7 において、E U V 光生成制御部 5 は、図 5 のステップ S 1 5 と同様の処理に、読み込まれた走査水準群に含まれる全ての走査水準が走査されたか否かを判定してもよい。

E U V 光生成制御部 5 は、全ての走査水準が走査されていなければ、ステップ S 9 2 に移行してもよい。一方、E U V 光生成制御部 5 は、全ての走査水準が走査されたならば、ステップ S 9 8 に移行してもよい。

[0199] ステップ S 9 8 において、E U V 光生成制御部 5 は、図 5 のステップ S 1 6 と同様に、各走査水準に対応付けて記憶された E U V 光 2 5 1 のエネルギー

に基づいて、EUV光251のエネルギーの分布図を作成してもよい。

EUV光251のエネルギーの分布図は、図7に例示された分布図と同様であってもよい。

[0200] ステップS99及びS100において、EUV光生成制御部5は、図5のステップS17及びS18と同様の処理を行ってもよい。

[0201] ステップS101において、EUV光生成制御部5は、第2ミラー光学系の制御目標値を、最適位置 S_m' に応じた値に更新してもよい。

[0202] ステップS102において、EUV光生成制御部5は、図5のステップS19と同様に、第2ミラー光学系352の調整量が許容値 R_m 以下であるかを判定してもよい。

EUV光生成制御部5は、第2ミラー光学系352の調整量が許容値 R_m 以下であれば、本処理を終了し、図4のステップS3に移行してもよい。一方、EUV光生成制御部5は、第2ミラー光学系352の調整量が許容値 R_m を超えるのであれば、ステップS103に移行してもよい。

[0203] ステップS103において、EUV光生成制御部5は、図5のステップS20と同様に、現在の走査水準群を、最適位置 S_m' を中心とした走査水準群に更新し、ステップS91に移行してもよい。

[0204] 第4実施形態のEUV光生成装置1の他の動作については、第1実施形態のEUV光生成装置1と同様であってもよい。

[0205] [7.3 作用効果]

第4実施形態のEUV光生成装置1は、ポインティングセンサ46の計測結果に基づいてメインパルスレーザ光31aの照射位置を走査しても、第1実施形態と同様に、メインパルスレーザ光31aの照射位置を自動的に調整し得る。

また、第4実施形態のEUV光生成装置1は、第2プリパルスレーザ光31cの照射位置及びパルスレーザ光33の照射タイミングについても、第1実施形態と同様に、自動的に調整し得る。

よって、第4実施形態のEUV光生成装置1は、第1実施形態と同様に、

デブリを抑制してEUV光251の生成効率を確保しつつ、高精度、高再現性及び低工数でパルスレーザ光33の照射条件を調整し得る。

[0206] [8. その他]

[8. 1 各制御部のハードウェア環境]

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

[0207] 図24は、開示される主題の様々な側面が実行され得る例示的なハードウェア環境を示すブロック図である。図24の例示的なハードウェア環境100は、処理ユニット1000と、ストレージユニット1005と、ユーザインターフェイス1010と、パラレルI/Oコントローラ1020と、シリアルI/Oコントローラ1030と、A/D、D/Aコンバータ1040とを含んでもよいが、ハードウェア環境100の構成は、これに限定されない。

[0208] 処理ユニット1000は、中央処理ユニット(CPU)1001と、メモリ1002と、タイマ1003と、画像処理ユニット(GPU)1004とを含んでもよい。メモリ1002は、ランダムアクセスメモリ(RAM)とリードオンリーメモリ(ROM)とを含んでもよい。CPU1001は、市販のプロセッサのいずれでもよい。デュアルマイクロプロセッサや他のマルチプロセッサアーキテクチャが、CPU1001として使用されてもよい。

[0209] 図24におけるこれらの構成物は、本開示において記載されるプロセスを実行するために、相互に接続されていてもよい。

[0210] 動作において、処理ユニット1000は、ストレージユニット1005に保存されたプログラムを読み込んで、実行してもよい、また、処理ユニット1000は、ストレージユニット1005からプログラムと一緒にデータを読み込んでよい、また、処理ユニット1000は、ストレージユニット1

005にデータを書き込んでもよい。CPU1001は、ストレージユニット1005から読み込んだプログラムを実行してもよい。メモリ1002は、CPU1001によって実行されるプログラムおよびCPU1001の動作に使用されるデータを、一時的に保管する作業領域であってもよい。タイマ1003は、時間間隔を計測して、プログラムの実行に従ってCPU1001に計測結果を出力してもよい。GPU1004は、ストレージユニット1005から読み込まれるプログラムに従って、画像データを処理し、処理結果をCPU1001に出力してもよい。

[0211] パラレルI/Oコントローラ1020は、EUV光生成制御部5及び遅延回路51等の、処理ユニット1000と通信可能なパラレルI/Oデバイスに接続されてもよく、処理ユニット1000とそれらパラレルI/Oデバイスとの間の通信を制御してもよい。シリアルI/Oコントローラ1030は、ステージ221、ヒータ263、圧力調節器264、レーザ光進行方向制御部34、第1ミラー光学系343、ステージ343b、第2ミラー光学系352、ステージ352b、照明部411及び画像センサ43等の、処理ユニット1000と通信可能なシリアルI/Oデバイスに接続されてもよく、処理ユニット1000とそれらシリアルI/Oデバイスとの間の通信を制御してもよい。A/D、D/Aコンバータ1040は、アナログポートを介して、ピエゾ素子265、ターゲットセンサ4、検出部412、EUVセンサ44、レーザセンサ45及びポインティングセンサ46等のアナログデバイスに接続されてもよく、処理ユニット1000とそれらアナログデバイスとの間の通信を制御したり、通信内容のA/D、D/A変換を行ってもよい。

[0212] ユーザインターフェイス1010は、操作者が処理ユニット1000にプログラムの停止や、割込みルーチンの実行を指示できるように、処理ユニット1000によって実行されるプログラムの進捗を操作者に表示してもよい。

[0213] 例示的なハードウェア環境100は、本開示におけるEUV光生成制御部5等の構成に適用されてもよい。当業者は、それらのコントローラが分散コ

ンピューティング環境、すなわち、通信ネットワークを介して繋がっている処理ユニットによってタスクが実行される環境において実現されてもよいことを理解するだろう。本開示において、EUV光生成制御部5等は、イーサネットやインターネットといった通信ネットワークを介して互いに接続されてもよい。分散コンピューティング環境において、プログラムモジュールは、ローカルおよびリモート両方のメモリストレージデバイスに保存されてもよい。

[0214] [8. 2 その他の変形例等]

上記で説明した実施形態は、変形例を含めて各実施形態同士で互いの技術を適用し得ることは、当業者には明らかであろう。

[0215] 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。

[0216] 本明細書及び添付の特許請求の範囲全体で使用される用語は、「限定的でない」用語と解釈されるべきである。例えば、「含む」又は「含まれる」という用語は、「含まれるものとして記載されたものに限定されない」と解釈されるべきである。「有する」という用語は、「有するものとして記載されたものに限定されない」と解釈されるべきである。また、本明細書、及び添付の特許請求の範囲に記載される修飾語「1つの」は、「少なくとも1つ」又は「1又はそれ以上」を意味すると解釈されるべきである。

符号の説明

[0217]	1	…EUV光生成装置
	1 1	…EUV光生成システム
	2	…チャンバ
	2 a	…壁
	2 b	…ターゲット供給路
	2 1	…ウインドウ
	2 2	…レーザ光集光ミラー

2 2 1	…ステージ
2 2 2	…軸外放物面ミラー
2 2 3	…平面ミラー
2 2 a	…レーザ光集光光学系
2 3	…E U V 集光ミラー
2 4	…貫通孔
2 5	…プラズマ生成領域
2 5 1	…E U V 光
2 5 2	…E U V 光
2 6	…ターゲット供給器
2 6 1	…タンク
2 6 2	…ノズル
2 6 3	…ヒータ
2 6 4	…圧力調節器
2 6 5	…ピエゾ素子
2 7	…ターゲット
2 8	…ターゲット回収器
2 9	…接続部
2 9 1	…壁
2 9 2	…中間集光点
2 9 3	…アパーチャ
3	…レーザ装置
3 a	…メインパルスレーザ装置
3 b	…第 1 プリパルスレーザ装置
3 c	…第 2 プリパルスレーザ装置
3 1	…パルスレーザ光
3 1 a	…メインパルスレーザ光
3 1 b	…第 1 プリパルスレーザ光

3 1 c	…第2プリパルスレーザ光
3 2	…パルスレーザ光
3 3	…パルスレーザ光
3 4	…レーザ光進行方向制御部
3 4 1	…高反射ミラー
3 4 2	…ミラー
3 4 3	…第1ミラー光学系
3 4 3 a	…高反射ミラー
3 4 3 b	…ステージ
3 4 4	…ビームスプリッタ
3 5	…ビームコンバイナ
3 5 1	…ダイクロイックミラー
3 5 2	…第2ミラー光学系
3 5 2 a	…高反射ミラー
3 5 2 b	…ステージ
3 5 3	…ビームスプリッタ
4	…ターゲットセンサ
4 1	…ターゲット検出器
4 1 1	…照明部
4 1 2	…検出部
4 2 1	…ウインドウ
4 2 2	…ウインドウ
4 3	…画像センサ
4 4	…E U Vセンサ
4 5	…レーザセンサ
4 6	…ポインティングセンサ
5	…E U V光生成制御部
5 1	…遅延回路

