

(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
2014年3月27日(27.03.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/045889 A1

- (51) 国際特許分類:
H01S 3/034 (2006.01) H01S 3/23 (2006.01)
H01S 3/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/073976
- (22) 国際出願日: 2013年9月5日(05.09.2013)
- (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:
特願 2012-205062 2012年9月18日(18.09.2012) JP
特願 2012-205063 2012年9月18日(18.09.2012) JP
特願 2012-205064 2012年9月18日(18.09.2012) JP
- (71) 出願人: ギガフォトン株式会社(GIGAPHOTON INC.) [JP/JP]; 〒3238558 栃木県小山市横倉新田400 Tochigi (JP).
- (72) 発明者: クリストフ ノバック(KRZYSZTOF Nowak); 〒3238558 栃木県小山市横倉新田400 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP). 菅沼 崇(SUGANUMA Takashi); 〒3238558 栃木県小山市横

倉新田400 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP). 斎藤 隆志(SAITO Takashi); 〒3238558 栃木県小山市横倉新田400 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP). 川筋 康文(KAWASUJI Yasufumi); 〒3238558 栃木県小山市横倉新田400 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP).

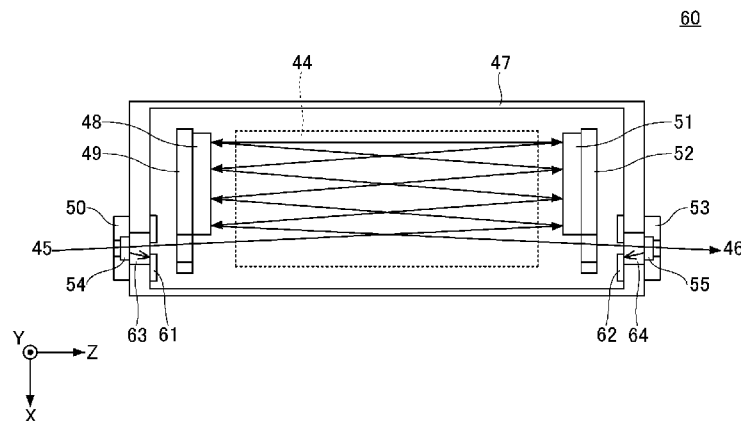
(74) 代理人: 特許業務法人 エビス国際特許事務所(EBISU INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1410032 東京都品川区大崎1丁目11番2号 ゲートシティ大崎イーストタワー 22階 Tokyo (JP).

(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, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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,

[続葉有]

(54) Title: SLAB TYPE AMPLIFIER, LASER DEVICE EQUIPPED WITH SAME, AND EXTREME ULTRAVIOLET LIGHT GENERATING DEVICE

(54) 発明の名称: スラブ型増幅器、それを含むレーザ装置および極短紫外光生成装置



(57) Abstract: Provided is a slab type amplifier which suppresses self-oscillation. The slab type amplifier into which a seed beam (45) emitted from at least one seed light source is input to amplify the seed beam comprises: a chamber (47) that is provided with a first through-hole (63) and a second through-hole (64) and in which a laser amplification medium is housed; a first window (54) provided so as to hermetically seal the first through-hole; a first window holder (50) for holding the first window; a second window (55) provided so as to hermetically seal the second through-hole; a second window holder (53) for holding the second window; a pair of planar electrodes (42, 43) arranged opposite each other at a prescribed interval (44) in the chamber; and an optical system (48, 51) arranged in the chamber. An amplified beam is generated when the seed beam is incident between the pair of planar electrodes after being transmitted through the first window and is then repeatedly reflected by the optical system. The slab type amplifier may include a first aperture plate (61) which is provided between the first window and the pair of planar electrodes with an opening having an area that is equal to or larger than the cross-sectional area of the seed beam and equal to or smaller than the area of the first window; and a second aperture plate (62) which is provided between the second window and the pair of planar electrodes with an opening having an area that is equal to or larger than the cross-sectional area of the amplified beam and equal to or smaller than the area of the second window.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/045889 A1



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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,

FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

自励発振を抑制するスラブ型増幅器を提供する。 少なくともひとつのシード光源より出力されるシード光 (45) が入力されて、当該シード光を増幅するスラブ型増幅器は、第 1 貫通口 (63) 及び第 2 貫通口 (64) が設けられ、レーザ増幅媒体が収容されるチャンバ (47) と、第 1 貫通口を密閉するように設けられた第 1 のウインドウ (54) と、第 1 のウインドウを保持する第 1 のウインドウホルダ (50) と、第 2 貫通口を密閉するように設けられた第 2 のウインドウ (55) と、第 2 のウインドウを保持する第 2 のウインドウホルダ (53) と、チャンバ内において互いに所定の間隔 (44) を設けて対向配置された一対の平板状電極 (42, 43) と、前記チャンバ内に配置された光学系 (48, 51) とを有し、シード光が第 1 のウインドウを透過して一対の平板状電極の間へ入射し、光学系によって繰り返し反射されることによって増幅光が生成され、第 1 のウインドウと一対の平板状電極との間に設けられ、シード光のビーム断面積以上であって第 1 のウインドウの面積以下の大きさの面積の開口部が設けられた第 1 のアパーチャ板 (61) と、第 2 のウインドウと一対の平板状電極との間に設けられ、増幅光のビーム断面積以上であって第 2 のウインドウの面積以下の大きさの面積の開口部を有する第 2 のアパーチャ板 (62) と、を備えてよい。

明 細 書

発明の名称：

スラブ型増幅器、それを含むレーザ装置および極短紫外光生成装置

技術分野

[0001] 本開示は、スラブ型増幅器、それを含むレーザ装置および極端紫外（E U V）光を生成するための装置に関する。

背景技術

[0002] 集積回路の製造等に用いるリソグラフィ装置は、所望のパターンを基板上に転写する装置である。基板上に回路パターンを生成するために、マスク又はレチクルと呼ばれるパターンニングデバイスを用いる。基板上へのそのパターンの転写は、基板（例えばシリコンウェーハ基板）上に設けられた放射感応性材料（レジスト）層上への結像によって行われる。

[0003] パターン転写の理論推定限界値C D（critical dimension）は、以下の式（1）によって与えられる。

$$[0004] \quad C D = k_1 \cdot \lambda / N A \quad (1)$$

[0005] ここで、 λ は、パターン転写に用いられる露光用光の波長であり、N Aは、パターン転写に用いられる投影システムの開口数であり、 k_1 は、レイリー定数と呼ばれる、プロセス依存係数である。C Dは、プリントされたクリティカルディメンションである。式（1）から分かる通り、転写可能サイズを縮小するためには、露光用光の波長 λ を短くすること、開口数N Aを大きくすること、又は k_1 の値を小さくすることの3つのいずれかによって達成することができる。

[0006] 露光用光の波長を短くして、これにより転写可能サイズを縮小するためには、10 nmから20 nmの範囲内、望ましくは13 nmから14 nmの範囲内の波長のE U V光を生成する装置を用いることが提案されている。代表的なE U V光生成装置は、レーザ生成プラズマ式E U V光生成装置、放電プラズマ式E U V光生成装置、及び電子蓄積リングからのシンクロトロン放射

式EUV光生成装置などが挙げられる。

[0007] 通常、レーザ生成プラズマ：LPP (Laser Produced Plasma) 式EUV光生成装置では、スズ (Sn) のドロップレットがレーザビーム照射を受けてプラズマ化され、EUV波長範囲における光が生成される。このレーザビームは、例えばCO₂レーザ装置によって供給されてもよい。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開第2010 - 186990号明細書

特許文献2：米国特許第5386431号明細書

特許文献3：特開第2009 - 26854号明細書

概要

[0009] 少なくともひとつのシード光源より出力されるシード光が入力され、増幅されるスラブ型増幅器は、第1貫通口と第2貫通口が設けられ、レーザ増幅媒体が収容されるチャンバと、前記第1貫通口を密閉するように設けられた第1のウィンドウと、第1のウィンドウを保持する第1のウィンドウホルダと、前記第2貫通口を密閉するように設けられた第2のウィンドウと、第2のウィンドウを保持する第2のウィンドウホルダと、前記チャンバ内において互いに所定の間隔を設けて対向配置された一对の平板状電極と、前記チャンバ内に配置された光学系であって、前記シード光が前記第1のウィンドウを透過して前記一对の電極間へ入射し、繰り返し反射されることによって前記一对の電極間を通過し、前記第2ウィンドウを透過して出力されるように設置され、かつ、シード光を前記間隔内で繰り返し反射させることで増幅光を生成するように配置される光学系と、を前記間隔内で繰り返し反射させることで増幅光を生成するように配置される光学系と、前記第2貫通口にて前記チャンバを密閉するように設けられ、前記第1のウィンドウと前記電極との間に設けられ、前記シード光のビーム断面積以上であって前記第1のウィンドウの面積以下の大きさの面積の開口部が設けられた第1のアパーチャ板

と、前記第2のウインドウと前記電極との間に設けられ、前記増幅光のビーム断面積以上であって前記第2のウインドウの面積以下の大きさの面積の開口部を有する第2のアパーチャ板と、を備えてよい。

[0010] 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。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]図1は、本開示の一態様による例示的なレーザ生成プラズマ式EUV光生成装置の概略構成を示す。

[図2]図2は、スラブ型増幅器の概略図を示す。

[図3]図3は、スラブ型増幅器の概略図を示す。

[図4]図4は、自励発振が起こっているスラブ型増幅器を示す。

[図5]図5は、レーザ光のビームを制限するアパーチャ板が設置されたスラブ型増幅器の実施形態を示す。

[図6]図6は、レーザ光のビームを制限するアパーチャ板が設置されたスラブ型増幅器の実施形態を示す。

[図7]図7は、図5、6に図示されたスラブ型増幅器の実施形態に設置されたアパーチャ板を示す。

[図8]図8は、V字型アパーチャ板を備えるスラブ型増幅器の実施形態を示す。

[図9]図9は、V字型アパーチャ板を備えるスラブ型増幅器の実施形態を示す。

[図10]図10は、図5、6に図示されたスラブ型増幅器の実施形態に設置されたV字型アパーチャ板を示す。

[図11]図11は、ウインドウを含むホルダが、シード光と増幅光に対してそれぞれ所定の角度で傾斜するように設置されたスラブ型増幅器の実施形態を示す。

[図12]図12は、ウインドウを含むホルダが、シード光と増幅光に対してそれぞれ所定の角度で傾斜するように設置されたスラブ型増幅器の実施形態を

示す。

[図13]図 1 3 は、ウインドウとチャンバの間に容器が設置されたスラブ型増幅器の実施形態を示す。

[図14]図 1 4 は、ウインドウとチャンバの間に容器が設置されたスラブ型増幅器の実施形態を示す。

[図15]図 1 5 は、容器内部にラビリンスが設置されたスラブ型増幅器の実施形態を示す。

[図16]図 1 6 は、容器内部にラビリンスが設置されたスラブ型増幅器の実施形態を示す。

[図17]図 1 7 は、本開示の実施形態のスラブ型増幅器が適用されうる再生増幅器を含むレーザ装置を示す。

[図18]図 1 8 は、本開示の実施形態のスラブ型増幅器を含むレーザ装置を示す。

実施形態

[0012] <内容>

< 1. 極端紫外 (EUV) 光生成装置の全体説明>

< 1. 1 構成>

< 1. 2 動作>

< 2. スラブ型増幅器>

< 2. 1 構成>

< 2. 2 動作>

< 2. 3 課題>

< 3. 自励発振を抑制するスラブ型増幅器>

< 3. 1 レーザ光のビームを抑制するアパーチャ板の設置>

< 3. 2 放電領域へ入る反射光を減らすウインドウを含むホルダの設置角度>

< 3. 3 反射光を吸収する容器の設置>

< 3. 4 ラビリンスの設置>

<4. スラブ型増幅器の適用例>

<4. 1 スラブ型増幅器を含む再生増幅器>

<4. 2 スラブ型増幅器を含むEUV光生成装置>

[0013] 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、本開示の一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。

[0014] <1. EUV光生成装置の全体説明>

<1. 1 構成>

図1に本開示の一態様による例示的なレーザ生成プラズマ式EUV光生成装置（以下、LPP式EUV光生成装置と称する）1の概略構成を示す。LPP式EUV光生成装置1は、少なくとも1つのレーザ装置3と共に用いることができる。LPP式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光生成システムと称する。図1に示し、かつ以下に詳細に説明するように、LPP式EUV光生成装置1は、チャンバ2を含むことができる。チャンバ2内は好ましくは真空である。あるいは、チャンバ2の内部にEUV光の透過率が高いガスが存在していてもよい。また、LPP式EUV光生成装置1は、ターゲット供給システムを更に含むことができる。ターゲット供給システムは、例えばドロップレット生成器26であってもよい。ターゲット供給システムは、例えばチャンバ2の壁に取り付けられていてもよい。ターゲット供給システムは、ターゲットの材料となるスズ、リチウム、キセノン、又はそのいずれかの組合せを含むことができるが、ターゲットの材料はこれらに限定されない。

