

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年3月29日(29.03.2018)



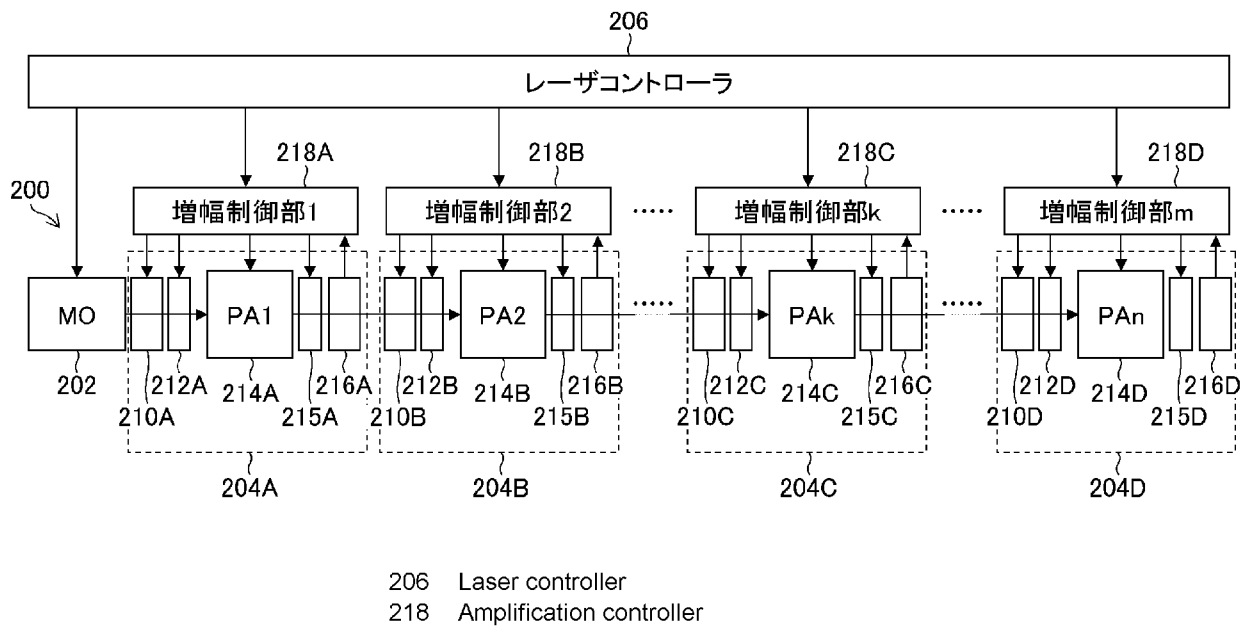
(10) 国際公開番号

WO 2018/055744 A1

- (51) 国際特許分類:
H05G 2/00 (2006.01) *H01S 3/00* (2006.01)
G03F 7/20 (2006.01) *H01S 3/10* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/078074
- (22) 国際出願日: 2016年9月23日(23.09.2016)
- (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: 菅 沼 崇 (SUGANUMA, Takashi); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田400番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP).
- (74) 代理人: 松 浦 憲 三 (MATSUURA, Kenzo); 〒1630223 東京都新宿区西新宿二丁目6番1号 新宿住友ビル23階 私書箱第176号 新都心国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,

(54) Title: LASER DEVICE, AND EXTREME ULTRAVIOLET LIGHT GENERATION SYSTEM

(54) 発明の名称: レーザ装置、及び極端紫外光生成システム



(57) Abstract: The laser device (200) according to an aspect of the present disclosure is a laser device (200) provided with one or more amplification units (204) for amplifying laser light emitted from a laser oscillator (202), and an amplification controller (218) for controlling the amplification unit (204), wherein: the amplification unit (204) is provided with an incidence-side optical adjustment unit provided with a wavefront adjustment unit (210) for adjusting the wavefront of the laser light and a first direction adjustment unit (212) for adjusting the optical axis of the laser light, an amplifier (214) which amplifies the laser light and which is disposed downstream of the incidence-side optical adjustment unit with respect to the direction of transmission of the laser light, an exit-side optical adjustment unit which is disposed

ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS,
RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,
SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

downstream of the amplifier with respect to the direction of transmission of the laser light and which is provided with a second direction adjustment unit (215) for adjusting the optical axis of the laser light, and a measurement unit (216) which is disposed downstream of the exit-side optical adjustment unit with respect to the direction of the laser light and which measures the laser light to acquire information regarding the optical axis, wavefront, and/or energy of the laser light; and the amplification controller (218) controls the incidence-side optical adjustment unit and/or the exit-side optical adjustment unit on the basis of the result of the measurement by the measurement unit (216).

(57) 要約: 本開示の一観点に係るレーザ装置(200)は、レーザ発振器(202)から出射されたレーザ光を増幅する1つ以上の増幅ユニット(204)、及び増幅ユニット(204)を制御する増幅制御部(218)を備えたレーザ装置(200)であって、増幅ユニット(204)は、レーザ光の波面を調整する波面調整部(210)、及びレーザ光の光軸を調整する第1方向調整部(212)を備えた入射側光学調整部と、レーザ光の伝送方向の入射側光学調整部の下流側に配置され、レーザ光を増幅する増幅部(214)と、レーザ光の伝送方向の増幅部の下流側に配置され、レーザ光の光軸を調整する第2方向調整部(215)を備えた出射側光学調整部と、レーザ光の伝送方向の出射側光学調整部の下流側に配置され、レーザ光を計測して、レーザ光の光軸の情報、波面の情報、及びエネルギーの情報の少なくともいずれか1つ取得する計測部(216)と、を備え、増幅制御部(218)は、計測部(216)の計測結果に基づいて入射側光学調整部、及び出射側光学調整部の少なくともいずれか一方を制御する。

明 細 書

発明の名称： レーザ装置、及び極端紫外光生成システム

技術分野

[0001] 本開示は、レーザ装置、及び極端紫外光生成システムに関する。

背景技術

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

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

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2010-186735号公報

特許文献2：特開2013-165256号公報

特許文献3：特開2013-201388号公報

概要

[0005] 本開示の1つの観点に係るレーザ装置は、レーザ発振器から出射されたレーザ光を増幅する1つ以上の増幅ユニット、及び増幅ユニットを制御する増幅制御部を備えたレーザ装置であって、増幅ユニットは、レーザ光が入射する入射側光学調整部であり、レーザ光の波面を調整する波面調整部、及びレ

ーザ光の光軸を調整する第1方向調整部を備えた入射側光学調整部と、レーザー光の伝送方向について、入射側光学調整部の下流側に配置される増幅部であり、入射側光学調整部から出射したレーザー光を増幅する増幅部と、レーザー光の伝送方向について、増幅部の下流側に配置される出射側光学調整部であり、増幅部から出射されたレーザー光の光軸を調整する第2方向調整部を備えた出射側光学調整部と、レーザー光の伝送方向について、出射側光学調整部の下流側に配置される計測部であり、出射側光学調整部から出射したレーザー光を計測して、レーザー光の光軸の情報、波面の情報、及びエネルギーの情報の少なくとも1つを取得する計測部と、を備え、増幅制御部は、計測部の計測結果に基づいて入射側光学調整部、及び出射側光学調整部の少なくともいずれか一方を制御するレーザー装置である。

[0006] 本開示の1つの観点に係る極端紫外光源システムは、ターゲット物質にレーザー光を照射してプラズマ化させることにより、極端紫外光を発生させる極端紫外光源システムであって、レーザー発振器から出射されたレーザー光を増幅する、少なくとも1つの増幅ユニットと、増幅ユニットを制御する増幅制御部と、増幅ユニットから出射されたレーザー光を入射して、入射したレーザー光を用いて極端紫外光を生成する極端紫外光生成チャンバと、を備え、増幅ユニットは、レーザー光が入射する入射側光学調整部であり、レーザー光の波面を調整する波面調整部、及びレーザー光の光軸を調整する第1方向調整部を備えた入射側光学調整部と、レーザー光の伝送方向について、入射側光学調整部の下流側に配置される増幅部であり、入射側光学調整部から出射したレーザー光を増幅する増幅部と、レーザー光の伝送方向について、増幅部の下流側に配置される出射側光学調整部であり、増幅部から出射されたレーザー光の光軸を調整する第2方向調整部を備えた出射側光学調整部と、レーザー光の伝送方向について、出射側光学調整部の下流側に配置される計測部であり、出射側光学調整部から出射したレーザー光を計測して、レーザー光の光軸の情報、波面の情報、及びエネルギーの情報の少なくとも1つを取得する計測部と、を備え、増幅制御部は、計測部の計測結果に基づいて入射側光学調整部、及び出射側光

学調整部の少なくともいずれか一方を制御する極端紫外光源システムである。

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は例示的なL P P式のE U V光生成システムの構成を概略的に示す図である。

[図2]図2は比較例に係る増幅チャンバが交換された場合におけるレーザ光の光軸の調整を模式的に示す図である。

[図3]図3は比較例に係る最終段の増幅チャンバの交換前後の光軸を模式的に示す図である。

[図4]図4は本実施形態に係るレーザ装置の構成例を概略的に示すブロック図である。

[図5]図5は増幅チャンバの交換前後のレーザ光の光軸を模式的に示す図である。

[図6]図6は増幅チャンバが交換された際の調整の流れを示すフローチャートである。

[図7]図7は図6の光軸の方向、通過位置スキャンサブルーチンの流れを示すフローチャートである。

[図8]図8は図7の光軸の方向、通過位置計測サブルーチンの流れを示すフローチャートである。

[図9]図9は図6の光軸の最適方向、最適通過位置決定サブルーチンの流れを示すフローチャートである。

[図10]図10は図6の波面スキャンサブルーチンの流れを示すフローチャートである。

[図11]図11は図6の最適波面決定サブルーチンの流れを示すフローチャートである。

[図12]図12は波面調整部が交換された場合の調整の流れを示すフローチャ

ートである。

[図13]図 1 3 は計測部が交換された場合の調整の流れを示すフローチャートである。

[図14]図 1 4 は第 1 方向調整部が交換された場合の調整の流れを示すフローチャートである。

[図15]図 1 5 は第 2 方向調整部が交換された場合の調整の流れを示すフローチャートである。

[図16]図 1 6 は本実施形態に係るレーザ装置に適用可能な波面調整部の第 1 構成例を概略的に示す図である。

[図17]図 1 7 は本実施形態に係るレーザ装置に適用可能な波面調整部の第 2 構成例を概略的に示す図である。

[図18]図 1 8 は本実施形態に係るレーザ装置に適用可能な波面調整部の第 3 構成例を概略的に示す図である。

[図19]図 1 9 は本実施形態に係るレーザ装置に適用可能な波面調整部の第 4 構成例を概略的に示す図である。

[図20]図 2 0 は本実施形態に係るレーザ装置に適用可能な方向調整部の構成を概略的に示す図である。

[図21]図 2 1 は本実施形態に係るレーザ装置に適用可能な計測部の第 1 構成例を概略的に示す図である。

[図22]図 2 2 は本実施形態に係るレーザ装置に適用可能な計測部の第 2 構成例を概略的に示す図である。

[図23]図 2 3 は本実施形態に係るレーザ装置に適用可能なエネルギーメータの第 1 構成例を概略的に示す図である。

[図24]図 2 4 は本実施形態に係るレーザ装置に適用可能なエネルギーメータの第 2 構成例を概略的に示す図である。

[図25]図 2 5 は本実施形態に係るレーザ装置に適用可能なエネルギーメータの第 3 構成例を概略的に示す図である。

実施形態

[0008] ー目次ー

1. 極端紫外光生成システムの全体説明

1. 1 構成

1. 2 動作

2. 用語の説明

3. 課題

4. レーザ装置の説明

4. 1 構成

4. 2 動作

4. 3 増幅ユニットの各部の交換後の調整の流れ

4. 3. 1 増幅チャンバが交換された場合

4. 3. 1. 1 全体フローチャート

4. 3. 1. 2 光軸の方向、通過位置スキャンサブルーチンの説明

4. 3. 1. 3 光軸の方向、通過位置計測サブルーチンの説明

4. 3. 1. 4 光軸の最適方向、最適通過位置決定サブルーチンの

説明

4. 3. 1. 5 波面スキャンサブルーチンの説明

4. 3. 1. 6 最適波面決定サブルーチンの説明

4. 3. 2 波面調整部が交換された場合

4. 3. 3 計測部が交換された場合

4. 3. 4 第1方向調整部が交換された場合

4. 3. 5 第2方向調整部が交換された場合

4. 4 波面調整部の構成例

4. 4. 1 第1構成例

4. 4. 1. 1 構成

4. 4. 1. 2 動作

4. 4. 2 第2構成例

4. 4. 3 第3構成例

4. 4. 4 第4構成例

4. 4. 4. 1 構成

4. 4. 4. 2 動作

4. 5 方向調整部の構成例

4. 5. 1 構成

4. 5. 2 動作

4. 6 計測部の構成例

4. 6. 1 第1構成例

4. 6. 1. 1 構成

4. 6. 1. 2 動作

4. 6. 2 第2構成例

4. 6. 2. 1 構成

4. 6. 2. 2 動作

4. 7 エネルギーメータの構成例

4. 7. 1 第1構成例

4. 7. 2 第2構成例

4. 7. 3 第3構成例

4. 8 作用・効果

以下、本開示の実施形態について、図面を参照しながら詳しく説明する。

[0009] 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. 極端紫外光生成システムの全体説明

1. 1 構成

図1に、例示的なLPP式のEUV光生成システムの構成を概略的に示す。EUV光生成装置1は、少なくとも1つのレーザ装置3と共に用いられる

場合がある。本開示においては、EUV光生成装置1及びレーザ装置3を含むシステムを、EUV光生成システム11と称する。図1に示し、かつ、以下に詳細に説明するように、EUV光生成装置1は、EUVチャンバ2、ターゲット供給部26を含む。EUVチャンバ2は、密閉可能な容器である。ターゲット供給部26は、ターゲット物質をEUVチャンバ2内部に供給するように構成され、例えば、EUVチャンバ2の壁を貫通するように取り付けられる。ターゲット供給部26から出力されるターゲット物質の材料は、スズ、テルビウム、ガドリニウム、リチウム、キセノン、又は、それらの内のいずれか2つ以上の組合せを含んでもよいが、これらに限定されない。

[0011] EUVチャンバ2の壁には、少なくとも1つの貫通孔が設けられている。その貫通孔は、ウインドウ21によって塞がれ、ウインドウ21をレーザ装置3から出力されるパルスレーザ光32が透過する。EUVチャンバ2の内部には、例えば、回転楕円面形状の反射面を有するEUV集光ミラー23が配置される。EUV集光ミラー23は、第1及び第2の焦点を有する。EUV集光ミラー23の表面には、例えば、モリブデンとシリコンとが交互に積層された多層反射膜が形成される。EUV集光ミラー23は、例えば、その第1の焦点がプラズマ生成領域25に位置し、その第2焦点が中間集光点（*I F ; Intermediate Focusing point*）292に位置するように配置されてもよい。EUV集光ミラー23の中央部には貫通孔24が設けられ、貫通孔24をパルスレーザ光33が通過する。

[0012] EUV光生成装置1は、EUV光生成コントローラ5、ターゲットセンサ4等を含む。ターゲットセンサ4は、ターゲット27の存在、軌跡、位置、速度のうちいずれか又は複数を検出するよう構成される。ターゲットセンサ4は、撮像機能を備えてもよい。

[0013] また、EUV光生成装置1は、EUVチャンバ2の内部と露光装置6の内部とを連通させる接続部29を含む。接続部29の内部には、アパーチャ293が形成された壁291が設けられる。壁291は、そのアパーチャ293がEUV集光ミラー23の第2の焦点位置に位置するように配置される。

[0014] 更に、EUV光生成装置1は、レーザ光伝送装置34、レーザ光集光ミラー22、ターゲット27を回収するためのターゲット回収部28等を含む。レーザ光伝送装置34は、レーザ光の伝送状態を規定するための光学素子と、この光学素子の位置、姿勢等を調整するためのアクチュエータとを備える。

[0015] 1. 2 動作

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

[0016] ターゲット供給部26は、ターゲット物質によって形成されたターゲット27をEUVチャンバ2内部のプラズマ生成領域25に向けて出力するよう構成される。ターゲット27には、パルスレーザ光33に含まれる少なくとも1つのパルスが照射される。パルスレーザ光が照射されたターゲット27はプラズマ化し、そのプラズマから放射光251が放射される。放射光251に含まれるEUV光252は、EUV集光ミラー23によって選択的に反射される。EUV集光ミラー23によって反射されたEUV光252は、中間集光点292で集光され、露光装置6に出力される。なお、1つのターゲット27に、パルスレーザ光33に含まれる複数のパルスが照射されてもよい。

[0017] EUV光生成コントローラ5は、EUV光生成システム11全体の制御を統括するよう構成される。EUV光生成コントローラ5は、ターゲットセンサ4の検出結果を処理するよう構成される。ターゲットセンサ4の検出結果に基づいて、EUV光生成コントローラ5は、例えば、レーザ装置3の発振タイミング、パルスレーザ光32の照射方向、パルスレーザ光33の集光位

