

(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9月28日(28.09.2017)



(10) 国際公開番号  
WO 2017/164251 A1

- (51) 国際特許分類:  
H05G 2/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/011516
- (22) 国際出願日: 2017年3月22日(22.03.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
PCT/JP2016/059236 2016年3月23日(23.03.2016) JP
- (71) 出願人: ギガフォトン株式会社(GIGAPHOTON INC.) [JP/JP]; 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田400番地 Tochigi (JP).
- (72) 発明者: 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). 藪 隆之(YABU, Takayuki); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田400番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP).
- (74) 代理人: 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, DJ, 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, KH, KN, KP, KR, KW, 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,

[続葉有]

(54) Title: EXTREME ULTRAVIOLET LIGHT GENERATOR AND METHOD FOR CONTROLLING CENTROID OF EXTREME ULTRAVIOLET LIGHT

(54) 発明の名称: 極端紫外光生成装置及び極端紫外光の重心位置の制御方法

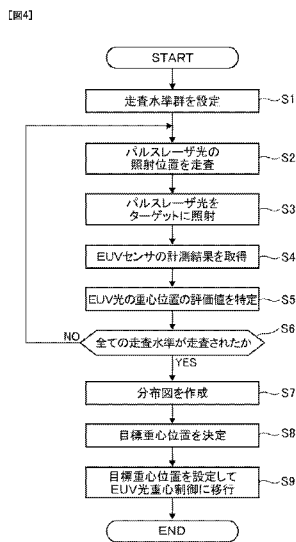


FIG. 4:  
 S1 Set scanning level group  
 S2 Scan irradiation position of pulse laser beam  
 S3 Irradiate target with pulse laser beam  
 S4 Acquire evaluation value of centroid of EUV light  
 S5 Specify evaluation value of centroid of EUV light  
 S6 Have all scanning levels been scanned?  
 S7 Create distribution chart  
 S8 Determined target centroid  
 S9 Set target centroid and transition to EUV light centroid control

(57) Abstract: This extreme ultraviolet light generator comprises: a plurality of extreme ultraviolet (EUV) light sensors for measuring EUV light energy from different directions to each other, said EUV light having been generated by irradiating, with a laser beam, a target supplied to a prescribed area in a chamber; an irradiation position adjustment unit for adjusting the irradiation position of the laser beam with respect to the target supplied to the prescribed area; and a control unit for controlling the irradiation position adjustment unit such that the centroid of the EUV light defined by the measurement results of the plurality of EUV light sensors becomes a target centroid. The control unit controls the irradiation position adjustment unit such that the irradiation position is scanned in accordance with a plurality of scanning levels having different positions to each other, and calibrates the target centroid on the basis of the measurement results obtained according to each of the plurality of scanning levels.

(57) 要約: 極端紫外光生成装置は、チャンバ内の所定領域に供給されたターゲットに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互いに異なる方向から計測する複数のEUV光センサと、所定領域に供給されたターゲットに対するレーザ光の照射位置を調節する照射位置調節部と、複数のEUV光センサの計測結果から特定された極端紫外光の重心位置が目標重心位置となるよう照射位置調節部を制御する制御部と、を備え、制御部は、互いに位置が異なる複数の走査水準に従って照射位置が走査されるよう照射位置調節部を制御し、複数の走査水準のそれぞれで取得された計測結果に基づいて目標重心位置を較正する。

WO 2017/164251 A1



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).

— 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正を受理した際には再公開される。(規則48.2(h))

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

発明の名称：

極端紫外光生成装置及び極端紫外光の重心位置の制御方法

### 技術分野

[0001] 本開示は、極端紫外光生成装置及び極端紫外光の重心位置の制御方法に関する。

### 背景技術

[0002] 近年、半導体プロセスの微細化に伴って、半導体プロセスの光リソグラフィにおける転写パターンの微細化が急速に進展している。次世代においては、20nm以下の微細加工が要求されるようになる。このため、波長13nm程度の極端紫外（EUV）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：米国特許第8598552号明細書  
特許文献2：米国特許第8993976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に供給されたターゲットに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互いに異なる方向から計測する複数のEUV光センサと、所定領域に供給されたターゲットに対するレーザ光の照射位置を調節する照射位置調節部と、複数のEUV光センサの計測結果から特定された極端

紫外光の重心位置が目標重心位置となるよう照射位置調節部を制御する制御部と、を備え、制御部は、互いに位置が異なる複数の走査水準に従って照射位置が走査されるよう照射位置調節部を制御し、複数の走査水準のそれぞれで取得された計測結果に基づいて目標重心位置を校正する。

[0006] 本開示の他の観点に係る極端紫外光の重心位置の制御方法は、ターゲットに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重心位置を制御する方法であって、互いに位置が異なる複数の走査水準に従ってターゲットに対するレーザ光の照射位置を走査して、複数の走査水準のそれぞれで極端紫外光のエネルギーを取得する第1ステップと、第1ステップによって取得されたエネルギーから、複数の走査水準のそれぞれでの重心位置の評価値を特定する第2ステップと、第1ステップによって取得されたエネルギーと、第2ステップによって特定された評価値との少なくとも一方に基づいて、重心位置の目標重心位置を校正する第3ステップと、を備える。

### 図面の簡単な説明

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

[図1]図1は、比較例のEUV光生成装置の構成を説明するための図を示す。

[図2]図2は、図1に示されたEUV光センサの配置を説明するための図を示す。

[図3]図3は、図2に示されたEUV光センサの配置をX軸方向の逆方向から視た図を示す。

[図4]図4は、第1実施形態に係る制御部によって実行される目標重心位置の校正処理を説明するためのフローチャートを示す。

[図5]図5は、図4のステップS1において設定される走査水準群の例を示す。

[図6]図6は、図4のステップS7において作成されるEUV光のエネルギーの分布図の例を示す。

[図7]図7は、図4のステップS7において作成されるEUV光の重心位置の

X軸座標成分における評価値の分布図の例を示す。

[図8]図8は、図4のステップS7において作成されるEUV光の重心位置のY軸座標成分における評価値の分布図の例を示す。

[図9]図9は、図6に示された走査水準Aを中心としてX軸及びY軸に沿って配列された複数の走査水準と、これらの走査水準に対応付けて記憶されたEUV光センサの計測結果とを示す。

[図10]図10は、図6に示された走査水準Aを中心としてX軸に沿って配列された複数の走査水準と、これらの走査水準に対応付けて記憶されたEUV光の重心位置のX軸座標成分における評価値とを示す。

[図11]図11は、図6に示された走査水準Aを中心としてY軸に沿って配列された複数の走査水準と、これらの走査水準に対応付けて記憶されたEUV光の重心位置のY軸座標成分における評価値とを示す。

[図12]図12は、X軸に沿った方向におけるEUV光のエネルギー分布と重心位置の評価値の分布とを示す。

[図13]図13は、Y軸に沿った方向におけるEUV光のエネルギー分布と重心位置の評価値の分布とを示す。

[図14]図14は、図6に示された走査水準Bを中心としてX軸及びY軸に沿って配列された複数の走査水準と、これらの走査水準に対応付けて記憶されたEUV光センサの計測結果とを示す。

[図15]図15は、図6に示された走査水準Bを中心としてX軸に沿って配列された複数の走査水準と、これらの走査水準に対応付けて記憶されたEUV光の重心位置のX軸座標成分における評価値とを示す。

[図16]図16は、図6に示された走査水準Bを中心としてY軸に沿って配列された複数の走査水準と、これらの走査水準に対応付けて記憶されたEUV光の重心位置のY軸座標成分における評価値とを示す。

[図17]図17は、走査水準Bを中心としX軸に沿った方向におけるEUV光のエネルギー分布と重心位置の評価値の分布とを示す。

[図18]図18は、走査水準Bを中心としY軸に沿った方向におけるEUV

光のエネルギー分布と重心位置の評価値の分布とを示す。

[図19]図19は、第3実施形態のEUV光生成装置を備えるEUV光生成システムの構成を説明するための図を示す。

[図20]図20は、第3実施形態に係る制御部によって実行される目標重心位置の較正処理を説明するためのフローチャートを示す。

[図21]図21は、第4実施形態に係る制御部が目標重心位置の較正処理を実行する時期を説明するためのフローチャートを示す。

[図22]図22は、第5実施形態においてなされるEUV光のバースト発光を説明するための図を示す。

[図23]図23は、第5実施形態において測定されるEUV光エネルギーのばらつき指標の分布図の例を示す。

[図24]図24は、第5実施形態において測定されるEUV光の重心位置のX軸座標成分に関する評価値の分布図の例を示す。

[図25]図25は、第5実施形態において測定されるEUV光の重心位置のY軸座標成分に関する評価値の分布図の例を示す。

[図26]図26は、図23に示された走査水準Aを中心としてX軸及びY軸に沿って配列された複数の走査水準と、これらの走査水準に対応付けて記憶されたEUV光エネルギーのばらつき指標とを示す。

[図27]図27は、図23に示された走査水準Aを中心としてX軸に沿って配列された複数の走査水準と、これらの走査水準に対応付けて記憶されたEUV光の重心位置のX軸座標成分に関する評価値とを示す。

[図28]図28は、図23に示された走査水準Aを中心としてY軸に沿って配列された複数の走査水準と、これらの走査水準に対応付けて記憶されたEUV光の重心位置のY軸座標成分に関する評価値とを示す。

[図29]図29は、X軸に沿った方向に関するEUV光エネルギーのばらつき指標分布及び、EUV光重心位置の評価値の分布をそれぞれ曲線に近似させた例を示す。

[図30]図30は、Y軸に沿った方向に関するEUV光エネルギーのばらつき指

標分布及び、EUV光重心位置の評価値の分布をそれぞれ曲線に近似させた例を示す。

[図31]図31は、第5実施形態における目標重心位置の較正処理を説明するための図を示す。

[図32]図32は、第1実施形態における目標重心位置の較正処理を説明するための図を示す。

[図33]図33は、第6実施形態における目標重心位置の較正処理を説明するための図を示す。

[図34]図34は、第7実施形態における目標重心位置の較正処理を説明するための図を示す。

## 実施形態

[0008] <内容>

1. 用語の説明
2. 課題
  2. 1 比較例の構成
  2. 2 比較例の動作
  2. 3 EUV光センサ及びEUV光重心制御
  2. 4 課題
3. 第1実施形態
  3. 1 構成
  3. 2 動作
  3. 3 目標重心位置の決定
  3. 4 作用効果
4. 第2実施形態
5. 第3実施形態
  5. 1 構成
  5. 2 動作
  5. 3 作用効果

6. 第4実施形態
7. 第5実施形態
  7. 1 構成
  7. 2 動作
  7. 3 作用効果
8. 第6実施形態
9. 第7実施形態
10. その他

[0009] 以下、本開示の実施形態について、図面を参照しながら詳しく説明する。以下に説明される実施形態は、本開示のいくつかの例を示すものであって、本開示の内容を限定するものではない。また、各実施形態で説明される構成及び動作の全てが本開示の構成及び動作として必須であるとは限らない。なお、同一の構成要素には同一の参照符号を付して、重複する説明を省略する。

[0010] [1. 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光を含む光を放射する。

「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する。

「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、光路軸が含まれる。

「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。

EUV光生成装置による「バースト発光」とは、ある所定の期間、比較的高い周波数で繰り返しEUV光を発光することである。上記所定の期間は「バースト発光期間」とも言われる。通常、このバースト発光期間は、所定の休止期間を間に置いて繰り返すように設定される。つまり各バースト発光期間には、高周波数でパルス状に発光する一まとまりのEUV光が出力される。

「走査水準」は、ターゲットに対するレーザ光の照射位置内でレーザ光を走査させた際の、相異なる複数の走査位置の各々を指す。

#### [0011] [2. 課題]

図1乃至図3を用いて、比較例のEUV光生成装置1について説明する。

比較例のEUV光生成装置1は、LPP方式のEUV光生成装置である。EUV光生成装置1は、少なくとも1つのレーザ装置3と共に用いられる。

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ともいう。

[0012] EUV光生成装置1は、レーザ装置3から出力された少なくとも1つのパルスレーザ光31をターゲット27に照射することによって、ターゲット27のプラズマ275を生成する。生成されたプラズマ275は、放射光276を放射する。放射光276は、EUV光277の他、様々な波長の光を含む。EUV光生成装置1は、放射光276に含まれるEUV光277を捕集して、露光装置9に出力する。

このようにして、EUV光生成装置1は、EUV光277を生成し得る。

#### [0013] [2. 1 比較例の構成]

図1は、比較例のEUV光生成装置1の構成を説明するための図を示す。

比較例のEUV光生成装置1は、チャンバ2と、レーザ光集光光学系22と、EUV光集光光学系23と、接続部24と、レーザ光伝送光学系33とを備える。加えて、比較例のEUV光生成装置1は、ターゲット供給器25と、ステージ26と、ターゲット回収器28と、ターゲット検出センサ41と、EUV光センサ43と、制御部8とを備える。

[0014] 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31が照射されることで、ターゲット27からプラズマ275が生成され、EUV光277が生成される容器である。

チャンバ2の壁211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する。壁211には、パルスレーザ光31をチャンバ2内に導入するためのウインドウ215が設けられている。

また、チャンバ2は、チャンバ2内にターゲット27を供給するためのターゲット供給路212を含む。

[0015] レーザ光伝送光学系33は、レーザ装置3から出力されたパルスレーザ光31を、ウインドウ215を介してチャンバ2内に導入する光学系である。

レーザ光伝送光学系33は、チャンバ2の外部に配置される。レーザ光伝送光学系33は、レーザ装置3から出力されたパルスレーザ光31の光路上であって、レーザ装置3とウインドウ215との間に配置される。

レーザ光伝送光学系33は、高反射ミラー331と、高反射ミラー332とを含む。

高反射ミラー331及び332のそれぞれは、それらの位置及び姿勢の少なくとも1つを調節する不図示のステージに搭載される。高反射ミラー331及び332を搭載するステージの動作は、制御部8によって制御される。

[0016] レーザ光集光光学系22は、ウインドウ215を介してチャンバ2内に導入されたパルスレーザ光31を、プラズマ生成領域R1に集光する光学系である。

レーザ光集光光学系22は、チャンバ2の内部に配置される。レーザ光集

光光学系 22 は、ウインドウ 215 を透過したパルスレーザー光 31 の光路上であって、ウインドウ 215 とプラズマ生成領域 R1 との間に配置される。

レーザー光集光光学系 22 は、レーザー光集光ミラー 221 と、マニピュレータ 224 とを含む。

[0017] レーザー光集光ミラー 221 は、ウインドウ 215 を透過したパルスレーザー光 31 を、プラズマ生成領域 R1 に向けて反射する。レーザー光集光ミラー 221 は、反射されたパルスレーザー光 31 を、プラズマ生成領域 R1 に集光する。

レーザー光集光ミラー 221 は、マニピュレータ 224 に搭載される。

レーザー光集光ミラー 221 は、軸外放物面ミラー 222 及び平面ミラー 223 を用いて構成される。

[0018] マニピュレータ 224 は、レーザー光集光ミラー 221 の位置及び姿勢の少なくとも 1 つを調節する機構である。マニピュレータ 224 は、プラズマ生成領域 R1 においてパルスレーザー光 31 がターゲット 27 に照射されるよう、レーザー光集光ミラー 221 の位置及び姿勢の少なくとも 1 つを調節する機構である。

マニピュレータ 224 の駆動は、制御部 8 によって制御される。

マニピュレータ 224 は、X 軸及び Y 軸の少なくとも 1 つに沿った方向において、レーザー光集光ミラー 221 を移動させる機構であってもよい。マニピュレータ 224 は、X 軸及び Y 軸に加えて Z 軸に沿った方向において、レーザー光集光ミラー 221 を移動させる機構であってもよい。マニピュレータ 224 は、レーザー光集光ミラー 221 の位置及び姿勢の少なくとも 1 つを調節する機構であるステージであってもよい。

[0019] EUV 光集光光学系 23 は、放射光 276 に含まれる EUV 光 277 を捕集し、中間集光点 I F に集光する光学系である。

EUV 光集光光学系 23 は、チャンバ 2 の内部に配置される。

EUV 光集光光学系 23 は、EUV 光集光ミラー 231 を含む。

[0020] EUV 光集光ミラー 231 は、プラズマ生成領域 R1 においてプラズマ 2

75から放射された放射光276のうちから選択的にEUV光277を反射する。EUV光集光ミラー231は、選択的に反射されたEUV光277を、接続部24内に位置する中間集光点IFに集光する。

EUV光集光ミラー231の反射面は、例えば、モリブデン及びシリコンが交互に積層された多層反射膜によって形成される。EUV光集光ミラー231の反射面は、例えば、第1及び第2焦点を有する回転楕円面の一部で形成される。

EUV光集光ミラー231は、第1焦点がプラズマ生成領域R1に位置し、第2焦点が中間集光点IFに位置するように配置される。

EUV光集光ミラー231の中央部には、貫通孔232が形成される。貫通孔232は、レーザ光集光ミラー221で反射されたパルスレーザ光31をプラズマ生成領域R1に向けて通過させるための孔である。

[0021] 接続部24は、チャンバ2と露光装置9との接続部である。

接続部24は、中間集光点IFに集光されたEUV光277を露光装置9に出力するための不図示のゲートバルブを含む。接続部24に含まれるゲートバルブは、チャンバ2の内部と露光装置9の内部とを気密的に連通又は隔離させる。

接続部24の内部には、壁241が設けられる。壁241には、アパーチャ242が形成される。アパーチャ242は、中間集光点IFに位置するように形成される。

[0022] ターゲット供給器25は、チャンバ2内に供給されるターゲット27を溶解させ、ドロップレットの形態で、プラズマ生成領域R1に向けて出力する機器である。ターゲット供給器25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27を出力する機器である。

ターゲット供給器25によって供給されるターゲット27は、金属材料で形成される。ターゲット27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る。好適には、ターゲット27を形成する金属材料は、スズである。

ターゲット供給器 25 は、ステージ 26 に搭載される。

ターゲット供給器 25 は、タンク 251、ノズル 252、ヒータ 253、圧力調節器 254 及びピエゾ素子 255 を用いて構成される。

ターゲット供給器 25 の動作は、制御部 8 によって制御される。

[0023] ステージ 26 は、ターゲット供給器 25 の位置を調節する機構である。ステージ 26 は、X 軸及び Z 軸の少なくとも 1 つに沿った方向において、ターゲット供給器 25 を移動させる機構である。

ステージ 26 は、ターゲット供給器 25 から出力されたターゲット 27 がプラズマ生成領域 R1 に供給されるよう、ターゲット供給器 25 の位置を調節する機構である。

ステージ 26 の駆動は、制御部 8 によって制御される。

[0024] ターゲット回収器 28 は、チャンバ 2 内に出力されたターゲット 27のうち、パルスレーザ光 31 が照射されなかったターゲット 27 を回収する機器である。

ターゲット回収器 28 は、ターゲット軌道 Q の延長線上にあるチャンバ 2 の壁 211 に設けられる。

[0025] ターゲット検出センサ 41 は、ターゲット検出領域 R2 を通過するターゲット 27 を検出するセンサである。

ターゲット検出領域 R2 は、チャンバ 2 内の所定領域であって、ターゲット供給器 25 とプラズマ生成領域 R1 との間にあるターゲット軌道 Q 上の所定位置に位置する領域である。

ターゲット検出センサ 41 は、照明部 410 と、検出部 420 とを含む。

[0026] 照明部 410 及び検出部 420 は、それぞれウインドウ 216 及びウインドウ 217 を介して、ターゲット供給路 212 の壁 211 に接続される。

