(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
2019年1月10日(10.01.2019)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2019/008719 A1

(51) 国際特許分類:
G03F 7/20 (2006.01) *H05G 2/00* (2006.01)
H01S 3/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2017/024760

(22) 国際出願日： 2017年7月6日(06.07.2017)

(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:安藤 正彦(**ANDO Masahiko**); 〒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: 保坂 延寿 (**HOSAKA Nobuhisa**); 〒1010025 東京都千代田区神田佐久間町３－２２ 神田ＳＫビル４階 新井・橋本・保坂国際特許事務所 Tokyo (JP).

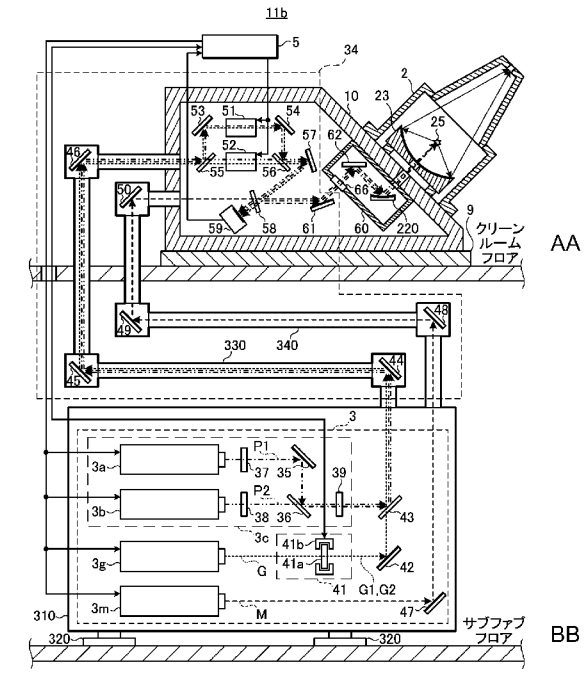
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

WO 2019/008719 A1

(54) **Title:** LASER SYSTEM, EXTREME-ULTRAVIOLET LIGHT GENERATION DEVICE, AND METHOD FOR GENERATING EXTREME-ULTRAVIOLET LIGHT

(54) 発明の名称： レーザシステム、極端紫外光生成装置、及び極端紫外光生成方法

[図5]



(57) **Abstract:** A laser system comprises: a pulse laser system that emits first laser light having a first wavelength component and a first polarized component and second laser light having the first wavelength component and a second polarized component; a guide laser device that emits third laser light having a second wavelength component; a polarization conversion mechanism configured to switch between a first state of turning the third laser light into first guide laser light having the first polarized component and a second state of turning the third laser light into second guide laser light having

［続葉有］

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

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

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

the second polarized component; a dichroic mirror that reflects either one of the first and second laser light or the first and second guide laser light and transmits the other one; and a polarization beam splitter that reflects the first laser light and the first guide laser light and transmits the second laser light and the second guide laser light.

(57) 要約:レーザシステムは、第１の波長成分を有し第１の偏光成分を有する第１のレーザ光と、第１の波長成分を有し第２の偏光成分を有する第２のレーザ光と、を出射するパルスレーザシステムと、第２の波長成分を有する第３のレーザ光を出射するガイドレーザ装置と、第３のレーザ光を第１の偏光成分を有する第１のガイドレーザ光とする第１の状態と、第３のレーザ光を第２の偏光成分を有する第２のガイドレーザ光とする第２の状態と、に切り替え可能に構成された偏光変換機構と、第１及び第２のレーザ光と、第１及び第２のガイドレーザ光と、の一方を反射し、他方を透過させるダイクロイックミラーと、第１のレーザ光と第１のガイドレーザ光とを反射し、第２のレーザ光と第２のガイドレーザ光とを透過させる偏光ビームスプリッタと、を備える。

明　細　書

発明の名称 ：

レーザシステム、極端紫外光生成装置、及び極端紫外光生成方法

技術分野

[0001] 本開示は、レーザシステム、極端紫外光生成装置、及び極端紫外光生成方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、半導体プロセスの微細化に伴って、半導体プロセスの光リソグラフィにおける転写パターンの微細化が急速に進展している。次世代においては、７０ｎｍ～４５ｎｍの微細加工、さらには３２ｎｍ以下の微細加工が要求されるようになる。このため、例えば３２ｎｍ以下の微細加工の要求に応えるべく、波長１３ｎｍ程度の極端紫外（ＥＵＶ）光を生成する極端紫外光生成装置と縮小投影反射光学系(reduced projection reflection optics)とを組み合わせた露光装置の開発が期待されている。

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

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２００９－１１０６３５号公報

特許文献2：国際公開第２０１６／０３８６５７号

概要

[0005] 本開示の１つの観点に係るレーザシステムは、第１の波長成分を有し第１の偏光成分を有する第１のレーザ光と、第１の波長成分を有し第１の偏光成

分と異なる第２の偏光成分を有する第２のレーザ光と、を第１の光路に沿って出射するように構成されたパルスレーザシステムと、第１の波長成分と異なる第２の波長成分を有する第３のレーザ光を第２の光路に沿って出射するように構成されたガイドレーザ装置と、第２の光路に位置し、第３のレーザ光を第１の偏光成分を有する第１のガイドレーザ光として第３の光路に沿って出射する第１の状態と、第３のレーザ光を第２の偏光成分を有する第２のガイドレーザ光として第３の光路に沿って出射する第２の状態と、に切り替え可能に構成された偏光変換機構と、第１の光路に位置する第１の面と、第３の光路に位置する第２の面とを有し、第１の波長成分を有する第１及び第２のレーザ光と、第２の波長成分を有する第１及び第２のガイドレーザ光と、の一方を反射し、他方を透過させて、第１及び第２のレーザ光と、第１及び第２のガイドレーザ光と、を第４の光路に沿って出射するように構成されたダイクロイックミラーと、第４の光路に位置し、第１の波長成分を有し第１の偏光成分を有する第１のレーザ光と、第２の波長成分を有し第１の偏光成分を有する第１のガイドレーザ光とを反射し、第１の波長成分を有し第２の偏光成分を有する第２のレーザ光と、第２の波長成分を有し第２の偏光成分を有する第２のガイドレーザ光とを透過させて出射するように構成された偏光ビームスプリッタと、を備える。

[0006] 本開示の１つの観点に係る極端紫外光生成装置は、第１の波長成分を有し第１の偏光成分を有する第１のレーザ光と、第１の波長成分を有し第１の偏光成分と異なる第２の偏光成分を有する第２のレーザ光と、を第１の光路に沿って出射するように構成されたパルスレーザシステムと、第１の波長成分と異なる第２の波長成分を有する第３のレーザ光を第２の光路に沿って出射するように構成されたガイドレーザ装置と、第２の光路に位置し、第３のレーザ光を第１の偏光成分を有する第１のガイドレーザ光として第３の光路に沿って出射する第１の状態と、第３のレーザ光を第２の偏光成分を有する第２のガイドレーザ光として第３の光路に沿って出射する第２の状態と、に切り替え可能に構成された偏光変換機構と、第１の光路に位置する第１の面と

、第３の光路に位置する第２の面とを有し、第１の波長成分を有する第１及び第２のレーザ光と、第２の波長成分を有する第１及び第２のガイドレーザ光と、の一方を反射し、他方を透過させて、第１及び第２のレーザ光と、第１及び第２のガイドレーザ光と、を第４の光路に沿って出射するように構成されたダイクロイックミラーと、第４の光路に位置し、第１の波長成分を有し第１の偏光成分を有する第１のレーザ光と、第２の波長成分を有し第１の偏光成分を有する第１のガイドレーザ光とを反射し、第１の波長成分を有し第２の偏光成分を有する第２のレーザ光と、第２の波長成分を有し第２の偏光成分を有する第２のガイドレーザ光とを透過させて出射するように構成された偏光ビームスプリッタと、を備えるレーザシステムと、チャンバと、チャンバ内の所定の領域にターゲットを供給するように構成されたターゲット供給部と、レーザシステムから出射された第１及び第２のレーザ光を所定の領域に集光するように構成されたレーザ光集光光学系と、を備える。

[0007] 本開示の１つの観点に係る極端紫外光生成方法は、第１の波長成分を有し第１の偏光成分を有する第１のレーザ光と、第１の波長成分を有し第１の偏光成分と異なる第２の偏光成分を有する第２のレーザ光と、を第１の光路に沿って出射するように構成されたパルスレーザシステムと、第１の波長成分と異なる第２の波長成分を有する第３のレーザ光を第２の光路に沿って出射するように構成されたガイドレーザ装置と、第２の光路に位置し、第３のレーザ光を第１の偏光成分を有する第１のガイドレーザ光として第３の光路に沿って出射する第１の状態と、第３のレーザ光を第２の偏光成分を有する第２のガイドレーザ光として第３の光路に沿って出射する第２の状態と、に切り替え可能に構成された偏光変換機構と、第１の光路に位置する第１の面と、第３の光路に位置する第２の面とを有し、第１の波長成分を有する第１及び第２のレーザ光と、第２の波長成分を有する第１及び第２のガイドレーザ光と、の一方を反射し、他方を透過させて、第１及び第２のレーザ光と、第１及び第２のガイドレーザ光と、を第４の光路に沿って出射するように構成されたダイクロイックミラーと、第４の光路に位置し、第１の偏光成分を有

する第１のレーザ光及び第１のガイドレーザ光と、第２の偏光成分を有する第２のレーザ光及び第２のガイドレーザ光と、の一方を反射し、他方を透過させて出射するように構成された偏光ビームスプリッタと、を備えるレーザシステムと、チャンバと、チャンバ内の所定の領域にターゲットを供給するように構成されたターゲット供給部と、レーザシステムから出射された第１及び第２のレーザ光を所定の領域に集光するように構成されたレーザ光集光光学系と、を備える極端紫外光生成装置を用いて、偏光変換機構が第１の状態である場合に、偏光ビームスプリッタから出射された第１のガイドレーザ光を検出する第１の工程と、第１の工程の後、偏光変換機構を第２の状態に切り替えて、偏光ビームスプリッタから出射された第２のガイドレーザ光を検出する第２の工程と、を含む。

図面の簡単な説明

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

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

[図2]図２は、比較例に係るＥＵＶ光生成システム１１ａの構成を示す一部断面図である。

[図3]図３は、第１プリパルスレーザ光Ｐ１、第２プリパルスレーザ光Ｐ２、及び第１のガイドレーザ光Ｇ１の光路を簡略化して示す。

[図4]図４は、比較例における第１プリパルスレーザ光Ｐ１のビーム調節の動作を示すフローチャートである。

[図5]図５は、本開示の第１の実施形態に係るＥＵＶ光生成システム１１ｂの構成を示す一部断面図である。

[図6]図６は、第１プリパルスレーザ光Ｐ１、第２プリパルスレーザ光Ｐ２、第１のガイドレーザ光Ｇ１、及び第２のガイドレーザ光Ｇ２の光路を簡略化して示す。

[図7]図７は、第１の実施形態における第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第２

プリパルスレーザ光Ｐ２のビーム調節の動作を示すフローチャートである。

[図8]図８Ａは、上述の実施形態において使用可能なビーム調節装置の第１の例を示す。図８Ｂは、第１の例に含まれる高反射ミラー５１ａの構成を示す。

[図9]図９Ａ～図９Ｃは、上述の実施形態において使用可能なビーム調節装置の第２の例を示す。

[図10]図１０は、上述の実施形態において使用可能なビームモニタの例を示す。

実施形態

[0009] ＜内容＞

１．ＥＵＶ光生成システムの全体説明
１．１　構成
１．２　動作
２．比較例に係るＥＵＶ光生成システム
２．１　構成
２．１．１　レーザシステム３
２．１．１．１　第１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ１及びＰ２の光路
２．１．１．２　第１のガイドレーザ光Ｇ１の光路
２．１．１．３　メインパルスレーザ光Ｍの光路
２．１．２　レーザ光進行方向制御部３４
２．１．２．１　光路管３３０、３４０
２．１．２．２　チャンバ基準部材１０
２．１．３　ミラー収容容器６０
２．２　動作
２．３　課題
３．偏光変換機構を備えたＥＵＶ光生成システム
３．１　概要

３．２　構成
３．２．１　レーザシステム３
３．２．２　レーザ光進行方向制御部３４
３．３　動作
３．４　作用
４．ビーム調節装置の例
４．１　ビームポジション及びビームポインティング調節器
４．２　ビーム径及びビームダイバージェンス調節器
５．ビームモニタの例
６．補足

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

[0011] １．ＥＵＶ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つのレーザシステム３と共に用いられる。本願においては、ＥＵＶ光生成装置１及びレーザシステム３を含むシステムを、ＥＵＶ光生成システム１１と称する。図１に示し、かつ、以下に詳細に説明するように、ＥＵＶ光生成装置１は、チャンバ２、ターゲット供給部２６を含む。チャンバ２は、密閉可能に構成されている。ターゲット供給部２６は、例えば、チャンバ２の壁を貫通するように取り付けられている。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むことができるが、これらに限定されない。

[0012] チャンバ２の壁には、少なくとも１つの貫通孔が設けられている。その貫通孔には、ウインドウ２１が設けられている。ウインドウ２１をレーザシステム３から出力されるパルスレーザ光３２が透過する。チャンバ２の内部には、例えば、回転楕円面形状の反射面を有するＥＵＶ集光ミラー２３が配置されている。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ている。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の焦点が中間集光点（ＩＦ）２９２に位置するように配置されている。ＥＵＶ集光ミラー２３の中央部には貫通孔２４が設けられている。貫通孔２４をパルスレーザ光３３が通過する。

[0013] ＥＵＶ光生成装置１は、ＥＵＶ光生成制御部５、ターゲットセンサ４等を含む。ターゲットセンサ４は、撮像機能を有し、ターゲット２７の存在、軌跡、位置、速度等を検出するよう構成されている。

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

[0015] さらに、ＥＵＶ光生成装置１は、レーザ光進行方向制御部３４、レーザ光集光ミラー２２、ターゲット２７を回収するためのターゲット回収部２８等を含む。レーザ光進行方向制御部３４は、レーザ光の進行方向を規定するための光学素子と、この光学素子の位置、姿勢等を調整するためのアクチュエータとを備えている。

[0016] １．２ 動作

図１を参照に、レーザシステム３から出力されたパルスレーザ光３１は、レーザ光進行方向制御部３４を経て、パルスレーザ光３２としてウインドウ２１を透過してチャンバ２内に入射する。パルスレーザ光３２は、少なくとも１つのレーザ光経路に沿ってチャンバ２内を進み、レーザ光集光ミラー２

２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。

[0017] ターゲット供給部２６は、ターゲット２７をチャンバ２内部のプラズマ生成領域２５に向けて出力する。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。ＥＵＶ集光ミラー２３は、放射光２５１に含まれるＥＵＶ光を、他の波長域の光に比べて高い反射率で反射する。ＥＵＶ集光ミラー２３によって反射されたＥＵＶ光を含む反射光２５２は、中間集光点２９２で集光され、露光装置６に出力される。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。

[0018] ＥＵＶ光生成制御部５は、ＥＵＶ光生成システム１１全体の制御を統括する。ＥＵＶ光生成制御部５は、ターゲットセンサ４によって撮像されたターゲット２７のイメージデータ等を処理する。また、ＥＵＶ光生成制御部５は、例えば、ターゲット２７が出力されるタイミング、ターゲット２７の出力方向等を制御する。さらに、ＥＵＶ光生成制御部５は、例えば、レーザシステム３の発振タイミング、パルスレーザ光３２の進行方向、パルスレーザ光３３の集光位置等を制御する。上述の様々な制御は単なる例示に過ぎず、必要に応じて他の制御が追加されてもよい。

[0019] ２．比較例に係るＥＵＶ光生成システム

２．１ 構成

図２は、比較例に係るＥＵＶ光生成システム１１ａの構成を示す一部断面図である。ＥＵＶ光生成システム１１ａに含まれる構成要素のうち、チャンバ２はクリーンルームフロアに配置され、レーザシステム３はサブファブフロアに配置されている。サブファブフロアはクリーンルームフロアの階下に位置している。レーザシステム３からチャンバ２内に向けてレーザビームを導くためのレーザ光進行方向制御部３４は、クリーンルームフロアとサブファブフロアとにまたがって配置されている。レーザシステム３は、図示しな

