(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
2016 年 6 月 23 日(23.06.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/098543 A1

(51) 国際特許分類:
H01S 3/10 (2006.01) *H05G 2/00* (2006.01)
H01L 21/30 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2015/083075

(22) 国際出願日: 2015 年 11 月 25 日(25.11.2015)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
PCT/JP2014/083661 2014 年 12 月 19 日(19.12.2014) JP

(71) 出願人: ギガフォトン株式会社(GIGAPHOTON INC.) [JP/JP]; 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田４００番地 Tochigi (JP).

(72) 発明者: 鈴木 徹(SUZUKI Toru); 〒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). 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). 高山 明大(TAKAYAMA Akihiro); 〒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). 黒澤 義明(KUROSAWA Yoshiaki); 〒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: 特許業務法人 エビス国際特許事務所(EBISU INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1410032 東京都品川区大崎１丁目１１番２号 ゲートシティ大崎イーストタワー ２２階 Tokyo (JP).

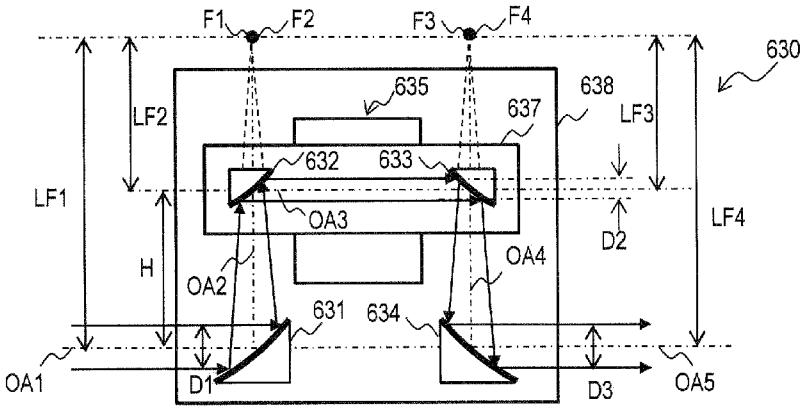
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

[続葉有]

(54) **Title**: EXTREME ULTRAVIOLET LIGHT GENERATION DEVICE

(54) 発明の名称 : 極端紫外光生成装置



(57) **Abstract**: A beam adjustment device in an extreme ultraviolet light generation device of the present invention may include a first pair comprising a first concave mirror and a first convex mirror arranged on a light path for a pulse laser light, a second pair comprising a second concave mirror and a second convex mirror arranged downstream of the first pair on the light path for the pulse laser light and in a sequence opposite that of the first concave mirror and the first convex mirror, and a movement device that changes the distance between the first concave mirror and the first convex mirror and the distance between the second concave mirror and the second convex mirror so as to simultaneously increase or simultaneously decrease the distance.

(57) 要約: 極端紫外光生成装置におけるビーム調節装置は、パルスレーザ光の光路上に配置された、第１凹面ミラーと第１凸面ミラーとからなる第１組と、パルスレーザ光の光路上で第１組より下流において、第１凹面ミラーと第１凸面ミラーの配置順序とは逆に配置された、第２凹面ミラーと第２凸面ミラーとからなる第２組と、第１凹面ミラーと第１凸面ミラーとの間の距離、及び、第２凹面ミラーと第２凸面ミラーとの間の距離を、同時に増加または同時に減少させる方向に変化させる移動装置と、を含んでもよい。

WO 2016/098543 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 極端紫外光生成装置

技術分野

[0001] 本開示は、極端紫外光生成装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、半導体プロセスの微細化に伴って、半導体プロセスの光リソグラフィにおける転写パターンの微細化が急速に進展している。次世代においては、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）光を生成するための装置と縮小投影反射光学系（ｒｅｄｕｃｅｄ　ｐｒｏｊｅｃｔｉｏｎ　ｒｅｆｌｅｃｔｉｖｅ　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、ターゲット物質にレーザ光を照射することによって生成されるプラズマを用いたＬＰＰ（Ｌａｓｅｒ　Ｐｒｏｄｕｃｅｄ　Ｐｌａｓｍａ）方式の装置と、放電によって生成されるプラズマを用いたＤＰＰ（Ｄｉｓｃｈａｒｇｅ　Ｐｒｏｄｕｃｅｄ　Ｐｌａｓｍａ）方式の装置と、軌道放射光を用いたＳＲ（Ｓｙｎｃｈｒｏｔｒｏｎ　Ｒａｄｉａｔｉｏｎ）方式の装置との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２０１０－１３５７６９号

特許文献2：特開２０１０－１８６７３５号

特許文献3：特開２０１２－１７５００６号

特許文献4：米国特許出願公開第２０１０／０１２７１９１号

特許文献5：米国特許出願公開第２０１２／００８５７４１号

概要

[0005] 本開示の一例は、レーザ装置から出力されたパルスレーザ光をターゲットに照射することによって、プラズマを生成し、極端紫外光を生成する極端紫外光生成装置であって、チャンバと、前記チャンバ内にターゲットを供給するターゲット供給部と、前記ターゲットに照射されるパルスレーザ光の光路上に配置され、ビームパラメータを調整するビーム調節装置と、を含み、前記ビーム調節装置は、前記パルスレーザ光の光路上に配置された、第１凹面ミラーと第１凸面ミラーとからなる第１組と、前記パルスレーザ光の光路上で前記第１組より下流において、前記第１凹面ミラーと前記第１凸面ミラーの配置順序とは逆に配置された、第２凹面ミラーと第２凸面ミラーとからなる第２組と、前記第１凹面ミラーと前記第１凸面ミラーとの間の距離、及び、前記第２凹面ミラーと前記第２凸面ミラーとの間の距離を、同時に増加または同時に減少させる方向に変化させる移動装置と、を含んでもよい。

図面の簡単な説明

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

[図1]図１は、例示的なＬＰＰ方式のＥＵＶ光生成装置の構成を概略的に示す。

[図2]図２は、比較例におけるＥＵＶ光生成システムの一部断面図を示す。

[図3]図３は、比較例におけるビーム調節装置の構成及び動作を示す。

[図4]図４は、実施形態１に係るＥＵＶ光生成システムの構成例を示す。

[図5A]図５Ａは、実施形態１のビーム調節装置の構成例を示す。

[図5B]図５Ｂは、図５Ａに示すビーム調節装置の状態から、移動プレートを軸外放物面凹面ミラーから離した状態を示す。

[図5C]図５Ｃは、図５Ａに示すビーム調節装置の状態から、移動プレートを軸外放物面凹面ミラーに近づけた状態を示す。

[図6]図６は、図５Ａの状態からの移動プレートの移動距離ｄＬに対する発散角（半角）を計算した結果を示す。

[図7]図７は、実施形態１のビーム調節装置の変形例を示す。

[図8]図８は、実施形態２のビーム調節装置の構成例を示す。

[図9]図９は、実施形態３のビーム調節装置の構成例を示す。

[図10]図１０は、実施形態４のＥＵＶ光生成システムの構成例を示す。

[図11]図１１は、実施形態５のビーム調節装置の構成例を示す。

[図12]図１２は、実施形態６のビーム調節装置の構成例における斜視図を示す。

[図13]図１３は、実施形態６のビーム調節装置の構成例における平面図を示す。

[図14]図１４は、図１３に示された矢印Ａからビーム調節装置を視た図を示す。

[図15]図１５は、図１３に示されたＢ－Ｂ線における１軸移動ステージの一部断面図を示す。

[図16]図１６は、軸外放物面ミラーのベースプレートへの取り付け構造例を示す。

[図17]図１７は、実施形態６のビーム調節装置の変形例を示す。

[図18]図１８は、図１７に示された矢印Ｃからビーム調節装置を視た図を示す。

[図19]図１９は、実施形態７のビーム調節装置を示す。

[図20]図２０は、図１９に示された液冷アパーチャの外形を概略的に示す。

[図21]図２１は、図１９に示された液冷アパーチャの詳細な構成例を示す。

[図22]図２２は、実施形態７のビーム調節装置の変形例１を示す。

[図23]図２３は、実施形態７のビーム調節装置の変形例２を示す。

[図24]図２４は、図２３に示された矢印Ｅから保護カバーを視た図を示す。

実施形態

[0007] 内容

１．概要

２．ＥＵＶ光生成システムの全体説明

構成

動作
３．ＥＵＶ光生成システムの比較例
構成
動作
ビーム調節装置の構成
ビーム調節装置の動作
課題
４．実施形態１
構成
動作
効果
変形例
５．実施形態２
構成
動作
６．実施形態３
構成
動作
７．実施形態４
構成
動作
効果
８．実施形態５
構成
動作
９．実施形態６
構成
動作及び効果

変形例

１０．実施形態７

構成

動作及び効果

変形例

[0008] 以下、本開示の実施形態について、図面を参照しながら詳しく説明する。以下に説明される実施形態は、本開示のいくつかの例を示すものであって、本開示の内容を限定するものではない。また、各実施形態で説明される構成及び動作の全てが本開示の構成及び動作として必須であるとは限らない。なお、同一の構成要素には同一の参照符号を付して、重複する説明を省略する。

[0009] １．概要

ＬＰＰ方式のＥＵＶ光生成装置は、ターゲット供給部から出力したターゲットにレーザ装置から出力したパルスレーザ光を照射し、プラズマ化することによってＥＵＶ光を生成し得る。

[0010] レーザ装置から出力されるパルスレーザ光は、ビーム調節装置及びレーザ集光光学系を介してターゲットに照射されてもよい。照射されるパルスレーザ光のエネルギ密度を調整するため、ビーム調節装置によってパルスレーザ光の発散角を調整してもよい。

[0011] 従来のビーム調節装置によってパルスレーザ光の発散角を調整すると、ビーム径及び出射方向が変動する場合があった。ビーム径及び出射方向が変動すると、レーザ集光光学系へ入射するパルスレーザ光が、レーザ集光光学系へのレーザ入射条件から外れ得る。これにより、素子によりパルスレーザ光が遮蔽されて照射エネルギが低下し得る、または、パルスレーザ光の集光により光学素子が損傷し得る。

[0012] 本開示における一例のビーム調節装置は、第１凹面ミラーと第１凸面ミラーとからなる第１組と、第１組より下流に配置され、第２凹面ミラーと第２凸面ミラーとからなる第２組と、を含んでもよい。第２凹面ミラーと第２凸

面ミラーの配置順序は、第１凹面ミラーと第１凸面ミラーの配置順序と逆であってもよい。ビーム調節装置は、第１凹面ミラーと第１凸面ミラーとの間の距離、及び、第２凹面ミラーと第２凸面ミラーとの間の距離を、同時に増加または同時に減少させる方向に変化させてもよい。

[0013] 上記ビーム調節装置により、パルスレーザ光の発散角の調節においてビーム径及び出射方向の変動を小さくし、ターゲットへのパルスレーザ光の照射条件を維持し得る。

[0014] ２．ＥＵＶ光生成システムの全体説明

＜構成＞

図１は、例示的なＬＰＰ方式のＥＵＶ光生成装置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と共に用いてもよい（ＥＵＶ光生成装置１及びレーザ装置３を含むシステムを、以下、ＥＵＶ光生成システム１１と称する）。図１に示し、かつ以下に詳細に説明するように、ＥＵＶ光生成装置１は、チャンバ２及びターゲット供給部２６（例えばドロップレット発生器）を含んでもよい。チャンバ２は、密閉可能であってもよい。ターゲット供給部２６は、例えばチャンバ２の壁に取り付けられてもよい。ターゲット供給装置から供給されるターゲットの材料は、スズ、テルビウム、ガドリニウム、リチウム、キセノン、又はそれらのうちのいずれか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。

[0015] 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もよい。その貫通孔をレーザ装置３から出力されたパルスレーザ光３２が通過してもよい。チャンバ２には、レーザ装置３から出力されたパルスレーザ光３２が透過する少なくとも１つのウインドウ２１が設けられてもよい。チャンバ２の内部には、例えば、回転楕円面形状の反射面を有するＥＵＶ集光ミラー２３が配置されてもよい。ＥＵＶ集光ミラー２３は、第１の焦点、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てもよい。ＥＵＶ集光ミラー２３は、例えば、その第１の焦点がプラズマ発生位置（プラズマ生成領域

２５）又はその近傍に位置し、その第２の焦点が露光装置の仕様によって規定される所望の集光位置（中間焦点（ＩＦ）２９２）に位置するように配置されるのが好ましい。ＥＵＶ集光ミラー２３の中央部には、パルスレーザ光３３が通過することができる貫通孔２４が設けられてもよい。

[0016] ＥＵＶ光生成装置１は、ＥＵＶ光生成制御部５を含んでもよい。また、ＥＵＶ光生成装置１は、ターゲットセンサ４を含んでもよい。ターゲットセンサ４は、ターゲットの存在、軌道、位置の少なくとも１つを検出してもよい。ターゲットセンサ４は、撮像機能を有していてもよい。

[0017] 更に、ＥＵＶ光生成装置１は、チャンバ２内部と露光装置６内部とを連通する接続部２９を含んでもよい。接続部２９内部には、アパーチャが形成された壁２９１を設けてもよい。壁２９１は、そのアパーチャがＥＵＶ集光ミラー２３の第２の焦点位置に位置するように配置してもよい。

[0018] 更に、ＥＵＶ光生成装置１は、レーザ光進行方向制御部３４、レーザ光集光ミラー２２、ターゲット２７を回収するターゲット回収部２８などを含んでもよい。レーザ光進行方向制御部３４は、レーザ光の進行方向を制御するために、レーザ光の進行方向を規定する光学素子と、この光学素子の位置または姿勢を調整するためのアクチュエータとを備えてもよい。

[0019] ＜動作＞

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

[0020] 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に向けて出力してもよい。ターゲット２７には、パルスレーザ光３３に含まれる少なくとも１つのパルスが照射される。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ＥＵＶ光２５１が生成

される。ＥＵＶ光２５１は、ＥＵＶ集光ミラー２３によって反射されるとともに集光されてもよい。ＥＵＶ集光ミラー２３で反射されたＥＵＶ光２５２は、中間焦点２９２を通って露光装置６に出力されてもよい。なお、１つのターゲット２７に、パルスレーザ光３３に含まれる複数のパルスが照射されてもよい。

[0021] ＥＵＶ光生成制御部５は、ＥＵＶ光生成システム１１全体の制御を統括してもよい。ＥＵＶ光生成制御部５はターゲットセンサ４によって撮像されたターゲット２７のイメージデータ等を処理してもよい。ＥＵＶ光生成制御部５は、例えば、ターゲット２７を出力するタイミングの制御及びターゲット２７の出力方向の制御の内の少なくとも１つを行ってもよい。ＥＵＶ光生成制御部５は、例えば、レーザ装置３のレーザ発振タイミングの制御、パルスレーザ光３２の進行方向の制御、及びパルスレーザ光３３の集光位置の制御の内の少なくとも１つを行ってもよい。上述の様々な制御は単なる例示に過ぎず、必要に応じて他の制御を追加してもよい。

[0022] ３．ＥＵＶ光生成システムの比較例

＜構成＞

図２は、比較例におけるＥＵＶ光生成システムの一部断面図を示す。チャンバ２は、クリーンルームフロアに配置され、レーザ装置３は、サブファブフロアに配置されてもよい。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もよい。レーザ装置３は、パルスレーザ光を出力するCO_2レーザ装置であってもよい。

[0023] レーザ装置３からチャンバ２内に供給されるレーザ光の進行方向を制御する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もよい。

[0024] レーザ装置３は、図示しない固定装置により筐体３１０内部に固定されていてもよい。筐体３１０は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てもよい。サブファブフロアにおいて、レーザ光進行方向制御部３４は、高反射ミラー５２Ａを含んでもよい。高反射ミラー

５２Ａは、レーザ装置３が出力するパルスレーザ光の光路上に配置されてよい。高反射ミラー５２Ａは、パルスレーザ光を光路管５２０に向けて反射してもよい。

[0025] レーザ光進行方向制御部３４は、サブファブフロアにおいて高反射ミラー５２Ａで反射されたパルスレーザ光を、クリーンルームフロアに導いてもよい。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、中空の光路管５２０を含んでもよい。光路管５２０内に、複数の高反射ミラー５２Ｂ、５２Ｃが配置されてもよい。複数の高反射ミラー５２Ｂ、５２Ｃは、レーザ装置３からのパルスレーザ光をチャンバ２まで導く伝送経路を構成し得る。

[0026] 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上に固定されてもよい。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もよい。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もよい。

[0027] クリーンルームフロアにおいて、レーザ光進行方向制御部３４は、ビーム調節装置６１、ビームモニタ６６、コントローラ５８、高反射ミラー６３、及びウインドウ６２を含んでもよい。ビーム調節装置６１、ビームモニタ６６、高反射ミラー６３、及びウインドウ６２は、チャンバ基準部材１０内に配置されてもよい。

[0028] ビーム調節装置６１には、高反射ミラー５２Ｃの反射光が入射してもよい。ビーム調節装置６１は、パルスレーザ光のビームパラメータを調節するよう構成されてもよい。ビーム調節装置６１は、少なくとも１つのミラー或いは少なくとも１つのレンズを含んでもよい。

[0029] 高反射ミラー６３は、ビーム調節装置６１とウインドウ６２との間において、パルスレーザ光の光路上に配置されてもよい。高反射ミラー６３は、ビーム調節装置６１からのパルスレーザ光を、ウインドウ６２及び平面ミラー６４に向けて反射してもよい。

[0030] ウインドウ６２は、高反射ミラー６３からのパルスレーザ光の一部を反射

し他を透過させてもよい。ビームモニタ６６は、ウインドウ６２で反射された僅かな光量のパルスレーザのビームパラメータを計測するよう構成されてもよい。ビームモニタ６６は、受光面におけるサンプル光のプロファイルに関するパラメータを算出するための検出値を、コントローラ５８へ出力するよう構成されてもよい。パラメータは、例えば、ビーム径及びビーム中心であってもよい。

[0031] コントローラ５８は、ビーム調節装置６１、ビームモニタ６６、及びＥＵＶ光生成制御部５に接続されてもよい。コントローラ５８は、ビームモニタ６６から出力される検出値に基づいて、サンプル光のプロファイルに関するパラメータ値を算出してもよい。

[0032] コントローラ５８は、上記パラメータ値を利用して、予め定めた範囲内のプロファイルを有するサンプル光がビームモニタ６６の受光面に入射するように、ビーム調節装置６１をフィードバック制御してもよい。

＜動作＞

[0033] レーザ装置３は、パルスレーザ光を出力してもよい。パルスレーザ光の光路は、高反射ミラー５２Ａ～５２Ｃを経て、ビーム調節装置６１に至ってもよい。ビーム調節装置６１により調節されたパルスレーザ光は、高反射ミラー６３で反射されてもよい。

[0034] 高反射ミラー６３で反射されたパルスレーザ光は、ウインドウ６２を透過して平面ミラー６４に入射してもよい。ウインドウ６２は、パルスレーザ光の一部をビームモニタ６６で反射してもよい。

[0035] ビームモニタ６６は、パルスレーザ光に関する検出値を出力してもよい。検出値はコントローラ５８に入力され、コントローラ５８は、検出値からパラメータを算出し、パラメータが所望の値となるよう、ビーム調節装置６１を制御してもよい。コントローラ５８は、例えば、ビーム径が所定の大きさとなるように、ビーム調節装置６１によってパルスレーザ光の発散角を制御してもよい。

[0036] 所定の発散角のパルスレーザ光は、平面ミラー６４及びレーザ光集光ミラ

ー６５で反射されて、プラズマ生成領域２５に供給されるターゲット２７に集光されてもよい。ターゲット２７は、パルスレーザ光に照射されることによってプラズマ化し、当該プラズマからＥＵＶ光を含む放射光が放射され得る。