照明部 410 及び検出部 420 は、ターゲット軌道 Q 上のターゲット検出領域 R2 を挟んで互いに対向するように配置される。

照明部 410 及び検出部 420 は、照明部 410 の照明光軸及び検出部 420 の検出光軸が、図 1 に示されるように、互いに略同軸でターゲット検出

領域 R 2 を通るよう配置される。

なお、照明部 4 1 0 の照明光軸とは、照明部 4 1 0 からターゲット検出領域 R 2 に向けて出力された照明光の光路軸である。検出部 4 2 0 の検出光軸とは、照明部 4 1 0 からターゲット検出領域 R 2 に向けて出力された照明光のうち、検出部 4 2 0 によって検出される照明光の光路軸である。

[0027] 照明部 4 1 0 は、ターゲット検出領域 R 2 を通過するターゲット 2 7 を照明するように、ターゲット検出領域 R 2 に向けて照明光を出力する。

照明部 4 1 0 は、光源 4 1 1 及び照明光学系 4 1 2 を用いて構成される。

[0028] 検出部 4 2 0 は、ターゲット検出領域 R 2 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、ターゲット検出領域 R 2 を通過するターゲット 2 7 を検出する。

検出部 4 2 0 は、光センサ 4 2 1 及び受光光学系 4 2 2 を用いて構成される。

[0029] E U V 光センサ 4 3 は、プラズマ 2 7 5 から放射された放射光 2 7 6 に含まれる E U V 光 2 7 7 のエネルギーを計測するセンサである。

E U V 光センサ 4 3 は、複数の E U V 光センサ 4 3 から構成される。

複数の E U V 光センサ 4 3 のそれぞれは、互いに異なる方向から E U V 光 2 7 7 のエネルギーを計測し、その計測値を制御部 8 に送信する。

複数の E U V 光センサ 4 3 のそれぞれの動作は、制御部 8 によって制御される。

E U V 光センサ 4 3 の詳細な構成については、図 2 及び図 3 を用いて後述する。

[0030] 制御部 8 は、外部装置である露光装置 9 からの各種指令に基づいて、E U V 光生成システム 1 1 の各構成要素の動作を統括的に制御する。

制御部 8 は、レーザ装置 3 を制御し、レーザ装置 3 からのパルスレーザ光 3 1 の出力を制御する。

制御部 8 は、ターゲット供給器 2 5 を制御し、ターゲット供給器 2 5 からのターゲット 2 7 の出力を制御する。

制御部 8 は、高反射ミラー 3 3 1 及び 3 3 2 を搭載する不図示のステージを制御し、高反射ミラー 3 3 1 及び 3 3 2 のそれぞれの位置及び姿勢の少なくとも 1 つを制御する。

制御部 8 は、マニピュレータ 2 2 4 を制御し、レーザ光集光ミラー 2 2 1 の位置及び姿勢の少なくとも 1 つを制御する。それにより、制御部 8 は、プラズマ生成領域 R 1 におけるパルスレーザ光 3 1 の集光位置を制御する。

制御部 8 は、ステージ 2 6 を制御し、ターゲット供給器 2 5 の位置を制御する。それにより、制御部 8 は、プラズマ生成領域 R 1 に供給されたターゲット 2 7 の位置を制御する。

[0031] なお、制御部 8 は、プロセッサ等のハードウェアとプログラムモジュール等のソフトウェアとを組み合わせたコンピュータで構成される。制御部 8 に含まれるソフトウェアによる情報処理は、制御部 8 に含まれるハードウェアを用いて具体的に実現される。

[0032] [ 2. 2 比較例の動作 ]

制御部 8 は、ターゲット供給器 2 5 を制御し、ターゲット供給器 2 5 からプラズマ生成領域 R 1 に向けてターゲット 2 7 を出力させる。

具体的には、制御部 8 は、ターゲット供給器 2 5 のヒータ 2 5 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 5 のタンク 2 5 1 に収容された固体のターゲット 2 7 を溶融させる。ターゲット 2 7 を形成する金属材料がスズである場合、スズの融点が 2 3 2 °C であることから、制御部 8 は、例えば 2 5 0 °C 以上 2 9 0 °C 以下の温度でヒータ 2 5 3 を加熱させる。

制御部 8 は、ターゲット供給器 2 5 の圧力調節器 2 5 4 を制御して、タンク 2 5 1 内のターゲット 2 7 が所定速度で連続的にノズル 2 5 2 から出力されるよう、タンク 2 5 1 内のターゲット 2 7 に所定圧力を加える。

制御部 8 は、ターゲット供給器 2 5 の piezo 素子 2 5 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、ノズル 2 5 2 から所定周波数で出力させ

る。

[0033] チャンバ2内へ出力されたターゲット27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、ターゲット検出領域R2を通過する。ターゲット検出領域R2を通過したターゲット27は、プラズマ生成領域R1に供給される。

[0034] ターゲット検出センサ41は、ターゲット27がターゲット検出領域R2を通過したタイミングを検出する。

具体的には、照明部410の光源411は、ターゲット検出領域R2を通過するターゲット27を照明するように、照明光学系412を介して、ターゲット検出領域R2に向けて照明光を出力する。

検出部420の光センサ421は、ターゲット検出領域R2に出力された照明光を受光光学系422を介して検出することで、ターゲット検出領域R2を通過するターゲット27を検出する。光センサ421で検出された照明光の光強度は、ターゲット27がターゲット検出領域R2を通過する毎に低下し得る。光センサ421は、検出された照明光の光強度の変化に応じた出力信号を生成し、制御部8に送信する。

なお、光センサ421によって検出された照明光の光強度の変化に応じた出力信号を、通過タイミング信号ともいう。

[0035] 制御部8は、ターゲット検出センサ41から送信された通過タイミング信号を受信する。

制御部8は、通過タイミング信号が所定の閾値より低くなったタイミングを、ターゲット27がターゲット検出領域R2を通過したタイミングと判定する。すなわち、制御部8は、ターゲット検出センサ41の検出結果に基づいて、ターゲット27がターゲット検出領域R2を通過したタイミングを特定する。

制御部8は、通過タイミング信号が所定の閾値より低くなったタイミングで、ターゲット27がターゲット検出領域R2を通過したことを示すターゲット検出信号を生成する。

なお、ターゲット27がターゲット検出領域R2を通過したタイミングを、単に、ターゲット検出領域R2の通過タイミングともいう。

[0036] 制御部8は、ターゲット検出信号を生成したタイミングから遅延時間Tdだけ遅延したタイミングで、パルスレーザ光31を出力する契機を与えるトリガ信号をレーザ装置3に送信する。すなわち、制御部8は、ターゲット検出領域R2の通過タイミングに遅延時間Tdを付加したタイミングで、レーザ装置3からパルスレーザ光31を出力させる。

遅延時間Tdは、パルスレーザ光31がプラズマ生成領域R1に集光されるタイミングを、ターゲット27がプラズマ生成領域R1に供給されるタイミングに略一致させるための時間である。遅延時間Tdは、プラズマ生成領域R1に供給されたターゲット27にパルスレーザ光31が照射されるタイミングを規定する。遅延時間Tdは、制御部8に予め記憶されている。

なお、プラズマ生成領域R1に供給されたターゲット27に対するパルスレーザ光31の照射タイミングを、単に、パルスレーザ光31の照射タイミングともいう。

[0037] レーザ装置3は、トリガ信号を受信すると、パルスレーザ光31を出力する。

[0038] レーザ装置3から出力されたパルスレーザ光31は、レーザ光伝送光学系33の高反射ミラー331及び332で反射され、ウインドウ215を透過して、チャンバ2内に導入される。チャンバ2内に導入されたパルスレーザ光31は、レーザ光集光光学系22によってプラズマ生成領域R1に集光される。プラズマ生成領域R1に集光されたパルスレーザ光31は、プラズマ生成領域R1に供給されたターゲット27に照射される。

[0039] プラズマ生成領域R1に供給されたターゲット27は、パルスレーザ光31が照射されることによって、プラズマ化し、放射光276を放射する。放射光276に含まれるEUV光277は、EUV光集光光学系23のEUV光集光ミラー231で選択的に反射され、接続部24の中間集光点IFに集光される。中間集光点IFに集光されたEUV光277は、露光装置9に向

かって出力される。

[0040] [2.3 EUV光センサ及びEUV光重心制御]

図2は、図1に示されたEUV光センサ43の配置を説明するための図を示す。図3は、図2に示されたEUV光センサ43の配置をX軸方向の逆方向から視た図を示す。

比較例に係る複数のEUV光センサ43は、少なくとも3つのEUV光センサ43から構成される。複数のEUV光センサ43は、図2及び図3に示されるように、例えばEUV光センサ43a乃至43cから構成される。

複数のEUV光センサ43a乃至43cのそれぞれは、互いに異なる方向からプラズマ生成領域R1と対向するようにチャンバ2の壁211に設けられる。複数のEUV光センサ43a乃至43cのそれぞれは、EUV光集光ミラー231によって反射されたEUV光277の光路を遮らないように配置される。複数のEUV光センサ43a乃至43cのそれぞれは、EUV光集光ミラー231の外周縁に沿って配置される。複数のEUVセンサ光43a乃至43cは、プラズマ生成領域R1においてプラズマ275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R1に対して互いに等距離に配置される。

[0041] 複数のEUV光センサ43a乃至43cのそれぞれは、EUV光277の重心位置を評価し易いような位置に配置される。

例えば、複数のEUV光センサ43a乃至43cは、図2に示されるような直角二等辺三角形の各頂点にそれぞれ配置される。図2に示された直角二等辺三角形は、その長辺の中点がプラズマ生成領域R1に位置し、その頂角がZ軸上に位置し、その2つの短辺がX軸及びY軸にそれぞれ沿うように配置された直角二等辺三角形である。

EUV光センサ43aは、図2に示された直角二等辺三角形のY軸に沿った軸上に位置する頂点に配置されたEUV光センサ43である。EUV光センサ43bは、図2に示された直角二等辺三角形のX軸に沿った軸上に位置する頂点に配置されたEUV光センサ43である。EUV光センサ43cは

、図2に示された直角二等辺三角形のZ軸上に位置する頂点に配置されたEUV光センサ43である。

[0042] EUV光277の重心位置は、EUV光277のエネルギー分布の重心位置である。すなわち、EUV光277の重心位置は、EUV光277のエネルギー分布における加重平均の位置である。具体的には、EUV光277の重心位置は、EUV光277のエネルギーを複数のEUV光センサ43a乃至43cで計測して得られた複数の計測値から特定された空間的な位置である。

EUV光277の重心位置は、プラズマ生成領域R1に供給されたターゲット27に対するパルスレーザー光31の照射位置を反映する指標である。EUV光277の重心位置は、パルスレーザー光31の照射条件がEUV光277の性能を満たすような条件であるかを評価する指標である。EUV光277の重心位置が目標重心位置となるように制御されることは、パルスレーザー光31がターゲット27に適切に照射されることを意味する。目標重心位置は、例えば、プラズマ生成領域R1における所定位置である。

[0043] 比較例に係る制御部8は、数式1の計算値を、EUV光277の重心位置におけるX軸座標成分を評価する指標を示す評価値として定義する。制御部8は、数式2の計算値を、EUV光277の重心位置におけるY軸座標成分を評価する指標を示す評価値として定義する。なお、この評価値の定義は、EUV光277の目標重心位置が、図2に示すEUV光センサ43a、43b及び43aの各々から等距離の位置にあることを前提とする。

[数1]

$$EUV\ Centroid_x [\%] = \{(E2 - E3)/(E2 + E3)\} \times 100$$

[数2]

$$EUV\ Centroid_y [\%] = \{(E1 - E3)/(E1 + E3)\} \times 100$$

E1は、EUV光センサ43aの計測値である。E2は、EUV光センサ43bの計測値である。E3は、EUV光センサ43cの計測値である。

$EUVCentroid_x$ は、現在のEUV光277の重心位置におけるX軸座標成分と、目標重心位置におけるX軸座標成分との偏差を規格化した値である。 $EUVCentroid_x$ は、X軸に沿った方向におけるEUV光277のエネルギー分布の偏在性を示す。 $EUVCentroid_y$ は、現在のEUV光277の重心位置におけるY軸座標成分と、目標重心位置におけるY軸座標成分との偏差を規格化した値である。 $EUVCentroid_y$ は、Y軸に沿った方向におけるEUV光277のエネルギー分布の偏在性を示す。

[0044] 制御部8は、EUV光重心制御を実行可能に構成される。

EUV光重心制御とは、EUV光277の生成中に複数のEUV光センサ43a乃至43cのそれぞれの計測結果に基づいてEUV光277の重心位置が目標重心位置となるようレーザ光集光光学系22をフィードバック方式で制御することである。

具体的には、制御部8は、EUV光重心制御として、次のような処理を実行する機能を備える。

[0045] 制御部8は、ターゲット検出信号を生成したタイミングから所定の遅延時間だけ遅延したタイミングで、複数のEUV光センサ43a乃至43cのそれぞれに第1ゲート信号を送信する。

第1ゲート信号は、EUV光277のエネルギーを計測する契機を複数のEUV光センサ43a乃至43cのそれぞれに与える信号である。

複数のEUV光センサ43a乃至43cは、それぞれ第1ゲート信号を受信すると、それぞれEUV光277のエネルギーを計測し、その計測値E1乃至E3を制御部8に送信する。

制御部8は、数式1及び数式2を用いて、EUV光277の重心位置を評価する。

制御部8は、数式1及び数式2のそれぞれの計算値から、現在のEUV光277の重心位置と目標重心位置との偏差を特定する。

制御部8は、EUV光277の重心位置が目標重心位置となるよう、プラ

ズマ生成領域 R 1 に供給されたターゲット 2 7 に対するパルスレーザ光 3 1 の照射位置の目標照射位置を設定する。そして、制御部 8 は、設定された目標照射位置に応じてレーザ光集光光学系 2 2 を制御する。具体的には、制御部 8 は、プラズマ生成領域 R 1 に供給されたターゲット 2 7 に対する現在のパルスレーザ光 3 1 の照射位置と、目標重心位置に応じたパルスレーザ光 3 1 の目標照射位置との偏差を特定する。そして、制御部 8 は、現在のパルスレーザ光 3 1 の集光位置と、目標照射位置に応じたパルスレーザ光 3 1 の目標集光位置との偏差を特定する。そして、制御部 8 は、パルスレーザ光 3 1 の集光位置における偏差が無くなるようなマニピュレータ 2 2 4 の駆動量を決定する。制御部 8 は、決定された駆動量に応じてマニピュレータ 2 2 4 を駆動させ、パルスレーザ光 3 1 の集光位置を移動させる。

それにより、制御部 8 は、プラズマ生成領域 R 1 に供給されたターゲット 2 7 に対するパルスレーザ光 3 1 の照射位置を目標照射位置に略一致させ、EUV 光 2 7 7 の重心位置を目標重心位置に略一致させ得る。

[0046] なお、EUV 光重心制御において、制御部 8 は、マニピュレータ 2 2 4 の代わりに、高反射ミラー 3 3 1 を搭載する上述のステージ及び高反射ミラー 3 3 2 を搭載する上述のステージを駆動させることによって、パルスレーザ光 3 1 の集光位置を移動させてもよい。また、制御部 8 は、パルスレーザ光 3 1 の集光位置の移動量や移動速度に応じて、マニピュレータ 2 2 4、高反射ミラー 3 3 1 を搭載する上述のステージ、及び、高反射ミラー 3 3 2 を搭載する上述のステージ、の何れかを駆動させてもよい。

[0047] 制御部 8 が EUV 光重心制御を実行することにより、プラズマ生成領域 R 1 に供給されたターゲット 2 7 の位置とパルスレーザ光 3 1 の集光位置との相対的な位置関係が適切な位置関係となる。すなわち、制御部 8 が EUV 光重心制御を実行することにより、プラズマ生成領域 R 1 に供給されたターゲット 2 7 に対するパルスレーザ光 3 1 の照射位置が適切な位置となる。

[0048] プラズマ生成領域 R 1 に供給されたターゲット 2 7 の位置とパルスレーザ光 3 1 の集光位置との相対的な位置関係がずれると、EUV 光生成装置 1 か

ら出力されるEUV光277の性能が劣化することがある。

EUV光277の性能を評価する指標は、例えば、EUV光277のエネルギー又はエネルギー安定性である。EUV光277の性能が劣化するとは、例えば、EUV光生成装置1から出力されるEUV光277のエネルギー又はエネルギー安定性がそれらの許容範囲から外れることである。EUV光277のエネルギー安定性とは、EUV光277のエネルギーのばらつきであり、例えば3 $\sigma$ で記述される。

[0049] なお、プラズマ生成領域R1に供給されたターゲット27に対するパルスレーザ光31の照射位置を、単に、パルスレーザ光31の照射位置ともいう。

プラズマ生成領域R1に供給されたターゲット27に対してパルスレーザ光31を照射することを、シューティングともいう。

プラズマ生成領域R1に供給されたターゲット27の位置とパルスレーザ光31の集光位置との相対的な位置関係がずれることを、シューティングずれともいう。

[0050] [2.4 課題]

プラズマ275から放射された放射光276は、プラズマ生成領域R1を中心として等方的に発散すると考えられる。

このため、複数のEUV光センサ43a乃至43cのそれぞれの検出感度が略同じである場合、EUV光277の生成効率の高いシューティング条件においては、複数のEUV光センサ43a乃至43cのそれぞれの計測値E1乃至E3が、略同じ値となる。この場合、EUV光277の重心位置を評価する指標である数式1及び数式2のそれぞれの計算値は、略ゼロになる。

数式1及び数式2のそれぞれの計算値が略ゼロになることは、EUV光277の重心位置が目標重心位置に略一致することを意味する。言い換えると、複数のEUV光センサ43a乃至43cのそれぞれの検出感度が略同じである場合、数式1及び数式2のそれぞれの計算値に対応した目標重心位置は、ゼロに設定される。

[0051] 一方、複数のEUV光センサ43a乃至43cのそれぞれには個体差があることが多い。このため、複数のEUV光センサ43a乃至43cのそれぞれの検出感度には有意な差がある場合がある。この場合、EUV光277の重心位置が目標重心位置に略一致していたとしても、数式1及び数式2のそれぞれの計算値は略ゼロにならないことがある。

また、複数のEUV光センサ43a乃至43cのそれぞれは、EUV光277の生成に寄与しないターゲット27であるデブリによって汚染されることがある。この際、EUV光センサ43の汚染のされ方は、複数のEUV光センサ43a乃至43cのそれぞれによって異なる場合がある。この場合、EUV光277の重心位置が目標重心位置に略一致していたとしても、数式1及び数式2のそれぞれの計算値は略ゼロにならないことがある。

よって、比較例に係る制御部8は、数式1及び数式2の各計算値に対応した目標重心位置を一意的にゼロに設定してEUV光重心制御を実行しても、パルスレーザ光31の照射位置が適切な位置とならず、シューティングずれを抑制できないことがある。

[0052] したがって、EUV光277の重心位置における目標重心位置を較正することでEUV光重心制御を適切に実行し、シューティングずれを抑制し得る技術が望まれている。

[0053] [3. 第1実施形態]

図2乃至図13を用いて、第1実施形態のEUV光生成装置1について説明する。

第1実施形態のEUV光生成装置1は、EUV光277の重心位置における目標重心位置を較正する機能を備える。

第1実施形態のEUV光生成装置1の構成及び動作において、比較例の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。

[0054] [3. 1 構成]

第1実施形態のEUV光生成装置1は、照射位置調節部7を備えてもよい。

照射位置調節部 7 は、パルスレーザ光 3 1 の照射位置を調節する機構である。

照射位置調節部 7 は、図 2 に示されたレーザ光集光光学系 2 2 を用いて構成される。

なお、照射位置調節部 7 は、EUV 光重心制御において、マニピュレータ 2 2 4 の代わりに、高反射ミラー 3 3 1 を搭載する上述のステージ及び高反射ミラー 3 3 2 を搭載する上述のステージを駆動させる場合、これらのステージを用いて構成されてもよい。或いは、照射位置調節部 7 は、高反射ミラー 3 3 1 及び 3 3 2 を搭載するこれらのステージと、レーザ光集光光学系 2 2 とを用いて構成されてもよい。