6	…露光装置
7	…照射位置調整部
8	…照射タイミング調整部
100	…ハードウェア環境
1000	…処理ユニット
1001	…CPU
1002	…メモリ
1003	…タイマ
1004	…GPU
1005	…ストレージユニット
1010	…ユーザインターフェイス
1020	…パラレルI/Oコントローラ
1030	…シリアルI/Oコントローラ
1040	…A/D、D/Aコンバータ
P	…検出領域
Q	…ターゲット軌道

請求の範囲

- [請求項1] チャンバ内の所定領域でターゲットに複数のレーザ光が照射されることによって生成された極端紫外光のエネルギーを計測するEUVセンサと、
- 前記所定領域において前記ターゲットに照射される前記複数のレーザ光のそれぞれの照射位置の少なくとも1つを調整する照射位置調整部と、
- 前記所定領域において前記ターゲットに照射される前記複数のレーザ光のそれぞれの照射タイミングの少なくとも1つを調整する照射タイミング調整部と、
- 前記照射位置調整部及び前記照射タイミング調整部を制御する制御部と、
- を備え、
- 前記制御部は、前記EUVセンサの計測結果に基づいて、前記照射位置調整部を制御した後に前記照射タイミング調整部を制御する極端紫外光生成装置。
- [請求項2] 前記制御部は、前記所定領域に向かって進行する前記複数のレーザ光の進行方向に略垂直であって前記所定領域に交差する平面上において前記照射位置が走査されるよう、前記照射位置調整部を制御する請求項1に記載の極端紫外光生成装置。
- [請求項3] 前記制御部は、前記平面上の2つの軸の一方に沿って前記照射位置が走査された後に前記2つの軸の他方に沿って前記照射位置が走査されるよう、前記照射位置調整部を制御する請求項2に記載の極端紫外光生成装置。
- [請求項4] 前記複数のレーザ光は、
- 前記所定領域に供給された前記ターゲットである1次ターゲットに第1照射タイミングで照射される第1プリパルスレーザ光と、
- 前記第1プリパルスレーザ光が照射された前記1次ターゲットで

ある 2 次ターゲットに第 2 照射タイミングで照射される第 2 プリパルスレーザ光と、

前記第 2 プリパルスレーザ光が照射された前記 2 次ターゲットである 3 次ターゲットに第 3 照射タイミングで照射されるメインパルスレーザ光と、

を含む

請求項 2 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項 5]

前記照射位置調整部は、

前記第 1 及び第 2 プリパルスレーザ光並びに前記メインパルスレーザ光を前記所定領域に集光する集光光学系と、

前記集光光学系に入射する前の前記第 2 プリパルスレーザ光の光路上に配置され、前記 2 次ターゲットに対する前記第 2 プリパルスレーザ光の前記照射位置を調整する第 1 ミラー光学系と、

前記集光光学系に入射する前の前記メインパルスレーザ光の光路上に配置され、前記 3 次ターゲットに対する前記メインパルスレーザ光の前記照射位置を調整する第 2 ミラー光学系と、

を含み、

前記制御部は、前記第 2 ミラー光学系、前記第 1 ミラー光学系及び前記集光光学系の順に制御する

請求項 4 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項 6]

前記メインパルスレーザ光のポインティングを計測するポインティングセンサを更に備え、

前記制御部は、前記ポインティングセンサの計測結果に基づいて前記メインパルスレーザ光の前記照射位置が走査されるよう、前記第 2 ミラー光学系を制御する

請求項 5 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項 7]

前記照射タイミング調整部は、

前記 1 次ターゲットが前記所定領域に供給されるタイミングに前

記第 1 照射タイミングを調整し、

前記第 1 照射タイミングに第 1 遅延時間を付加することによって
前記第 2 照射タイミングを調整し、

前記第 1 照射タイミングに第 2 遅延時間を付加することによって
前記第 3 照射タイミングを調整する

遅延回路を含み、

前記制御部は、前記照射タイミング調整部を制御する際、前記第 1
及び第 2 遅延時間を前記遅延回路に設定する

請求項 5 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項 8]

前記制御部は、

前記照射位置調整部によって走査された前記照射位置における前
記 E U V センサの前記計測結果から、前記エネルギーの分布図を作成し
、

前記分布図に基づいて、前記第 2 プリパルスレーザ光及び前記メ
インパルスレーザ光のそれぞれの前記照射位置の最適位置を決定し、

前記最適位置に応じて前記照射位置調整部を制御する

請求項 7 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項 9]

前記制御部は、

前記第 2 遅延時間と前記第 1 遅延時間との差分時間、及び、前記
第 2 遅延時間を走査し、

走査された前記差分時間及び前記第 2 遅延時間における前記 E U
V センサの前記計測結果から、前記差分時間及び前記第 2 遅延時間と
前記エネルギーとの対応関係を示す第 1 テーブルを作成すると共に、前
記差分時間及び前記第 2 遅延時間と前記エネルギーのばらつきとの対応
関係を示す第 2 テーブルを作成し、

前記第 1 及び第 2 テーブルに基づいて、前記差分時間及び前記第
2 遅延時間の最適時間を決定し、

前記最適時間に応じた前記第 1 及び第 2 遅延時間を前記遅延回路

に設定する

請求項 8 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項10]

前記制御部は、

前記分布図のうちで前記エネルギーが最大である前記照射位置を、
前記最適位置に決定し、

前記第 2 テーブルのうちで前記ばらつきが所定範囲内にあると共に
前記第 1 テーブルのうちで前記エネルギーが最大である前記差分時間
及び前記第 2 遅延時間を、前記最適時間に決定する

請求項 9 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項11]

前記制御部は、

前記分布図のうちで前記エネルギーが最大である前記照射位置を、
前記最適位置に決定し、

前記第 1 テーブルのうちで前記エネルギーが所定範囲内にあると共に
前記第 2 テーブルのうちで前記ばらつきが最小である前記差分時間
及び前記第 2 遅延時間を、前記最適時間に決定する

請求項 9 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項12]

前記メインパルスレーザ光のエネルギーを計測するレーザセンサを更
に備え、

前記制御部は、

前記照射位置調整部によって走査された前記照射位置における前
記 E U V センサの前記計測結果と前記レーザセンサの計測結果とから
、前記エネルギーの生成効率の分布図を作成し、

前記分布図に基づいて、前記第 2 プリパルスレーザ光及び前記メ
インパルスレーザ光のそれぞれの前記照射位置の最適位置を決定し、

前記最適位置に応じて前記照射位置調整部を制御する

請求項 7 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項13]

前記制御部は、

前記第 2 遅延時間と前記第 1 遅延時間との差分時間、及び、前記

第2遅延時間を走査し、

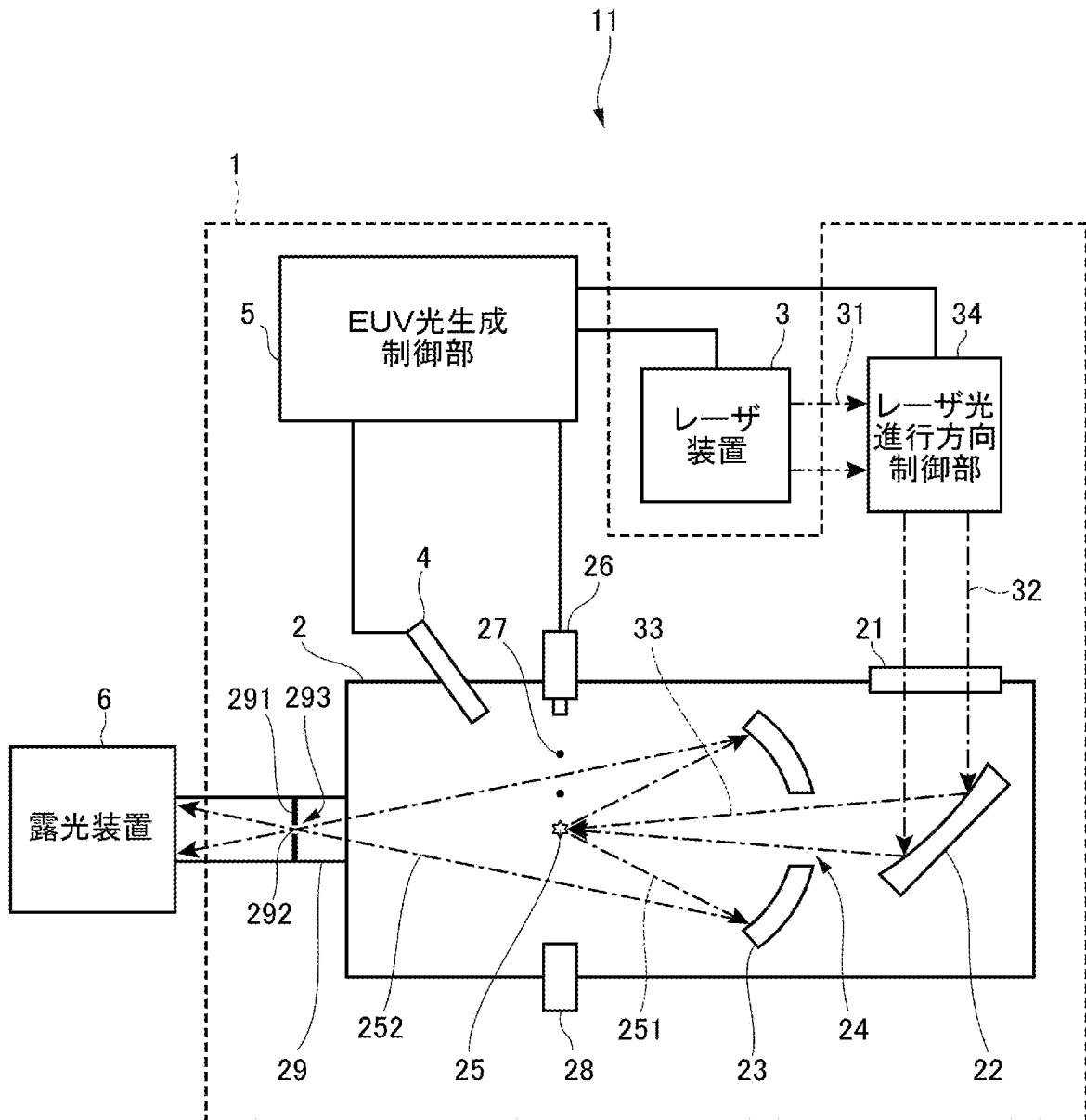
走査された前記差分時間及び前記第2遅延時間における前記EUVセンサの前記計測結果と前記レーザセンサの前記計測結果とから、前記差分時間及び前記第2遅延時間と前記生成効率との対応関係を示す第3テーブルを作成すると共に、前記差分時間及び前記第2遅延時間と前記生成効率のばらつきとの対応関係を示す第4テーブルを作成し、