[0037] ＜ビーム調節装置の構成＞

図３は、比較例のビーム調節装置６１の構成を示す。図３における（ａ）に示すように、ビーム調節装置６１は、軸外放物面凸面ミラー６１１、軸外放物面凹面ミラー６１２、平面ミラー６１３、及び１軸移動ステージ６１５を含んでもよい。１軸移動ステージ６１５は、１軸移動ステージ６１５上を１軸方向に移動可能な移動プレート６１６を含んで構成されてもよい。移動プレート６１６は、軸外放物面凹面ミラー６１２の入射光軸方向において移動してもよい。

[0038] 軸外放物面凸面ミラー６１１、平面ミラー６１３及び１軸移動ステージ６１５は、ベースプレート６１８に固定されてもよい。軸外放物面凹面ミラー６１２は、移動プレート６１６に固定されてもよい。

[0039] ＜ビーム調節装置の動作＞

コントローラ５８は、移動プレート６１６を移動することで、軸外放物面凹面ミラー６１２の入射光軸方向における位置を調節し得る。図３における（ｂ）は、（ａ）に示すビーム調節装置の状態から、移動プレート６１６を軸外放物面凸面ミラー６１１に近づけた状態を示す。（ｂ）に示すように、コントローラ５８が軸外放物面凹面ミラー６１２を軸外放物面凸面ミラー６１１に近付けると、ビーム調節装置６１から出射されるパルスレーザ光の発散角は大きくなり得る。しかし、同時にビーム調節装置６１から出射されるパルスレーザ光の光軸方向及びビーム径も変化し得る。

[0040] また、図３における（ｃ）は、（ａ）に示すビーム調節装置の状態から、移動プレート６１６を軸外放物面凸面ミラー６１１から離した状態を示す。（ｃ）に示すように、コントローラ５８が軸外放物面凹面ミラー６１２を軸外放物面凸面ミラー６１１から遠ざけると、ビーム調節装置６１から出射さ

れるパルスレーザ光の発散角は小さくなり得る。しかし、同時にビーム調節装置６１から出射されるパルスレーザ光の光軸方向及びビーム径も変化し得る。

[0041] ＜課題＞

上述のように、比較例のビーム調節装置６１において、パルスレーザ光の発散角の制御に伴って、ビーム調節装置６１から出射されるパルスレーザ光の光軸方向及びビーム径が大きく変化し得る。このため、照射条件の調整が複雑となり得る。

[0042] 光軸方向の変化を補正するために、コントローラ５８は、高反射ミラー６３の向きを制御して、平面ミラー６４への入射光軸を調節してもよい。しかし、比較例のビーム調節装置６１は、ビーム径の変化を補正できない。そのため、ビーム径が大きくなる場合には、ビーム調節装置６１は、ビーム調節装置６１より下流の光学素子のケラレにより光量低下を生じさせ得る。ビーム径が小さくなる場合は、ビーム調節装置６１は、エネルギ密度増加による光学素子へのダメージを生じさせ得る。

[0043] ４．実施形態１

＜構成＞

図４は、実施形態１に係るＥＵＶ光生成システム１１の構成例を示す。以下において、図２に示す比較例との相違点を主に説明する。クリーンルームフロアにおいて、レーザ光進行方向制御部３４は、図２の比較例におけるビーム調節装置６１に代えて、ビーム調節装置６３０を含んでもよい。

[0044] レーザ光進行方向制御部３４は、さらに、高反射ミラー５２Ｃとビーム調節装置６３０との間において、パルスレーザ光の光路上に、高反射ミラー６１０を含んでもよい。高反射ミラー６１０は、高反射ミラー５２Ｃからのパルスレーザ光を、ビーム調節装置６３０に向けて反射してもよい。

[0045] 図５Ａは、本実施形態のビーム調節装置６３０の構成例を示す。ビーム調節装置６３０は、２つの軸外放物面凹面ミラー６３１、６３４と２つの軸外放物面凸面ミラー６３２、６３３とを含んでもよい。パルスレーザ光の光路

上において、軸外放物面凹面ミラー６３１、軸外放物面凸面ミラー６３２、軸外放物面凸面ミラー６３３、及び軸外放物面凹面ミラー６３４は、この順序で配置されてもよい。

[0046] 軸外放物面凹面ミラー６３１及び軸外放物面凸面ミラー６３２は上流側の組を構成し、軸外放物面凸面ミラー６３３及び軸外放物面凹面ミラー６３４は下流側の組を構成してもよい。上流側の組と下流側の組との間において、軸外放物面凹面ミラーと軸外放物面凸面ミラーの配置順序が逆であってもよい。

ここで、上流側とは、パルスレーザ光の光路上であって、パルスレーザ光の光源に近い側であってもよい。実施形態１～３、５～７においては、上流側とは、パルスレーザ光の光路上であって、レーザ装置３に近い側であってもよい。実施形態４においては、上流側とは、パルスレーザ光の光路上であって、発振器（ＭＯ）３０１に近い側であってもよい。また、下流側とは、パルスレーザ光の光路上であって、プラズマ生成領域２５に近い側であってよい。

[0047] 図５Ａの状態において、軸外放物面凹面ミラー６３１の焦点Ｆ１と軸外放物面凸面ミラー６３２の焦点Ｆ２とが一致するように、ビーム調節装置６３０は構成されてもよい。さらに、軸外放物面凸面ミラー６３３の焦点Ｆ３と軸外放物面凹面ミラー６３４の焦点Ｆ４とが一致するように、ビーム調節装置６３０は構成されてもよい。上流側の組、下流側の組で各々焦点が一致するような配置である場合、ビーム調節装置６３０に入射するパルスレーザ光が平行光であれば、ビーム調節装置６３０から出射するパルスレーザ光は平行光であり得る。

[0048] 軸外放物面凹面ミラー６３１、６３４は、同一の関数で表される形状の反射曲面を有してもよい。つまり、軸外放物面凹面ミラー６３１、６３４の反射面の形状を規定する関数は同一であってもよい。軸外放物面凸面ミラー６３２、６３３は、同一の関数で表される形状の反射曲面を有してもよい。つまり、軸外放物面凸面ミラー６３２、６３３の反射面の形状を規定する関数

は同一であってもよい。

[0049] 軸外放物面凹面ミラー６３１と軸外放物面凸面ミラー６３２との間の光軸ＯＡ２と、軸外放物面凸面ミラー６３３と軸外放物面凹面ミラー６３４と間の光軸ＯＡ４が平行となるよう、軸外放物面凹面ミラー６３１、６３４及び軸外放物面凸面ミラー６３２、６３３は配置されてもよい。

[0050] 軸外放物面凹面ミラー６３１に入射するパルスレーザ光の光軸ＯＡ１と、軸外放物面凹面ミラー６３４から出射するパルスレーザ光の光軸ＯＡ５とが一致するよう、軸外放物面凹面ミラー６３１、６３４及び軸外放物面凸面ミラー６３２、６３３は配置されてもよい。

[0051] 軸外放物面凸面ミラー６３２と軸外放物面凸面ミラー６３３間との光軸ＯＡ３、軸外放物面凹面ミラー６３１に入射するパルスレーザ光の光軸ＯＡ１、及び軸外放物面凹面ミラー６３４から出射するパルスレーザ光の光軸ＯＡ５が平行となるよう、軸外放物面凹面ミラー６３１、６３４及び軸外放物面凸面ミラー６３２、６３３は配置されてもよい。

[0052] 軸外放物面凹面ミラー６３１に入射するパルスレーザ光の光軸ＯＡ１と、軸外放物面凹面ミラー６３１と軸外放物面凸面ミラー６３２との間の光軸ＯＡ２との間の角度は、直角であってもよい。つまり、軸外放物面凹面ミラー６３１、６３４及び軸外放物面凸面ミラー６３２、６３３の入射角及び反射角は、４５°であってもよい。ミラーの入射角及び反射角は、入射光軸と出射光軸との間で定義され、入射光軸と出射光軸の間の角度の半分であり得る。

[0053] 軸外放物面凸面ミラー６３２と軸外放物面凹面ミラー６３１との間の距離と軸外放物面凸面ミラー６３３と軸外放物面凹面ミラー６３４との間の距離とは同一であってもよい。これらの距離はＨで表わされている。軸外放物面凸面ミラー６３２と軸外放物面凹面ミラー６３１との間の距離Ｈは、軸外放物面凹面ミラー６３１の反射面が光軸ＯＡ２と交差する点と軸外放物面凸面ミラー６３２の反射面が光軸ＯＡ２と交差する点との間の距離であってもよい。軸外放物面凸面ミラー６３３と軸外放物面凹面ミラー６３４との間の距

離Ｈは、軸外放物面凸面ミラー６３３の反射面が光軸ＯＡ４と交差する点と軸外放物面凹面ミラー６３４の反射面が光軸ＯＡ４と交差する点との間の距離であってもよい。

[0054] ビーム調節装置６３０は、さらに、ベースプレート６３８及び１軸移動ステージ６３５を含んでもよい。１軸移動ステージ６３５は、１軸移動ステージ６３５上を１軸方向において移動可能な移動プレート６３７含んでもよい。１軸移動ステージ６３５は、移動プレート６３７上のミラーを移動する移動装置であり得る。

[0055] １軸移動ステージ６３５は、ベースプレート６３８上に配置され、ベースプレート６３８に対して移動プレート６３７を移動できるよう構成されてもよい。移動プレート６３７の移動方向は、軸外放物面凹面ミラー６３１と軸外放物面凸面ミラー６３２との間の光軸ＯＡ２及び軸外放物面凸面ミラー６３３と軸外放物面凹面ミラー６３４と間の光軸ＯＡ４に対して平行であってもよい。

[0056] 軸外放物面凹面ミラー６３１、６３４はベースプレート６３８に固定されてもよい。軸外放物面凸面ミラー６３２、６３３は、移動プレート６３７に固定されてもよい。１軸移動ステージ６３５は、軸外放物面凸面ミラー６３２と軸外放物面凹面ミラー６３１との間の距離、及び、軸外放物面凸面ミラー６３３と軸外放物面凹面ミラー６３４との間の距離を、同時に増加または同時に減少させる方向に変化させ得る。

[0057] 具体的には、移動プレート６３７の移動に伴い、軸外放物面凸面ミラー６３２と軸外放物面凹面ミラー６３１との間の距離Ｈ、及び、軸外放物面凸面ミラー６３３と軸外放物面凹面ミラー６３４との間の距離Ｈが、同時に増減し得る。

[0058] ＜動作＞

図５Ａ～図５Ｃを参照して、ビーム調節装置６３０の動作を説明する。図５Ｂは、図５Ａに示すビーム調節装置６３０の状態から、移動プレート６３７を軸外放物面凹面ミラー６３１、６３４から離した状態を示す。図５Ｃは

、図５Ａに示すビーム調節装置６３０の状態から、移動プレート６３７を軸外放物面凹面ミラー６３１、６３４に近づけた状態を示す。

[0059] 図５Ａにおいて、軸外放物面凹面ミラー６３１に入射するパルスレーザ光は平行光でよい。軸外放物面凹面ミラー６３１は、パルスレーザ光が焦点Ｆ１にて集光されるように、パルスレーザ光を反射してもよい。

[0060] 上述のように、焦点Ｆ１は、軸外放物面凸面ミラー６３２の焦点Ｆ２と一致してもよい。したがって、軸外放物面凸面ミラー６３２は、軸外放物面凹面ミラー６３１で反射され焦点Ｆ１に集光するように進行するパルスレーザ光を、平行光に変換して反射し得る。軸外放物面凸面ミラー６３２によって平行光に変換されたパルスレーザ光のビーム径Ｄ２は、入射ビーム径Ｄ１の１／Ｍ１２倍に縮小され得る。

[0061] 軸外放物面凹面ミラー６３１の焦点距離をＬＦ１、軸外放物面凸面ミラー６３２の焦点距離ＬＦ２とする。上述のように、焦点Ｆ１と焦点Ｆ２とは一致してもよい。倍率Ｍ１２は、ＬＦ１／ＬＦ２であり得る。また、軸外放物面凹面ミラー６３１と軸外放物面凸面ミラー６３２との間の距離Ｈは、ＬＦ２－ＬＦ１であり得る。

[0062] ビーム径Ｄ２の平行光となったパルスレーザ光は、軸外放物面凸面ミラー６３３によって、焦点Ｆ３から発散するようなパルスレーザ光として反射され得る。上述のように、焦点Ｆ３と焦点Ｆ４とは一致してもよい。したがって、軸外放物面凹面ミラー６３４は、焦点Ｆ３から発散するようなパルスレーザ光を、軸外放物面凹面ミラー６３１に入射したパルスレーザ光と略同一の光軸ＯＡ５を持つ平行光に変換して反射し得る。

[0063] 軸外放物面凸面ミラー６３３で反射され軸外放物面凹面ミラー６３４に入射するパルスレーザ光のビーム径は、倍率Ｍ４３で拡大され得る。軸外放物面凸面ミラー６３３の焦点距離ＬＦ３、軸外放物面凹面ミラー６３４の焦点距離をＬＦ４とする。上述のように、焦点Ｆ３と焦点Ｆ４とは一致してもよい。

[0064] Ｍ４３は、ＬＦ４／ＬＦ３であり得る。ＬＦ１＝ＬＦ４、ＬＦ２＝ＬＦ３

である場合、倍率Ｍ１２と倍率Ｍ４３は同一となり得る。したがって、軸外放物面凹面ミラー６３４からの出射光のビーム径Ｄ３は、軸外放物面凹面ミラー６３１に入射したパルスレーザ光とビーム径Ｄ１と同一であり得る。

[0065] コントローラ５８からの制御により、１軸移動ステージ６３５は、ベースプレート６３８に対して移動プレート６３７を移動してもよい。コントローラ５８は、移動プレート６３７を移動することで、軸外放物面凹面ミラー６３１と軸外放物面凸面ミラー６３２との間の距離Ｈを増減させ得る。距離Ｈは、軸外放物面凹面ミラー６３１の反射面が光軸ＯＡ２と交差する点と軸外放物面凸面ミラー６３２の反射面が光軸ＯＡ２と交差する点との間の距離であってもよい。軸外放物面凹面ミラー６３４と軸外放物面凸面ミラー６３３との間の距離もＨでありえる。距離Ｈを変化させることで、コントローラ５８は、ビーム調節装置６３０からの出射光を、集光又は発散させ得る。

[0066] 例えば、図５Ｂに示すように、コントローラ５８は、図５Ａの状態から距離ＨをｄＬだけ増加させてもよい。軸外放物面凹面ミラー６３４から出射するパルスレーザ光の発散角は減少し得る。軸外放物面凹面ミラー６３１に入射したパルスレーザ光のビーム径Ｄ１に対して、軸外放物面凹面ミラー６３４から出射するパルスレーザ光のビーム径Ｄ３は、わずかに小さくなるものの略等しい径であり得る。さらに、軸外放物面凹面ミラー６３１に入射したパルスレーザ光の光軸ＯＡ１と、軸外放物面凹面ミラー６３４から出射するパルスレーザ光の光軸ＯＡ５とは、一致し得る。

[0067] また、例えば、図５Ｃに示すように、コントローラ５８は、図５Ａの状態から距離ＨをｄＬだけ減少させてもよい。軸外放物面凹面ミラー６３４から出射するパルスレーザ光の発散角は増加し得る。軸外放物面凹面ミラー６３１に入射したパルスレーザ光のビーム径Ｄ１に対して、軸外放物面凹面ミラー６３４から出射するパルスレーザ光のビーム径Ｄ３は、わずかに大きくなるものの略等しい径であり得る。さらに、軸外放物面凹面ミラー６３１に入射したパルスレーザ光の光軸ＯＡ１と、軸外放物面凹面ミラー６３４から出射するパルスレーザ光の光軸ＯＡ５とは、一致し得る。

[0068] 図６は、図５Ａ～図５Ｃに示す構成において、図５Ａの状態からの移動プレート６３７の移動距離ｄＬに対する発散角（半角）を計算した結果を示す。図６が示すように、発散角は距離ｄＬに対してほぼ線形に増減し得る。

[0069] ＜効果＞

本実施形態のビーム調節装置６３０は、入射するパルスレーザ光のビーム径と出射するパルスレーザ光のビーム径変動を抑制しつつ、出射光の発散角を変化させ得る。さらに、本実施形態のビーム調節装置６３０は、入射するパルスレーザ光の光軸と出射するパルスレーザ光の光軸を一致させつつ、出射光の発散角を変化させ得る。

[0070] 本実施形態のビーム調節装置６３０において、発散角は距離Ｈに対してほぼ線形に増減し得るため、コントローラ５８は、ビーム調節装置６３０からの出射光の発散角を容易に調整し得る。本実施形態のビーム調節装置６３０は、軸外放物面凹面ミラーと軸外放物面凸面ミラーの焦点を一致させることで、ビーム形状の変化を抑制し得る。

[0071] 本実施形態のビーム調節装置６３０は、軸外放物面凹面ミラー６３１、６３４の位置を固定し、軸外放物面凸面ミラー６３２、６３３の位置を移動することで、パルスレーザ光のビーム調節装置６３０における入射位置及び出射位置を変化させることなく発散角を変化させ得る。

[0072] 本実施形態において、軸外放物面凹面ミラー６３１、６３４及び軸外放物面凸面ミラー６３２、６３３における反射角は４５°であるので、軸外放物面凸面ミラー６３２、６３３を同一方向に移動して発散角を調節し得る。ただし、軸外放物面凹面ミラー６３１、６３４及び軸外放物面凸面ミラー６３２、６３３における反射角は４５°でなくてもよい。

[0073] 以上のように、本実施形態のビーム調節装置６３０によってターゲット２７へのパルスレーザ光のフォーカス調整が容易となり、ターゲット２７へのパルスレーザ光の適切な照射条件を保ち得る。

[0074] ＜変形例＞

図７は、本実施形態のビーム調節装置６３０の変形例を示す。ビーム調節

装置６３０における軸外放物面凹面ミラー及び軸外放物面凸面ミラーの配置順序は、図５Ａに示す構成と逆であってもよい。

[0075] 具体的には、ビーム調節装置６３０は、軸外放物面凸面ミラー６５１、６５４及び軸外放物面凹面ミラー６５２、６５３を含んでもよい。軸外放物面凸面ミラー６５１、軸外放物面凹面ミラー６５２、軸外放物面凹面ミラー６５３、及び軸外放物面凸面ミラー６５４は、パルスレーザ光の光路上において、この順序で配置されてもよい。他の構成要素及び動作は、図５Ａ～図５Ｃに示す構成と同様でよい。

[0076] ５．実施形態２

＜構成＞

図８は、実施形態２のビーム調節装置６３０の構成例を示す。以下において、実施形態１との相違点を主に説明する。ビーム調節装置６３０において、ミラーの反射角は４５°でなくてもよく、４５°未満であってもよい。ミラーの反射面は軸外放物面と異なる曲面であってもよく、例えば、球面であってもよい。

[0077] 具体的には、図８に示すように、ビーム調節装置６３０は、球面凹面ミラー６６１、６６４及び球面凸面ミラー６６２、６６３を含んでもよい。パルスレーザ光の光路上において、球面凹面ミラー６６１、球面凸面ミラー６６２、球面凸面ミラー６６３、及び球面凹面ミラー６６４は、この順序で配置されてもよい。球面凹面ミラー６６１、６６４は、同一の関数で表される形状の反射曲面を有してもよい。球面凸面ミラー６６２、６６３は、同一の関数で表される形状の反射曲面を有してもよい。

[0078] 球面凹面ミラー６６１に入射するパルスレーザ光の光軸ＯＡ１と、球面凹面ミラー６６４から出射するパルスレーザ光の光軸ＯＡ５とが一致するよう、球面凹面ミラー６６１、球面凸面ミラー６６２、球面凸面ミラー６６３、及び球面凹面ミラー６６４は配置されてもよい。