照射位置調節部 7 の動作は、制御部 8 によって制御される。

[0055] 第 1 実施形態に係る制御部 8 は、EUV 光重心制御を実行するにあたって、EUV 光 2 7 7 の重心位置における目標重心位置を校正する機能を含む。

具体的には、制御部 8 は、EUV 光重心制御を実行するにあたって、互いに位置が異なる複数の走査水準を含む走査水準群に従ってパルスレーザ光 3 1 の照射位置が走査されるよう照射位置調節部 7 を制御する。そして、制御部 8 は、複数の走査水準のそれぞれで EUV 光センサ 4 3 の計測結果を取得する。そして、制御部 8 は、取得された EUV 光センサ 4 3 の計測結果から、複数の走査水準のそれぞれでの EUV 光 2 7 7 の重心位置の評価値を特定する。そして、制御部 8 は、取得された EUV 光センサ 4 3 の計測結果と、特定された重心位置の評価値とに基づいて、EUV 光 2 7 7 の重心位置における目標重心位置を校正する。

[0056] 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 と同様である。

[0057] [3. 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、EUV 光 2 7 7 の重心位置における目標重心位置を校正する際に、第 1 実施形態に係る制御部 8 が実行する処理について説明する。なお、この「重心

位置における目標重心位置」とは、言い換えれば、重心位置の目標値である。

EUV光重心制御を実行するにあたって、EUV光277の重心位置における目標重心位置を較正するために制御部8が実行する処理を、単に、目標重心位置の較正処理ともいう。

[0058] 図4は、第1実施形態に係る制御部8によって実行される目標重心位置の較正処理を説明するためのフローチャートを示す。図5は、図4のステップS1において設定される走査水準群の例を示す。図6は、図4のステップS7において作成されるEUV光277のエネルギーの分布図の例を示す。図7は、図4のステップS7において作成されるEUV光277の重心位置のX軸座標成分における評価値の分布図の例を示す。図8は、図4のステップS7において作成されるEUV光277の重心位置のY軸座標成分における評価値の分布図の例を示す。

制御部8が目標重心位置の較正処理を実行する時期については、図21を用いて後述する。

[0059] ステップS1において、制御部8は、走査水準群を設定する。

制御部8は、パルスレーザ光31の照射位置がプラズマ生成領域R1に交差するXY平面上で走査されるよう照射位置調節部7を制御する。そして、制御部8は、走査毎にEUV光センサ43の計測結果を取得する。

パルスレーザ光31のプラズマ生成領域R1におけるレイリー長は、1000 $\mu$ m以上10000 $\mu$ m以下である。このため、パルスレーザ光31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31の照射位置をZ軸方向において走査させても、EUV光重心制御には大きな影響を及ぼさない。よって、制御部8は、照射位置調節部7に、プラズマ生成領域R1に交差するXY平面上でパルスレーザ光31の照射位置を走査させる。なお、XY平面は、プラズマ生成領域R1に向かって進行するパルスレーザ光31の進行方向に垂直な平面である。

[0060] 制御部 8 は、パルスレーザ光 3 1 の照射位置を走査させる場合、図 5 に示されるような、互いに位置が異なる複数の走査水準を含む走査水準群に従って走査させる。すなわち、走査水準群に含まれる複数の走査水準のそれぞれは、パルスレーザ光 3 1 の照射位置が走査される位置である。図 5 の矢印は、走査水準の進行順番を示している。

走査水準群は、図 5 に示されるように、現在の照射位置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る。走査水準群に含まれる複数の走査水準は、プラズマ生成領域 R 1 に交差する X Y 平面上において X 軸及び Y 軸に沿って配列された複数の位置を示す。

走査水準群は、走査幅 R 及び間隔 S によって決定される。走査幅 R は、走査水準群全体が示す走査範囲の X 軸及び Y 軸に沿った方向における各幅である。間隔 S は、複数の走査水準のそれぞれの走査間隔である。

走査幅 R は、プラズマ生成領域 R 1 におけるパルスレーザ光 3 1 の照射径 D に応じて決定される。照射径 D は、予め実験又はシミュレーション等により決定される。或いは、照射径 D は、レーザ光集光光学系 2 2 又はレーザ光伝送光学系 3 3 に含まれる光学素子の配置角度等から推定されてもよい。走査幅 R は、例えば、 $(1/3)D$  以上  $(2/3)D$  以下の範囲に含まれる長さである。走査幅 R は、例えば  $(2/3)D$  である。

間隔 S は、 $(R/N)$  から算出される。N は、走査幅 R を X 軸及び Y 軸に沿った方向においてそれぞれ複数の走査水準に分割する場合の分割数である。すなわち、分割数が N である場合、X 軸及び Y 軸方向における走査水準の数は、それぞれ  $N + 1$  となる。分割数 N は、例えば 2 以上 6 以下の自然数である。

具体例を挙げると、照射径 D は、例えば  $120 \mu\text{m}$  である。走査幅 R は、照射径 D が  $120 \mu\text{m}$  である場合、例えば  $80 \mu\text{m}$  である。分割数 N は、図 5 に示されるように、例えば 6 である。間隔 S は、走査幅 R が  $80 \mu\text{m}$  であると共に分割数 N が 6 である場合、例えば  $13 \mu\text{m}$  である。

なお、走査幅 R は、パルスレーザ光 3 1 のビームウエスト部分におけるビ

ーム径であるパルスレーザ光 3 1 のスポット径に応じて決定されてもよい。この場合、走査幅 R は、上述の照射径 D をパルスレーザ光 3 1 のスポット径に置き換えることで決定される。

[0061] 制御部 8 は、予め複数の走査水準群を保持し、パルスレーザ光 3 1 の照射条件及び照射径 D に応じて読み込んでもよい。或いは、制御部 8 は、パルスレーザ光 3 1 の照射条件及び照射径 D に応じて走査水準群を作成してもよい。そして、制御部 8 は、読み込まれた走査水準群、又は、作成された走査水準群を設定する。

[0062] ステップ S 2 において、制御部 8 は、設定された走査水準群に従ってパルスレーザ光 3 1 の照射位置が走査されるよう、照射位置調節部 7 を制御する。

[0063] ステップ S 3 において、制御部 8 は、トリガ信号をレーザ装置 3 に送信し、パルスレーザ光 3 1 をターゲット 2 7 に照射させる。EUV 光 2 7 7 が生成される。

[0064] ステップ S 4 において、制御部 8 は、EUV 光センサ 4 3 の計測結果を取得する。

具体的には、制御部 8 は、複数の EUV 光センサ 4 3 a 乃至 4 3 c のそれぞれから送信された複数の計測値に統計処理を施し、EUV 光 2 7 7 のエネルギーを取得する。EUV 光 2 7 7 のエネルギーは、複数の EUV 光センサ 4 3 a 乃至 4 3 c のそれぞれから送信された複数の計測値の平均値であってもよい。

制御部 8 は、EUV 光 2 7 7 のエネルギーを、EUV センサ 4 3 の計測結果として取得し、現在の走査水準に対応付けて記憶する。

なお、制御部 8 は、EUV 光 2 7 7 のエネルギーに加えて、EUV 光 2 7 7 のエネルギーのばらつきを、EUV センサ 4 3 の計測結果として取得してもよい。EUV 光 2 7 7 のエネルギーのばらつきは、例えば  $3\sigma$  であってもよい。

[0065] ステップ S 5 において、制御部 8 は、EUV 光 2 7 7 の重心位置の評価値

を特定する。

具体的には、制御部 8 は、ステップ S 4 において取得された E U V 光センサ 4 3 の計測結果から、数式 1 及び数式 2 を計算する。そして、制御部 8 は、数式 1 の計算値を、E U V 光 2 7 7 の重心位置の X 軸座標成分における評価値として特定する。制御部 8 は、数式 2 の計算値を、E U V 光 2 7 7 の重心位置の Y 軸座標成分における評価値として特定する。そして、制御部 8 は、E U V 光 2 7 7 の重心位置の評価値として特定された数式 1 及び数式 2 のそれぞれの計算値を、現在の走査水準に対応付けて記憶する。

[0066] ステップ S 6 において、制御部 8 は、設定された走査水準群に含まれる複数の走査水準の全てが走査されたか否かを判定する。

制御部 8 は、全ての走査水準が走査されていない場合は、ステップ S 2 に移行する。一方、制御部 8 は、全ての走査水準が走査されたならば、ステップ S 7 に移行する。

[0067] ステップ S 7 において、制御部 8 は、各走査水準に対応付けて記憶された E U V 光センサ 4 3 の計測結果に基づいて、図 6 に示されるような E U V 光 2 7 7 のエネルギーの分布図を作成する。加えて、制御部 8 は、各走査水準に対応付けて記憶された数式 1 の計算値に基づいて、図 7 に示されるような E U V 光 2 7 7 の重心位置の X 軸座標成分における評価値の分布図を作成する。加えて、制御部 8 は、各走査水準に対応付けて記憶された数式 2 の計算値に基づいて、図 8 に示されるような E U V 光 2 7 7 の重心位置の Y 軸座標成分における評価値の分布図を作成する。

[0068] ステップ S 8 において、制御部 8 は、ステップ S 7 において作成された各分布図に基づいて、目標重心位置を決定する。

制御部 8 が目標重心位置を決定する処理については、図 6 乃至図 1 3 を用いて後述する。

[0069] ステップ S 9 において、制御部 8 は、ステップ S 8 において決定された目標重心位置を新たな目標重心位置に設定する。そして、制御部 8 は、E U V 光重心制御に移行する。

制御部 8 は、EUV 光 277 の重心位置が新たな目標重心位置となるよう、パルスレーザ光 31 の照射位置の目標照射位置を設定する。そして、制御部 8 は、設定された目標照射位置に応じて照射位置調節部 7 を制御する。

[0070] 具体的には、制御部 8 は、現在のパルスレーザ光 31 の照射位置と、新たな目標重心位置に応じたパルスレーザ光 31 の新たな目標照射位置との偏差を特定する。

そして、制御部 8 は、現在のパルスレーザ光 31 の集光位置と、新たな目標照射位置に応じたパルスレーザ光 31 の新たな目標集光位置との偏差を特定する。そして、制御部 8 は、パルスレーザ光 31 の集光位置における偏差が無くなるような照射位置調節部 7 の調節量を決定する。

或いは、制御部 8 は、パルスレーザ光 31 の照射位置における偏差と、照射位置調節部 7 の調節量との対応関係を示すテーブルを予め保持している。そして、制御部 8 は、このテーブルを参照することで、パルスレーザ光 31 の照射位置における偏差が無くなるような照射位置調節部 7 の調節量を決定する。また、制御部 8 は、パルスレーザ光 31 の照射位置における偏差と照射位置調節部 7 の調節量との対応関係が定義された関数を予め保持していてもよい。そして、制御部 8 は、この関数を計算することで、パルスレーザ光 31 の照射位置における偏差が無くなるような照射位置調節部 7 の調節量を決定してもよい。

そして、制御部 8 は、決定された調節量に応じて照射位置調節部 7 を制御し、パルスレーザ光 31 の集光位置を移動させる。それにより、制御部 8 は、パルスレーザ光 31 の照射位置を新たな目標照射位置に略一致させ、EUV 光 277 の重心位置を新たな目標重心位置に略一致させ得る。

このようにして、制御部 8 は、EUV 光重心制御を実行するにあたって、その都度、目標重心位置を校正し得る。

[0071] [3.3 目標重心位置の決定]

図 6 乃至図 13 を用いて、図 4 のステップ S8 において制御部 8 が目標重心位置を決定する処理について説明する。

図9は、図6に示された走査水準Aを中心としてX軸及びY軸に沿って配列された複数の走査水準と、これらの走査水準に対応付けて記憶されたEUV光センサ43の計測結果とを示す。図10は、図6に示された走査水準Aを中心としてX軸に沿って配列された複数の走査水準と、これらの走査水準に対応付けて記憶されたEUV光277の重心位置のX軸座標成分における評価値とを示す。図11は、図6に示された走査水準Aを中心としてY軸に沿って配列された複数の走査水準と、これらの走査水準に対応付けて記憶されたEUV光277の重心位置のY軸座標成分における評価値とを示す。図12は、X軸に沿った方向においてのEUV光277のエネルギー分布と重心位置の評価値の分布とを示す。図13は、Y軸に沿った方向においてのEUV光277のエネルギー分布と重心位置の評価値の分布とを示す。

制御部8は、図4のステップS7において作成された分布図に基づいて次のような処理を行うことによって、目標重心位置を決定する。

[0072] 具体的には、制御部8は、図6に示されるように、設定された走査水準群に含まれる複数の走査水準のそれぞれで取得されたEUV光センサ43の計測結果のうちで、EUV光277のエネルギーが所定範囲内にある走査水準の範囲Kを特定する。所定範囲は、例えば、EUV光277のエネルギーが上位10%以内にある範囲である。

続いて、制御部8は、特定された範囲K内にある各走査水準に対応付けて記憶されたEUV光センサ43の各計測結果についての加重平均値を計算する。そして、制御部8は、図6に示されるように、この加重平均値に最も近いEUV光センサ43の計測結果が取得された走査水準Aを特定する。

続いて、制御部8は、図9に示されるように、特定された走査水準Aを中心としてX軸に沿って配列された複数の走査水準と、特定された走査水準Aを中心としてY軸に沿って配列された複数の走査水準とを特定する。

[0073] 続いて、制御部8は、図10に示されるように、走査水準Aを中心としてX軸に沿って配列された複数の走査水準に対応付けて記憶されたEUV光277の重心位置のX軸座標成分における評価値を特定する。加えて、制御部

8は、図11に示されるように、走査水準Aを中心としてY軸に沿って配列された複数の走査水準に対応付けて記憶されたEUV光277の重心位置のY軸座標成分における評価値を特定する。

そして、制御部8は、図12の実線で示されるように、図10のように特定された評価値から、走査水準Aを中心としX軸に沿った方向においてのEUV光277の重心位置の評価値の分布を求める。加えて、制御部8は、図13の実線で示されるように、図11のように特定された評価値から、走査水準Aを中心としY軸に沿った方向においてのEUV光277の重心位置の評価値の分布を求める。

[0074] EUV光277の重心位置の評価値の各分布は、それぞれ図12及び図13の実線で示されるように、走査水準A及びその付近の位置においてそれぞれ線形的に変化し、走査水準Aから離れた位置においてそれぞれ非線形的に変化する。EUV光277の重心位置の評価値の分布が非線形的に変化する部分は、パルスレーザ光31の照射位置が適切な位置から外れ、比較的大きなシューティングずれが発生する照射位置と考えられる。

そこで、制御部8は、図12及び図13の各破線で示されるように、EUV光277の重心位置の評価値の各分布を、それぞれ3次関数でフィッティングする。そして、制御部8は、フィッティングされたそれぞれの3次関数が示す3次曲線における各変曲点に対応する位置を、目標重心位置に決定する。すなわち、制御部8は、図12の破線で示された3次曲線の変曲点に対応する位置を、目標重心位置のX軸座標成分に決定する。制御部8は、図13の破線で示された3次曲線の変曲点に対応する位置を、目標重心位置のY軸座標成分に決定する。

或いは、制御部8は、EUV光277の重心位置の評価値の各分布を、それぞれ1次関数でフィッティングしてもよい。そして、制御部8は、フィッティングされたそれぞれの1次関数が示す線分における各中点に対応する位置を、目標重心位置のX軸及びY軸座標成分に決定してもよい。

或いは、制御部8は、EUV光277の重心位置の評価値の各分布におけ

る最大値及び最小値を特定してもよい。そして、制御部 8 は、特定されたそれぞれの最大値及び最小値における各平均値に対応する位置を、目標重心位置の X 軸及び Y 軸座標成分に決定してもよい。

[0075] また、制御部 8 は、図 9 に示されるように、走査水準 A を中心として X 軸に沿って配列された複数の走査水準に対応付けて記憶された E U V 光センサ 4 3 の計測結果を特定する。加えて、制御部 8 は、図 9 に示されるように、走査水準 A を中心として Y 軸に沿って配列された複数の走査水準に対応付けて記憶された E U V 光センサ 4 3 の計測結果を特定する。

そして、制御部 8 は、図 1 2 の太い一点鎖線で示されるように、図 9 のように特定された E U V 光センサ 4 3 の計測結果から、走査水準 A を中心とし X 軸に沿った方向においての E U V 光 2 7 7 のエネルギー分布を求める。加えて、制御部 8 は、図 1 3 の太い一点鎖線で示されるように、図 9 のように特定された E U V 光センサ 4 3 の計測結果から、走査水準 A を中心とし Y 軸に沿った方向においての E U V 光 2 7 7 のエネルギー分布を求める。

そして、制御部 8 は、図 1 2 及び図 1 3 のそれぞれの細い一点鎖線で示されるように、E U V 光 2 7 7 の各エネルギー分布を、それぞれ 2 次関数又はガウス関数でフィッティングする。

[0076] 第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 の他の動作については、比較例の E U V 光生成装置 1 と同様である。

[0077] [ 3 . 4 作用効果 ]

第 1 実施形態に係る制御部 8 は、E U V 光重心制御を実行するにあたって、その都度、E U V 光 2 7 7 の重心位置における目標重心位置を較正し得る。すなわち、制御部 8 は、検出感度や汚染のされ方等の影響で E U V 光センサ 4 3 の計測精度が安定していなくても、その計測精度を考慮した最適な位置に目標重心位置を較正し得る。

それにより、第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 は、適切な E U V 光重心制御を恒常的に実行し得るため、パルスレーザ光 3 1 の照射位置を適切な位置に制御し得る。

その結果、第1実施形態のEUV光生成装置1は、シューティングずれを抑制し得るため、EUV光277の性能劣化を抑制し得る。

[0078] [4. 第2実施形態]

図6乃至図8及び図14乃至図18を用いて、第2実施形態のEUV光生成装置1について説明する。

第2実施形態のEUV光生成装置1は、第1実施形態のEUV光生成装置1と同様の構成を備える。

但し、第2実施形態のEUV光生成装置1は、第1実施形態のEUV光生成装置1に対して、EUV光277の重心位置における目標重心位置を決定する処理に関する制御部8の動作が異なる。

第2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。

[0079] 図14は、図6に示された走査水準Bを中心としてX軸及びY軸に沿って配列された複数の走査水準と、これらの走査水準に対応付けて記憶されたEUV光センサ43の計測結果とを示す。図15は、図6に示された走査水準B中心としてX軸に沿って配列された複数の走査水準と、これらの走査水準に対応付けて記憶されたEUV光277の重心位置のX軸座標成分における評価値とを示す。図16は、図6に示された走査水準Bを中心としてY軸に沿って配列された複数の走査水準と、これらの走査水準に対応付けて記憶されたEUV光277の重心位置のY軸座標成分における評価値とを示す。図17は、走査水準Bを中心としX軸に沿った方向においてのEUV光277のエネルギー分布と重心位置の評価値の分布とを示す。図18は、走査水準Bを中心としY軸に沿った方向においてのEUV光277のエネルギー分布と重心位置の評価値の分布とを示す。

[0080] 第2実施形態に係る制御部8は、図4のステップS7において作成された分布図に基づいて次のような処理を行うことによって、目標重心位置を決定する。

[0081] 具体的には、制御部8は、図6に示されるように、設定された走査水準群

に含まれる複数の走査水準のそれぞれで取得されたEUV光センサ43の計測結果のうちで、EUV光277のエネルギーが最大である走査水準Bを特定する。

続いて、制御部8は、図14に示されるように、特定された走査水準Bを中心としてX軸に沿って配列された複数の走査水準と、特定された走査水準Bを中心としてY軸に沿って配列された複数の走査水準とを特定する。

