

(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3月31日(31.03.2016)



(10) 国際公開番号

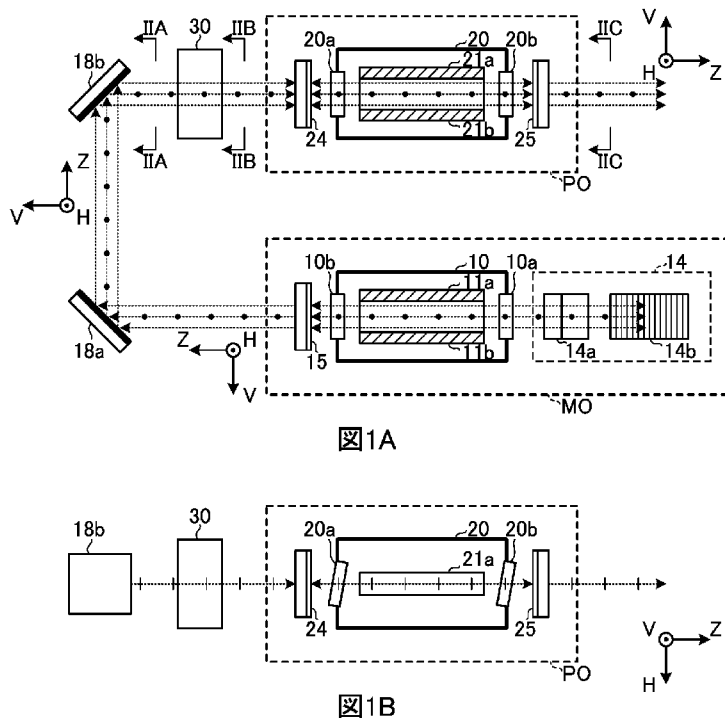
WO 2016/046871 A1

- (51) 国際特許分類:
H01S 3/13 (2006.01) H01S 3/23 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/075018
- (22) 国際出願日: 2014年9月22日(22.09.2014)
- (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: 手井 大輔(TEI Daisuke); 〒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). 熊▲崎▼ 貴仁(KU-MAZAKI Takahito); 〒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). 太田 毅(OHTA Takeshi); 〒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). 若林 理(WAKABAYASHI Osamu); 〒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, 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,

[続葉有]

(54) Title: LASER DEVICE

(54) 発明の名称: レーザ装置



(57) Abstract: This laser device may be provided with: an oscillator that outputs seed light; an amplifier including a laser chamber disposed on the optical path of the seed light, and a pair of discharge electrodes disposed in the laser chamber; and a conversion optical system, which is disposed on the optical path of the seed light, said optical path being between the oscillator and the amplifier, and which converts the seed light such that deterioration of polarization purity of laser light to be outputted from the amplifier is suppressed.

(57) 要約: このレーザ装置は、シード光を出力する発振器と、シード光の光路に配置されたレーザチャンバと、レーザチャンバの中に配置された一対の放電電極と、を含む増幅器と、発振器と増幅器との間のシード光の光路に配置され、増幅器から出力されるレーザ光の偏光純度の低下を抑制するように、シード光を変換する変換光学系と、を備えてもよい。

WO 2016/046871 A1



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.

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).

- (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

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： レーザ装置

技術分野

[0001] 本開示は、レーザ装置に関する。

背景技術

[0002] 半導体集積回路の微細化、高集積化につれて、半導体露光装置においては解像力の向上が要請されている。半導体露光装置を以下、単に「露光装置」という。このため露光用光源から出力される光の短波長化が進められている。露光用光源には、従来の水銀ランプに代わってガスレーザ装置が用いられている。現在、露光用のガスレーザ装置としては、波長248nmの紫外線を出力するKrFエキシマレーザ装置ならびに、波長193nmの紫外線を出力するArFエキシマレーザ装置が用いられている。