[0079] 球面凹面ミラー６６１と球面凸面ミラー６６２との間の光軸ＯＡ２と、球面凸面ミラー６６３と球面凹面ミラー６６４と間の光軸ＯＡ４が、光軸ＯＡ

１に垂直な軸について線対称となるよう、球面凹面ミラー６６１、球面凸面ミラー６６２、球面凸面ミラー６６３、及び球面凹面ミラー６６４は配置されてもよい。球面凸面ミラー６６２と軸外放物面凸面ミラー６３３間との光軸ＯＡ３、光軸ＯＡ１、及び光軸ＯＡ５が平行となるよう、球面凹面ミラー６６１、球面凸面ミラー６６２、球面凸面ミラー６６３、及び球面凹面ミラー６６４は配置されてもよい。

[0080] 光軸ＯＡ１と光軸ＯＡ２との間の角度及び光軸ＯＡ２と光軸ＯＡ３との間の角度は、それぞれ、９０°未満であってもよく、さらに４０°未満であってもよい。つまり、球面凹面ミラー６６１及び球面凸面ミラー６６２の反射角は、４５°未満であってもよく、さらに２０°未満であってもよい。

[0081] 光軸ＯＡ３と光軸ＯＡ４との間の角度及び光軸ＯＡ４と光軸ＯＡ５との間の角度は、それぞれ、９０°未満であってもよく、さらに４０°未満であってもよい。つまり、球面凸面ミラー６６３及び球面凹面ミラー６６４の反射角は、４５°未満であってもよく、さらに２０°未満であってもよい。

[0082] ビーム調節装置６３０は、さらに、ベースプレート６６９及び２つの１軸移動ステージ６６５、６６７を含んでもよい。１軸移動ステージ６６５、６６７は、それぞれ、移動プレート６６６、６６８を含んでもよい。１軸移動ステージ６６５、６６７は、移動プレート６６６、６６８上のミラーを移動する移動装置であり得る。

[0083] １軸移動ステージ６６５、６６７は、ベースプレート６６９上に配置されてもよい。１軸移動ステージ６６５、６６７は、それぞれ、ベースプレート６６９に対して移動プレート６６６、６６８を移動できるよう構成されてもよい。移動プレート６６６の移動方向は、球面凹面ミラー６６１と球面凸面ミラー６６２との間の光軸ＯＡ２に対して平行であってもよい。移動プレート６６８の移動方向は、球面凸面ミラー６６３と球面凹面ミラー６６４と間の光軸ＯＡ４に対して平行であってもよい。

[0084] 球面凹面ミラー６６１、６６４は、ベースプレート６６９に固定されてもよい。球面凸面ミラー６６２は、移動プレート６６６に固定されてもよい。

移動プレート６６６の移動に伴い、球面凸面ミラー６６２と球面凹面ミラー６６１との間の距離が増減し得る。球面凸面ミラー６６３は、移動プレート６６８に固定されてもよい。移動プレート６６８の移動に伴い、球面凸面ミラー６６３と球面凹面ミラー６６４との間の距離が増減し得る。

[0085] ＜動作＞

コントローラ５８は、移動プレート６６６、６６８を移動して、ビーム調節装置６３０から出射されるパルスレーザ光の発散角を調整してもよい。コントローラ５８は、球面凹面ミラー６６１及び球面凸面ミラー６６２の間の距離と、球面凸面ミラー６６３及び球面凹面ミラー６６４の間の距離とを、同時に増加または同時に減少させる方向に変化させてもよい。

[0086] 図８の例において、コントローラ５８は、球面凹面ミラー６６１及び球面凸面ミラー６６２の間の距離と、球面凸面ミラー６６３及び球面凹面ミラー６６４の間の距離とが同一であるように、移動プレート６６６、６６８を移動してもよい。

[0087] 球面凹面ミラー６６１及び球面凸面ミラー６６２の間の距離と球面凸面ミラー６６３及び球面凹面ミラー６６４の間の距離との増減による発散角の変化は、実施形態１と同様であり得る。本実施形態は、ビーム調節装置６３０による発散角の調整に伴うビーム径及び光軸の変動を小さくし得る。また、ミラーの反射角を小さくすることで、球面ミラーの反射によるビーム形状の変化を小さくし得る。

[0088] ６．実施形態３

＜構成＞

図９は、実施形態３のビーム調節装置６３０の構成例を示す。以下において、実施形態１との相違点を主に説明する。ビーム調節装置６３０は、軸外放物面凸面ミラー６８１、６８４、球面凹面ミラー６８２、６８３、及び平面ミラー６８５を含んでもよい。パルスレーザ光の光路上において、軸外放物面凸面ミラー６８１、球面凹面ミラー６８２、平面ミラー６８５、球面凹面ミラー６８３、及び軸外放物面凸面ミラー６８４の順で配置されてもよい

。

[0089] 本実施形態の構成において、実施形態１における変形例と比較して、軸外放物面凹面ミラー６５２、６５３に代えて、球面凹面ミラー６８２、６８３が配置されてもよい。さらに、パルスレーザ光の光路上において、球面凹面ミラー６８２、６８３の間に平面ミラー６８５が配置されてもよい。

[0090] ＜動作＞

球面凹面ミラー６８２は、入射したパルスレーザ光を、４５°未満の反射角で反射してもよい。反射角は、２０°未満であってもよい。球面凹面ミラー６８２で反射されたパルスレーザ光は、平面ミラー６８５に入射してもよい。平面ミラー６８５で反射された光は球面凹面ミラー６８３に入射してもよい。球面凹面ミラー６８３は、入射したパルスレーザ光を、４５°未満の反射角で反射してもよい。反射角は、２０°未満であってもよい。移動プレート６３７の移動による発散角の変化は、実施形態１と同様であり得る。

[0091] 平面ミラー６８５により、球面凹面ミラー６８２、６８３の反射角を、４５°未満の小さい角度にし得る。このため、球面凹面ミラー６８２、６８３の反射によるビーム形状の変化を小さくし得る。

[0092] ７．実施形態４

＜構成＞

図１０は、実施形態４のＥＵＶ光生成システム１１の構成例を示す。ＥＵＶ光生成システム１１は、レーザ装置３内にビーム調節装置を含んでもよい。さらに、ＥＵＶ光生成システム１１は、レーザ装置３より下流のビーム調節装置を含み、これらビーム調節装置の構成が異なっていてもよい。

[0093] 以下において、実施形態１との相違点を主に説明する。レーザ装置３は、発振器（ＭＯ）３０１、増幅器（ＰＡ）３０２～３０４、ビーム調節装置３５０、ビームサンプラ３６１、及びビームモニタ３６２を含んでもよい。

[0094] 発振器３０１は、１つまたは複数のレーザ光源から構成されてもよい。発振器３０１は、増幅器３０２～３０４が増幅可能な波長のパルスレーザ光を出力するよう構成されてもよい。レーザ光源は、量子カスケードレーザでも

よい。複数のレーザ光源を配置する場合、図示しないビームコンバイナ等によって各レーザ光源からのパルスレーザ光の光路を一致させてもよい。

[0095] 増幅器３０２～３０４は、この順序で、レーザ装置３内の光路上に配置されてもよい。増幅器３０２～３０４は、それぞれ、入射したパルスレーザ光を所定のゲインで増幅してもよい。

[0096] ビームサンプラ３６１は、レーザ装置３内の光路上に配置されてもよい。ビームサンプラ３６１は、パルスレーザ光の一部をサンプル光としてパルスレーザ光と異なる方向に出力してもよい。サンプル光は、ビームサンプラ３６１によって反射されたパルスレーザ光の一部でもよく、ビームサンプラ３６１を透過したパルスレーザ光の一部でもよい。

[0097] ビームモニタ３６２は、ビームサンプラ３６１から出力されるサンプル光を受光する位置に配置されてもよい。ビームモニタ３６２は、サンプル光のプロファイルをモニタしてもよい。ビームモニタ３６２は、コントローラ５８に接続されてもよい。

[0098] ビーム調節装置３５０は、レーザ装置３内の光路において、ビームサンプラ３６１よりも上流に配置されてもよい。例えば、ビーム調節装置３５０は増幅器３０２と増幅器３０３との間に配置され、ビームサンプラ３６１は増幅器３０３と増幅器３０４との間に配置されてもよい。ビーム調節装置３５０はコントローラ５８に接続されてもよい。

[0099] ビーム調節装置３５０は、実施形態１において図５Ａに示す構成と同様の構成を有してもよい。具体的には、ビーム調節装置３５０は、軸外放物面凹面ミラー６３１、軸外放物面凸面ミラー６３２、軸外放物面凸面ミラー６３３、及び軸外放物面凹面ミラー６３４の順序で配置されたミラーを含んでもよい。

[0100] ビーム調節装置６３０は、実施形態１の図７に示す変形例と同様の構成を有してもよい。具体的には、ビーム調節装置６３０は、軸外放物面凸面ミラー６５１、軸外放物面凹面ミラー６５２、軸外放物面凹面ミラー６５３、及び軸外放物面凸面ミラー６５４の順序で配置されたミラーを含んでもよい。

[0101] ＜動作＞

発振器３０１から出力されたパルスレーザ光は、増幅器３０２～３０４で順次増幅されレーザ装置３から出力され得る。ビームサンプラ３６１は、増幅器３０３から出力されたパルスレーザ光の一部をサンプル光としてビームモニタ３６２で反射してもよい。

[0102] ビームモニタ３６２は、サンプル光のプロファイルを検出しプロファイルに関する検出値をコントローラ５８に送信してもよい。コントローラ５８は、送信された検出値からパルスレーザ光のパラメータを算出してもよい。算出されるパラメータは、例えば、ビーム径やビーム中心位置であってもよい。

[0103] コントローラ５８は、算出したパラメータが所定の値となるよう、ビーム調節装置３５０を制御してもよい。例えば、コントローラ５８は、ビーム調節装置３５０によって、パルスレーザ光の発散角を制御してビーム径が所定の大きさとなるようにしてもよい。

[0104] ビーム調節装置３５０によって所定の発散角となったパルスレーザ光は、増幅器３０４によってさらに増幅され、高反射ミラー５２Ａ～５２Ｃ及び６１０を経由して、ビーム調節装置６３０に入射してもよい。他の動作は実施形態１と同様でよい。

[0105] ＜効果＞

本実施形態は、レーザ装置３内でビーム調節装置３５０によりパルスレーザ光の発散角を調節することで、次に入射する増幅器３０３おけるパルスレーザ光のビーム径やビーム中心位置を調節し得る。これにより、次に入射する増幅器３０３において、パルスレーザ光が内部構造物に遮蔽されることを抑制し、また、パルスレーザ光が内部光学素子で集光して、当該内部光学素子が損傷することを抑制し得る。

[0106] 図５Ａに示すビーム調節装置の内部において、パルスレーザ光は一旦集光され得る。一方、図７に示すビーム調節装置の内部において、パルスレーザ光は一旦発散させ得る。したがって、図７に示す構成と比較して、図５Ａに

示す構成は、ミラーサイズを小さくし得る。一方、図５Ａの構成と比較して、図７に示す構成はミラーに照射されるエネルギ密度を小さくし得る。

[0107] 本実施形態は、レーザ装置３内のビーム調節装置３５０に、図５Ａの構成を適用することで、レーザ装置３内のビーム調節装置３５０のサイズを小さくし得る。また、レーザ装置３から出力されるパルスレーザ光と比較して、発振器３０１と増幅器３０２との間及び増幅器間のパルスレーザ光のエネルギは小さくあり得る。したがって、ビーム調節装置３５０のミラーの損傷を避け得る。

[0108] 一方、レーザ装置３より下流においてチャンバ２入り口付近に配置されるビーム調節装置６３０に、図７の構成を適用することで、ビーム調節装置６３０内のミラーに入射するパルスレーザ光のエネルギ密度を低減し、ミラーの損傷を抑制し得る。

[0109] なお、ビーム調節装置３５０及びビームサンプラ３６１の配置位置は、図１０に示した位置と異なっていてもよい。例えば、ビーム調節装置３５０を発振器３０１の次に配置し、増幅器３０４の次にビームサンプラ３６１を配置してもよい。この構成により、増幅器３０２～３０４を経て反射ミラー５２Ａに入射するレーザ光のスポット位置を調整してもよい。

[0110] ８．実施形態５

＜構成＞

図１１は、実施形態５のビーム調節装置６３０の構成例を示す。以下において、実施形態１との相違点を主に説明する。ビーム調節装置６３０は、実施形態１の軸外放物面凹面ミラー６３１、軸外放物面凸面ミラー６３２、軸外放物面凸面ミラー６３３、及び軸外放物面凹面ミラー６３４に代えて、軸外放物面凹面ミラー６９１、軸外放物面凸面ミラー６９２、軸外放物面凸面ミラー６９３、及び軸外放物面凹面ミラー６９４を含んでもよい。

[0111] 軸外放物面凹面ミラー６９１に入射するパルスレーザ光の光軸ＯＡ１と、軸外放物面凹面ミラー６９４から出射するパルスレーザ光の光軸ＯＡ５とが平行であるよう、軸外放物面凹面ミラー６９１、６９４及び軸外放物面凸面

ミラー６９２、６９３は、配置されてもよい。

[0112] 図１１の状態において、軸外放物面凹面ミラー６９１の焦点Ｆ１と、軸外放物面凸面ミラー６９２の焦点Ｆ２とは一致するよう、軸外放物面凹面ミラー６９１及び軸外放物面凸面ミラー６９２は配置されてもよい。さらに、軸外放物面凹面ミラー６９４の焦点Ｆ４と、軸外放物面凸面ミラー６９３の焦点Ｆ３とが一致するよう、軸外放物面凹面ミラー６９４及び軸外放物面凸面ミラー６９３は配置されてもよい。

[0113] 実施形態１で説明したように、軸外放物面凹面ミラー６９１と軸外放物面凸面ミラー６９２による倍率Ｍ１２は、ＬＦ１／ＬＦ２で表わされ得る。軸外放物面凹面ミラー６９４と軸外放物面凸面ミラー６９３による倍率Ｍ４３は、ＬＦ４／ＬＦ３で表わされ得る。ＬＦ１、ＬＦ４は、それぞれ、軸外放物面凹面ミラー６９１、６９４の焦点距離である。ＬＦ２、ＬＦ３は、それぞれ、軸外放物面凸面ミラー６９２、６９３の焦点距離である。

[0114] 本実施形態において、Ｍ１２＝Ｍ４３かつ、ＬＦ１≠ＬＦ４、ＬＦ２≠ＬＦ３であるように、軸外放物面凹面ミラー６９１、６９４及び軸外放物面凸面ミラー６９２、６９３が構成されてもよい。

[0115] 軸外放物面凹面ミラー６９１、６９４は異なる関数形状の反射面を有し、軸外放物面凹面ミラー６９４の焦点距離ＬＦ４は、軸外放物面凹面ミラー６９１の焦点距離ＬＦ１より長くてもよい。軸外放物面凸面ミラー６９２、６９３は異なる関数形状の反射面を有し、軸外放物面凸面ミラー６９３の焦点距離ＬＦ３は、軸外放物面凸面ミラー６９２の焦点距離ＬＦ２より長くてもよい。軸外放物面凹面ミラー６９４と軸外放物面凸面ミラー６９３との間の距離Ｈ２は、軸外放物面凹面ミラー６９１と軸外放物面凸面ミラー６９２との間の距離Ｈ１より長くてもよい。

[0116] ビーム調節装置６３０は、さらに、平面ミラー６９５、６９６を含み、軸外放物面凹面ミラー６９１に入射するパルスレーザ光の光軸ＯＡ１と、軸外放物面凹面ミラー６９４から出射するパルスレーザ光の光軸ＯＡ５とを一致させてもよい。

[0117] 具体的には、軸外放物面凹面ミラー６９４に対向して、平面ミラー６９５が配置されてもよい。軸外放物面凹面ミラー６９４の反射光が、平面ミラー６９５に入射してもよい。さらに、平面ミラー６９５に対向して、平面ミラー６９６が配置されてもよい。平面ミラー６９５の反射光が平面ミラー６９６に入射してもよい。平面ミラー６９６で反射されたパルスレーザ光の光軸は、光軸ＯＡ１と一致してもよい。

[0118] 軸外放物面凹面ミラー６９１に入射するパルスレーザ光の光軸ＯＡ１と、軸外放物面凹面ミラー６９４から出射するパルスレーザ光の光軸ＯＡ５とを一致させる必要がない場合、平面ミラー６９５、６９６は配置されなくともよい。ＬＦ１とＬＦ４との関係及びＬＦ２とＬＦ３との関係はそれぞれ逆でもよい。

[0119] ＜動作＞

本実施形態のビーム調節装置は、実施形態１のビーム調節装置と同様に動作し得る。本実施形態のビーム調節装置は、実施形態１のビーム調節装置と同様に、入射するパルスレーザ光のビーム径と出射するパルスレーザ光のビーム径を略同一に維持しつつ、出射光の発散角を変化させ得る。本実施形態のビーム調節装置は、２枚の平面ミラーを使用することで、入射するパルスレーザ光の光軸と出射するパルスレーザ光の光軸を一致させつつ、出射光の発散角を変化させ得る。

[0120] ９．実施形態６

上述のように、１軸移動ステージ６３５は、ベースプレート６３８に対して移動プレート６３７を移動できるよう構成されてもよい。すなわち、移動プレート６３７が移動する際、ビーム調節装置６３０では、移動プレート６３７に固定された軸外放物面凸面ミラー６３２、６３３がベースプレート６３８に対して移動し得る。一方、軸外放物面凹面ミラー６３１、６３４及び軸外放物面凸面ミラー６３２、６３３のそれぞれは、パルスレーザ光の照射に伴って発熱し得る。このため、ビーム調節装置６３０では、これらの軸外放物面ミラーのそれぞれの内部に冷却水等の冷媒が流れる流路等を形成した

上で、これらの軸外放物面ミラーのそれぞれに対して、冷媒が流れる冷却管を取り付けることが考えられる。しかしながら、これらの軸外放物面ミラーに対して冷却管が単純に取り付けられると、移動プレート６３７が移動する際、軸外放物面凸面ミラー６３２、６３３に取り付けられた冷却管には、冷却管を引張り又は圧縮する力が加えられ得る。この際、これらの軸外放物面ミラーには冷却管からの反力が加えられて、これらの軸外放物面ミラーの位置及び姿勢がずれることがあり得る。それにより、ビーム調節装置６３０では、出射されるパルスレーザ光の発散角、光軸方向及びビーム径が所望の値にならず、パルスレーザ光を適切に伝搬できないことがあり得る。

[0121] 以下の説明では、ビーム調節装置６３０に含まれる軸外放物面凹面ミラー６３１、６３４及び軸外放物面凸面ミラー６３２、６３３を総称して、軸外放物面ミラー６３１～６３４ともいう。

[0122] ＜構成＞

図１２は、実施形態６のビーム調節装置６３０の構成例における斜視図を示す。図１３は、実施形態６のビーム調節装置６３０の構成例における平面図を示す。以下において、実施形態１との相違点を主に説明する。ビーム調節装置６３０は、さらに、冷却管６４０を含んでもよい。冷却管６４０は、軸外放物面ミラー６３１～６３４のそれぞれの背面に設けられた流入口及び流出口に連結されてもよい。軸外放物面ミラー６３１～６３４のそれぞれに設けられた流入口は、冷却管６４０内を流れる冷媒を軸外放物面ミラー６３１～６３４内に流入させるための入口であってもよい。軸外放物面ミラー６３１～６３４のそれぞれに設けられた流出口は、軸外放物面ミラー６３１～６３４内を流れる冷媒を冷却管６４０内に流出させるための出口であってもよい。

[0123] 冷却管６４０は、供給口６４０ａ、排出口６４０ｂ、スパイラル管部６４０ｃ及び直管部６４０ｄを含んでもよい。供給口６４０ａは、チラー等の外部の冷却装置から冷却管６４０内に冷媒を供給するための入口であってもよい。排出口６４０ｂは、冷却管６４０内の冷媒を、チラー等の外部の冷却装