い固定装置により筐体３１０の内部に固定されている。筐体３１０は複数のエアサスペンション３２０によってサブファブフロアの床上に設置されている。

[0020] ２．１．１　レーザシステム３

レーザシステム３は、第１プリパルスレーザ装置３ａと、第２プリパルスレーザ装置３ｂと、ガイドレーザ装置３ｇと、メインパルスレーザ装置３ｍと、を含む。

[0021] 第１プリパルスレーザ装置３ａは、第１の波長成分を有する第１プリパルスレーザ光Ｐ１を出力するように構成された第１のオシレータを含んでいる。

第２プリパルスレーザ装置３ｂは、上記第１プリパルスレーザ光Ｐ１の波長成分と同じ第１の波長成分を有する第２プリパルスレーザ光Ｐ２を出力するように構成された第２のオシレータを含んでいる。

[0022] 第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ２の各々は、例えば、１．０６４μｍの波長を有するレーザ光である。第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ２の各々は、例えば、直線偏光のレーザ光である。第１プリパルスレーザ光Ｐ１は、例えば、ピコ秒オーダーのパルス幅を有するパルスレーザ光であり、第２プリパルスレーザ光Ｐ２は、例えば、ナノ秒オーダーのパルス幅を有するパルスレーザ光である。

[0023] 第１プリパルスレーザ光Ｐ１の波長成分と第２プリパルスレーザ光Ｐ２の波長成分とはいずれも第１の波長成分と表現されているが、第１プリパルスレーザ光Ｐ１の波長成分と第２プリパルスレーザ光Ｐ２の波長成分とは厳密に同一である必要はない。後述のダイクロイックミラー４３における波長選択特性に実質的な不都合がなければ、第１プリパルスレーザ光Ｐ１の波長成分と第２プリパルスレーザ光Ｐ２の波長成分とは異なっていてもよい。例えば、第１プリパルスレーザ装置３ａと第２プリパルスレーザ装置３ｂとは、以下の中から任意に選ばれる２つの組合せであってもよい。

波長１．０３０μｍのレーザ光を出力するＹｂ：ＹＡＧレーザ装置

波長１．０４７μｍのレーザ光を出力するＮｄ：ＹＬＦレーザ装置

波長１．０５３μｍのレーザ光を出力するＮｄ：ＹＬＦレーザ装置

波長１．０６４μｍのレーザ光を出力するＮｄ：ＹＡＧレーザ装置

[0024] ガイドレーザ装置３ｇは、第２の波長成分を有する第１のガイドレーザ光Ｇ１を出力するように構成されている。第２の波長成分は、上記第１の波長成分と異なる波長成分である。第１のガイドレーザ光Ｇ１は、例えば、０．６６μｍの波長を有するレーザ光である。第２の波長成分を可視光の波長成分とすることにより、第１のガイドレーザ光Ｇ１の出力の有無及び第１のガイドレーザ光Ｇ１の光路の位置を容易に確認することができる。第１のガイドレーザ光Ｇ１は、例えば、直線偏光のレーザ光である。第１のガイドレーザ光Ｇ１は、パルスレーザ光でもよいし、連続波レーザ光でもよい。第１のガイドレーザ光Ｇ１は、第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ２のいずれよりも小さい光強度を有するレーザ光である。ガイドレーザ装置３ｇは、例えば、半導体レーザで構成される。

[0025] メインパルスレーザ装置３ｍは、第３の波長成分を有するメインパルスレーザ光Ｍを出力するように構成されている。第３の波長成分は、上述の第１の波長成分及び第２の波長成分のいずれとも異なる波長成分である。メインパルスレーザ光Ｍは、例えば、１０．６μｍの波長を有するレーザ光である。メインパルスレーザ光Ｍは、第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ２のいずれよりも大きい光強度を有するレーザ光である。メインパルスレーザ装置３ｍは、例えば、CO_2レーザ装置で構成される。

[0026] ２．１．１．１　第１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ１及びＰ２の光路

レーザシステム３は、さらに、波長板３７、３８、及び３９と、偏光ビームスプリッタ３６と、ダイクロイックミラー４３と、高反射ミラー３５、４２、及び４７と、を含む。

[0027] 波長板３７は、第１プリパルスレーザ装置３ａから出力された第１プリパルスレーザ光Ｐ１が偏光ビームスプリッタ３６に入射するときに第１の偏光

成分を有する直線偏光となるように、第１プリパルスレーザ光Ｐ１の偏光状態を変更するように構成されている。波長板３７は、本開示における第１の波長板に相当する。

[0028] 波長板３７は、例えば、１／２波長板を含んでいる。偏光ビームスプリッタ３６に入射するときに第１の偏光成分を有する直線偏光となるような第１プリパルスレーザ光Ｐ１を第１プリパルスレーザ装置３ａが出力する場合には、波長板３７はなくてもよい。第１プリパルスレーザ装置３ａ、又はこれと波長板３７との組み合わせが、本開示における第１のレーザ装置に相当する。

[0029] 波長板３８は、第２プリパルスレーザ装置３ｂから出力された第２プリパルスレーザ光Ｐ２が偏光ビームスプリッタ３６に入射するときに第２の偏光成分を有する直線偏光となるように、第２プリパルスレーザ光Ｐ２の偏光状態を変更するように構成されている。波長板３８は、本開示における第２の波長板に相当する。第２の偏光成分は、上記第１の偏光成分と異なる偏光成分である。第２の偏光成分は、第１の偏光成分とほぼ垂直な偏光成分である。

[0030] ほぼ垂直というのは、厳密に９０度であることを要求するものではなく、実用的範囲内での誤差を含む趣旨である。例えば、偏光ビームスプリッタへの入射面に対して偏光方向が平行なＰ偏光の透過光量を１とした場合に、上記入射面に対して偏光方向が６度ずれた直線偏光の透過光量の理論値は０．９９となる。同様に、偏光ビームスプリッタへの入射面に対して偏光方向が垂直なＳ偏光の反射光量を１とした場合に、偏光方向が６度ずれた直線偏光の反射光量の理論値は０．９９となる。このことから、９０±６度の範囲内であれば、ほぼ垂直ということができる。また、上述の透過光量又は反射光量の理論値が０．９７まで低下することを許容する場合には、９０±１０度でもよい。

[0031] 波長板３８は、例えば、１／２波長板を含んでいる。偏光ビームスプリッタ３６に入射するときに第２の偏光成分を有する直線偏光となるような第２

プリパルスレーザ光Ｐ２を第２プリパルスレーザ装置３ｂが出力する場合には、波長板３８はなくてもよい。第２プリパルスレーザ装置３ｂ、又はこれと波長板３８との組み合わせが、本開示における第２のレーザ装置に相当する。

[0032] 高反射ミラー３５は、波長板３７を通過した第１プリパルスレーザ光Ｐ１を高い反射率で反射するように構成されている。

[0033] 偏光ビームスプリッタ３６は、高反射ミラー３５によって反射された第１プリパルスレーザ光Ｐ１の光路と、波長板３８を通過した第２プリパルスレーザ光Ｐ２の光路と、が交差する位置に配置されている。

[0034] 偏光ビームスプリッタ３６は、第１の偏光成分を有する第１プリパルスレーザ光Ｐ１を高い反射率で反射し、第２の偏光成分を有する第２プリパルスレーザ光Ｐ２を高い透過率で透過させるように構成されている。この場合、上記第１の偏光成分は偏光ビームスプリッタ３６に対してＳ偏光で入射する偏光成分であり、上記第２の偏光成分は偏光ビームスプリッタ３６に対してＰ偏光で入射する偏光成分である。

[0035] あるいは、偏光ビームスプリッタ３６は、第１の偏光成分を有する第１プリパルスレーザ光Ｐ１を高い透過率で透過させ、第２の偏光成分を有する第２プリパルスレーザ光Ｐ２を高い反射率で反射するように構成されてもよい。この場合についての図示は省略されている。この場合、上記第１の偏光成分は偏光ビームスプリッタ３６に対してＰ偏光で入射する偏光成分であり、上記第２の偏光成分は偏光ビームスプリッタ３６に対してＳ偏光で入射する偏光成分である。

[0036] 第１プリパルスレーザ光Ｐ１と第２プリパルスレーザ光Ｐ２とは、光路軸がほぼ一致した状態で偏光ビームスプリッタ３６から出射される。偏光ビームスプリッタ３６から出射された第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ２の光路を、第１の光路とする。偏光ビームスプリッタ３６は、本開示における第２の偏光ビームスプリッタに相当する。

[0037] Ｓ偏光とＰ偏光は、入射面との相対的な関係で規定される。従って、例え

ば第１プリパルスレーザ光Ｐ１は、入射面の向きに応じて、Ｓ偏光になることもあるし、Ｐ偏光になることもある。また、複数の高反射ミラーを介してレーザ光を伝送すると、レーザ光の偏光方向が地平面に対して変化することがある。但し、偏光ビームスプリッタ３６によって第１プリパルスレーザ光Ｐ１と第２プリパルスレーザ光Ｐ２との光路軸がほぼ一致させられた後は、これらのレーザ光の偏光方向の差分が維持される。そこで、本開示においては、波長板３７を通過した第１プリパルスレーザ光Ｐ１に含まれる偏光成分を、Ｓ偏光かＰ偏光かに関わらず、また地平面に対する偏光方向の変化に関わらず、第１の偏光成分と定義する。そして、第１の偏光成分と異なる偏光成分を第２の偏光成分と定義する。

[0038] 波長板３９は、偏光ビームスプリッタ３６から出射された第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ２の偏光状態を、これらのレーザ光の偏光方向の差分を維持したままで変更するように構成されている。例えば、波長板３９は、第１プリパルスレーザ光Ｐ１が後述の偏光ビームスプリッタ５５に入射するときにＳ偏光となるように、第１プリパルスレーザ光Ｐ１の偏光方向を変更する。同時に波長板３９は、第２プリパルスレーザ光Ｐ２が偏光ビームスプリッタ５５に入射するときにＰ偏光となるように、第２プリパルスレーザ光Ｐ２の偏光状態を変更する。波長板３９は、例えば、１／２波長板を含んでいる。波長板３９は、本開示における第３の波長板に相当する。

[0039] 但し、次の２つの条件が満たされる場合には、波長板３９はなくてもよい。

（１）偏光ビームスプリッタ３６から出射された第１プリパルスレーザ光Ｐ１が、波長板３９を通過しなくても、偏光ビームスプリッタ５５に入射するときにＳ偏光になること。

（２）偏光ビームスプリッタ３６から出射された第２プリパルスレーザ光Ｐ２が、波長板３９を通過しなくても、偏光ビームスプリッタ５５に入射するときにＰ偏光になること。

[0040] 第１プリパルスレーザ装置３ａと、第２プリパルスレーザ装置３ｂと、波長板３７、３８、及び３９と、偏光ビームスプリッタ３６と、高反射ミラー３５とで、プリパルスレーザシステム３ｃが構成される。プリパルスレーザシステム３ｃは、第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ２を第１の光路に沿って出力する。プリパルスレーザシステム３ｃは、本開示におけるパルスレーザシステムに相当する。

[0041] 以上のようにして第１プリパルスレーザ光Ｐ１と第２プリパルスレーザ光Ｐ２との光路軸をほぼ一致させる理由は、次の通りである。サブファブフロアからクリーンルームフロアに至る第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ２の伝送経路は、数十メートルの長さになる場合がある。第１プリパルスレーザ光Ｐ１と第２プリパルスレーザ光Ｐ２との光路軸をほぼ一致させることにより、レーザ光進行方向制御部３４に含まれる光学素子の必要数を低減し、後述の光路管３３０を一本化することができる。

[0042] ２．１．１．２ 第１のガイドレーザ光Ｇ１の光路

高反射ミラー４２は、ガイドレーザ装置３ｇから出力された第１のガイドレーザ光Ｇ１を高い反射率で反射するように構成されている。

[0043] ダイクロイックミラー４３は、プリパルスレーザシステム３ｃから出力された第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ２の光路と、高反射ミラー４２によって反射された第１のガイドレーザ光Ｇ１の光路と、が交差する位置に配置されている。第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ２は、ダイクロイックミラー４３の第１の面に入射する。第１のガイドレーザ光Ｇ１は、ダイクロイックミラー４３の第２の面に入射する。第１の面と第２の面とは互いに反対側の面である。

[0044] ダイクロイックミラー４３は、第１の波長成分を有する第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ２を高い反射率で反射し、第２の波長成分を有する第１のガイドレーザ光Ｇ１を高い透過率で透過させるように構成されている。第１プリパルスレーザ光Ｐ１、第２プリパルスレーザ光Ｐ２、及び第１のガイドレーザ光Ｇ１は、光路軸がほぼ一致した状態でダイ

クロイックミラー４３から出射される。ダイクロイックミラー４３から出射された第１プリパルスレーザ光Ｐ１、第２プリパルスレーザ光Ｐ２、及び第１のガイドレーザ光Ｇ１の光路を、第４の光路とする。

[0045] 上述のように、ダイクロイックミラー４３は、第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ２を反射し、第１のガイドレーザ光Ｇ１を透過させる。ダイクロイックミラー４３は、透過光の減衰率よりも、反射光の減衰率を低く設計することが可能である。従って、ターゲットを破壊又は分散させるための高いエネルギーを要する第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ２に関して、減衰率を低く抑えることができる。

しかしながら、本開示はこれに限定されない。ダイクロイックミラー４３は、第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ２を透過させ、第１のガイドレーザ光Ｇ１を反射するように構成されてもよい。

[0046] 第４の光路において、第１のガイドレーザ光Ｇ１は、第１プリパルスレーザ光Ｐ１と同じ偏光成分を含む直線偏光である。すなわち、ガイドレーザ装置３ｇは、第４の光路において第１の偏光成分を含む直線偏光となるような第１のガイドレーザ光Ｇ１を出射するように構成されている。

[0047] 図３は、第１プリパルスレーザ光Ｐ１、第２プリパルスレーザ光Ｐ２、及び第１のガイドレーザ光Ｇ１の光路を簡略化して示す。図３においては、プリパルスレーザシステム３ｃの内部の構成の図示は省略されている。

[0048] ２．１．１．３ メインパルスレーザ光Ｍの光路

高反射ミラー４７は、メインパルスレーザ装置３ｍから出力されたメインパルスレーザ光Ｍを高い反射率で反射するように構成されている。

[0049] 以上のようにして、レーザシステム３は、ダイクロイックミラー４３から出射された第１プリパルスレーザ光Ｐ１、第２プリパルスレーザ光Ｐ２、及び第１のガイドレーザ光Ｇ１と、高反射ミラー４７によって反射されたメインパルスレーザ光Ｍと、を出力する。

[0050] 図３においては、メインパルスレーザ装置３ｍの図示と、メインパルスレーザ光Ｍの光路の図示は省略されている。

[0051] ２．１．２　レーザ光進行方向制御部３４

２．１．２．１　光路管３３０、３４０

サブファブフロアとクリーンルームフロアとにまたがる領域において、レーザ光進行方向制御部３４は、光路管３３０及び光路管３４０を含んでいる。光路管３３０及び光路管３４０はいずれも中空であり、光路管３３０及び光路管３４０の内部は、真空とされるか、あるいは、乾燥空気又は不活性ガス等が導入されている。

[0052] 光路管３３０の内部には、複数の高反射ミラー４４、４５、及び４６が配置されている。複数の高反射ミラー４４、４５、及び４６は、それぞれ、図示しないミラーホルダに支持されている。複数の高反射ミラー４４、４５、及び４６は、レーザシステム３から出力された第１プリパルスレーザ光Ｐ１、第２プリパルスレーザ光Ｐ２、及び第１のガイドレーザ光Ｇ１が、クリーンルームフロアに導かれるように配置されている。高反射ミラー４４、４５、及び４６によって反射された第１プリパルスレーザ光Ｐ１、第２プリパルスレーザ光Ｐ２、及び第１のガイドレーザ光Ｇ１の光路も、第４の光路を構成する。図３においては、高反射ミラー４４、４５、及び４６の図示は省略されている。

[0053] 光路管３４０の内部には、複数の高反射ミラー４８、４９、及び５０が配置されている。複数の高反射ミラー４８、４９、及び５０は、それぞれ、図示しないミラーホルダに支持されている。複数の高反射ミラー４８、４９、及び５０は、レーザシステム３から出力されたメインパルスレーザ光Ｍが、クリーンルームフロアに導かれるように配置されている。

[0054] ２．１．２．２　チャンバ基準部材１０

クリーンルームフロアにおいて、チャンバ２は、チャンバ基準部材１０に固定されている。チャンバ２の内部にＥＵＶ集光ミラー２３が配置されている。図１を参照しながら説明したターゲット供給部２６の図示は、図２以降の図では省略されている。ＥＵＶ集光ミラー２３は、ミラーホルダを介してチャンバ基準部材１０に固定されている。チャンバ基準部材１０は、設置機