[0003] 現在の露光技術としては、露光装置側の投影レンズとウエハ間の間隙を液体で満たして、当該間隙の屈折率を変えることによって、露光用光源の見かけの波長を短波長化する液浸露光が実用化されている。ArFエキシマレーザ装置を露光用光源として用いて液浸露光が行われた場合は、ウエハには水中における波長134nmの紫外光が照射される。この技術をArF液浸露光という。ArF液浸露光はArF液浸リソグラフィーとも呼ばれる。

[0004] KrF、ArFエキシマレーザ装置の自然発振におけるスペクトル線幅は約350～400pmと広いため、露光装置側の投影レンズによってウエハ上に縮小投影されるレーザ光（紫外線光）の色収差が発生して解像力が低下する。そこで色収差が無視できる程度となるまでガスレーザ装置から出力されるレーザ光のスペクトル線幅を狭帯域化する必要がある。スペクトル線幅はスペクトル幅とも呼ばれる。このためガスレーザ装置のレーザ共振器内には狭帯域化素子を有する狭帯域化モジュール（Line Narrow Module）が設けられ、この狭帯域化モジュールによりスペクトル幅の狭帯域化が実現されている。なお、狭帯域化素子はエタロンやグレーティング等であってもよい。

このようにスペクトル幅が狭帯域化されたレーザ装置を狭帯域化レーザ装置という。

概要

- [0005] 本開示の1つの観点に係るレーザ装置は、シード光を出力する発振器と、シード光の光路に配置されたレーザチャンバと、レーザチャンバの中に配置された一対の放電電極と、を含む増幅器と、発振器と増幅器との間のシード光の光路に配置され、増幅器から出力されるレーザ光の偏光純度の低下を抑制するように、シード光を変換する変換光学系と、を備えてもよい。

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1Aは、第1の実施形態に係るエキシマレーザ装置の構成を模式的に示す。図1Bは、図1Aに示されるエキシマレーザ装置の内部構成をV方向から見た模式図である。
- [図2]図2Aは、図1AにIIA-IIA線で示されるビーム断面のビームプロファイルを示す。図2Bは、図1AにIIB-IIB線で示されるビーム断面のビームプロファイルを示す。図2Cは、図1AにIIC-IIC線で示されるビーム断面のビームプロファイルを示す。
- [図3]図3A及び図3Bは、第2の実施形態に係るエキシマレーザ装置において用いられる変換光学系31の構成を模式的に示す。
- [図4]図4A及び図4Bは、第3の実施形態に係るエキシマレーザ装置において用いられる変換光学系32の構成を模式的に示す。
- [図5]図5A及び図5Bは、第4の実施形態に係るエキシマレーザ装置において用いられる変換光学系33の構成を模式的に示す。
- [図6]図6は、第5の実施形態に係るエキシマレーザ装置において用いられる変換光学系34の構成を模式的に示す。
- [図7]図7は、第6の実施形態に係るエキシマレーザ装置において用いられる変換光学系35の構成を模式的に示す。

[図8]図8 A及び図8 Bは、第7の実施形態に係るエキシマレーザ装置において用いられる変換光学系36の構成を模式的に示す。

[図9]図9 A及び図9 Bは、第8の実施形態に係るエキシマレーザ装置において用いられる変換光学系37の構成を模式的に示す。

[図10]図10 A及び図10 Bは、第9の実施形態に係るエキシマレーザ装置において用いられる変換光学系38の構成を模式的に示す。

[図11]図11 Aは、第10の実施形態に係るエキシマレーザ装置において用いられる変換光学系39の構成を模式的に示す。図11 Bは、図11 Aに示される変換光学系39が用いられた場合の増幅器P O内の光路を示す。

[図12]図12は、第11の実施形態に係るエキシマレーザ装置において用いられる増幅器P Aの構成を模式的に示す。

[図13]図13は、第12の実施形態に係るエキシマレーザ装置において用いられる増幅器P Oの構成を模式的に示す。

実施形態

[0007] <内容>

1. 概要
2. 変換光学系を有するエキシマレーザ装置（第1の実施形態）
 2. 1 発振器M O
 2. 2 高反射ミラー18 a及び18 b
 2. 3 増幅器P O
 2. 4 変換光学系30
3. シード光をトップハット状に変換する変換光学系
 3. 1 第2の実施形態
 3. 2 第3の実施形態
4. シード光をビームエキスパンドする変換光学系
 4. 1 第4の実施形態
 4. 2 第5の実施形態
 4. 3 第6の実施形態