[0015] チャンバ2には、その壁を貫通する少なくとも1つの孔が設けられている。その貫通孔はウインドウ21によって塞がれていてもよい。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光集光ミラー23が配置されてもよい。回転楕円面形状のミラーは、第1の焦点、及び第2の

焦点を有する。EUV光集光ミラー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であるプラズマ生成サイト25又はその近傍に位置し、その第2の焦点がEUV集光ミラー23によって反射されるEUV光の集光位置である中間焦点(IF)292に位置するように配置されるのが好ましい。EUV光集光ミラー23の中央部には貫通孔24が設けられていてもよく、その貫通孔24をパルスレーザー光33が通過することができる。

[0016] 再び図1を参照するに、LPP式EUV光生成装置1は、EUV光生成制御システム5を含むことができる。また、LPP式EUV光生成装置1は、ターゲット撮像装置4を含むことができる。

[0017] 更に、LPP式EUV光生成装置1は、チャンバ2内部と露光装置6内部とを連通する連通管29を含むことができる。連通管29内部にはアパーチャ板を備えた壁291を含むことができ、そのアパーチャ板が第2の焦点位置にあるように壁291を設置することができる。

[0018] 更に、LPP式EUV光生成装置1は、レーザー光進行方向制御アクチュエータ34、レーザー光集光ミラー22、ドロップレット27のターゲット回収器28なども含むことができる。

[0019] <1.2 動作>

図1を参照するに、レーザー装置3から出射されたパルスレーザー光31は、レーザー光進行方向制御アクチュエータ34を経てパルスレーザー光32としてウィンドウ21を透過してチャンバ2内に入射してもよい。パルスレーザー光32は、レーザー装置3から少なくとも1つのレーザービーム経路に沿ってチャンバ2内に進み、レーザー光集光ミラー22で反射して少なくとも1つのターゲットに照射されてもよい。

[0020] ドロップレット生成器26は、ドロップレットターゲットをチャンバ2内部のプラズマ生成サイト25に向けて出力してもよい。ドロップレットターゲットには、少なくとも1つのパルスレーザー光33が照射される。レーザー光

に照射されたドロップレットターゲットはプラズマ化し、そのプラズマから EUV 光が発生する。なお、1つのドロップレットターゲットに、複数のパルスレーザ光が照射されてもよい。

[0021] EUV 光生成制御システム 5 は、EUV 光生成システム全体の制御を統括することができる。EUV 光生成制御システム 5 はドロップレット撮像装置によって撮像されたドロップレット 27 のイメージ情報等処理することができる。EUV 光生成制御システム 5 はまた、例えばドロップレットターゲット 27 を出力するタイミングの制御、及びドロップレットターゲット 27 の出力方向の制御の少なくとも 1 つを行うことができる。EUV 光生成制御システム 5 は更に、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 31 の進行方向の制御、及び集光位置変更の制御の少なくとも 1 つを行うことができる。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を追加することもできる。

[0022] <2. スラブ型増幅器>

<2. 1 構成>

図 2 と図 3 は、スラブ型増幅器 40 の概略図を示す。図 1 に示された LLP 式 EUV 光生成装置 1 においては、スラブ型増幅器 40 は、レーザ装置 3 内に設けられてよい。図 2 の左下と図 3 の左下には、それぞれの図の座標系が示されている。

[0023] スラブ型増幅器 40 は、チャンバ 47 と RF 電源 41 を含んでもよい。チャンバ 47 は、入射ウインドウ 54 を含む入射ウインドウホルダ 50 と出射ウインドウ 55 を含む出射ウインドウホルダ 53 と、1 対の平板状の電極 42、43 と、光学系を含んでもよい。スラブ型増幅器 40 は、第 1 凹面ミラー 48、該第 1 凹面ミラー 48 を保持する第 1 凹面ミラーホルダ 49、第 2 凹面ミラー 51、及び該第 2 凹面ミラー 51 を保持する第 2 凹面ミラーホルダ 52 を含んでもよい。

[0024] チャンバ 47 の内部には、レーザ増幅媒体が封入されていてもよい。本実施形態では、レーザ増幅媒体は CO₂ ガスを含むレーザガスであってよい。

入射ウインドウ 5 4 を含む入射ウインドウホルダ 5 0 と出射ウインドウ 5 5 を含む出射ウインドウホルダ 5 3 は、それぞれチャンバ 4 7 を密閉するように設置されてよい。

[0025] 1 対の平板状の電極 4 2, 4 3 は、Y 軸方向に所定の間隔を設けて対向するように設置され、かつ、RF 電源 4 1 と接続されてもよい。スラブ型増幅器 4 0 の各構成は以下の 1 ~ 4 が実現されるように配置されてよい。

1. 入射ウインドウ 5 4 から電極 4 2 と電極 4 3 との間の放電領域 4 4 へ入射したシード光 4 5 が、XZ 面内で、第 2 凹面ミラー 5 1 によって所定の反射角で反射される。

2. 続いて第 2 凹面ミラー 5 1 によって反射された光が、XZ 面内で、第 1 凹面ミラー 4 8 によって所定の反射角で反射される。

3. その後 1 と 2 が繰り返されながら、放電領域 4 4 を往復する光は、ジグザグ状に進行して増幅される。

4. 最終的に、増幅された光は、増幅光 4 6 として出射ウインドウ 5 5 から出力される。

[0026] <2. 2 動作>

RF 電源 4 1 によって、スラブ型増幅器 4 0 の 1 対の電極 4 2, 4 3 間には電圧が印加されてもよい。その結果、電極 4 2, 4 3 間で放電が生じ、放電領域 4 4 が形成され、CO₂ ガスを含むレーザガスが励起され得る。

[0027] CO₂ ガスを含むレーザガスが励起された状態で、パルスレーザ光であるシード光 4 5 が、入射ウインドウ 5 4 を介してチャンバ 4 7 内に入射し、放電領域 4 4 を通過して増幅され、第 2 凹面ミラー 5 1 に到達し得る。

[0028] その後この増幅光は、第 2 凹面ミラー 5 1 によって反射され、放電領域 4 4 を通過することによってさらに増幅され、第 1 凹面ミラー 4 8 に到達し得る。

[0029] その後この増幅光は、第 1 凹面ミラー 4 8 によって高反射され、放電領域 4 4 を通過することによってさらに増幅され、再び第 2 凹面ミラー 5 1 に到達し得る。

[0030] 上述したように、この増幅光は、第1凹面ミラー48と第2凹面ミラー51により繰り返し反射されることで、放電領域44をジグザグ状に進行する。たとえば、スラブ型増幅器40では、増幅光は、第1凹面ミラー48と第2凹面ミラー51によって各4回反射され、9本の光路を生成してもよい。その結果この増幅光は、さらに増幅され得る。

[0031] スラブ型増幅器40における9番目の光路である最終光路を進行する増幅光は、出射ウインドウ55を介して、増幅光46として出力され得る。

[0032] ここで、シード光45は、シード光源であるマスターオシレータ(MO)58から出力されたパルスレーザ光であってもよいし、MO58と複数段の増幅器を備えるレーザ装置の場合であれば、シード光45は、前段の増幅器で増幅されたパルスレーザ光であってもよい。

[0033] <2.3 課題>

本願発明者等の実験によれば、RF電源41により電極42, 43間で放電が起こることで、スラブ型増幅器40のレーザガスが励起された状態では、シード光45が入射しなくても、自励発振が観測された。自励発振が起きた状態でシード光45が入射すると、シード光45を、パルス波形等シード光45の特性を反映した増幅をすることが困難になり得る。

[0034] 図4は、スラブ型増幅器40内部で自励発振が起こっている場合の光路を示す。自励発振が起こる原因は、放電領域44で生成される自然放出光が、入射ウインドウ54又は入射ウインドウホルダ50と出射ウインドウ55又は出射ウインドウホルダ53のような反射物によって反射されるためと推定される。より詳細に説明すると、以下のようなことが起こっていると考えられる。

1. 入射ウインドウ54又は入射ウインドウホルダ50と出射ウインドウ55又は出射ウインドウホルダ53によって反射された自然放出光は、第2凹面ミラー51によって所定の反射角で反射される。

2. 続いて第2凹面ミラー51によって反射された光は、第1凹面ミラー48によって所定の反射角で反射される。

3. その後1と2が繰り返されながら、放電領域44で反射された自然放出光は、ジグザグ状に進行して増幅される。

[0035] その結果、自励発振光56, 57が、入射ウインドウ54と出射ウインドウ55の両方を透過して出力されると考えられる。

[0036] たとえウインドウ54, 55に反射防止（AR）コーティングが施されても、反射率が約0.2%以下とならず、自励発振の原因となり得る。また、ウインドウホルダ50, 53及びその周りの金属部品は、50%以上の反射率を有するので、自然放出光の反射が生じることで、自励発振が起こり得る。

[0037] <3. 自励発振を抑制するスラブ型増幅器>

<3. 1 レーザ光のビームを抑制するアパーチャ板の設置>

図5と図6は、レーザ光のビームを抑制するアパーチャ板が設置されたスラブ型増幅器の実施形態を示す。図7は、図5, 6に図示されたスラブ型増幅器の実施形態に設置されたアパーチャ板を示す。図5と図6に図示されたスラブ型増幅器60は、図2～4に図示されたスラブ型増幅器40と略同一であるが、設計された光路上に、それぞれ開口部が形成されたアパーチャ板61, 62が配置されている点でスラブ型増幅器40とは異なる。図5と図6では、アパーチャ板61, 62は、チャンバ47と別部材として図示されているが、アパーチャ板61, 62は、チャンバ47と同一部材として形成されてもよい。

[0038] チャンバ47に設けられた第1貫通口63の中心軸と第1アパーチャ板61の第1開口部65の中心軸が一致するように配置されてよい。さらに第2貫通口64の中心軸と第2アパーチャ板62の第2開口部66の中心軸が一致するように配置されてよい。

[0039] 第1開口部65, 第2開口部66の形状は、図7のように、X軸方向の寸法がY軸方向の寸法よりも長い略長方形であってよい。第1アパーチャ板61の第1開口部65および第2アパーチャ板62の第2開口部66の形状は、アパーチャ板61, 62の位置でのそれぞれのシード光45とその増幅光4

6 の設計されたビーム断面と相似形でもよい。第 1 開口部 6 5 および第 2 開口部 6 6 の面積は、アパーチャ板 6 1, 6 2 の位置でのそれぞれのシード光 4 5 とその増幅光 4 6 の設計されたビーム断面積の大きさと略同一か僅かに大きくてもよい。また、第 1 開口部 6 5 および第 2 開口部 6 6 の面積は、入射ウインドウ 5 4 および出射ウインドウ 5 5 におけるレーザ光が透過する面の面積以下の大きさであってよい。アパーチャ板 6 1, 6 2 が、チャンバ 4 7 と一体で形成される場合は、第 1 貫通口 6 3、第 2 貫通口 6 4 が、それぞれ第 1 開口部 6 5 および第 2 開口部 6 6 の構成を兼ねてもよい。

[0040] アパーチャ板の材料は、アルミニウムを含む金属材料であってよく、アパーチャ板の表面は、CO₂レーザ光の反射率が低い黒アルマイト処理したものであってもよい。

[0041] 図 5 と図 6 に図示されているように、シード光 4 5 およびその増幅光 4 6 は、それぞれアパーチャ板 6 1, 6 2 を通過し得る。一方、放電領域 4 4 で生成される自然放出光の多くはアパーチャ板 6 1, 6 2 によって通過を抑制されるので、ウインドウ若しくはホルダ又はそれらの周辺部による反射光の発生が低減され得る。その結果、自励発振光の出力は抑制され得る。反射光発生の低減はたとえば、アパーチャ板 6 1, 6 2 が、反射光を吸収又は散乱することによって実現されうる。

[0042] 本願発明者等による試験結果では、アパーチャ板 6 1, 6 2 が設置された図 5 ～ 7 のスラブ型増幅器 6 0 での自励発振は、アパーチャ板が設置されていない図 2 ～ 4 のスラブ型増幅器 4 0 での自励発振の約 1 / 15 に抑制されたことが明らかになった。