構９によってクリーンルームフロアの床上に固定されている。チャンバ基準部材１０は、レーザ光進行方向制御部３４の一部を構成する光学素子群を収容している。

[0055] チャンバ基準部材１０の内部において、レーザ光進行方向制御部３４は、偏光ビームスプリッタ５５及び５６と、ビーム調節装置５１及び５２と、高反射ミラー５３、５４、５７、及び６１と、ビームスプリッタ５８と、ビームモニタ５９と、を含む。

[0056] 偏光ビームスプリッタ５５は、高反射ミラー４４、４５、及び４６によってクリーンルームフロアに導かれた第１プリパルスレーザ光Ｐ１、第２プリパルスレーザ光Ｐ２、及び第１のガイドレーザ光Ｇ１の光路に配置されている。

[0057] 偏光ビームスプリッタ５５は、第１の偏光成分を有する第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第１のガイドレーザ光Ｇ１を高い反射率で反射し、第２の偏光成分を有する第２プリパルスレーザ光Ｐ２を高い透過率で透過させるように構成されている。すなわち、上記第１の偏光成分は偏光ビームスプリッタ５５に対してＳ偏光で入射する偏光成分であり、上記第２の偏光成分は偏光ビームスプリッタ５５に対してＰ偏光で入射する偏光成分である。

[0058] 高反射ミラー５３は、偏光ビームスプリッタ５５によって反射された第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第１のガイドレーザ光Ｇ１を高い反射率で反射するように構成されている。

[0059] ビーム調節装置５１は、高反射ミラー５３によって反射された第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第１のガイドレーザ光Ｇ１の光路に配置されている。ビーム調節装置５１は、第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第１のガイドレーザ光Ｇ１のビームパラメータを調節するように構成されている。ビーム調節装置５１は、本開示における第１のビーム調節装置に相当する。

[0060] 本開示において、ビームパラメータは、例えば、ビームポジション及びビームポインティングを含む。ビームポジションとは、ビームモニタ５９の位置におけるビームの位置をいう。ビームポインティングとは、ビームの進行

方向をいう。ビームポジション及びビームポインティングに加えて、あるいはそれらの代わりに、ビームパラメータは、ビーム径又はビームダイバージェンスを含んでもよい。ビーム径とは、ビームモニタ５９の位置におけるビーム径をいう。ビームダイバージェンスとは、ビームモニタ５９の位置における発散ビームの発散角又は収束ビームの収束角をいう。

[0061] ビーム調節装置５１から出射された第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第１のガイドレーザ光Ｇ１の光路を、第５の光路とする。高反射ミラー５４は、ビーム調節装置５１を通過した第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第１のガイドレーザ光Ｇ１を高い反射率で反射するように構成されている。高反射ミラー５４によって反射された第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第１のガイドレーザ光Ｇ１の光路も、第５の光路を構成する。

[0062] ビーム調節装置５２は、偏光ビームスプリッタ５５を透過した第２プリパルスレーザ光Ｐ２の光路に配置されている。ビーム調節装置５２は、第２プリパルスレーザ光Ｐ２のビームパラメータを調節するように構成されている。ビーム調節装置５２は、本開示における第２のビーム調節装置に相当する。ビーム調節装置５２から出射された第２プリパルスレーザ光Ｐ２の光路を、第６の光路とする。

[0063] 以上のようにして、共通の伝送経路を通過した第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ２を偏光ビームスプリッタ５５で分岐させることにより、これらのビームパラメータを別々に調節することができる。これにより、第１プリパルスレーザ光Ｐ１と第２プリパルスレーザ光Ｐ２とをそれぞれ適切な照射条件でターゲットに照射することができる。

[0064] 偏光ビームスプリッタ５６は、高反射ミラー５４によって反射された第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第１のガイドレーザ光Ｇ１の光路と、ビーム調節装置５２を通過した第２プリパルスレーザ光Ｐ２の光路と、が交差する位置に配置されている。第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第１のガイドレーザ光Ｇ１は、偏光ビームスプリッタ５６の第３の面に入射する。第２プリパルスレーザ光Ｐ２は、偏光ビームスプリッタ５６の第４の面に入射する。第３

の面と第４の面は互いに反対側の面である。偏光ビームスプリッタ５６は、本開示における第３の偏光ビームスプリッタに相当する。

[0065] 偏光ビームスプリッタ５６は、第１の偏光成分を有する第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第１のガイドレーザ光Ｇ１を高い反射率で反射し、第２の偏光成分を有する第２プリパルスレーザ光Ｐ２を高い透過率で透過させるように構成されている。この場合、上記第１の偏光成分は偏光ビームスプリッタ５６に対してＳ偏光で入射する偏光成分であり、上記第２の偏光成分は偏光ビームスプリッタ５６に対してＰ偏光で入射する偏光成分である。

[0066] あるいは、偏光ビームスプリッタ５６は、第１の偏光成分を有する第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第１のガイドレーザ光Ｇ１を高い透過率で透過させ、第２の偏光成分を有する第２プリパルスレーザ光Ｐ２を高い反射率で反射するように構成されてもよい。この場合についての図示は省略されている。この場合、上記第１の偏光成分は偏光ビームスプリッタ５６に対してＰ偏光で入射する偏光成分であり、上記第２の偏光成分は偏光ビームスプリッタ５６に対してＳ偏光で入射する偏光成分である。

[0067] 第１プリパルスレーザ光Ｐ１、第２プリパルスレーザ光Ｐ２及び第１のガイドレーザ光Ｇ１は、光路軸がほぼ一致した状態で偏光ビームスプリッタ５６から出射される。偏光ビームスプリッタ５６から出射された第１プリパルスレーザ光Ｐ１、第２プリパルスレーザ光Ｐ２、及び第１のガイドレーザ光Ｇ１の光路を、第７の光路とする。

[0068] 高反射ミラー５７は、偏光ビームスプリッタ５６から出射された第１プリパルスレーザ光Ｐ１、第２プリパルスレーザ光Ｐ２、及び第１のガイドレーザ光Ｇ１を高い反射率で反射するように構成されている。

[0069] ビームスプリッタ５８は、高反射ミラー５７によって反射された第１プリパルスレーザ光Ｐ１、第２プリパルスレーザ光Ｐ２及び第１のガイドレーザ光Ｇ１の光路と、クリーンルームフロアに到達したメインパルスレーザ光Ｍの光路と、が交差する位置に配置されている。

[0070] ビームスプリッタ５８は、例えば、ダイクロイックミラーで構成される。

ビームスプリッタ５８は、第１プリパルスレーザ光Ｐ１の大部分及び第２プリパルスレーザ光Ｐ２の大部分を反射し、メインパルスレーザ光Ｍの大部分を透過させるように構成されている。

ビームスプリッタ５８によって反射された第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ２と、ビームスプリッタ５８を透過したメインパルスレーザ光Ｍとは、光路軸がほぼ一致した状態で高反射ミラー６１に向けて出射される。

[0071] ビームスプリッタ５８は、さらに、第１プリパルスレーザ光Ｐ１の一部及び第２プリパルスレーザ光Ｐ２の一部を透過させるように構成されている。ビームスプリッタ５８は、さらに、第１のガイドレーザ光Ｇ１の少なくとも一部を透過させるように構成されている。ビームスプリッタ５８は、さらに、メインパルスレーザ光Ｍの一部を反射するように構成されている。

ビームスプリッタ５８を透過した第１プリパルスレーザ光Ｐ１、第２プリパルスレーザ光Ｐ２、及び第１のガイドレーザ光Ｇ１と、ビームスプリッタ５８によって反射されたメインパルスレーザ光Ｍとは、光路軸がほぼ一致した状態でビームモニタ５９に向けて出射される。高反射ミラー５７によって反射され、ビームスプリッタ５８を透過した第１プリパルスレーザ光Ｐ１、第２プリパルスレーザ光Ｐ２、及び第１のガイドレーザ光Ｇ１の光路も、第７の光路を構成する。

[0072] ビームモニタ５９は、ビームスプリッタ５８を透過した第１プリパルスレーザ光Ｐ１、第２プリパルスレーザ光Ｐ２、及び第１のガイドレーザ光Ｇ１と、ビームスプリッタ５８によって反射されたメインパルスレーザ光Ｍと、の光路に配置されている。ビームモニタ５９は、第１プリパルスレーザ光Ｐ１、第２プリパルスレーザ光Ｐ２、及び第１のガイドレーザ光Ｇ１を検出するように構成されている。ビームモニタ５９は、さらに、メインパルスレーザ光Ｍを検出するように構成されてもよい。ビームモニタ５９は、これらのレーザ光のビームパラメータの算出を可能とするためのデータを、ＥＵＶ光生成制御部５に出力する。

[0073] ＥＵＶ光生成制御部５は、ビームモニタ５９から受信したデータに基づいて、第１プリパルスレーザ光Ｐ１又は第１のガイドレーザ光Ｇ１のビームパラメータを算出するように構成されている。ＥＵＶ光生成制御部５は、算出したビームパラメータに基づいて、ビーム調節装置５１を制御するように構成されている。

ＥＵＶ光生成制御部５は、ビームモニタ５９から受信したデータに基づいて、第２プリパルスレーザ光Ｐ２のビームパラメータを算出するように構成されている。ＥＵＶ光生成制御部５は、算出したビームパラメータに基づいて、ビーム調節装置５２を制御するように構成されている。

[0074] 高反射ミラー６１は、ビームスプリッタ５８によって反射された第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ２と、ビームスプリッタ５８を透過したメインパルスレーザ光Ｍと、の光路に配置されている。高反射ミラー６１は、第１プリパルスレーザ光Ｐ１、第２プリパルスレーザ光Ｐ２、及びメインパルスレーザ光Ｍを高い反射率で反射して、これらのレーザ光をレーザ光進行方向制御部３４の外部に出射するように構成されている。

[0075] ２．１．３ ミラー収容容器６０

チャンバ基準部材１０の内部に、ミラー収容容器６０が配置されている。ミラー収容容器６０には、ウインドウ６６が設けられている。ミラー収容容器６０の内部には、高反射ミラー６２及びレーザ光集光光学系２２０が配置されている。

[0076] ウインドウ６６は、高反射ミラー６１によって反射された第１プリパルスレーザ光Ｐ１、第２プリパルスレーザ光Ｐ２、及びメインパルスレーザ光Ｍを、ミラー収容容器６０の内部に向けて高い透過率で透過させる。

高反射ミラー６２は、ウインドウ６６を透過した第１プリパルスレーザ光Ｐ１、第２プリパルスレーザ光Ｐ２、及びメインパルスレーザ光Ｍを高い反射率で反射する。

レーザ光集光光学系２２０は、高反射ミラー６２によって反射された第１プリパルスレーザ光Ｐ１、第２プリパルスレーザ光Ｐ２、及びメインパルス

レーザ光Ｍを高い反射率で反射してプラズマ生成領域２５に集光させる。

[0077] ２．２　動作

図４は、比較例における第１プリパルスレーザ光Ｐ１のビーム調節の動作を示すフローチャートである。ＥＵＶ光生成制御部５は、図４に示される処理により、ビームモニタ５９から出力されたデータに基づいてビーム調節装置５１を制御する。なお、本開示に含まれるフローチャートにおいて、ＮはＮＯの判定を示し、ＹはＹＥＳの判定を示す。

[0078] まず、Ｓ１において、ＥＵＶ光生成制御部５は、第１プリパルスレーザ光Ｐ１、第２プリパルスレーザ光Ｐ２、及びメインパルスレーザ光Ｍの出力を禁止する。これにより、第１プリパルスレーザ装置３ａと、第２プリパルスレーザ装置３ｂと、メインパルスレーザ装置３ｍと、によるパルスレーザ光の出力は停止された状態となる。但し、第１のガイドレーザ光Ｇ１の出力は禁止されない。

[0079] 次に、Ｓ２において、ＥＵＶ光生成制御部５は、ビームモニタ５９から出力されたデータを受信する。ＥＵＶ光生成制御部５は、受信したデータに基づいて、第１のガイドレーザ光Ｇ１のビームパラメータを算出する。

[0080] 次に、Ｓ３において、ＥＵＶ光生成制御部５は、算出された第１のガイドレーザ光Ｇ１のビームパラメータが許容範囲内であるか否かを判定する。例えば、第１のガイドレーザ光Ｇ１のビームパラメータが許容範囲外の値を示した場合には、ＥＵＶ光生成制御部５は、検出結果が許容範囲内ではないと判定する。第１のガイドレーザ光Ｇ１のビームパラメータが許容範囲外の値となる原因としては、例えば、高反射ミラー４４、４５、及び４６等の変形や、第１プリパルスレーザ装置３ａのアライメントずれが考えられる。

[0081] Ｓ３において、第１のガイドレーザ光Ｇ１のビームパラメータが許容範囲内ではないと判定された場合（Ｓ３：ＮＯ）、ＥＵＶ光生成制御部５は、処理をＳ４に進める。Ｓ４において、ＥＵＶ光生成制御部５は、第１のガイドレーザ光Ｇ１のビームパラメータが許容範囲内となるように、ビーム調節装置５１を制御する。Ｓ４の後、ＥＵＶ光生成制御部５は、上述のＳ２に処理

を戻して、ビームモニタ５９から出力されたデータを再度受信し、第１のガイドレーザ光Ｇ１のビームパラメータを再度算出する。

[0082] Ｓ３において、第１のガイドレーザ光Ｇ１のビームパラメータが許容範囲内であると判定された場合（Ｓ３：ＹＥＳ）、ＥＵＶ光生成制御部５は、処理をＳ１０に進める。Ｓ１０において、ＥＵＶ光生成制御部５は、第１プリパルスレーザ光Ｐ１、第２プリパルスレーザ光Ｐ２、及びメインパルスレーザ光Ｍの出力を許可する。これにより、第１プリパルスレーザ装置３ａと、第２プリパルスレーザ装置３ｂと、メインパルスレーザ装置３ｍと、によるパルスレーザ光の出力が開始される。Ｓ１０の後、ＥＵＶ光生成制御部５は、本フローチャートの処理を終了する。

[0083] 第１プリパルスレーザ光Ｐ１、第２プリパルスレーザ光Ｐ２、及びメインパルスレーザ光Ｍは、この順で、同一のターゲットに対して照射される。第１プリパルスレーザ光Ｐ１がターゲットに照射されると、ターゲットは分散する。第１プリパルスレーザ光Ｐ１が照射されたターゲットにさらに第２プリパルスレーザ光Ｐ２が照射されると、ターゲットはさらに細かい微粒子状に分散する。第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ２が照射されたターゲットにさらにメインパルスレーザ光Ｍが照射されると、ターゲットは励起されてプラズマ化する。プラズマ化したターゲットからはＥＵＶ光を含む放射光が放射される。

[0084] 本開示においては、第１プリパルスレーザ光Ｐ１と第２プリパルスレーザ光Ｐ２との照射順序は特に限定されない。第２プリパルスレーザ光Ｐ２、第１プリパルスレーザ光Ｐ１、メインパルスレーザ光Ｍの順で、これらのパルスレーザ光が同一のターゲットに対して照射されてもよい。この場合、第２プリパルスレーザ光Ｐ２は、例えば、ピコ秒オーダーのパルス幅を有するパルスレーザ光であり、第１プリパルスレーザ光Ｐ１は、例えば、ナノ秒オーダーのパルス幅を有するパルスレーザ光でもよい。第１プリパルスレーザ光Ｐ１は、本開示における第１のレーザ光に相当する。第２プリパルスレーザ光Ｐ２は、本開示における第２のレーザ光に相当する。

[0085] 以上の動作によれば、第１プリパルスレーザ光Ｐ１、第２プリパルスレーザ光Ｐ２、及びメインパルスレーザ光Ｍが出力される前に、第１のガイドレーザ光Ｇ１の検出結果に基づいてビーム調節装置５１が制御される。従って、第１プリパルスレーザ光Ｐ１の出力開始時から、ターゲットに精度よく第１プリパルスレーザ光Ｐ１を照射することができる。

[0086] 第１プリパルスレーザ光Ｐ１、第２プリパルスレーザ光Ｐ２、及びメインパルスレーザ光Ｍの出力開始後は、ビームモニタ５９によって第１プリパルスレーザ光Ｐ１、第２プリパルスレーザ光Ｐ２、及びメインパルスレーザ光Ｍを検出できる。ＥＵＶ光生成制御部５は、ビームモニタ５９による第１プリパルスレーザ光Ｐ１の検出結果に基づいて、ビーム調節装置５１を制御することができる。さらに、ＥＵＶ光生成制御部５は、ビームモニタ５９による第２プリパルスレーザ光Ｐ２の検出結果に基づいて、ビーム調節装置５２を制御することができる。さらに、ＥＵＶ光生成制御部５は、ビームモニタ５９によるメインパルスレーザ光Ｍの検出結果に基づいて、メインパルスレーザ光Ｍの光路に位置する図示しないビーム調節装置を制御することができる。