5. シード光を2つのビームに分割する変換光学系

5. 1 第7の実施形態

5. 2 第8の実施形態

5. 3 第9の実施形態

5. 4 第10の実施形態

6. 増幅器のバリエーション

6. 1 第11の実施形態

6. 2 第12の実施形態

[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

露光装置の光源として用いられるエキシマレーザ装置においては、高出力化の要求に応えるために、発振器と増幅器とを含むダブルチャンバ方式のレーザ装置が実用化されている。ダブルチャンバ方式のレーザ装置の形態としては、増幅器に共振器ミラーを設けないMOPA (Master Oscillator Power Amplifier) 方式と、増幅器に共振器ミラーを設けるMPO (Master Oscillator Power Oscillator) 方式とがある。このようなエキシマレーザ装置を用いて、ダブルパターンニングやトリプルパターンニングのような多重露光も行われており、スループットを改善するためにさらなる高出力化が求められている。

[0010] しかしながら、レーザ装置を高出力化すると、出力されたレーザ光の偏光純度が低下することがあり得た。偏光純度が低下すると、露光性能に悪影響を及ぼすことがあり得た。また、偏光純度が低下すると、ウィンドウなどの透過光学素子において反射ロスが発生し、増幅効率が低下することがあり得

た。ここで、偏光純度とは、測定対象の光のうち、所望の偏光方向の直線偏光の度合いを示す値でもよい。なお、偏光純度 P は以下の式で定義する。

$$P = (I_1 - I_2) / (I_1 + I_2) \times 100 (\%)$$

ここで、 I_1 は所定の偏光成分の光強度とし、 I_2 は上記所定の偏光成分と直交する偏光成分の光強度とする。

[0011] 本開示の1つの観点によれば、増幅器から出力されるレーザ光の偏光純度の低下を抑制するようにシード光を変換する変換光学系が、発振器と増幅器との間に配置されてもよい。

[0012] 2. 変換光学系を有するエキシマレーザ装置（第1の実施形態）

図1Aは、第1の実施形態に係るエキシマレーザ装置の構成を模式的に示す。図1Aに示されるエキシマレーザ装置は、発振器MOと、増幅器POと、高反射ミラー18a及び18bと、変換光学系30と、を含んでもよい。

[0013] 2. 1 発振器MO

発振器MOは、レーザチャンバ10と、一对の放電電極11a及び11bと、狭帯域化モジュール14と、出力結合ミラー15と、を含んでもよい。発振器MOは、増幅器POに入射させるシード光をレーザ発振して出力するマスターオシレータであってもよい。

[0014] 図1Aにおいては、発振器MOの内部におけるレーザ光の進行方向に略垂直で、且つ、一对の放電電極11a及び11bの間の放電方向に略垂直な方向からみたレーザチャンバ10の内部構成が示されている。図1Aにおいて、レーザ光の進行方向は、Z方向又は-Z方向であってよい。一对の放電電極11a及び11bの間の放電方向は、V方向であってよい。これらの両方に垂直な方向は、H方向であってよい。高反射ミラー18a又は18bによってレーザ光の進行方向が変化するとき、Z方向及びV方向は、当該進行方向の変化に追従して変化してもよい。

[0015] レーザチャンバ10は、例えばアルゴン、ネオン及びフッ素等を含むレーザ媒質としてのレーザガスが封入されるチャンバでもよい。一对の放電電極11a及び11bは、レーザ媒質を放電により励起するための電極として、

レーザチャンバ10内に配置されてもよい。一对の放電電極11a及び11bには、図示しないパルスパワーモジュールからパルス状の高電圧が印加されてもよい。

[0016] 一对の放電電極11a及び11b間に高電圧が印加されると、一对の放電電極11a及び11b間に放電が起こり得る。この放電のエネルギーにより、レーザチャンバ10内のレーザ媒質が励起されて高エネルギー準位に移行し得る。励起されたレーザ媒質が、その後低エネルギー準位に移行するとき、そのエネルギー準位差に応じた光を放出し得る。