[0043] スラブ型増幅器 6 0 の光学系を構成する第 1 凹面ミラー 4 8 と第 2 凹面ミラー 5 1 の曲率半径は、第 1 アパーチャ板 6 1 位置におけるシードレーザ光の像を第 2 アパーチャ板 6 2 の位置に転写して結像するように設計されてもよい。第 1 アパーチャ板 6 1 位置におけるシードレーザ光の像は、ビームウエストの像とする様に設計されてもよい。このような設計は、アパーチャ板 6 1, 6 2 の第 1 開口部 6 5, 第 2 開口部 6 6 のサイズを小さくし得るので、

自励発振はさらに抑制され得る。

[0044] アパーチャ板 6 1, 6 2 の他の材料および表面としては、シリコン基板の上にカーボンナノチューブ、カーボン、ダイヤモンドライクカーボン (DLC)、又は誘電体多層膜がコーティングされたものであってもよい。このように、アパーチャ板 6 1, 6 2 により CO₂ レーザ光を吸収する構成とすることで、アパーチャ板 6 1, 6 2 からの反射による自励発振が抑制され得る。

[0045] アパーチャ板 6 1, 6 2 の厚さは、それぞれシード光 4 5 と増幅光 4 6 が、第 1 開口部 6 5 と第 2 開口部 6 6 内を導波モード (guided mode) で進行しないような厚さで形成されるとよい。また、例えば第 1 開口部 6 5 と第 2 開口部 6 6 の光路に近い側の板厚を他の部分よりも薄く形成してナイフエッジ形状としてもよい。

[0046] 図 8, 9 は、アパーチャ板 6 1, 6 2 の代わりに V 字型アパーチャ板 7 1, 7 2 を備えるスラブ型増幅器 7 0 の実施形態を示す。図 10 は、V 字型アパーチャ板 7 1, 7 2 を示す。図 8 に示されているように、V 字型アパーチャ板 7 1, 7 2 は、各アパーチャ板のブレード 7 3 の設置角度が、開口部を通過するレーザ光の光路中心軸に垂直な面に対してある角度をなすように傾斜して設置されている。ブレード 7 3 による反射光が放電領域 4 4 内へ入ることが抑制され得る。

[0047] <3. 2 放電領域へ入る反射光を減らすウインドウを含むホルダの設置角度>

図 11 と図 12 は、アパーチャ板 6 1, 6 2 が設置され、かつウインドウを含むホルダ 8 1, 8 2 が、シード光 4 5 とそのシード光が増幅された増幅光 4 6 の光路の中心軸に対してそれぞれ所定の角度で傾斜するように設置されたスラブ型増幅器 8 0 の実施形態を示す。

[0048] 図 11 と図 12 に図示されたスラブ型増幅器 8 0 は、図 5 ~ 10 に図示されたスラブ型増幅器 6 0, 7 0 と略同一であるが、ウインドウを含むホルダ 5 0, 5 3 が、チャンバ 4 7 の貫通口を通過するレーザ光の光路中心軸に垂

直な面に対して傾いて設置された点でスラブ型増幅器 60、70とは異なる。

- [0049] 入射ウインドウ 54 を含む入射ウインドウホルダ 50 と出射ウインドウ 55 を含む出射ウインドウホルダ 53 は、それぞれ第 1 ホルダ受け 81 と第 2 ホルダ受け 82 を介して、反射光が放電領域 44 に入射するのを抑制するように、それぞれ第 1 貫通口 63 および第 2 貫通口 64 を通過するレーザ光の光路中心軸に垂直な面に対して傾けて設置されてもよい。入射ウインドウホルダ 50 と第 1 ホルダ受け 81 は一体で形成されてもよい。出射ウインドウホルダ 53 と第 2 ホルダ受け 82 は一体で形成されてもよい。
- [0050] シード光 45 およびその増幅光 46 は、アパーチャ板 61、62 を通過できるので、シード光 45 は増幅され得る。一方、自然放出光の多くは、アパーチャ板 61、62 によって通過を制限されるので、ウインドウ若しくはホルダ又はそれらの周辺部からの反射光は低減され得る。その結果、自励発振光の出力は抑制され得る。
- [0051] さらに、アパーチャ板 61、62 の各開口部を通過した自然放出光は、ウインドウ 54、55 に入射し、一部は反射され得る。この反射光は、図 11 に示されているように、アパーチャ板 61、62 によるケラレ (mechanical vignetting) によって、放電領域 44 へ入射することが抑制される。その結果、さらに自励発振は抑制され得る。
- [0052] 本願発明者等による試験結果では、ウインドウ 54、55 が傾けて設置されているスラブ型増幅器 80 での自励発振の出力は、図 5 ～ 10 に図示されたウインドウが傾けて設置されていないスラブ型増幅器 60、70 での自励発振の出力よりも、さらに約 1 / 10 に抑制された。
- [0053] 図 11 では、入射ウインドウ 54 と出射ウインドウ 55 が、貫通口を通過するレーザ光の光路中心軸に垂直な面に対して互いに異なる方向に傾斜している。しかし入射ウインドウ 54 と出射ウインドウ 55 の両方が、貫通口を通過するレーザ光の光路中心軸に垂直な面に対して同じ方向に傾斜してもよい。また、入射ウインドウ 54 と出射ウインドウ 55 とは、Z 軸以外の軸を回

転軸として傾斜する構成であってもよく、例えばX軸やY軸を回転軸として傾斜する構成でもよい。

[0054] このようにウインドウ 5 4, 5 5 を設置することによって、例えば 2 つのスラブ型増幅器が直列に設置された場合、第 1 のスラブ型増幅器の出射ウインドウと第 2 のスラブ型増幅器の入射ウインドウの反射光がそれぞれの増幅器に入射するのを抑制し得る。

[0055] < 3. 3 反射光を吸収する容器の設置 >

図 1 3 と図 1 4 は、ウインドウとチャンバの間に容器 9 1, 9 2 が設置されたスラブ型増幅器 9 0 の実施形態を示す。

[0056] 図 1 3 と図 1 4 に図示されたスラブ型増幅器 9 0 は、図 1 1, 1 2 に図示されたスラブ型増幅器 8 0 と略同一であるが、それぞれ 2 つの開口を備える 2 つの容器 9 1, 9 2 が、第 1 ホルダ受け 8 1 とチャンバ 4 7 との間及び第 2 ホルダ受け 8 2 とチャンバ 4 7 との間にそれぞれ設置されている点でスラブ型増幅器 8 0 とは異なる。

[0057] 容器 9 1, 9 2 の開口は、シード光 4 5 とその増幅光 4 6 を通過させるのに十分な大きさであってよい。

[0058] 容器の材料は、アルミニウムを含む金属材料であってもよい。容器内外部の表面は、CO₂レーザ光の反射率が低くなるように黒アルマイト処理されていてもよい。さらに好ましくは、容器内部の材料および表面は、シリコン基板の上にカーボンナノチューブをコーティングしたものであってもよい。

[0059] シード光 4 5 およびその増幅光 4 6 は、アパーチャ板 6 1, 6 2 の各開口部を通過できるので、シード光 4 5 は放電領域 4 4 内へ進入し、増幅され得る。一方、自然放出光の多くは、アパーチャ板 6 1, 6 2 によって制限されるので、ウインドウ若しくはホルダ又はそれらの周辺部からの反射光が低減され得る。その結果、自励発振光の出力は抑制され得る。

[0060] さらに、アパーチャ板 6 1, 6 2 の各開口部を通過した自然放出光は、ウインドウに入射し、一部はそのウインドウによって反射され得る。この反射光は、図 1 3 に示すように、容器 9 1, 9 2 の壁に入射し得る。

[0061] その後、この容器 9 1, 9 2 の壁に入射した光は、反射する度に吸収され減衰し得る。たとえば、黒アルマイト処理されたアルミニウムは、CO₂レーザ光に対して約3%の反射率を有する。よってたとえば、自然放出光が容器内部で3回反射されると、その反射された自然放出光は0.0027%に減衰しうる。その結果、図11, 12の構成よりもさらに、自励発振は抑制され得る。

[0062] 容器 9 1, 9 2 の内面の材料および表面は、シリコン基板の上にカーボンナノチューブをコーティングしたものであってもよい。係るコーティングは、1~2%以下の反射率を有するので、自励発振をさらに抑制し得る。

[0063] 黒アルマイト処理は、ウインドウのホルダ、ホルダ受け、アパーチャ板 6 1, 6 2、チャンバの貫通孔の内面に施されてもよい。自然放出光や自然放出光の反射光が照射される部品で、アルミニウムで形成されていない部品には、表面が黒アルマイト処理されたアルミニウムの部品が、光が入射する部位の表面に設置されてもよい。黒アルマイト処理が行われる際には、無機染料によってアルマイト表面の微細な孔を閉じる封孔処理が行われることが好ましい。

[0064] 容器 9 1, 9 2 内において、ウインドウまたはホルダからの反射光が十分に低減されうるように容器 9 1, 9 2 が構成されている場合は、第1アパーチャ板 6 1 と第2アパーチャ板 6 2 は、設置しなくてもよい。

[0065] <3. 4 ラビリンスの設置>

図15と図16は、容器 9 1, 9 2 内部にラビリンスが設置されたスラブ型増幅器 100 の実施形態を示す。図15と図16に図示されたスラブ型増幅器 100 は、図13, 14 に図示されたスラブ型増幅器 90 と略同一であるが、容器 9 1, 9 2 内にラビリンス 101, 102 が配置されている点でスラブ型増幅器 90 とは異なる。

[0066] ラビリンス 101, 102 は、複数個のアパーチャ板によって構成されてもよい。スラブ型増幅器 100 は、前記複数個のアパーチャ板の開口の中心と、シード光 45 とそのシード光が増幅された増幅光 46 の設計上の光路の

中心とが一致するように設置されてもよい。

[0067] ラビリンス 101, 102 における複数個のアパーチャ板の各開口の面積は、各アパーチャ板の位置におけるシード光 45 とそのシード光 45 を増幅した増幅光 46 のビーム断面積の大きさ以上であってもよい。

[0068] ラビリンス 101, 102 における複数個のアパーチャ板はアルミニウムで形成され、その表面には黒アルマイト処理が施されていてもよい。

[0069] ウインドウまたはホルダからの反射光はラビリンスによって、複数回反射されることで減衰し得る。その結果、図 13, 14 の構成に比べて、さらに、ウインドウまたはホルダからの反射光は低減し得る。

[0070] 容器内 91, 92 のラビリンス 101, 102 が、ウインドウまたはホルダからの反射光を十分に低減できる場合は、第 1 アパーチャ板 61 と第 2 アパーチャ板 62 は、設置しなくてもよい。

[0071] <4. スラブ型増幅器の適用例>

<4. 1 スラブ型増幅器を含む再生増幅器>

図 17 は、本実施形態のスラブ型増幅器が適用されうる再生増幅器 110 を含むレーザ装置を示す。当該レーザ装置は、MO114 と、本実施形態のスラブ型増幅器を備える再生増幅器 110 を含んでもよい。図示されているスラブ型増幅器は容器 91, 92 を備えているが、容器 91, 92 を備えていない本実施形態のスラブ型増幅器も、再生増幅器 110 に適用されてよい。

[0072] 再生増幅器 110 は、第 1 高反射ミラー 112 と第 2 高反射ミラー 118、第 1 EO ポッケルスセル 111 と第 2 EO ポッケルスセル 119、第 1 偏光子 113 と第 2 偏光子 117、及び、スラブ型増幅器 40, 60, 70, 80, 90, 100 のいずれかを含んでもよい。

[0073] MO114 は、CO2 レーザの波長のレーザ光を発振する量子カスケードレーザ (QCL) であってよい。MO114 は、例えば紙面に対して垂直な偏光方向を有するパルスレーザ光を出力してもよい。

[0074] EO ポッケルスセル 111, 119 は、図示されない電源に接続され、電

源をON状態にしている間は電気光学結晶に電圧が印加され、電気光学結晶に入射する光の偏光状態を変換させて出射させる。EOポッケルスセル111, 119は、図示されない電源がOFF状態の間は電気光学結晶に入射する光の偏光状態を変換させずに透過させる。

[0075] MO114から出力されたパルスレーザ光が、第1偏光子113によって反射され、電源がON状態の第1EOポッケルスセル111に入射し、透過することによって円偏光に変換され得る。続いて、円偏光に変換されたパルスレーザ光は、第1高反射ミラー112によって折り返され、再び電源がON状態の第1EOポッケルスセル111を透過して、紙面に対して平行な偏光方向を有するレーザ光に変換され得る。

[0076] このパルスレーザ光は、第1ウインドウ115から容器を介してスラブ型増幅器の放電領域へ入射する。続いて放電領域へ入射したパルスレーザ光は、スラブ型増幅器内の第2凹面ミラーによって所定の反射角で反射され、その後第1凹面ミラーによって所定の反射角で反射される。このような第1凹面ミラーと第2凹面ミラーによる反射が繰り返されることで、放電領域へ入射したパルスレーザ光は増幅され得る。その結果、紙面に対して平行な偏光方向を有する増幅されたパルスレーザ光が、第2ウインドウ116から出射され得る。