置に排出する出口であってもよい。スパイラル管部６４０ｃは、冷却管６４０の一部であって略スパイラル形状に形成された部分であってもよい。直管部６４０ｄは、冷却管６４０の一部であって略直線形状に形成された部分であってもよい。

[0124] 供給口６４０ａを含む冷却管６４０は、パルスレーザ光が入射する軸外放物面凹面ミラー６３１の流入口と、外部の冷却装置とを連結してもよい。スパイラル管部６４０ｃを含む冷却管６４０は、軸外放物面凹面ミラー６３１の流出口と、軸外放物面凸面ミラー６３２の流入口とを連結してもよい。直管部６４０ｄを含む冷却管６４０は、軸外放物面凸面ミラー６３２の流出口と、軸外放物面凸面ミラー６３３の流入口とを連結してもよい。スパイラル管部６４０ｃを含む冷却管６４０は、軸外放物面凸面ミラー６３３の流出口と軸外放物面凹面ミラー６３４の流入口とを連結してもよい。排出口６４０ｂを含む冷却管６４０は、軸外放物面凹面ミラー６３４の流出口と、外部の冷却装置とを連結してもよい。

[0125] 図１４は、図１３に示された矢印Ａからビーム調節装置６３０を視た図を示す。冷却管６４０のスパイラル管部６４０ｃは、引張ばねを構成してもよい。スパイラル管部６４０ｃは、密着巻き、すなわち、隣り合う管同士が密着する構造に形成されてもよい。スパイラル管部６４０ｃは、引張荷重が加えられた状態で移動プレート６３７及びベースプレート６３８に固定され、移動プレート６３７の移動方向に沿って配置されてもよい。スパイラル管部６４０ｃの一端部にあるスパイラル開始点６４０ｅは、移動プレート６３７に固定された第１可動片６３７ａに対して固定されてもよい。スパイラル管部６４０ｃの他端部にあるスパイラル開始点６４０ｆは、ベースプレート６３８に固定された後述のブラケット６３９に対して固定されてもよい。

[0126] 図１５は、図１３に示されたＢ－Ｂ線における１軸移動ステージ６３５の一部断面図を示す。１軸移動ステージ６３５の台座６３６は、アクチュエータ６３６ａ及びばね６３６ｂを含んでもよい。アクチュエータ６３６ａは、移動プレート６３７に固定された第２可動片６３７ｂに接続され、移動プレ

ート６３７の移動方向に沿って配置されてもよい。アクチュエータ６３６ａは、移動プレート６３７の移動方向に沿って伸縮し、第２可動片６３７ｂを介して移動プレート６３７を移動させてもよい。ばね６３６ｂは、第２可動片６３７ｂのアクチュエータ６３６ａとは反対側に接続され、アクチュエータ６３６ａ及びスパイラル管部６４０ｃの伸縮方向に沿って配置されてもよい。ばね６３６ｂは、圧縮ばねであり、その弾性力によって第２可動片６３７ｂをアクチュエータ６３６ａに押し付けてもよい。

[0127] 図１６は、軸外放物面ミラー６３１～６３４のベースプレート６３８への取り付け構造例を示す。軸外放物面ミラー６３１～６３４のベースプレート６３８への取り付け構造は、互いに略同一であってもよい。図１６では、軸外放物面凹面ミラー６３４のベースプレート６３８への取り付け構造例を代表して説明する。軸外放物面凹面ミラー６３４は、ブラケット６３９を用いてベースプレート６３８に取り付けられてもよい。ブラケット６３９は、軸外放物面凹面ミラー６３４の背面をベースプレート６３８に固定してもよい。ブラケット６３９は、軸外放物面凹面ミラー６３４の背面に設けられた流入口６３４ｂ及び流出口６３４ｃを覆うように形成されてもよい。ブラケット６３９は、軸外放物面凹面ミラー６３４の背面との接続部分に、アジャスタ６３９ａを備えてもよい。アジャスタ６３９ａは、軸外放物面凹面ミラー６３４の位置及び姿勢を、Ｘ、Ｙ及びＺの３つの並進方向並びにＲｘ、Ｒｙ及びＲｚの３つの回転方向の６自由度にて調整可能な機構であってもよい。

[0128] ＜動作及び効果＞

本実施形態のビーム調節装置６３０は、移動プレート６３７が移動する際、冷却管６４０が移動プレート６３７の移動方向に沿って伸縮し得る。このため、本実施形態のビーム調節装置６３０は、移動プレート６３７が移動する際に軸外放物面ミラー６３１～６３４の位置及び姿勢がずれることを抑制しつつ、軸外放物面ミラー６３１～６３４を冷却し得る。

[0129] さらに、本実施形態のビーム調節装置６３０は、移動プレート６３７に固定された第１可動片６３７ａ及びベースプレート６３８に固定されたブラケ

ット６３９には、スパイラル管部６４０ｃのスパイラル開始点６４０ｅ及び６４０ｆがそれぞれ固定されてもよい。このため、本実施形態のビーム調節装置６３０は、スパイラル管部６４０ｃが伸縮する際にスパイラル管部６４０ｃの弾性力が変動しても、その反力の変動が軸外放物面ミラー６３１～６３４に伝わることを抑制し得る。

[0130] しかも、本実施形態のビーム調節装置６３０は、ばね６３６ｂがその弾性力によって第２可動片６３７ｂをアクチュエータ６３６ａに押し付け得る。このため、本実施形態のビーム調節装置６３０は、第２可動片６３７ｂの姿勢及び移動方向がアクチュエータ６３６ａの伸縮時でも適切に保たれ得る。特に、本実施形態のビーム調節装置６３０は、スパイラル管部６４０ｃの弾性力の反力によって第２可動片６３７ｂがアクチュエータ６３６ａから離れてしまうことを抑制し得る。

[0131] そのうえ、本実施形態のビーム調節装置６３０は、ブラケット６３９がアジャスタ６３９ａを備えるため、軸外放物面ミラー６３１～６３４のそれぞれにおける光学的な相対位置を高精度で調整し得る。

[0132] したがって、本実施形態のビーム調節装置６３０は、軸外放物面ミラー６３１～６３４を冷却しつつ、出射されるパルスレーザ光の発散角、光軸方向及びビーム径を高精度で調整し得る。本実施形態のビーム調節装置６３０は、パルスレーザ光をより適切に伝搬し得る。

[0133] ＜変形例＞

図１７は、実施形態６のビーム調節装置６３０の変形例を示す。図１８は、図１７に示された矢印Ｃからビーム調節装置６３０を視た図を示す。ビーム調節装置６３０は、隔壁６４１ａを含んでもよい。隔壁６４１ａは、パルスレーザ光の光路付近に位置するビーム調節装置６３０の構成要素を、パルスレーザ光から遮蔽してもよい。隔壁６４１ａは、冷却管６４０のスパイラル管部６４０ｃと１軸移動ステージ６３５の台座６３６の一部及び移動プレート６３７の一部とを、パルスレーザ光から遮蔽してもよい。それにより、ビーム調節装置６３０は、スパイラル管部６４０ｃなどの樹脂材料を用いて

形成された構成要素がパルスレーザ光の散乱光に曝露されることを抑制し得る。他の構成要素は、図１２～図１６に示す構成と同様でよい。

[0134] １０．実施形態７

ビーム調節装置６３０では、パルスレーザ光の発散角及び光路を調整する際、軸外放物面凸面ミラー６３３等の凸面ミラーによって反射されたパルスレーザ光が、拡散して外部へ漏洩することがあり得る。例えば、軸外放物面凸面ミラー６３３によって反射されたパルスレーザ光は、拡散して、軸外放物面凸面ミラー６３３より下流に配置された軸外放物面凹面ミラー６３４の反射面６３４ａより大きなビーム径となることがあり得る。反射面６３４ａより大きなビーム径となったパルスレーザ光は、反射面６３４ａで有効に反射されず、ビーム調節装置６３０の構成要素に入射して散乱し、散乱光として外部へ漏洩することがあり得る。このため、ビーム調節装置６３０は、図１９に示されるように、散乱光の外部への漏洩を抑制することを目的として、ベースプレート６３８に対してフレーム６４２を設けてもよい。フレーム６４２が設けられる目的には、ベースプレート６３８の剛性を向上させることもあり得る。しかしながら、例えば反射面６３４ａで反射されなかったパルスレーザ光がフレーム６４２をはじめとするビーム調節装置６３０の構成要素に入射すると、ビーム調節装置６３０の構成要素は、加熱されて熱変形することがあり得る。それにより、ビーム調節装置６３０では、軸外放物面ミラー６３１～６３４の位置及び姿勢がずれることがあり得る。その結果、ビーム調節装置６３０では、出射されるパルスレーザ光の発散角、光軸方向及びビーム径が所望の値にならず、パルスレーザ光を適切に伝搬できないことがあり得る。

[0135] 上述のようにパルスレーザ光が拡散する現象は、ビーム調節装置６３０に入射するパルスレーザ光及びビーム調節装置６３０から出射するパルスレーザ光においても発生し得る。例えば、高反射ミラー６１０からビーム調節装置６３０までで距離が比較的長い場合、上述のようにパルスレーザ光が拡散する現象は、ビーム調節装置６３０に入射するパルスレーザ光においても発

生し得る。ビーム調節装置６３０から高反射ミラー６３までの距離が比較的長い場合、上述のようにパルスレーザ光が拡散する現象は、ビーム調節装置６３０から出射するパルスレーザ光においても発生し得る。

[0136] ＜構成＞

図１９は、実施形態７のビーム調節装置６３０を示す。図１９以降の図面では、ブラケット６３９及び冷却管６４０の図示が省略されている。以下において、実施形態６との相違点を主に説明する。ビーム調節装置６３０は、上述のような目的からフレーム６４２を含むと共に、さらに、液冷アパーチャ６４３～６４５を含んでもよい。液冷アパーチャ６４３～６４５のそれぞれは、パルスレーザ光を所望のビーム径で通過させつつ、所望のビーム径を超えて大きく拡散したパルスレーザ光の余剰部分を遮断するようなアパーチャであってもよい。液冷アパーチャ６４３～６４５のそれぞれは、液体によって冷却されてもよい。

[0137] 液冷アパーチャ６４３～６４５は、パルスレーザ光の光路上であって、上述のようなパルスレーザ光が拡散する現象が発生し易い光路上に配置されてもよい。具体的には、液冷アパーチャ６４３～６４５は、ビーム調節装置６３０に入射するパルスレーザ光、軸外放物面凸面ミラー６３３によって反射されたパルスレーザ光、及び、ビーム調節装置６３０を出射するパルスレーザ光の光路上にそれぞれ配置されてもよい。言い換えると、液冷アパーチャ６４３～６４５は、ビーム調節装置６３０のパルスレーザ光の入射口、軸外放物面凸面ミラー６３３と軸外放物面凹面ミラー６３４との間、及び、ビーム調節装置６３０のパルスレーザ光の出射口にそれぞれ配置されてもよい。軸外放物面凸面ミラー６３３と軸外放物面凹面ミラー６３４との間では、軸外放物面凸面ミラー６３３によって反射されたパルスレーザ光が拡散しながら進行し易いため、これらの間に液冷アパーチャ６４４が配置されることは好ましい。

[0138] ビーム調節装置６３０は、液冷アパーチャ６４３～６４５のうちの少なくとも１つを含んでもよい。この場合、液冷アパーチャ６４３～６４５のうち

でビーム調節装置６３０に含めるべき優先度は、最も上流に配置される液冷アパーチャ６４３から、液冷アパーチャ６４４、最も下流に配置される液冷アパーチャ６４５の順番で高くてもよい。ビーム調節装置６３０では、より上流に配置される液冷アパーチャを含む方が、所望のビーム径を超えて大きく拡散したパルスレーザ光の余剰部分を発生させ難いからであり得る。また、ビーム調節装置６３０は、軸外放物面凹面ミラー６３１と軸外放物面凸面ミラー６３２との間に配置される液冷アパーチャを含んでもよいし、軸外放物面凸面ミラー６３２と軸外放物面凸面ミラー６３３との間に配置される液冷アパーチャを含んでもよい。

[0139] 図２０は、図１９に示された液冷アパーチャ６４３～６４５の外形を概略的に示す。図２１は、図１９に示された液冷アパーチャ６４３～６４５の詳細な構成例を示す。液冷アパーチャ６４３～６４５は、互いに略同一であってもよい。図２０及び図２１では、液冷アパーチャ６４４の外形及び構成を代表して説明する。液冷アパーチャ６４４の外形は、図１９に示されるように、略円筒形状に形成されてもよい。液冷アパーチャ６４４には、貫通孔６４４ａが形成されてもよい。貫通孔６４４ａは、入射口６４４ｂと、出射口６４４ｃと、テーパ面６４４ｄとを含んでもよい。入射口６４４ｂは、貫通孔６４４ａの一方の開口であって、液冷アパーチャ６４４にパルスレーザ光を入射させる入口であってもよい。出射口６４４ｃは、貫通孔６４４ａの他方の開口であって、液冷アパーチャ６４４からパルスレーザ光を出射させる出口であってもよい。入射口６４４ｂ及び出射口６４４ｃは、パルスレーザ光のビーム断面形状に応じた形状に形成されてもよい。例えば、パルスレーザ光のビーム断面形状が略円形である場合、入射口６４４ｂ及び出射口６４４ｃは、略円形に形成されてもよい。入射口６４４ｂの直径は、出射口６４４ｃの直径Ｄよりも大きくてもよい。出射口６４４ｃの直径Ｄは、液冷アパーチャ６４４の下流にある軸外放物面凹面ミラー６３４の反射面６３４ａの直径よりも小さくてもよい。出射口６４４ｃの直径Ｄは、反射面６３４ａの有効反射エリアであるクリアアパーチャの直径Ｄｃａよりも小さくてもよい

。出射口６４４ｃの直径Ｄは、出射したパルスレーザ光の反射面６３４ａでのビーム径が、直径Ｄｃａ以下となるように形成されてもよい。それにより、液冷アパーチャ６４４は、所望のビーム径を超えて、液冷アパーチャ６４４の下流にある軸外放物面凹面ミラー６３４のクリアアパーチャよりも大きく拡散したパルスレーザ光の余剰部分を遮断してもよい。

[0140] テーパ面６４４ｄは、所望のビーム径を超えて大きく拡散したパルスレーザ光の余剰部分を受ける面であってもよい。テーパ面６４４ｄは、テーパ面６４４ｄに入射するパルスレーザ光のパワー密度を低減させるよう、パルスレーザ光の光軸に対して傾斜するように形成されてもよい。テーパ面６４４ｄは、貫通孔６４４ａの内周面であって、入射口６４４ｂから出射口６４４ｃに向かうに従い、その内径が小さくなるように形成されてもよい。テーパ面６４４ｄは、パルスレーザ光の光軸方向に略直交する面に対する傾斜角度θが、４５°以上９０°以下となるように形成されてもよい。好ましくは、テーパ面６４４ｄは、傾斜角度θが略６０°となるように形成されてもよい。

[0141] また、液冷アパーチャ６４４の表面のうちの少なくともテーパ面６４４ｄには、パルスレーザ光を吸収し易くする表面処理が施されてもよい。パルスレーザ光を吸収し易くする表面処理は、例えば、黒色のアルマイト処理であってもよい。黒色のアルマイト処理が施される場合、液冷アパーチャ６４４は、アルミニウムを用いて形成されてもよい。

[0142] また、液冷アパーチャ６４４の内部には、冷却水等の冷媒が流れる冷媒流路６４４ｅが形成されてもよい。冷媒流路６４４ｅは、テーパ面６４４ｄの外周方向に沿って形成されてもよい。冷媒流路６４４ｅは、不図示の冷却装置に連結されてもよい。所望のビーム径を超えて大きく拡散したパルスレーザ光の余剰部分がテーパ面６４４ｄに入射すると、液冷アパーチャ６４４は発熱し得る。液冷アパーチャ６４４は、冷媒流路６４４ｅを流れる冷媒との熱交換によって冷却され得る。ビーム調節装置６３０が複数の液冷アパーチャを含む場合、複数の液冷アパーチャに形成される複数の冷媒流路は、互い

に直列に連結されてもよい。これは、複数の冷媒流路を流れる冷媒が複数の液冷アパーチャの過熱を抑制すれば十分であるからであり得る。

[0143] また、液冷アパーチャ６４４は、熱絶縁部材６４６を介してベースプレート６３８に固定されてもよい。熱絶縁部材６４６は、例えばセラミクスであってもよい。

[0144] ＜動作及び効果＞

本実施形態のビーム調節装置６３０は、液冷アパーチャ６４３～６４５のそれぞれが、パルスレーザ光を所望のビーム径で通過させつつ、所望のビーム径を超えて大きく拡散したパルスレーザ光の余剰部分を吸収し得る。このため、本実施形態のビーム調節装置６３０は、フレーム６４２をはじめとするビーム調節装置６３０の構成要素が加熱されて熱変形することを抑制し得る。

[0145] さらに、本実施形態のビーム調節装置６３０は、液冷アパーチャ６４３～６４５のそれぞれがパルスレーザ光の余剰部分の吸収によって発熱しても、液冷アパーチャ６４３～６４５のそれぞれに形成された冷媒流路を流れる冷媒によって排熱され得る。しかも、本実施形態のビーム調節装置６３０は、液冷アパーチャ６４３～６４５のそれぞれが熱絶縁部材６４６を介してベースプレート６３８に固定されるため、液冷アパーチャ６４３～６４５のそれぞれからベースプレート６３８への伝熱を抑制し得る。このため、本実施形態のビーム調節装置６３０は、フレーム６４２をはじめとするビーム調節装置６３０の構成要素が加熱されて熱変形することを抑制し得る。

[0146] したがって、本実施形態のビーム調節装置６３０は、軸外放物面ミラー６３１～６３４の位置及び姿勢がずれることを抑制し、出射されるパルスレーザ光の発散角、光軸方向及びビーム径を高精度で調整し得る。本実施形態のビーム調節装置６３０は、パルスレーザ光をより適切に伝搬し得る。

[0147] ＜変形例＞

図２２は、実施形態７のビーム調節装置６３０の変形例１を示す。ビーム調節装置６３０における軸外放物面凹面ミラー及び軸外放物面凸面ミラーの

配置順序は、図１９に示す構成と逆であってもよい。

[0148] 具体的には、ビーム調節装置６３０は、軸外放物面凸面ミラー６４７、６５０及び軸外放物面凹面ミラー６４８、６４９を含んでもよい。軸外放物面凸面ミラー６４７、軸外放物面凹面ミラー６４８、軸外放物面凹面ミラー６４９及び軸外放物面凸面ミラー６５０は、パルスレーザ光の光路上において、この順序で配置されてもよい。軸外放物面凸面ミラー６４７と軸外放物面凹面ミラー６４８との間では、軸外放物面凸面ミラー６４７によって反射されたパルスレーザ光が拡散しながら進行し易いため、これらの間に液冷アパーチャ６４４が配置されることは好ましい。他の構成要素は、図１９～図２１に示す構成と同様でよい。

[0149] 図２３は、実施形態７のビーム調節装置６３０の変形例２を示す。図２４は、図２３に示された矢印Ｅから保護カバー６４１ｂを視た図を示す。ビーム調節装置６３０は、保護カバー６４１ｂを含んでもよい。保護カバー６４１ｂは、フレーム６４２をパルスレーザ光から遮蔽してもよい。保護カバー６４１ｂは、パルスレーザ光の光路とフレーム６４２との間に配置されてもよい。保護カバー６４１ｂの表面には、パルスレーザ光を吸収し易くする表面処理が施されてもよい。パルスレーザ光を吸収し易くする表面処理は、例えば、黒色のアルマイト処理であってもよい。黒色のアルマイト処理が施される場合、保護カバー６４１ｂは、アルミニウムを用いて形成されてもよい。保護カバー６４１ｂは、熱絶縁部材６４６を介して、ベースプレート６３８及び移動プレート６３７に固定されてもよい。或いは、保護カバー６４１ｂは、熱絶縁部材６４６を介してフレーム６４２に固定されてもよい。それにより、ビーム調節装置６３０は、予測不能なパルスレーザ光の散乱光、プラズマからの放射光及びターゲット２７からの反射光等がフレーム６４２に入射して、フレーム６４２を発熱させることを更に抑制し得る。他の構成要素は、図２２に示す構成と同様でよい。