[0017] レーザチャンバ10の両端にはウインドウ10a及び10bが設けられてもよい。図1Aには表れていないが、ウインドウ10a及び10bは、これらのウインドウに対する光の入射面とHZ平面とが略一致し、かつ、この光の入射角度が略ブリュースター角となるように配置されてもよい。入射面とは、入射する光の光軸と、この光が入射する境界面の法線とを含む面を意味してもよい。レーザチャンバ10内で発生した光は、ウインドウ10a及び10bを介してレーザチャンバ10の外部に出射してもよい。

[0018] 狭帯域化モジュール14は、プリズム14aと、グレーティング14bとを含んでもよい。プリズム14aは、レーザチャンバ10のウインドウ10aから出射された光のH方向のビーム幅を拡大させて、その光をグレーティング14bに入射させてもよい。また、プリズム14aは、グレーティング14bからの反射光のH方向のビーム幅を縮小させるとともに、その光をレーザチャンバ10側に透過させてもよい。また、プリズム14aは、光を透過させるとき、光の波長に応じて異なった角度で光を屈折させてもよい。従って、プリズム14aは波長分散素子としても機能し得る。さらに、プリズム14aは、プリズム14aの斜面に対する光の入射面がHZ平面と略一致するように配置されてもよい。プリズム14aの斜面には、p偏光の反射を抑制する膜がコートされていてもよい。

[0019] グレーティング14bは、高反射率の材料によって構成され、表面に多数の溝が所定間隔で形成されていてもよい。各溝は例えば三角溝であってもよ

い。グレーティング１４ｂは、プリズム１４ａからグレーティング１４ｂに入射する光の入射角と、所望波長の回折光の回折角とが一致するようにリトロ配置されてもよい。これにより、所望波長付近の光がプリズム１４ａを介してレーザチャンバ１０に戻されてもよい。従って、グレーティング１４ｂは波長分散素子として機能し得る。

[0020] このように、プリズム１４ａとグレーティング１４ｂとによって、レーザ光のスペクトル幅を狭くする狭帯域化モジュール１４が構成してもよい。

[0021] 出力結合ミラー１５の表面には、部分反射膜がコーティングされていてもよい。従って、出力結合ミラー１５は、レーザチャンバ１０のウィンドウ１０ｂから出力される光のうちの一部を透過させて出力し、他の一部を反射させてレーザチャンバ１０内に戻してもよい。

[0022] 狭帯域化モジュール１４と出力結合ミラー１５とが、光共振器を構成してもよい。レーザチャンバ１０から出射した光は、狭帯域化モジュール１４と出力結合ミラー１５との間で往復し、放電電極１１ａ及び１１ｂの間のレーザゲイン空間を通過する度に増幅されレーザ発振し得る。レーザ光は狭帯域化モジュール１４と出力結合ミラー１５との間で往復することによって狭帯域化され、上述したウィンドウ１０ａ及び１０ｂの配置によって、Ｈ方向の偏光成分が選択され得る。その結果、パルスレーザ光が出力結合ミラー１５からシード光として出力され得る。この出力されたシード光は、放電電極１１ａ及び１１ｂの間の放電方向と略直交する方向（Ｈ方向）に偏光方向を有する直線偏光となり得る。