[0077] この第2ウインドウから出射された、紙面に対して平行な偏光のパルスレーザ光は、第2偏光子117を高透過し、電圧がOFF状態の第2EOポッケルスセル119を透過し得る。その後紙面に対して水平方向に偏光したパルスレーザ光は、第2高反射ミラー118によって折り返され、再び電圧がOFF状態の第2EOポッケルスセル119を透過し、第2偏光子117を高通過し得る。

[0078] 第2偏光子117を高通過した後、紙面に対して平行方向に偏光したパルスレーザ光は、スラブ型増幅器へ第2ウインドウ116から放電領域へ入射し得る。続いて放電領域へ入射したパルスレーザ光は、スラブ型増幅器内の第1凹面ミラーによって所定の反射角で反射され、その後第2凹面ミラーに

よって所定の反射角で反射され得る。このような第1凹面ミラーと第2凹面ミラーによる反射が繰り返されることで、放電領域へ入射したパルスレーザー光は増幅され得る。その結果、増幅光が、第1ウインドウ115側に出力され得る。

[0079] さらに、この増幅されたパルスレーザー光は、第1偏光子113と電圧がOFF状態の第1EOポッケルスセル111を透過し、第1高反射ミラー112によって高反射されて、再び電圧がOFF状態の第1EOポッケルスセル111及び第1偏光子113を高透過し得る。

[0080] 上述したように、MO114から出力されたパルスレーザー光は、第1高反射ミラー112と第2高反射ミラー118による共振器間を往復して、増幅され得る。

[0081] MO114から出力されたパルスレーザー光が、この共振器間を往復して所定のエネルギーまで増幅された後、第2EOポッケルスセル119は、電源をON状態とすることによって、前記増幅されたパルスレーザー光の偏光状態を、水平方向の偏光から垂直方向の偏光に変換し得る。それにより前記の垂直方向の偏光に変換されたパルスレーザー光は、第2偏光子117によって高反射されることで、再生増幅光120として共振器の外部へ出力されてよい。

[0082] <4. 2 スラブ型増幅器を含むEUV光生成装置>

図18は、本実施形態のスラブ型増幅器を含むレーザー装置130を示す。

[0083] LPP式EUV光生成装置用のレーザー装置130は、少なくとも1つのスラブ型増幅器を含むレーザー装置であってもよい。当該、レーザー装置130はMO131と、第1スラブ型増幅器(PA1)と、第2スラブ型増幅器2(PA2)と、第1高反射ミラー132と、第2高反射ミラー133と、リレー光学系134と、PA3と、PA4を含んでもよい。図示されているスラブ型増幅器PA1、PA2はそれぞれ容器91、92を備えているが、容器91、92を備えていない本実施形態のスラブ型増幅器も、レーザー装置130に適用されてよい。

[0084] 第1スラブ型増幅器と第2スラブ型増幅器は直列に連続して配置してもよい。PA3およびPA4は、高速軸流型の増幅器であってもよい。リレー光学系134は、第1及び第2のスラブ型増幅器から出力されたレーザ光のビーム形状をPA3の放電領域に一致させるように変換する光学系であってもよい。

[0085] 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。

[0086] 本明細書及び添付の特許請求の範囲全体で使用される用語は、「限定的でない」用語と解釈されるべきである。例えば、「含む」又は「含まれる」という用語は、「含まれるものとして記載されたものに限定されない」と解釈されるべきである。「有する」という用語は、「有するものとして記載されたものに限定されない」と解釈されるべきである。また、本明細書、及び添付の特許請求の範囲に記載される不定冠詞「1つの」は、「少なくとも1つ」又は「1又はそれ以上」を意味すると解釈されるべきである。

符号の説明

- [0087]
- 1 レーザ生成プラズマ式EUV光生成装置
 - 2 チャンバ
 - 3 レーザ装置
 - 4 ターゲット撮像装置
 - 5 EUV光生成制御システム
 - 6 露光装置
 - 21 ウインドウ
 - 22 レーザ光集光ミラー
 - 23 EUV集光ミラー
 - 24 貫通孔
 - 25 プラズマ生成サイト
 - 26 ドロップレット生成器

- 27 ドロップレット
- 28 ターゲット回収器
- 32 パルスレーザ光
- 33 パルスレーザ光
- 34 アクチュエータ
- 40 スラブ型増幅器
- 41 R F 電源
- 42 平板状の電極
- 43 平板状の電極
- 44 放電領域
- 45 シード光
- 46 増幅光
- 47 チャンバ
- 48 第1凹面ミラー
- 49 第1凹面ミラーホルダ
- 50 入射ウインドウホルダ
- 51 第2凹面ミラー
- 52 第2凹面ミラーホルダ
- 54 入射ウインドウ
- 55 出射ウインドウ
- 56 自励発振光
- 57 自励発振光
- 58 マスターオシレータ (MO)
- 60 スラブ型増幅器
- 61 アパーチャ板
- 62 アパーチャ板
- 63 第1貫通口
- 64 第2貫通口

- 6 5 第1開口部
- 6 6 第2開口部
- 7 0 スラブ型増幅器
- 8 0 スラブ型増幅器
- 8 1 第1ホルダ
- 8 2 第2ホルダ
- 9 0 スラブ型増幅器
- 9 1 第1容器
- 9 2 第2容器
- 1 0 0 スラブ型増幅器
- 1 0 1 ラビリンス
- 1 0 2 ラビリンス
- 1 1 0 再生増幅器
- 1 1 1 第1 E O ポッケルスセル
- 1 1 2 第1 高反射ミラー
- 1 1 3 第1 偏光子
- 1 1 4 マスターオシレータ (MO)
- 1 1 7 第2 偏光子
- 1 1 8 第2 高反射ミラー
- 1 1 9 第2 E O ポッケルスセル
- 1 2 0 再生増幅光
- 1 3 0 レーザ装置
- 1 3 1 マスターオシレータ (MO)
- 1 3 2 第1 高反射ミラー
- 1 3 3 第2 高反射ミラー
- 1 3 4 リレー光学系
- 1 3 5 スラブ型増幅器
- 1 3 6 スラブ型増幅器

1 3 7 E U V チャンバ

2 9 1 壁

2 9 2 中間焦点

請求の範囲

- [請求項1] 少なくともひとつのシード光源より出力されるシード光が入力され、増幅されるスラブ型増幅器であって、
- 第1貫通口と第2貫通口が設けられ、レーザ増幅媒体が収容されるチャンバと、
- 前記第1貫通口を密閉するように設けられた第1のウインドウと、第1のウインドウを保持する第1のウインドウホルダと、
- 前記第2貫通口を密閉するように設けられた第2のウインドウと、第2のウインドウを保持する第2のウインドウホルダと、
- 前記チャンバ内において互いに所定の間隔を設けて対向配置された一対の平板状電極と、
- 前記チャンバ内に配置された光学系であって、前記シード光が前記第1のウインドウを透過して前記一対の電極間へ入射し、繰り返し反射されることによって前記一対の電極間を通過し、前記第2ウインドウを透過して出力されるように設置され、かつ、シード光を前記間隔内で繰り返し反射させることで増幅光を生成するように配置される光学系と、
- 前記第1のウインドウと前記電極との間に設けられ、前記シード光のビーム断面積以上であって前記第1のウインドウの面積以下の大きさの面積の開口部を有する第1のアパーチャ板と、
- 前記第2のウインドウと前記電極との間に設けられ、前記増幅光のビーム断面積以上であって前記第2のウインドウの面積以下の大きさの面積の開口部を有する第2のアパーチャ板と、
- を備えるスラブ型増幅器。
- [請求項2] 前記第1のアパーチャ板の厚さは、前記シード光が、前記第1のアパーチャ板の開口部内を導波モードで進行することを抑制するのに十分な薄さで、かつ、
- 前記第2のアパーチャ板の厚さは、前記増幅光が、前記第2のアパ

ーチャ板の開口部内を導波モードで進行することを抑制するのに十分な薄さである、

請求項 1 に記載のスラブ型増幅器。

[請求項3] 前記第 1 のアパーチャ板及び前記第 2 のアパーチャ板は、ナイフエッジ形状を有する、請求項 1 に記載のスラブ型増幅器。

[請求項4] 前記第 1 のアパーチャ板及び前記第 2 のアパーチャ板は、CO₂レーザの波長に対して低反射率表面を有する、請求項 1 に記載のスラブ型増幅器。

[請求項5] 前記第 1 のアパーチャ板及び前記第 2 のアパーチャ板は、カーボンナノチューブ、カーボン、ダイヤモンドライクカーボン（DLC）、及び誘電多層膜のうちの少なくとも 1 つによりコーティングされた表面を有する、請求項 1 に記載のスラブ型増幅器。

[請求項6] 前記アパーチャ板は、前記チャンバと一体に構成されている、請求項 1 に記載のスラブ型増幅器。

[請求項7] 前記アパーチャ板の開口周辺部が、前記アパーチャ板により反射される光が前記放電領域へ入射することを抑制するように、前記開口部を通過するレーザ光の光路中心軸に垂直な面に対して傾斜する、請求項 1 に記載のスラブ型増幅器。

[請求項8] 前記第 1 のウインドウホルダは、前記第 1 貫通口にて前記チャンバを密閉するように設けられた前記第 1 のウインドウを保持して前記第 1 貫通口を通過するレーザ光の光路中心軸に垂直な面に対して傾斜するよう構成され、

前記第 2 のウインドウホルダは、前記第 2 貫通口にて前記チャンバを密閉するように設けられた前記第 2 のウインドウを保持して前記第 2 貫通口を通過するレーザ光の光路中心軸に垂直な面に対して傾斜するよう構成される、

請求項 1 に記載のスラブ型増幅器。

[請求項9] 前記第 1 のウインドウ及び前記第 1 のウインドウホルダと前記チャ

ンバとの間に設けられた、前記第 1 貫通口と位置合わせされた第 1 入射開口と、該第 1 入射開口に対向して設けられた第 2 入射開口を備え、光を吸収する壁を備える第 1 容器と、

前記第 2 のウインドウ及び前記第 2 のウインドウホルダと前記チャンバとの間に設けられた、前記第 2 貫通口と位置合わせされた第 1 出射開口と、該第 1 出射開口に対向して設けられた第 2 出射開口を備え、光を吸収する壁を備える第 2 容器と、

をさらに備え、

前記第 1 のウインドウ及び前記第 1 のウインドウホルダは前記第 1 容器に対して傾斜し、

前記第 2 のウインドウ及び前記第 2 のウインドウホルダは前記第 2 容器に対して傾斜する、

請求項 1 に記載のスラブ型増幅器。

[請求項 10]

少なくともひとつのシード光源より出力されるシード光が入力され、増幅されるスラブ型増幅器であって、

第 1 貫通口と第 2 貫通口が設けられ、レーザ増幅媒体を収容するチャンバと、

前記チャンバ内において互いに所定の間隔を設けて対向配置された一对の平板状電極と、

前記第 1 貫通口を密閉するように設けられた第 1 のウインドウと、該第 1 のウインドウを、前記第 1 のウインドウの法線が前記第 1 貫通口を通過するレーザ光の光路中心軸に垂直な面に対して傾斜するように保持する第 1 のウインドウホルダと、

前記第 2 貫通口を密閉するように設けられた第 2 のウインドウと、該第 2 のウインドウを、前記第 2 のウインドウの法線が第 2 貫通口を通過するレーザ光の光路中心軸に垂直な面に対して傾斜するように保持する第 2 のウインドウホルダと、

前記チャンバ内に配置された光学系であって、前記シード光が前記

第1のウィンドウを透過して前記一对の電極間へ入射し、繰り返し反射されることによって前記一对の電極間を通過し、前記第2のウィンドウを透過して出力されるように設置され、かつ、シード光を前記間隔内で繰り返し反射させることで増幅光を生成するように配置される光学系と、

を備えるスラブ型増幅器。

[請求項11] 前記第1のウィンドウと前記電極との間に設けられ、前記シード光のビーム断面積以上であって前記第1のウィンドウの面積以下の大きさの面積の開口部を有する第1のアパーチャ板と、

前記第2のウィンドウと前記電極との間に設けられ、前記増幅光のビーム断面積以上であって前記第2のウィンドウの面積以下の大きさの面積の開口部を有する第2のアパーチャ、

をさらに備える、請求項10に記載のスラブ型増幅器。

[請求項12] 前記第1のウィンドウ及び前記第1のウィンドウホルダと前記チャンバとの間に設けられた、前記第1貫通口と位置合わせされた第1入射開口と、該第1入射開口に対向して設けられた第2入射開口を備え、光を吸収する壁を備える第1容器と、