[0082] 続いて、制御部8は、図15に示されるように、走査水準Bを中心としてX軸に沿って配列された複数の走査水準に対応付けて記憶されたEUV光277の重心位置のX軸座標成分における評価値を特定する。加えて、制御部8は、図16に示されるように、走査水準Bを中心としてY軸に沿って配列された複数の走査水準に対応付けて記憶されたEUV光277の重心位置のY軸座標成分における評価値を特定する。

そして、制御部8は、図17の実線で示されるように、図15のように特定された評価値から、走査水準Bを中心としX軸に沿った方向においてのEUV光277の重心位置の評価値の分布を求める。加えて、制御部8は、図18の実線で示されるように、図16のように特定された評価値から、走査水準Bを中心としY軸に沿った方向においてのEUV光277の重心位置の評価値の分布を求める。

[0083] 第2実施形態に係る制御部8は、第1実施形態と同様に、EUV光277の重心位置の評価値の各分布を、図17及び図18の各破線で示されるように、それぞれ3次関数でフィッティングする。そして、制御部8は、フィッティングされたそれぞれの3次関数が示す3次曲線における各変曲点に対応する位置を、目標重心位置に決定する。

或いは、制御部8は、第1実施形態と同様に、EUV光277の重心位置の評価値の各分布を、それぞれ1次関数でフィッティングしてもよい。そして、制御部8は、フィッティングされたそれぞれの1次関数が示す線分における各中点に対応する位置を、目標重心位置に決定してもよい。

或いは、制御部8は、第1実施形態と同様に、EUV光277の重心位置

の評価値の各分布における最大値及び最小値を特定してもよい。そして、制御部 8 は、特定されたそれぞれの最大値及び最小値における各平均値に対応する位置を、目標重心位置に決定してもよい。

[0084] 第 2 実施形態の E U V 光生成装置 1 の他の動作については、第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 と同様である。

[0085] 第 2 実施形態の E U V 光生成装置 1 は、第 1 実施形態と同様に、E U V 光 2 7 7 の重心位置における目標重心位置を都度較正し、適切な E U V 光重心制御を恒常的に実行し得る。

その結果、第 2 実施形態の E U V 光生成装置 1 は、第 1 実施形態と同様に、シューティングずれを抑制し、E U V 光 2 7 7 の性能劣化を抑制し得る。

[0086] [ 5. 第 3 実施形態 ]

図 1 9 及び図 2 0 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 では、プラズマ生成領域 R 1 に供給された 1 つのターゲット 2 7 に対して複数のパルスレーザ光 3 1 が照射される。そのために、第 3 実施形態に係るレーザ装置 3 は、第 1 又は第 2 実施形態に係るレーザ装置 3 と異なる構成を備える。

更に、第 3 実施形態の E U V 光生成装置 1 は、第 1 又は第 2 実施形態の E U V 光生成装置 1 に対して、レーザ光伝送光学系 3 3 及び照射位置調節部 7 の構成が異なると共に、遅延回路 8 1 が追加された構成を備える。

また、第 3 実施形態の E U V 光生成装置 1 は、第 1 又は第 2 実施形態の E U V 光生成装置 1 に対して、目標重心位置の較正処理に関する制御部 8 の動作が異なる。

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 又は第 2 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。

[0087] [ 5. 1 構成 ]

図 1 9 は、第 3 実施形態の E U V 光生成装置 1 を備える E U V 光生成シス

テム 11 の構成を説明するための図を示す。

第3実施形態に係るレーザ装置3は、プラズマ生成領域R1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する。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する。

レーザ装置3は、メインパルスレーザ装置3aと、第1プリパルスレーザ装置3bと、第2プリパルスレーザ装置3cとを備える。

[0088] 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である。メインパルスレーザ装置3aは、CO<sub>2</sub>レーザ装置等のガスレーザ装置である。

メインパルスレーザ光31aは、プラズマ275を生成してEUV光277を生成するためにターゲット27に照射されるレーザ光である。

[0089] 第1及び第2プリパルスレーザ装置3b及び3cは、それぞれ、第1及び第2プリパルスレーザ光31b及び31cを出力するレーザ装置3である。第1及び第2プリパルスレーザ装置3b及び3cのそれぞれは、YAGレーザ装置等の固体レーザ装置である。

第1及び第2プリパルスレーザ光31b及び31cのそれぞれは、メインパルスレーザ光31aがターゲット27に照射される前段階として、ターゲット27に照射されるレーザ光である。

第1及び第2プリパルスレーザ光31b及び31cの波長は、互いに異なってもよい。

なお、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。

[0090] 第3実施形態に係るレーザ光伝送光学系33は、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351とを含む。

[0091] 高反射ミラー341は、メインパルスレーザ装置3aから出力されたメイ

ンパルスレーザー光31aをビームコンバイナ351に向けて反射するミラーである。

[0092] ミラー342は、第1プリパルスレーザー装置3bから出力された第1プリパルスレーザー光31bをビームコンバイナ351に向けて反射するミラーである。加えて、ミラー342は、第1ミラー光学系343で反射された第2プリパルスレーザー光31cをビームコンバイナ351に向けて透過させるミラーである。

[0093] 第1ミラー光学系343は、第2プリパルスレーザー装置3cから出力された第2プリパルスレーザー光31cを、第1プリパルスレーザー光31bと略同一の光路軸でビームコンバイナ351に導入する光学系である。

第1ミラー光学系343は、レーザー光集光光学系22に入射する前の第2プリパルスレーザー光31cの光路上に配置される。

第1ミラー光学系343は、高反射ミラー344と、ステージ345とを含む。

高反射ミラー344は、第2プリパルスレーザー装置3cから出力された第2プリパルスレーザー光31cを、ミラー342を介して、ビームコンバイナ351に向けて反射するミラーである。

高反射ミラー344は、ステージ345に搭載される。

ステージ345は、高反射ミラー344の位置及び姿勢の少なくとも1つを調節する機構である。ステージ345は、高反射ミラー344で反射された第2プリパルスレーザー光31cの光路軸が、ミラー342で反射された第1プリパルスレーザー光31bの光路軸と略同一となるよう、高反射ミラー344の位置及び姿勢を調節する機構である。

ステージ345の駆動は、制御部8によって制御される。

[0094] ビームコンバイナ351は、第1及び第2プリパルスレーザー光31b及び31cとメインパルスレーザー光31aとを略同一の光路軸に結合してチャンバ2内に導入する光学系である。

ビームコンバイナ351は、ダイクロイックミラー352と、第2ミラー

光学系 353 とを含む。

ダイクロイックミラー 352 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 を、ウインドウ 215 に向けて反射するミラーである。ダイクロイックミラー 352 は、第 2 ミラー光学系 353 で反射されたメインパルスレーザ光 31a をウインドウ 215 に向けて透過させるミラーである。

第 2 ミラー光学系 353 は、高反射ミラー 341 で反射されたメインパルスレーザ光 31a を、ダイクロイックミラー 352 で反射された第 1 及び第 2 プリパルスレーザ光 31b 及び 31c と略同一の光路軸でチャンバ 2 内に導入する光学系である。

第 2 ミラー光学系 353 は、レーザ光集光光学系 22 に入射する前のメインパルスレーザ光 31a の光路上に配置される。

第 2 ミラー光学系 353 は、高反射ミラー 354 と、ステージ 355 とを含む。

高反射ミラー 354 は、高反射ミラー 341 で反射されたメインパルスレーザ光 31a を、ダイクロイックミラー 352 を介して、ウインドウ 215 に向けて反射するミラーである。

高反射ミラー 354 は、ステージ 355 に搭載される。

ステージ 355 は、高反射ミラー 354 の位置及び姿勢の少なくとも 1 つを調節する機構である。ステージ 355 は、高反射ミラー 354 で反射されたメインパルスレーザ光 31a の光路軸が、ダイクロイックミラー 352 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 354 の位置及び姿勢を調節する機構である。

ステージ 355 の駆動は、制御部 8 によって制御される。

[0095] 第 3 実施形態に係る照射位置調節部 7 は、第 1 実施形態と同様に、レーザ光集光光学系 22 を用いて構成される。或いは、照射位置調節部 7 は、第 1 及び第 2 ミラー光学系 343 及び 353 を用いて構成される。或いは、照射位置調節部 7 は、第 1 及び第 2 ミラー光学系 343 及び 353 と、レーザ光

集光光学系 22 とを用いて構成される。

[0096] 第3実施形態に係る遅延回路 81 は、制御部 8 によって設定された遅延時間に応じて、レーザ装置 3 からのパルスレーザ光 31 の出力タイミングを調節する回路である。

[0097] 第3実施形態のEUV光生成装置 1 の他の構成については、第1又は第2実施形態のEUV光生成装置 1 と同様である。

[0098] [5.2 動作]

第3実施形態のEUV光生成装置 1 の動作について説明する。

まず、第3実施形態に係るレーザ装置 3 の動作を制御する制御部 8 及び遅延回路 81 の動作について説明する。

第3実施形態に係る制御部 8 は、遅延時間  $T_d1$  乃至  $T_d3$  を遅延回路 81 に設定する。

遅延時間  $T_d1$  は、第1プリパルスレーザ光 31b がプラズマ生成領域 R1 に集光されるタイミングを、ターゲット 27 がプラズマ生成領域 R1 に供給されるタイミングに略一致させるための時間である。

遅延時間  $T_d2$  は、第2プリパルスレーザ光 31c がプラズマ生成領域 R1 に集光されるタイミングを、第1プリパルスレーザ光 31b が照射されたターゲット 27 が適切に拡散するタイミングに略一致させるための時間である。

遅延時間  $T_d3$  は、メインパルスレーザ光 31a がプラズマ生成領域 R1 に集光されるタイミングを、第2プリパルスレーザ光 31c が照射されたターゲット 27 が適切に拡散するタイミングに略一致させるための時間である。

[0099] 制御部 8 は、ターゲット検出領域 R2 の通過タイミングで生成されたターゲット検出信号を、そのまま遅延回路 81 に送信する。

[0100] 遅延回路 81 は、ターゲット検出信号を受信したタイミングから遅延時間  $T_d1$  だけ遅延したタイミングで、第1プリパルスレーザ光 31b を出力する契機を与える第1トリガ信号を第1プリパルスレーザ装置 3b に送信する

。すなわち、遅延回路 8 1 は、ターゲット検出領域 R 2 の通過タイミングに遅延時間 T d 1 を付加したタイミングで、第 1 プリパルスレーザ装置 3 b から第 1 プリパルスレーザ光 3 1 b を出力させる。

それにより、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、プラズマ生成領域 R 1 に供給されたターゲット 2 7 に照射される。第 1 プリパルスレーザ光 3 1 b が照射されたターゲット 2 7 は、マイクロドロップレット及びクラスタ等の微粒子がミスト状に拡散した状態となる。

[0101] 遅延回路 8 1 は、第 1 プリパルスレーザ光 3 1 b と同様に、ターゲット検出領域 R 2 の通過タイミングに遅延時間 T d 2 を付加したタイミングで、第 2 プリパルスレーザ装置 3 c から第 2 プリパルスレーザ光 3 1 c を出力させる。

それにより、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 は、第 1 プリパルスレーザ光 3 1 b が照射され適切に拡散したターゲット 2 7 に照射される。第 2 プリパルスレーザ光 3 1 c が照射されたターゲット 2 7 は、更に微細になった微粒子と、ターゲット 2 7 の蒸気とを含んで拡散した状態となる。第 2 プリパルスレーザ光 3 1 c が照射されたターゲット 2 7 は、ターゲット 2 7 の一部がプラズマ化してイオン又は中性粒子を含むプリプラズマを含んだ状態であってもよい。

[0102] 遅延回路 8 1 は、第 1 及び第 2 プリパルスレーザ光 3 1 b 及び 3 1 c と同様に、ターゲット検出領域 R 2 の通過タイミングに遅延時間 T d 3 を付加したタイミングで、メインパルスレーザ装置 3 a からメインパルスレーザ光 3 1 a を出力させる。

それにより、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、第 2 プリパルスレーザ光 3 1 c が照射され適切に拡散したターゲット 2 7 に照射される。メインパルスレーザ光 3 1 a が照射されたターゲット 2 7 は、プラズマ化して、EUV 光 2 7 7 を含む放射光 2 7 6 を放射する。

第2プリパルスレーザ光31cが照射されたターゲット27に対するメインパルスレーザ光31aの照射は、プラズマ生成領域R1に供給されたターゲット27に対するメインパルスレーザ光31aの照射に比べて、EUV光277の生成効率を高め得る。

[0103] 続いて、図20を用いて、第3実施形態に係る制御部8が実行する目標重心位置の校正処理について説明する。

図20は、第3実施形態に係る制御部8によって実行される目標重心位置の校正処理を説明するためのフローチャートを示す。

[0104] ステップS11において、制御部8は、図4に示されたステップS1と同様の処理を実行する。

[0105] ステップS12において、制御部8は、設定された走査水準群に従って、第1及び第2プリパルス並びにメインパルスレーザ光31a乃至31cの照射位置が走査されるよう、照射位置調節部7を制御する。

具体的には、制御部8は、第1及び第2プリパルス並びにメインパルスレーザ光31a乃至31cの照射位置が走査されるよう、レーザ光集光光学系22を制御する。この際、制御部8は、レーザ光集光光学系22に加えて、第1及び第2ミラー光学系343及び353を制御してもよい。

[0106] ステップS13において、制御部8は、第1乃至第3トリガ信号を第1及び第2プリパルス並びにメインパルスレーザ装置3a乃至3cにそれぞれ送信し、第1及び第2プリパルス並びにメインパルスレーザ光31a乃至31cをターゲット27に照射させる。

[0107] ステップS14乃至S19において、制御部8は、図4に示されたステップS4乃至S9と同様の処理を実行する。

[0108] 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又は第2実施形態のEUV光生成装置1と同様である。

[0109] [5.3 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31が複数のパルスレーザ光から構成されていても、第1又は第2実施形態と同様に、EUV

光 277 の重心位置における目標重心位置を都度較正し、適切な E U V 光重心制御を恒常的に実行し得る。

その結果、第 3 実施形態の E U V 光生成装置 1 は、第 1 又は第 2 実施形態と同様に、シューティングずれを抑制し、E U V 光 277 の性能劣化を抑制し得る。

[0110] [6. 第 4 実施形態]

図 21 を用いて、第 4 実施形態の E U V 光生成装置 1 について説明する。

第 4 実施形態の E U V 光生成装置 1 は、第 1、第 2 又は第 3 実施形態の E U V 光生成装置 1 と同様の構成を備える。

第 4 実施形態の E U V 光生成装置 1 は、第 1、第 2 又は第 3 実施形態の E U V 光生成装置 1 に対して、目標重心位置の較正処理に関する制御部 8 の動作が異なる。

第 4 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、第 2 又は第 3 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。

[0111] 第 4 実施形態に係る制御部 8 は、第 1、第 2 又は第 3 実施形態と同様に、E U V 光重心制御を実行する。

第 4 実施形態に係る制御部 8 は、所定事象が発生した際に、目標重心位置の較正処理を実行する。すなわち、制御部 8 が目標重心位置の較正処理を実行する時期は、所定事象が発生した際である。

所定事象とは、E U V 光生成装置 1 が起動すること、E U V 光 277 が所定パルス数だけ生成されたこと、E U V 光 277 の性能が劣化したこと、及び、E U V 光生成装置 1 が起動してから所定時間だけ経過したこと、のうちの少なくとも 1 つの事象である。

所定パルス数は、例えば、0.5 B p l s (Billion pulse) 以上 5 B p l s 以下の範囲に含まれるパルス数である。所定パルス数は、例えば 0.5 B p l s である。所定時間は、例えば 1 日である。E U V 光 277 の性能は、上述のように、E U V 光 277 のエネルギー及び E U V 光 277 のエネルギーの

ばらつきの少なくとも1つである。

[0112] 図21は、第4実施形態に係る制御部8が目標重心位置の較正処理を実行する時期を説明するためのフローチャートを示す。

図21には、上述の所定事象のうち、EUV光生成装置1が起動すること、及び、EUV光277が所定パルス数だけ生成されたことの2つの事象が発生した際に、制御部8が目標重心位置の較正処理を実行することが代表して示されている。

制御部8は、EUV光生成装置1が起動する際、以下の処理を行う。

[0113] ステップS21において、制御部8は、目標重心位置の較正処理を実行する旨を露光装置9に通知する。

[0114] ステップS22において、制御部8は、目標重心位置の較正処理を実行する。

目標重心位置の較正処理の内容については、第1、第2又は第3実施形態に係る較正処理と同様の処理である。

すなわち、制御部8は、互いに位置が異なる複数の走査水準に従ってパルスレーザ光31の照射位置を走査して、複数の走査水準のそれぞれでEUV光センサ43の計測結果を取得する。続いて、制御部8は、取得されたEUV光センサ43の計測結果から、複数の走査水準のそれぞれでのEUV光277の重心位置の評価値を特定する。続いて、制御部8は、取得されたEUV光センサ43の計測結果と、特定された重心位置の評価値とに基づいて、EUV光277の重心位置における目標重心位置を較正する。

[0115] ステップS23において、制御部8は、目標重心位置の較正処理が終了した旨を露光装置9に通知する。

[0116] ステップS24において、制御部8は、生成されたEUV光277のパルス数をカウントする。

制御部8は、例えば、ターゲット検出信号を生成した回数をカウントすることによって、EUV光277のパルス数をカウントする。或いは、制御部8は、例えば、EUV光センサ43の計測結果を取得した回数をカウントす

ることによって、EUV光277のパルス数をカウントしてもよい。

[0117] ステップS25において、制御部8は、EUV光277が所定パルス数だけ生成されたか否かを判定する。

所定パルス数は、上述のように、例えば、0.5Bpls (Billion pulse) 以上5Bpls以下の範囲に含まれるパルス数である。所定パルス数は、例えば0.5Bplsである。

制御部8は、EUV光277が所定パルス数だけ生成されていなければ、ステップS24に移行する。一方、制御部8は、EUV光277が所定パルス数だけ生成されたならば、ステップS21に移行する。

[0118] 制御部8は、上述の所定事象のうちの他の事象が発生した際も、図21と同様に目標重心位置の較正処理を実行し得る。

例えば、EUV光277の性能が劣化した際に目標重心位置の較正処理を実行する場合には、制御部8は、ステップS24において、EUV光センサ43の計測結果を取得する処理を実行すればよい。そして、制御部8は、ステップS25において、EUV光277のエネルギー及びEUV光277のエネルギーのばらつきの少なくとも1つが許容範囲から外れたか否かを判定する処理を実行すればよい。

また、EUV光生成装置1が起動してから所定時間だけ経過した際に目標重心位置の較正処理を実行する場合には、制御部8は、ステップS24においてEUV光生成装置1の起動時からの経過時間をカウントする処理を実行すればよい。そして、制御部8は、ステップS25において、この経過時間が所定時間に達したか否かを判定する処理を実行すればよい。

[0119] 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、第2又は第3実施形態のEUV光生成装置1と同様である。

[0120] 第4実施形態のEUV光生成装置1は、第1、第2又は第3実施形態と同様に、EUV光277の重心位置における目標重心位置を都度較正し、適切なEUV光重心制御を恒常的に実行し得る。

その結果、第4実施形態のEUV光生成装置1は、第1、第2又は第3実

施形態と同様に、シューティングずれを抑制し、EUV光277の性能劣化を抑制し得る。

[0121] [7. 第5実施形態]

次に図22乃至図31を用いて、第5実施形態のEUV光生成装置1について説明する。なお、この第5実施形態、並びに後述する第6実施形態及び第7実施形態のEUV光生成装置1においては、EUV光277はバースト発光する。

[0122] [7. 1 構成]