[0023] ２．２ 高反射ミラー１８ａ及び１８ｂ

高反射ミラー１８ａ及び１８ｂは、発振器ＭＯから出力されたシード光を高い反射率で反射して、変換光学系３０に導くように配置されてもよい。

変換光学系３０は、シード光のビームプロファイル又はビーム幅を変換して、増幅器ＰＯに向けて出力する光学系であってもよい。変換光学系３０については、後述する。

[0024] ２．３ 増幅器ＰＯ

図 1 B は、図 1 A に示されるエキシマレーザ装置の内部構成の一部を V 方向から見た模式図である。図 1 A 及び図 1 B を参照しながら、増幅器 P O について説明する。増幅器 P O は、レーザチャンバ 2 0 と、一对の放電電極 2 1 a 及び 2 1 b と、リアミラー 2 4 と、出力結合ミラー 2 5 と、を含んでもよい。増幅器 P O は、リアミラー 2 4 と出力結合ミラー 2 5 とで構成される光共振器と、この光共振器内に配置されたレーザチャンバ 2 0 と、を含んでもよい。この増幅器 P O は、シード光が光共振器内に注入されるとシード光を増幅しながら発振して、図示しない露光装置等に向けてレーザ光として出力するパワーオシレータであってもよい。

[0025] レーザチャンバ 2 0、一对の放電電極 2 1 a 及び 2 1 b、及び出力結合ミラー 2 5 の構成は、発振器 M O に含まれるレーザチャンバ 1 0、一对の放電電極 1 1 a 及び 1 1 b、及び出力結合ミラー 1 5 の構成とそれぞれ同様でもよい。レーザチャンバ 2 0 の両端にはウインドウ 2 0 a 及び 2 0 b が設けられてもよい。図 1 B に示されるように、ウインドウ 2 0 a 及び 2 0 b は、入射面が H Z 面と略一致し、入射角度が略ブリュースター角となるように配置されてもよい。

[0026] リアミラー 2 4 は、レーザ光の一部を反射し、当該レーザ光の他の一部を透過させる素子でもよい。リアミラー 2 4 は、変換光学系 3 0 を介してリアミラー 2 4 に入射するシード光を、レーザチャンバ 2 0 内に導くように配置されてもよい。リアミラー 2 4 がシード光の一部を透過させることによって、シード光が、リアミラー 2 4 と出力結合ミラー 2 5 とによって構成されている光共振器内に注入され得る。ここで、リアミラー 2 4 の反射率は 9 0 % ~ 7 0 % であってもよく、出力結合ミラー 2 5 の反射率は 2 0 % ~ 4 0 % であってもよい。

[0027] 一对の放電電極 2 1 a 及び 2 1 b には、図示しないパルスパワーモジュールからパルス状の高電圧が印加されてもよい。一对の放電電極 2 1 a 及び 2 1 b にパルス状の高電圧が印加されるタイミングは、シード光が増幅器 P O に入力されるタイミングと同期させてもよい。変換光学系 3 0 を介して入射

するシード光の偏光方向は、放電電極 21a 及び 21b の間の放電方向に対して直交する H 方向と略一致していてもよい。シード光がリアミラー 24 と出力結合ミラー 25 との間で往復することによってレーザ発振してもよい。増幅されたシード光が、出力結合ミラー 25 からレーザ光として出力されてもよい。ここで、ウインドウ 20a 及び 20b の複屈折の影響がなければ、増幅器 P O から出力されるレーザ光の偏光特性は、シード光の偏光特性と略一致し得る。

[0028] 2. 4 変換光学系 30

図 2A は、図 1A に I I A - I I A 線で示されるビーム断面のビームプロファイルを示す。図 2B は、図 1A に I I B - I I B 線で示されるビーム断面のビームプロファイルを示す。図 2C は、図 1A に I I C - I I C 線で示されるビーム断面のビームプロファイルを示す。

[0029] 図 2A に示されるように、発振器 M O から出力されるシード光のビーム断面は、放電方向すなわち V 方向に長い形状であってよく、ほぼ長方形状であってもよい。さらに、発振器 M O から出力されるシード光の V 方向のビームプロファイルは、略均一なエネルギー密度を有する略トップハット状であってもよい。また、発振器 M O から出力されるシード光の H 方向のビームプロファイルは、中央付近でエネルギー密度が高く、端部付近ではエネルギー密度が低いガウス分布状であってもよい。