前記第3及び第4テーブルに基づいて、前記差分時間及び前記第2遅延時間の最適時間を決定し、

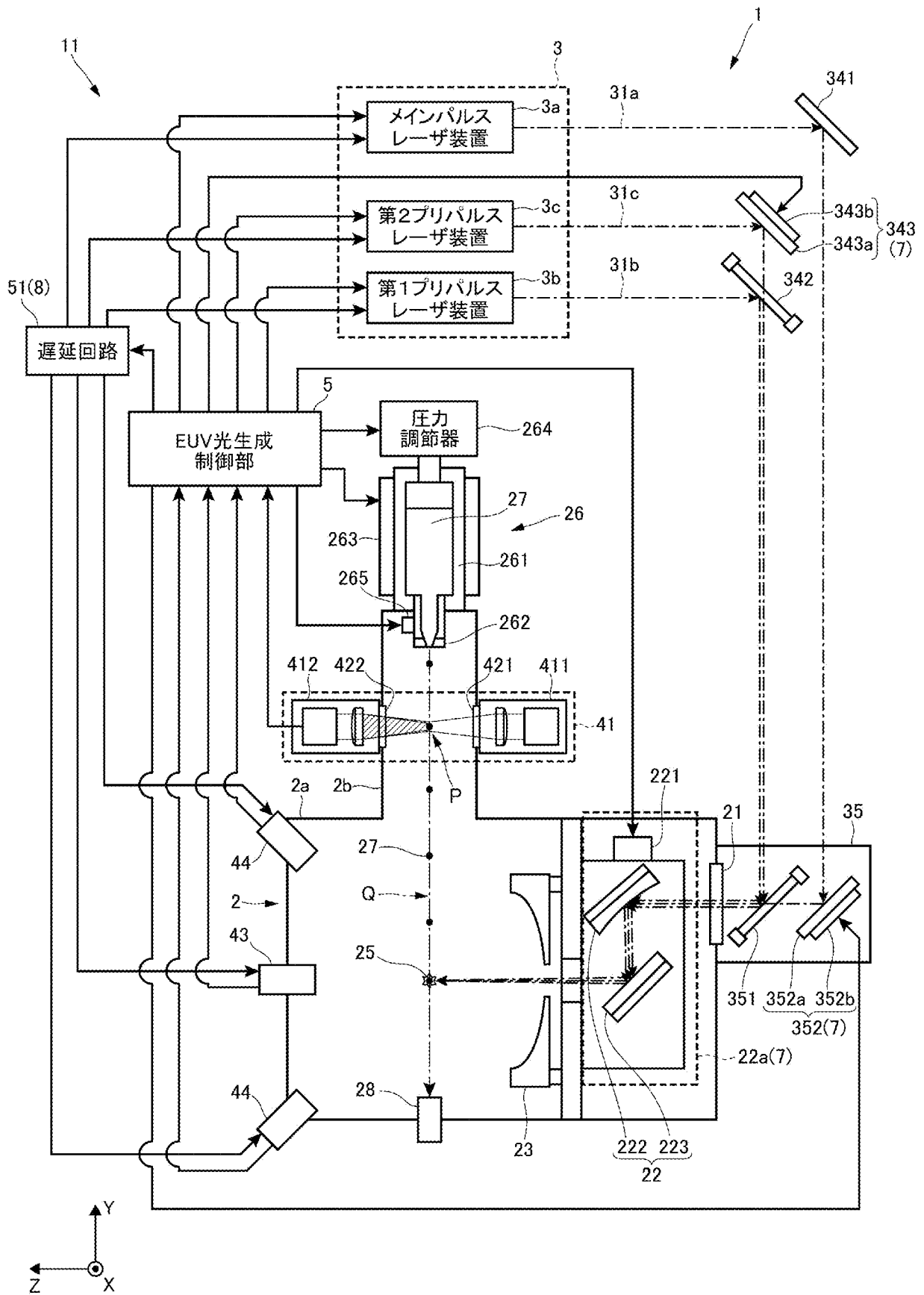
前記最適時間に応じた前記第1及び第2遅延時間を前記遅延回路に設定する

請求項12に記載の極端紫外光生成装置。

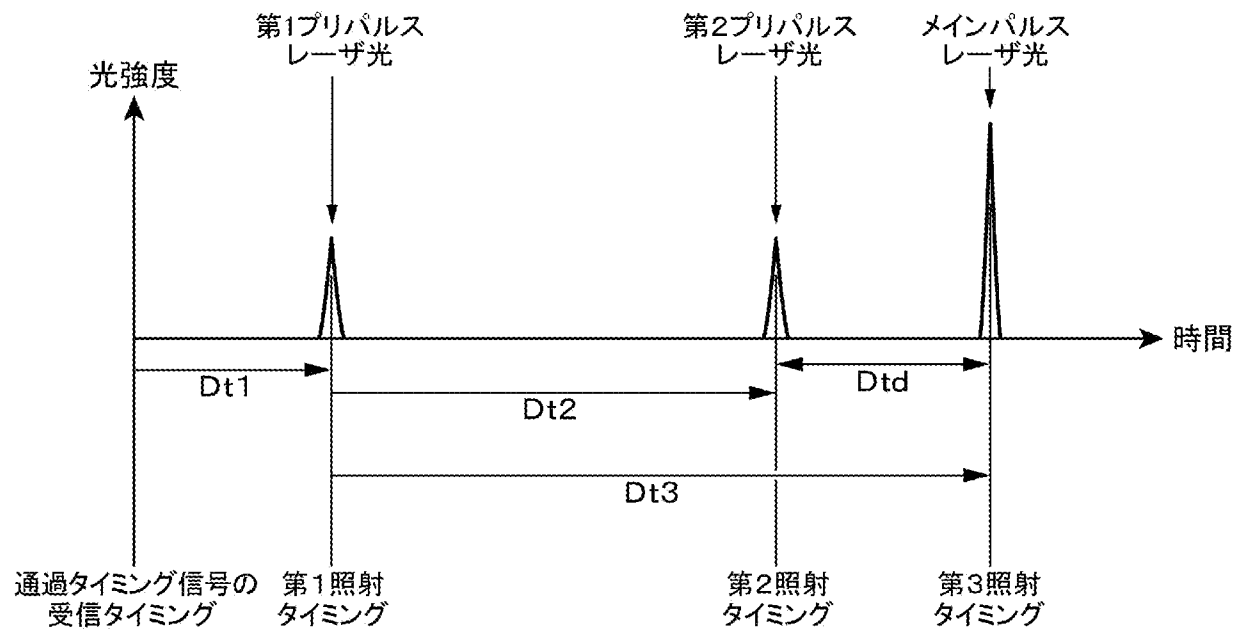
[図1]