置等を制御するよう構成されてもよい。上述の様々な制御は単なる例示に過ぎず、必要に応じて他の制御が追加されてもよい。

[0018] 極端紫外光を発生させる極端紫外光源システムは、EUV光生成システム11を含む概念である。極端紫外光生成チャンバは、EUVチャンバ2を含む概念である。

[0019] 2. 用語の説明

「レーザ光の伝送方向」は、レーザ発振器からレーザ装置の出力端までのレーザ光の伝送経路に沿った方向である。

[0020] 「レーザ光の伝送方向の上流側」は、レーザ光の伝送経路におけるレーザ発振器の側である。

[0021] 「レーザ光の伝送方向の下流側」は、レーザ光の伝送経路におけるレーザ装置の出力端の側である。

[0022] 「前段」は、レーザ光の伝送方向における1つ上流側の増幅ユニット、又は増幅ユニットに付随する機器の位置である。

[0023] 「後段」は、レーザ光の伝送方向における1つ下流側の増幅ユニット、又は増幅ユニットに付随する機器の位置である。

[0024] 「最終段」は、レーザ光の伝送方向における最も下流側の増幅ユニット、又は増幅ユニットに付随する機器の位置である。

[0025] 「k番目」は、レーザ光の伝送方向における最も上流側の増幅ユニット、又は増幅ユニットに付随する機器の位置を1番目とした場合の任意の位置である。n個の増幅ユニットを備える場合、kは1以上n以下の任意の整数である。

[0026] 「増幅チャンバの入射側」は、レーザ光の伝送方向における増幅チャンバの上流側である。

[0027] 「増幅チャンバの出射側」は、レーザ光の伝送方向における増幅チャンバの下流側である。

[0028] 「ビーム幅」は、レーザ光の断面における幅である。レーザ光の断面が円の場合、ビーム幅は円の直径である。

[0029] 3. 課題

図2は比較例に係る増幅チャンバが交換された場合におけるレーザ光の光軸の調整を模式的に示す図である。比較例に係るレーザ装置100は、レーザ発振器102と、 n 個の増幅ユニット104とを備えている。 n は1以上の整数である。 n 個の増幅ユニット104は、パルスレーザ光の伝送方向に沿って直列に配置される。以下、パルスレーザ光はレーザ光と記載されることがある。

[0030] 図2には、 n 個の増幅ユニット104のうち、レーザ発振器102に最も近い増幅ユニットを1番目の増幅ユニット104とした場合の k 番目の増幅ユニット104A、及び $k+1$ 番目の増幅ユニット104Bが図示されている。

[0031] k 番目の増幅ユニット104Aは、波面調整部110Aと、方向調整部112Aと、増幅チャンバ114Aと、計測部116Aとを備えている。波面調整部110A、方向調整部112A、増幅チャンバ114A及び計測部116Aは、パルスレーザ光の伝送方向に沿って、レーザ光の伝送方向の上流側から、上記の順に配置されている。

[0032] 波面調整部110A、方向調整部112A、増幅チャンバ114A及び計測部116Aは、増幅制御部118Aと電気信号を伝送可能に接続されている。 $k+1$ 番目の増幅ユニット104Bは、 k 番目の増幅ユニット104Aと同様の構成であり、ここでの説明は省略する。増幅ユニット104Bの各構成の符号は、末尾にBが付されて図示される。

[0033] ここで、図2のレーザ発振器102に付したMOは、master oscillatorの省略語である。また、図2の増幅チャンバ114に付したPAは、power amplifierの省略語である。

[0034] 図2に示した増幅ユニット104Aは、レーザ発振器102から出射されたレーザ光が、波面調整部110A及び方向調整部112Aを介して増幅チャンバ114Aへ入射する。計測部116Aは、増幅チャンバ114Aから出射したレーザ光を計測する。増幅制御部118Aは、計測部116Aを用

いて計測されたレーザ光の光軸の情報、及び波面の情報に基づいて、波面調整部 110 A 及び方向調整部 112 A を制御する。

[0035] 図 2 において破線を用いて図示した増幅チャンバ 114 A は、増幅チャンバ 114 A が交換された場合の交換前の増幅チャンバ 114 A を表している。図 2 において実線を用いて図示した増幅チャンバ 114 A は、交換後の増幅チャンバ 114 A を表している。

[0036] 図 2 では、増幅ユニット 104 に備えられる各構成の符号に、増幅ユニットの符号に付されたアルファベットと同じアルファベットが付されている。以下の説明において、増幅ユニット及び増幅ユニットの各構成について、アルファベットを付さない場合は、総称、又は任意の 1 つを表すこととする。

[0037] 増幅チャンバ 114 A が交換される前は、増幅チャンバ 114 A に入射するレーザ光の光軸 120 B は、増幅チャンバ 114 A における最適な光軸 120 A に合わせて調整されている。

[0038] 例えば、増幅チャンバ 114 A が交換された場合、交換後の増幅チャンバ 114 A の配置位置にずれが生じることがあり得る。そうすると、交換後の増幅チャンバ 114 A の最適な光軸 122 A は、交換前の増幅チャンバ 114 A の最適な光軸 120 A とずれが生じることがあり得る。

[0039] そして、交換後の増幅チャンバ 114 A から出射するレーザ光の光軸 122 C は、増幅チャンバ 114 A の後段の増幅チャンバ 114 B の最適な光軸 120 C とずれが生じることがあり得る。

[0040] そこで、交換前後のレーザ光の光軸のずれを補償して、前段の増幅チャンバ 114 A が交換される前の光軸 120 C で後段の増幅チャンバ 114 B にレーザ光が入射するように、後段の方向調整部 112 B を用いてレーザ光の光軸を調整する必要があった。

[0041] そうすると、増幅チャンバ 114 A が交換された場合、増幅制御部 118 A によって波面調整部 110 A 及び方向調整部 112 A を制御して光軸、及び波面を調整した後に、後段の増幅制御部 118 B によって方向調整部 112 B を制御する光軸の調整が必要となる。このために、交換後の調整に時間

がかかっていた。

[0042] 図3は比較例に係る最終段の増幅チャンバの交換前後の光軸を模式的に示す図である。図3に示した増幅ユニット104Cは、波面調整部110C、方向調整部112C、増幅チャンバ114C及び計測部116Cを備えている。nが1の場合と等価である。

[0043] 波面調整部110C、方向調整部112C、増幅チャンバ114C及び計測部116Cは、増幅制御部118Cと電気信号を伝送可能に接続されている。

[0044] 図3に示すように、最終段の増幅ユニット104Cから出射したレーザ光は、図1に図示されたレーザ光伝送装置34を介して、EUVチャンバ2へ導入される。しかし、交換後の増幅チャンバ114Cから出射するレーザ光の光軸122Eは、交換前の増幅チャンバ114Cから出射されていたレーザ光の光軸120Eとずれることがあり得る。

[0045] すなわち、増幅チャンバ114Cが交換された場合、増幅チャンバ114Cから出射されたレーザ光が、EUVチャンバ2へ入射しないことがあり得る。

[0046] 4. レーザ装置の説明

4. 1 構成

図4は本実施形態に係るレーザ装置の構成例を概略的に示すブロック図である。以下に説明するレーザ装置は、EUV生成システムに適用可能である。図4に示したレーザ装置200は、レーザ発振器202と、m個の増幅ユニット204とを備えている。図4に示したm個の増幅ユニット204は、レーザ光の伝送方向に沿って直列に配置される。mは1以上の整数である。

[0047] レーザ装置200は、レーザコントローラ206及びm個の増幅制御部218と電気信号を伝送可能に接続されている。図4に示したレーザコントローラ206は、図1に示したEUV光生成コントローラ5に備えられていてもよいし、EUV光生成コントローラ5とは別々に備えられていてもよい。

[0048] 図4に示した増幅ユニット204Aは、波面調整部210A、第1方向調

整部 2 1 2 A、増幅チャンバ 2 1 4 A、第 2 方向調整部 2 1 5 A、及び計測部 2 1 6 A を備えている。波面調整部 2 1 0 A、第 1 方向調整部 2 1 2 A、増幅チャンバ 2 1 4 A、第 2 方向調整部 2 1 5 B、及び計測部 2 1 6 A は、レーザ光の伝送方向に沿って、レーザ光の伝送方向の上流側から上記の順に配置されている。

[0049] すなわち、図 4 に示した増幅ユニット 2 0 4 A は、レーザ光の伝送方向の上流側の位置に第 1 方向調整部 2 1 2 A が配置され、レーザ光の伝送方向の下流側の位置に第 2 方向調整部 2 1 5 A が配置される。

[0050] 第 2 方向調整部 2 1 5 A は、増幅チャンバ 2 1 4 A から出射するレーザ光が直接入射する位置に配置される。また、第 2 方向調整部 2 1 5 A は、第 2 方向調整部 2 1 5 A から出射したレーザ光が計測部 2 1 6 A へ直接入射する位置に配置される。

[0051] 図 4 に示した増幅ユニット 2 0 4 B、増幅ユニット 2 0 4 C 及び増幅ユニット 2 0 4 D も増幅ユニット 2 0 4 A も同様に構成されている。図 4 に示した増幅ユニット 2 0 4 D は、図 1 に示したレーザ光伝送装置 3 4 を介して、EUV チャンバ 2 へ入射するレーザ光を出力する。

[0052] 入射側光学調整部は、波面調整部及び第 1 方向調整部を構成要素としてもよい。出射側光学調整部は、第 2 方向調整部を構成要素としてもよい。増幅部は、増幅チャンバを含む概念である。図 4 に示した m 個の増幅制御部は、m 個のプロセッサから構成されてもよいし、1 個、又は 2 個以上 m 個未満のプロセッサから構成されてもよい。m 個の増幅制御部は、レーザコントローラと統合されてもよい。

[0053] 4. 2 動作

図 5 は増幅チャンバの交換前後のレーザ光の光軸を模式的に示す図である。図 5 には、交換対象の増幅チャンバ 2 1 4 C が備えられる増幅ユニット 2 0 4 C、増幅ユニット 2 0 4 C の前段の増幅ユニット 2 0 4 E、及び増幅ユニット 2 0 4 C の後段の増幅ユニット 2 0 4 F を図示する。破線を用いて図示した増幅チャンバ 2 1 4 C は、交換前の増幅チャンバ 2 1 4 C を表してい

る。

[0054] なお、図5に示した増幅ユニット204Cは、k番目の増幅ユニット204である。図5に示した増幅ユニット204Eは、k-1番目の増幅ユニット204である。図5に示した増幅ユニット204Fは、k+1番目の増幅ユニット204である。

[0055] 増幅チャンバ214Cが交換されると、増幅チャンバ214Cの配置位置に合わせて、増幅チャンバ214Cに入射するレーザ光の光軸調整、及び波面調整、並びに増幅チャンバ214Cから出射するレーザ光の光軸調整が実行される。

[0056] まず、交換後の増幅チャンバ214Cの前段までの増幅チャンバを励起させて、交換後の増幅チャンバ214Cにレーザ光を入射させる。交換後の増幅チャンバ214Cの入射側に配置された第1方向調整部212Cを用いて、増幅チャンバ214Cに入射するレーザ光の光軸222は、交換後の増幅チャンバ214Cの最適な光軸223に合わせて調整される。

[0057] また、交換後の増幅チャンバ214Cの入射側に配置された波面調整部210Cを用いて、増幅チャンバ214Cに入射するレーザ光の波面は、交換後の増幅チャンバ214Cの最適な波面に合わせて調整される。

[0058] 次に、増幅チャンバ214Cの出射側に配置された第2方向調整部215Cを用いて、増幅チャンバ214Cから出射するレーザ光の光軸223は、増幅チャンバ214Fの最適な光軸224に合わせられる。増幅チャンバ214Fの最適な光軸224は、前段の増幅チャンバ214Cの交換の前の最適な光軸220と同一である。すなわち、増幅チャンバ214Cの交換の前の最適な光軸220が復元される。なお、図5では、図示の都合上、光軸220と光軸224との位置をずらして図示している。ここでいう同一とは、許容される誤差が含まれる実質的な同一を含んでもよい。

[0059] 増幅チャンバ214Cが交換され、交換後の光軸、及び波面の調整が完了すると、レーザ装置200は稼働可能となる。レーザ装置200の稼働中、増幅チャンバ214Cの交換前の目標値を保持して、波面調整部210C、

第1方向調整部212C、及び第2方向調整部215Cを制御するようにしてもよい。

[0060] 4. 3 増幅ユニットの各部の交換後の調整の流れ

4. 3. 1 増幅チャンバが交換された場合

4. 3. 1. 1 全体フローチャート

以下に、図4及び図5に示したk番目の増幅ユニット204Cに備えられる各部が交換された場合について説明する。図6は増幅チャンバが交換された際の調整の流れを示すフローチャートである。

[0061] 図4に示した増幅チャンバ214Cが交換されると、図6に示したステップS10において、図4に示した増幅制御部218Cはレーザ発振器202を励起させる。

[0062] また、図6に示したステップS10において、増幅制御部218Cは、調整の対象である増幅ユニット204Cの前段までの増幅ユニット204を励起させる。調整の対象の増幅ユニット204が、1番目の増幅ユニット204Aの場合は、レーザ発振器202のみを励起させる。

[0063] 図6に示したステップS12では、光軸の方向、通過位置スキャンサブルーチンが実行される。ステップS12では、増幅制御部218Cは、増幅チャンバ214Cが非励起の状態において、増幅チャンバ214Cを通過するレーザ光の光軸の方向、及び光軸の通過位置のスキャンを行う。なお、図6では、光軸の方向はpointingと記載される。また、光軸の通過位置はpositionと記載される。

[0064] レーザ光の光軸は、レーザ光の光路上の複数の位置におけるビームの断面の強度分布の重心を通過する直線としてもよい。ビームの断面が円の場合、レーザ光の光軸は、レーザ光の光路上の複数の位置におけるビームの断面の中心を通過する直線としてもよい。

[0065] ステップS14では、光軸の最適方向、最適通過位置決定サブルーチンが実行される。ステップS14では、図4に示した増幅制御部218Cは、増幅チャンバ214Cに入射するレーザ光の最適な光軸を決定する。すなわち

、増幅制御部218Cは、レーザ光の光軸の最適な方向を表す最適値 V_{max} 、及びレーザ光の光軸の最適な通過位置を表す最適値 C_{max} を決定する。ステップS16では、増幅制御部218Cは、レーザ光の光軸の方向の目標値 $V_t(k)$ 、及びレーザ光の光軸の通過位置の目標値 $C_t(k)$ を決定する。ここで、パラメータ k は k 番目を表している。図4に示した増幅制御部218Cは、決定された目標値 $V_t(k)$ 、及び目標値 $C_t(k)$ を用いて、増幅制御部218Cに入射するレーザ光の光軸を調整する。

[0066] レーザ光の光軸の方向の目標値 $V_t(k)$ は、ステップS14において決められたレーザ光の光軸の方向の最適値 V_{max} としてもよい。レーザ光の光軸の通過位置の目標値 $C_t(k)$ は、ステップS14において決められたレーザ光の光軸の通過位置の最適値 C_{max} としてもよい。

[0067] ステップS18では、図4に示した増幅制御部218Cは、増幅チャンバ214Cを励起させる。図6のステップS20では、ステップS12からステップS16に示した光軸調整を行った前提で、波面スキャンサブルーチンが実行される。ステップS20では、図4に示した増幅制御部218Cは、増幅チャンバ214Cを励起させた状態で、増幅チャンバ214Cから出射したレーザ光の波面のスキャンを行う。

[0068] 図6のステップS22では、最適波面決定サブルーチンが実行される。ステップS22では、図4に示した増幅制御部218Cは、増幅チャンバ214Cに入射するレーザ光の最適な波面を決定する。図6のステップS24では、図4に示した増幅制御部218Cは、増幅チャンバ214Cに入射するレーザ光の波面の目標値 $P_{ct}(k)$ を決定する。増幅チャンバ214Cに入射するレーザ光の波面の目標値 $P_{ct}(k)$ は、図6のステップS22において決められたレーザ光の波面の最適値 P_{ctmax} としてもよい。ステップS22では、図4に示した増幅制御部218Cは、決定された目標値 $P_{ct}(k)$ を用いて、増幅制御部218Cに入射するレーザ光の波面を調整する。

[0069] ステップS26では、図4に示した増幅制御部218Cは、増幅チャンバ

214Cが交換される前のレーザ光の光軸の方向の目標値 $V_t(k)$ 、及びレーザ光の光軸の通過位置の目標値 $C_t(k)$ に合わせて、第2方向調整部215を調整する。

[0070] すなわち、ステップS26では、図4に示した増幅チャンバ214Cが交換される前のレーザ光の光軸の方向の目標値 $V_t(k)$ 、及びレーザ光の光軸の通過位置の目標値 $C_t(k)$ を保持して、第2方向調整部215を調整する。ステップS26が終了すると、増幅チャンバ214Cが交換された際の光軸調整、及び波面調整が終了する。

[0071] 4. 3. 1. 2 光軸の方向、通過位置スキャンサブルーチンの説明

図7は図6の光軸の方向、通過位置スキャンサブルーチンの流れを示すフローチャートである。図7のステップS30では、図4に示した増幅制御部218Cは、増幅チャンバ214Cが交換される前における、レーザ光の光軸の方向の目標値 $V_{t0}(k)$ 、レーザ光の光軸の通過位置の目標値 $C_{t0}(k)$ を読み出す。