第5実施形態のEUV光生成装置1は、EUV光277をバースト発光させるために、図1に示されるレーザ装置3として、所定の高周波数でパルスレーザ光31を発生し得るレーザ装置が用いられる。また第5実施形態のEUV光生成装置1においては、EUV光277の重心位置を求める処理、および目標重心位置の較正処理が第1乃至第4実施形態における各処理と異なっている。制御部8は、これらの異なる処理を行い得る構成を備える。以上述べた3つの点以外、第5実施形態のEUV光生成装置1は、基本的に第1実施形態のEUV光生成装置1と同様に構成されてもよい。また、この第5実施形態、並びに後述する第6実施形態及び第7実施形態のEUV光生成装置1においては、第3実施形態のEUV光生成装置1と同様に、プリパルスによるターゲット照射を行う構成が適用されてもよい。

[0123] [7. 2 動作]

図22は、この第5実施形態、並びに後述する第6実施形態及び第7実施形態のEUV光生成装置1においてなされるバースト発光の様子を概略的に示している。この図22に示される通り、「バースト1」、「バースト2」、「バースト3」・・・として示される各バースト発光期間は、所定の休止期間を間に置いて繰り返す。各バースト発光期間の縦線は、例えば図1に示されるEUV光277のエネルギーを示している。つまり各バースト発光期間においては、高周波数でパルス状に発光する一まとまりのEUV光277が出力される。

- [0124] 本第5実施形態でも、制御部8が行う処理は、基本的に第1実施形態における処理と同様に、図4に示すフローチャートに従ってなされるが、いくつかのステップにおける処理が第1実施形態における処理と異なる。以下では、主に、この異なる処理について説明する。
- [0125] また本第5実施形態では、図5に示すような複数の走査水準を順次照射するように、ターゲット27に対してパルスレーザ光31が走査される。このパルスレーザ光31は、EUV光277をバースト発光させるために、所定の高周波数でバースト発振される。こうして1つの走査水準において、複数のパルス状EUV光277が発せられる。
- [0126] 以下、制御部8による処理について、図4を参照して詳しく説明する。制御部8はステップS4において、EUV光センサ43の計測結果を取得する。具体的には、制御部8は、複数のEUV光センサ43a乃至43cのそれぞれから送信された複数の計測値に統計処理を施し、1つの走査水準毎に、複数のEUV光277のエネルギーを取得する。ここで、パルス状に発光する1つのEUV光277のエネルギーは、複数のEUV光センサ43a乃至43cのそれぞれから送信された複数の計測値の平均値であってもよい。
- [0127] 本実施形態において制御部8は、ステップS5において、複数のEUV光277のエネルギーのばらつきを示す指標を、EUVセンサ43の計測結果に基づいて取得する。この指標は、より詳しくは、1つの走査水準における複数のパルス状EUV光277について、エネルギーのばらつきを示す指標である。この指標は、一例として、以下で述べるEUVエネルギー $3\sigma$ [%]とされる。
- [0128] このEUVエネルギー $3\sigma$ [%]は、以下のように求められる。例えば1つのバースト発光期間において、パルスレーザ光31は10,000パルス発振される。つまり1つのバーストにおいて、EUV光277は10,000回パルス状に発せられる。制御部8はステップS4において、1つの走査水準毎に、バースト発光するEUV光277のエネルギーの平均値と、標準偏差 $\sigma$ とを求める。そして制御部8は、それらの平均値と標準偏差 $\sigma$ とから、各バ

ーストの  $(3\sigma/\text{平均値}) \times 100[\%]$  の値を求め、その値の10バースト分の平均値を求めて、EUVエネルギー  $3\sigma[\%]$  とする。制御部8は、このEUVエネルギー  $3\sigma[\%]$  の値を、各走査水準と対応付けて記憶する。

[0129] ステップS5において、制御部8は、EUV光277の重心位置の評価値を特定する。この評価値の特定は、第1実施形態におけるのと同様に、例えば数式1及び数式2を計算してなされる。そして、制御部8は、数式1の計算値を、EUV光277の重心位置のX軸座標成分における評価値として特定する。また制御部8は、数式2の計算値を、EUV光277の重心位置のY軸座標成分における評価値として特定する。そして制御部8は、特定された上記2つの評価値を、各走査水準と対応付けて記憶する。ステップS6において、制御部8は、設定された走査水準群に含まれる複数の走査水準の全てが走査されたか否かを判定する。制御部8は、全ての走査水準が走査されていないならば、ステップS2に移行して処理を続行する。一方、制御部8は、全ての走査水準が走査されたならば、ステップS7に移行して処理を続行する。

[0130] ステップS7において、制御部8は、各走査水準に対応付けて記憶されたEUVエネルギー  $3\sigma[\%]$  の値に基づいて、図23に示されるようなEUVエネルギー  $3\sigma[\%]$  の値の分布図を作成する。さらに制御部8は、各走査水準に対応付けて記憶された数式1の計算値に基づいて、図24に示されるような分布図を作成する。この分布図は、EUV光277の重心位置のX軸座標成分における評価値の分布を示す。加えて制御部8は、各走査水準に対応付けて記憶された数式2の計算値に基づいて、図25に示されるような分布図を作成する。この分布図は、EUV光277の重心位置のY軸座標成分における評価値の分布を示す。

[0131] なお、図24及び図25において、Xと共に記された-21、-14、-7、0、7、14及び21の値は、X軸方向に並ぶ複数の走査水準の、基準位置からのX軸方向距離を示す。同様に図24及び図25において、Yと共に記された-21、-14、-7、0、7、14及び21の値は、Y軸方向

に並ぶ複数の走査水準の、基準位置からのY軸方向距離を示す。それらの距離の単位は $\mu\text{m}$ である。また、距離0の位置が上記基準位置である。

[0132] ステップS8において、制御部8は、ステップS7において作成された各分布図に基づいて、目標重心位置を決定する。制御部8が目標重心位置を決定する処理については、図23乃至図30を参照して後述する。

[0133] 制御部8によるステップS9の処理は、基本的に、第1実施形態における処理と同様になされる。

[0134] 次に、主に図23乃至図30を参照して、図4のステップS8において制御部8が目標重心位置を決定する処理について説明する。図26は、図23に示された走査水準Aを中心としてX軸及びY軸に沿って配列された複数の走査水準と、これらの走査水準の各々に対応付けて記憶されたEUVエネルギー $3\sigma$ [%]の値とを示す。図27は、図23に示された走査水準Aを中心としてX軸に沿って配列された複数の走査水準と、これらの走査水準の各々に対応付けて記憶されたEUV光277の重心位置のX軸座標成分における評価値とを示す。図28は、図23に示された走査水準Aを中心としてY軸に沿って配列された複数の走査水準と、これらの走査水準の各々に対応付けて記憶されたEUV光277の重心位置のY軸座標成分における評価値とを示す。

[0135] 図29は、X軸に沿った方向におけるEUVエネルギー $3\sigma$ [%]の値の分布と、重心位置の評価値の分布とを示す。この評価値は、前述した数式1による計算結果である。また図30は、Y軸に沿った方向におけるEUVエネルギー $3\sigma$ [%]の値の分布と、重心位置の評価値の分布とを示す。この評価値は、前述した数式2による計算結果である。なお図29及び図30には、それぞれ、EUVエネルギー $3\sigma$ [%]の値の分布を次数2次の多項式近似を用いてフィッティングした曲線を実線で、また重心位置の評価値の分布を次数3次の多項式近似を用いてフィッティングした曲線を破線で示している。

[0136] 制御部8は、図4のステップS7において作成された分布図に基づいて次のような処理を行うことによって、目標重心位置を決定する。すなわち制御

部8は、図23に示されるように、設定された走査水準群に含まれる複数の走査水準のそれぞれで取得されたEUVエネルギー $3\sigma$ [%]の値が所定範囲内にある走査水準の範囲Kを特定する。この範囲Kは、例えばEUVエネルギー $3\sigma$ [%]の値が下位10%以内にある範囲である。より詳しく言えば範囲Kは、EUVエネルギー $3\sigma$ [%]の値が、最小値以上で、最小値よりも10%大の値以下となる範囲である。

[0137] 制御部8は、図23に示された走査水準Aを、下記のように範囲Kに基づいて求める。すなわち制御部8は、特定された範囲K内にある各走査水準に対応付けて記憶されたEUVエネルギー $3\sigma$ [%]の値を、それらの値の平均値で重み付けした幾何学重心を求め、その幾何学重心に最も近い走査水準を走査水準Aと特定する。続いて制御部8は、図26に示されるように、特定された走査水準Aを中心としてX軸に沿って配列された複数の走査水準と、特定された走査水準Aを中心としてY軸に沿って配列された複数の走査水準とを特定する。

[0138] 続いて制御部8は、図27に示されるように、走査水準Aを中心としてX軸に沿って配列された複数の走査水準に対応付けて記憶された、EUV光277の重心位置の評価値を特定する。加えて、制御部8は、図28に示されるように、走査水準Aを中心としてY軸に沿って配列された複数の走査水準に対応付けて記憶された、EUV光277の重心位置の評価値を特定する。

[0139] 続いて制御部8は、図27のように特定された評価値の分布、つまり走査水準Aを中心としX軸に沿った方向におけるEUV光277の重心位置の評価値の分布を求める。制御部8は、この分布を次数3次の多項式近似を用いてフィッティングする。このフィッティングによる3次曲線は、前述した通り、図29に破線で示された曲線である。さらに制御部8は、走査水準Aを中心としX軸に沿った方向におけるEUVエネルギー $3\sigma$ [%]の値の分布を求める。制御部8は、この分布を次数2次の多項式近似を用いてフィッティングする。このフィッティングによる2次曲線は、前述した通り、図29に実線で示された曲線である。

[0140] 加えて制御部8は、図28のように特定された評価値の分布、つまり走査水準Aを中心としY軸に沿った方向におけるEUV光277の重心位置の評価値の分布を求める。制御部8は、この分布を次数3次の多項式近似を用いてフィッティングする。このフィッティングによる3次曲線は、前述した通り、図30に破線で示された曲線である。さらに制御部8は、走査水準Aを中心としY軸に沿った方向におけるEUVエネルギー $3\sigma$ [%]の値の分布を求める。制御部8は、この分布を次数2次の多項式近似を用いてフィッティングする。このフィッティングによる2次曲線は、前述した通り、図30に実線で示された曲線である。

[0141] EUV光277の重心位置の評価値の分布は、各々図29及び図30の破線で示されるように、走査水準A及びその付近の位置において線形的に変化し、走査水準Aから離れた位置において非線形的に変化し得る。この評価値の分布が非線形的に変化する部分は、パルスレーザー光31の照射位置が適切な位置から外れ、比較的大きなシューティングずれが発生し得る照射位置と考えられる。

[0142] そこで制御部8は、図29及び図30の各破線で示される3次曲線における各変曲点に基づいて、目標重心位置を決定する。本実施形態において制御部8は、この変曲点だけでなく、EUVエネルギー $3\sigma$ [%]の値の分布にも基づいて、目標重心位置を決定する。図31は、この目標重心位置を決定する処理を説明する図である。なおこの図31では、図29及び図30における3次曲線および2次曲線を、典型的な曲線としてそれぞれ破線、実線で概略的に示している。

[0143] 制御部8は、以下の通りにして目標重心位置を決定する。すなわち制御部8は、図31に示す3次曲線の変曲点に対応するEUV重心位置 $C_{center,s}$ を求める。なお、EUV重心位置 $C_{center,s}$ としては、EUV重心計測値の最大・最小値の中点を選んでもよく、1次近似の計測範囲における中点を選んでもよい。また制御部8は、図31に示す2次曲線から、その頂点となるレーザー照射位置に対応するEUV重心位置 $C_{3\sigma}$ を求める。このEUV重心位置 $C_{3\sigma}$ は、上記頂点

となるレーザ照射位置における3次曲線上の点に対応する、上記重心位置の評価値と等価である。そして制御部8は、下記の数式3から得る $C_{target}$ を、目標重心位置として求める。制御部8は、この $C_{target}$ を求める処理を、例えば図4のステップS8において行う。

[数3]

$$C_{target} = \frac{1}{k} (k_{center,s} C_{center,s} + k_{3\sigma} C_{3\sigma})$$

$$k = k_{center,s} + k_{3\sigma}$$

ここで、 $k_{center,s}$ 及び $k_{3\sigma}$ は例えば共に1とされ、その場合 $k = 2$ となる。

[0144] なお、数式3から $C_{target}$ を求める処理は、図29に示すX軸方向に関する重心位置の評価値の分布、並びにEUVエネルギー $3\sigma$ [%]の値の分布に基づいてなされる。また $C_{target}$ を求める処理は、図30に示すY軸方向に関する重心位置の評価値の分布、並びにEUVエネルギー $3\sigma$ [%]の値の分布に基づいて同様になされる。

[0145] 制御部8は、例えば図4のステップS9において、ステップS8で決定された目標重心位置を新たな目標重心位置に設定する。そして、制御部8は、EUV光重心制御に移行する。制御部8は、EUV光277の重心位置が新たな目標重心位置となるよう、パルスレーザ光31の照射位置の目標照射位置を設定する。そして、制御部8は、設定された目標照射位置に応じて照射位置調節部7を制御する。

[0146] 具体的には、制御部8は、現在のパルスレーザ光31の照射位置と、新たな目標重心位置に応じたパルスレーザ光31の新たな目標照射位置との偏差を特定する。そして、制御部8は、現在のパルスレーザ光31の集光位置と、新たな目標照射位置に応じたパルスレーザ光31の新たな目標集光位置との偏差を特定する。次に制御部8は、パルスレーザ光31の集光位置における偏差が無くなるような照射位置調節部7の調節量を決定する。このようにして、制御部8は、EUV光重心制御を実行するにあたって、その都度、目

標重心位置を校正し得る。

[0147] [7. 3 作用効果]

以上の通り、第5実施形態に係る制御部8は、EUV光重心制御を実行するにあたって、その都度、EUV光277の重心位置における目標重心位置を校正し得る。それによって得られる作用効果は、基本的に第1実施形態における作用効果と同じである。それに加えて、本第5実施形態においては、複数のEUV光277のばらつきを示す指標であるEUVエネルギー3σ[%]の値の最小値に近いEUV重心位置 $C_{3\sigma}$ の値も考慮して目標重心位置を校正している。上記指標がより小さいということは、複数のEUV光277がより安定して発せられているということである。そこで、EUV重心位置 $C_{3\sigma}$ の値も考慮して目標重心位置を校正すれば、バースト発光するEUV光277の出力がより安定化され得る。

[0148] なお、前述した第1実施形態においては、図32に概略を示すように、下記の数式4から得る $C_{target}$ を、目標重心位置として求めている。ここで、図32において1点鎖線で示す2次曲線は、図12或いは図13に示すEUV光277のエネルギー分布を、次数2次の多項式近似を用いてフィッティングして得られる。また、図32において破線で示す3次曲線は、図31において破線で示す3次曲線と同等である。

[数4]

$$C_{target} = k_{center} C_{center}$$

ここで、EUV重心位置 $C_{center}$ は、図31におけるEUV重心位置 $C_{center,s}$ に相当する。また $k_{center}$ は例えば1とされる。

[0149] [8. 第6実施形態]

次に図33を参照して、第6実施形態のEUV光生成装置1について説明する。この第6実施形態のEUV光生成装置1は、上述した第5実施形態のEUV光生成装置1と対比すると、目標重心位置となる $C_{target}$ の求め方が異なる。第6実施形態のEUV光生成装置1の制御部8は、この異なる $C_{target}$ を求

めるための構成を備え得る。

[0150] 図33において1点鎖線で示す2次曲線は、図32において1点鎖線で示す2次曲線に相当する曲線である。また、図33において破線で示す3次曲線は、図31及び図32において破線で示す3次曲線に相当する。また、図33に示すEUV重心位置 $C_{center, e}$ は、図31に示すEUV重心位置 $C_{center, s}$ と同等である。この場合も、EUV重心位置 $C_{center, e}$ としては、EUV重心計測値の最大・最小値の中点を選んでもよく、1次近似の計測範囲における中点を選んでもよい。制御部8は、EUV光277のエネルギー分布をフィッティングして上記の2次曲線を求める。このエネルギー分布は例えば、EUV光277のエネルギーの上位10%以内の範囲を抽出した値の重心点から求められる。その場合、EUV光277のエネルギーとしては、例えばEUV光277の10バースト分の平均値が適用される。また、このEUV光277のエネルギー分布に代えて、EUV光の発光効率の分布が用いられてもよい。EUV光の発光効率は、ターゲットを照射するレーザ光のエネルギーに対するEUV光のエネルギーの比率である。

[0151] 制御部8は、以上のようにして得た2次曲線から、その頂点に基づいてEUV重心位置 $C_{energy}$ を求める。つまりこのEUV重心位置 $C_{energy}$ は、上記頂点に対応するパルスレーザ照射位置において、上記3次曲線が取る値である。そして制御部8は、下記の数式5から得る $C_{target}$ を、目標重心位置として求める。制御部8は、この $C_{target}$ を求める処理を、例えば図4のステップS8において行う。

[数5]

$$C_{target} = \frac{1}{k} (k_{center, e} C_{center, e} + k_{energy} C_{energy})$$

$$k = k_{center, e} + k_{energy}$$

ここで、 $k_{center, e}$ 及び $k_{energy}$ は例えば共に1とされ、その場合 $k = 2$ となる。

。

[0152] 本第6実施形態による作用効果は、基本的に第1実施形態における作用効果と同じである。それに加えて本第6実施形態においては、EUV重心位置 $C_{energy}$ の値も考慮して目標重心位置を較正している。そこで、バースト発光するEUV光277がより高出力化され得る。

[0153] [9. 第7実施形態]

次に図34を参照して、第7実施形態のEUV光生成装置1について説明する。この第7実施形態のEUV光生成装置1は、上述した第5実施形態のEUV光生成装置1と対比すると、目標重心位置となる $C_{target}$ の求め方が異なる。第7実施形態のEUV光生成装置1の制御部8は、この異なる $C_{target}$ を求めるための構成を備え得る。

[0154] 図34において1点鎖線で示す2次曲線は、図32及び図33において1点鎖線で示す2次曲線に相当する。図34において破線で示す3次曲線は、図31乃至図33において破線で示す3次曲線に相当する。図34において実線で示す2次曲線は、図31において実線で示す2次曲線に相当する。図34に示すEUV重心位置 $C_{center, e}$ 及び $C_{energy}$ は、図33に示すEUV重心位置 $C_{center, e}$ 及び $C_{energy}$ とそれぞれ同等である。また図34に示すEUV重心位置 $C_{3\sigma}$ は、図31に示すEUV重心位置 $C_{3\sigma}$ と同等である。

[0155] 制御部8は、下記の数式6から得る $C_{target}$ を、目標重心位置として求める。制御部8は、この $C_{target}$ を求める処理を、例えば図4のステップS8において行う。

[数6]

$$C_{target} = \frac{1}{k} (k_{center, s} C_{center, s} + k_{center, e} C_{center, e} + k_{3\sigma} C_{3\sigma} + k_{energy} C_{energy})$$

$$k = k_{center, s} + k_{center, e} + k_{3\sigma} + k_{energy}$$

ここで、 $k_{center, s}$ 、 $k_{center, e}$ 、 $k_{3\sigma}$ 及び $k_{energy}$ は例えば全て1とされ、その場合 $k = 4$ となる。

[0156] 本第7実施形態による作用効果は、基本的に第1実施形態における作用効

果と同じである。それに加えて本第7実施形態においては、EUV重心位置 $C_3$ の値及びEUV重心位置 $C_{energy}$ の値も考慮して目標重心位置を較正している。そこで、バースト発光するEUV光277の出力がより安定し、また高出力化され得る。

[0157] [10. その他]

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。

[0158] 上記の説明は、制限ではなく単なる例示を意図している。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。