[0087] ２．３ 課題

上述の構成では、第１プリパルスレーザ光Ｐ１の出力開始時から、ターゲットに精度よく第１プリパルスレーザ光Ｐ１を照射することができる。しかし、第２プリパルスレーザ光Ｐ２の調節は、第２プリパルスレーザ光Ｐ２の出力開始後でないとすることができない。このため、第２プリパルスレーザ光Ｐ２の出力開始時には、第２プリパルスレーザ光Ｐ２の精度が不十分となる可能性があった。第２プリパルスレーザ光Ｐ２の精度が不十分となると、ターゲットを十分に微粒子化することができず、ターゲットのフラグメントがＥＵＶ集光ミラー２３等の光学素子に付着して光学素子の性能を悪化させる可能性があった。

[0088] ３．偏光変換機構を備えたＥＵＶ光生成システム

３．１ 概要

以下に説明する実施形態においては、ガイドレーザ装置３ｇはガイドレーザ光Ｇを出力する。ガイドレーザ光Ｇの光路に、偏光変換機構４１が配置される。偏光変換機構４１は、ガイドレーザ光Ｇを第１の偏光成分を有する第１のガイドレーザ光Ｇ１とする第１の状態と、ガイドレーザ光Ｇを第２の偏光成分を有する第２のガイドレーザ光Ｇ２とする第２の状態と、に切り替え可能に構成されている。

[0089] さらに、偏光ビームスプリッタ５５は、第１の偏光成分を有する第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第１のガイドレーザ光Ｇ１を反射し、第２の偏光成分を有する第２プリパルスレーザ光Ｐ２及び第２のガイドレーザ光Ｇ２を透過させるように構成される。すなわち、偏光ビームスプリッタ５５は、２波長偏光ビームスプリッタで構成される。また、偏光ビームスプリッタ５６も、２波長偏光ビームスプリッタで構成される。２波長偏光ビームスプリッタは、第１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ１及びＰ２が有する第１の波長成分だけでなく、第１及び第２のガイドレーザ光Ｇ１及びＧ２が有する第２の波長成分に関しても、偏光方向に応じて光路を変えることができる。

[0090] 偏光変換機構４１が第１の状態とされた場合には、ガイドレーザ光Ｇは第１のガイドレーザ光Ｇ１となる。この場合、ＥＵＶ光生成制御部５は、第１のガイドレーザ光Ｇ１の検出結果に基づいて、ビーム調節装置５１を制御することができる。また、偏光変換機構４１が第２の状態とされた場合には、ガイドレーザ光Ｇは第２のガイドレーザ光Ｇ２となる。この場合、ＥＵＶ光生成制御部５は、第２のガイドレーザ光Ｇ２の検出結果に基づいて、ビーム調節装置５２を制御することができる。従って、第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ２が出力される前に、第１のガイドレーザ光Ｇ１及び第２のガイドレーザ光Ｇ２を検出して、ビーム調節装置５１及びビーム調節装置５２をそれぞれ制御することができる。

３．２　構成

３．２．１　レーザシステム３

図５は、本開示の第１の実施形態に係るＥＵＶ光生成システム１１ｂの構

成を示す一部断面図である。図６は、第１プリパルスレーザ光Ｐ１、第２プリパルスレーザ光Ｐ２、第１のガイドレーザ光Ｇ１、及び第２のガイドレーザ光Ｇ２の光路を簡略化して示す。図６においては、プリパルスレーザシステム３ｃの内部の構成の図示は省略されている。

[0091] ガイドレーザ装置３ｇは、第２の波長成分を有する直線偏光のガイドレーザ光Ｇを出力するように構成されている。ガイドレーザ装置３ｇから出力されたガイドレーザ光Ｇは、本開示における第３のレーザ光に相当する。ガイドレーザ装置３ｇから出力されたガイドレーザ光Ｇの光路を第２の光路とする。第２の光路に、偏光変換機構４１が配置されている。偏光変換機構４１は、１／２波長板４１ａと、回転機構４１ｂと、を含む。

[0092] １／２波長板４１ａには直線偏光のガイドレーザ光Ｇが入射する。１／２波長板４１ａの結晶の光学軸の方向と、ガイドレーザ光Ｇの偏光方向と、の角度をθとすると、１／２波長板４１ａは、ガイドレーザ光Ｇの偏光方向を２θ回転させる。すなわち、角度θが４５度である場合に、１／２波長板４１ａは、ガイドレーザ光Ｇの偏光方向を９０度回転させてガイドレーザ光Ｇを通過させる。角度θが０度である場合に、１／２波長板４１ａは、ガイドレーザ光Ｇの偏光方向を変えずにガイドレーザ光Ｇを通過させる。

[0093] 回転機構４１ｂは、ガイドレーザ光Ｇの進行方向に平行な軸周りに、１／２波長板４１ａを回転させるように構成されている。回転機構４１ｂは、ＥＵＶ光生成制御部５によって制御される。ＥＵＶ光生成制御部５は、回転機構を制御するように構成されたコントローラに相当する。回転機構４１ｂは、１／２波長板４１ａを所定角度回転させることにより、偏光変換機構４１を第１の状態と第２の状態とに切り替え可能に構成されている。第１の状態において、ガイドレーザ光Ｇが入射した偏光変換機構４１は、第１の偏光成分を有する第１のガイドレーザ光Ｇ１を出射する。第２の状態において、ガイドレーザ光Ｇが入射した偏光変換機構４１は、第２の偏光成分を有する第２のガイドレーザ光Ｇ２を出射する。このようにして、偏光変換機構４１は、第１のガイドレーザ光Ｇ１と第２のガイドレーザ光Ｇ２とを選択的に出射

するように構成されている。回転機構４１ｂは、１／２波長板４１ａの回転角度を測定してＥＵＶ光生成制御部５に出力するロータリーエンコーダを備えることが望ましい。これにより、偏光変換機構４１の精度を向上することができる。

[0094] 偏光変換機構４１から出射された第１のガイドレーザ光Ｇ１及び第２のガイドレーザ光Ｇ２は、ほぼ同じ光路を通って高反射ミラー４２に入射する。偏光変換機構４１から出射された第１のガイドレーザ光Ｇ１及び第２のガイドレーザ光Ｇ２の光路を、第３の光路とする。

第１のガイドレーザ光Ｇ１及び第２のガイドレーザ光Ｇ２は、いずれも、高反射ミラー４２によって反射される。高反射ミラー４２によって反射された第１のガイドレーザ光Ｇ１及び第２のガイドレーザ光Ｇ２の光路も、第３の光路を構成する。

第１のガイドレーザ光Ｇ１及び第２のガイドレーザ光Ｇ２は、いずれも、ダイクロイックミラー４３を透過する。

[0095] ３．２．２ レーザ光進行方向制御部３４

第１のガイドレーザ光Ｇ１は、比較例における第１のガイドレーザ光Ｇ１と同様に、高反射ミラー４４、４５、及び４６によってクリーンルームフロアに導かれる。その後、第１のガイドレーザ光Ｇ１は、比較例における第１のガイドレーザ光Ｇ１と同様に、第１プリパルスレーザ光Ｐ１と同じ光路を通ってビームモニタ５９に入射する。すなわち、第１のガイドレーザ光Ｇ１は、ビーム調節装置５１を通過する。第１のガイドレーザ光Ｇ１は、上述の第４の光路、第５の光路、及び第７の光路を通る。

[0096] 第２のガイドレーザ光Ｇ２は、比較例における第１のガイドレーザ光Ｇ１と同様に、高反射ミラー４４、４５、及び４６によってクリーンルームフロアに導かれる。その後、第２のガイドレーザ光Ｇ２は、比較例における第１のガイドレーザ光Ｇ１とは異なり、第２プリパルスレーザ光Ｐ２と同じ光路を通ってビームモニタ５９に入射する。すなわち、第２のガイドレーザ光Ｇ２は、ビーム調節装置５２を通過する。第２のガイドレーザ光Ｇ２は、上述

の第４の光路、第６の光路、及び第７の光路を通る。

[0097] ビームモニタ５９は、第１プリパルスレーザ光Ｐ１、第２プリパルスレーザ光Ｐ２、及び第１のガイドレーザ光Ｇ１を検出するだけではなく、第２のガイドレーザ光Ｇ２も検出する。

ＥＵＶ光生成制御部５は、ビーム調節装置５１を制御するだけでなく、ビーム調節装置５２も制御するように構成されている。ＥＵＶ光生成制御部５は、第２のガイドレーザ光Ｇ２のビームパラメータに基づいて、ビーム調節装置５２を制御する。ＥＵＶ光生成制御部５は、第１及び第２のビーム調節装置を制御するように構成されたコントローラに相当する。

他の点については、上述の比較例と同様である。

[0098] ビームモニタ５９は、偏光ビームスプリッタ５６よりも第１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ１及びＰ２の光路の下流側に配置するものとして説明したが、本開示はこれに限定されない。ビーム調節装置５１と偏光ビームスプリッタ５６との間に図示しない第１のビームモニタを配置し、ビーム調節装置５２と偏光ビームスプリッタ５６との間に図示しない第２のビームモニタを配置してもよい。この場合、ＥＵＶ光生成制御部５は、第１のビームモニタから出力されたデータに基づいてビーム調節装置５１を制御し、第２のビームモニタから出力されたデータに基づいてビーム調節装置５２を制御してもよい。

[0099] 偏光変換機構４１は、１／２波長板４１ａを回転させる回転機構４１ｂを備えるものとして説明したが、本開示はこれに限定されない。偏光変換機構４１は、１／２波長板４１ａを手動で回転させるように構成されていてもよい。

偏光変換機構４１は、１／２波長板４１ａを備えるものとして説明したが、本開示はこれに限定されない。偏光変換機構４１は、例えば、ダブプリズムや、その他のイメージローテータを備えていてもよい。

[0100] ３．３ 動作

図７は、第１の実施形態における第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第２プ

リパルスレーザ光Ｐ２のビーム調節の動作を示すフローチャートである。ＥＵＶ光生成制御部５は、図７に示される処理により、ビームモニタ５９の出力に基づいてビーム調節装置５１及び５２を制御する。

[0101] まず、Ｓ１からＳ４までの処理は、上述の比較例におけるものと同様である。但し、Ｓ１からＳ４までの処理において、偏光変換機構４１は第１の状態になっているものとする。第１の状態において、偏光変換機構４１から第１の偏光成分を有する第１のガイドレーザ光Ｇ１が出射される。従って、ビームモニタ５９は、ビーム調節装置５１を通過した第１のガイドレーザ光Ｇ１を検出し、ＥＵＶ光生成制御部５は、ビームモニタ５９から出力されたデータに基づいてビーム調節装置５１を制御する。Ｓ１からＳ４までの処理は、本開示における第１の工程に相当する。

[0102] Ｓ３において、第１のガイドレーザ光Ｇ１のビームパラメータが許容範囲内であると判定された場合（Ｓ３：ＹＥＳ）、ＥＵＶ光生成制御部５は、処理をＳ５に進める。Ｓ５において、ＥＵＶ光生成制御部５は、偏光変換機構４１を第１の状態から第２の状態に切り替える。これにより、偏光変換機構４１からは第１のガイドレーザ光Ｇ１ではなく第２のガイドレーザ光Ｇ２が出射される。ビームモニタ５９は、ビーム調節装置５２を通過した第２のガイドレーザ光Ｇ２を検出する。

[0103] 次に、Ｓ６において、ＥＵＶ光生成制御部５は、ビームモニタ５９から出力されたデータを受信する。ＥＵＶ光生成制御部５は、受信したデータに基づいて、第２のガイドレーザ光Ｇ２のビームパラメータを算出する。

[0104] 次に、Ｓ７において、ＥＵＶ光生成制御部５は、算出された第２のガイドレーザ光Ｇ２のビームパラメータが許容範囲内であるか否かを判定する。例えば、第２のガイドレーザ光Ｇ２のビームパラメータが許容範囲外の値を示した場合には、ＥＵＶ光生成制御部５は、検出結果が許容範囲内ではないと判定する。第２のガイドレーザ光Ｇ２のビームパラメータが許容範囲外の値となる原因としては、例えば、高反射ミラー４４、４５、及び４６等の変形や、第２プリパルスレーザ装置３ｂのアライメントずれが考えられる。

[0105] Ｓ７において、第２のガイドレーザ光Ｇ２のビームパラメータが許容範囲内ではないと判定された場合（Ｓ７：ＮＯ）、ＥＵＶ光生成制御部５は、処理をＳ８に進める。Ｓ８において、ＥＵＶ光生成制御部５は、第２のガイドレーザ光Ｇ２のビームパラメータが許容範囲内となるように、ビーム調節装置５２を制御する。Ｓ８の後、ＥＵＶ光生成制御部５は、上述のＳ６に処理を戻して、ビームモニタ５９から出力されたデータを再度受信し、第２のガイドレーザ光Ｇ２のビームパラメータを再度算出する。Ｓ５からＳ８までの処理は、本開示における第２の工程に相当する。

[0106] Ｓ７において、第２のガイドレーザ光Ｇ２のビームパラメータが許容範囲内であると判定された場合（Ｓ７：ＹＥＳ）、ＥＵＶ光生成制御部５は、処理をＳ９に進める。Ｓ９において、ＥＵＶ光生成制御部５は、偏光変換機構４１を第２の状態から第１の状態に戻す。これにより、偏光変換機構４１からは第２のガイドレーザ光Ｇ２ではなく第１のガイドレーザ光Ｇ１が出射される。

[0107] 次のＳ１０の処理は、上述の比較例におけるものと同様である。Ｓ１０の後、ＥＵＶ光生成制御部５は、本フローチャートの処理を終了する。Ｓ９及びＳ１０の処理と、その後、レーザシステム３に第１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ１及びＰ２及びメインパルスレーザ光Ｍを出力させる処理は、本開示における第３の工程に相当する。

[0108] 第３の工程において、ＥＵＶ光生成制御部５は、レーザシステム３に第１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ１及びＰ２及びメインパルスレーザ光Ｍを出力させるだけでなく、さらに第１のガイドレーザ光Ｇ１を出力させてもよい。ＥＵＶ光生成制御部５は、第１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ１及びＰ２及びメインパルスレーザ光Ｍの出力中であっても、ビームモニタ５９による第１のガイドレーザ光Ｇ１のデータに基づいて、ビーム調節装置５１を制御してもよい。

[0109] 第３の工程において、ＥＵＶ光生成制御部５は、さらに、偏光変換機構４１を切り替えてもよい。ＥＵＶ光生成制御部５は、第１及び第２プリパルス

レーザ光Ｐ１及びＰ２及びメインパルスレーザ光Ｍの出力中であっても、ビームモニタ５９による第２のガイドレーザ光Ｇ２のデータに基づいて、ビーム調節装置５２を制御してもよい。その場合には、ビームモニタ５９で第１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ１及びＰ２及びメインパルスレーザ光Ｍを検出しなくてもよい。従って、ビームモニタ５９は第１及び第２のガイドレーザ光Ｇ１及びＧ２に含まれる第２の波長に適合していればよい。

[0110] ３．４　作用

以上の構成及び動作によれば、第１プリパルスレーザ光Ｐ１、第２プリパルスレーザ光Ｐ２、及びメインパルスレーザ光Ｍが出力される前に、第１及び第２のガイドレーザ光Ｇ１及びＧ２の検出結果に基づいてビーム調節装置５１及び５２が制御される。従って、第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ２の出力開始時から、ターゲットに精度よく第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ２を照射することができる。

[0111] また、以上の構成及び動作によれば、偏光変換機構４１と偏光ビームスプリッタ５５とで、ガイドレーザ光Ｇを第１のガイドレーザ光Ｇ１の光路及び第２のガイドレーザ光Ｇ２の光路に振り分けることができる。これにより、ガイドレーザ装置３ｇを第１プリパルスレーザ光Ｐ１と第２プリパルスレーザ光Ｐ２とで共通化することができる。また、共通の伝送経路で第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ２を伝送した場合でも、これらのプリパルスレーザ光を別々に調節することができる。

[0112] 図５及び図６に示される構成において、偏光ビームスプリッタ５５は、第１の偏光成分を有する第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第１のガイドレーザ光Ｇ１を反射し、第２の偏光成分を有する第２プリパルスレーザ光Ｐ２及び第２のガイドレーザ光Ｇ２を透過させる。すなわち、図５及び図６に示される構成においては、第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第１のガイドレーザ光Ｇ１のビームパラメータをビーム調節装置５１が調節する。図５及び図６に示される構成においては、第２プリパルスレーザ光Ｐ２及び第２のガイドレ