[0072] また、図7のステップS30では、図4に示した増幅制御部218Cは、増幅チャンバ214Cが交換される前における、レーザ光の波面の目標値 $P_{ct0}(k)$ を読み出す。レーザ光の光軸の方向の目標値 $V_{t0}(k)$ 、レーザ光の光軸の通過位置の目標値 $C_{t0}(k)$ 、及びレーザ光の波面の目標値 $P_{ct0}(k)$ は、図示されない記憶部に記憶されている。

[0073] ステップS32では、図4に示した増幅制御部218Cは、レーザ光の光軸の方向の目標値 $V_{t0}(k)$ 、及びレーザ光の光軸の通過位置の目標値 $C_{t0}(k)$ を用いて、光軸の方向、通過位置のスキャン範囲を求める。スキャン範囲は、1つ以上のパラメータセットから構成され、パラメータセットは、1つの光軸の方向、1つの通過位置を各々示す値を組にしたものである。

[0074] 増幅チャンバ214Cの配置公差範囲がある場合は、光軸の方向、通過位置のスキャン範囲は、増幅チャンバ214Cの配置公差範囲に基づいて求めてもよい。第1方向調整部212Cが図20に示す構成の場合、図7のステ

ップS 3 2において求められるスキャン範囲は、光軸の方向の2自由度と光軸の通過位置の2自由度とを用いた四次元マトリクスとしてもよい。

[0075] ステップS 3 4では、図4に示した増幅制御部2 1 8 Cは、光軸の方向、通過位置のスキャン範囲におけるパラメータセットを、図4に示した第1方向調整部2 1 2 Cに設定する。ここでは、光軸の方向、通過位置のスキャン範囲におけるパラメータセットは、レーザ光の光軸の方向とレーザ光の光軸の通過位置とを用いた四次元マトリクスとする。

[0076] 図7のステップS 3 6では、光軸の方向、通過位置計測サブルーチンが実行される。ステップS 3 6では、図4に示した増幅制御部2 1 8 Cは、図4に示した計測部2 1 6 Cを用いて、パラメータセットごとに計測を行う。図7のステップS 3 8では、図4に示した増幅制御部2 1 8 Cは、パラメータセットごとに計測部2 1 6 Cを用いた計測結果を記憶する。

[0077] 図7のステップS 4 0では、増幅制御部2 1 8 Cは、全てのパラメータセットについて、計測部2 1 6 Cを用いた計測が完了しているか否かを判断する。図7のステップS 4 0において、全てのパラメータセットについて計測部2 1 6 Cを用いた計測が完了していない場合はN o判定となる。N o判定の場合は、ステップS 3 4へ進む。以降、ステップS 4 0の判定がY e s判定となるまで、ステップS 3 4からステップS 4 0までの各工程を繰り返す。

[0078] 一方、ステップS 4 0において、全てのパラメータセットについて計測部2 1 6 Cを用いた計測が完了している場合はY e s判定となる。Y e s判定の場合は、光軸の方向、通過位置スキャンサブルーチンは終了する。

[0079] 4. 3. 1. 3 光軸の方向、通過位置計測サブルーチンの説明

図8は図7の光軸の方向、通過位置計測サブルーチンの流れを示すフローチャートである。図7の計測サブルーチンは、図8のステップS 5 0、ステップS 5 2、及びステップS 5 4が含まれる。ステップS 5 0では、図4に示した増幅制御部2 1 8 Cは、各パラメータセットにおけるエネルギーEを測定する。

- [0080] 図8のステップS50におけるエネルギーの測定はエネルギーメータを用いてもよい。エネルギーメータの詳細は後述する。エネルギーの測定には、図23から図25に示した構成を適用してもよい。
- [0081] 図8のステップS52では、図4に示した増幅制御部218Cは、位置センサを用いて、各パラメータセットにおける測定対象のレーザ光のビーム幅 D_{pos} 、重心位置 G_{xpos} 、 G_{ypos} を測定する。図8のステップS54では、図4に示した増幅制御部218Cは、方向センサを用いて、各パラメータセットにおける測定対象のレーザ光のビーム幅 D_{pit} 、重心位置 G_{xpit} 、 G_{ypit} を測定する。
- [0082] 方向センサには、図21に示す第1ビームプロファイラ382を用いてもよい。位置センサには、図21に示す第2ビームプロファイラ388を用いてもよい。図8のステップS52では、パラメータセットごとに、測定対象のレーザ光のビームプロファイルを取得してもよい。そして、取得したパラメータセットごとのビームプロファイルから、パラメータセットごとのレーザ光のビーム幅 D_{pos} 、重心位置 G_{xpos} 、 G_{ypos} を算出してもよい。
- [0083] 図8のステップS54では、取得したパラメータセットごとのビームプロファイルを取得してもよい。そして、取得したパラメータセットごとのビームプロファイルから、パラメータセットごとのレーザ光のビーム幅 D_{pit} 、重心位置 G_{xpit} 、 G_{ypit} を算出してもよい。ステップS50、ステップS52、及びステップS54が終了すると、図7のステップS36は終了する。
- [0084] 4. 3. 1. 4 光軸の最適方向、最適通過位置決定サブルーチンの説明

図9は図6の光軸の最適方向、最適通過位置決定サブルーチンの制御の流れを示すフローチャートである。図9のステップS60では、図4に示した増幅制御部218Cは、各パラメータセットのエネルギーEのデータを読み出す。図9のステップS62では、図4に示した増幅制御部218Cは、各パ

ラメータセットのレーザ光の重心位置 $Gxpos$ 、 $Gypos$ 、 $Gxpit$ 、 $Gypit$ のデータを読み出す。

[0085] 図9のステップS64では、図4に示した増幅制御部218Cは、エネルギーEが最大となるパラメータセットを求める。そして、エネルギーEが最大となるパラメータセットのレーザ光の重心位置 $Gxpos$ 、 $Gypos$ 、 $Gxpit$ 、 $Gypit$ を求める。

[0086] 更に、レーザ光の光軸の通過位置の最適値 $Cmax$ を ($Gxpos$ 、 $Gypos$) と設定し、レーザ光の光軸の方向の最適値 $Vmax$ を ($Gxpit$ 、 $Gypit$) と設定する。図9のステップS64が終了すると、図6の光軸の最適方向、最適通過位置決定サブルーチンは終了する。

[0087] 4. 3. 1. 5 波面スキャンサブルーチンの説明

図10は図6の波面スキャンサブルーチンの流れを示すフローチャートである。図10のステップS70では、図4に示した増幅制御部218Cは、レーザ光の光軸の方向の目標値 $Vt(k)$ 、レーザ光の光軸の通過位置の目標値 $Ct(k)$ を読み出す。また、増幅チャンバ214Cが交換される前のレーザ光の波面の目標値 $Pct0(k)$ を読み出す。

[0088] レーザ光の光軸の方向の目標値 $Vt(k)$ 、レーザ光の光軸の通過位置の目標値 $Ct(k)$ は、図6のステップS16において決められている。レーザ光の波面の目標値 $Pct0(k)$ は、図7のステップS30において読み出された値を使用してもよい。

[0089] 図10のステップS72では、図4に示した増幅制御部218Cは、レーザ光の波面の目標値 $Pct0(k)$ を用いて、レーザ光の波面のスキャン範囲のパラメータ、又はパラメータセットを求める。レーザ光の波面のスキャン範囲は、増幅チャンバ214Cが交換される前のレーザ光のビーム幅 $Dpos$ 、 $Dpit$ の値から決めてもよい。波面調整部210Cの構成が図16から図18に示す構成の場合、レーザ光の波面のスキャン範囲は一次元としてもよい。この場合、増幅制御部218Cは、レーザ光の波面スキャン範囲のパラメータを求める。

- [0090] 図10のステップS74では、図4に示した増幅制御部218Cは、波面調整部210Cの設定を標準位置から解除し、波面調整部210Cの設定を各パラメータ、又は各パラメータセットに設定する。標準位置は、増幅チャンバ214Cが交換される前の稼働の際の設定値である。
- [0091] 図10のステップS76では、図4に示した増幅制御部218Cは、第1方向調整部212Cを用いて、増幅チャンバ214Cに入射するレーザ光の光軸を、図6のステップS16で決められた目標値 $V_t(k)$ 、目標値 $C_t(k)$ に合わせて調整する。
- [0092] 図10のステップS78では、計測サブルーチンが実行される。ステップS78では、図4に示した増幅制御部218Cは、パラメータ又はパラメータセットごとのエネルギー E 、方向センサを用いて取得されたレーザ光のビーム幅 D_{pit} 、位置センサを用いて取得されたレーザ光のビーム幅 D_{pos} を計測する。但し、ステップS78では、エネルギー E は計測しなくてもよい。
- [0093] 図10のステップS80では、図4に示した増幅制御部218Cは、パラメータ又はパラメータセットごとに、図4に示した計測部216Cを用いた計測結果を記憶する。図10のステップS82では、図4に示した増幅制御部218Cは、全ての水準について、計測部216Cを用いた計測が完了しているか否かを判断する。
- [0094] 図10のステップS82において、全てのパラメータ又は全てのパラメータセットについて、図4に示した計測部216Cを用いた計測が完了していない場合はN o判定となる。N o判定の場合は、ステップS74へ進む。以降、ステップS82の判定がY e s判定となるまで、ステップS74からステップS82までの各工程を繰り返す。
- [0095] 一方、図10のステップS82において、全てのパラメータ又は全てのパラメータセットについて、図4に示した計測部216Cを用いた計測が完了している場合はY e s判定となる。Y e s判定の場合は、図10に示した波面スキャンサブルーチンは終了する。

[0096] 4. 3. 1. 6 最適波面決定サブルーチンの説明

図11は図6の最適波面決定サブルーチンの流れを示すフローチャートである。図11のステップS90では、パラメータ又はパラメータセットごとに、方向センサを用いて取得されたレーザ光のビーム幅Dpit、及び位置センサを用いて取得されたレーザ光のビーム幅Dposを読み出す。

[0097] ステップS92では、図4に示した増幅制御部218Cは、方向センサを用いて取得されたレーザ光のビーム幅Dpit、及び位置センサを用いて取得されたレーザ光のビーム幅Dposが最適となるパラメータ又はパラメータセットを求める。そして、増幅制御部218Cは、最適ビーム幅Dpit、及び最適ビーム幅Dposに対応付けて記憶されたパラメータ、又はパラメータセットを、波面の最適値Pctmaxとする。図11のステップS92が終了すると、最適波面決定サブルーチンは終了する。

[0098] 4. 3. 2 波面調整部が交換された場合

図12は波面調整部が交換された場合の調整の流れを示すフローチャートである。図12のステップS100では、図4に示したレーザ発振器202、及び増幅チャンバ214Cの前段までの増幅チャンバ214を励起させる。図12のステップS102では、増幅チャンバ214Cを励起させる。

[0099] 図12のステップS104では、図4に示した増幅制御部218Cは、第1方向調整部212Cを用いて、増幅チャンバ214Cに入射するレーザ光の光軸の方向を目標値Vt(k)に調整する。また、図12のステップS104では、図4に示した増幅制御部218Cは、第1方向調整部212Cを用いて、増幅チャンバ214Cに入射するレーザ光の光軸の通過位置を目標値Ct(k)に調整する。

[0100] 図12のステップS104では、図4に示した増幅制御部218Cは、増幅チャンバ214Cまでの増幅チャンバ214を励起させて、計測部216Cを用いて増幅チャンバ214Cから出射されたレーザ光の光軸の方向、及び光軸の通過方向を計測する。増幅制御部218Cは、計測部216Cの計測結果が、目標値Vt(k)及び目標値Ct(k)となるよう第1方向調整

部 2 1 2 C を制御してもよい。

[0101] 増幅制御部 2 1 8 C は、レーザ光の光軸の方向について、計測結果と目標値 $V_t(k)$ との差分を抽出してもよい。増幅制御部 2 1 8 C は、レーザ光の光軸の通過位置について、計測結果と目標値 $C_t(k)$ との差分を抽出してもよい。

[0102] 増幅制御部 2 1 8 C は、レーザ光の光軸の方向の計測結果と目標値 $V_t(k)$ との差分が小さくなるよう第 1 方向調整部 2 1 2 C を用いてレーザ光の光軸を調整してもよい。レーザ光の光軸の通過位置の計測結果と目標値 $C_t(k)$ との差分が小さくなるよう第 1 方向調整部 2 1 2 C を用いてレーザ光の光軸を調整してもよい。

[0103] 図 1 2 のステップ S 1 0 6 では、図 4 に示した増幅制御部 2 1 8 C は、レーザ光の波面をスキャンする。図 1 2 のステップ S 1 0 6 は、図 4 に示した増幅制御部 2 1 8 C は、図 1 0 に示した波面スキャンサブルーチンを実行する。図 1 2 のステップ S 1 0 8 では、図 4 に示した増幅制御部 2 1 8 C は、レーザ光の波面の最適値 P_{cmax} を決定する。

[0104] 図 1 2 のステップ S 1 0 8 では、図 4 に示した増幅制御部 2 1 8 C は、図 1 1 に示した最適波面決定サブルーチンを実行してレーザ光の波面の最適値 P_{ctmax} を決定する。ステップ S 1 1 0 では、図 4 に示した増幅制御部 2 1 8 C は、レーザ光の波面の最適値 P_{ctmax} を、レーザ光の波面の目標値 $P_{ct}(k)$ として設定する。ステップ S 1 1 0 が終了すると、波面調整部が交換された場合の調整は終了する。

[0105] 4. 3. 3 計測部が交換された場合

図 1 3 は計測部が交換された場合の調整の流れを示すフローチャートである。ステップ S 1 2 0 では、図 4 に示した増幅制御部 2 1 8 C は、レーザ発振器 2 0 2、及び増幅チャンバ 2 1 4 C の前段までの増幅チャンバ 2 1 4 を励起させる。図 1 3 のステップ S 1 2 2 では、図 4 に示した増幅制御部 2 1 8 C は、増幅チャンバ 2 1 4 C を励起させる。

[0106] 図 1 3 のステップ S 1 2 4 では、図 4 に示した増幅制御部 2 1 8 C は、増

幅チャンバ214Cを励起させた状態で、増幅チャンバ214Cから出射したレーザ光を計測部216Cに入射させる。そして、交換された計測部216Cによって計測された計測値を光軸の方向の新しい目標値 $V_t(k)$ 、及び光軸の通過位置の新しい目標値 $C_t(k)$ として記憶する。

[0107] 図13のステップS124が終了すると、計測部が交換された場合の調整は終了する。

[0108] 4. 3. 4 第1方向調整部が交換された場合

図14は第1方向調整部が交換された場合の調整の流れを示すフローチャートである。ステップS130では、図4に示した増幅制御部218Cは、レーザ発振器202、及び増幅チャンバ214Cの前段までの増幅チャンバ214を励起させる。

[0109] 図14ステップS132では、図4に示した増幅制御部218Cは、増幅チャンバ214Cの前段までの増幅チャンバ214を励起させた状態において、交換後の第1方向調整部212Cを用いて、増幅チャンバ214Cから出射するレーザ光の光軸を調整する。レーザ光の光軸の調整は、図12のステップS104と同様であり、ここでの説明は省略する。

[0110] 図14のステップS134では、図4に示した増幅制御部218Cは、増幅チャンバ214Cを励起させる。図14のステップS136では、図4に示した増幅制御部218Cは、増幅チャンバ214Cを励起させた状態において、交換後の第1方向調整部212Cを用いて、増幅チャンバ214Cへ入射するレーザ光の光軸を調整する。レーザ光の光軸の調整は、図12のステップS104と同様であり、ここでの説明は省略する。

[0111] 図14のステップS138では、図4に示した増幅制御部218Cは、増幅チャンバ214Cへ入射するレーザ光の波面を調整する。図14のステップS138では、図4に示した増幅制御部218Cは、増幅チャンバ214Cを励起させた状態において、計測部216Cを用いて、増幅チャンバ214Cから出射したレーザ光の波面を計測してもよい。増幅制御部218Cは計測結果を取得してもよい。

[0112] 増幅制御部 218C は、計測結果と波面の目標値 $P_{ct}(k)$ との差分を抽出してもよい。増幅制御部 218C は、レーザ光の波面の測定結果と目標値 $P_{ct}(k)$ との差分が小さくなるよう波面調整部 210C を用いてレーザ光の波面を調整してもよい。ステップ S138 が終了すると、第 1 方向調整部 212C が交換された場合の調整は終了する。

[0113] 4. 3. 5 第 2 方向調整部が交換された場合

図 15 は第 2 方向調整部が交換された場合の調整の流れを示すフローチャートである。ステップ S140 では、図 4 に示した増幅制御部 218C は、レーザ発振器 202、及び増幅チャンバ 214C の前段までの増幅チャンバ 214 を励起させる。図 15 のステップ S142 では、図 4 に示した増幅制御部 218C は、増幅チャンバ 214C を励起させる。

[0114] 図 15 のステップ S144 では、増幅制御部 218C は、計測部 216C によって計測された計測値が、第 2 方向調整部 215C が交換される前のレーザ光の光軸の方向の目標値 $V_t(k)$ 、及びレーザ光の光軸の通過位置の目標値 $C_t(k)$ となるように第 2 方向調整部 215C を調整する。