[0159] 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

[0160]	1	…EUV光生成装置
	1 1	…EUV光生成システム
	2	…チャンバ
	2 1 1	…壁
	2 1 2	…ターゲット供給路
	2 1 5	…ウインドウ
	2 1 6	…ウインドウ
	2 1 7	…ウインドウ
	2 2	…レーザ光集光光学系
	2 2 1	…レーザ光集光ミラー

2 2 2	…軸外放物面ミラー
2 2 3	…平面ミラー
2 2 4	…マニピュレータ
2 3	…E U V光集光光学系
2 3 1	…E U V光集光ミラー
2 3 2	…貫通孔
2 4	…接続部
2 4 1	…壁
2 4 2	…アパーチャ
2 5	…ターゲット供給器
2 5 1	…タンク
2 5 2	…ノズル
2 5 3	…ヒータ
2 5 4	…圧力調節器
2 5 5	…ピエゾ素子
2 6	…ステージ
2 7	…ターゲット
2 7 5	…プラズマ
2 7 6	…放射光
2 7 7	…E U V光
2 8	…ターゲット回収器
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プリパルスレーザー光
3 3	…レーザー光伝送光学系
3 3 1	…高反射ミラー
3 3 2	…高反射ミラー
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 4	…高反射ミラー
3 4 5	…ステージ
3 5 1	…ビームコンバイナ
3 5 2	…ダイクロイックミラー
3 5 3	…第2ミラー光学系
3 5 4	…高反射ミラー
3 5 5	…ステージ
4 1	…ターゲット検出センサ
4 1 0	…照明部
4 1 1	…光源
4 1 2	…照明光学系
4 2 0	…検出部
4 2 1	…光センサ
4 2 2	…受光光学系
4 3	…EUV光センサ
4 3 a	…EUV光センサ
4 3 b	…EUV光センサ
4 3 c	…EUV光センサ
7	…照射位置調節部
8	…制御部
8 1	…遅延回路

9	…露光装置
A	…走査水準
B	…走査水準
I F	…中間集光点
K	…範囲
Q	…ターゲット軌道
R 1	…プラズマ生成領域
R 2	…ターゲット検出領域

## 請求の範囲

- [請求項1]           チャンバ内の所定領域に供給されたターゲットに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互いに異なる方向から計測する複数のEUV光センサと、
- 前記所定領域に供給された前記ターゲットに対する前記レーザ光の照射位置を調節する照射位置調節部と、
- 前記複数のEUV光センサの計測結果から特定された前記極端紫外光の重心位置が目標重心位置となるよう前記照射位置調節部を制御する制御部と、
- を備え、
- 前記制御部は、
- 互いに位置が異なる複数の走査水準に従って前記照射位置が走査されるよう前記照射位置調節部を制御し、
- 前記複数の走査水準のそれぞれで取得された前記計測結果に基づいて前記目標重心位置を校正する
- 極端紫外光生成装置。
- [請求項2]           前記制御部は、
- 前記極端紫外光の前記重心位置が前記目標重心位置となるよう前記照射位置の目標照射位置を設定し、
- 設定された前記目標照射位置に応じて前記照射位置調節部を制御する
- 請求項1に記載の極端紫外光生成装置。
- [請求項3]           前記制御部は少なくとも、前記複数の走査水準のそれぞれで取得された前記計測結果から特定された、前記複数の走査水準のそれぞれでの前記重心位置の評価値に基づいて前記目標重心位置を校正する
- 請求項2に記載の極端紫外光生成装置。
- [請求項4]           前記制御部は、前記評価値と、前記複数の走査水準のそれぞれで発生した複数の極端紫外光の間のエネルギーばらつきとに基づいて前記目

標重心位置を較正する

請求項 3 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項5] 前記制御部は、前記評価値と、前記複数の走査水準のそれぞれで発生した極端紫外光のエネルギーとに基づいて前記目標重心位置を較正する

請求項 3 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項6] 前記制御部は、前記評価値と、前記複数の走査水準のそれぞれで発生した極端紫外光のエネルギーと、前記複数の走査水準のそれぞれで発生した複数の極端紫外光の間のエネルギーばらつきとに基づいて前記目標重心位置を較正する

請求項 3 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項7] 前記照射位置調節部は、

前記レーザ光を前記所定領域に集光する集光ミラーと、

前記集光ミラーの位置及び姿勢の少なくとも 1 つを調節するマニピュレータと、

を含む

請求項 3 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項8] 前記複数の E U V 光センサは、前記所定領域に対して互いに等距離に配置された少なくとも 3 つの E U V 光センサから構成される

請求項 3 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項9] 前記レーザ光は、

前記所定領域に供給されたターゲットに照射される第 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ターゲットに照射される第 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ターゲットに照射されるメインパルスレーザ光と、

を含む請求項 3 に記載の極端紫外光生成装置。

- [請求項10] 前記制御部は、  
前記極端紫外光生成装置が起動すること、  
前記極端紫外光が所定パルス数だけ生成されたこと、  
前記極端紫外光の前記エネルギー及び前記エネルギーのばらつきが少なくとも1つが許容範囲から外れたこと、及び、  
前記極端紫外光生成装置が起動してから所定時間だけ経過したこと、  
のうちの少なくとも1つの事象が発生した際に、  
前記照射位置が走査されるよう前記照射位置調節部を制御すると共に前記目標重心位置を校正する  
請求項3に記載の極端紫外光生成装置。
- [請求項11] 前記制御部は、前記所定領域における前記レーザ光の照射径に応じて前記複数の走査水準を設定する  
請求項3に記載の極端紫外光生成装置。
- [請求項12] 前記制御部は、前記所定領域に向かって進行する前記レーザ光の進行方向に垂直であって前記所定領域に交差する平面上の2つの軸に沿って配列された複数の位置を、前記複数の走査水準に設定する  
請求項3に記載の極端紫外光生成装置。
- [請求項13] 前記制御部は、  
前記複数の走査水準のそれぞれで取得された前記計測結果のうちで前記エネルギーが最大である前記計測結果が取得された前記走査水準を特定し、  
特定された前記走査水準を中心として前記2つの軸の一方に沿って配列された前記複数の走査水準での前記評価値と、特定された前記走査水準を中心として前記2つの軸の他方に沿って配列された前記複数の走査水準での前記評価値とに基づいて前記目標重心位置を校正する  
請求項12に記載の極端紫外光生成装置。

## [請求項14]

前記制御部は、

前記複数の走査水準のそれぞれで取得された前記計測結果のうちで前記エネルギーが所定範囲内にある前記走査水準の範囲を特定し、

特定された前記範囲内での前記計測結果の加重平均値に最も近い前記計測結果が取得された前記走査水準を特定し、

特定された前記走査水準を中心として前記2つの軸の一方に沿って配列された前記複数の走査水準での前記評価値と、特定された前記走査水準を中心として前記2つの軸の他方に沿って配列された前記複数の走査水準での前記評価値とに基づいて前記目標重心位置を較正する

請求項12に記載の極端紫外光生成装置。

## [請求項15]

前記制御部は、

特定された前記走査水準を中心として前記2つの軸の一方に沿った方向における前記評価値の分布と、特定された前記走査水準を中心として前記2つの軸の他方に沿った方向における前記評価値の分布とを、それぞれ3次関数でフィッティングし、

フィッティングされたそれぞれの前記3次関数が示す3次曲線における各変曲点に対応する位置を前記目標重心位置に決定することによって、前記目標重心位置を較正する

請求項14に記載の極端紫外光生成装置。

## [請求項16]

前記制御部は、

特定された前記走査水準を中心として前記2つの軸の一方に沿った方向における前記評価値の分布と、特定された前記走査水準を中心として前記2つの軸の他方に沿った方向における前記評価値の分布とを、それぞれ1次関数でフィッティングし、

フィッティングされたそれぞれの前記1次関数が示す線分における各中点に対応する位置を前記目標重心位置に決定することによって、前記目標重心位置を較正する

請求項 1 4 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項17] 前記制御部は、

特定された前記走査水準を中心として前記 2 つの軸の一方に沿った方向においての前記評価値の分布における最大値及び最小値と、特定された前記走査水準を中心として前記 2 つの軸の他方に沿った方向においての前記評価値の分布における最大値及び最小値とを特定し、

特定されたそれぞれの前記最大値及び前記最小値における各平均値に対応する位置を前記目標重心位置に決定することによって、前記目標重心位置を較正する

請求項 1 4 に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項18] ターゲットに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重心位置を制御する方法であって、

互いに位置が異なる複数の走査水準に従って前記ターゲットに対する前記レーザ光の照射位置を走査して、前記複数の走査水準のそれぞれで前記極端紫外光のエネルギーを取得する第 1 ステップと、

前記第 1 ステップによって取得された前記エネルギーから、前記複数の走査水準のそれぞれでの前記重心位置の評価値を特定する第 2 ステップと、

前記第 1 ステップによって取得された前記エネルギーと、前記第 2 ステップによって特定された前記評価値との少なくとも一方に基づいて、前記重心位置の目標重心位置を較正する第 3 ステップと、

を備える

極端紫外光の重心位置の制御方法。

[請求項19] 前記極端紫外光を生成する極端紫外光生成装置が起動する際に、前記第 1 乃至第 3 ステップを実行する

請求項 1 8 に記載の極端紫外光の重心位置の制御方法。

[請求項20] 前記極端紫外光が所定パルス数だけ生成された際に、前記第 1 乃至第 3 ステップを実行する

請求項 18 に記載の極端紫外光の重心位置の制御方法。

[請求項21] 前記極端紫外光の前記エネルギー及び前記エネルギーのばらつきが少なくとも 1 つが許容範囲から外れた際に、前記第 1 乃至第 3 ステップを実行する

請求項 18 に記載の極端紫外光の重心位置の制御方法。

[請求項22] 前記極端紫外光を生成する極端紫外光生成装置が起動してから所定時間だけ経過した際に、前記第 1 乃至第 3 ステップを実行する

請求項 18 に記載の極端紫外光の重心位置の制御方法。

[請求項23] 前記第 3 ステップとして、前記評価値と、前記複数の走査水準のそれぞれで発生した複数の極端紫外光の間のエネルギーばらつきとに基づいて前記目標重心位置を校正するステップを実行する

請求項 18 に記載の極端紫外光の重心位置の制御方法。

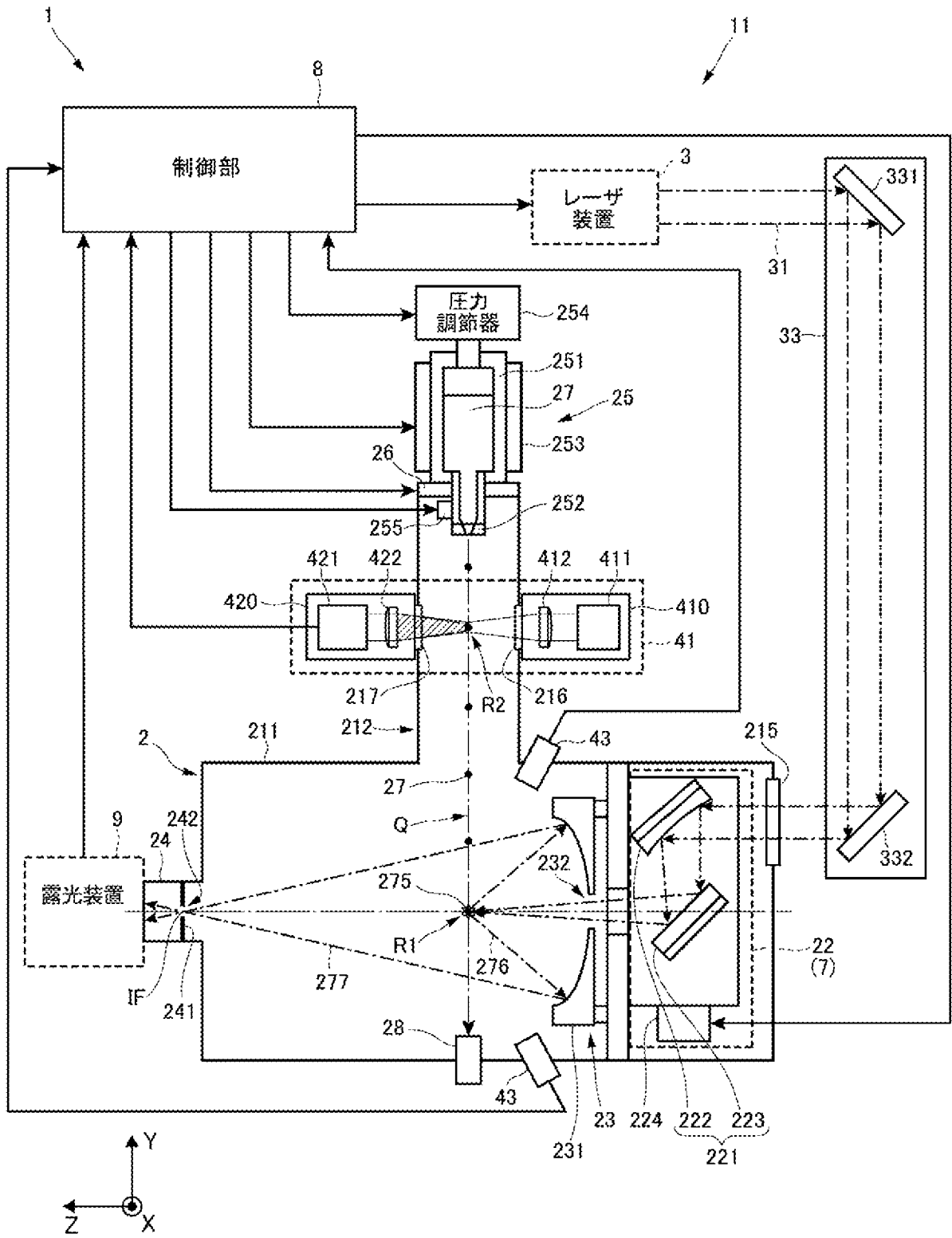
[請求項24] 前記第 3 ステップとして、前記評価値と、前記エネルギーとに基づいて前記目標重心位置を校正するステップを実行する

請求項 18 に記載の極端紫外光の重心位置の制御方法。

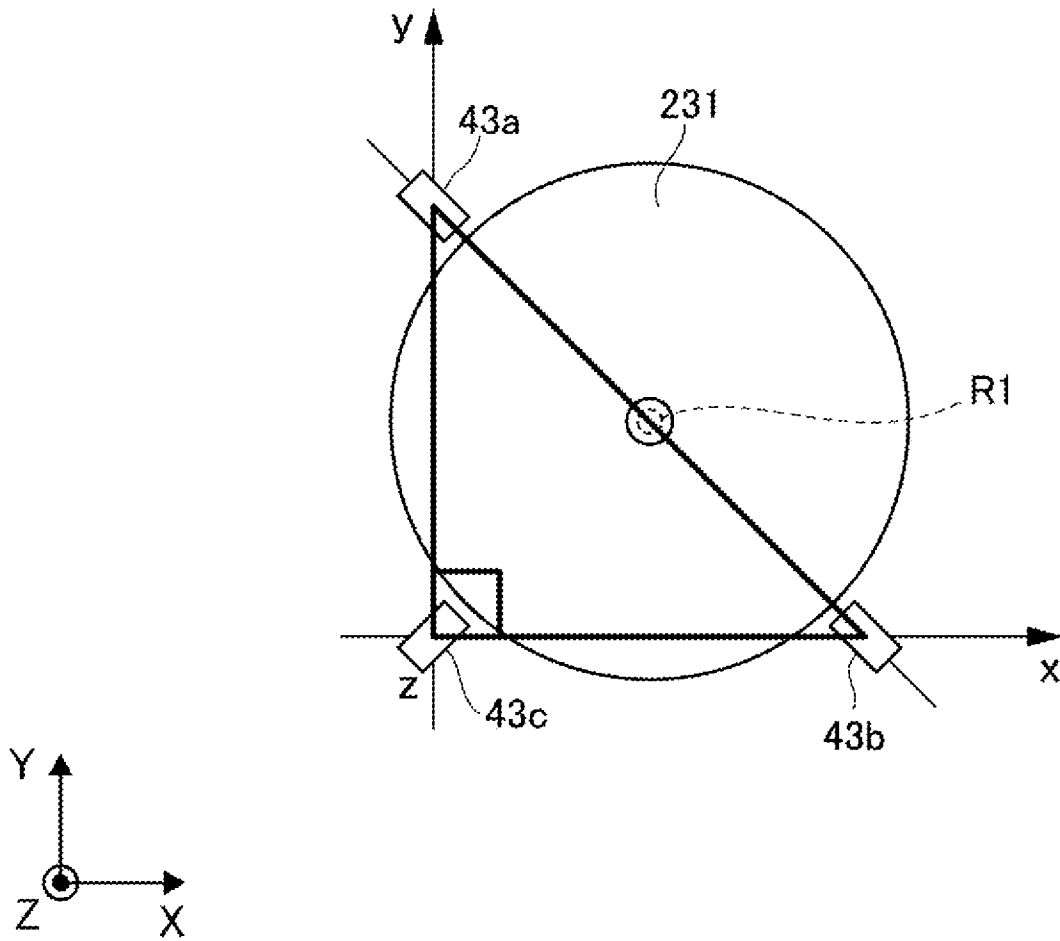
[請求項25] 前記第 3 ステップとして、前記評価値と、前記エネルギーと、前記複数の走査水準のそれぞれで発生した複数の極端紫外光の間のエネルギーばらつきとに基づいて前記目標重心位置を校正するステップを実行する

請求項 18 に記載の極端紫外光の重心位置の制御方法。

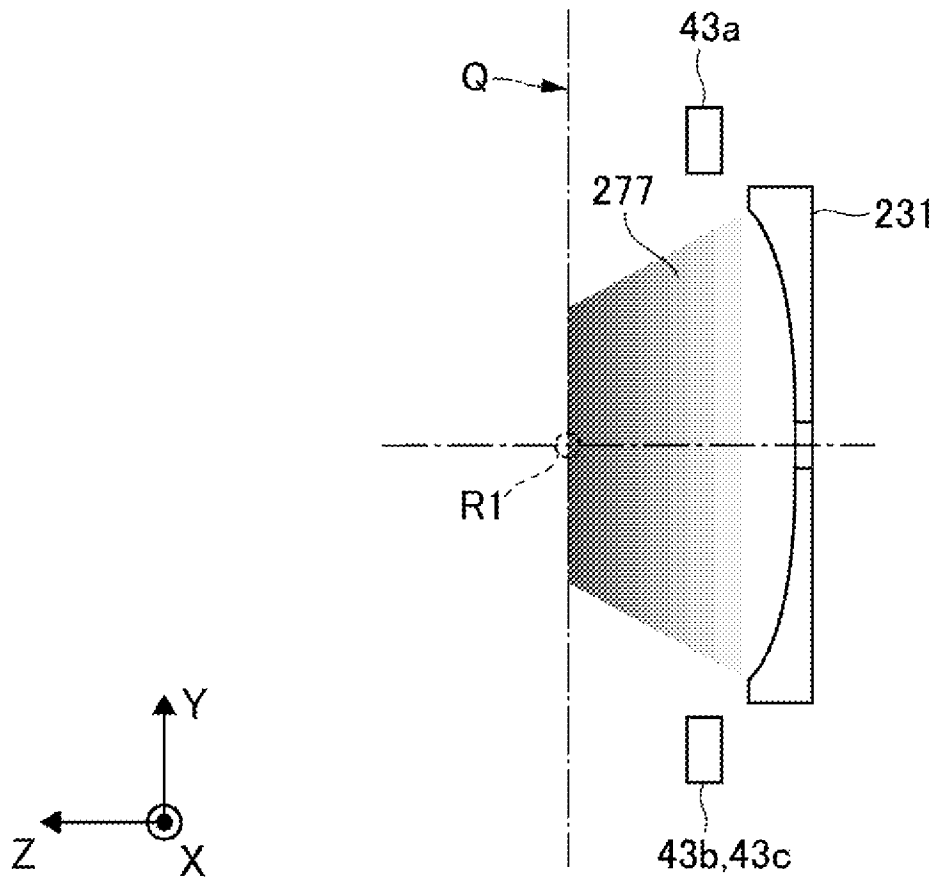
[図1]