ーザ光Ｇ２のビームパラメータをビーム調節装置５２が調節する。

[0113] しかし、図５及び図６に示される構成と異なる構成であっても、図７のフローチャートで説明される処理を実行することが可能である。すなわち、偏光ビームスプリッタ５５は、第１の偏光成分を有する第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第１のガイドレーザ光Ｇ１を透過させ、第２の偏光成分を有する第２プリパルスレーザ光Ｐ２及び第２のガイドレーザ光Ｇ２を反射してもよい。その場合には、図５及び図６に示される構成と異なり、第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第１のガイドレーザ光Ｇ１のビームパラメータをビーム調節装置５２が調節する。また、第２プリパルスレーザ光Ｐ２及び第２のガイドレーザ光Ｇ２のビームパラメータをビーム調節装置５１が調節する。

[0114] そこで、第１プリパルスレーザ光Ｐ１及び第１のガイドレーザ光Ｇ１のビームパラメータを調節するビーム調節装置５１又は５２を、本開示では第３のビーム調節装置と称することがある。一方、第２プリパルスレーザ光Ｐ２及び第２のガイドレーザ光Ｇ２のビームパラメータを調節するビーム調節装置５２又は５１を、本開示では第４のビーム調節装置と称することがある。ビーム調節装置５１を第３のビーム調節装置とする場合、ビーム調節装置５２が第４のビーム調節装置となる。ビーム調節装置５２を第３のビーム調節装置とする場合、ビーム調節装置５１が第４のビーム調節装置となる。

[0115] ４．ビーム調節装置の例

上述の実施形態において、ビーム調節装置５１及び５２は、互いにほぼ同一の構成を有することができる。ビーム調節装置５１及び５２のいずれにも使用可能なビーム調節装置の例について、以下に説明する。

[0116] ４．１ ビームポジション及びビームポインティング調節器

図８Ａは、上述の実施形態において使用可能なビーム調節装置の第１の例を示す。ビーム調節装置５１１は、２つの高反射ミラー５１ａ及び５１ｂを含む。高反射ミラー５１ａ及び５１ｂは、それぞれ、アクチュエータによって姿勢を変更できるようになっている。

[0117] 図８Ｂは、ビーム調節装置５１１に含まれる高反射ミラー５１ａの構成を

示す。高反射ミラー５１ａは、反射部５１ｃと、ホルダ５１ｄと、支点部５１ｏと、複数のアクチュエータ５１ｘ及び５１ｙと、を含む。反射部５１ｃは、ホルダ５１ｄによって保持されている。ホルダ５１ｄは、支点部５１ｏと、アクチュエータ５１ｘ及び５１ｙと、の３点で支持されている。

[0118] アクチュエータ５１ｘが外部からの電気信号によって伸縮することにより、反射部５１ｃ及びホルダ５１ｄのＸ軸周りの回転角度が調整される。アクチュエータ５１ｙが外部からの電気信号によって伸縮することにより、反射部５１ｃ及びホルダ５１ｄのＹ軸周りの回転角度が調整される。上述の電気信号は、ＥＵＶ光生成制御部５から、あるいはＥＵＶ光生成制御部５によって制御される図示しないドライバから、アクチュエータ５１ｘ及び５１ｙにそれぞれ供給される。

[0119] 高反射ミラー５１ｂも、高反射ミラー５１ａと同様の構成を有する。このような高反射ミラーを２つ以上組み合わせることにより、第１プリパルスレーザ光Ｐ１又は第２プリパルスレーザ光Ｐ２のビームポジション及びビームポインティングを調節可能なビーム調節装置５１１が構成される。ビーム調節装置５１１を２つ用意することにより、１つをビーム調節装置５１として用いることができ、もう１つをビーム調節装置５２として用いることができる。

[0120] 図５及び図６においては偏光ビームスプリッタ５５とビーム調節装置５１との間に高反射ミラー５３を備え、ビーム調節装置５１と偏光ビームスプリッタ５６との間に高反射ミラー５４を備えるものとしたが、本開示はこれに限定されない。図５及び図６に示される高反射ミラー５３の姿勢を、図示しないアクチュエータによって変更できるようにすれば、図８Ａに示される高反射ミラー５１ａを不要とすることができる。図５及び図６に示される高反射ミラー５４の姿勢を、図示しないアクチュエータによって変更できるようにすれば、図８Ａに示される高反射ミラー５１ｂを不要とすることができる。すなわち、図５及び図６に示されるビーム調節装置５１の代わりに、アクチュエータつきの高反射ミラー５３及び５４が、ビーム調節装置として機能

することができる。

[0121] ４．２　ビーム径及びビームダイバージェンス調節器

図９Ａ～図９Ｃは、上述の実施形態において使用可能なビーム調節装置の第２の例を示す。ビーム調節装置５１２は、凹レンズ５２ａ及び凸レンズ５２ｂを含む。

凹レンズ５２ａは、ホルダ５２ｃによって固定されている。ホルダ５２ｃは、固定プレート５２ｆに固定されている。

凸レンズ５２ｂは、ホルダ５２ｄによって保持されている。ホルダ５２ｄは、リニアステージ５２ｅを介して固定プレート５２ｆに支持されている。リニアステージ５２ｅは、ホルダ５２ｄによって保持された凸レンズ５２ｂがレーザ光の光路軸に沿って固定プレート５２ｆに対して往復動できるように、ホルダ５２ｄを支持している。

[0122] 凹レンズ５２ａは、レーザ光の光路の上流側に焦点距離Ｆ１離れた位置に前方焦点ＦＰ１を有する。凸レンズ５２ｂは、レーザ光の光路の上流側に焦点距離Ｆ２離れた位置に前方焦点ＦＰ２を有する。

[0123] 図９Ａ～図９Ｃにおいては、波面ＷＦ１の形状がほぼ平面であるレーザ光が凹レンズ５２ａに入射した場合を示す。図９Ａにおいては、凹レンズ５２ａの前方焦点ＦＰ１と凸レンズ５２ｂの前方焦点ＦＰ２とがほぼ一致している。この状態で、波面ＷＦ１の形状がほぼ平面であるレーザ光が凹レンズ５２ａに入射した場合、凸レンズ５２ｂから出射されるレーザ光の波面ＷＦ５の形状もほぼ平面となる。

[0124] 図９Ｂにおいては、凹レンズ５２ａの前方焦点ＦＰ１よりも、凸レンズ５２ｂの前方焦点ＦＰ２がレーザ光の進行方向の下流側に位置している。図９Ｂの場合に、凸レンズ５２ｂから出射されるレーザ光の波面ＷＦ６の形状は、レーザ光の進行方向に向かって凹面となる。

[0125] 図９Ｃにおいては、凹レンズ５２ａの前方焦点ＦＰ１よりも、凸レンズ５２ｂの前方焦点ＦＰ２がレーザ光の進行方向の上流側に位置している。図９Ｃの場合に、凸レンズ５２ｂから出射されるレーザ光の波面ＷＦ７の形状は

、レーザ光の進行方向に向かって凸面となる。

[0126] リニアステージ５２ｅが駆動されることにより、凹レンズ５２ａの前方焦点ＦＰ１と凸レンズ５２ｂの前方焦点ＦＰ２との位置関係が調整される。リニアステージ５２ｅは、ＥＵＶ光生成制御部５により、あるいはＥＵＶ光生成制御部５によって制御される図示しないドライバにより駆動される。

以上の構成により、ビーム調節装置５１２はレーザ光のビームダイバージェンスを調節することができる。

[0127] 凸レンズ５２ｂから出射したレーザ光のビーム径は、図９Ｂの場合には凸レンズ５２ｂから離れるほど小さくなり、図９Ｃの場合には凸レンズ５２ｂから離れるほど大きくなる。そこで、ビーム調節装置５１２を２つ以上組み合わせて、１つのビーム調節装置５１２の下流にもう１つのビーム調節装置５１２を配置することにより、ビーム径とビームダイバージェンスとを独立に調節することができる。

[0128] ５．ビームモニタの例

図１０は、上述の実施形態において使用可能なビームモニタの例を示す。ビームモニタ５９は、ビームスプリッタ５９ａと、転写光学系５９ｂと、集光光学系５９ｃと、２次元光センサ５９ｄ及び５９ｅと、を含む。

[0129] ビームスプリッタ５９ａは、ビームモニタ５９に入射したレーザ光の一部を透過させ、他の一部を反射するように構成されている。これにより、ビームスプリッタ５９ａは、レーザ光の光路を２つの光路に分岐させる。

[0130] 転写光学系５９ｂ及び集光光学系５９ｃの各々は、例えば、第１及び第２プリパルスレーザ光Ｐ１及びＰ２に含まれる第１の波長と、第１及び第２のガイドレーザ光Ｇ１及びＧ２に含まれる第２の波長との色収差を低減したアクロマティックレンズで構成される。

[0131] 転写光学系５９ｂは、ビームスプリッタ５９ａによって分岐させられたレーザ光の２つの光路のうちの１つに配置されている。転写光学系５９ｂは、レーザ光の光路の断面Ｓ１の像を２次元光センサ５９ｄの受光面に形成する。

[0132] 集光光学系５９ｃは、ビームスプリッタ５９ａによって分岐させられたレーザ光の２つの光路のうちの他の１つに配置されている。集光光学系５９ｃは、レーザ光を２次元光センサ５９ｅの受光面に集光させる。

[0133] ２次元光センサ５９ｄ及び５９ｅの各々は、第１の波長と第２の波長との両方に感度を有するイメージセンサで構成される。

[0134] ２次元光センサ５９ｄは、転写光学系５９ｂを介して受光したレーザ光の光路の断面の画像データを生成し、ＥＵＶ光生成制御部５に送信する。２次元光センサ５９ｄが生成した画像データに基づいて、ＥＵＶ光生成制御部５は、レーザ光のビームポジションを計算することができる。あるいは、２次元光センサ５９ｄが生成した画像データに基づいて、ＥＵＶ光生成制御部５は、レーザ光のビーム径Ｄを計算することができる。

[0135] ２次元光センサ５９ｅは、集光光学系５９ｃを介して受光したレーザ光の集光点の画像データを生成し、ＥＵＶ光生成制御部５に送信する。２次元光センサ５９ｅが生成した画像データに基づいて、ＥＵＶ光生成制御部５は、レーザ光のビームポインティングを計算することができる。レーザ光のビームポインティングは、２次元光センサ５９ｅの受光面の基準位置と、レーザ光の集光位置と、の位置関係に基づいて計算される。あるいは、２次元光センサ５９ｅが生成した画像データに基づいて、ＥＵＶ光生成制御部５は、レーザ光のビームダイバージェンスθの絶対値を算出することができる。レーザ光のビームダイバージェンスθの絶対値は、集光されたレーザ光のスポット径Ｓｐと、集光光学系５９ｃの焦点距離Ｆとを用いて、以下の式により算出することができる。

$$\theta = Sp / F$$

なお、断面Ｓ１の位置におけるレーザ光の波面の曲率Ｘは、以下の式により算出することができる。

$$X = 2\sin\theta / D$$

[0136] ６．補足

上記の説明は、制限ではなく単なる例示を意図したものである。従って、

添付の特許請求の範囲を逸脱することなく本開示の実施形態に変更を加えることができることは、当業者には明らかであろう。

[0137] 本明細書及び添付の特許請求の範囲全体で使用される用語は、「限定的でない」用語と解釈されるべきである。例えば、「含む」又は「含まれる」という用語は、「含まれるものとして記載されたものに限定されない」と解釈されるべきである。「有する」という用語は、「有するものとして記載されたものに限定されない」と解釈されるべきである。また、本明細書及び添付の特許請求の範囲に記載される修飾句「１つの」は、「少なくとも１つ」又は「１又はそれ以上」を意味すると解釈されるべきである。

請求の範囲

[請求項1] レーザシステムであって、

第１の波長成分を有し第１の偏光成分を有する第１のレーザ光と、前記第１の波長成分を有し前記第１の偏光成分と異なる第２の偏光成分を有する第２のレーザ光と、を第１の光路に沿って出射するように構成されたパルスレーザシステムと、

前記第１の波長成分と異なる第２の波長成分を有する第３のレーザ光を第２の光路に沿って出射するように構成されたガイドレーザ装置と、

前記第２の光路に位置し、前記第３のレーザ光を前記第１の偏光成分を有する第１のガイドレーザ光として第３の光路に沿って出射する第１の状態と、前記第３のレーザ光を前記第２の偏光成分を有する第２のガイドレーザ光として前記第３の光路に沿って出射する第２の状態と、に切り替え可能に構成された偏光変換機構と、

前記第１の光路に位置する第１の面と、前記第３の光路に位置する第２の面とを有し、前記第１の波長成分を有する前記第１及び第２のレーザ光と、前記第２の波長成分を有する前記第１及び第２のガイドレーザ光と、の一方を反射し、他方を透過させて、前記第１及び第２のレーザ光と、前記第１及び第２のガイドレーザ光と、を第４の光路に沿って出射するように構成されたダイクロイックミラーと、

前記第４の光路に位置し、前記第１の波長成分を有し前記第１の偏光成分を有する前記第１のレーザ光と、前記第２の波長成分を有し前記第１の偏光成分を有する前記第１のガイドレーザ光とを反射し、前記第１の波長成分を有し前記第２の偏光成分を有する前記第２のレーザ光と、前記第２の波長成分を有し前記第２の偏光成分を有する前記第２のガイドレーザ光とを透過させて出射するように構成された偏光ビームスプリッタと、

を備えるレーザシステム。

[請求項2] 請求項１に記載のレーザシステムであって、

前記パルスレーザシステムは、

前記第１のレーザ光を出力する第１のレーザ装置と、

前記第２のレーザ光を出力する第２のレーザ装置と、

を含む、レーザシステム。

[請求項3] 請求項２に記載のレーザシステムであって、

前記パルスレーザシステムは、

前記第１の偏光成分を有する前記第１のレーザ光と、前記第２の偏光成分を有する前記第２のレーザ光と、の一方を反射し、他方を透過させて、前記第１及び第２のレーザ光を前記第１の光路に沿って出射する第２の偏光ビームスプリッタ

をさらに含む、レーザシステム。

[請求項4] 請求項３に記載のレーザシステムであって、

前記第１のレーザ装置は、レーザ光を出力する第１のオシレータと、前記第１のオシレータから出力されたレーザ光を前記第１の偏光成分を有する前記第１のレーザ光に変換する第１の波長板と、を含む、レーザシステム。

[請求項5] 請求項３に記載のレーザシステムであって、

前記第２のレーザ装置は、レーザ光を出力する第２のオシレータと、前記第２のオシレータから出力されたレーザ光を前記第２の偏光成分を有する前記第２のレーザ光に変換する第２の波長板と、を含む、レーザシステム。

[請求項6] 請求項３に記載のレーザシステムであって、

前記パルスレーザシステムは、

前記第１の光路に配置された第３の波長板をさらに含む、

レーザシステム。

[請求項7] 請求項１に記載のレーザシステムであって、

前記ガイドレーザ装置は、直線偏光の前記第３のレーザ光を出力す

るように構成され、

前記偏光変換機構は、前記第３のレーザ光の光路に位置する１／２波長板と、前記１／２波長板を回転させる回転機構と、を含む、

レーザシステム。

[請求項8] 請求項７に記載のレーザシステムであって、

前記回転機構を制御するように構成されたコントローラをさらに含む、

レーザシステム。

[請求項9] 請求項１に記載のレーザシステムであって、

前記ダイクロイックミラーは、前記第１及び第２のレーザ光を反射し、前記第１及び第２のガイドレーザ光を透過させるように構成された、

レーザシステム。

[請求項10] 請求項１に記載のレーザシステムであって、

前記偏光ビームスプリッタによって反射された前記第１のレーザ光及び前記第１のガイドレーザ光の光路に配置され、前記第１のレーザ光及び前記第１のガイドレーザ光を第５の光路に沿って出射する第１のビーム調節装置と、

前記偏光ビームスプリッタを透過した前記第２のレーザ光及び前記第２のガイドレーザ光の光路に配置され、前記第２のレーザ光及び前記第２のガイドレーザ光を第６の光路に沿って出射する第２のビーム調節装置と、

をさらに備えるレーザシステム。

[請求項11] 請求項１０に記載のレーザシステムであって、

前記第５の光路に位置する第３の面と、前記第６の光路に位置する第４の面とを有し、前記第１の偏光成分を有する前記第１のレーザ光及び前記第１のガイドレーザ光と、前記第２の偏光成分を有する前記第２のレーザ光及び前記第２のガイドレーザ光と、の一方を反射し、