[0115] ステップ S144 が終了すると、第 2 方向調整部 215C が交換された場合の調整は終了する。

[0116] 4. 4 波面調整部の構成例

4. 4. 1 第 1 構成例

4. 4. 1. 1 構成

図 16 は本実施形態に係るレーザ装置に適用可能な波面調整部の第 1 構成例を概略的に示す図である。以下に、レーザ光の波面のパラメータとしてビーム幅が適用される例について説明する。レーザ光の波面のパラメータは、ビームダイバージェンスが適用されてもよい。ビームダイバージェンスからレーザ光の波面の曲率を求めてもよい。

[0117] 図 16 に示した波面調整部 210G は、第 1 ミラー 300 と、第 2 ミラー 302 とを含む第 1 ミラー対 304、及び第 3 ミラー 306 と、第 4 ミラー 308 とを含む第 2 ミラー対 310 を備えている。

[0118] 第1ミラー300、及び第2ミラー302は、移動プレート303に固定される。第3ミラー306、及び第4ミラー308は、固定プレート307に固定される。移動プレート303は、図示しないアクチュエータと連結される。図示しないアクチュエータは、図4に示した増幅制御部218を用いて動作が制御される。

[0119] 図16に示した移動プレート303は、第1ミラー対304と第2ミラー対310との間の距離を調整可能に構成される。図16に示した矢印線は、第1ミラー対304を移動させる場合の移動方向を表している。

[0120] 第1ミラー300、及び第2ミラー302を固定プレートに固定し、かつ、第3ミラー306、及び第4ミラー308を移動プレートに固定してもよい。また、第1ミラー300、及び第2ミラー302を移動プレートに固定し、かつ、第3ミラー306、及び第4ミラー308を移動プレートに固定してもよい。

[0121] 図16に示した波面調整部210Gは、第1ミラー300、及び第2ミラー302に軸外放物凸面ミラーが適用される。図16に示した波面調整部210Gは、第3ミラー306、及び第4ミラー308に軸外放物凹面ミラーが適用される。

[0122] 図16に符号312を付した矢印線は、波面調整部210Gに入射するレーザ光を表している。図16に符号314を付した矢印線は、波面調整部210Gから出射するレーザ光を表している。

[0123] 4. 4. 1. 2 動作

波面の調整を行う場合、アクチュエータの動作指令を表す電気信号が図4に示した増幅制御部218から、図示しないアクチュエータの駆動部へ送られる。アクチュエータは動作指令に基づいて動作をする。

[0124] アクチュエータが動作して、第1ミラー対304と第2ミラー対310との距離を相対的に広げると、レーザ光のビーム幅が広げることが可能である。第1ミラー対304と第2ミラー対310との距離を相対的に狭めると、レーザ光のビーム幅を狭めることが可能である。

[0125] 4. 4. 2 第2構成例

図17は本実施形態に係るレーザ装置に適用可能な波面調整部の第2構成例を概略的に示す図である。図17に示した波面調整部210Hは、図16に示した第1ミラー対304に代わり、図17に示した第3ミラー対304Aを備えている。波面調整部210Hは、図16に示した第2ミラー対310に代わり、図17に示した第4ミラー対310Aを備えている。

[0126] 第3ミラー対304Aは、図16に示した第2ミラー302に代わり、図17に示した第5ミラー302Aを備えている。第4ミラー対310Aは、図16に示した第4ミラー308に代わり、図17に示した第6ミラー308Aを備えている。第5ミラー302A、及び第6ミラー308Aは、平面ミラーが適用される。

[0127] 4. 4. 3 第3構成例

図18は本実施形態に係るレーザ装置に適用可能な波面調整部の第3構成例を概略的に示す図である。図18に示した波面調整部210Iは、図16に示した第1ミラー対304に代わり、図18に示した第5ミラー対304Bを備えている。波面調整部210Hは、図16に示した第2ミラー対310に代わり、図18に示した第6ミラー対310Bを備えている。

[0128] 第5ミラー対304Bは、図16に示した第1ミラー300に代わり、図18に示した第7ミラー300Bを備えている。また、第5ミラー対304Bは、図16に示した第2ミラー302に代わり、図18に示した第8ミラー302Bを備えている。第7ミラー300B及び第8ミラー302Bは、軸外放物凹面ミラーが適用される。

[0129] 第6ミラー対310Bは、図16に示した第3ミラー306に代わり、図18に示した第9ミラー306Bを備えている。また、第6ミラー対310Bは、図16に示した第4ミラー308に代わり、図18に示した第10ミラー308Bを備えている。第9ミラー306B及び第10ミラー308Bは、軸外放物凸面ミラーが適用される。

[0130] 4. 4. 4 第4構成例

4. 4. 4. 1 構成

図 19 は本実施形態に係るレーザ装置に適用可能な波面調整部の第 4 構成例を概略的に示す図である。図 19 に示した波面調整部 210 J は、第 11 ミラー 320 と、第 12 ミラー 322 とを備えている。

[0131] 第 11 ミラー 320 は凸面ミラーが適用される。第 11 ミラー 320 は平面ミラーが適用されてもよい。第 12 ミラー 322 は、曲率可変ミラーが適用される。第 12 ミラー 322 は、図示しないアクチュエータを備えている。図示しないアクチュエータは、図 4 に示した増幅制御部 218 を用いて動作が制御される。

[0132] アクチュエータは、電気エネルギーを付与して動作してもよいし、気体の圧力、又は液体の圧力を付与して動作してもよい。

[0133] 4. 4. 4. 2 動作

第 11 ミラー 320 に入射したレーザ光 324 は、第 11 ミラー 320 により反射して第 12 ミラー 322 に入射する。第 12 ミラー 322 に入射したレーザ光 325 は、第 12 ミラー 322 により反射する。

[0134] 第 12 ミラー 322 により反射したレーザ光 326 は、第 12 ミラー 322 の表面形状を可変させることに起因して、ビーム幅を可変させることが可能である。図示しないアクチュエータを動作させて、第 12 ミラー 322 の表面形状の可変が可能である。

[0135] 波面の調整として、ビーム幅の調整を行う場合、アクチュエータの動作指令を表す電気信号が、図 4 に示した増幅制御部 218 からアクチュエータの駆動部へ送られる。アクチュエータは動作指令に基づいて動作をする。

[0136] アクチュエータの動作に起因して、曲率可変ミラーが適用される第 12 ミラー 322 の表面形状が変えられる。第 12 ミラー 322 により反射したレーザ光 326 のビーム幅が調整される。

[0137] 4. 5 方向調整部の構成例

4. 5. 1 構成

図 20 は本実施形態に係るレーザ装置に適用可能な方向調整部の構成を概

略的に示す図である。図20に示した方向調整部340は、図4に示した第1方向調整部212、及び第2方向調整部215に適用可能である。

[0138] 図20に示した方向調整部340は、第1高反射ミラー342と、第2高反射ミラー344、第1アクチュエータ346と、第2アクチュエータ348とを備えている。第1アクチュエータ346は、第1高反射ミラー342と連結される。第2アクチュエータ348は、第2高反射ミラー344と連結される。

[0139] 第1アクチュエータ346を動作させると、第1高反射ミラー342の角度を可変させることが可能である。第2アクチュエータ348を動作させると、第2高反射ミラー344の角度を可変させることが可能である。第1アクチュエータ346、及び第2アクチュエータ348は、増幅制御部218を用いて動作が制御される。

[0140] 4. 5. 2 動作

方向調整部340に入射したレーザ光350は、第1高反射ミラー342に入射して、第1高反射ミラー342により反射する。第1高反射ミラー342により反射したレーザ光352は、第2高反射ミラー344に入射して、第2高反射ミラー344により反射する。第2高反射ミラー344により反射したレーザ光354は、方向調整部340から出射する。

[0141] 第1アクチュエータ346を動作させて、第1高反射ミラー342の角度を可変させると、第1高反射ミラー342により反射したレーザ光352の光軸353を変えることが可能である。

[0142] また、第2アクチュエータ348を動作させて、第2高反射ミラー344の角度を可変させると、第2高反射ミラー344により反射したレーザ光354の光軸355を変えることが可能である。

[0143] 第1高反射ミラー342の角度、及び第2高反射ミラー344の角度の少なくともいずれかを調整することで、方向調整部340から出射するレーザ光の光軸の調整が可能である。

[0144] 図4に示した計測部216を用いてレーザ光の光軸を計測し、計測結果に

基づき第1アクチュエータ346、及び第2アクチュエータ348の少なくともいずれか一方を動作させて、レーザ光の光軸を目標とするレーザ光の光軸に調整可能である。

[0145] 4. 6 計測部の構成例

4. 6. 1 第1構成例

4. 6. 1. 1 構成

図21は本実施形態に係るレーザ装置に適用可能な計測部の第1構成例を概略的に示す図である。図21に示した計測部380は、図4に示した計測部216に適用可能である。後述する第2構成例についても同様である。

[0146] 図21に示した計測部380は、第1ビームプロファイラ382と、第1転写光学系384と、第1ビームスプリッタ386とを備えている。また、計測部380は、第2ビームプロファイラ388と、第2転写光学系390と、第3高反射ミラー392と、第2ビームスプリッタ394とを備えている。

[0147] 第1ビームプロファイラ382、及び第2ビームプロファイラ388は、ラインセンサを適用してもよい。第1ビームプロファイラ382、及び第2ビームプロファイラ388は、CCDカメラを適用してもよい。

[0148] なお、CCDは、Charge Coupled Deviceの省略語である。また、図21では、第1ビームプロファイラ382はビームプロファイラ1と記載し、第2ビームプロファイラ388はビームプロファイラ2と記載する。図22についても同様である。

[0149] 第2ビームスプリッタ394は、計測部380に入射するレーザ光396の光路に配置される。第1ビームスプリッタ386は、第1サンプル光398の光路上に配置される。第1サンプル光398は、第2ビームスプリッタ394により反射した計測用のレーザ光である。

[0150] 第3高反射ミラー392は、第2サンプル光400の光路に配置される。第2サンプル光400は、第1ビームスプリッタ386により反射した計測用のレーザ光である。

[0151] 第1転写光学系384は、第1ビームスプリッタ386を通過した第1サンプル光398の光路上に配置される。第2転写光学系390は、第3高反射ミラー392により反射した第2サンプル光400の光路に配置される。

[0152] 4. 6. 1. 2 動作

図21に示した計測部380は、第1サンプル光398の光路上の地点A1、及び第2サンプル光400の光路上の地点A2におけるビームプロファイルを取得する。

[0153] 第1ビームスプリッタ386を通過した第1サンプル光398は第1転写光学系384を介して第1ビームプロファイラ382へ入射する。第1転写光学系384は、第1サンプル光398の光路の地点A1におけるビームプロファイルを第1ビームプロファイラ382の受光面に転写する。第1ビームプロファイラ382は、地点A1におけるビームプロファイルを取得する。

[0154] 第1ビームスプリッタ386により反射した第2サンプル光400は、第3高反射ミラー392により反射され、第2転写光学系390を介して第2ビームプロファイラ388へ入射する。

[0155] 第2転写光学系390は、第2サンプル光400の光路の地点A2におけるビームプロファイルを第2ビームプロファイラ388の受光面に転写する。第2ビームプロファイラ388は、地点A2におけるビームプロファイルを取得する。

[0156] 第1ビームプロファイラ382は、ビームプロファイルとして、地点A1における第1サンプル光398の強度分布を取得してもよい。第2ビームプロファイラ388は、ビームプロファイルとして、地点A2における第2サンプル光400の強度分布を取得してもよい。

[0157] 計測部380を用いて計測された計測結果は、図4に示した増幅制御部218へ送られてもよい。増幅制御部218は、図21に示した地点A1のプロファイル、及び地点A2のプロファイルから、レーザ光396の重心位置 G_{xpos} 、 G_{ypos} 、 G_{xpit} 、 G_{ypit} を取得してもよい。

[0158] 図4に示した増幅制御部218は、図21に示した地点A1のプロファイル、又は地点A2のプロファイルのいずれか一方から、レーザ光396のビーム幅Dpos、Dpitを取得してもよい。ビームプロファイルを用いたレーザ光の光軸の導出、及びレーザ光の波面の導出は、公知の手法を適用可能である。

[0159] 4. 6. 2 第2構成例

4. 6. 2. 1 構成

図22は本実施形態に係るレーザ装置に適用可能な計測部の第2構成例を概略的に示す図である。図22に示した計測部380Aは、図21に示した計測部380における第2転写光学系390に代わり、第1集光レンズ390Aを備えている。

[0160] 4. 6. 2. 2 動作

図22に示した第1ビームプロファイラ382を用いて取得したビームプロファイルから、第1サンプル光398の重心位置Gxpos、Gypos、及びレーザ光396のビーム幅Dposを取得してもよい。

[0161] 図22に示した第2ビームプロファイラ388を用いて取得したビームプロファイルから、第2サンプル光400の重心位置Gxpit、Gypitを取得してもよい。

[0162] 4. 7 エネルギーメータの構成例

4. 7. 1 第1構成例

図23は本実施形態に係るレーザ装置に適用可能なエネルギーメータの第1構成例を概略的に示す図である。図23に示したエネルギーメータ420は、第2集光レンズ422と、エネルギーセンサ424とを備えている。

[0163] 第2集光レンズ422は、第1サンプル光398の光路に配置される。エネルギーセンサ424は、第2集光レンズ422によって集光する第1サンプル光398の光路に配置される。なお、エネルギーセンサ424は、第2集光レンズ422の焦点位置に配置される必要はない。

[0164] エネルギーセンサ424は、第2集光レンズ422を用いて集光した第1サ

ンプル光 398 のエネルギーを検出する。エネルギーセンサ 424 は、フォトダイオードを適用してもよい。

[0165] 4. 7. 2 第 2 構成例

図 24 は本実施形態に係るレーザ装置に適用可能なエネルギーメータの第 2 構成例を概略的に示す図である。図 24 に示したエネルギーメータ 420A は、図 23 に示したエネルギーメータ 420 におけるエネルギーセンサ 424 の入射側に、積分球 426 を備えている。

[0166] 図 24 に示した積分球 426 は、図示しない入射側の開口と、図示しない出射側の開口を備えている。積分球 426 は、内壁が反射率の高い光散乱素材で形成されてもよい。積分球 426 は、入射側の開口から入射した第 1 サンプル光 398 を散乱させ、出射側の開口から均一な第 1 サンプル光 398 を出射してもよい。

[0167] 図 24 に示したエネルギーメータ 420A では、第 2 集光レンズ 422 を用いて集光した第 1 サンプル光 398 は、積分球 426 を介してエネルギーセンサ 424 に入射する。エネルギーセンサ 424 は、第 2 集光レンズ 422 を用いて集光し、積分球 426 を用いて均一化した第 1 サンプル光 398 のエネルギーを検出する。

[0168] 4. 7. 3 第 3 構成例

図 25 は本実施形態に係るレーザ装置に適用可能なエネルギーメータの第 3 構成例を概略的に示す図である。図 25 に示したエネルギーメータ 420B は、図 23 に示したエネルギーメータ 420 における第 2 集光レンズ 422、及びエネルギーセンサ 424 に代わり、パワーメータ 428 を備えている。

[0169] 4. 8 作用・効果

増幅チャンバ 214 の出射側に第 2 方向調整部 215 を備える。これにより、増幅チャンバ 214 が交換された際に、第 2 方向調整部 215 を用いて、交換された増幅チャンバから出射するレーザ光の光軸が、後段に配置される増幅チャンバの最適な光軸に合わせて調整される。

[0170] 交換された増幅チャンバ 214 の後段に配置される増幅ユニットにおける

光軸の調整が不要となり、増幅チャンバ214が交換された際の調整時間が短縮され、増幅チャンバの交換に伴うEUV装置のダウンタイムを低減することが可能である。

[0171] 増幅チャンバ214が交換された際に、第2方向調整部を用いた光軸の調整において、増幅チャンバが交換される前の光軸の目標値が保持されるので、交換前の光軸の復元が可能である。

[0172] 増幅チャンバ214が交換された際に、波面調整部210を用いた波面調整において、交換後の増幅チャンバ214における最適な波面に調整される。また、第1方向調整部212を用いた光軸調整において、交換後の増幅チャンバ214における最適な光軸に調整される。これにより、交換後の増幅チャンバ214は、最適な波面、最適な光軸のレーザ光の入射が可能である。

[0173] 以上説明した実施形態では、レーザ装置のEUV生成システムへの適用例を示したが、本実施形態に係るレーザ装置は、EUV生成システム以外の他の用途への適用が可能である。

[0174] 上記の説明は、制限ではなく単なる例示を意図している。したがって、添付の特許請求の範囲を逸脱することなく本開示の実施形態に変更を加えることができることは、当業者には明らかであろう。

[0175] 本明細書及び添付の特許請求の範囲全体で使用される用語は、「限定的でない」用語と解釈されるべきである。例えば、「含む」又は「含まれる」という用語は、「含まれるものとして記載されたものに限定されない」と解釈されるべきである。「有する」という用語は、「有するものとして記載されたものに限定されない」と解釈されるべきである。また、本明細書、及び添付の特許請求の範囲に記載される不定冠詞「1つの」は、「少なくとも1つ」又は「1又はそれ以上」を意味すると解釈されるべきである。