前記第2のウィンドウ及び前記第2のウィンドウホルダと前記チャンバとの間に設けられた、前記第2貫通口と位置合わせされた第1出射開口と、該第1出射開口に対向して設けられた第2出射開口を備え、光を吸収する壁を備える第2容器と、

をさらに備える、請求項10に記載のスラブ型増幅器。

[請求項13] 少なくともひとつのシード光源より出力されるシード光が入力され、増幅されるスラブ型増幅器であって、

第1貫通口と第2貫通口が設けられ、レーザ増幅媒体が收容されるチャンバと、

前記チャンバ内において互いに所定の間隔を設けて対向配置された一对の平板状電極と、

前記第 1 貫通口と位置合わせされた第 1 入射開口と、該第 1 入射開口に対向して設けられた第 2 入射開口を備え、光を吸収する壁を備える第 1 容器と、

前記第 2 入射開口にて前記第 1 容器を密閉するように設けられ、前記第 1 容器の密閉された面に対して傾斜する第 1 のウインドウホルダと、

前記第 1 のウインドウホルダに保持される第 1 のウインドウと、

前記第 2 貫通口と位置合わせされた第 1 出射開口と、該第 1 出射開口に対向して設けられた第 2 出射開口を備え、光を吸収する壁を備える第 2 容器と、

前記第 2 出射開口にて前記第 2 容器を密閉するように設けられ、前記第 2 容器の密閉された面に対して傾斜する第 2 のウインドウホルダと、

前記第 2 のウインドウホルダに保持される第 2 のウインドウと、

前記チャンバ内に配置された光学系であって、前記シード光が前記第 1 のウインドウを透過して前記一对の電極間へ入射し、繰り返し反射されることによって前記一对の電極間を通過し、前記第 2 のウインドウを透過して出力されるように設置され、かつ、シード光を前記間隔内で繰り返し反射させることで増幅光を生成するように配置される光学系と、

を備えるスラブ型増幅器。

[請求項14] 前記第 1 容器及び/又は前記第 2 容器は、低反射率の内面を有する、請求項 1 3 に記載のスラブ型増幅器。

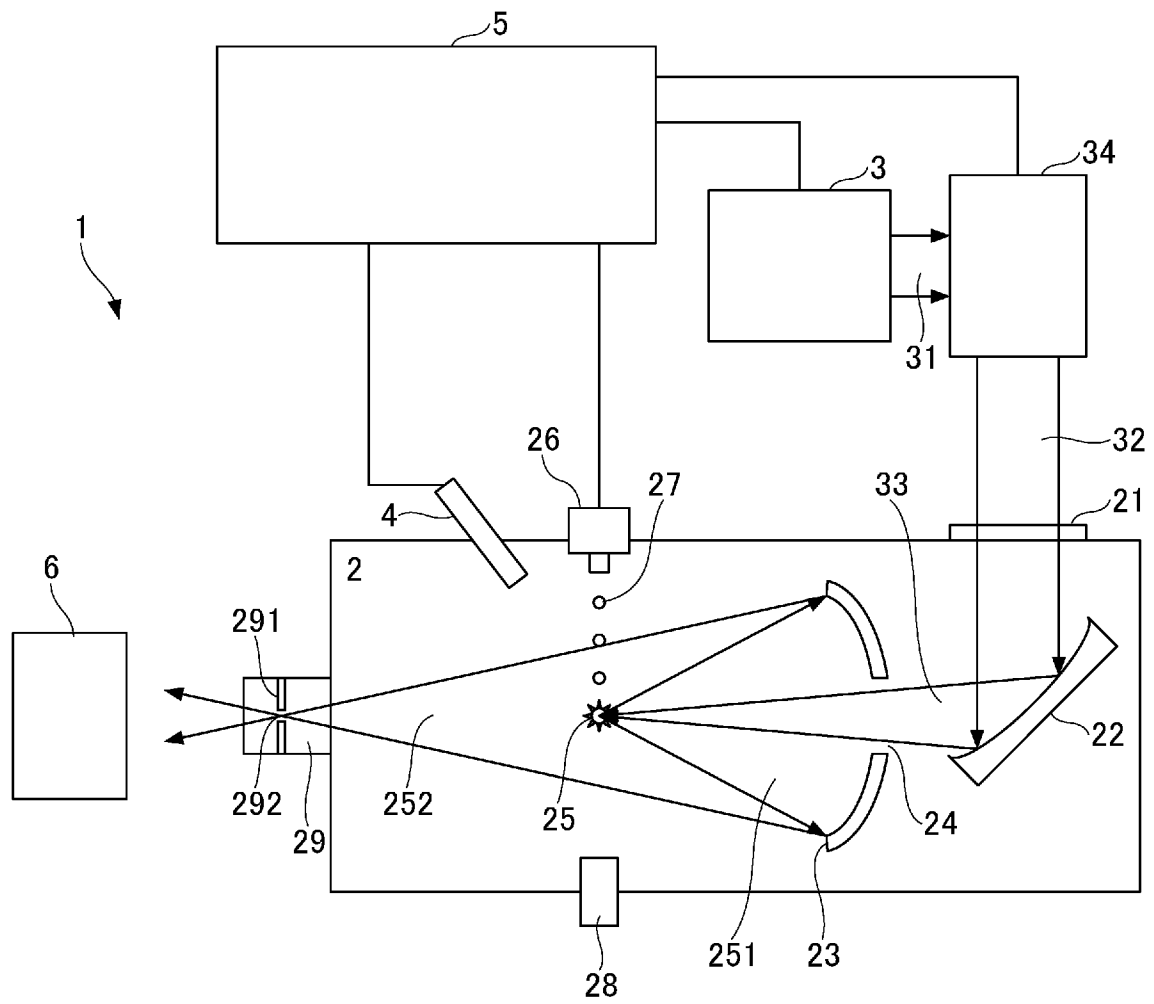
[請求項15] 前記第 1 容器及び/又は前記第 2 容器は、ブレード又はベーンを内部に備える、請求項 1 3 に記載のスラブ型増幅器。

[請求項16] 前記第 1 のウインドウと前記電極との間に設けられ、前記シード光のビーム断面積以上であって前記第 1 のウインドウの面積以下の大きさの面積の開口部を有する第 1 のアパーチャ板と、

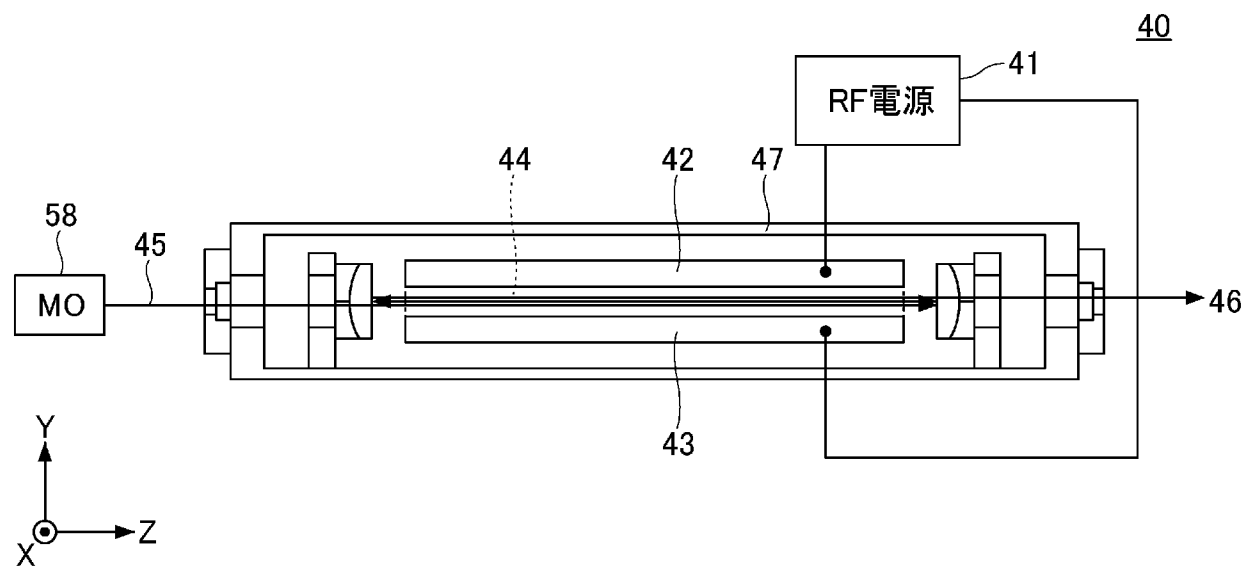
前記第2のウィンドウと前記電極との間に設けられ、前記増幅光の
ビーム断面積以上であって前記第2のウィンドウの面積以下の大きさ
の面積の開口部を有する第2のアーチャと、

をさらに備える、請求項 1 3 に記載のスラブ型増幅器。

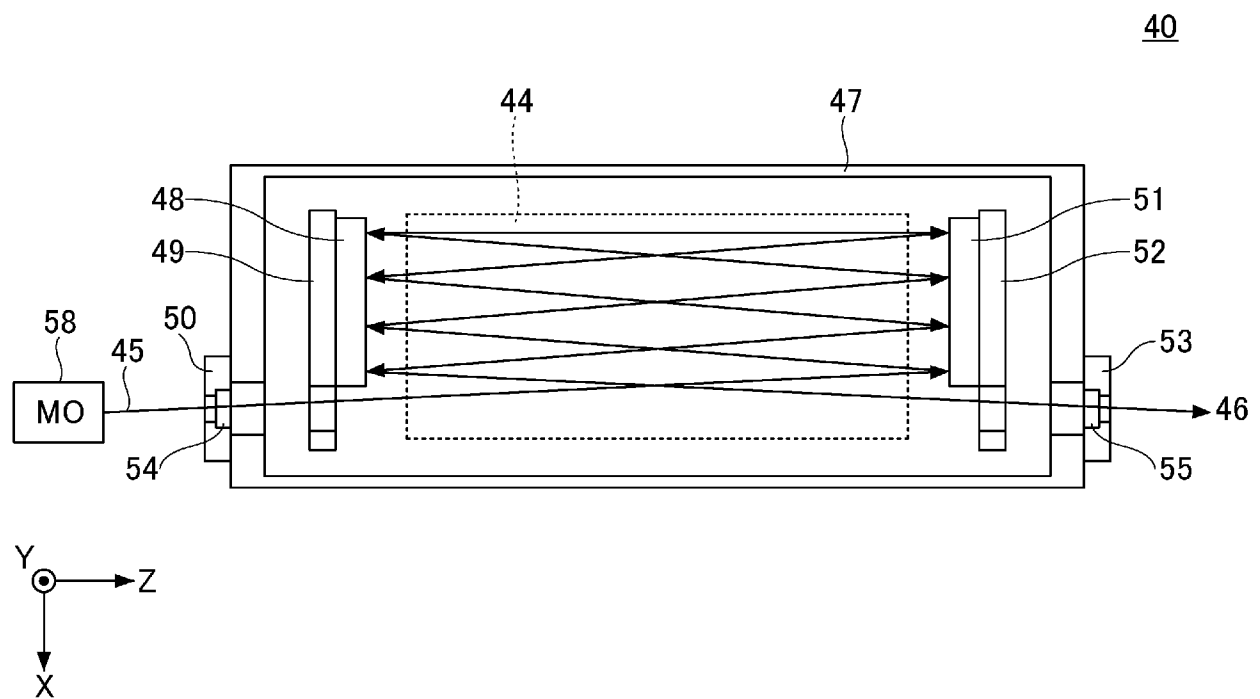
[図1]