他方を透過させて、前記第１及び第２のレーザ光と、前記第１及び第２のガイドレーザ光と、を第７の光路に沿って出射する第３の偏光ビームスプリッタ

をさらに含む、レーザシステム。

[請求項12] 請求項１１に記載のレーザシステムであって、

前記第７の光路に位置し、前記第１及び第２のガイドレーザ光を検出してデータを出力するビームモニタと、

前記ビームモニタから出力された前記データに基づいて前記第１及び第２のビーム調節装置を制御するように構成されたコントローラと、

をさらに含む、レーザシステム。

[請求項13] 請求項１０に記載のレーザシステムであって、

前記第１のビーム調節装置から出射された前記第１のガイドレーザ光を検出してデータを出力するビームモニタと、

前記ビームモニタから出力された前記データに基づいて前記第１のビーム調節装置を制御するように構成されたコントローラと、

をさらに含む、レーザシステム。

[請求項14] 請求項１０に記載のレーザシステムであって、

前記第２のビーム調節装置から出射された前記第２のガイドレーザ光を検出してデータを出力するビームモニタと、

前記ビームモニタから出力された前記データに基づいて前記第２のビーム調節装置を制御するように構成されたコントローラと、

をさらに含む、レーザシステム。

[請求項15] 極端紫外光生成装置であって、

第１の波長成分を有し第１の偏光成分を有する第１のレーザ光と、前記第１の波長成分を有し前記第１の偏光成分と異なる第２の偏光成分を有する第２のレーザ光と、を第１の光路に沿って出射するように構成されたパルスレーザシステムと、

前記第１の波長成分と異なる第２の波長成分を有する第３のレーザ光を第２の光路に沿って出射するように構成されたガイドレーザ装置と、

前記第２の光路に位置し、前記第３のレーザ光を前記第１の偏光成分を有する第１のガイドレーザ光として第３の光路に沿って出射する第１の状態と、前記第３のレーザ光を前記第２の偏光成分を有する第２のガイドレーザ光として前記第３の光路に沿って出射する第２の状態と、に切り替え可能に構成された偏光変換機構と、

前記第１の光路に位置する第１の面と、前記第３の光路に位置する第２の面とを有し、前記第１の波長成分を有する前記第１及び第２のレーザ光と、前記第２の波長成分を有する前記第１及び第２のガイドレーザ光と、の一方を反射し、他方を透過させて、前記第１及び第２のレーザ光と、前記第１及び第２のガイドレーザ光と、を第４の光路に沿って出射するように構成されたダイクロイックミラーと、

前記第４の光路に位置し、前記第１の波長成分を有し前記第１の偏光成分を有する前記第１のレーザ光と、前記第２の波長成分を有し前記第１の偏光成分を有する前記第１のガイドレーザ光とを反射し、前記第１の波長成分を有し前記第２の偏光成分を有する前記第２のレーザ光と、前記第２の波長成分を有し前記第２の偏光成分を有する前記第２のガイドレーザ光とを透過させて出射するように構成された偏光ビームスプリッタと、

を備えるレーザシステムと、

チャンバと、

前記チャンバ内の所定の領域にターゲットを供給するように構成されたターゲット供給部と、

前記レーザシステムから出射された前記第１及び第２のレーザ光を前記所定の領域に集光するように構成されたレーザ光集光光学系と、

を備える極端紫外光生成装置。

[請求項16] 極端紫外光生成方法であって、

第１の波長成分を有し第１の偏光成分を有する第１のレーザ光と、前記第１の波長成分を有し前記第１の偏光成分と異なる第２の偏光成分を有する第２のレーザ光と、を第１の光路に沿って出射するように構成されたパルスレーザシステムと、

前記第１の波長成分と異なる第２の波長成分を有する第３のレーザ光を第２の光路に沿って出射するように構成されたガイドレーザ装置と、

前記第２の光路に位置し、前記第３のレーザ光を前記第１の偏光成分を有する第１のガイドレーザ光として第３の光路に沿って出射する第１の状態と、前記第３のレーザ光を前記第２の偏光成分を有する第２のガイドレーザ光として前記第３の光路に沿って出射する第２の状態と、に切り替え可能に構成された偏光変換機構と、

前記第１の光路に位置する第１の面と、前記第３の光路に位置する第２の面とを有し、前記第１の波長成分を有する前記第１及び第２のレーザ光と、前記第２の波長成分を有する前記第１及び第２のガイドレーザ光と、の一方を反射し、他方を透過させて、前記第１及び第２のレーザ光と、前記第１及び第２のガイドレーザ光と、を第４の光路に沿って出射するように構成されたダイクロイックミラーと、

前記第４の光路に位置し、前記第１の偏光成分を有する前記第１のレーザ光及び前記第１のガイドレーザ光と、前記第２の偏光成分を有する前記第２のレーザ光及び前記第２のガイドレーザ光と、の一方を反射し、他方を透過させて出射するように構成された偏光ビームスプリッタと、

を備えるレーザシステムと、

チャンバと、

前記チャンバ内の所定の領域にターゲットを供給するように構成されたターゲット供給部と、

前記レーザシステムから出射された前記第１及び第２のレーザ光を前記所定の領域に集光するように構成されたレーザ光集光光学系と、を備える極端紫外光生成装置を用いて、

前記偏光変換機構が前記第１の状態である場合に、前記偏光ビームスプリッタから出射された前記第１のガイドレーザ光を検出する第１の工程と、

前記第１の工程の後、前記偏光変換機構を前記第２の状態に切り替えて、前記偏光ビームスプリッタから出射された前記第２のガイドレーザ光を検出する第２の工程と、

を含む、極端紫外光生成方法。

[請求項17] 請求項１６に記載の極端紫外光生成方法であって、

前記レーザシステムは、

前記偏光ビームスプリッタから出射された前記第１のレーザ光及び前記第１のガイドレーザ光の光路に配置された第３のビーム調節装置と、

前記偏光ビームスプリッタから出射された前記第２のレーザ光及び前記第２のガイドレーザ光の光路に配置された第４のビーム調節装置と、

をさらに備え、

前記第１の工程は、前記第１のガイドレーザ光の検出結果が許容範囲外である場合に前記第３のビーム調節装置を制御することをさらに含み、

前記第２の工程は、前記第２のガイドレーザ光の検出結果が許容範囲外である場合に前記第４のビーム調節装置を制御することをさらに含む、

極端紫外光生成方法。

[請求項18] 請求項１６に記載の極端紫外光生成方法であって、

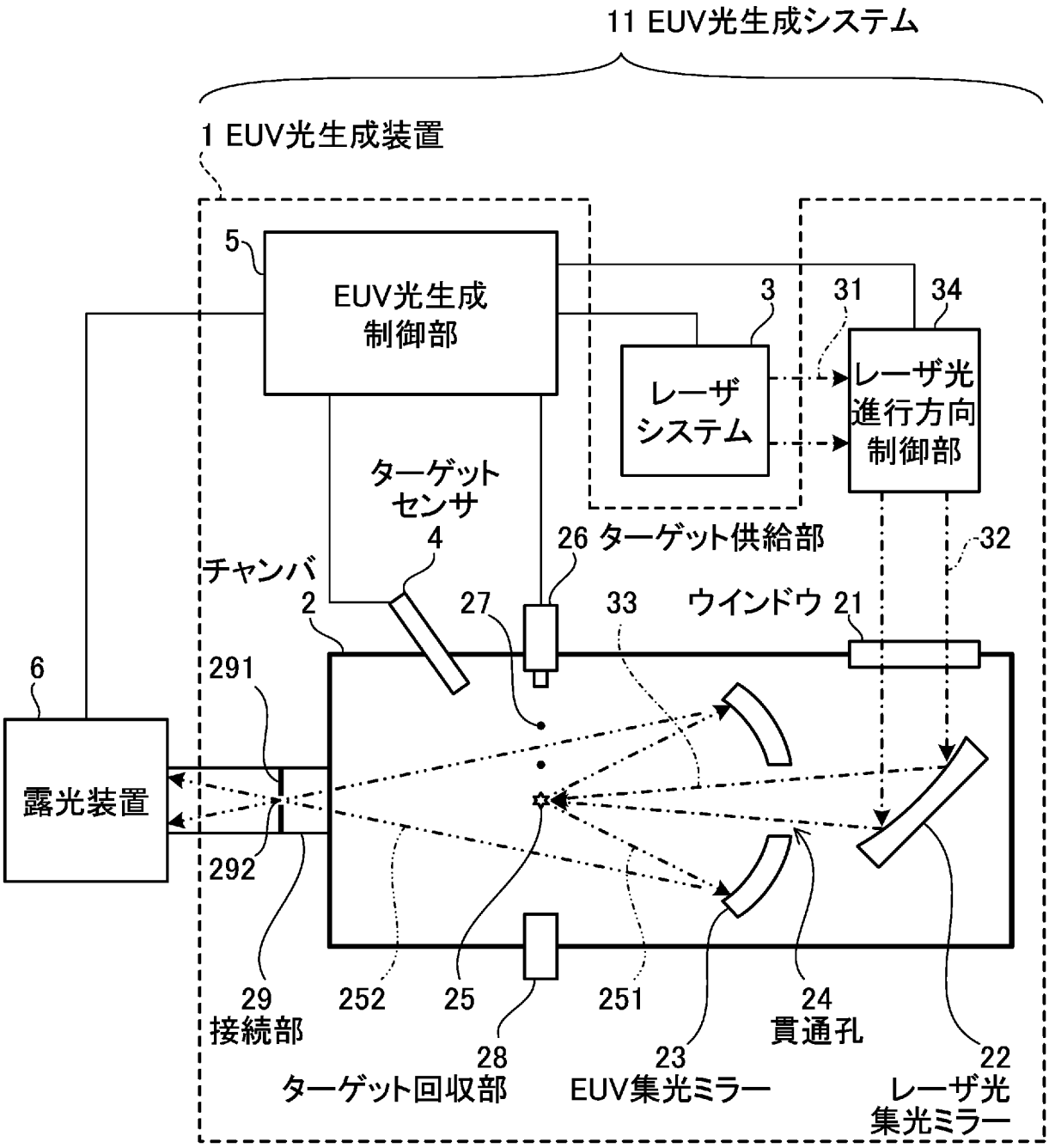
前記第２の工程の後、前記パルスレーザシステムにより前記第１及

び第２のレーザ光を出射する第３の工程をさらに含み、

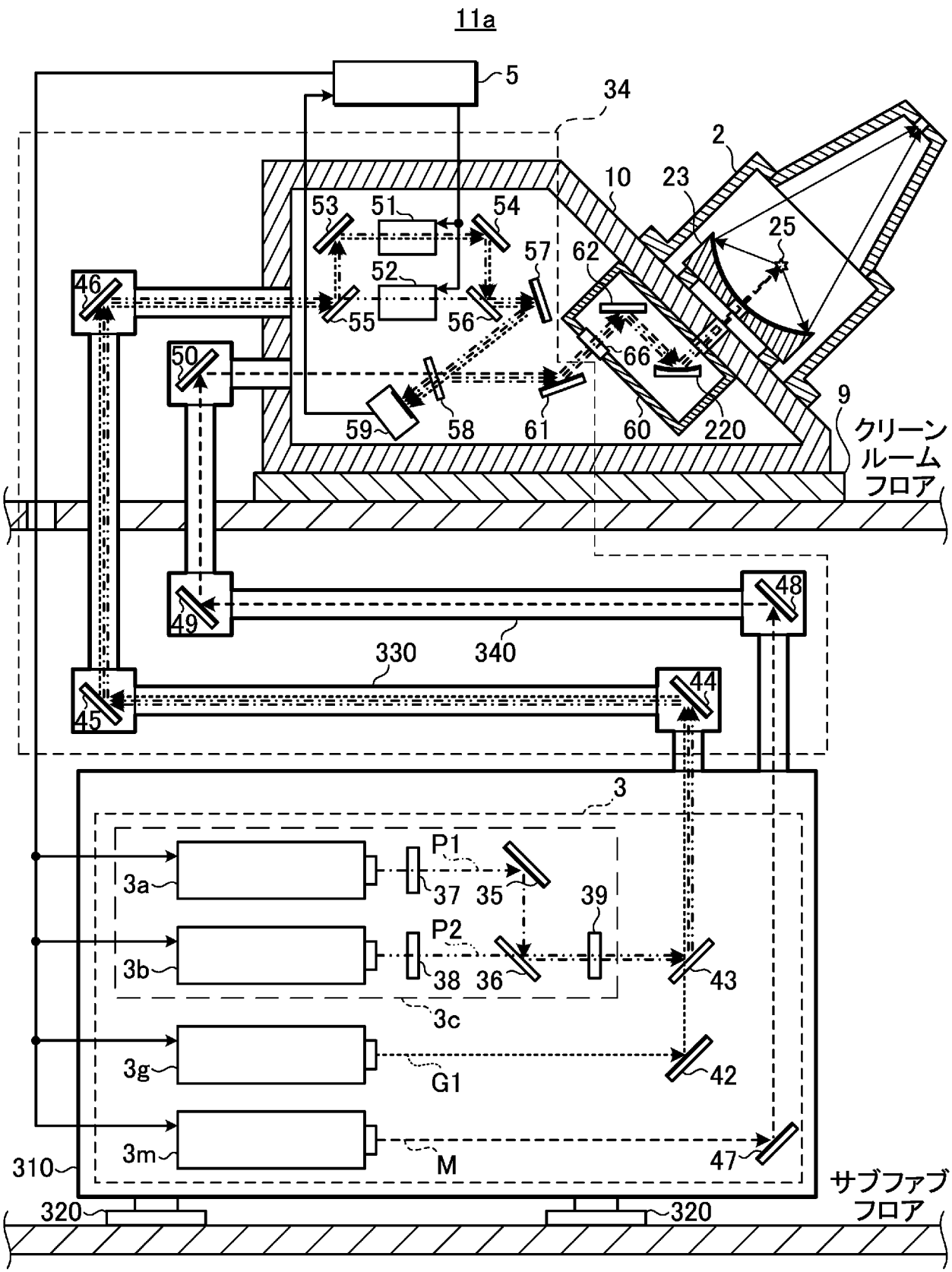
前記第１及び第２の工程は、前記パルスレーザシステムによる前記第１及び第２のレーザ光の出射を停止させた状態で行われる、

極端紫外光生成方法。

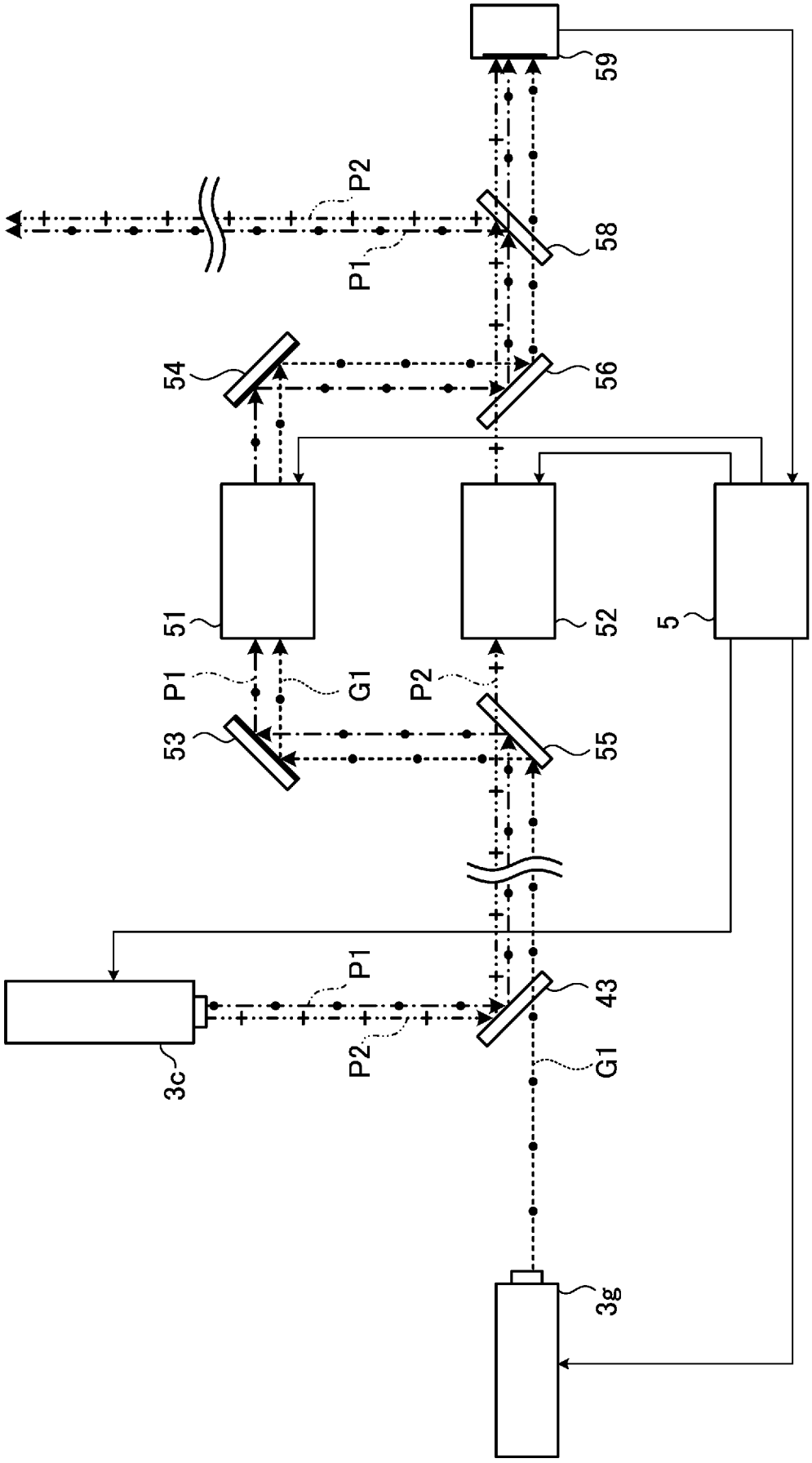
[図1]