[0150] 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てもよ

いことは、当業者には明らかであろう。

[0151] ある実施形態の構成の一部を他の実施形態の構成に置き換え得る。ある実施形態の構成に他の実施形態の構成を加え得る。各実施形態の構成の一部について、削除、他の構成の追加、他の構成による置換をし得る。

[0152] 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。

符号の説明

[0153] ３　レーザ装置、１１　ＥＵＶ光生成システム、５８　コントローラ、６１、３５０、６３０　ビーム調節装置、６６、３６２　ビームモニタ、３６１　ビームサンプラ、６３１、６３４、６４８、６４９、６５２、６５３、６９１、６９４　軸外放物面凹面ミラー、６３２、６３３、６４７、６５０、６５１、６５４、６９２、６９３　軸外放物面凸面ミラー、６３５、６６５、６６７　移動ステージ、６６１、６６４、６８２、６８３　球面凸面ミラー、６６２、６６３　球面凹面ミラー、６８５、６９６、６９７　平面ミラー

請求の範囲

[請求項1] レーザ装置から出力されたパルスレーザ光をターゲットに照射することによって、プラズマを生成し、極端紫外光を生成する極端紫外光生成装置であって、

チャンバと、

前記チャンバ内にターゲットを供給するターゲット供給部と、

前記ターゲットに照射されるパルスレーザ光の光路上に配置され、ビームパラメータを調整するビーム調節装置と、を含み、

前記ビーム調節装置は、

前記パルスレーザ光の光路上に配置された、第１凹面ミラーと第１凸面ミラーとからなる第１組と、

前記パルスレーザ光の光路上で前記第１組より下流において、前記第１凹面ミラーと前記第１凸面ミラーの配置順序とは逆に配置された、第２凹面ミラーと第２凸面ミラーとからなる第２組と、

前記第１凹面ミラーと前記第１凸面ミラーとの間の距離、及び、前記第２凹面ミラーと前記第２凸面ミラーとの間の距離を、同時に増加または同時に減少させる方向に変化させる移動装置と、を含む、極端紫外光生成装置。

[請求項2] 請求項１に記載の極端紫外光生成装置であって、

前記移動装置は、前記第１組における下流側ミラーを前記パルスレーザ光の光軸に沿って移動し、前記第２組における上流側ミラーを前記パルスレーザ光の光軸に沿って移動する、極端紫外光生成装置。

[請求項3] 請求項１に記載の極端紫外光生成装置であって、

前記第１凹面ミラー及び前記第２凹面ミラーは、軸外放物面凹面ミラーであり、

前記第１凸面ミラー及び前記第２凸面ミラーは、軸外放物面凸面ミラーであり、

前記第１凹面ミラーと前記第１凸面ミラーの焦点が一致するとき、

前記第２凹面ミラーと前記第２凸面ミラーの焦点は一致する、極端紫外光生成装置。

[請求項4] 請求項３に記載の極端紫外光生成装置であって、

前記第１凹面ミラー、前記第２凹面ミラー、前記第１凸面ミラー、及び前記第２凸面ミラーそれぞれにおける、前記パルスレーザ光の入射角と出射角は４５°である、極端紫外光生成装置。

[請求項5] 請求項４に記載の極端紫外光生成装置であって、

前記移動装置は、前記第１組の下流側ミラーと前記第２組の上流側ミラーとが固定された移動プレートを含み、前記移動プレートを前記第１組及び前記第２組における前記パルスレーザ光の光軸に沿って移動する、極端紫外光生成装置。

[請求項6] 請求項５に記載の極端紫外光生成装置であって、

前記第１凹面ミラー及び前記第２凹面ミラーは、同一の関数で表される形状の反射面を備え、

前記第１凸面ミラー及び前記第２凸面ミラーは、同一の関数で表される形状の反射面を備える、極端紫外光生成装置。

[請求項7] 請求項２に記載の極端紫外光生成装置であって、

前記第１凹面ミラー及び前記第２凹面ミラーは、同一の関数で表される形状の反射面を備え、

前記第１凸面ミラー及び前記第２凸面ミラーは、同一の関数で表される形状の反射面を備える、極端紫外光生成装置。

[請求項8] 請求項１に記載の極端紫外光生成装置であって、

前記第１凹面ミラー及び前記第２凹面ミラーの組、及び、前記第１凸面ミラー及び前記第２凸面ミラーの組の少なくとも一方の組は、球面ミラーであり、

前記球面ミラーにおける前記パルスレーザ光の入射光軸と出射光軸との間の角度は４５°未満である、極端紫外光生成装置。

[請求項9] 請求項１に記載の極端紫外光生成装置であって、

前記レーザ装置内において増幅器より上流に配置された第２ビーム調節装置をさらに含み、

前記第２ビーム調節装置は、

前記パルスレーザ光の光路上に配置された、第３凹面ミラーと第３凸面ミラーとからなる第３組と、

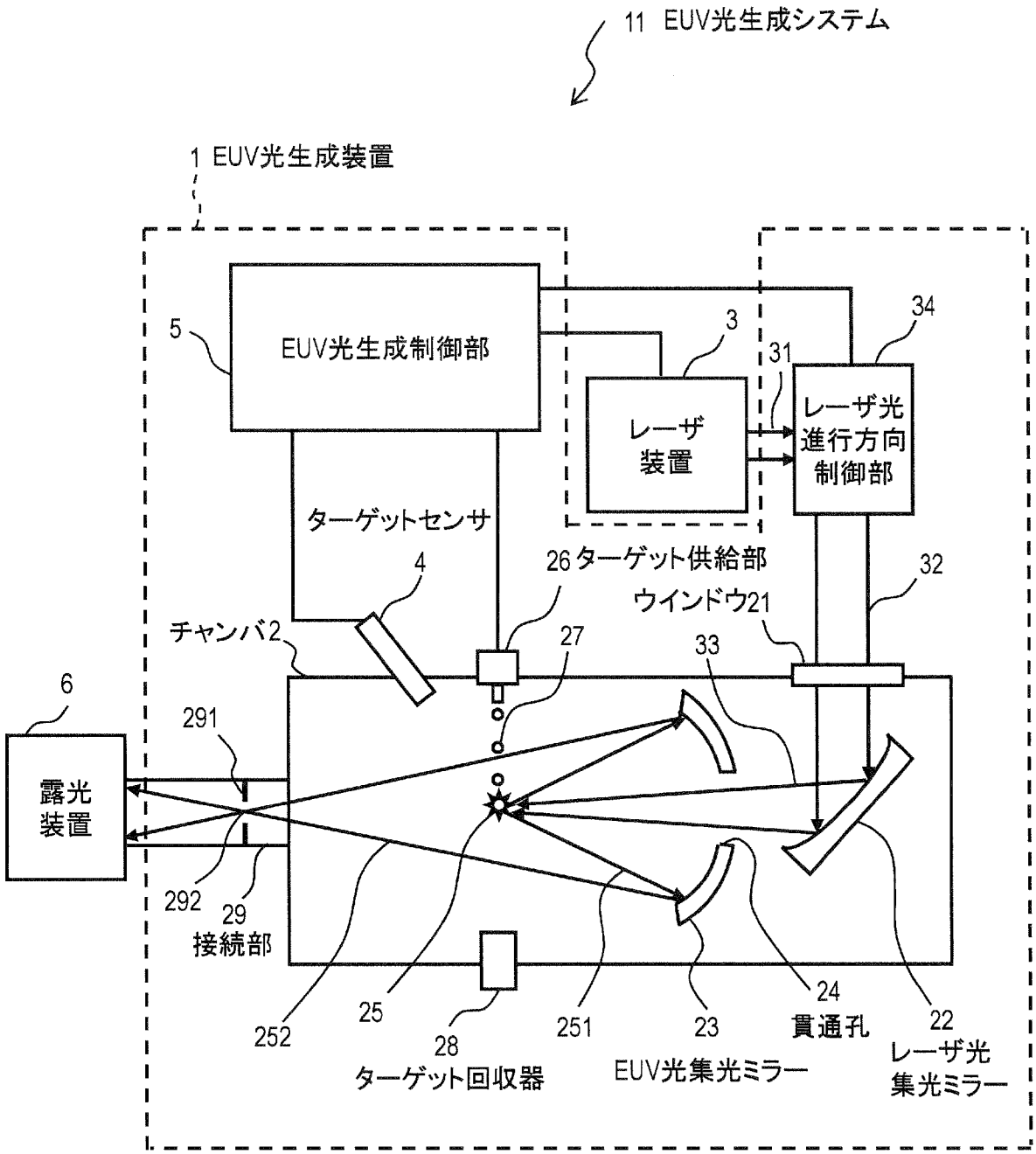
前記パルスレーザ光の光路上で前記第３組の下流において、前記第３凹面ミラーと前記第３凸面ミラーの配置順序とは逆に配置された、第４凹面ミラーと第４凸面ミラーとからなる第４組と

前記第３凹面ミラーと前記第３凸面ミラーとの間の距離、及び、前記第４凹面ミラーと前記第４凸面ミラーとの間の距離を、同時に増加または同時に減少させる方向に変化させる第２移動装置と、を含み、

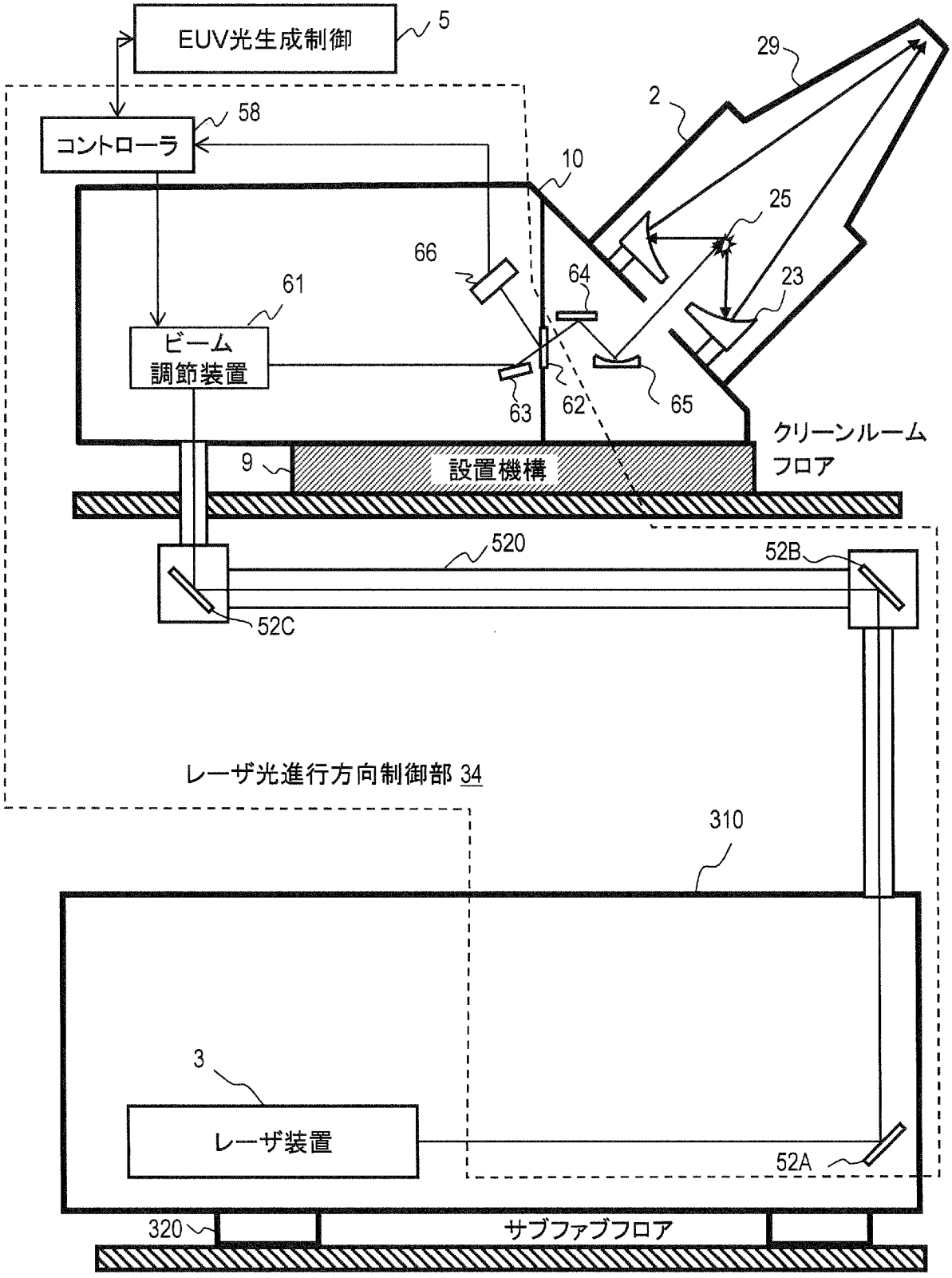
前記第１組において、前記第１凸面ミラーは上流側ミラーであり、前記第１凹面ミラーは下流側ミラーであり、

前記第３組において、前記第３凹面ミラーは上流側ミラーであり、前記第３凸面ミラーは下流側ミラーである、極端紫外光生成装置。

[図1]

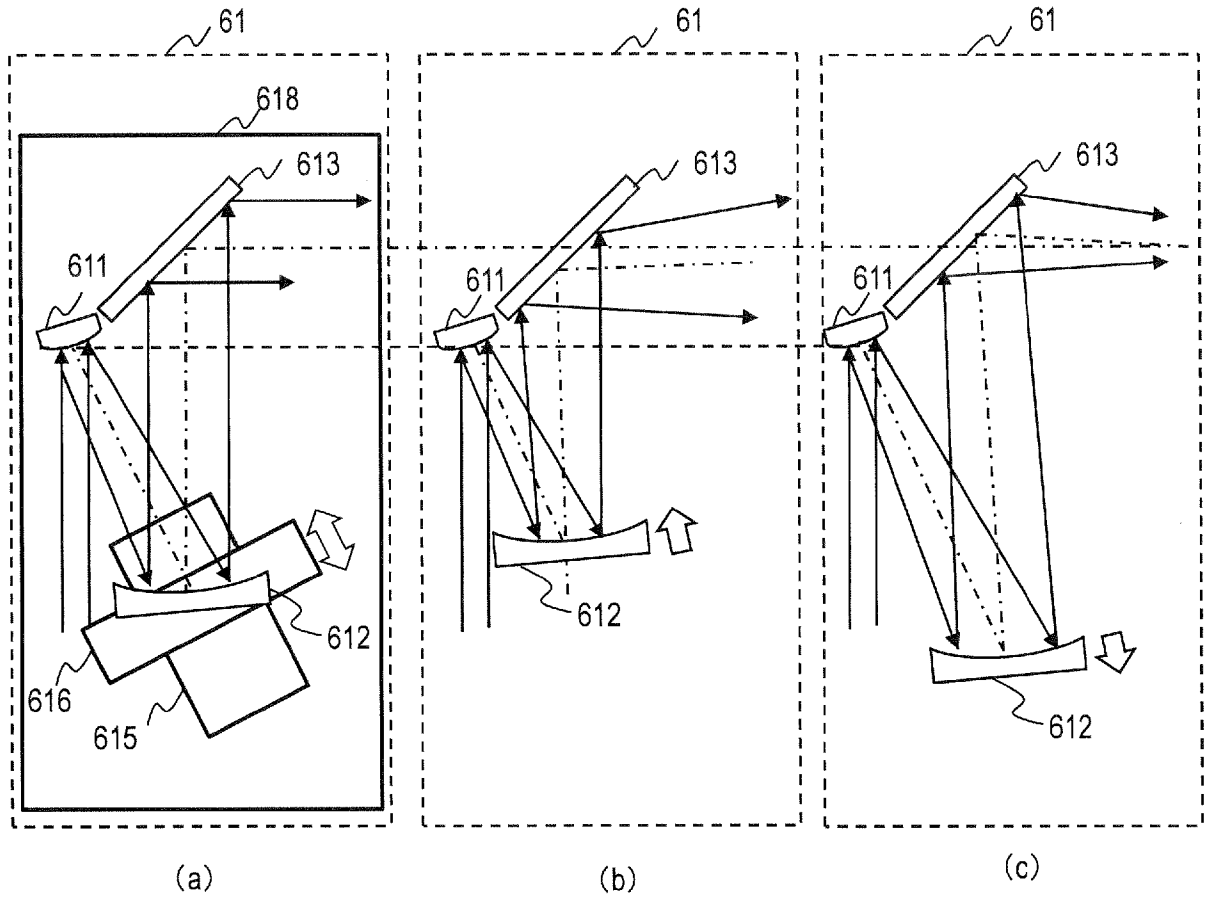

11 EUV光生成システム
1 EUV光生成装置
5
EUV光生成制御部
3
レーザ
装置
31
34
レーザ光
進行方向
制御部
ターゲットセンサ
4
26 ターゲット供給部
32
ウインドウ21
チャンバ2
27
33
6
291
露光
装置
292
29
接続部
252
25
28
ターゲット回収器
251
23
EUV光集光ミラー
24
貫通孔
22
レーザ光
集光ミラー

[図2]


EUV光生成制御
5
コントローラ
58
29
2
10
25
66
64
23
61
ビーム
調節装置
63
62
65
クリーンルーム
フロア
9
設置機構
520
52B
52C
レーザ光進行方向制御部 34
310
3
レーザ装置
52A
320
サブファブフロア

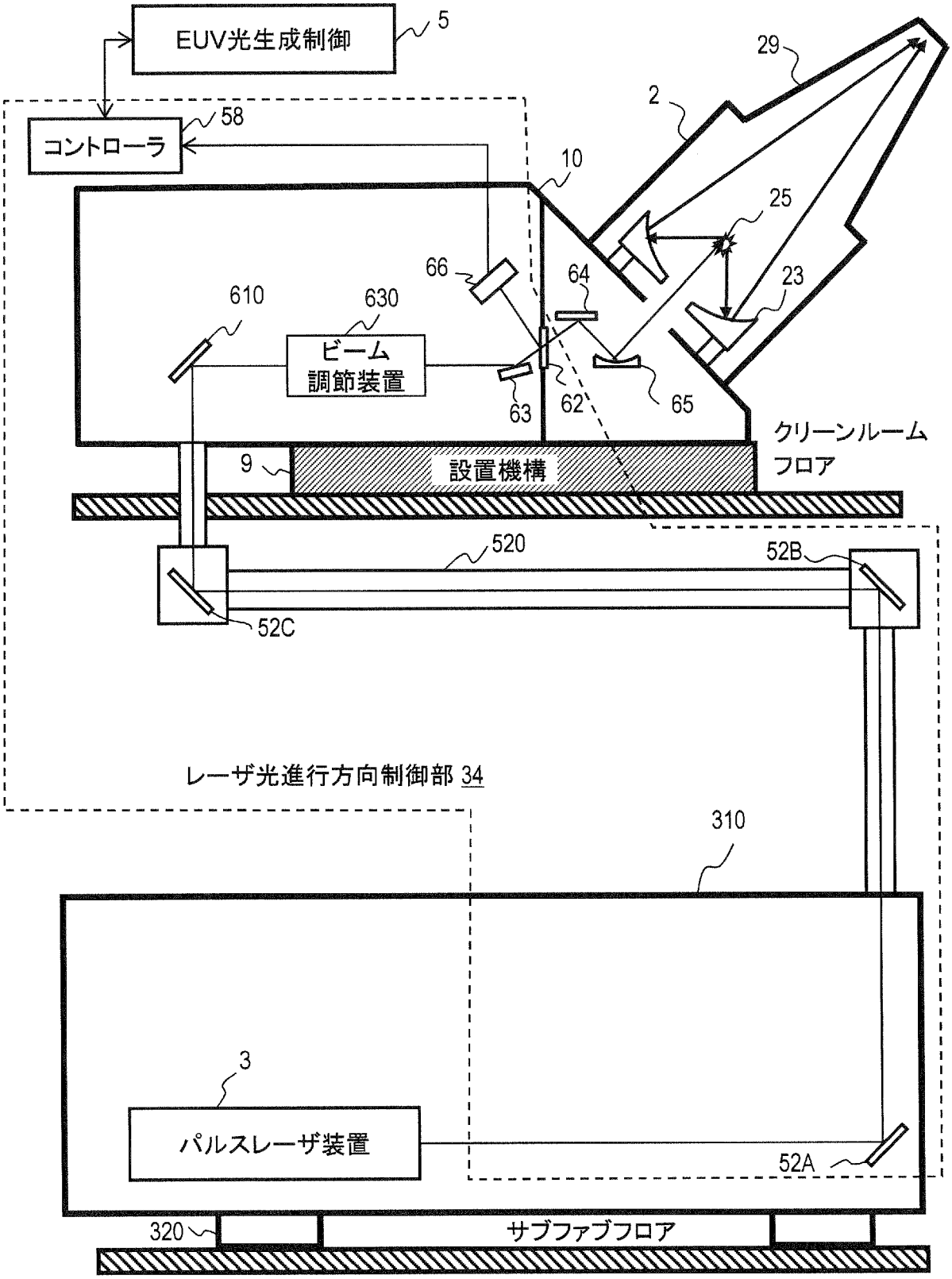
比較例

[図3]