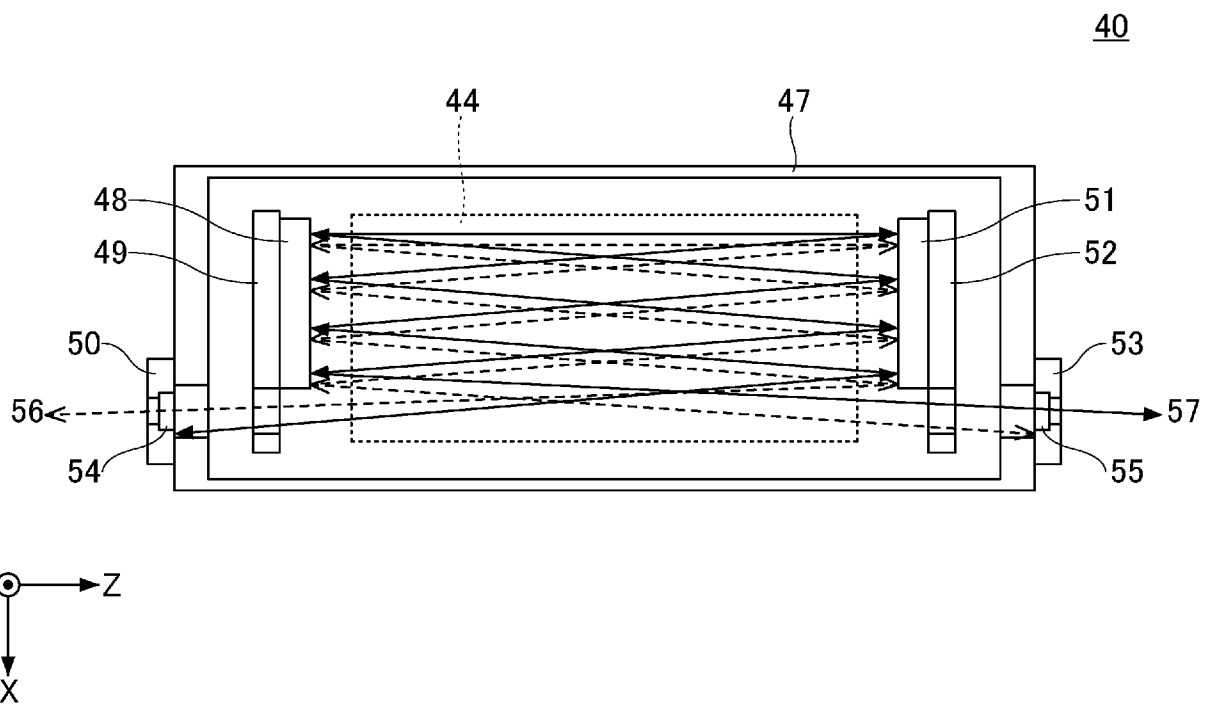
[図2]



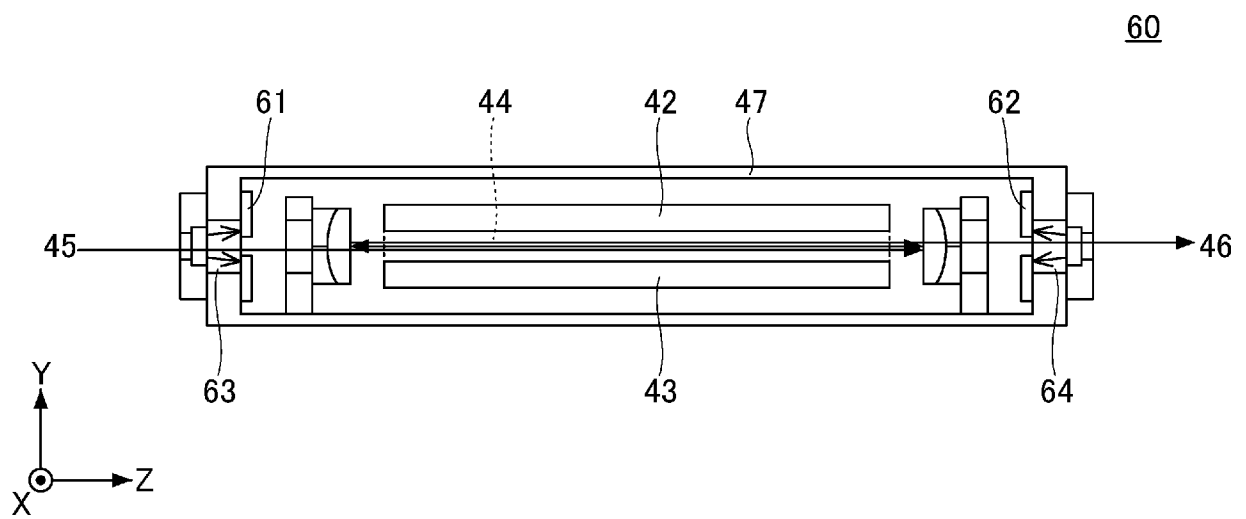
[図3]



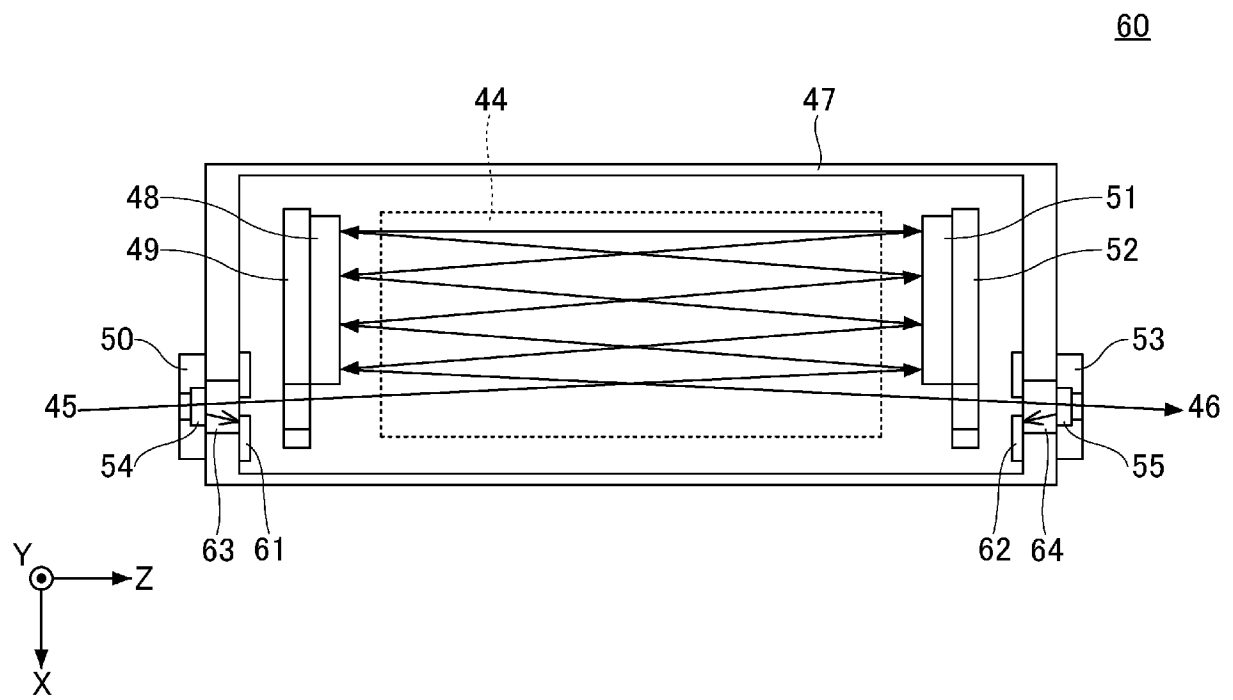
[図4]



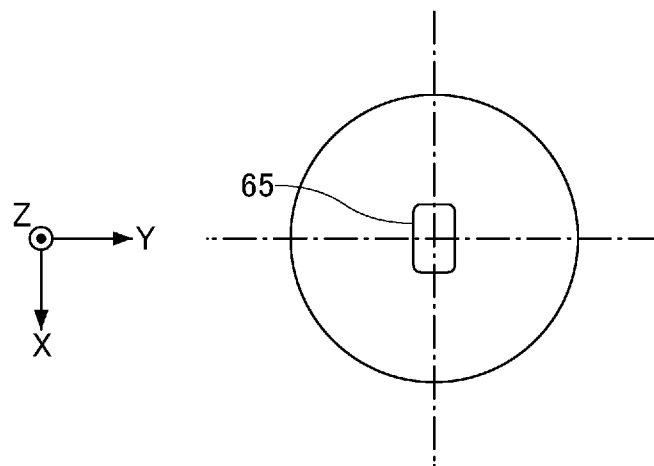
[図5]



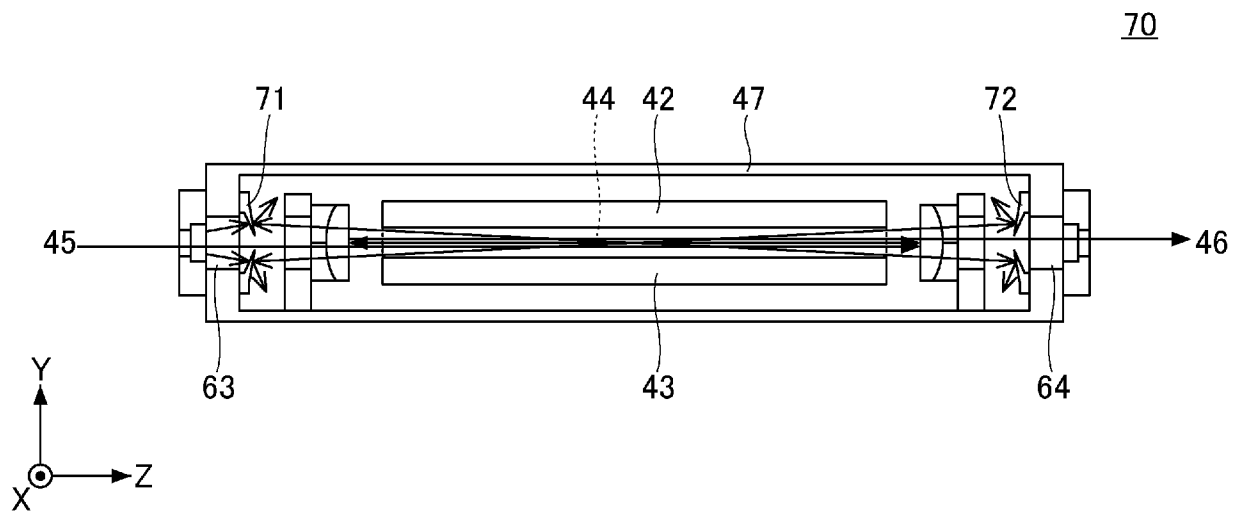
[図6]



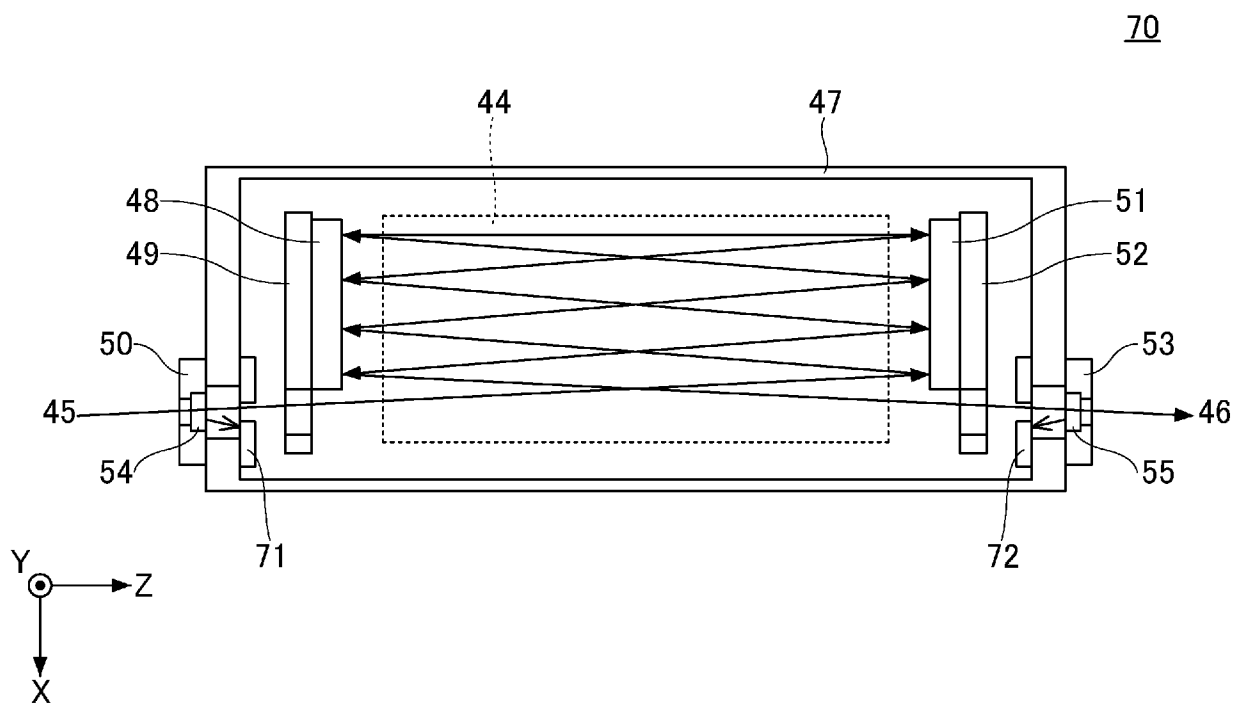
[図7]