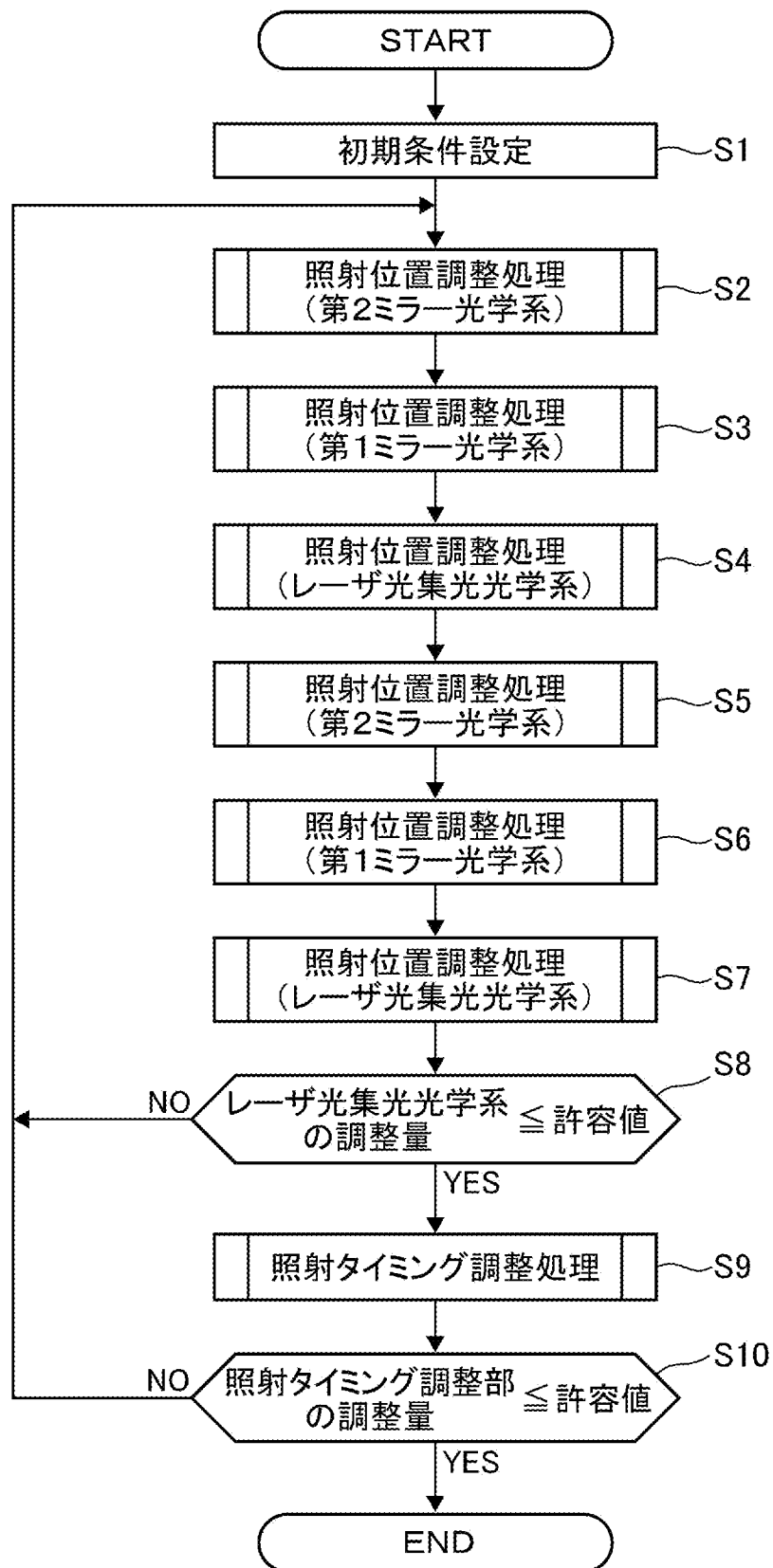
[図2]



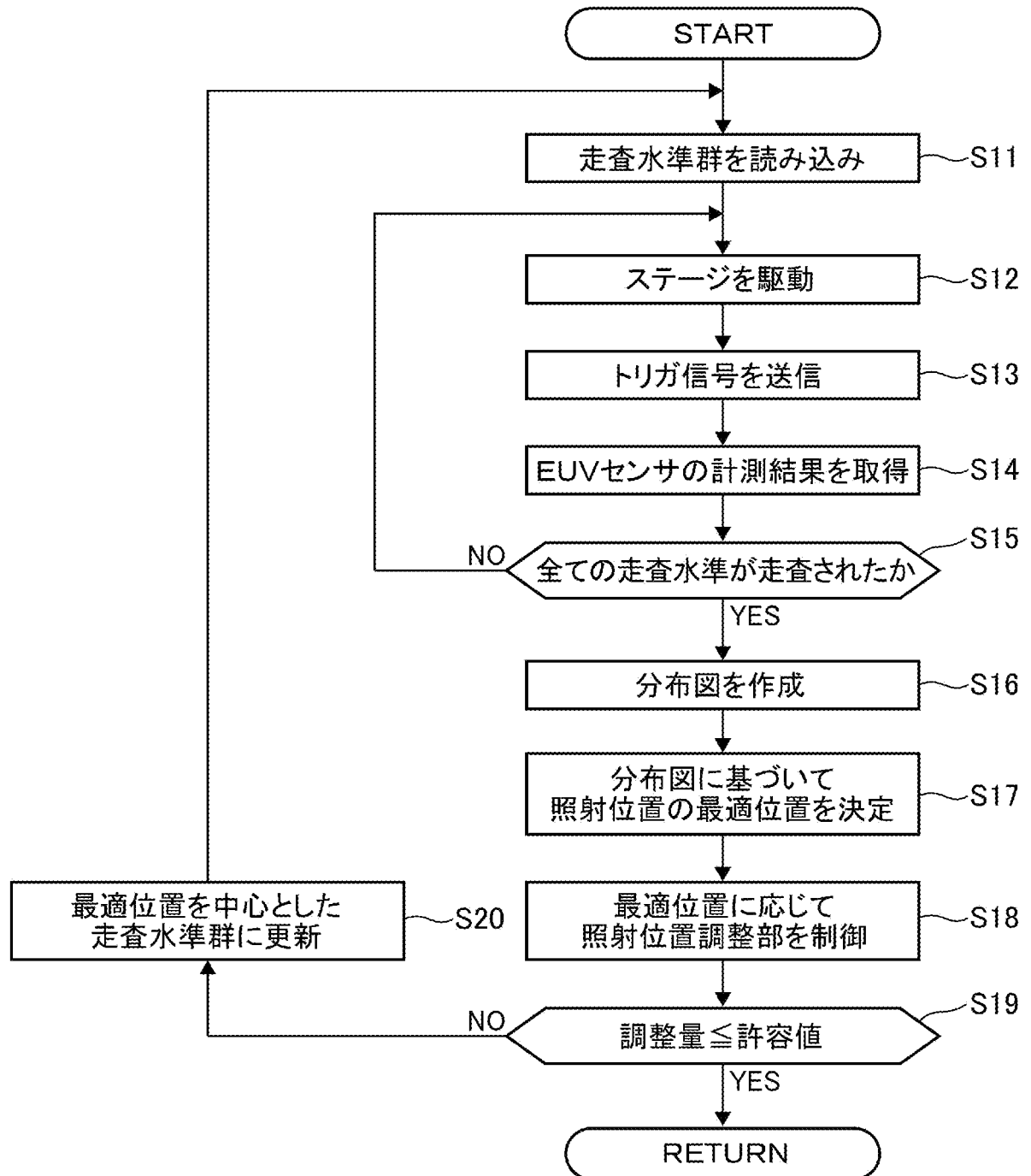
[図3]



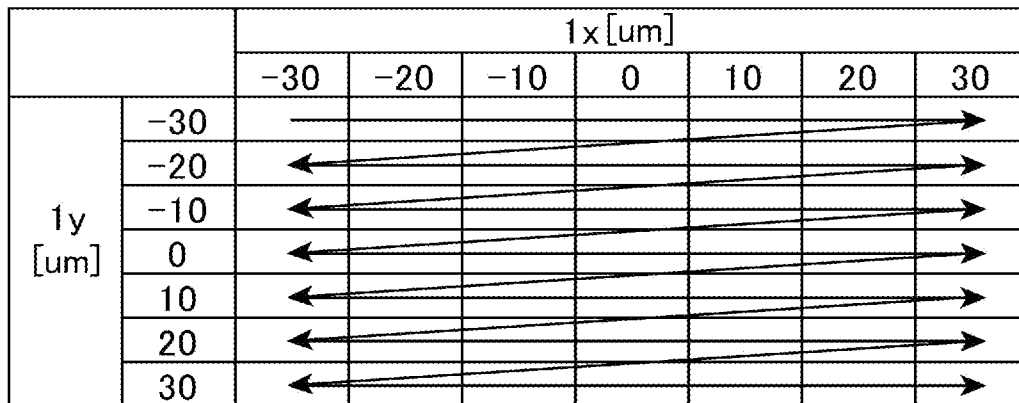
[図4]



[図5]

照射位置調整処理(S2)

[図6]



[図7]

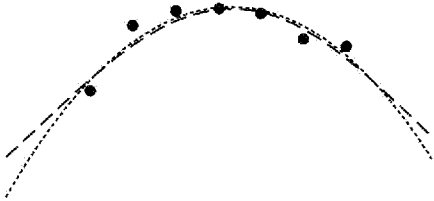
EUV光のエネルギー[mJ]

		1x[um]						
		-30	-20	-10	0	10	20	30
1y [um]	-30	1.74	3.53	4.69	6.82	7.63	7.15	5.58
	-20	3.38	5.68	8.1	9.01	8.89	7.8	6.17
	-10	5.22	7.99	9.35	9.51	9.4	8.38	6.38
	0	6.47	8.32	9.56	9.61	9.3	8.07	5.84
	10	6.87	8.08	8.98	9.42	9.26	8.39	5.79
	20	6.19	6.8	7.92	8.56	8.75	8.42	6.11
	30	5.36	5.35	6.73	8.32	8.36	8.46	6.64