11 EUV光生成システム
1 EUV光生成装置
5
EUV光生成
制御部
3
31
34
レーザ
システム
レーザ光
進行方向
制御部
ターゲット
センサ
4
26 ターゲット供給部
32
チャンバ
2
27
33
ウインドウ 21
6
291
露光装置
292
29
接続部
252
25
251
24
貫通孔
28
ターゲット回収部
23
EUV集光ミラー
22
レーザ光
集光ミラー

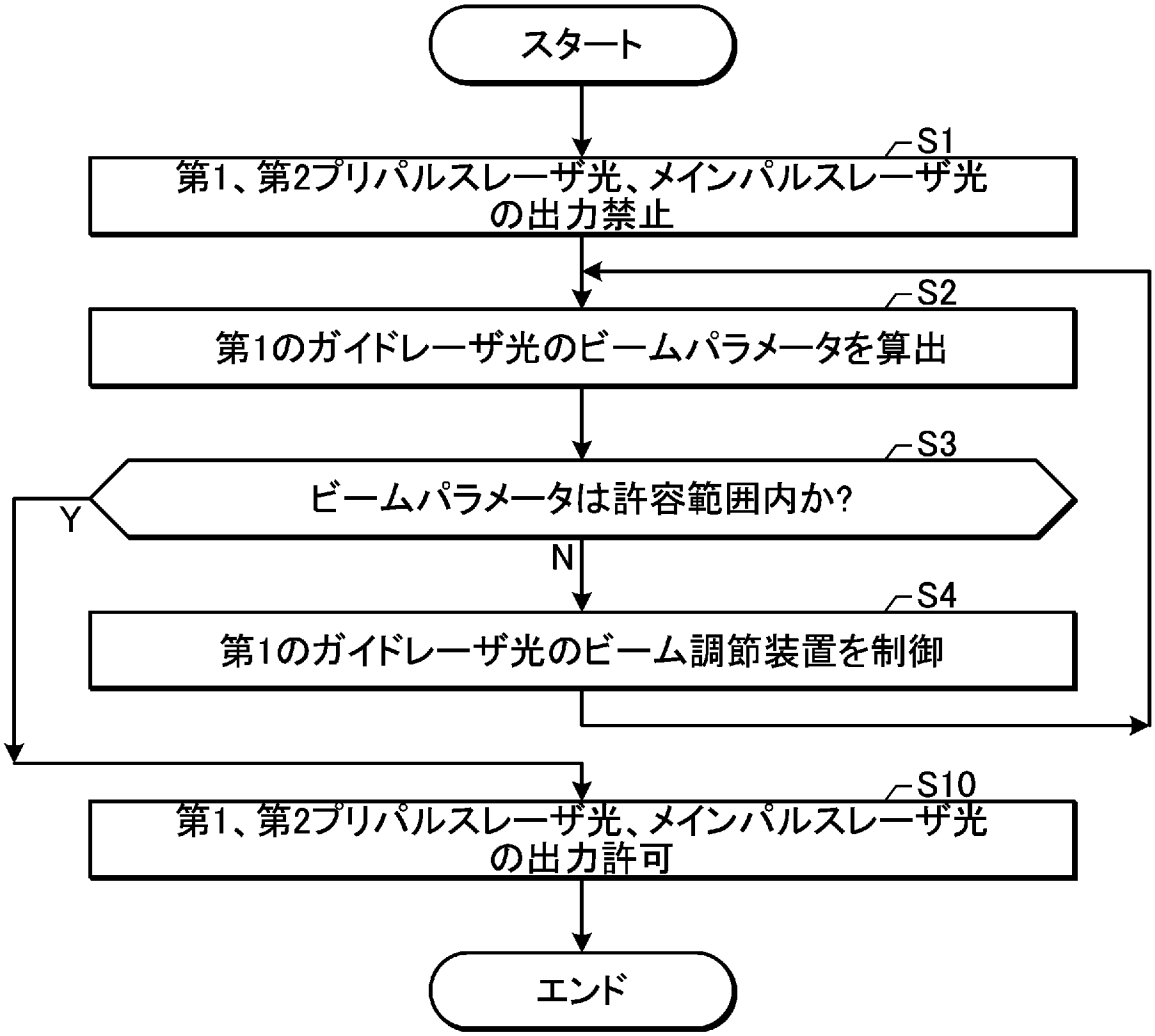
[図2]


11a
5
34
2
10
23
25
53
51
54
57
62
52
46
55
56
50
66
9
59
58
61
60
220
クリーン
ルーム
フロア
48
49
330
340
44
45
3
P1
3a
37
35
39
P2
3b
38
36
43
3c
3g
G1
42
3m
M
47
310
320
320
サブファブ
フロア

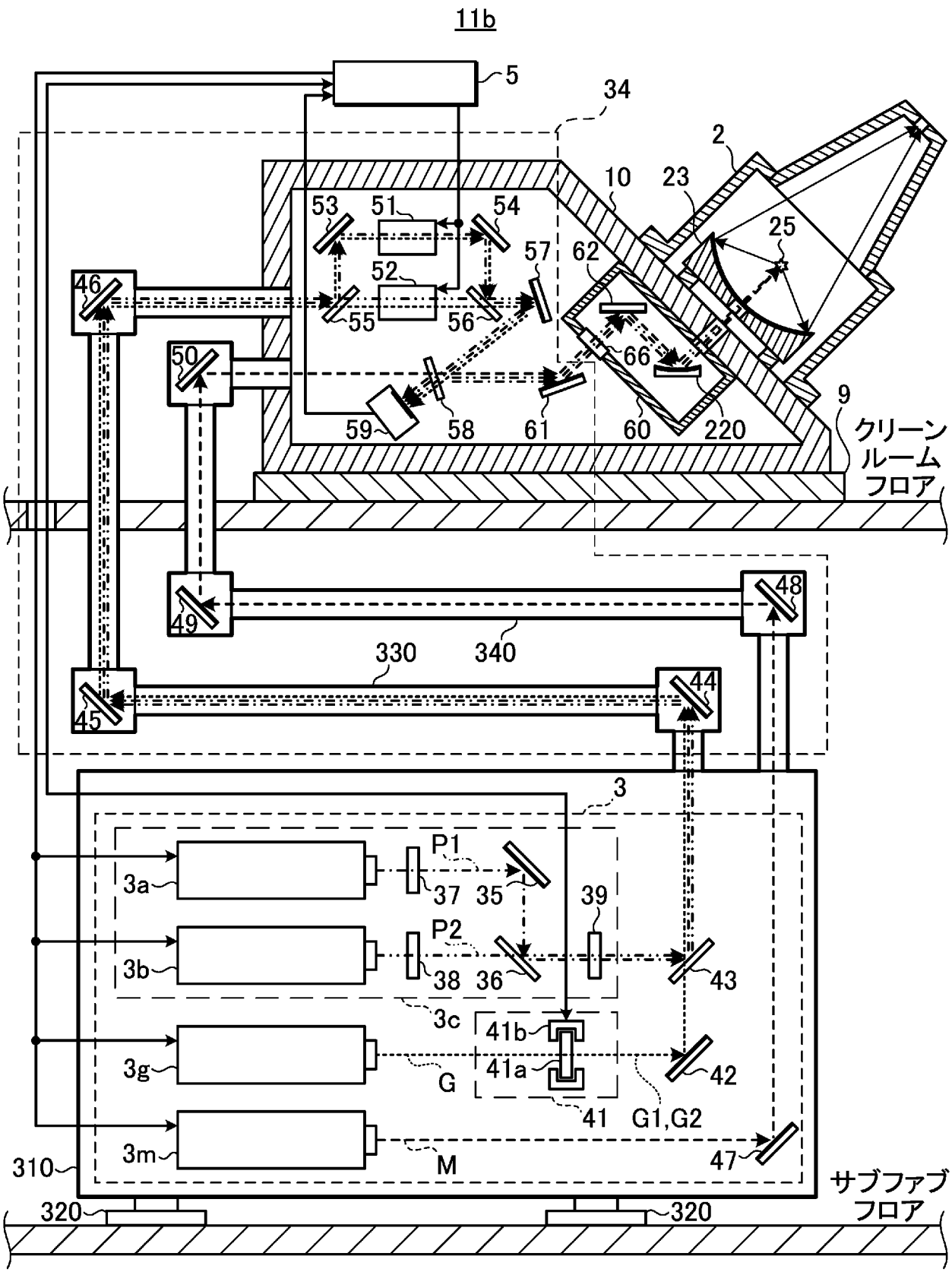
[図3]



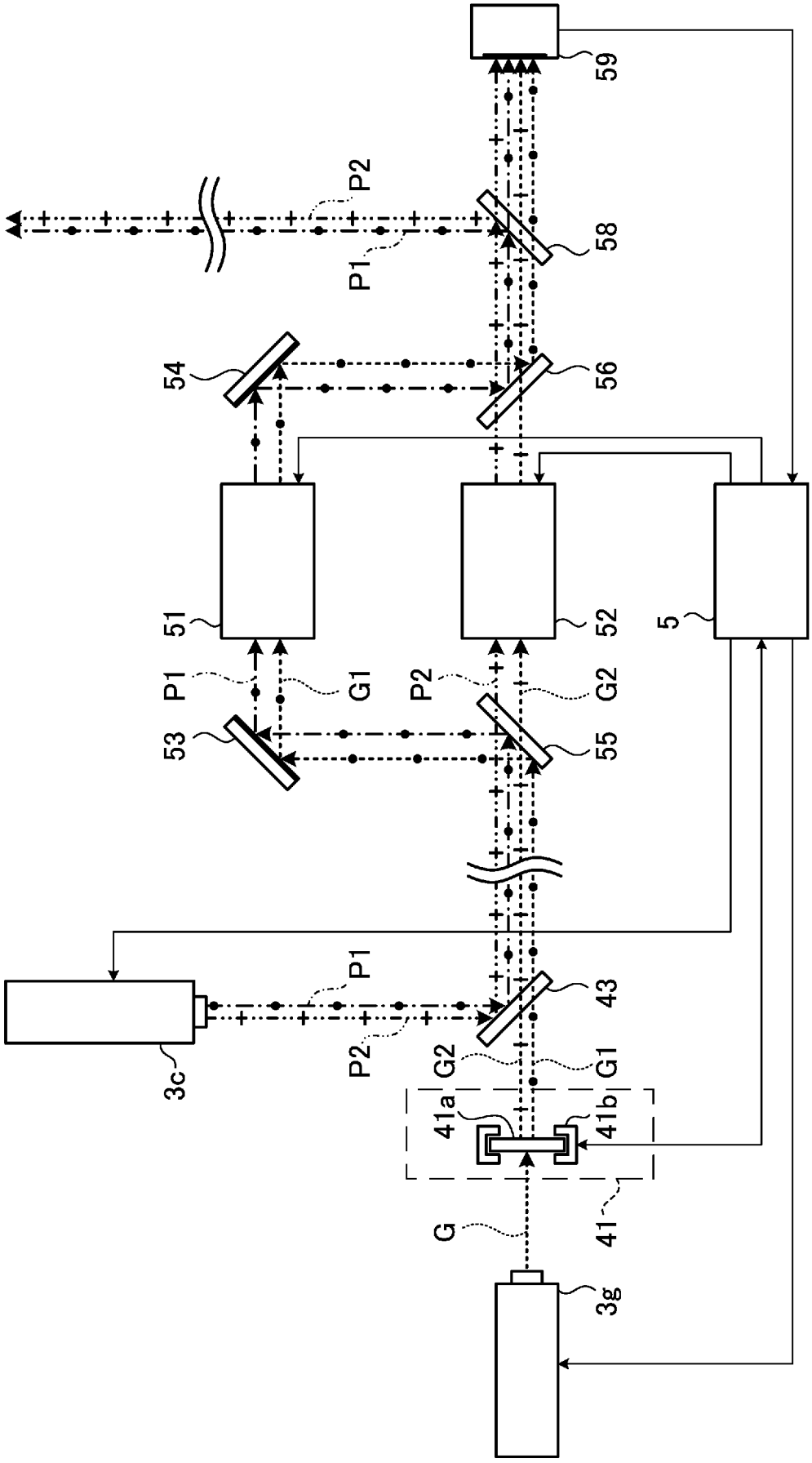
[図4]


スタート
S1
第1、第2プリパルスレーザ光、メインパルスレーザ光の出力禁止
S2
第1のガイドレーザ光のビームパラメータを算出
S3
ビームパラメータは許容範囲内か?
Y
N
S4
第1のガイドレーザ光のビーム調節装置を制御
S10
第1、第2プリパルスレーザ光、メインパルスレーザ光の出力許可
エンド

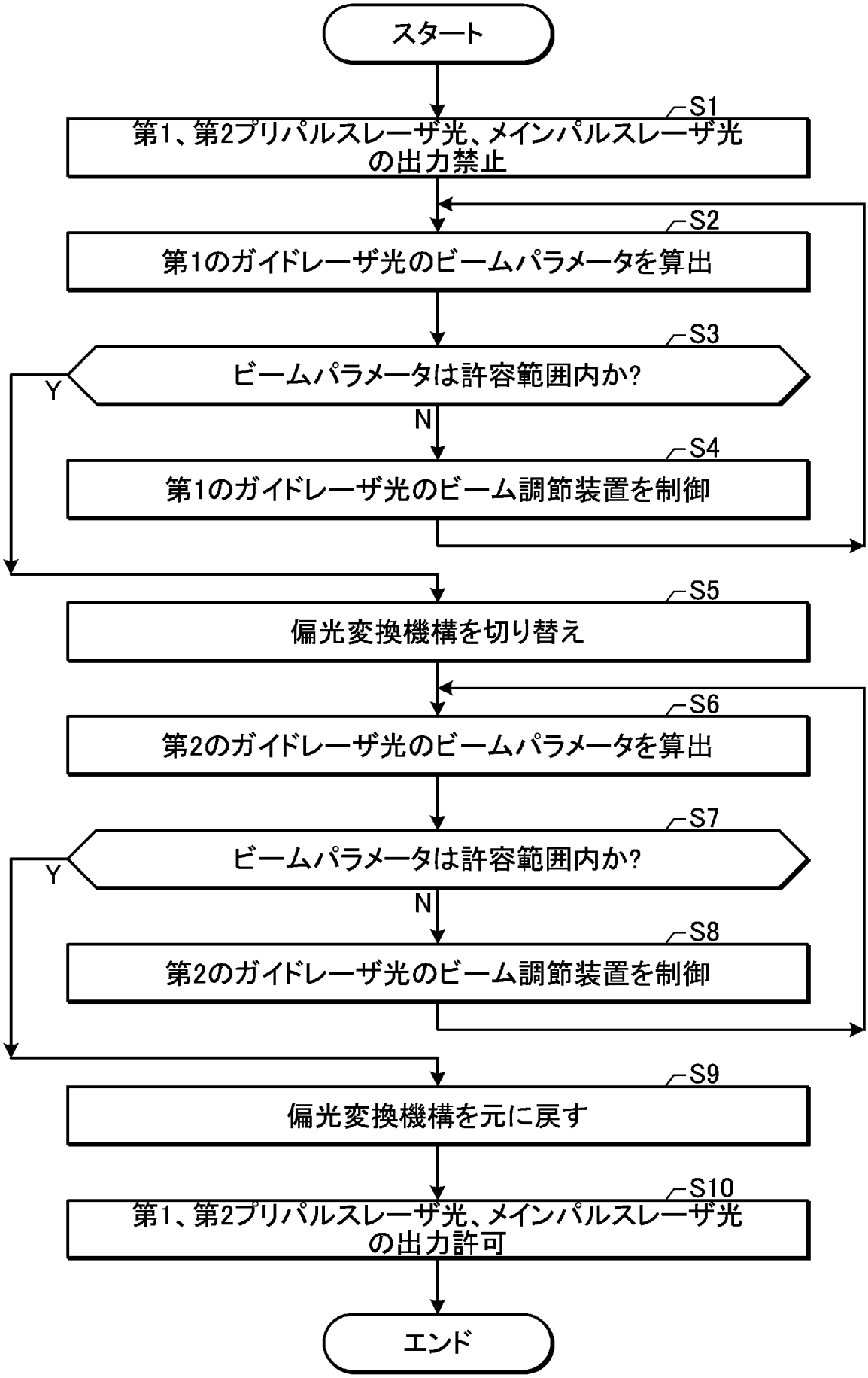
[図5]