請求の範囲

[請求項1] レーザ発振器から出射されたレーザ光を増幅する1つ以上の増幅ユニット、及び前記増幅ユニットを制御する増幅制御部を備えたレーザ装置であって、

前記増幅ユニットは、

レーザ光が入射する入射側光学調整部であり、前記レーザ光の波面を調整する波面調整部、及び前記レーザ光の光軸を調整する第1方向調整部を備えた入射側光学調整部と、

前記レーザ光の伝送方向について、前記入射側光学調整部の下流側に配置される増幅部であり、前記入射側光学調整部から出射したレーザ光を増幅する増幅部と、

前記レーザ光の伝送方向について、前記増幅部の下流側に配置される出射側光学調整部であり、前記増幅部から出射されたレーザ光の光軸を調整する第2方向調整部を備えた出射側光学調整部と、

前記レーザ光の伝送方向について、前記出射側光学調整部の下流側に配置される計測部であり、前記出射側光学調整部から出射したレーザ光を計測して、前記レーザ光の光軸の情報、波面の情報、及びエネルギーの情報の少なくとも1つを取得する計測部と、

を備え、

前記増幅制御部は、前記計測部の計測結果に基づいて前記入射側光学調整部、及び前記出射側光学調整部の少なくともいずれか一方を制御するレーザ装置。

[請求項2] 請求項1に記載のレーザ装置であって、

前記増幅制御部は、前記増幅部が交換された際に、交換後の増幅部から出射するレーザ光の光軸を前記増幅部が交換される前の光軸に近づけるように、前記第2方向調整部を制御するレーザ装置。

[請求項3] 請求項1に記載のレーザ装置であって、

前記増幅制御部は、前記増幅部が交換された際に、交換後の増幅部

から出射するレーザ光のエネルギーが大きくなるように前記第 1 方向調整部を制御するレーザ装置。

[請求項4] 請求項 1 に記載のレーザ装置であって、
前記増幅制御部は、前記増幅部が交換された際に、交換後の増幅部から出射するレーザ光の波面が所定となるように前記波面調整部を制御するレーザ装置。

[請求項5] 請求項 1 に記載のレーザ装置であって、
前記計測部は、計測の対象とされるレーザ光の光軸の方向、及び光軸の通過位置を測定するレーザ装置。

[請求項6] 請求項 1 に記載のレーザ装置であって、
前記増幅制御部は、前記増幅部が交換された際に、前記第 1 方向調整部を制御して前記レーザ光の光軸の調整を行った後に、前記波面調整部を制御して前記光軸が調整されたレーザ光の波面を調整するレーザ装置。

[請求項7] 請求項 1 に記載のレーザ装置であって、
前記増幅制御部は、前記増幅部が交換された際に、前記第 1 方向調整部を制御して前記レーザ光の光軸の調整を行った後に、前記計測部によって計測される光軸が、前記増幅部が交換される前の光軸に近くように前記第 2 方向調整部を制御するレーザ装置。

[請求項8] 請求項 1 に記載のレーザ装置であって、
前記第 2 方向調整部は、前記増幅部から出射したレーザ光を直接入射する位置に配置され、
前記計測部は、前記第 2 方向調整部から出射したレーザ光を直接入射する位置に配置されるレーザ装置。

[請求項9] 請求項 1 に記載のレーザ装置であって、
複数の前記増幅ユニットを備え、複数の前記増幅ユニットがレーザ光の伝送方向について直列に配置されるレーザ装置。

[請求項10] ターゲット物質にレーザ光を照射してプラズマ化させることにより

、極端紫外光を発生させる極端紫外光源システムであって、

レーザ発振器から出射されたレーザ光を増幅する、少なくとも1つの増幅ユニットと、

前記増幅ユニットを制御する増幅制御部と、

前記増幅ユニットから出射されたレーザ光を入射して、前記入射したレーザ光を用いて極端紫外光を生成する極端紫外光生成チャンバと

、

を備え、

前記増幅ユニットは、レーザ光が入射する入射側光学調整部であり、前記レーザ光の波面を調整する波面調整部、及び前記レーザ光の光軸を調整する第1方向調整部を備えた入射側光学調整部と、

前記レーザ光の伝送方向について、前記入射側光学調整部の下流側に配置される増幅部であり、前記入射側光学調整部から出射したレーザ光を増幅する増幅部と、

前記レーザ光の伝送方向について、前記増幅部の下流側に配置される出射側光学調整部であり、前記増幅部から出射されたレーザ光の光軸を調整する第2方向調整部を備えた出射側光学調整部と、

前記レーザ光の伝送方向について、前記出射側光学調整部の下流側に配置される計測部であり、前記出射側光学調整部から出射したレーザ光を計測して、前記レーザ光の光軸の情報、波面の情報、及びエネルギーの情報の少なくとも1つを取得する計測部と、

を備え、

前記増幅制御部は、前記計測部の計測結果に基づいて前記入射側光学調整部、及び前記出射側光学調整部の少なくともいずれか一方を制御する極端紫外光源システム。

[請求項11]

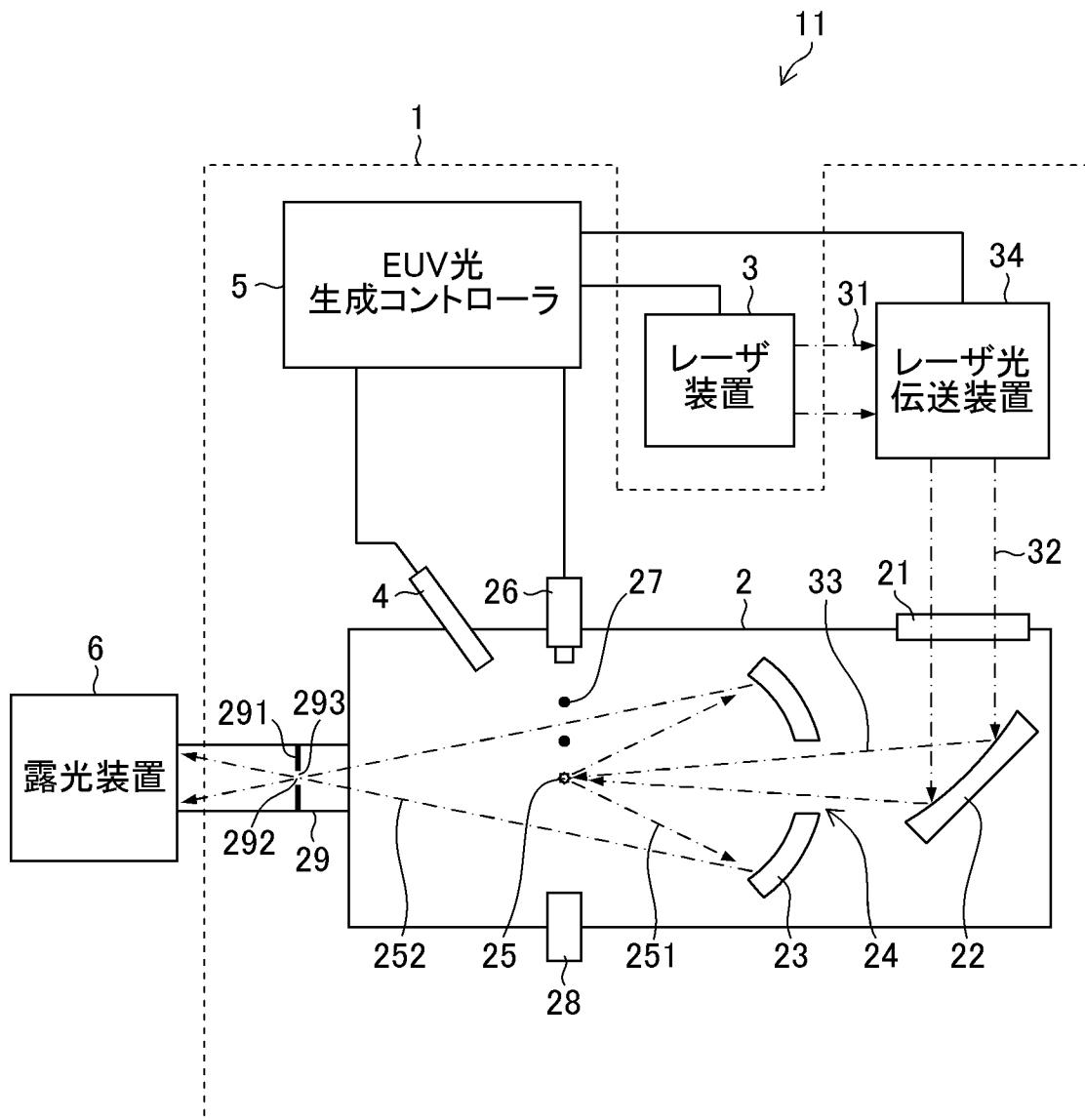
請求項10に記載の極端紫外光源システムであって、

前記増幅制御部は、前記増幅部が交換された際に、交換後の増幅部から出射するレーザ光の光軸を前記増幅部が交換される前の光軸に近

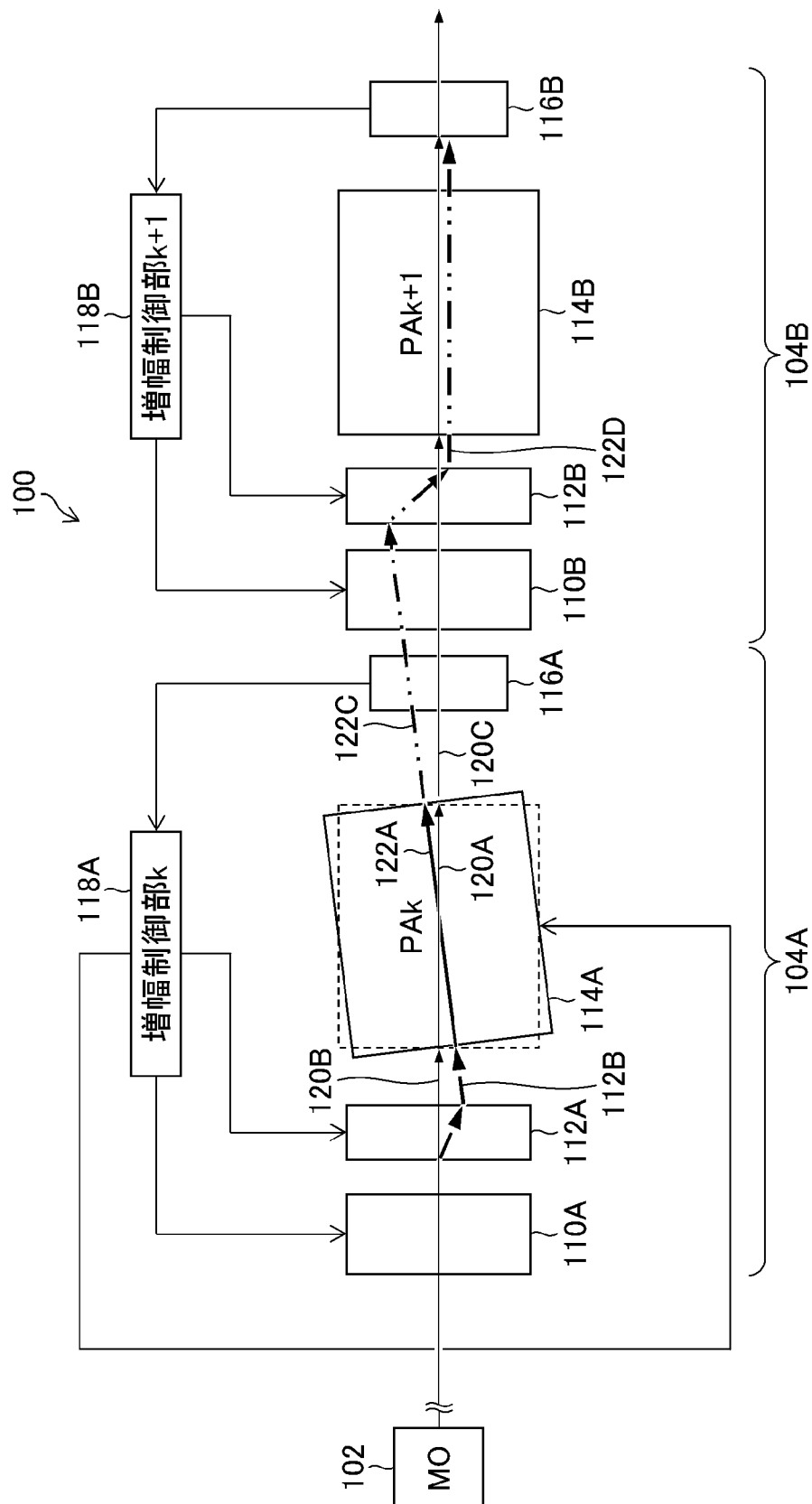
づけるように、前記第2方向調整部を制御する極端紫外光源システム。

- [請求項12] 請求項10に記載の極端紫外光源システムであって、
前記増幅制御部は、前記増幅部が交換された際に、交換後の増幅部から出射するレーザ光のエネルギーが大きくなるように前記第1方向調整部を制御する極端紫外光源システム。
- [請求項13] 請求項10に記載の極端紫外光源システムであって、
前記増幅制御部は、前記増幅部が交換された際に、交換後の増幅部から出射するレーザ光の波面が所定となるように前記波面調整部を制御する極端紫外光源システム。
- [請求項14] 請求項10に記載の極端紫外光源システムであって、
前記計測部は、計測の対象とされるレーザ光の光軸の方向、及び光軸の通過位置を測定する極端紫外光源システム。
- [請求項15] 請求項10に記載の極端紫外光源システムであって、
前記増幅制御部は、前記増幅部が交換された際に、前記第1方向調整部を制御して前記レーザ光の光軸の調整を行った後に、前記波面調整部を制御して前記光軸が調整されたレーザ光の波面を調整する極端紫外光源システム。
- [請求項16] 請求項10に記載の極端紫外光源システムであって、
前記増幅制御部は、前記増幅部が交換された際に、前記第1方向調整部を制御して前記レーザ光の光軸の調整を行った後に、前記計測部によって計測される光軸が、前記増幅部が交換される前の光軸に近づくように前記第2方向調整部を制御する極端紫外光源システム。
- [請求項17] 請求項10に記載の極端紫外光源システムであって、
前記第2方向調整部は、前記増幅部から出射したレーザ光を直接入射する位置に配置され、
前記計測部は、前記第2方向調整部から出射したレーザ光を直接入射する位置に配置される極端紫外光源システム。

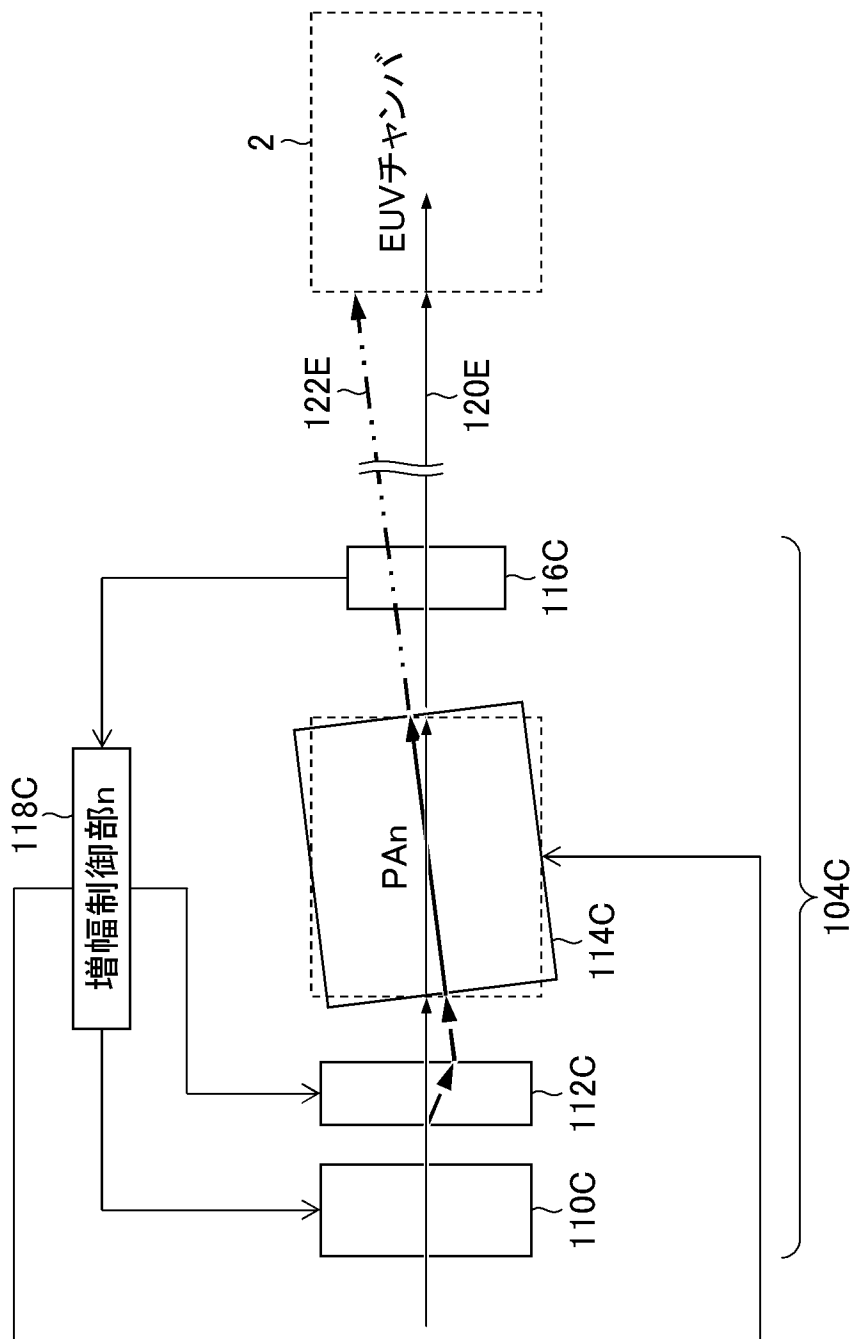
[請求項18] 請求項10に記載の極端紫外光源システムであって、
 複数の前記増幅ユニットを備え、複数の前記増幅ユニットがレーザ
 光の伝送方向について直列に配置される極端紫外光源システム。