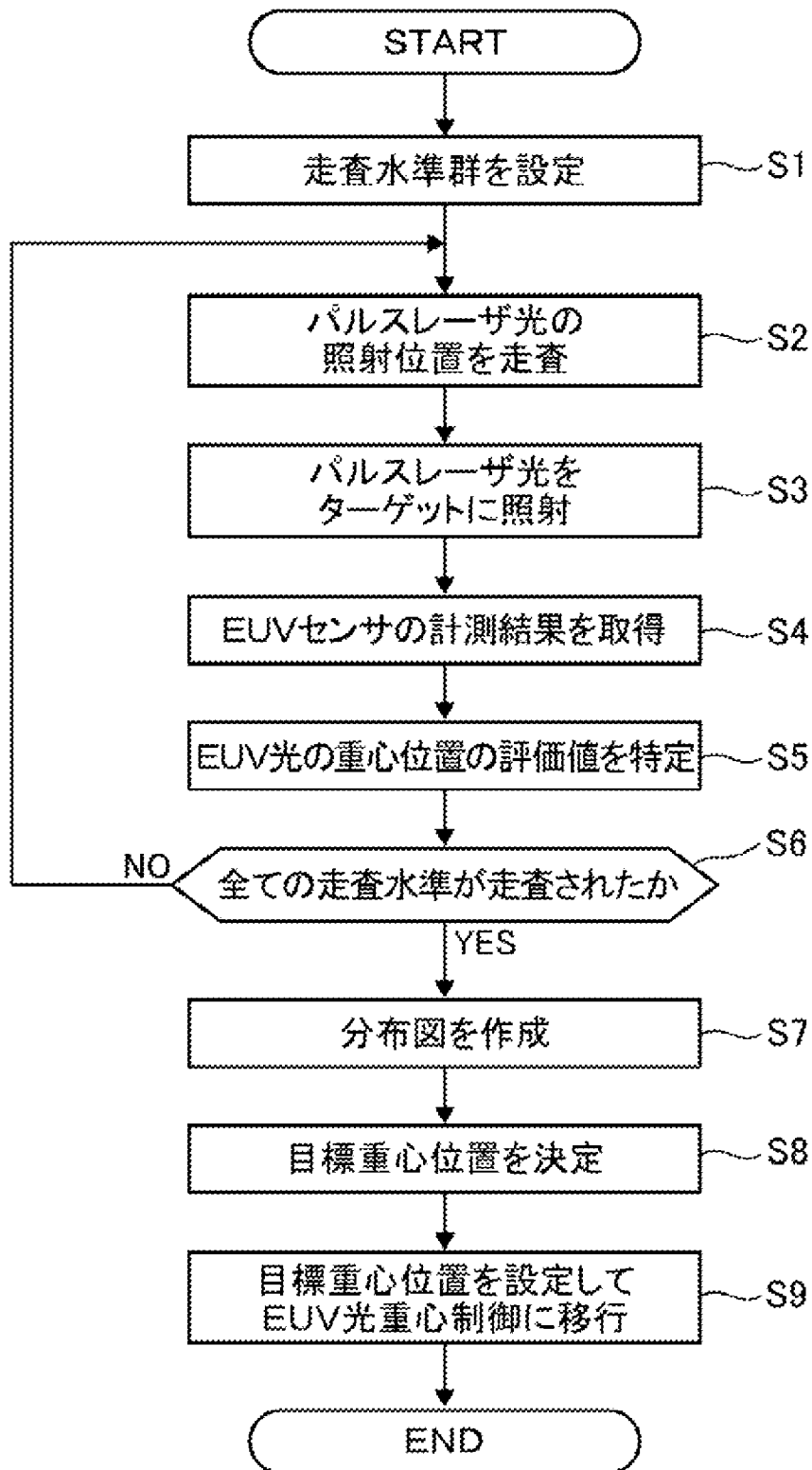
[図2]



[図3]



[図4]



[図5]

		X						
		-x3	-x2	-x1	0	x1	x2	x3
Y	y3	←						→
	y2	←						→
	y1	←						→
	0	←						→
	-y1	←						→
	-y2	←						→
	-y3	←						→

[図6]

EUV Energy [mJ]		X						
		-x3	-x2	-x1	0	x1	x2	x3
Y	y3	5.1	5.8	5.4	4.9	6.0	3.8	1.3
	y2	5.0	8.3	8.3	7.0	6.3	4.7	3.0
	y1	3.4	8.1	10.3	9.9	7.0	4.4	3.7
	0	2.1	6.6	9.6	9.9	9.8	8.9	6.5
	-y1	1.1	3.2	6.9	9.4	9.9	9.2	8.1
	-y2	0.8	1.5	3.5	6.4	9.2	9.3	8.7
	-y3	0.7	0.7	1.4	2.0	4.5	7.1	8.2

B
A
K

[図7]

EUV Cent.X [%]		X						
		-x3	-x2	-x1	0	x1	x2	x3
Y	y3	-4.3	-5.1	-5.2	-4.4	-3.7	-4.6	-10.0
	y2	-4.5	-6.2	-3.8	-5.6	-4.9	-4.1	-6.3
	y1	-3.0	-7.4	-4.2	-1.6	-1.6	-4.5	-5.8
	0	-3.9	-8.5	-5.0	-1.2	1.0	1.2	-0.6
	-y1	-12.5	-8.0	-7.8	-4.2	-0.4	1.4	3.5
	-y2	N.D	-8.9	-7.1	-6.4	-1.5	0.9	2.8
	-y3	N.D	N.D	N.D	-9.1	-6.7	-3.9	-0.1

B
A

[図8]

EUV Cent.Y [%]		X						
		-x3	-x2	-x1	0	x1	x2	x3
Y	y3	2.9	4.8	3.8	4.8	5.0	4.8	3.8
	y2	2.3	1.0	2.3	2.4	3.4	5.4	5.7
	y1	1.4	-1.5	-1.5	0.3	4.0	4.0	5.5
	0	0.0	-4.1	-4.1	-2.1	-2.0	-0.8	4.3
	-y1	-0.2	-4.0	-7.2	-6.5	-4.9	-4.3	-1.6
	-y2	N.D	-1.2	-5.9	-8.4	-8.2	-6.2	-3.9
	-y3	N.D	N.D	N.D	-5.6	-7.7	-8.2	-7.1

B
A

[図9]

EUV Energy [mJ]		X						
		-x3	-x2	-x1	0	x1	x2	x3
Y	y3				4.9			
	y2				7.0			
	y1				9.9			
	0	2.1	6.6	9.6	9.9	9.8	8.9	6.5
	-y1				9.4			
	-y2				6.4			
	-y3				2.0			

A

[図10]

EUV Cent.X [%]		X						
		-x3	-x2	-x1	0	x1	x2	x3
Y	y3							
	y2							
	y1							
	0	-3.9	-8.5	-5.0	1.2	1.0	1.2	0.6
	-y1							
	-y2							
	-y3							

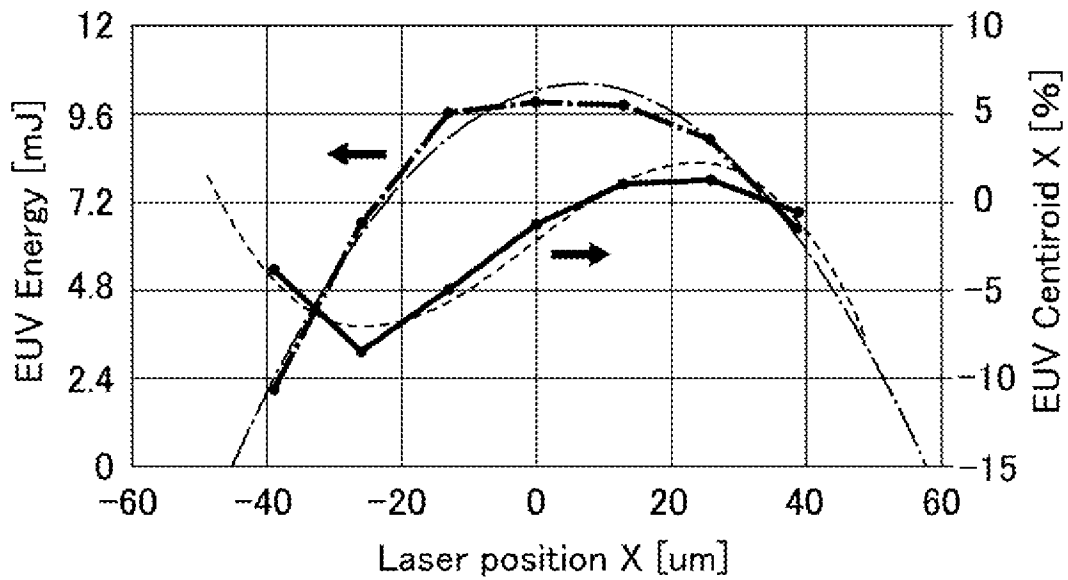
A

[図11]

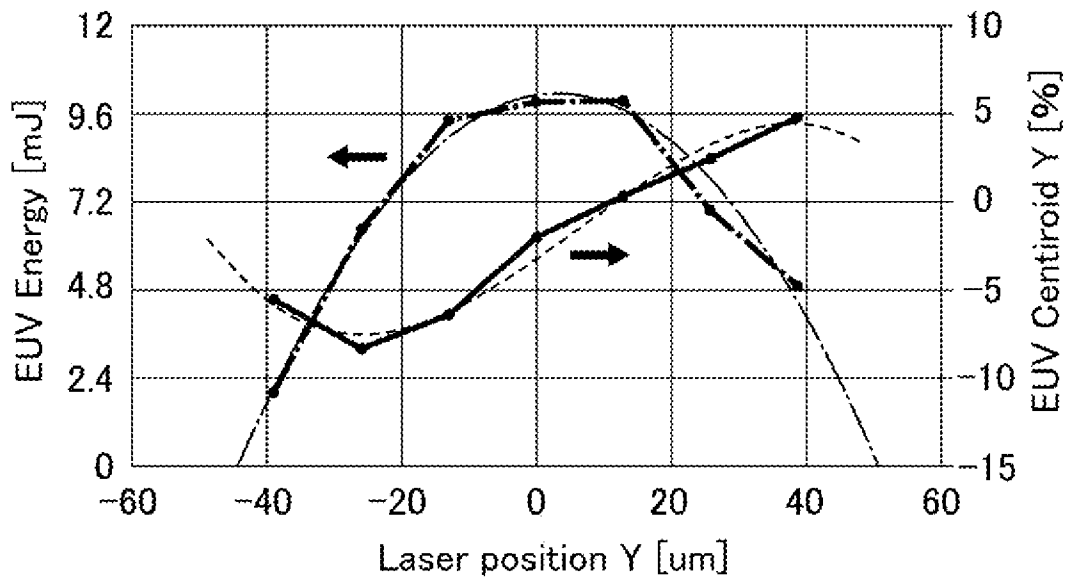
EUV Cent.Y [%]		X						
		-x3	-x2	-x1	0	x1	x2	x3
Y	y3				4.8			
	y2				2.4			
	y1				0.3			
	0				-2.1			
	-y1				-6.5			
	-y2				-8.4			
	-y3				-5.6			

A

[図12]



[図13]



[図14]

EUV Energy [mJ]		X						
		-x3	-x2	-x1	0	x1	x2	x3
Y	y3			5.4				
	y2			8.3				
	y1	3.4	8.1	10.3	9.9	7.0	4.4	3.7
	0			9.6				
	-y1			6.9				
	-y2			3.5				
	-y3			1.4				

B

[図15]

EUV Cent.X [%]		X						
		-x3	-x2	-x1	0	x1	x2	x3
Y	y3							
	y2							
	y1	-3.0	-7.4	-4.2	-1.6	-1.6	-4.5	-5.8
	0							
	-y1							
	-y2							
	-y3							

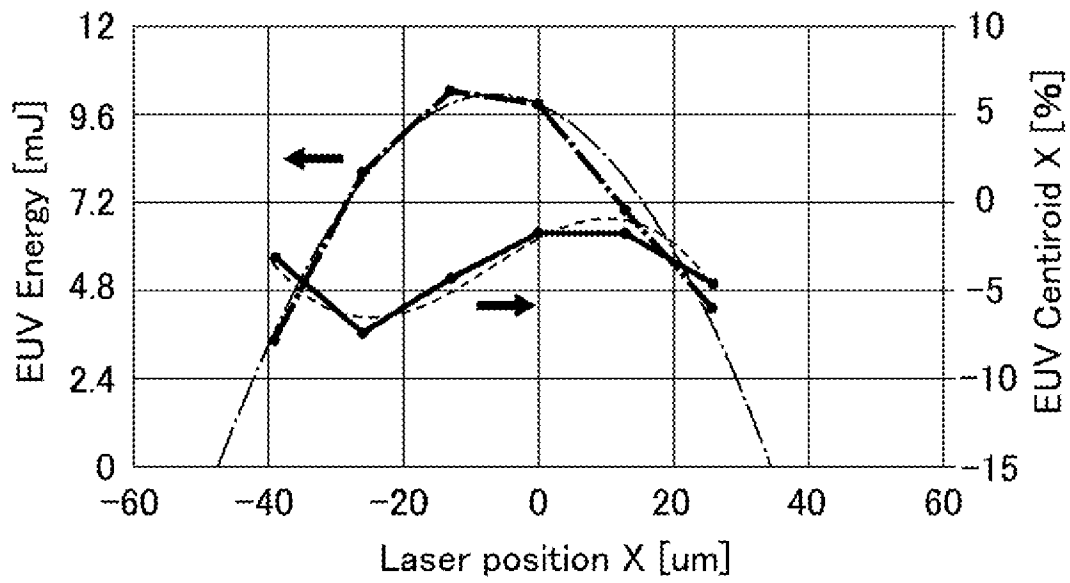
B

[図16]

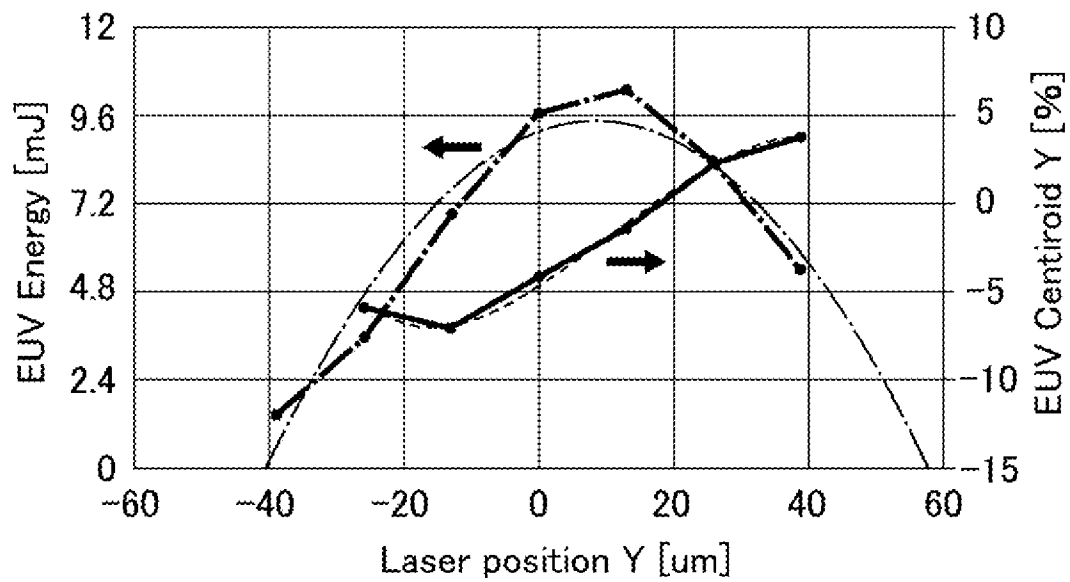
EUV Cent.Y [%]		X						
		-x3	-x2	-x1	0	x1	x2	x3
Y	y3			3.8				
	y2			2.3				
	y1			-1.5				
	0			-4.1				
	-y1			-7.2				
	-y2			-5.9				
	-y3			N.D				

B

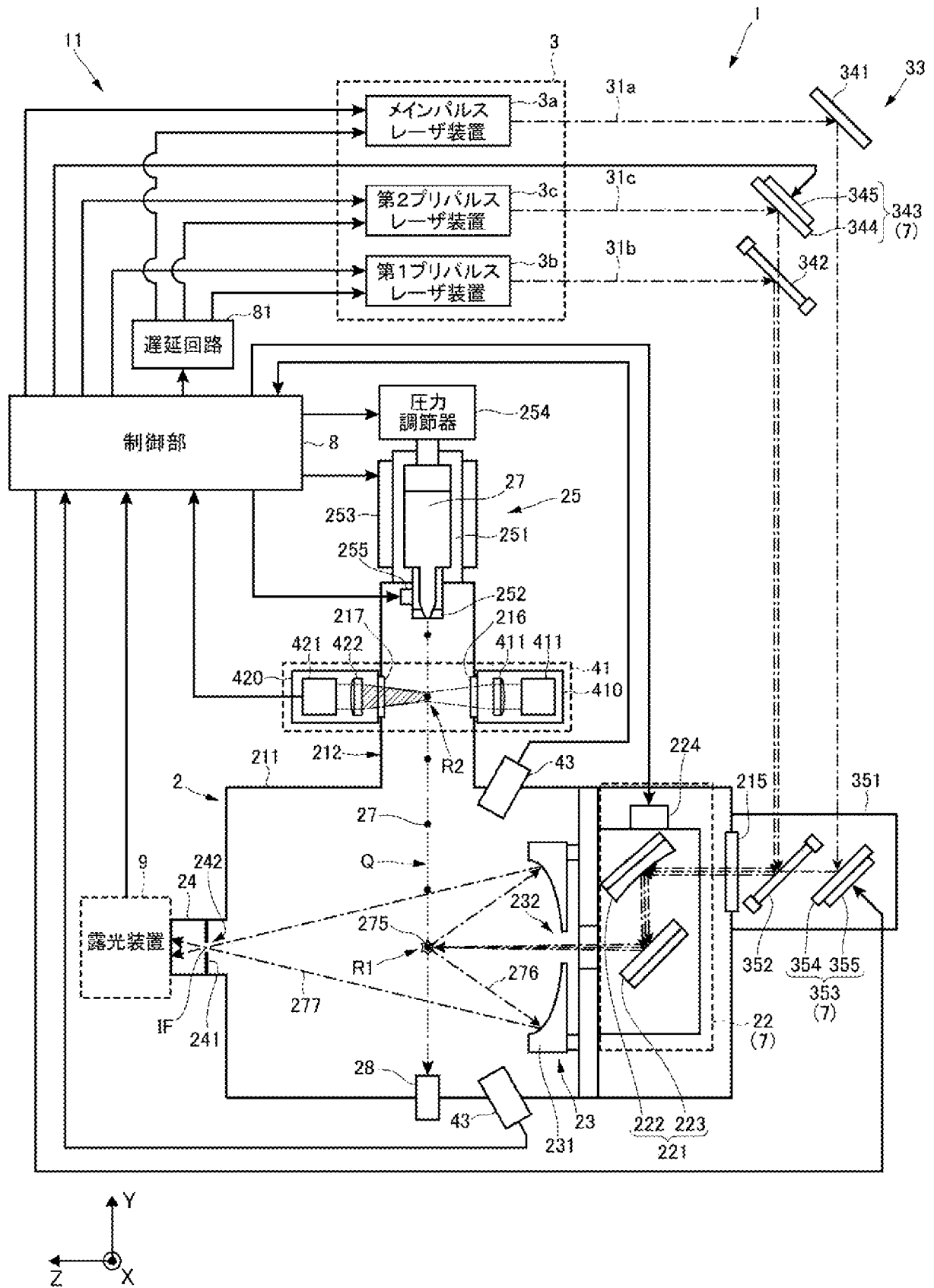
[圖17]