11b
5
34
2
10
23
25
53
51
54
57
62
52
46
55
56
50
66
9
59
58
61
60
220
クリーン
ルーム
フロア
48
49
330
340
44
45
3
P1
3a
37
35
39
P2
3b
38
36
43
3c
41b
3g
41a
42
G
41
G1,G2
3m
M
47
310
320
320
サブファブ
フロア

[図6]


59
P2
58
P1
54
56
51
52
5
P1
G1
P2
G2
53
55
P1
43
3c
P2
G2
G1
41a
41b
41
G
3g

[図7]


スタート
S1
第1、第2プリパルスレーザ光、メインパルスレーザ光の出力禁止
S2
第1のガイドレーザ光のビームパラメータを算出
S3
ビームパラメータは許容範囲内か?
Y
N
S4
第1のガイドレーザ光のビーム調節装置を制御
S5
偏光変換機構を切り替え
S6
第2のガイドレーザ光のビームパラメータを算出
S7
ビームパラメータは許容範囲内か?
Y
N
S8
第2のガイドレーザ光のビーム調節装置を制御
S9
偏光変換機構を元に戻す
S10
第1、第2プリパルスレーザ光、メインパルスレーザ光の出力許可
エンド

[図8]

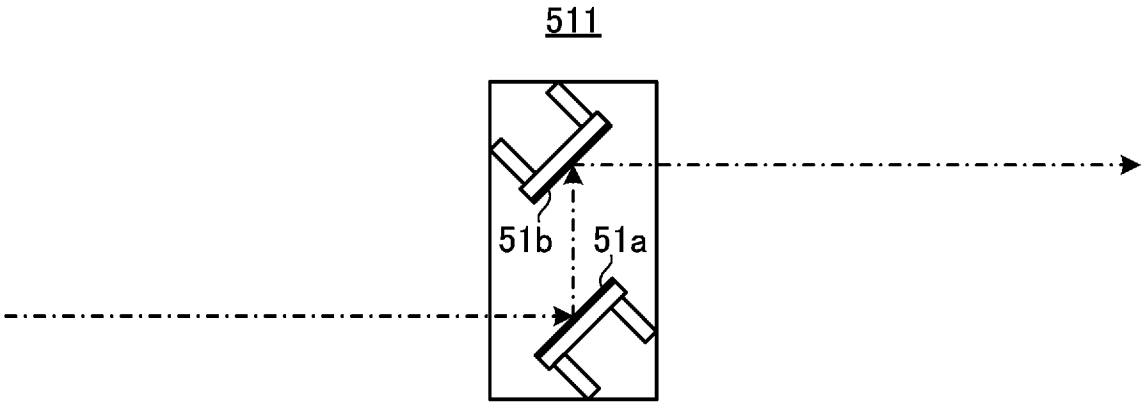


図 8A

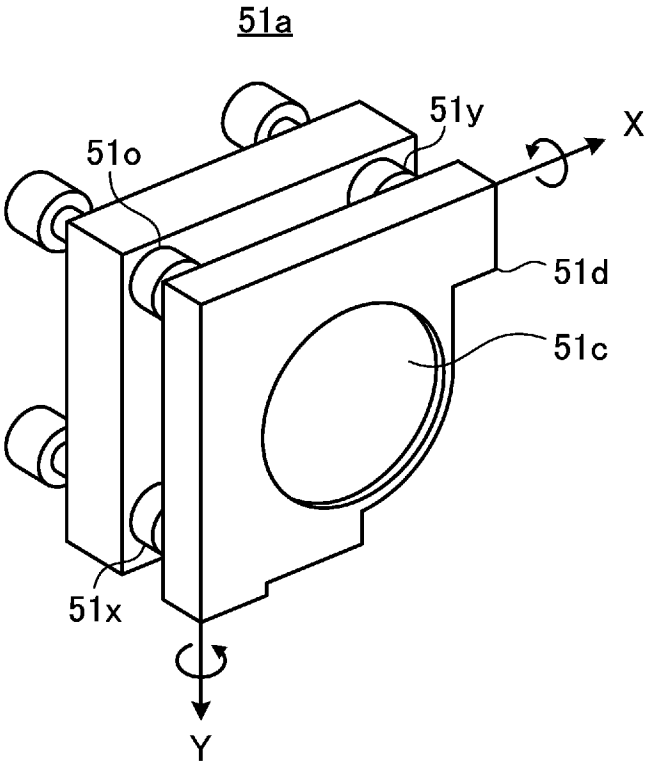


図 8B

[図9]

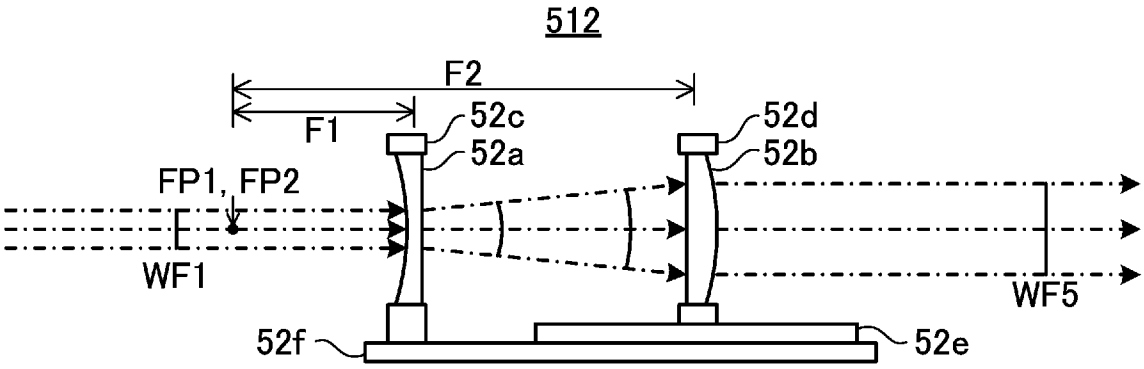


図 9A

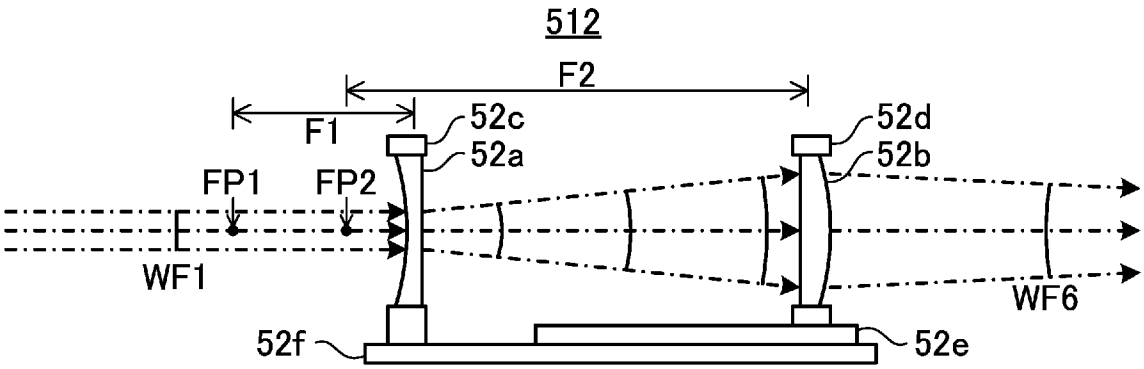


図 9B

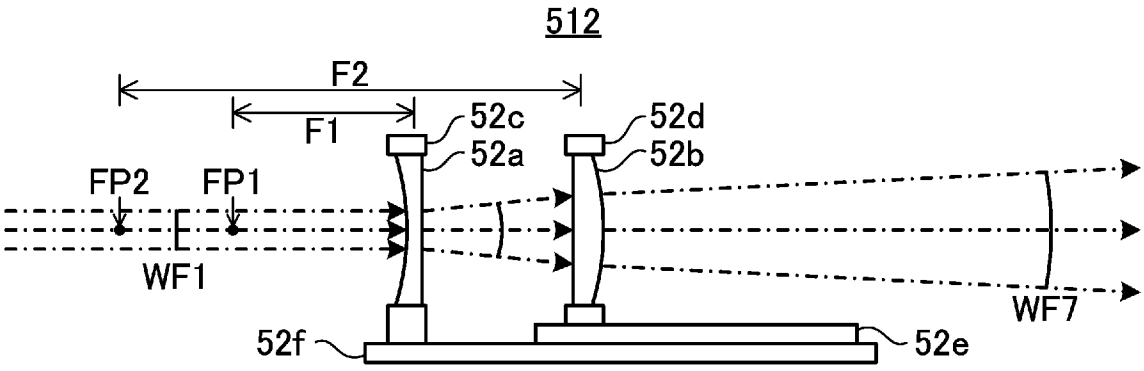
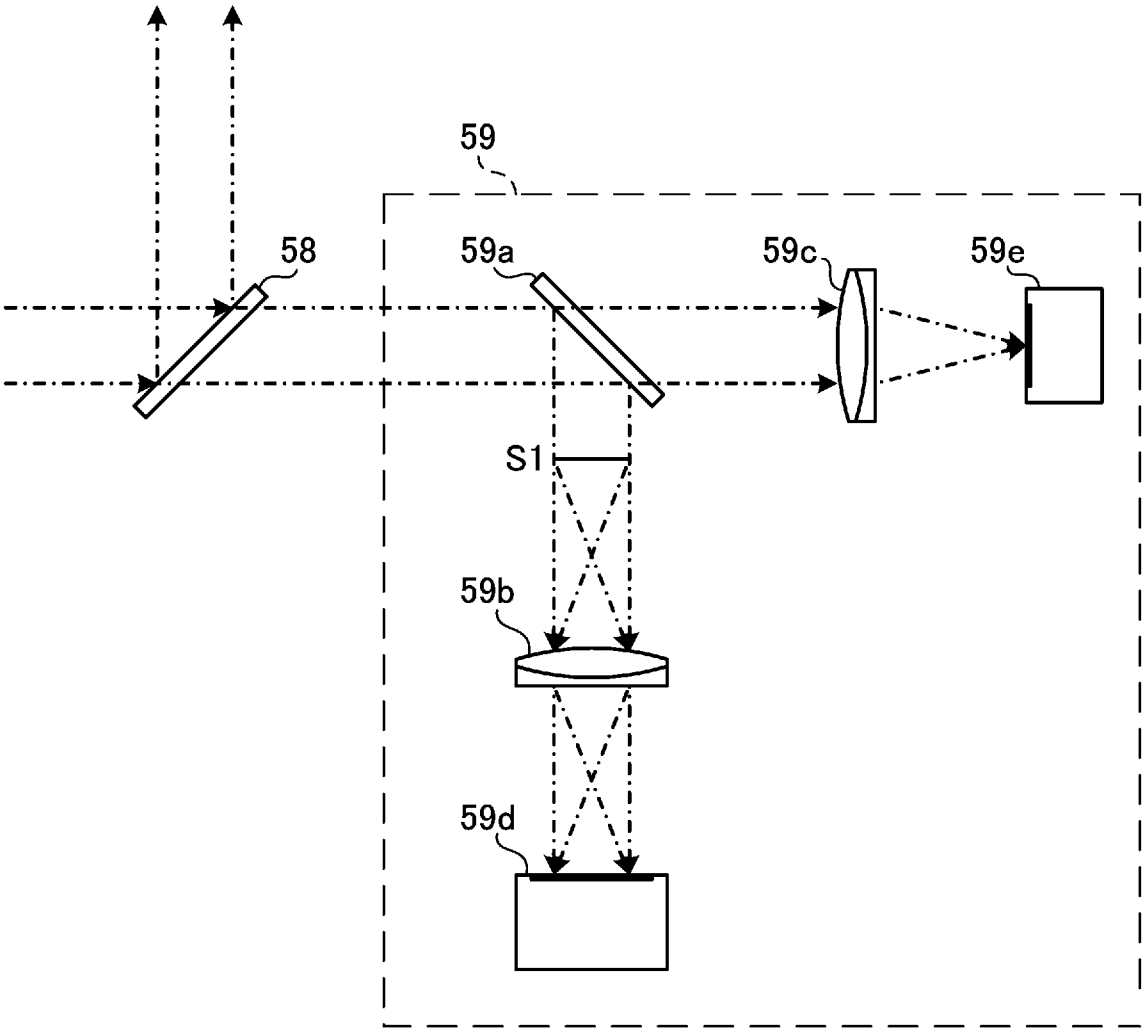


図 9C

[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/024760

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G03F7/20(2006.01)i, *H01S3/00*(2006.01)i, *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)
G03F7/20, H01S3/00, H05G2/00

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

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2016-538703 A (ASML Netherlands B.V.), 08 December 2016 (08.12.2016), paragraphs [0050] to [0071]; fig. 4 & WO 2015/047725 A1 paragraphs [0056] to [0077]; fig. 4 & US 2015/0083898 A1 & US 8809823 B1 & TW 201515524 A & CN 105723811 A & KR 10-2016-0062053 A	1-18
A	JP 2013-105725 A (Gigaphoton Inc.), 30 May 2013 (30.05.2013), paragraphs [0103] to [0125]; fig. 13 & US 2013/0119232 A1 paragraphs [0136] to [0155]; fig. 13	1-18

☒ 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	Date of mailing of the international search report
15 September 2017 (15.09.17)	26 September 2017 (26.09.17)

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/024760

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-513929 A (Saima Inc.), 22 April 2013 (22.04.2013), entire text; all drawings & US 2011/0141865 A1 entire text; all drawings & WO 2011/075345 A1 & TW 201143537 A & KR 10-2012-0104319 A	1-18
A	JP 2010-135769 A (Komatsu Ltd.), 17 June 2010 (17.06.2010), paragraphs [0126] to [0142]; fig. 9 to 12 & US 2010/0117009 A1 paragraphs [0187] to [0203]; fig. 9 to 12 & DE 102009044426 A1	1-18
A	JP 2008-146082 A (Toshiba Corp.), 26 June 2008 (26.06.2008), paragraphs [0073] to [0186]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-18

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／０２４７６０

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G03F7/20(2006.01)i, H01S3/00(2006.01)i, 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.　G03F7/20, H01S3/00, H05G2/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

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

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

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2016-538703 A（エーエスエムエル　ネザーランズ　ビー．ブイ．）2016.12.08, 段落[００５０]－[００７１], 図４ & WO 2015/047725 A1, 段落[００５６]－[００７７], 図４ & US 2015/0083898 A1 & US 8809823 B1 & TW 201515524 A & CN 105723811 A & KR 10-2016-0062053 A	1-18
A	JP 2013-105725 A(ギガフォトン株式会社)2013.05.30, 段落［０１０３］－［０１２５］, 図１３ & US 2013/0119232 A1,段落［０１３６］－［０１５５］, 図１３	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	国際調査報告の発送日
１５．０９．２０１７	２６．０９．２０１７

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　２Ｇ　３７０６
植木　隆和
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２２６

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2013-513929 A (サイマー　インコーポレイテッド)2013.04.22, 全文, 全図 & US 2011/0141865 A1, 全文, 全図 & WO 2011/075345 A1 & TW 201143537 A & KR 10-2012-0104319 A	1-18
A	JP 2010-135769 A(株式会社小松製作所)2010.06.17, 段落［０１２６］－［０１４２］, 図９－１２ & US 2010/0117009 A1,段落［０１８７］－［０２０３］,図９－１２ & DE 102009044426 A1	1-18
A	JP 2008-146082 A (株式会社東芝)2008.06.26, 段落[００７３］－［０１８６］, 図１－図２（ファミリーなし）	1-18