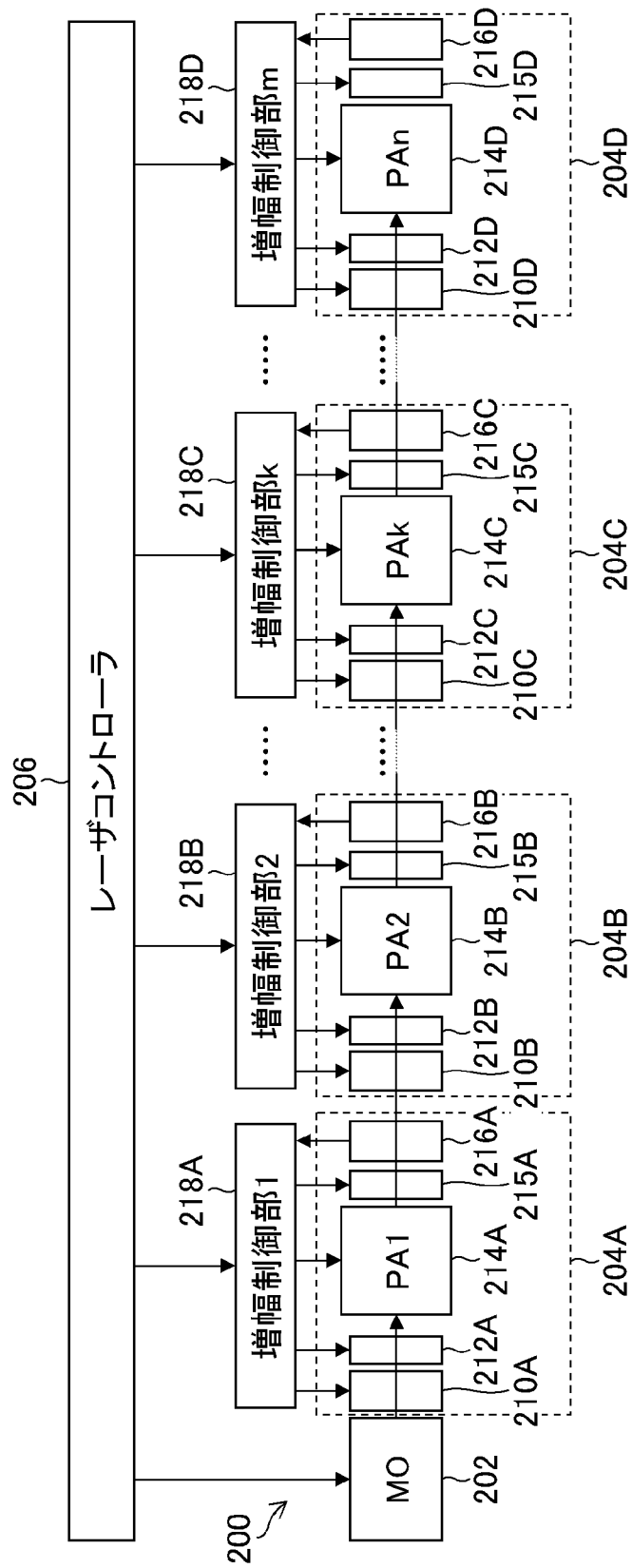
[図2]



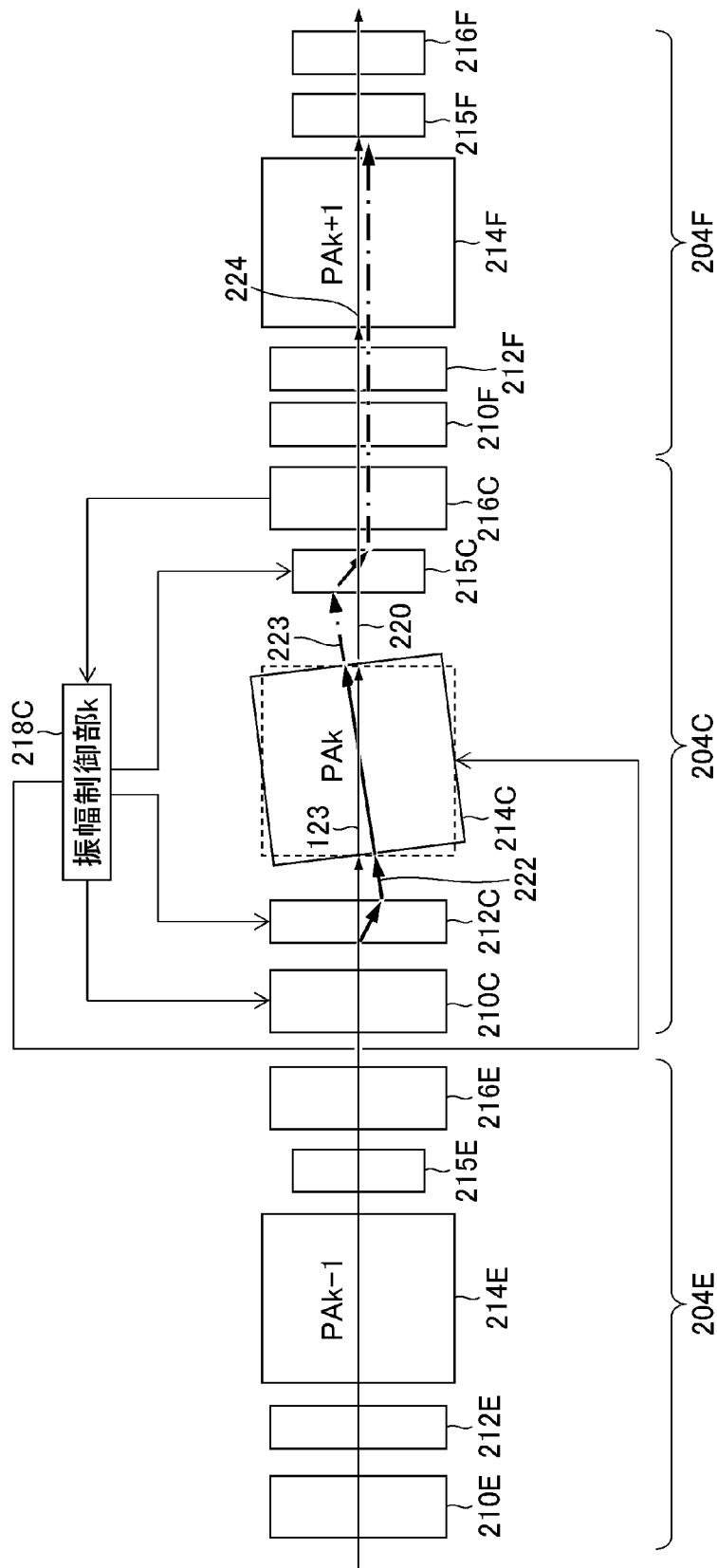
[図3]



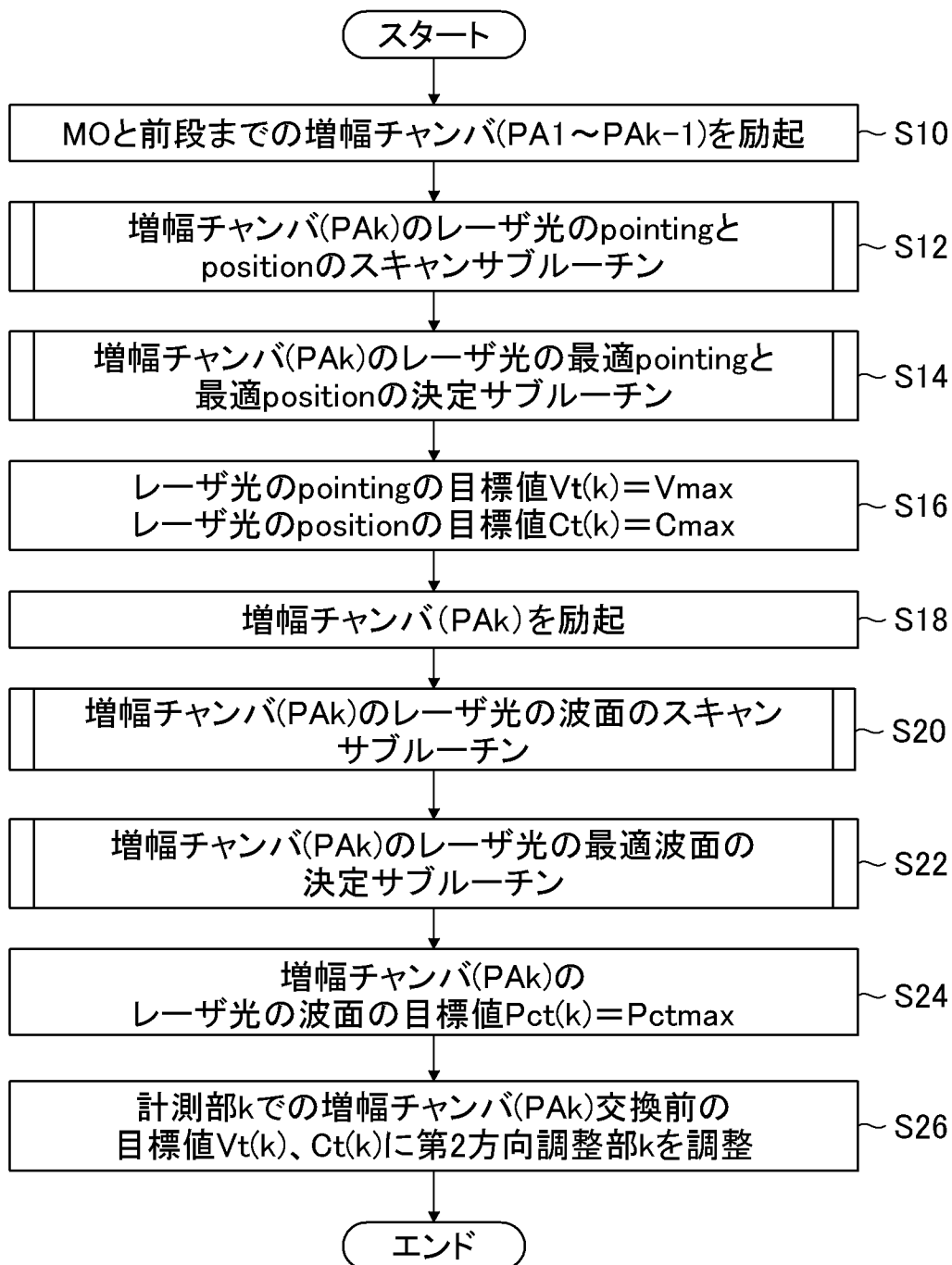
[図4]



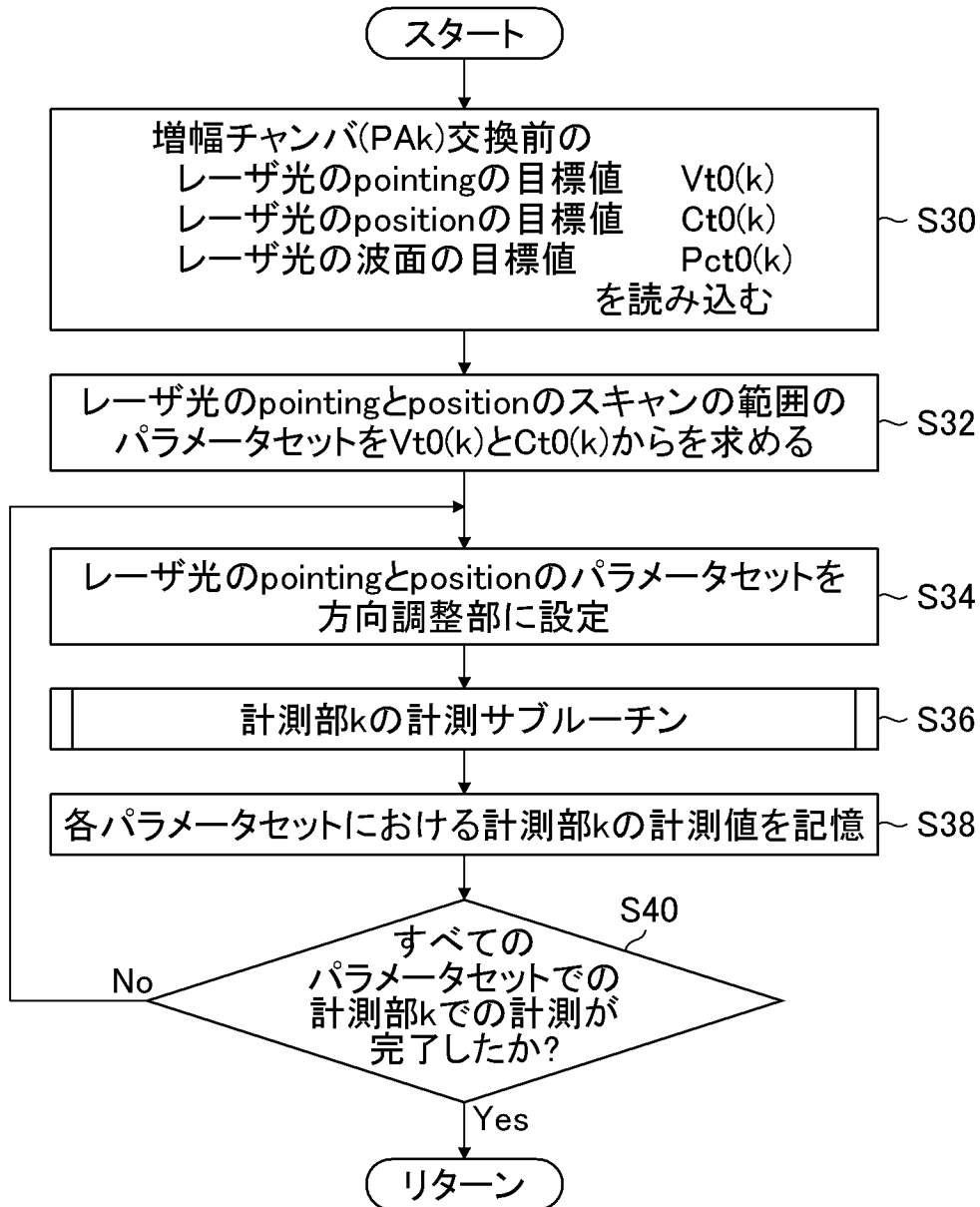
[図5]



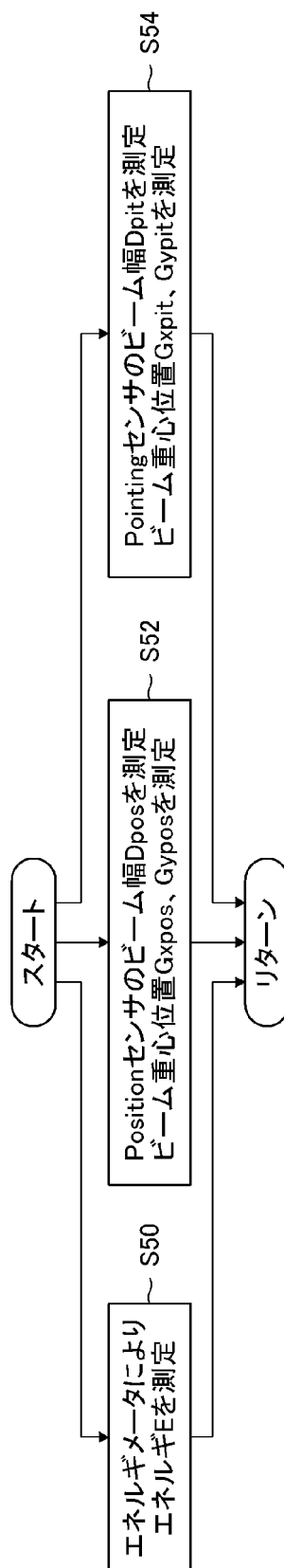
[図6]