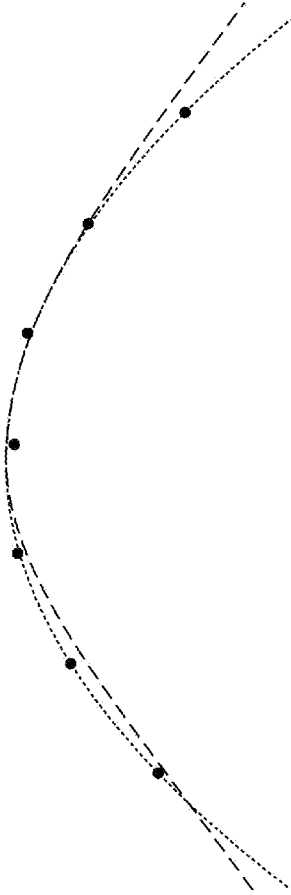
[図8]

EUV光のエネルギー[mJ]

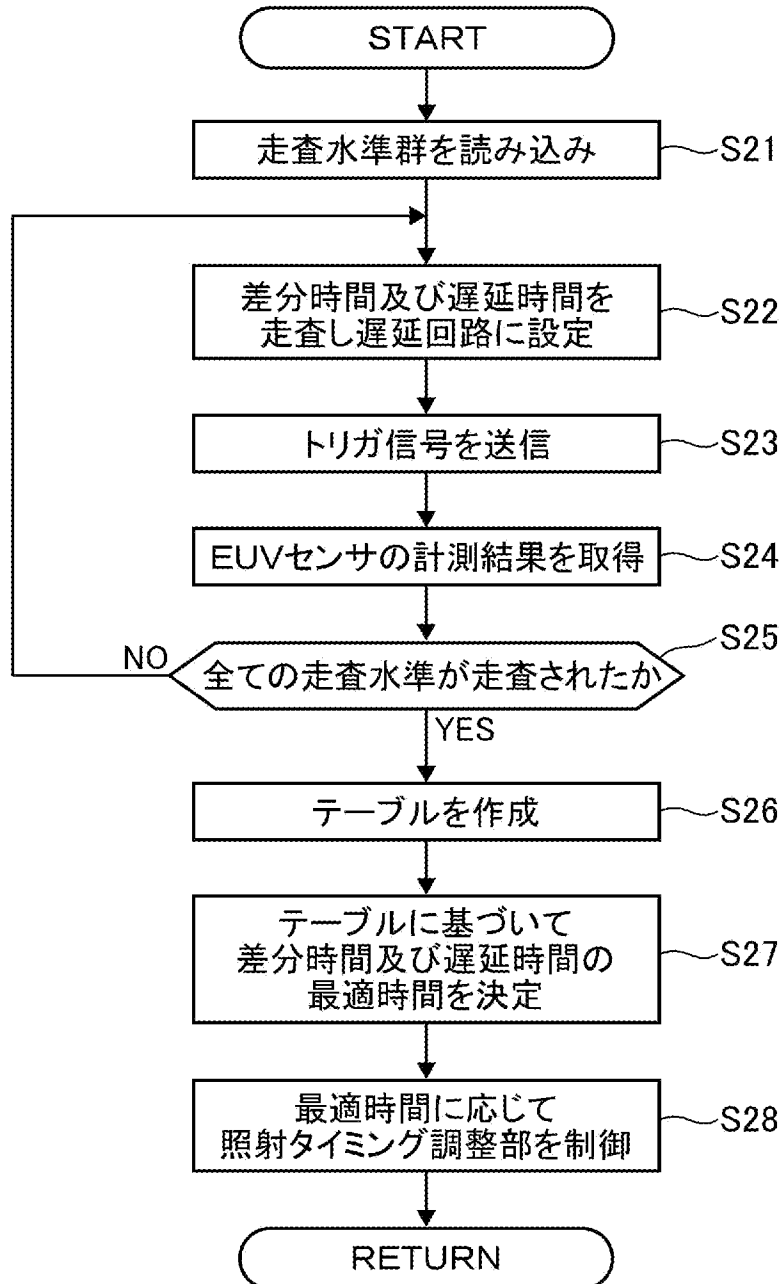
		1x[um]						
		-30	-20	-10	0	10	20	30
1y [um]	-30				6.82			
	-20				9.01			
	-10				9.51			
	0	6.47	8.32	9.56	9.61	9.3	8.07	5.84
	10				9.42			
	20				8.56			
	30				8.32			



• data
--- gaussian
..... quadratic



[図9]

照射タイミング調整処理(S9)

[図10]

		Dt3[ns]							
		600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
Dtd [ns]	100	—							→
	150	←	←	←	←	←	←	←	→
	200	←	←	←	←	←	←	←	→
	250	←	←	←	←	←	←	←	→
	300	←	←	←	←	←	←	←	→

[図11]

EUV光のエネルギーのばらつき[%]

		Dt3[ns]							
		600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
Dtd [ns]	100	25	18	18	19	22	35	45	71
	150	17	16	16	17	18	19	25	37
	200	20	13	10	12	14	27	44	68
	250	27	13	11	10	14	36	65	93
	300	33	22	19	18	24	47	77	98

EUV光のエネルギーのばらつきが上位10%以内である範囲

[図12]

EUV光のエネルギー[mJ]

		Dt3[ns]							
		600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
Dtd [ns]	100	6.10	6.20	6.80	6.90	6.50	5.90	5.50	4.60
	150	6.20	6.40	7.00	7.70	7.80	7.90	7.00	5.60
	200	6.30	8.10	8.30	8.60	9.00	8.40	6.70	5.50
	250	6.25	8.80	9.20	9.60	9.50	7.90	5.40	4.00
	300	6.13	6.10	7.40	8.30	8.40	5.40	3.20	2.00

EUV光のエネルギーのばらつきが上位10%以内である範囲で、
EUVエネルギーが最大の走査水準

[図13]

EUV光のエネルギー[mJ]

		Dt3 [ns]							
		600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
Dtd [ns]	100	6.10	6.20	6.80	6.90	6.50	5.90	5.50	4.60
	150	6.20	6.40	7.00	7.70	7.80	7.90	7.00	5.60
	200	6.30	8.10	8.30	8.60	9.00	8.40	6.70	5.50
	250	6.25	8.80	9.20	9.60	9.50	7.90	5.40	4.00
	300	6.13	6.10	7.40	8.30	8.40	5.40	3.20	2.00

EUV光のエネルギーが上位10%以内である範囲

[図14]

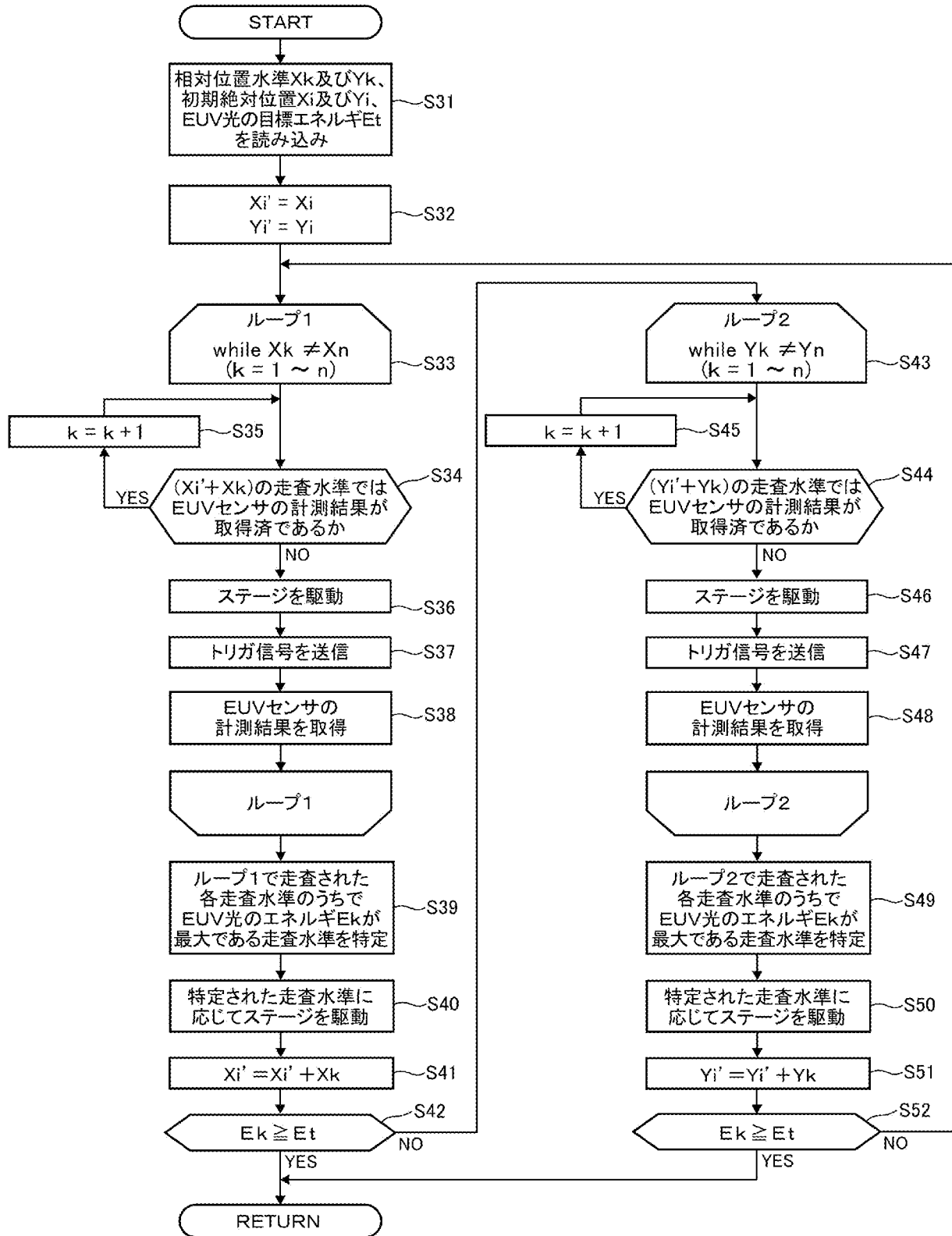
EUV光のエネルギーのばらつき[%]