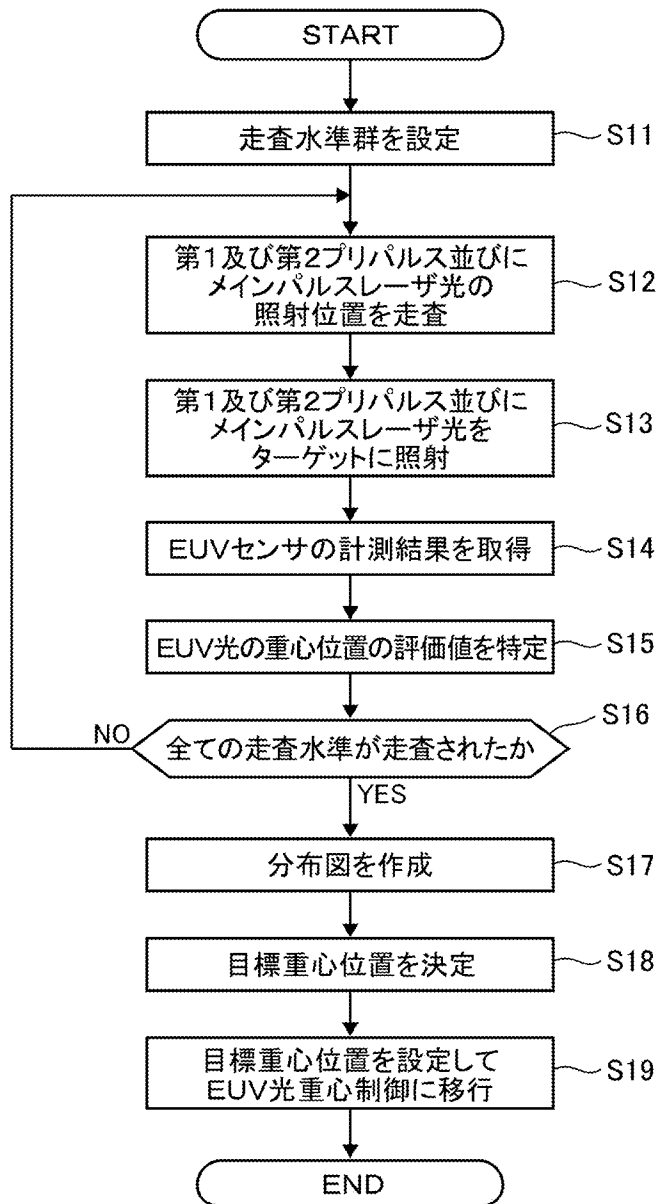
[圖18]



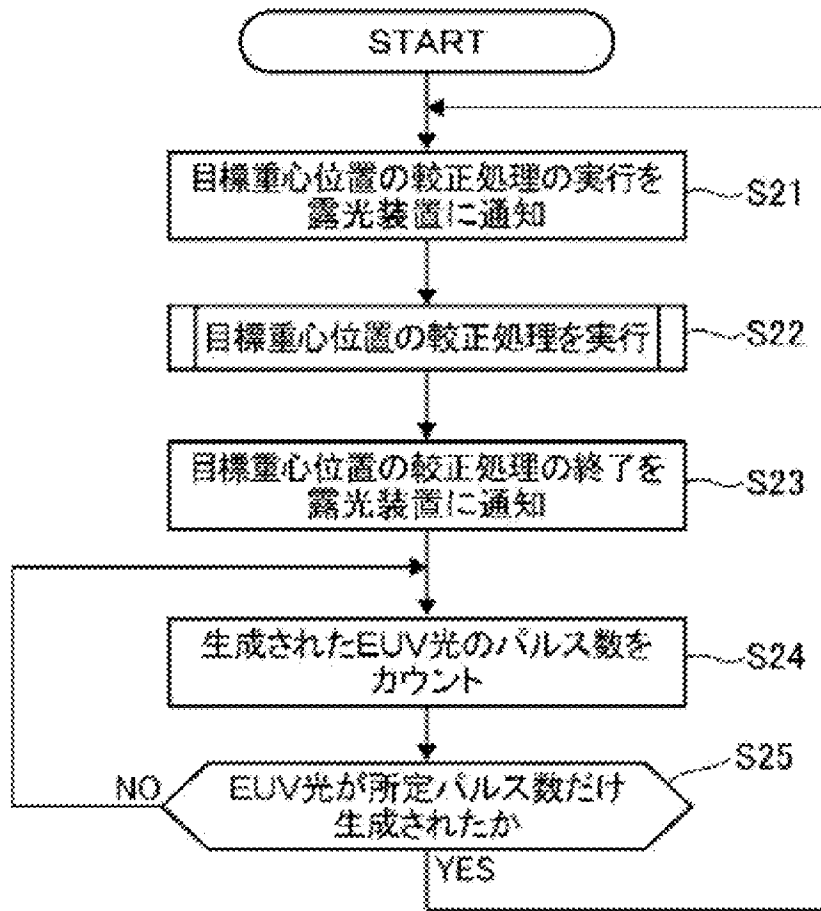
[図19]



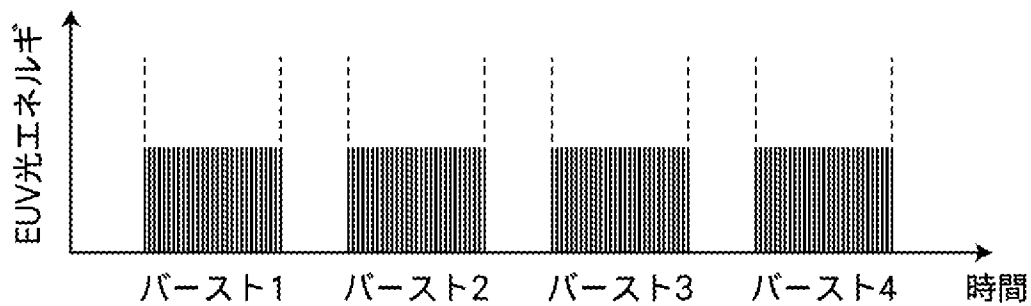
[図20]



[図21]



[図22]



[図23]

EUV Energy $3\sigma$ [%]		X						
		-21	-14	-7	0	7	14	21
Y	21	51.4	34	28.2	22.8	17.1	20	20.2
	14	38.3	33.2	26.8	15.7	14.8	20.5	22.9
	7	34.2	18.7	13.7	11.7	13.7	17.2	20.3
	0	21.4	14.4	12.2	11.9	11.1	15.1	15.3
	-7	13.7	11.4	10.9	12.2	11.7	12.8	12.9
	-14	13.8	11.8	12.1	12.6	14.2	15.8	14.3
	-21	25.2	14.8	14.3	22.8	20.4	17.7	18.9

A

K

[図24]

EUV Cent. X [%]		X						
		-21	-14	-7	0	7	14	21
Y	21	1.6	0.2	-1.9	-1.8	-0.1	1.3	3.7
	14	-0.2	-2.3	-2.7	-1.6	-0.6	1.7	3.1
	7	-2.1	-3.5	-2.0	-0.3	1.0	1.5	2.8
	0	-4.6	-4.0	-2.3	-0.8	0.7	1.5	2.2
	-7	-5.0	-3.6	-2.3	-1.0	0.7	1.1	1.7
	-14	-3.3	-1.9	0.0	0.6	0.9	1.5	2.5
	-21	-1.8	0.1	1.0	1.2	1.4	1.8	2.7

A

[図25]

EUV Cent. Y [%]		X						
		-21	-14	-7	0	7	14	21
Y	21	11.7	11.0	9.6	7.8	6.3	6.2	7.1
	14	11.2	10.3	9.9	8.5	6.0	5.7	5.9
	7	8.8	7.8	8.3	6.5	6.0	5.3	5.1
	0	5.7	5.9	6.5	5.3	4.1	3.3	4.0
	-7	2.1	2.9	3.5	3.6	2.7	2.6	2.5
	-14	-0.8	0.1	1.0	1.1	1.8	2.0	2.5
	-21	-0.8	0.0	0.2	1.3	1.2	1.2	2.2

A

[図26]

EUV Energy $3\sigma$ [%]		X						
		-21	-14	-7	0	7	14	21
Y	21				22.8			
	14				15.7			
	7				11.7			
	0	21.4	14.4	12.2	11.9	11.1	15.1	15.3
	-7				12.2			
	-14				12.6			
	-21				22.8			

A

[図27]

EUV Cent. X [%]		X						
		-21	-14	-7	0	7	14	21
Y	21							
	14							
	7							
	0	-4.6	-4.0	-2.3	-0.8	0.7	1.5	2.2
	-7							
	-14							
	-21							

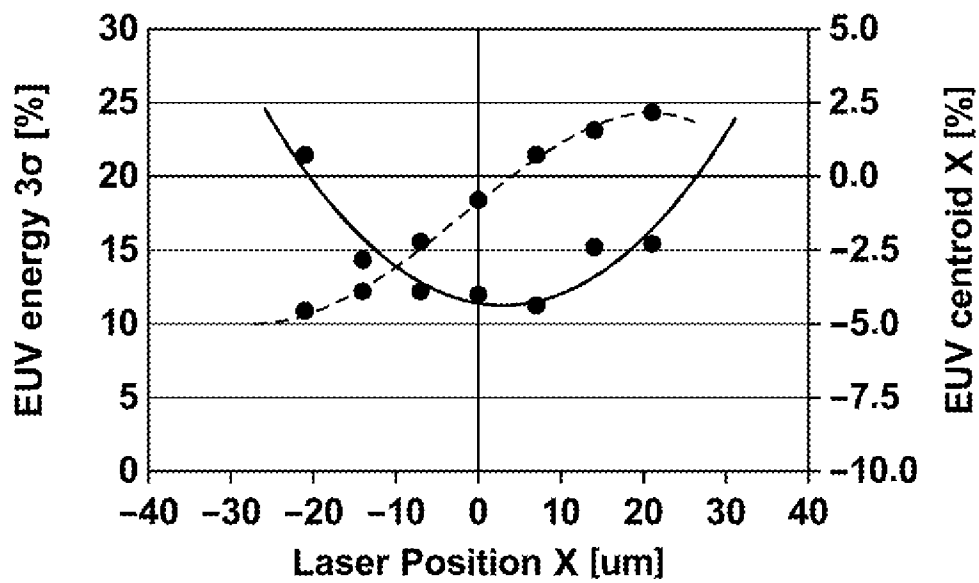
A

[図28]

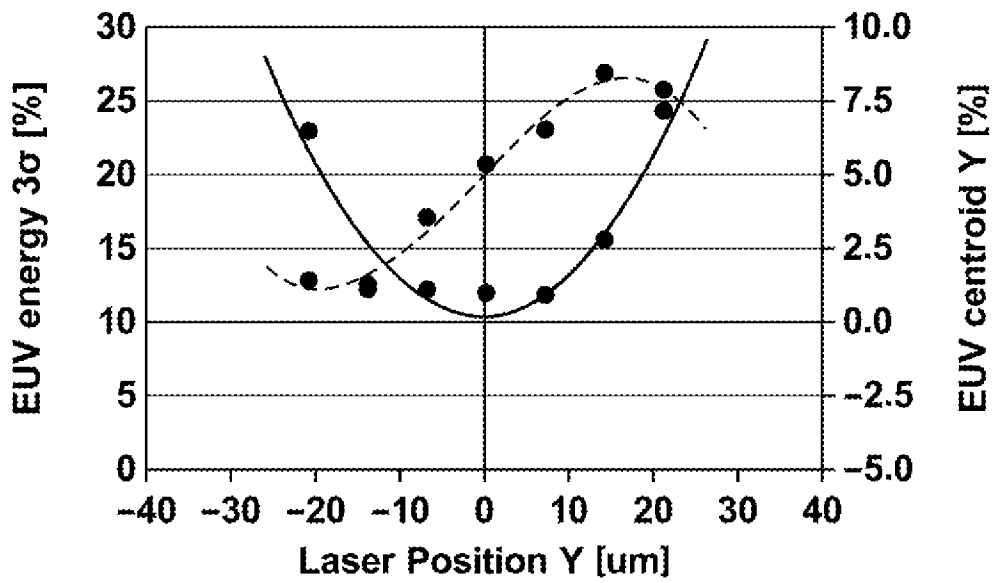
EUV Cent. Y [%]		X						
		-21	-14	-7	0	7	14	21
Y	21				7.8			
	14				8.5			
	7				6.5			
	0				5.3			
	-7				3.6			
	-14				1.1			
	-21				1.3			

A

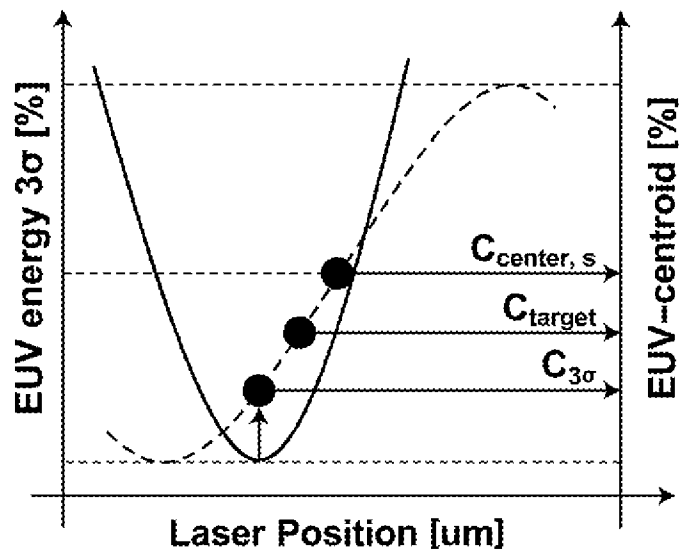
[図29]



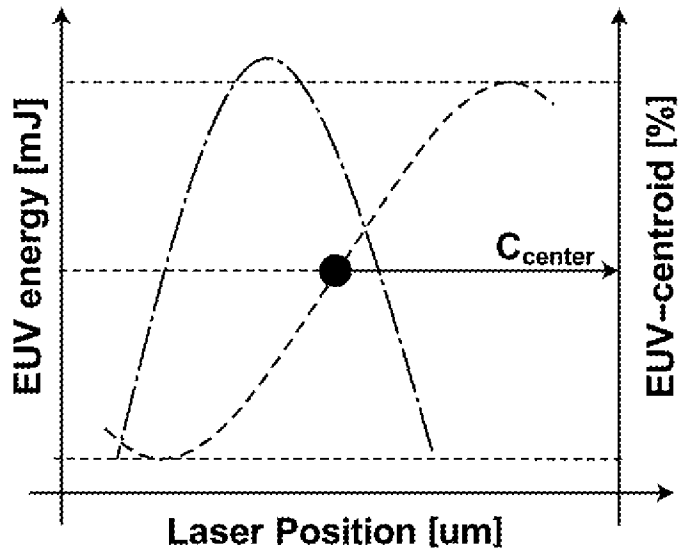
[図30]



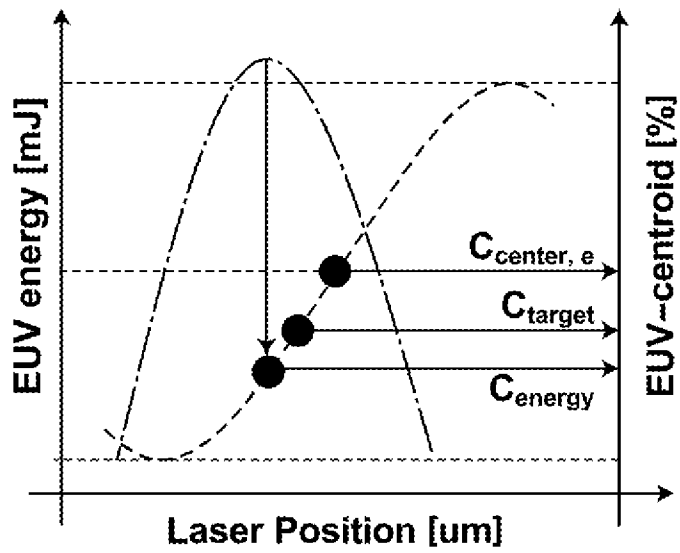
[図31]



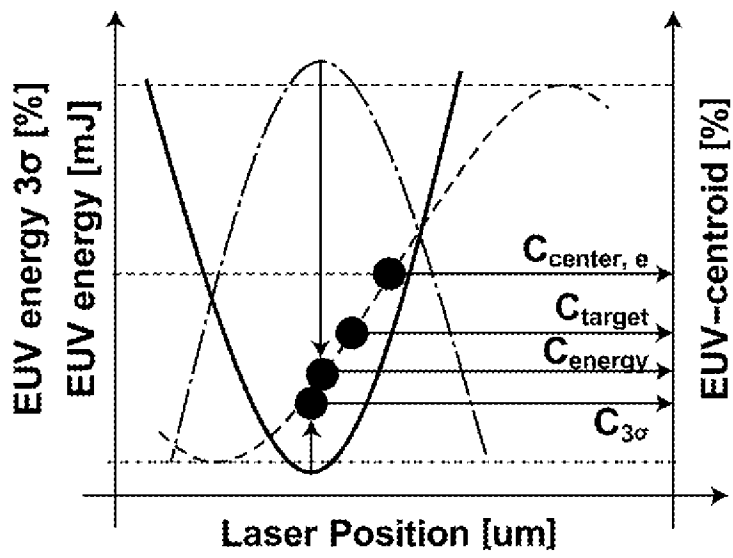
[圖32]



[圖33]



[図34]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2017/011516

**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)  
H05G1/00-2/00

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

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

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

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2015-524599 A (ETH Zuerich), 24 August 2015 (24.08.2015), entire text; all drawings & US 2015/0179401 A1 whole documents & WO 2014/006193 A1 & EP 2870834 A1	1-25
A	JP 2007-109451 A (Komatsu Ltd.), 26 April 2007 (26.04.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1-25

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

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

Date of the actual completion of the international search 06 July 2017 (06.07.17)	Date of mailing of the international search report 18 July 2017 (18.07.17)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer  Telephone No.
--	---

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2017/011516

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 2014-531743 A (ASML Netherlands B.V.), 27 November 2014 (27.11.2014), entire text; all drawings & US 2013/0043401 A1 whole documents & WO 2013/028272 A1 & EP 2745650 A1 & CN 103748967 A & KR 10-2014-0053347 A	1-25
A	US 8598552 B1 (FRIHAUF Paul), 03 December 2013 (03.12.2013), whole documents & WO 2013/180884 A2	1-25

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. H05G1/00-2/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

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

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2015-524599 A (イーティージェイ・チューリッヒ) 2015.08.24, 全文, 全図 & US 2015/0179401 A1, whole documents & WO 2014/006193 A1 & EP 2870834 A1	1-25
A	JP 2007-109451 A (株式会社小松製作所) 2007.04.26, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-25

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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日  
06.07.2017

国際調査報告の発送日  
18.07.2017

国際調査機関の名称及びあて先  
日本国特許庁 (ISA/J P)  
郵便番号 100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)  
安田 明央  
2U 9309  
電話番号 03-3581-1101 内線 3292

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2014-531743 A (エーエスエムエル ネザーランズ ビー. ブイ.) 2014. 11. 27, 全文, 全図 & US 2013/0043401 A1, whole documents & WO 2013/028272 A1 & EP 2745650 A1 & CN 103748967 A & KR 10-2014-0053347 A	1-25
A	US 8598552 B1 (FRIHAUF Paul) 2013. 12. 03, whole documents & WO 2013/180884 A2	1-25