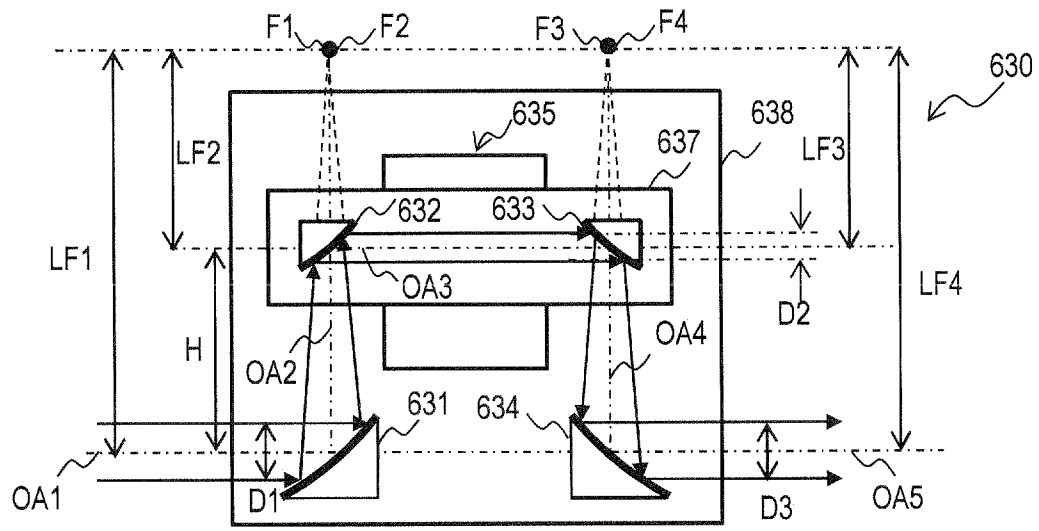


比較例

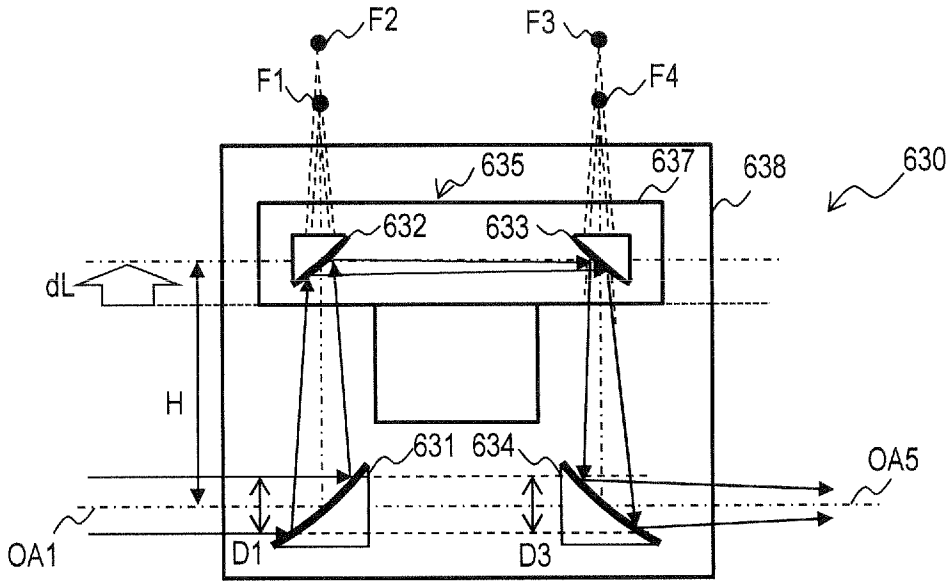
[図4]


EUV光生成制御
5
コントローラ
58
29
2
10
25
66
64
23
610
630
ビーム
調節装置
63
62
65
クリーンルーム
フロア
9
設置機構
520
52B
52C
レーザ光進行方向制御部 34
310
3
パルスレーザ装置
52A
320
サブファブフロア

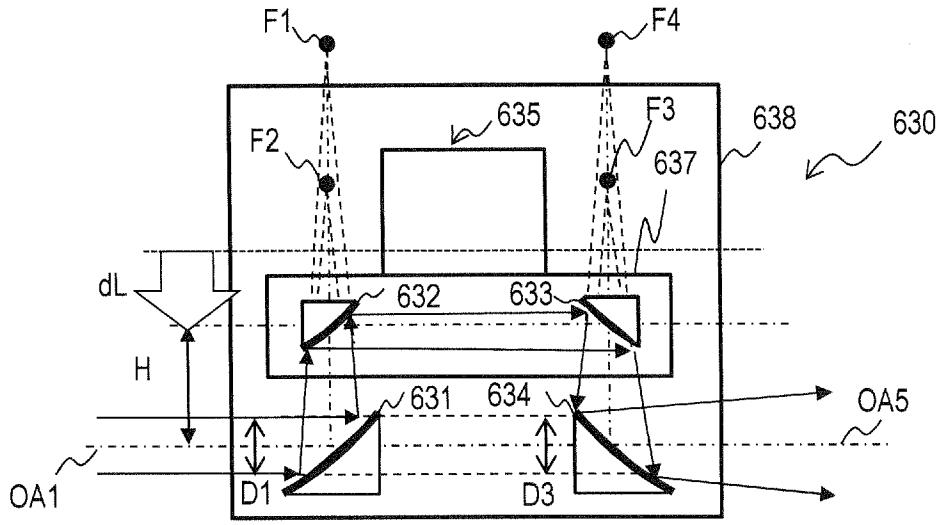
[図5A]


F1
F2
F3
F4
630
635
638
637
LF2
LF3
LF1
632
633
OA3
D2
LF4
H
OA4
OA2
631
634
OA1
D1
D3
OA5

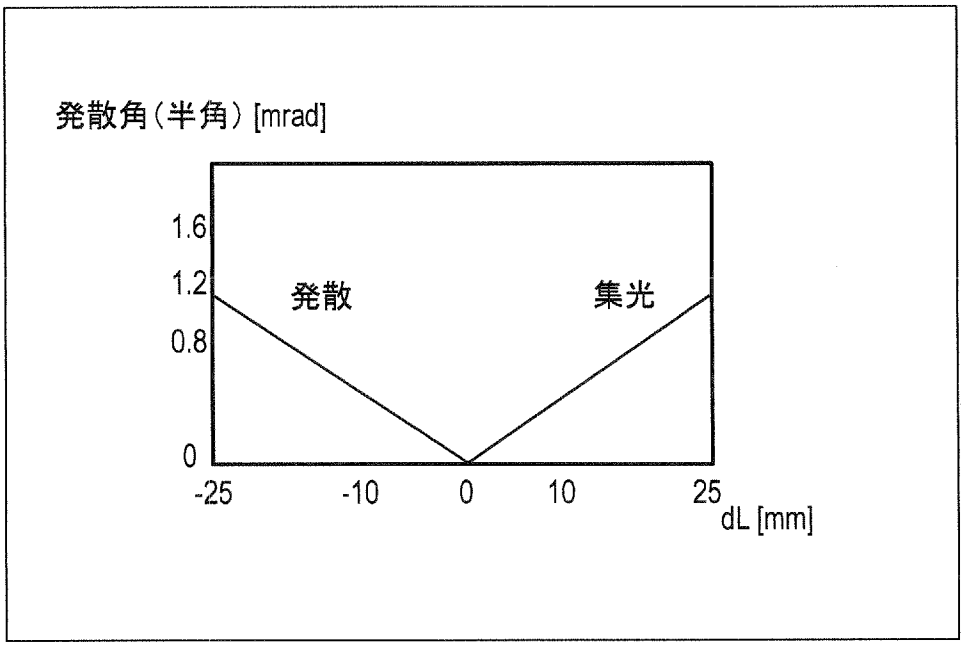
[図5B]


F2
F3
F1
F4
635
637
638
630
632
633
dL
H
631
634
OA5
OA1
D1
D3

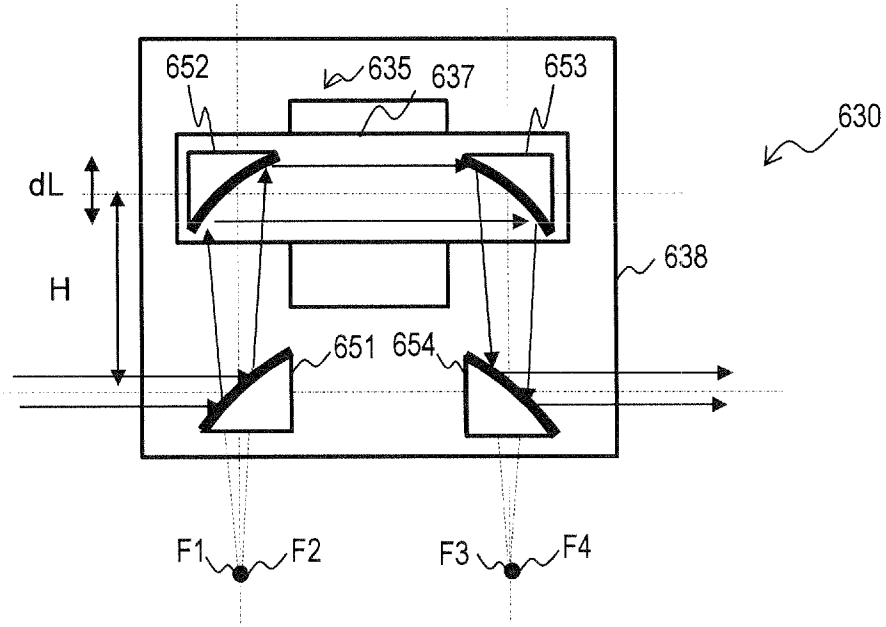
[図5C]


F1
F4
635
F2
F3
638
630
637
dL
632
633
H
631
634
OA5
OA1
D1
D3

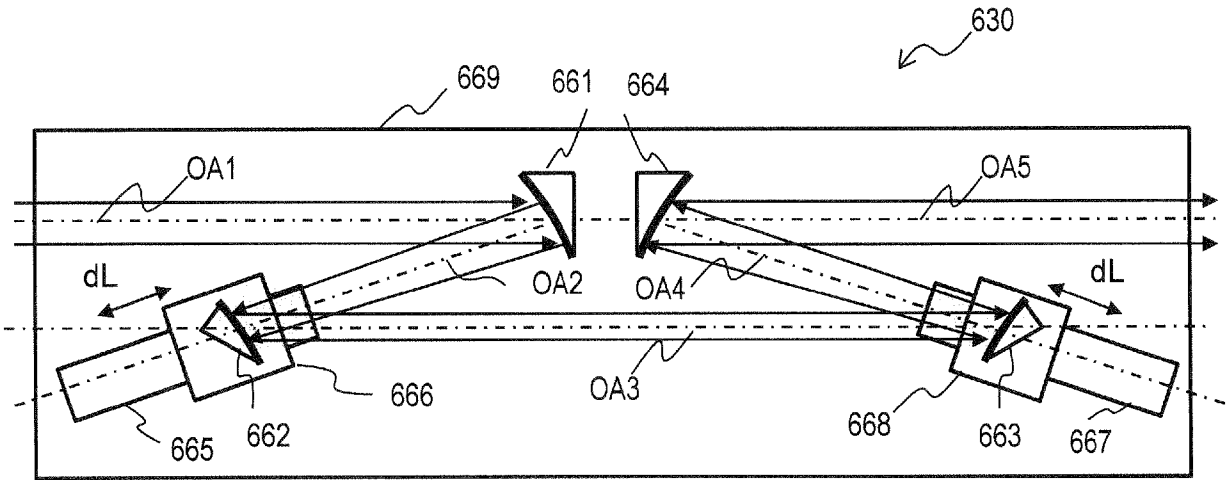
[図6]


発散角（半角）[mrad]
1.6
1.2
0.8
0
発散
集光
-25
-10
0
10
25
dL [mm]

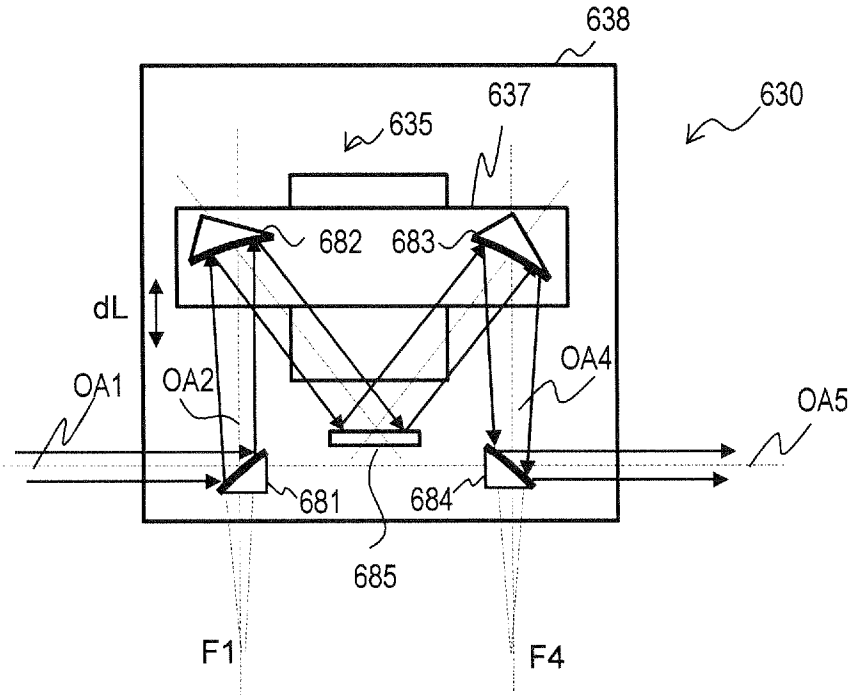
[図7]


652
635
637
653
630
dL
H
638
651
654
F1
F2
F3
F4

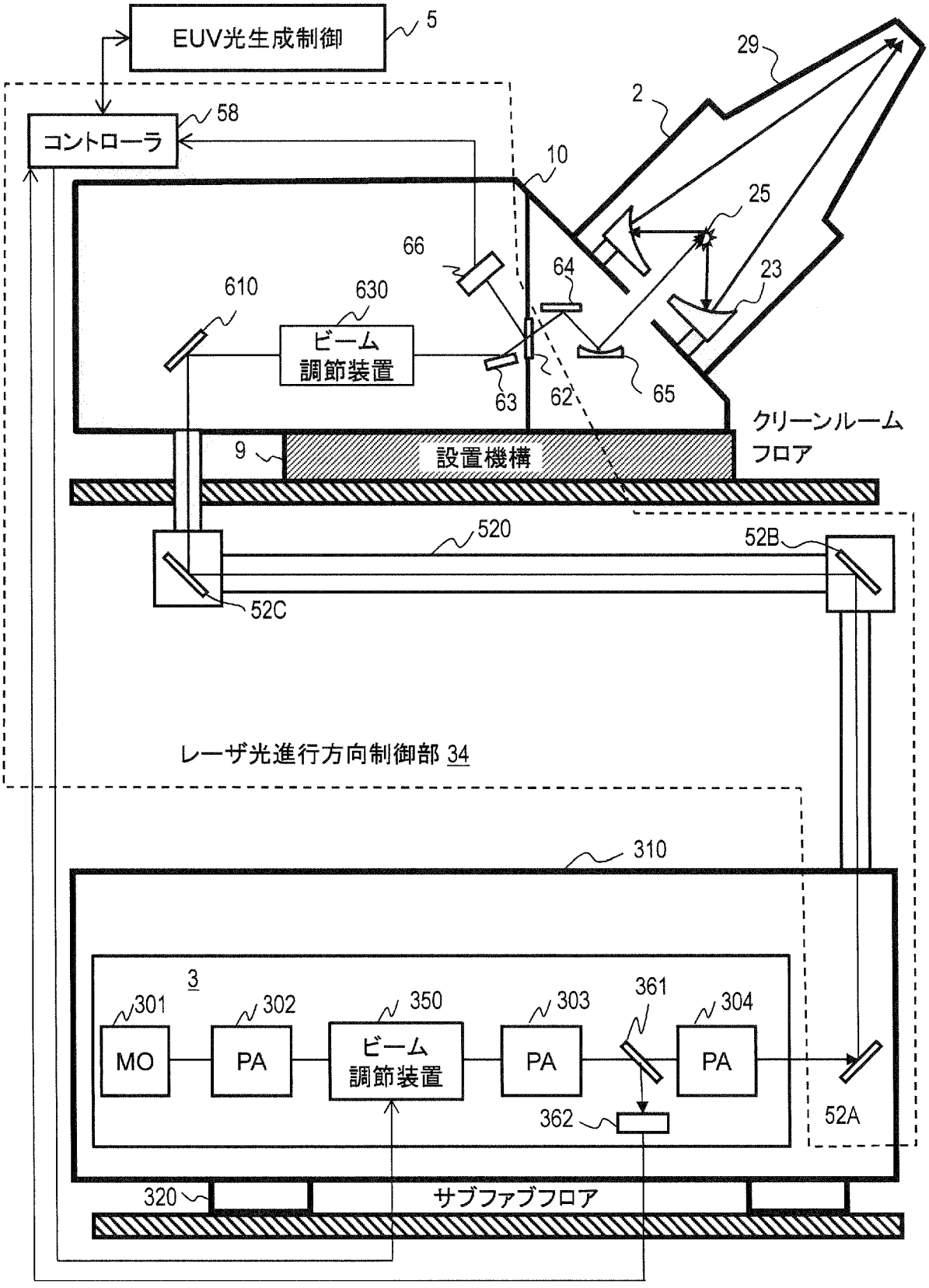
[図8]