		Dt3 [ns]							
		600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
Dtd [ns]	100	25	18	18	19	22	35	45	71
	150	17	16	16	17	18	19	25	37
	200	20	13	10	12	14	27	44	68
	250	27	13	11	10	14	36	65	93
	300	33	22	19	18	24	47	77	98

EUV光のエネルギーが上位10%以内である範囲で、
EUV光のエネルギーのばらつきが最小範囲である走査水準

[図15]

照射位置調整処理(S2)



[図16]

EUV光のエネルギー[mJ]

		X [um]				
		-20	-10	0	10	20
Y[um]	-20	1.59	1.59	0.98	3.62	7.97
	-10	1.59	1.38	2.53	7.26	9.14
	0	2.25	1.83	4	8.24	9.97
	10	1.17	1.24	5.17	7.61	6.85
	20	2.4	1.22	4.26	4.83	4.85

[図17]

		X [um]				
		-20	-10	0	10	20
Y[um]	-20					
	-10			start	5	
	0		←2	←1→	3→	6→
	10				4	
	20					

A B C

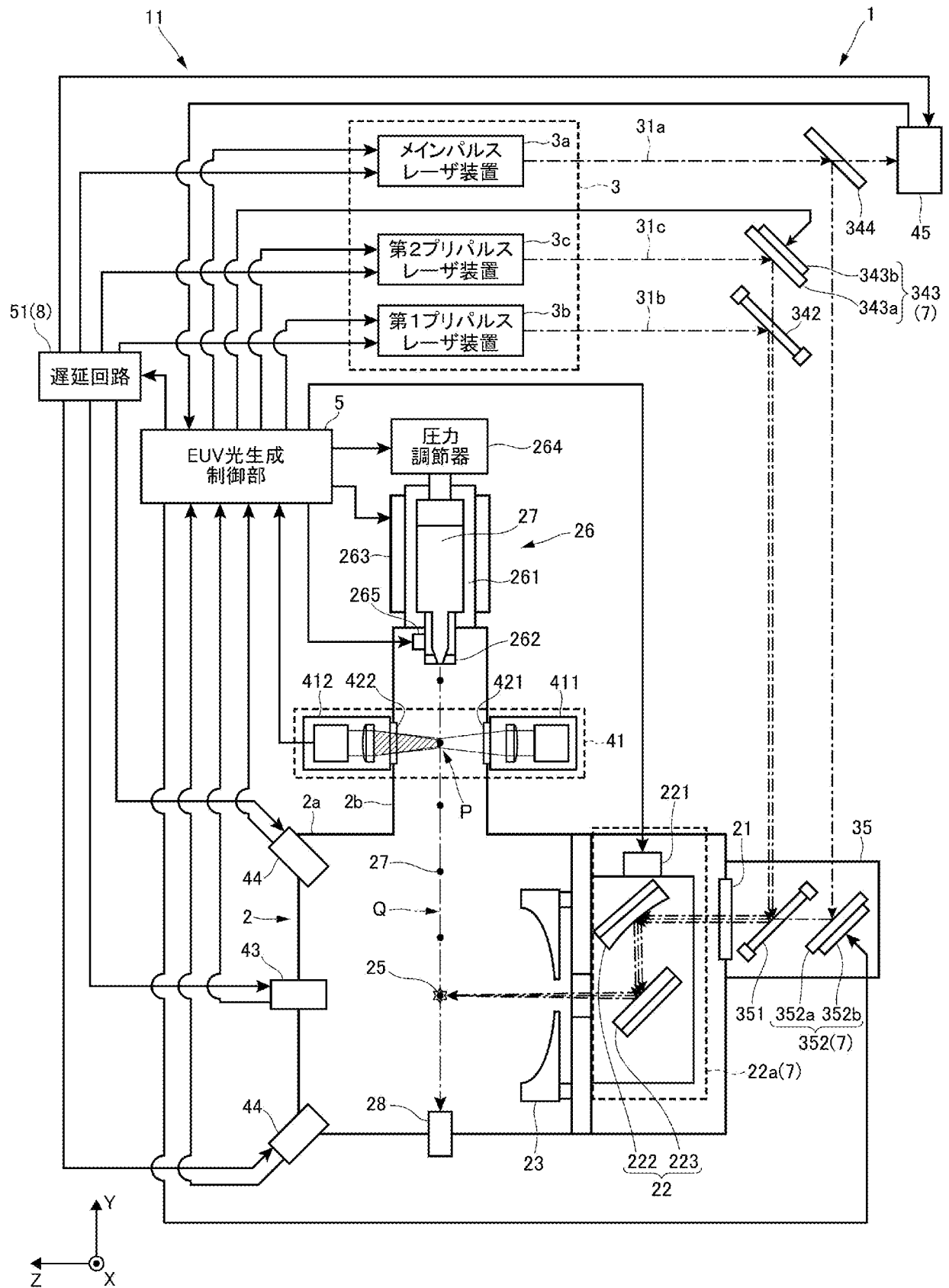
[図18]

EUV光のエネルギー[mJ]

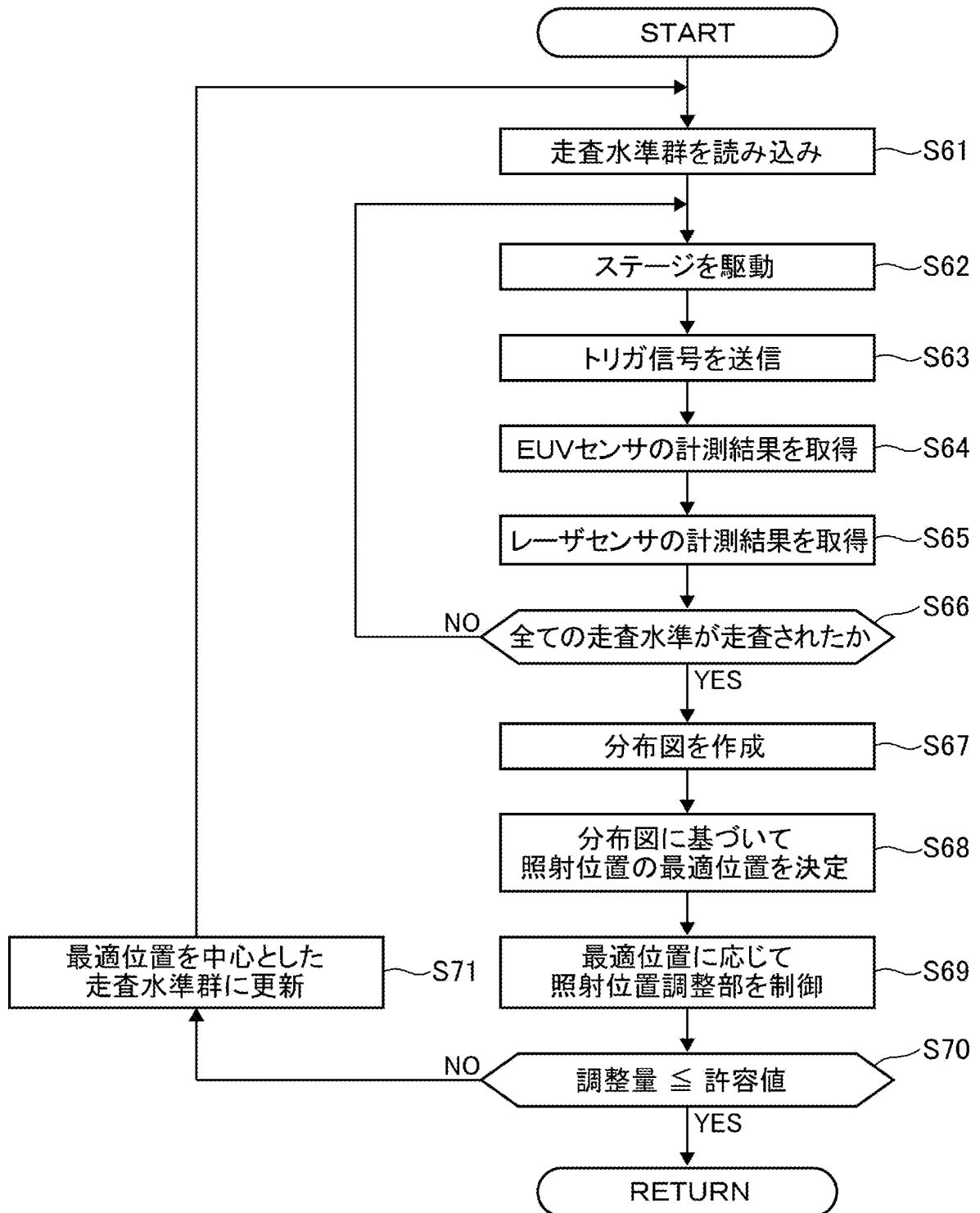
		X [um]				
		-20	-10	0	10	20
Y[um]	-20					
	-10				7.26	
	0		1.83	4	8.24	9.97
	10				7.61	
	20					