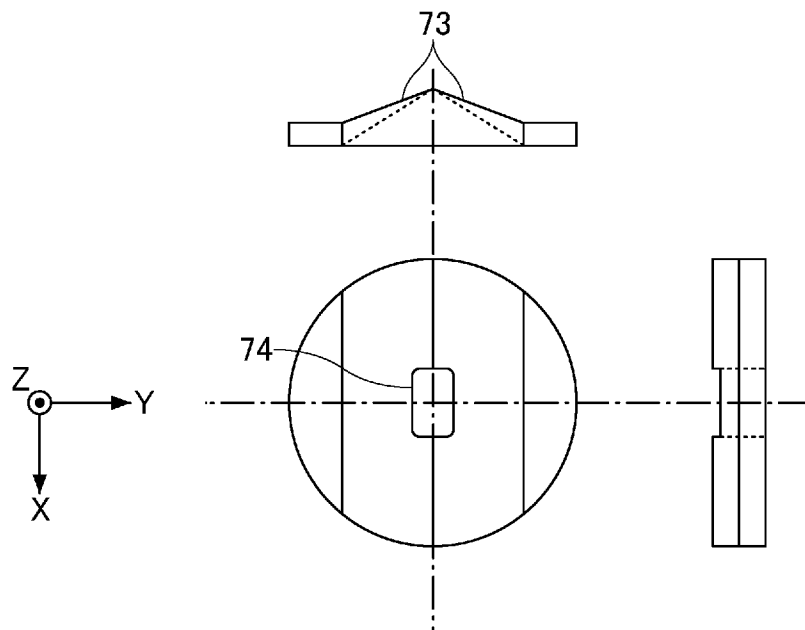
[図8]



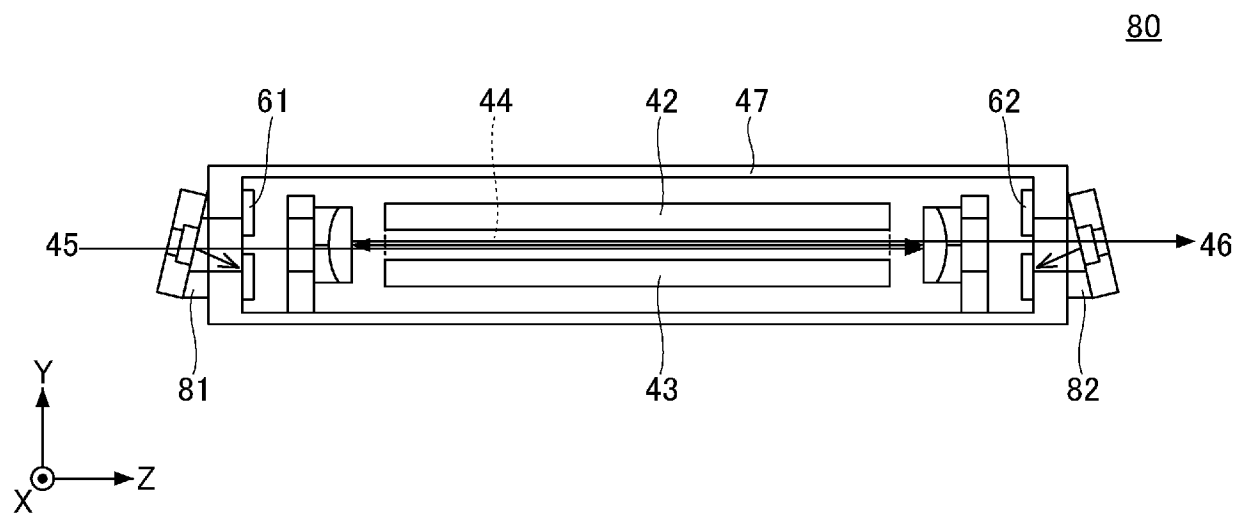
[図9]



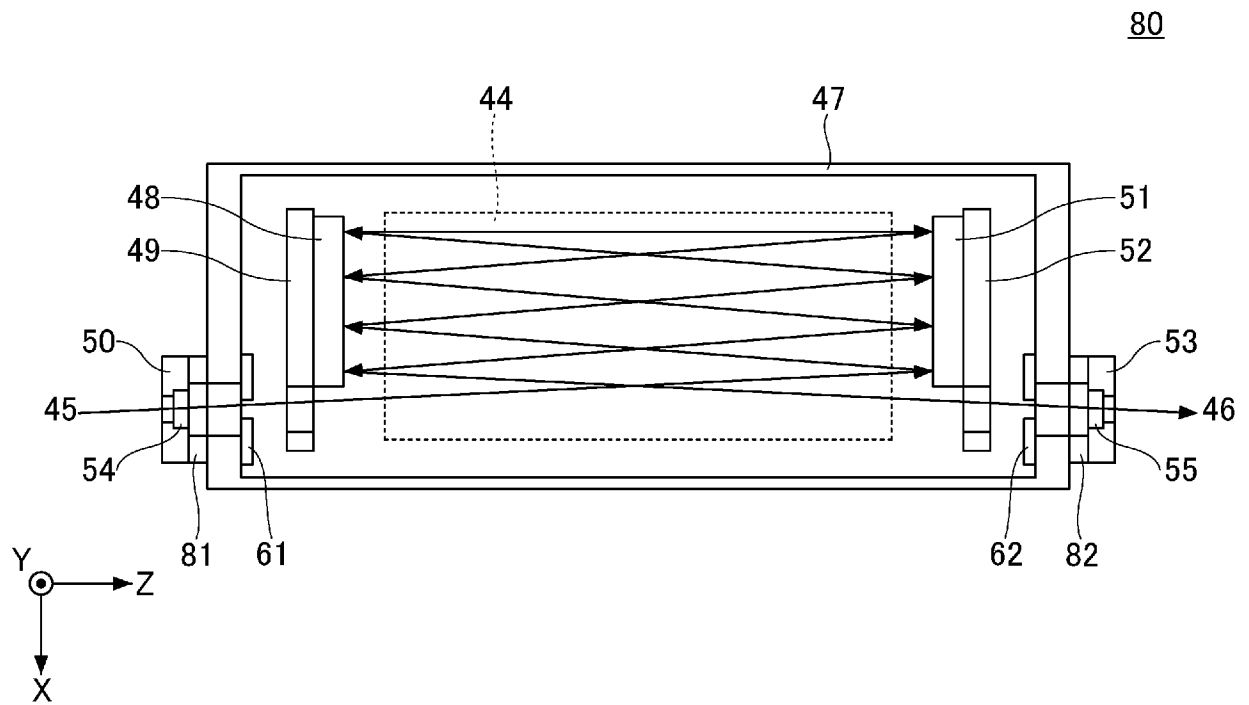
[図10]



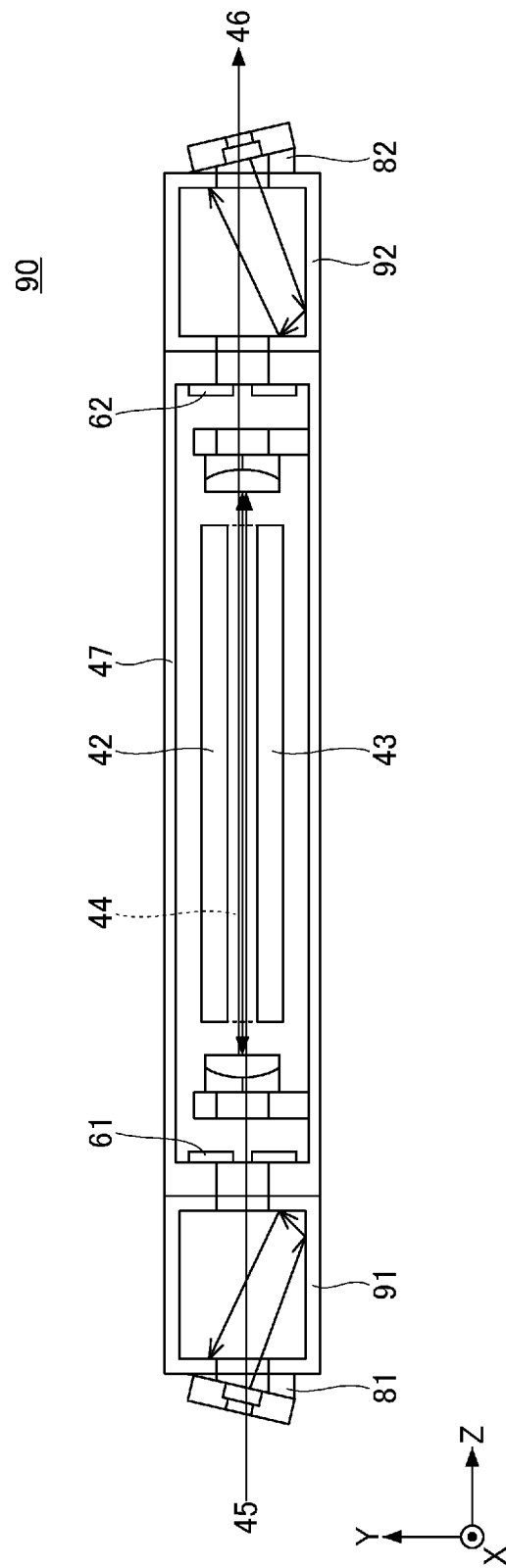
[図11]



[図12]



[図13]



[図14]