630
669
661
664
OA1
OA5
dL
OA2
OA4
dL
666
OA3
665
662
668
663
667

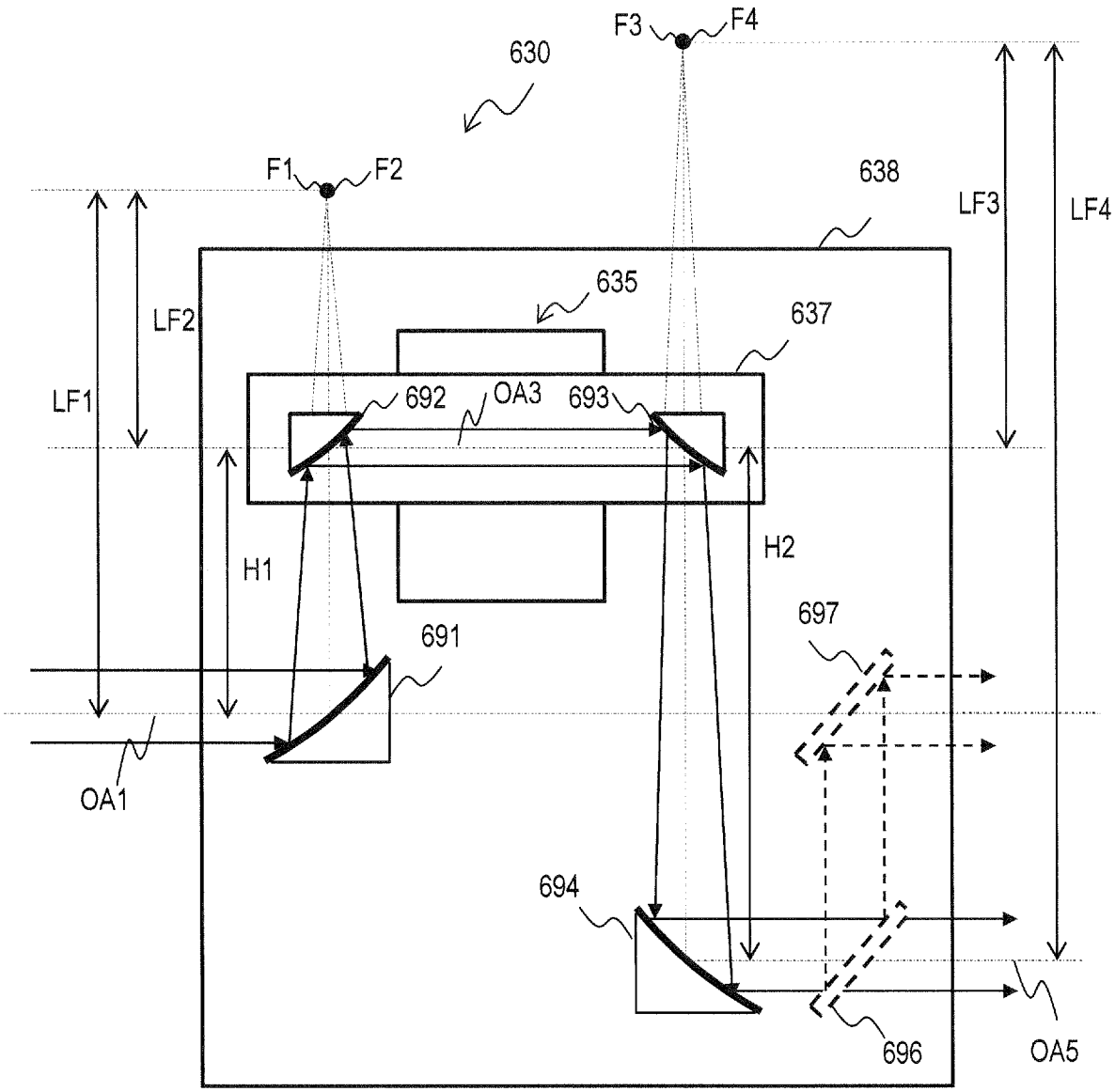
[図9]


638
637
630
635
682
683
dL
OA1
OA2
OA4
OA5
681
684
685
F1
F4

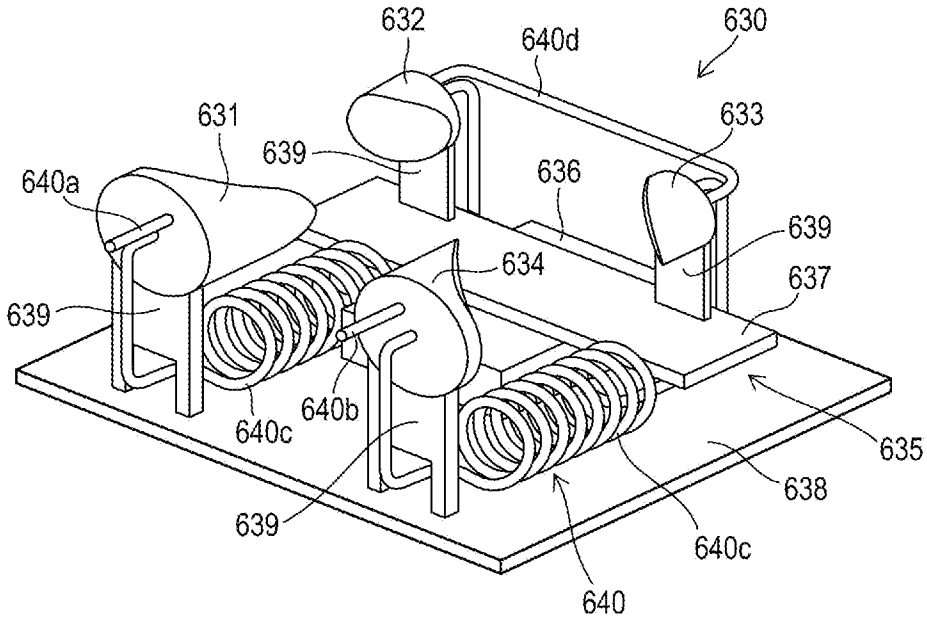
[図10]


EUV光生成制御
5
コントローラ
58
29
2
10
25
66
64
23
610
630
ビーム
調節装置
63
62
65
クリーンルーム
フロア
9
設置機構
520
52B
52C
レーザ光進行方向制御部 34
310
3
301
302
350
303
361
304
MO
PA
ビーム
調節装置
PA
PA
362
52A
320
サブファブフロア

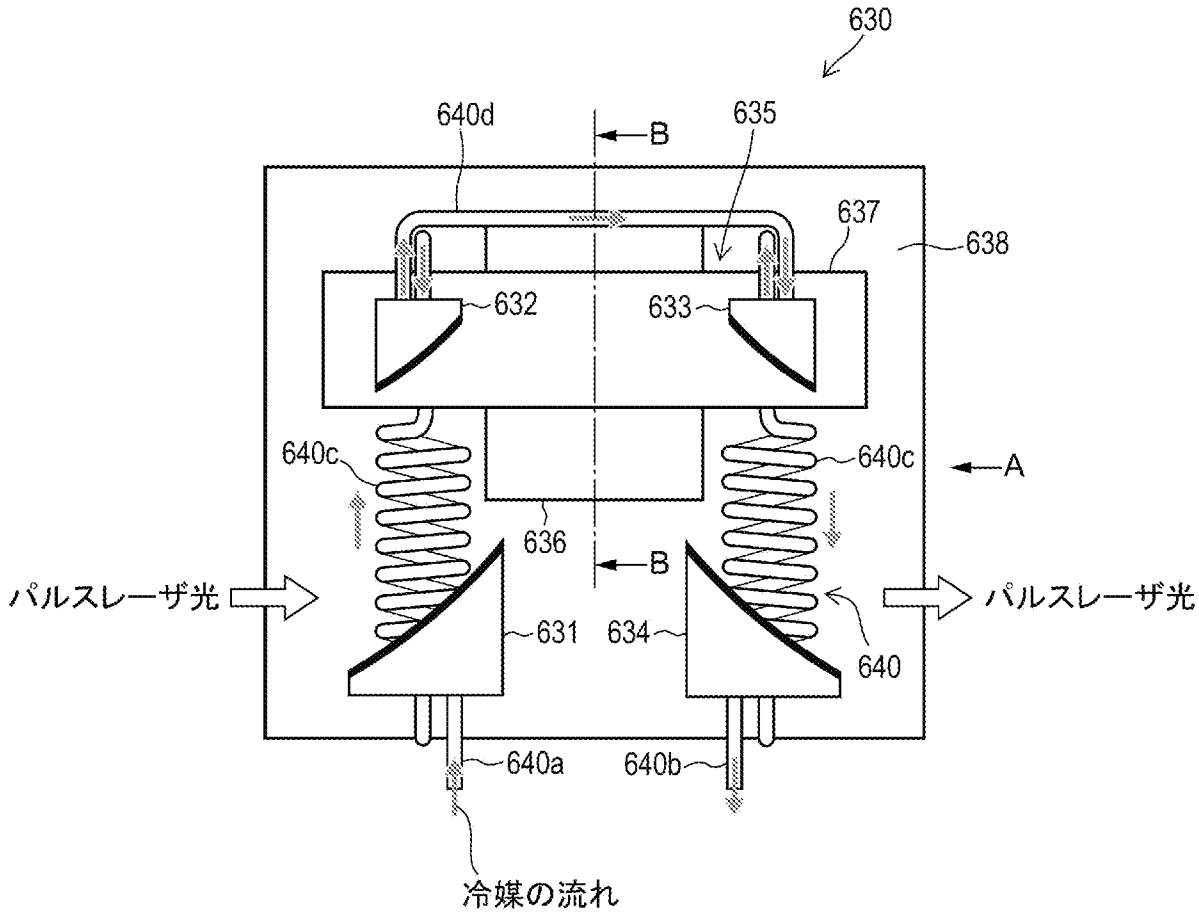
[図11]


630
F3
F4
F1
F2
638
LF3
LF4
LF2
LF1
635
637
692
OA3
693
H1
H2
691
697
OA1
694
696
OA5

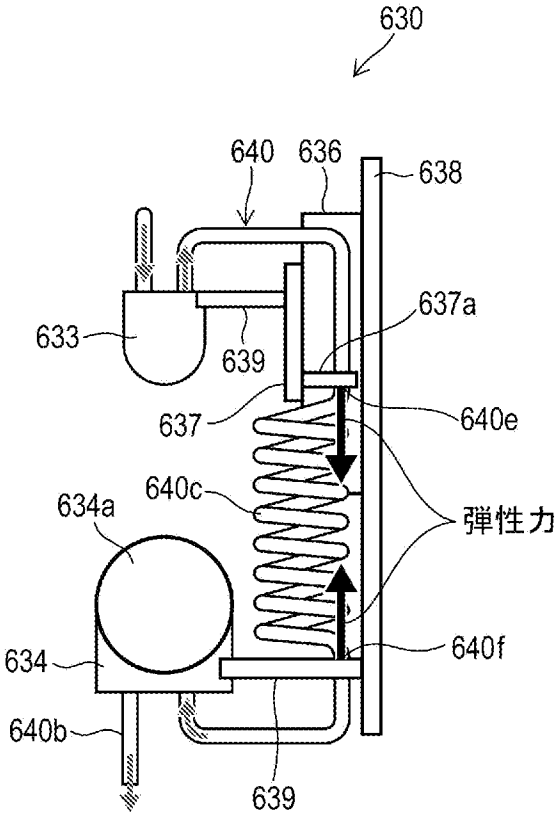
[図12]


632
640d
630
631
639
633
640a
636
639
634
637
639
640b
640c
635
638
639
640c
640

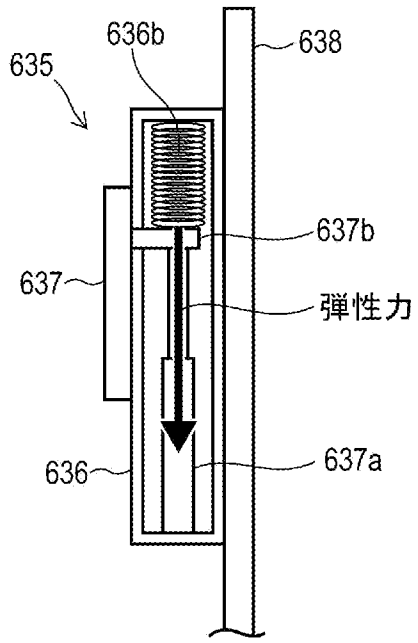
[図13]


630
640d
B
635
637
638
632
633
640c
640c
A
636
B
パルスレーザ光
631
634
パルスレーザ光
640
640a
640b
冷媒の流れ

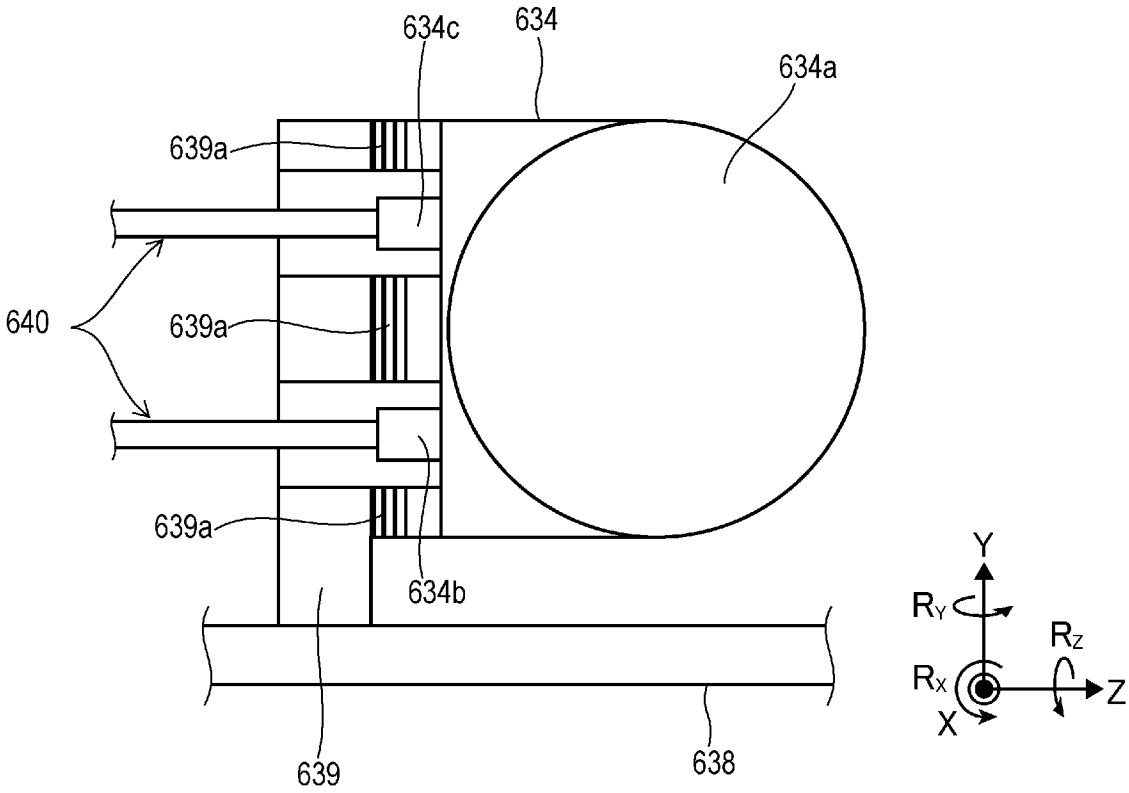
[図14]


630
640
636
638
637a
633
639
637
640e
640c
634a
弾性力
634
640f
640b
639

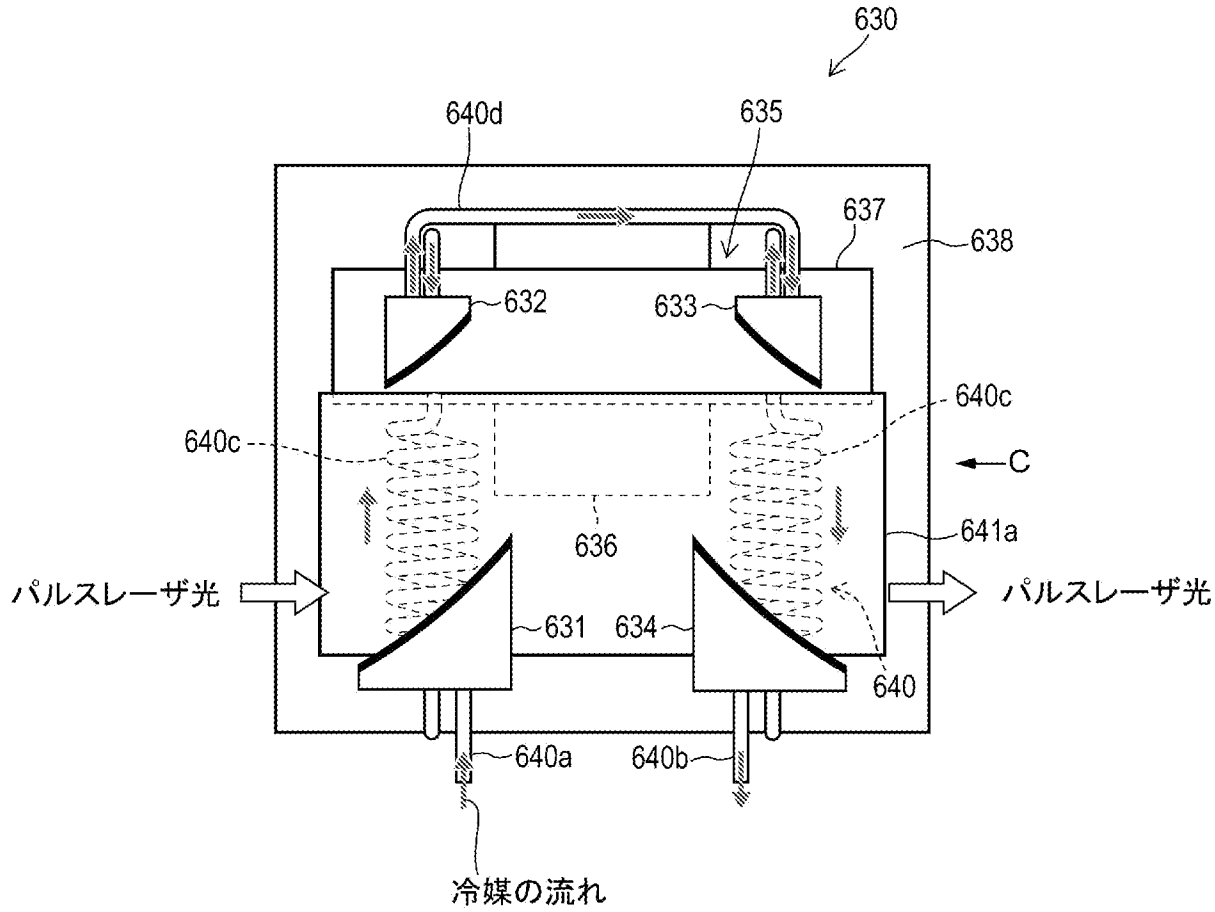
[図15]


636b
638
635
637b
637
弾性力
636
637a

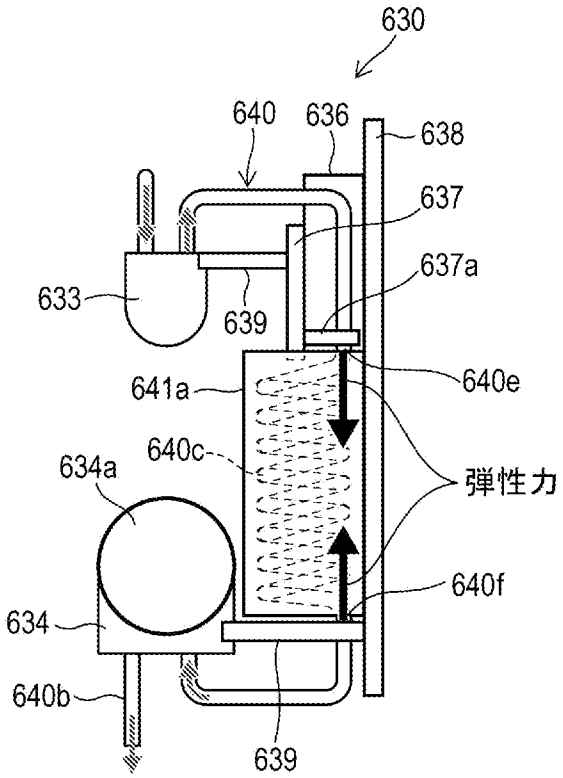
[図16]