$E_k \geq E_t$

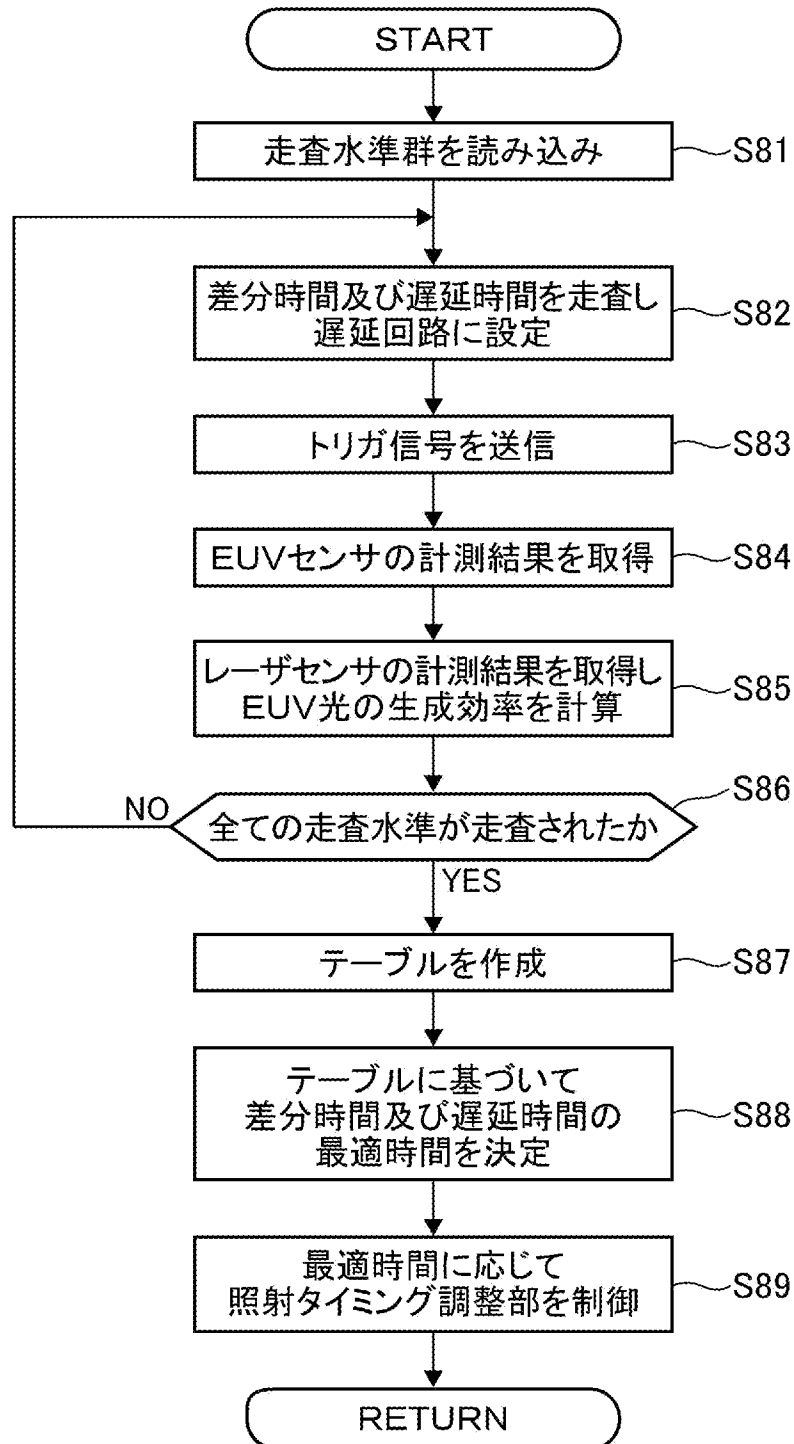
[図19]



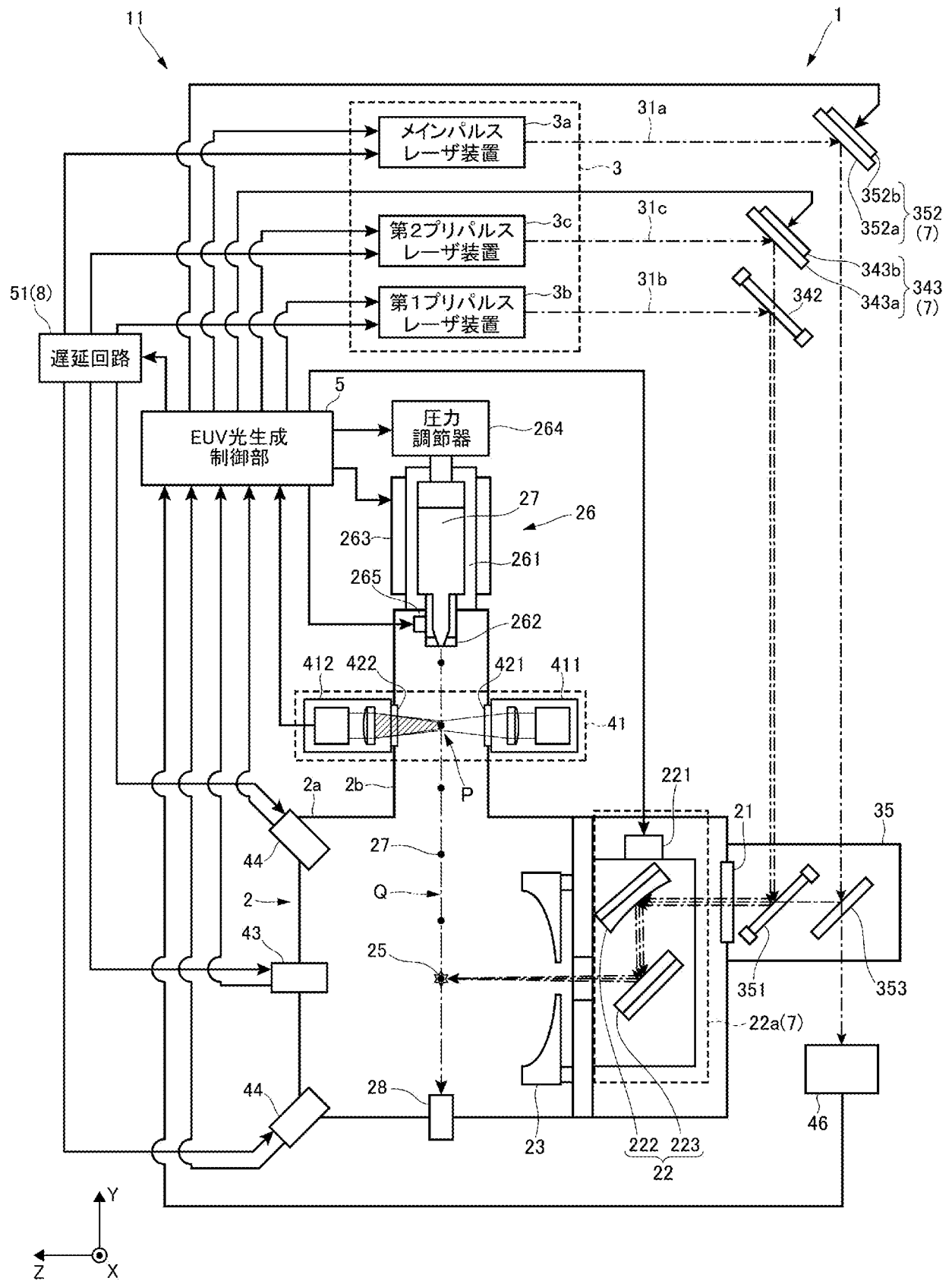
[図20]

照射位置調整処理(S2)