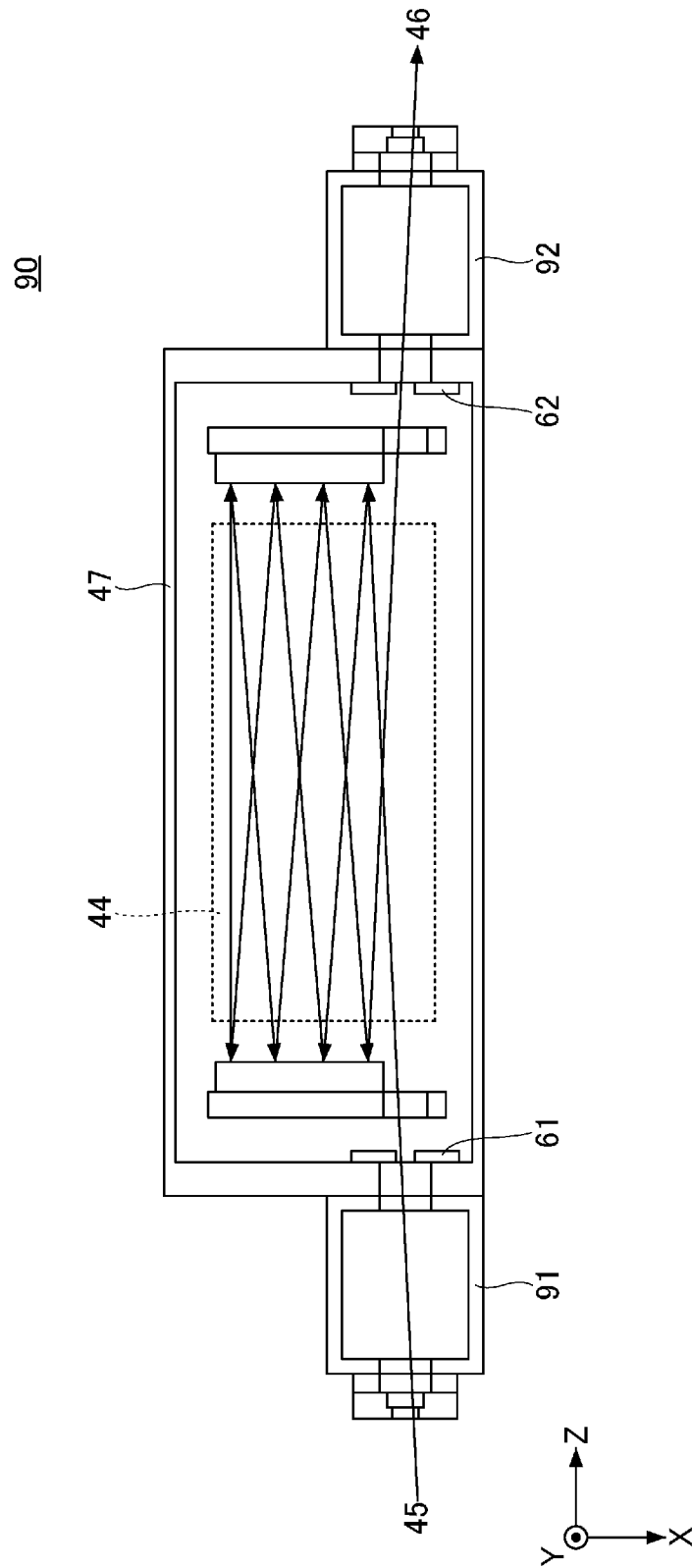
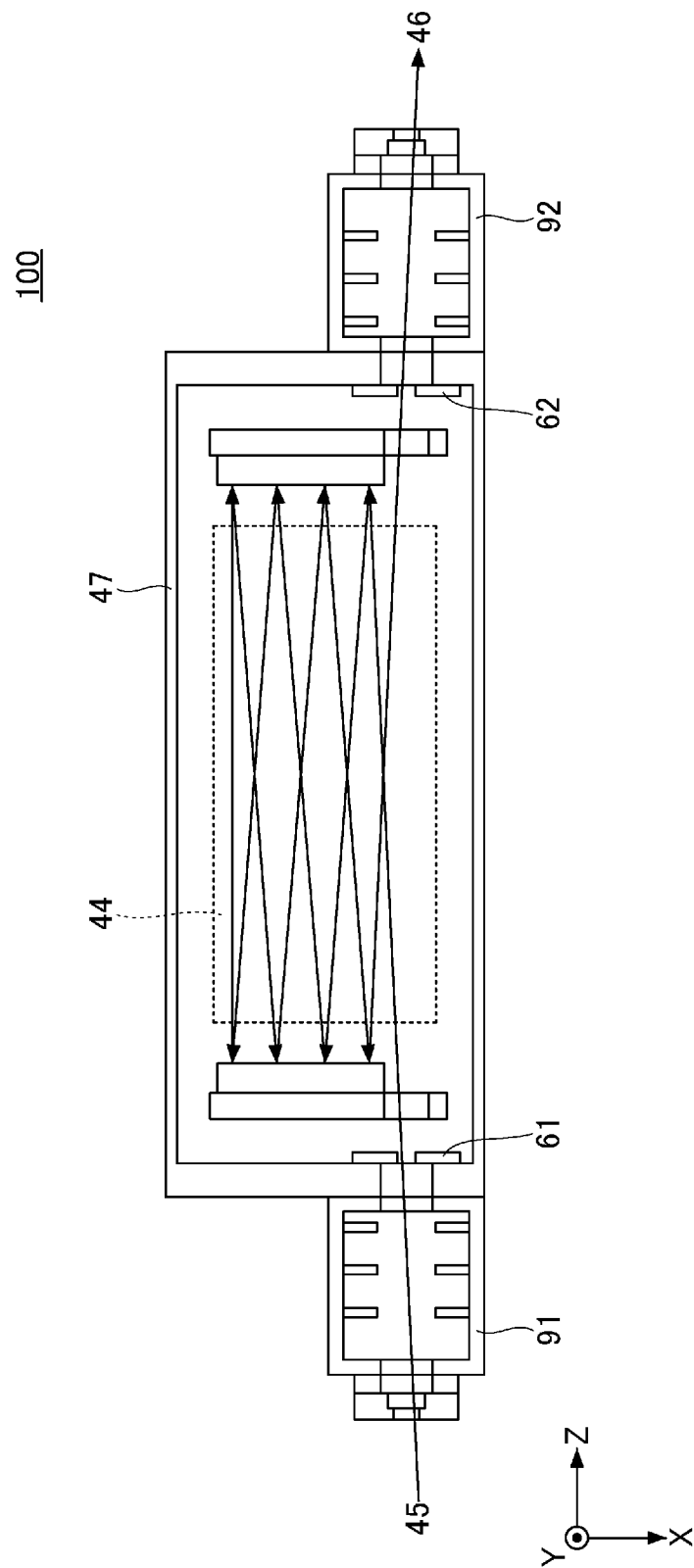
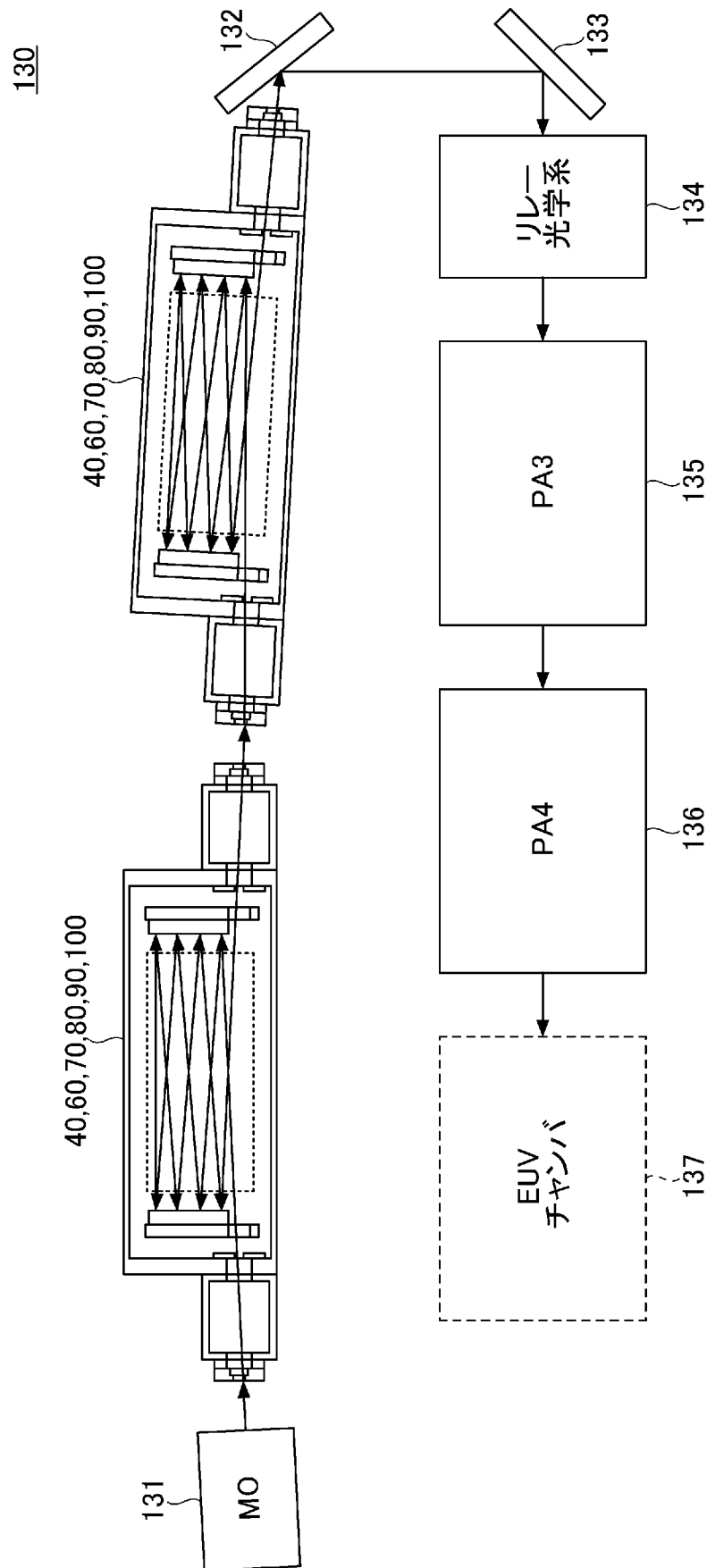


Figure 1 is a schematic diagram of a linear motor assembly 100. The assembly includes a stator 42 with a central bore 44, a rotor 43, and a shaft 47. The stator is divided into two main sections, 45 and 46, which are further divided into sub-sections 61 and 62. The rotor 43 is mounted on the shaft 47 and is positioned between the stator sections. The shaft 47 is supported by bearings 91 and 92. A coordinate system is shown at the bottom right with axes X, Y, and Z.

[図16]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/073976

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01S3/034(2006.01)i, H01S3/08(2006.01)i, H01S3/23(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

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2010-171375 A (Gigaphoton Inc.), 05 August 2010 (05.08.2010), paragraphs [0069] to [0072], [0110]; fig. 13 & US 2010/0193710 A1 & DE 102009045703 A1	1-16
Y	JP 6-152005 A (Komatsu Ltd.), 31 May 1994 (31.05.1994), entire text; all drawings (Family: none)	1-9, 11, 16
Y	JP 11-87807 A (Amada Engineering Center Co., Ltd.), 30 March 1999 (30.03.1999), paragraphs [0004] to [0006]; fig. 1, 2 (Family: none)	1-9, 11, 16

☒ 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
19 November, 2013 (19.11.13)

Date of mailing of the international search report
03 December, 2013 (03.12.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/073976

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-94160 A (Lambda Physik AG.), 29 March 2002 (29.03.2002), paragraph [0027] & US 2002/0018505 A1 & US 6426966 B1	1-9, 11, 16
Y	JP 2002-9378 A (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.), 11 January 2002 (11.01.2002), fig. 1 (Family: none)	3
Y	JP 2003-204104 A (Gigaphoton Inc.), 18 July 2003 (18.07.2003), paragraph [0020] (Family: none)	4, 5
Y	JP 2011-221048 A (Fujifilm Corp.), 04 November 2011 (04.11.2011), paragraph [0053] & US 2011/0244224 A1 & CN 102213777 A & KR 10-2011-0111249 A & TW 201140128 A	5
Y	JP 2005-223295 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 18 August 2005 (18.08.2005), paragraph [0038] (Family: none)	5
Y	JP 2004-528718 A (Saima Inc.), 16 September 2004 (16.09.2004), paragraph [0018] & US 2002/0105994 A1 & WO 2002/093702 A1	7
Y	JP 2003-513437 A (Lambda Physik AG.), 08 April 2003 (08.04.2003), paragraph [0039] & US 6424666 B1 & US 2002/0075932 A1 & WO 2001/031757 A1 & DE 19950124 A1	8-16
Y	JP 8-306999 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 22 November 1996 (22.11.1996), entire text; all drawings (particularly, abstract; claims) (Family: none)	8-16
Y	JP 2-312288 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 27 December 1990 (27.12.1990), page 2, upper left column, lines 5 to 9 (Family: none)	8-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/073976

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 56-137689 A (Mitsubishi Electric Corp.), 27 October 1981 (27.10.1981), entire text; all drawings (Family: none)	9,12-16
Y	JP 4-223382 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 13 August 1992 (13.08.1992), entire text; all drawings (Family: none)	9,12-16

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01S3/034(2006.01)i, H01S3/08(2006.01)i, H01S3/23(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（I P C））

Int.Cl. H01S3/00-3/30

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2010-171375 A（ギガフォトン株式会社）2010.08.05, [0069]-[0072], [0110], 図13 & US 2010/0193710 A1 & DE 102009045703 A1	1-16
Y	JP 6-152005 A（株式会社小松製作所）1994.05.31, 全文、全図 （ファミリーなし）	1-9, 11, 16
Y	JP 11-87807 A（株式会社アマダエンジニアリングセンター） 1999.03.30, [0004]-[0006], 図1, 2等（ファミリーなし）	1-9, 11, 16

☒ 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

1 9 . 1 1 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

0 3 . 1 2 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

杉山 輝和

2 X

9 6 0 8

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 4

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2002-94160 A (ランブダ フィジク アクチェンゲゼルシャフト) 2002. 03. 29, [0027] & US 2002/0018505 A1 & US 6426966 B1	1-9, 11, 16
Y	JP 2002-9378 A (石川島播磨重工業株式会社) 2002. 01. 11, 図 1 等 (ファミリーなし)	3
Y	JP 2003-204104 A (ギガフォトン株式会社) 2003. 07. 18, [0020] (ファミリーなし)	4, 5
Y	JP 2011-221048 A (富士フイルム株式会社) 2011. 11. 04, [0053] & US 2011/0244224 A1 & CN 102213777 A & KR 10-2011-0111249 A & TW 201140128 A	5
Y	JP 2005-223295 A (三洋電機株式会社) 2005. 08. 18, [0038] (ファミリーなし)	5
Y	JP 2004-528718 A (サイマー, インコーポレイテッド) 2004. 09. 16, [0018] & US 2002/0105994 A1 & WO 2002/093702 A1	7
Y	JP 2003-513437 A (ランブダ フィジク アクチェンゲゼルシャフ ト) 2003. 04. 08, [0039] & US 6424666 B1 & US 2002/0075932 A1 & WO 2001/031757 A1 & DE 19950124 A1	8-16
Y	JP 8-306999 A (松下電器産業株式会社) 1996. 11. 22, 全文、全図(特 に、要約欄、特許請求の範囲等参照) (ファミリーなし)	8-16
Y	JP 2-312288 A (松下電器産業株式会社) 1990. 12. 27, 第 2 頁左上欄 第 5-9 行 (ファミリーなし)	8-16
Y	JP 56-137689 A (三菱電機株式会社) 1981. 10. 27, 全文、全図 (ファミリーなし)	9, 12-16
Y	JP 4-223382 A (松下電器産業株式会社) 1992. 08. 13, 全文、全図 (フ ァミリーなし)	9, 12-16