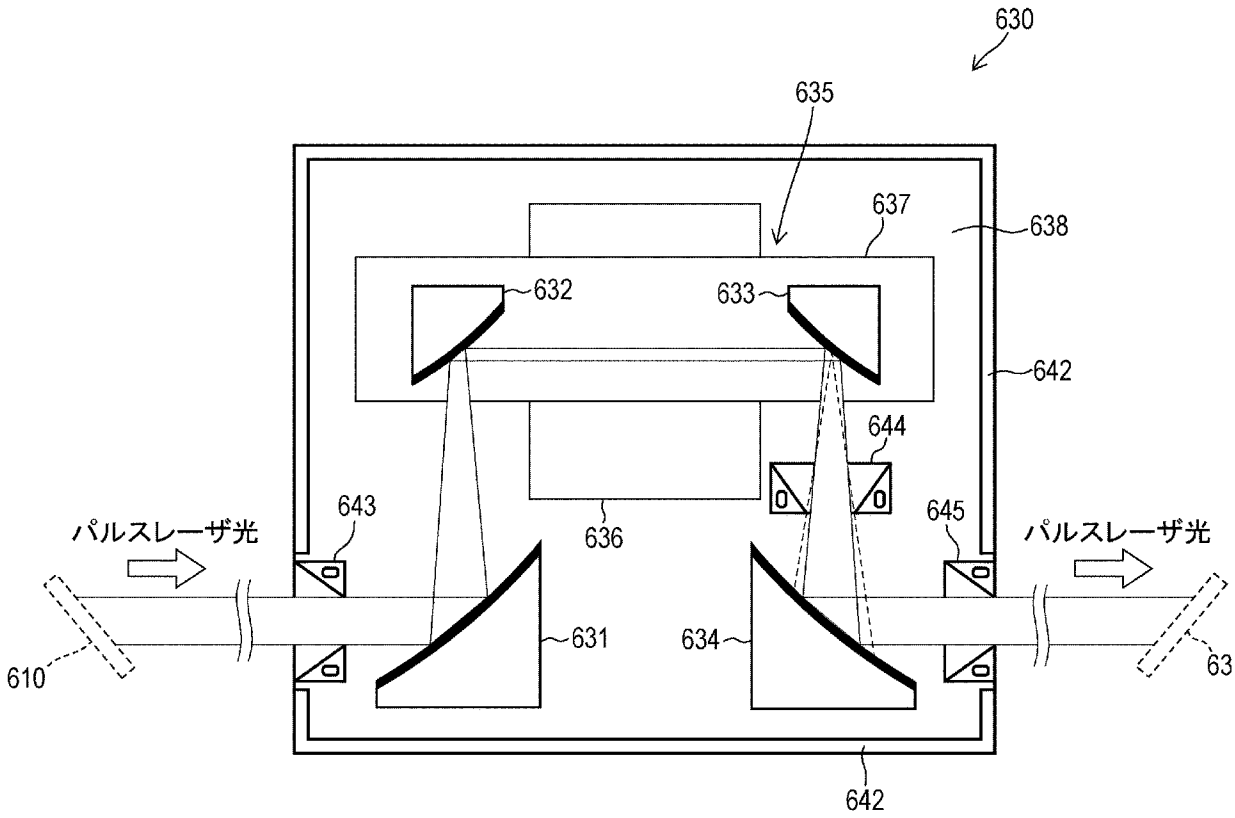
[図17]


630
640d
635
637
638
632
633
640c
640c
C
636
641a
パルスレーザ光
パルスレーザ光
631
634
640
640a
640b
冷媒の流れ

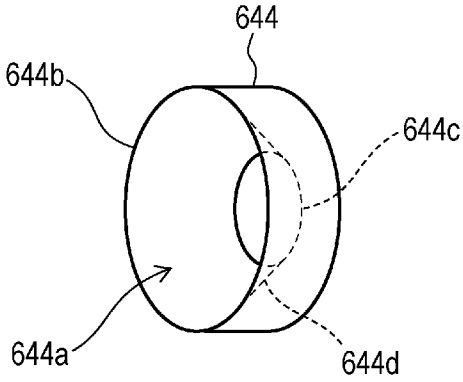
[図18]


630
640
636
638
637
637a
633
639
641a
640e
640c
634a
弾性力
640f
634
640b
639

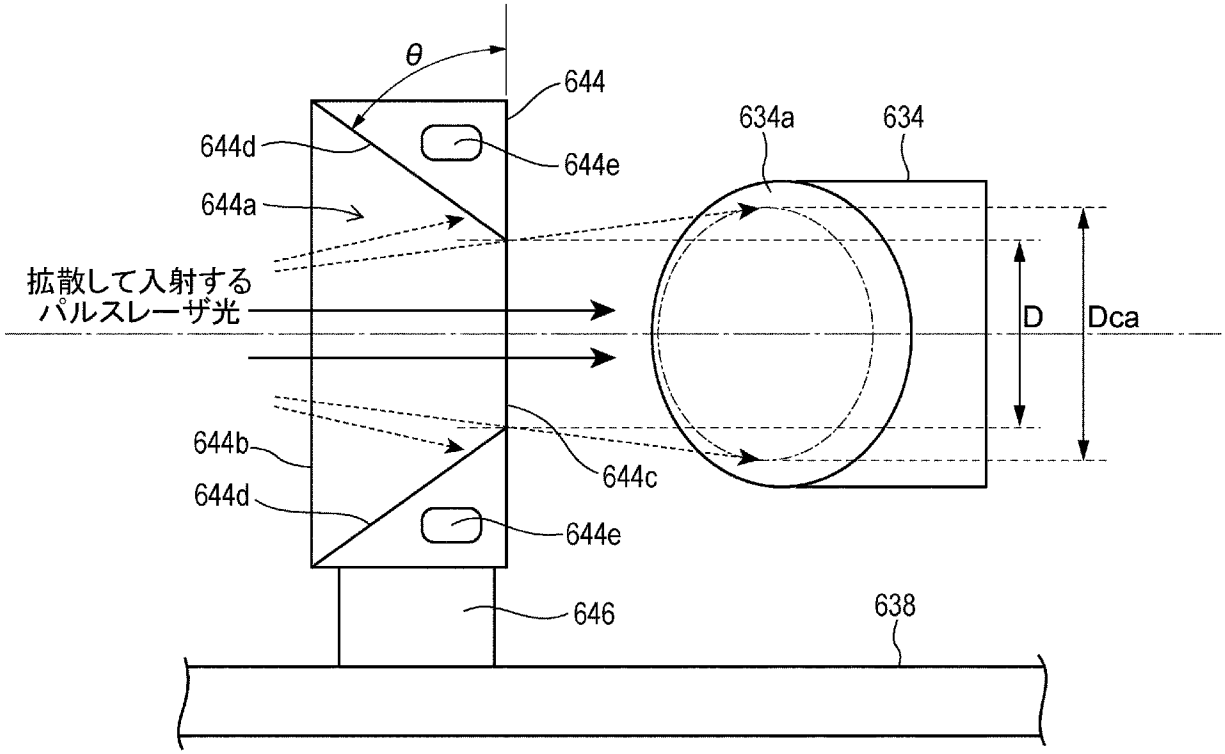
[図19]


630
635
637
638
632
633
642
644
643
636
645
パルスレーザ光
パルスレーザ光
631
634
610
63
642

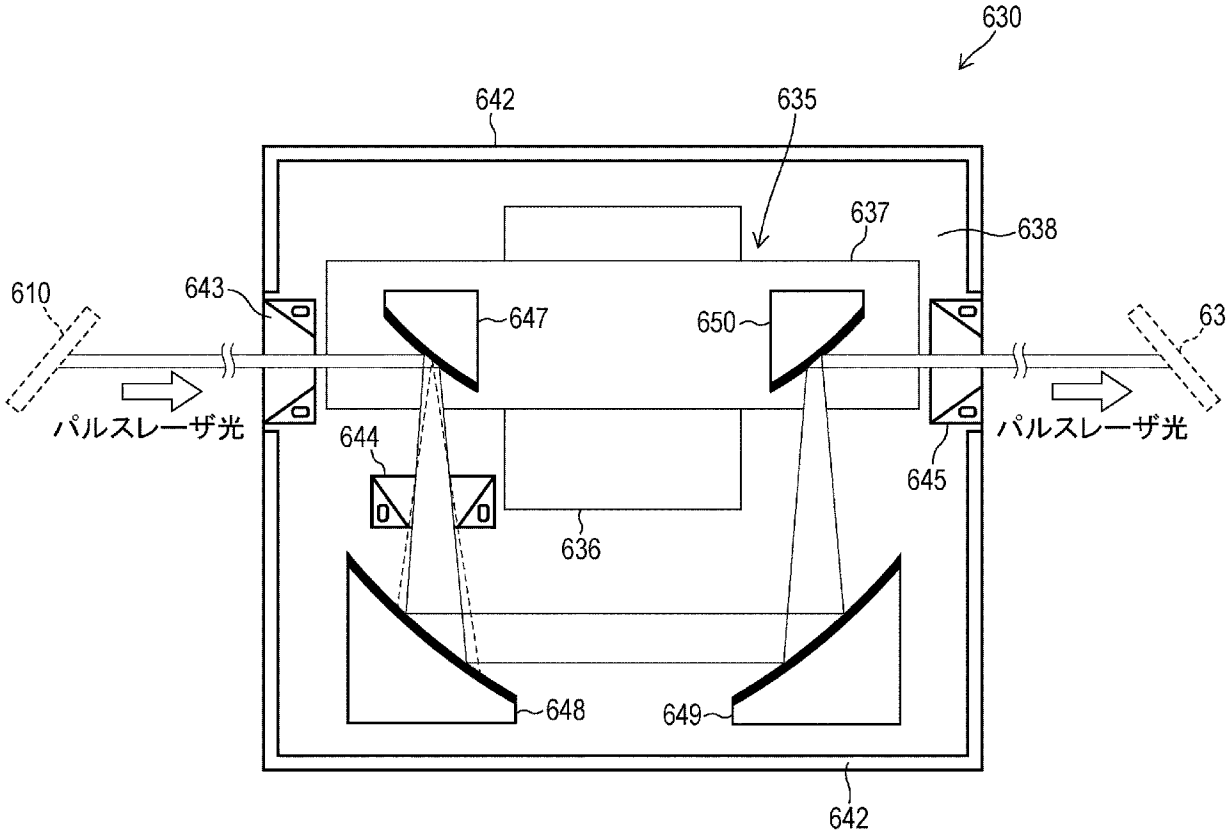
[図20]


644
644b
644c
644a
644d

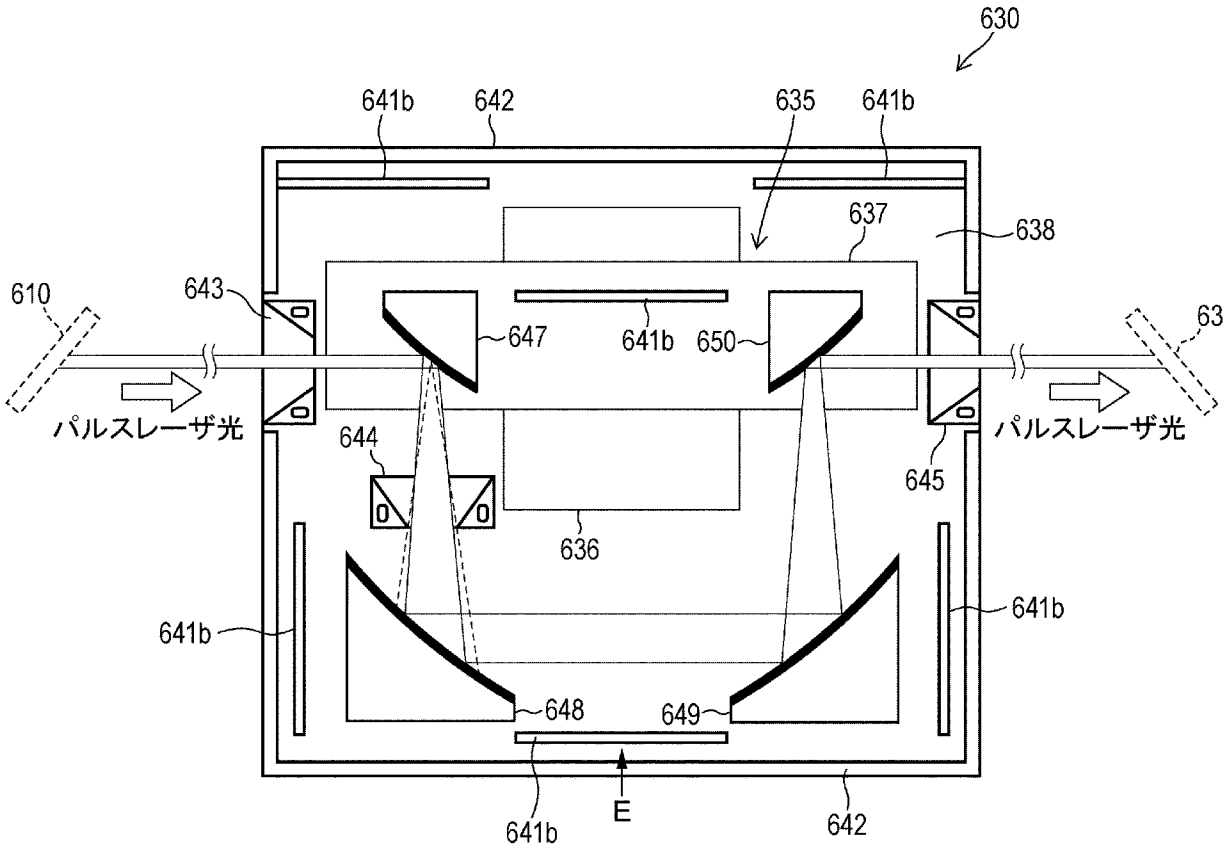
[図21]


θ
644
644d
644e
644a
634a
634
拡散して入射する
パルスレーザ光
D
Dca
644b
644d
644c
644e
646
638

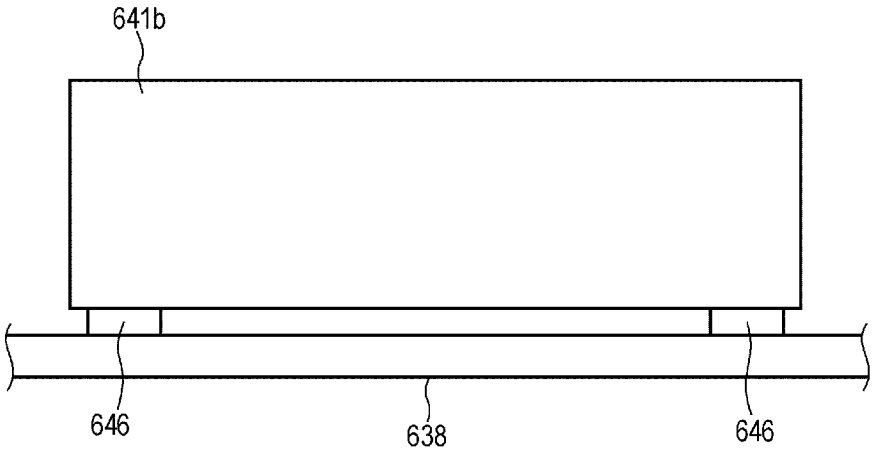
[図22]


630
642
635
637
638
610
643
647
650
63
パルスレーザ光
644
645
パルスレーザ光
636
648
649
642

[図23]


630
641b
642
635
641b
637
638
610
643
647
641b
650
63
パルスレーザ光
644
645
パルスレーザ光
636
641b
641b
648
649
641b
E
642

[図24]


641b
646
638
646

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/083075

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01S3/10(2006.01)i, *H01L21/30*(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)
H01S3/00-3/30, H01L21/30, H05G2/00

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

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-165256 A (Gigaphoton Inc.), 22 August 2013 (22.08.2013), fig. 15; paragraphs [0096], [0108] to [0113] & US 2015/0334814 A1 fig. 15; paragraphs [0148], [0160] to [0165] & WO 2013/104947 A1 & TW 201343004 A	1-9
A	JP 2010-186735 A (Gigaphoton Inc.), 26 August 2010 (26.08.2010), fig. 20; paragraphs [0160] to [0163], [0172] to [0174] & JP 5833806 B2 & US 2010/0078577 A1 fig. 22; paragraphs [0218] to [0221], [0230] to [0232] & US 8395133 B2 & US 2013/0148677 A1 & US 8698114 B2 & DE 102009029605 A1	1-9

☒ 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
01 February 2016 (01.02.16)	23 February 2016 (23.02.16)

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/JP2015/083075

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 2010-135769 A (Gigaphoton Inc.), 17 June 2010 (17.06.2010), fig. 22; paragraphs [0191] to [0194] & JP 5368261 B2 & JP 2014-41828 A & US 2010/0117009 A1 fig. 22; paragraphs [0252] to [0255] & US 2012/0319014 A1 & US 2013/0187065 A1 & US 8242472 B2 & US 8692220 B2 & US 8399870 B2 & DE 102009044426 A1	1-9
A	JP 2012-199512 A (Gigaphoton Inc.), 18 October 2012 (18.10.2012), entire text; all drawings & US 2012/0228525 A1 & US 8847181 B2	1-9
A	JP 2012-160565 A (Gigaphoton Inc.), 23 August 2012 (23.08.2012), entire text; all drawings & JP 5641958 B2 & US 2013/0048886 A1 & US 8698113 B2 & WO 2012/104669 A1 & EP 2671118 A1	1-9
A	JP 2013-38204 A (Panasonic Corp.), 21 February 2013 (21.02.2013), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 63-249813 A (Heraeus Instruments GmbH), 17 October 1988 (17.10.1988), fig. 5; claims & US 4812613 A fig. 5 & EP 283555 A2 & DE 3709351 A & DE 3787012 A	1-9

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１５／０８３０７５

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01S3/10(2006.01)i, H01L21/30(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.　H01S3/00-3/30, H01L21/30, H05G2/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１６年

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

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2013-165256 A (ギガフォトン株式会社) 2013.08.22, [図 15] [0096] [0108] － [0113] & US 2015/0334814 A1 FIG.15 [0148] [0160]-[0165] & WO 2013/104947 A1 & TW 201343004 A	1-9
A	JP 2010-186735 A (ギガフォトン株式会社) 2010.08.26, [図 20] [0160]－[0163] [0172]－[0174] & JP 5833806 B2 & US 2010/0078577 A1 FIG.22 [0218]- [0221] [0230]-[0232] & US 8395133 B2 & US 2013/0148677 A1 & US 8698114 B2 & DE 102009029605 A1	1-9

☑　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
０１．０２．２０１６	２３．０２．２０１６

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）　２Ｘ　９３１６
佐藤　宙子
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２９４

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 2010-135769 A (ギガフォトン株式会社) 2010.06.17, [図22] [0191] － [0194] & JP 5368261 B2 & JP 2014-41828 A & US 2010/0117009 A1 FIG.22 [0252] -[0255] & US 2012/0319014 A1 & US 2013/0187065 A1 & US 8242472 B2 & US 8692220 B2 & US 8399870 B2 & DE 102009044426 A1	1-9
A	JP 2012-199512 A (ギガフォトン株式会社) 2012.10.18, 全文、全図 & US 2012/0228525 A1 & US 8847181 B2	1-9
A	JP 2012-160565 A (ギガフォトン株式会社) 2012.08.23, 全文、全図 & JP 5641958 B2 & US 2013/0048886 A1 & US 8698113 B2 & WO 2012/104669 A1 & EP 2671118 A1	1-9
A	JP 2013-38204 A (パナソニック株式会社) 2013.02.21, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 63-249813 A (ヘレウス・インスツルメンツ・ゲゼルシャフト・ミット・ベシュレンクテル・ハフツング) 1988.10.17, 第５図、特許請求の範囲 & US 4812613 A FIG.5 & EP 283555 A2 & DE 3709351 A & DE 3787012 A	1-9