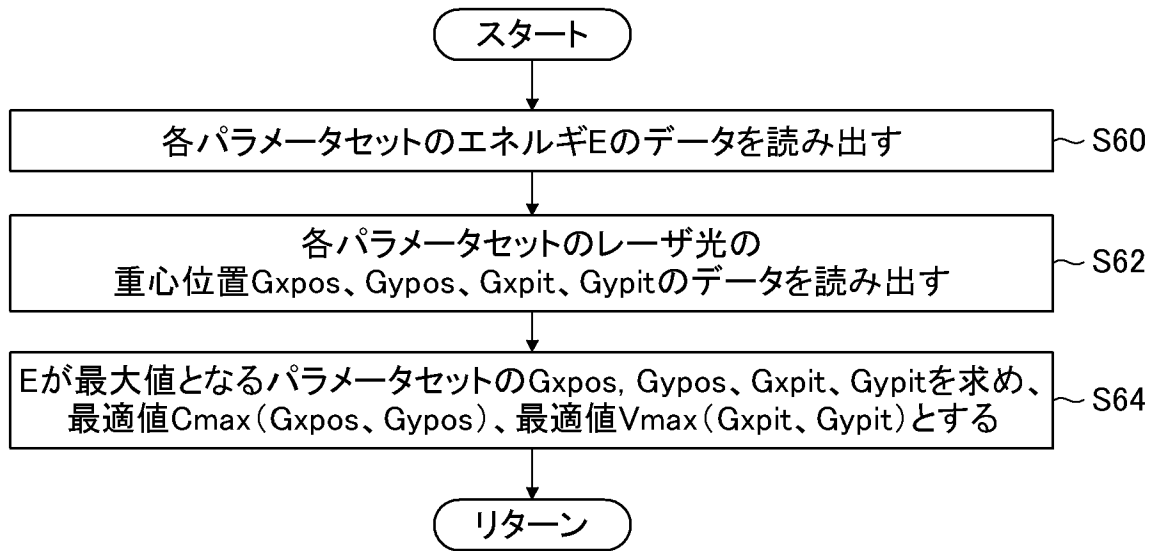
[図7]



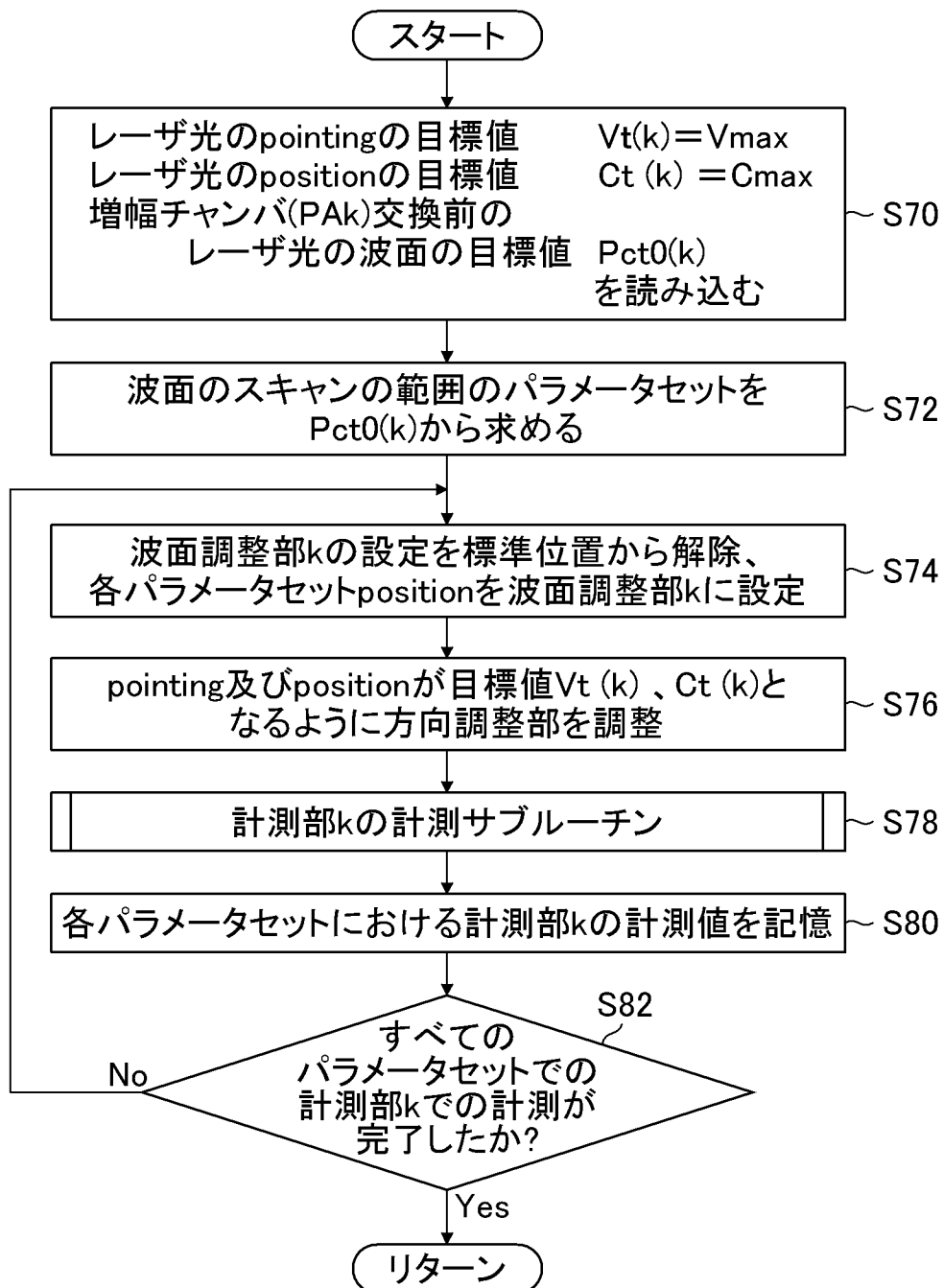
[図8]



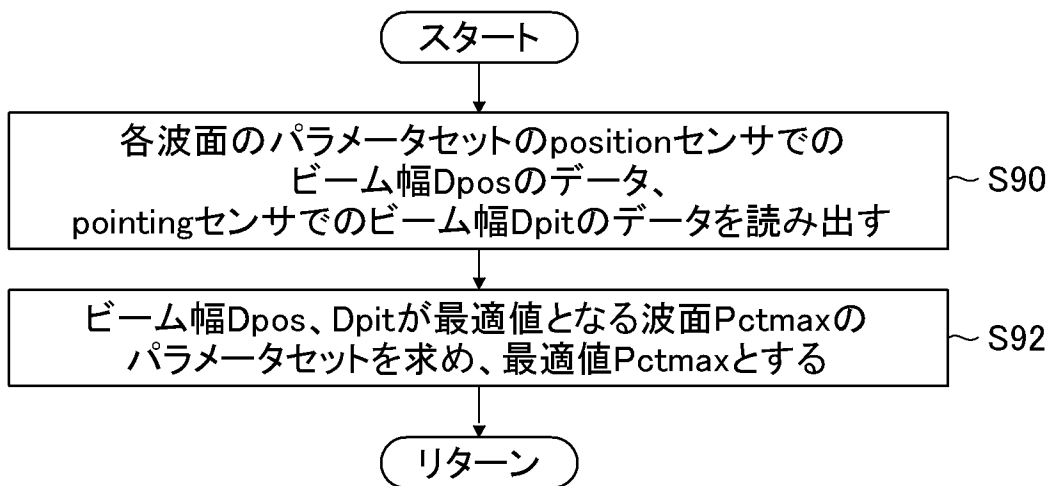
[図9]



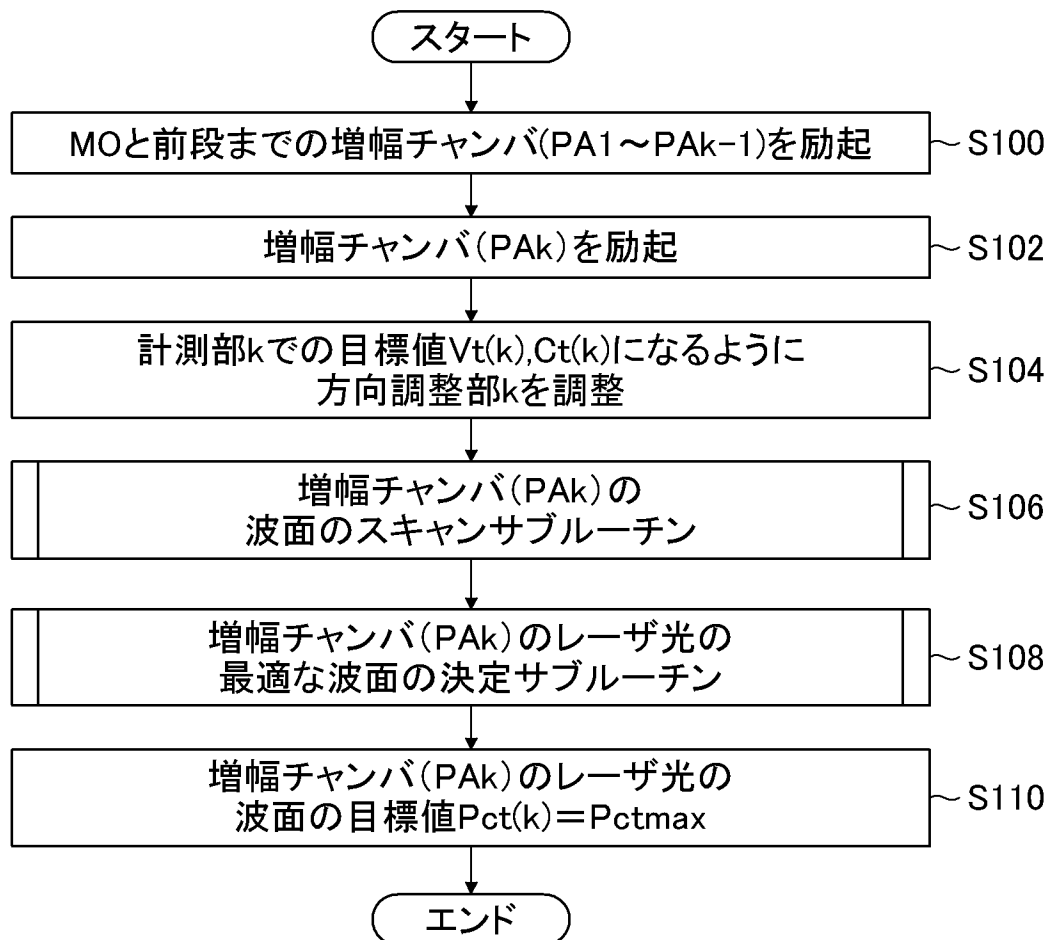
[図10]



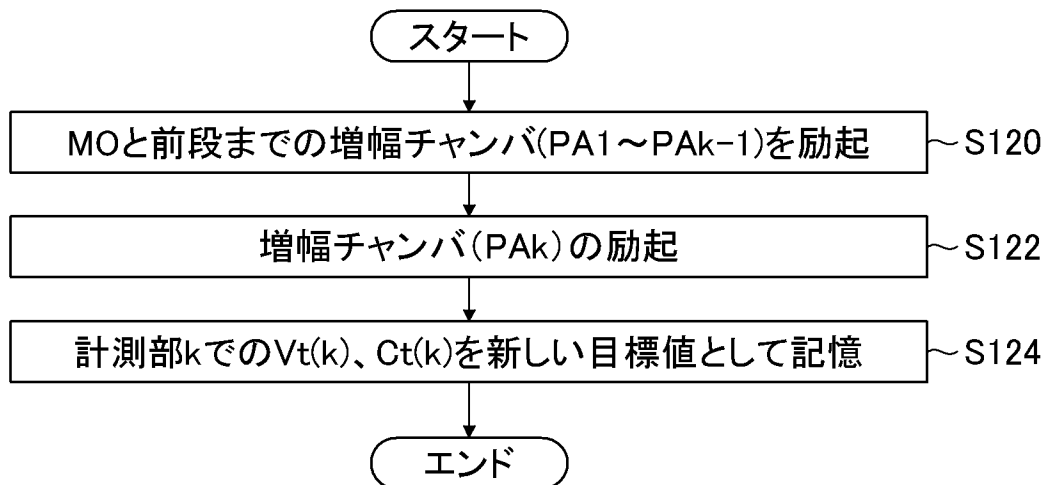
[図11]



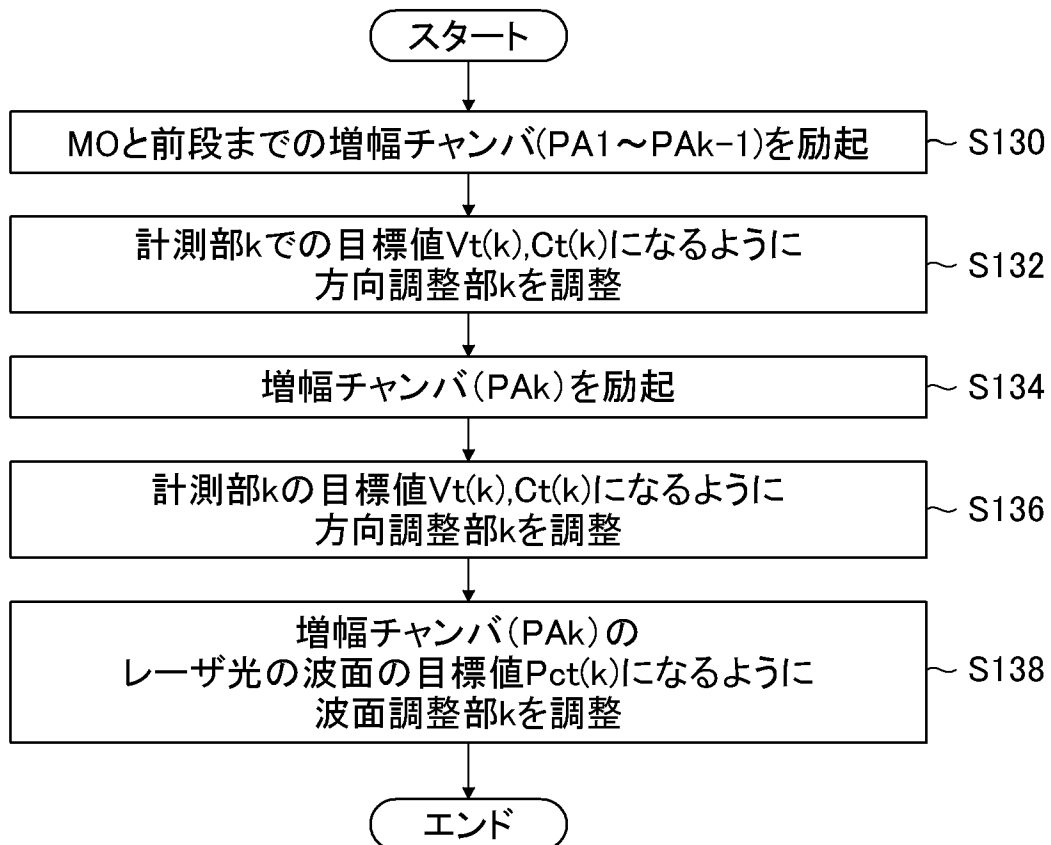
[図12]



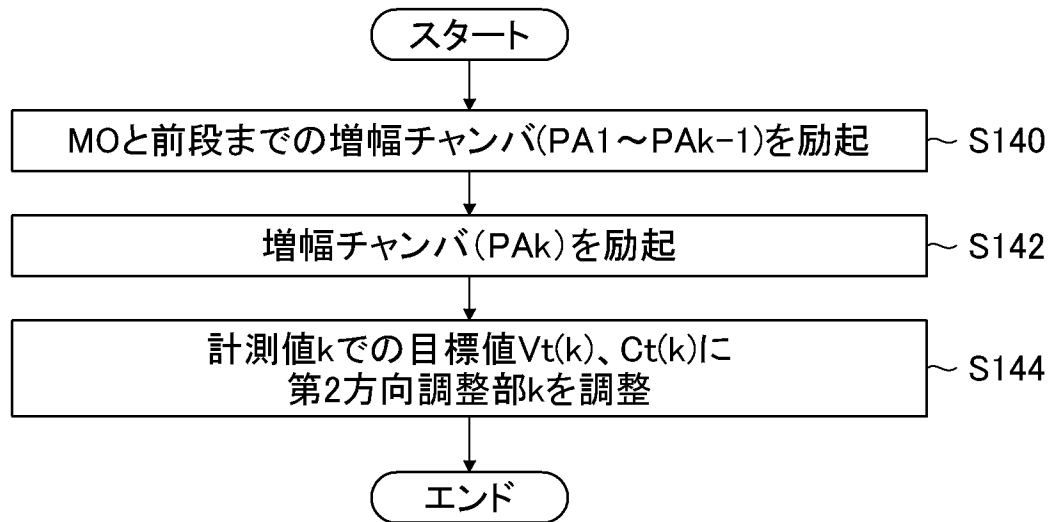
[図13]