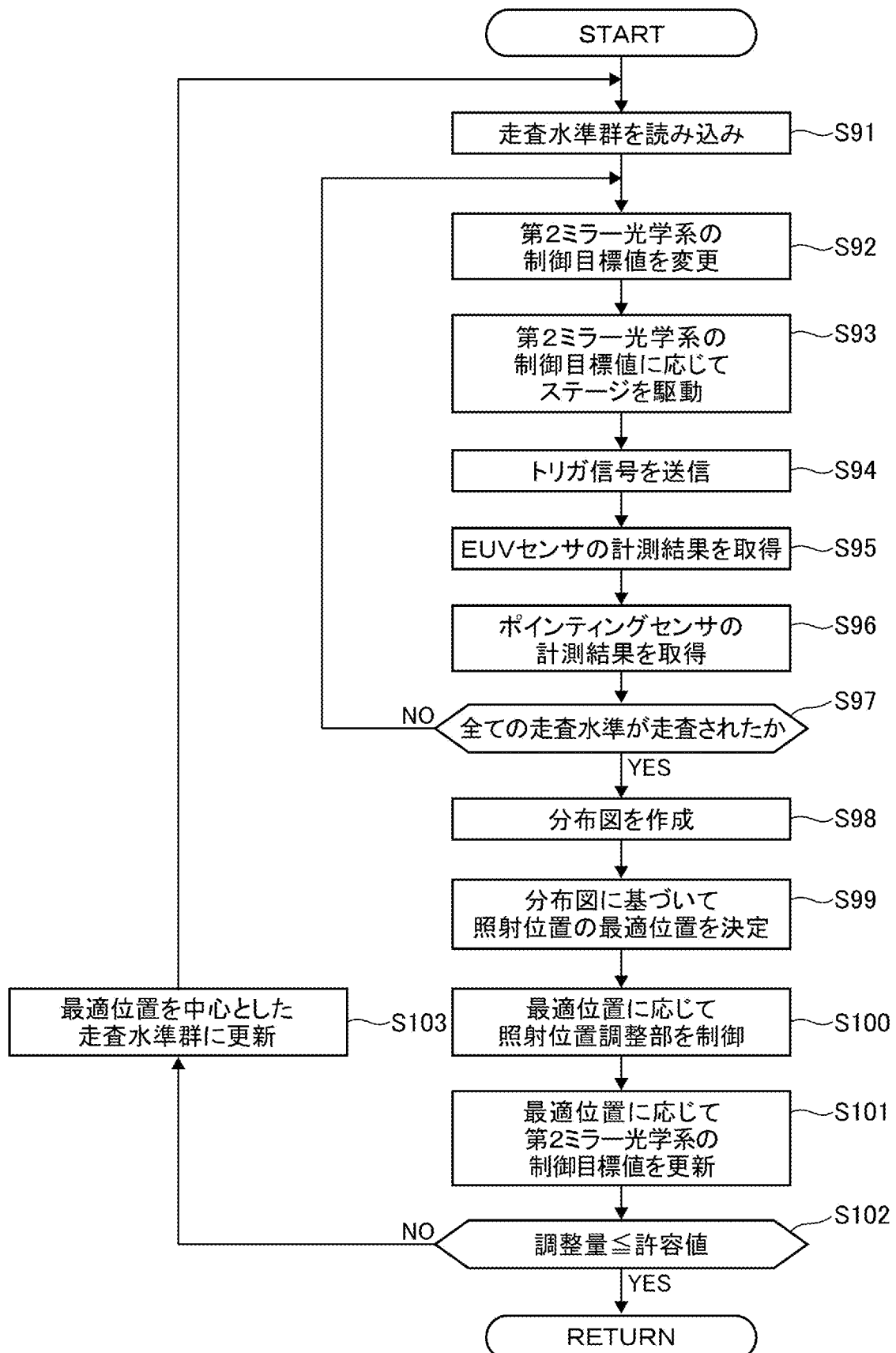
[図21]

照射タイミング調整処理(S9)

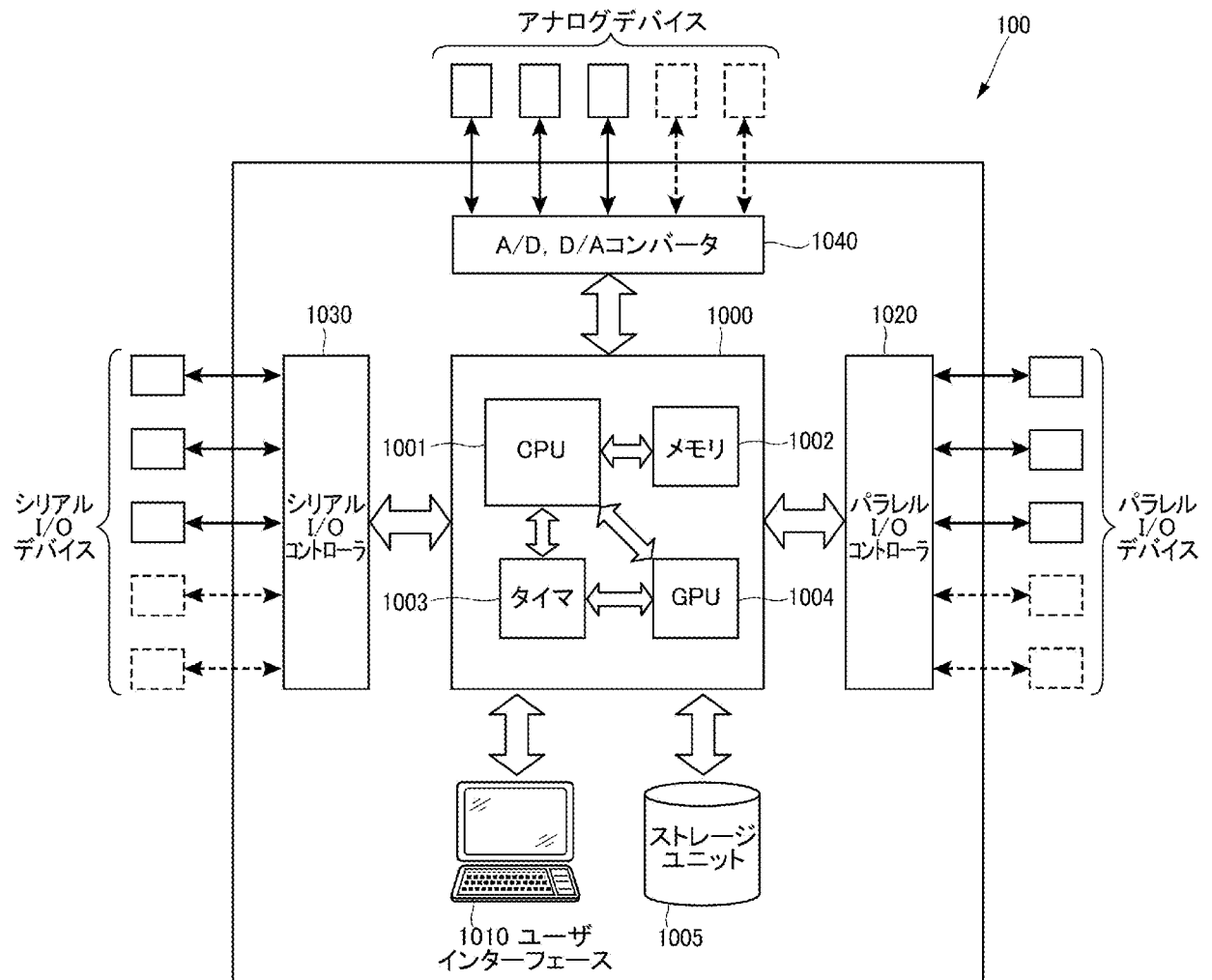
[図22]



[図23]

照射位置調整処理(S2)

[図24]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/052469

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/027(2006.01) i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L21/027

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
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.
Y	JP 2013-4258 A (Gigaphoton Inc.), 07 January 2013 (07.01.2013), paragraphs [0065] to [0075]; fig. 11, 12 & US 2012/0243566 A1 paragraphs [0132] to [0142]; fig. 11, 12 & US 9113540 B2 & WO 2012/173166 A2 & TW 01316838 A & KR 10-2014-0036192 A	1
Y	JP 2014-531743 A (ASML Netherlands B.V.), 27 November 2014 (27.11.2014), paragraphs [0042] to [0073]; fig. 1 to 7 & US 2013/0043401 A1 paragraphs [0048] to [0077]; fig. 1 to 7 & WO 2013/028272 A1 & TW 01311057 A & CN 103748967 A & KR 10-2014-0053347 A	1

☒ 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
12 April 2016 (12.04.16)

Date of mailing of the international search report
26 April 2016 (26.04.16)

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/JP2016/052469

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 2013-105725 A (Gigaphoton Inc.), 30 May 2013 (30.05.2013), paragraphs [0029] to [0033]; fig. 2 & US 2013/0119232 A1 paragraphs [0063] to [0067]; fig. 2 & US 2015/0123018 A1	1-13
A	JP 2007-109451 A (Komatsu Ltd.), 26 April 2007 (26.04.2007), paragraphs [0046] to [0070]; fig. 1 to 9 (Family: none)	1-13
A	WO 2006/049274 A1 (Nikon Corp.), 11 May 2006 (11.05.2006), paragraphs [0022] to [0031]; fig. 1, 2 & US 2006/0151718 A1 paragraphs [0039] to [0053]; fig. 1, 2 & US 7580110 B2 & EP 1811545 A1 & TW I451200 B & KR 10-2007-0083522 A & CN 101015038 A	1-13

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L21/027(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L21/027

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	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
Y	JP 2013-4258 A (ギガフォトン株式会社) 2013.01.07, 段落 [0065] - [0075], 図11, 図12 & US 2012/0243566 A1, 段落 [0132] - [0142], 図11, 図12 & US 9113540 B2 & WO 2012/173166 A2 & TW 01316838 A & KR 10-2014-0036192 A	1
Y	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, 段落 [0042] - [0073], 図1 - 図7 & US 2013/0043401 A1, 段落 [0048] - [0077], 図1 - 図7 & WO 2013/028272 A1 & TW 01311057 A	1

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

12.04.2016

国際調査報告の発送日

26.04.2016

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)

植木 隆和

2G

3706

電話番号 03-3581-1101 内線 3226

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
	& CN 103748967 A & KR 10-2014-0053347 A	
A	JP 2013-105725 A (ギガフォトン株式会社)2013.05.30, [0029] - [0033], 図2 & US 2013/0119232 A1, 段落 [0063] - [0067], 図2 & US 2015/0123018 A1	1-13
A	JP 2007-109451 A (株式会社小松製作所)2007.04.26, 段落[0046] - [0070], 図1 - 図9 (ファミリーなし)	1-13
A	WO 2006/049274 A1 (株式会社ニコン)2006.05.11, [0022] - [0031], 図1, 図2 & US 2006/0151718 A1, 段落 [0039] - [0053], 図1, 図2 & US 7580110 B2 & EP 1811545 A1 & TW I451200 B & KR 10-2007-0083522 A & CN 101015038 A	1-13