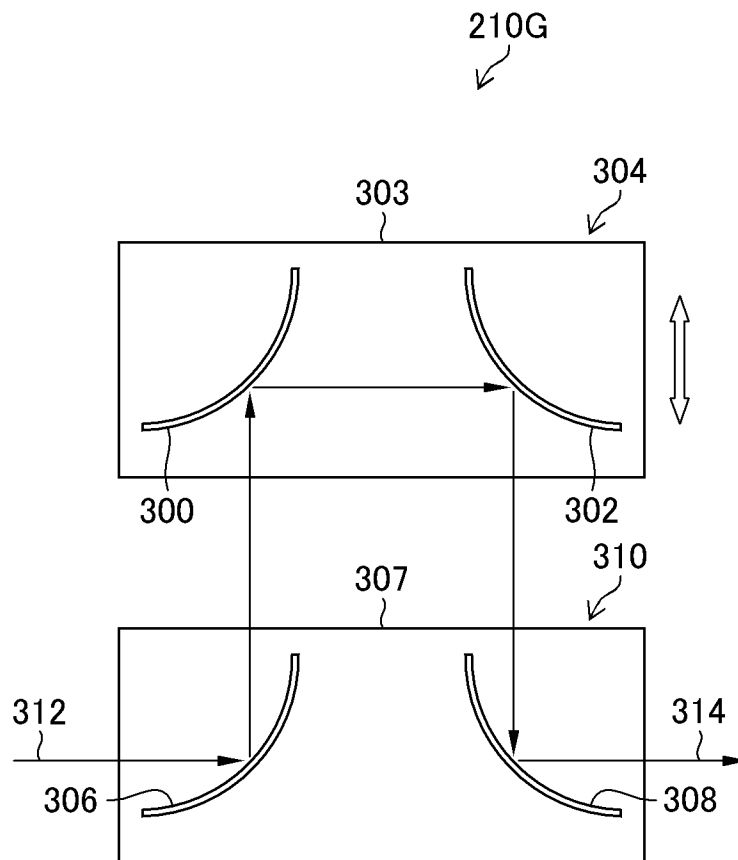
[図14]



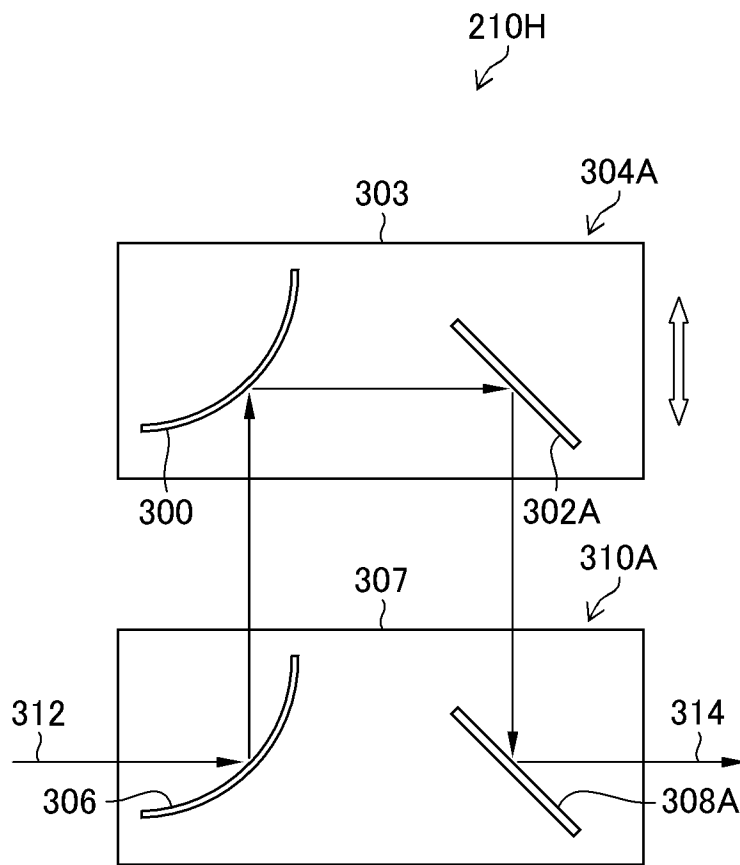
[図15]



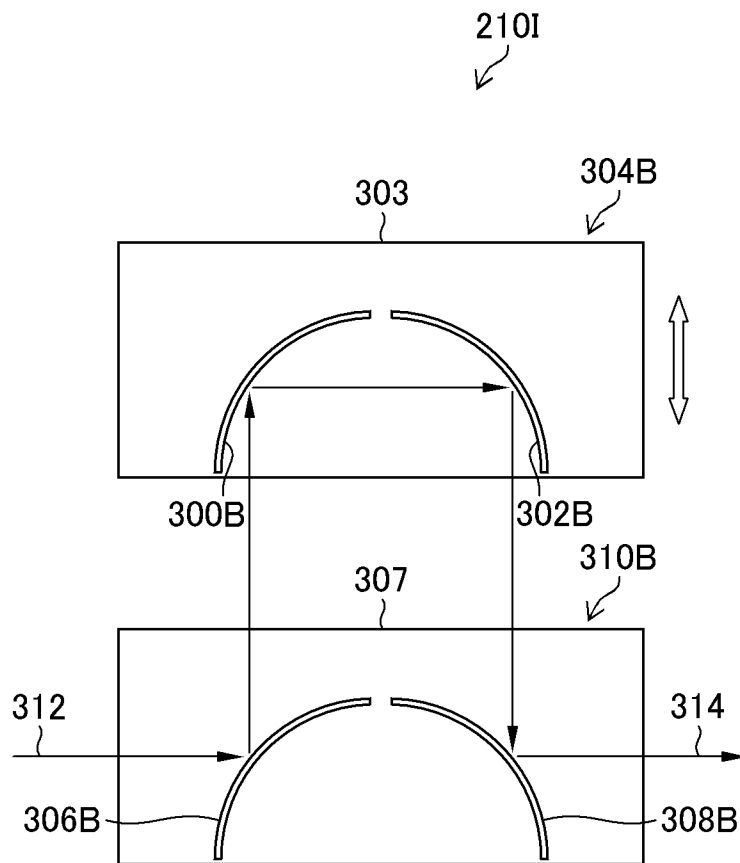
[図16]



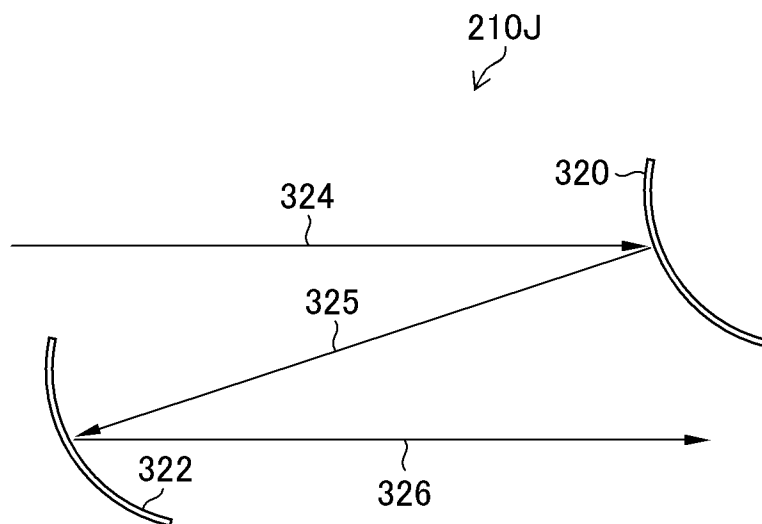
[図17]



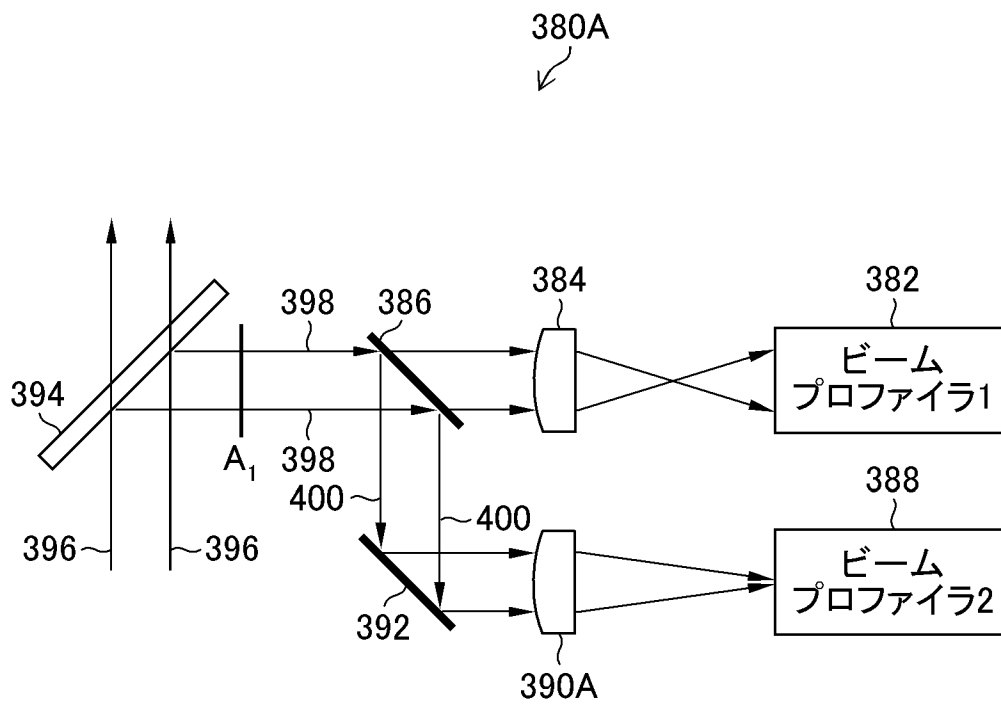
[図18]



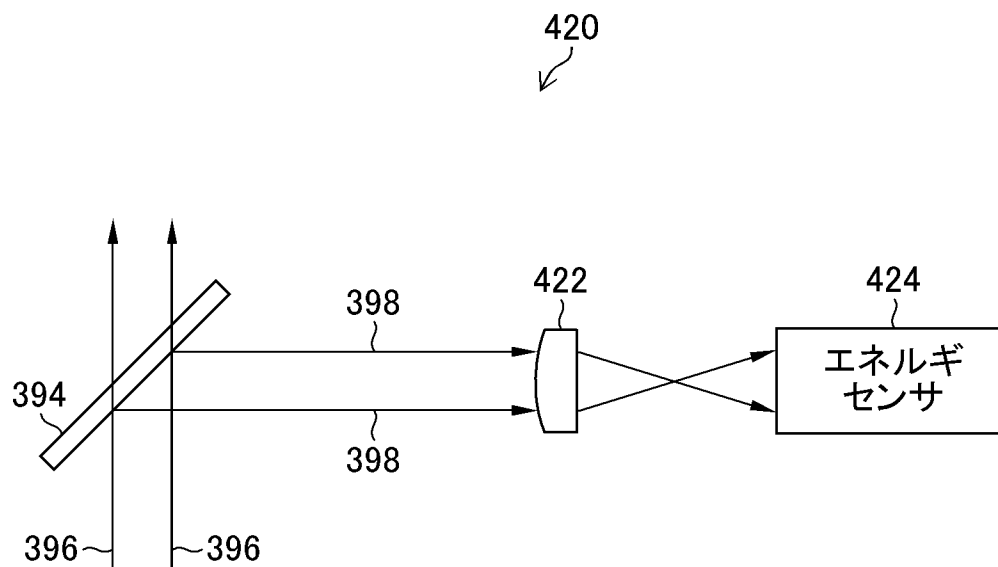
[図19]



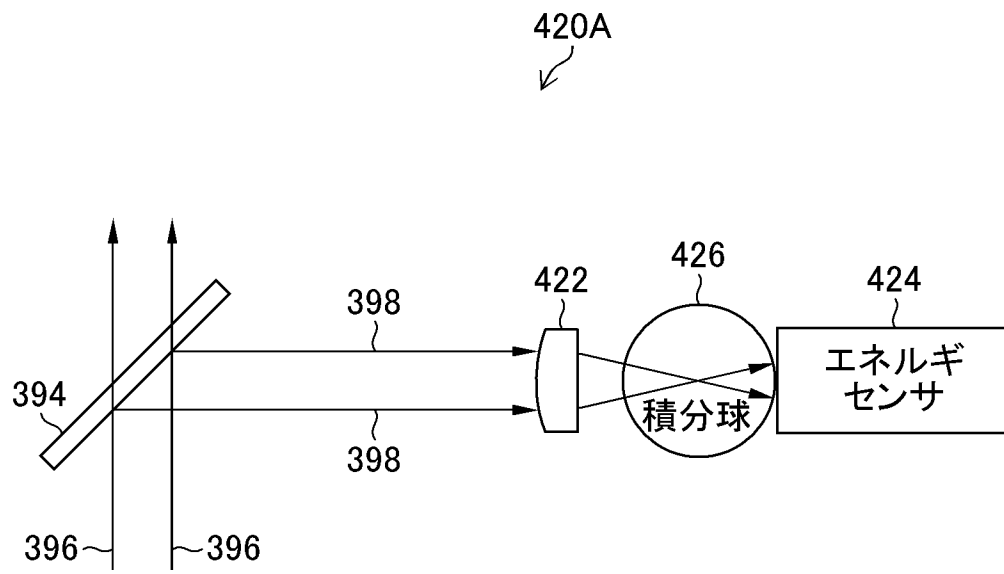
[図22]



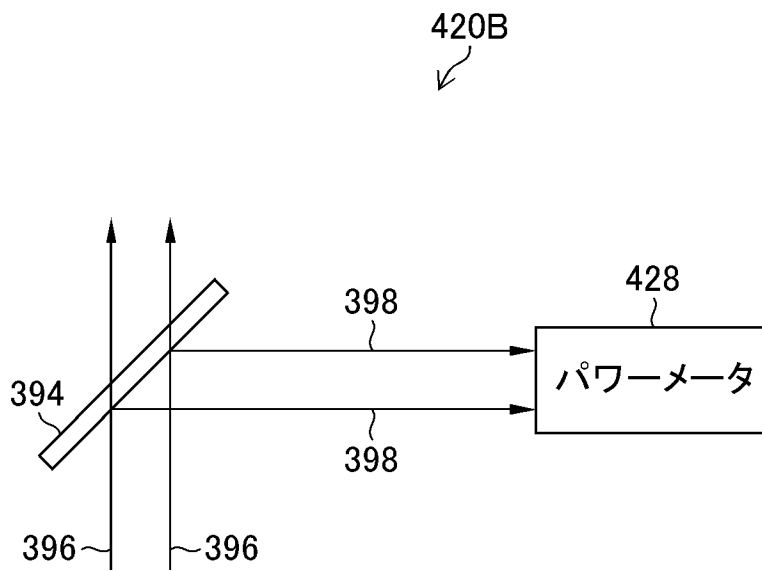
[図23]



[図24]



[図25]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/078074

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H05G2/00(2006.01)i, G03F7/20(2006.01)i, H01S3/00(2006.01)i, H01S3/10(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H05G2/00, G03F7/20, H01S3/00, H01S3/10

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 2013-201388 A (Gigaphoton Inc.), 03 October 2013 (03.10.2013), paragraphs [0010] to [0098]; fig. 1 to 15 & US 2014/0348188 A1 paragraphs [0050] to [0135]; fig. 1 to 15	1-18
Y	WO 2015/118687 A1 (Gigaphoton Inc.), 13 August 2015 (13.08.2015), paragraphs [0048] to [0097]; fig. 1 to 9 (Family: none)	1-18
Y	JP 2012-175006 A (Komatsu Ltd.), 10 September 2012 (10.09.2012), paragraphs [0030] to [0078]; fig. 1 to 27 & US 2013/0208742 A1 paragraphs [0120] to [0168]; fig. 1 to 27 & WO 2012/114178 A2	2-3, 11-12

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
14 November 2016 (14.11.16)

Date of mailing of the international search report
29 November 2016 (29.11.16)

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/JP2016/078074

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2015/111510 A1 (Gigaphoton Inc.), 30 July 2015 (30.07.2015), entire text; all drawings & US 2016/0285222 A1	1-18

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, G03F7/20(2006.01)i, H01S3/00(2006.01)i, H01S3/10(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H05G2/00, G03F7/20, H01S3/00, H01S3/10

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 2013-201388 A（ギガフォトン株式会社）2013.10.03, 段落 [0010] - [0098]、図1-15 & US 2014/0348188 A1、段落 [0050] - [0135]、図1-15	1-18
Y	WO 2015/118687 A1（ギガフォトン株式会社）2015.08.13, 段落 [0048] - [0097]、図1-9（ファミリーなし）	1-18

☒ 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

14.11.2016

国際調査報告の発送日

29.11.2016

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）

遠藤 直恵

2U

3701

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
Y	JP 2012-175006 A (株式会社小松製作所) 2012.09.10, 段落 [0030] - [0078]、図1-27 & US 2013/0208742 A1、段落 [0120] - [0168]、図1-27 & WO 2012/114178 A2	2-3, 11-12
A	WO 2015/111510 A1 (ギガフォトン株式会社) 2015.07.30, 全文、全図 & US 2016/0285222 A1	1-18