[0030] このようなビーム断面を有するシード光を、変換光学系 30 を介さずに増幅器 P O に入射させて増幅すると、H 方向のビームプロファイルにおける中央付近のエネルギー密度がさらに高くなり得る。そうすると、ウインドウ 20a 及び 20b などの光学素子のレーザ光が通過する領域が、光のエネルギーの吸収によって加熱され得る。特に、H 方向のビームプロファイルにおける中央付近の光のエネルギーの吸収が増加することによって、光学素子に温度分布が生じ、光学素子に熱応力が発生し得る。この熱応力の発生により、光学素子を透過する光が複屈折して、直線偏光が楕円変更に変換され、偏光純度が低下し得る。その結果、露光装置における結像性能を悪化させる場合

がある。また、光学素子の寿命が低下する場合がある。

[0031] そこで、図 2 B に示されるように、変換光学系 30 は、例えば、H 方向におけるガウス分布状のビームプロファイルを略トップハット状のビームプロファイルに変換する素子であってもよい。図 2 A と図 2 B とを比較するとわかるように、ガウス分布状のビームプロファイルを略トップハット状のビームプロファイルに変換することにより、ビームプロファイルの中央部のエネルギー密度が低減され得る。そして、H 方向において略トップハット状のビームプロファイルを有するシード光を増幅器 P O に入射させることにより、ウインドウ 20 a 及び 20 b などの光学素子における温度分布の不均一性が緩和され得る。これにより、熱応力による複屈折が抑制され、偏光純度の低下が抑制され得る。その結果、露光装置における結像性能の悪化が抑制され得る。

[0032] H 方向において略トップハット状のビームプロファイルを有するシード光を増幅器 P O に入射させる場合には、図 2 C に実線で示されるように、増幅器 P O から出力されるレーザ光も、H 方向において略トップハット状のビームプロファイルを有し得る。図 2 C には、H 方向においてガウス分布状のビームプロファイルを有するシード光を、変換光学系 30 を介さずに増幅器 P O に入射させて増幅した場合に増幅器 P O から出力されるレーザ光のビームプロファイルが、破線で示されている。図 2 C からわかるように、変換光学系 30 を介してシード光を増幅器 P O に入射させることにより、増幅器 P O から出力されるレーザ光のビームプロファイルの中央部のエネルギー密度も低減され得る。そして、増幅器 P O から出力されるレーザ光は、H 方向において略トップハット状のビームプロファイルを有し得る。これにより、ウインドウ 20 a 及び 20 b において、温度分布の不均一性が緩和され、熱応力による複屈折が抑制され得る。その結果、増幅器 P O から出力されるレーザ光の偏光純度の低下が抑制され得る。

[0033] 変換光学系 30 は、高反射ミラー 18 b と増幅器 P O との間に限らず、高反射ミラー 18 a と高反射ミラー 18 b との間に設けられてもよいし、発振

器MOと高反射ミラー18aとの間に設けられてもよい。

[0034] 3. シード光をトップハット状に変換する変換光学系

次に述べる第2及び第3の実施形態においては、一对の放電電極21a及び21bの間の放電方向と直交する方向のビームプロファイルが略トップハット状となるようにシード光を変換する変換光学系の、具体的な構成について説明する。

[0035] 3. 1 第2の実施形態

図3A及び図3Bは、第2の実施形態に係るエキシマレーザ装置において用いられる変換光学系31の構成を模式的に示す。図3AはV方向から見た状態を示し、図3BはH方向から見た状態を示す。第2の実施形態に係るエキシマレーザ装置は、変換光学系31が用いられる他は、第1の実施形態と同様でよい。

[0036] 変換光学系31は、2つのプリズム31a及び31bを含んでもよい。プリズム31a及び31bは、それぞれZH面に平行な断面が二等辺三角形の形状を有してもよい。プリズム31a及び31bは、これらの断面の二等辺三角形の頂角が等しく、且つ、これらの頂点が互いに向き合うように配置されてもよい。

[0037] H方向のビームプロファイルがガウス分布状であるシード光が、プリズム31aに入射してもよい。シード光がプリズム31aを透過すると、シード光のH方向のビーム幅のうち、H軸の正の方向側の部分がH軸の負の方向側に屈折して移動し、H軸の負の方向側の部分がH軸の正の方向側に屈折して移動し得る。この移動の距離は、例えば半値半幅でもよい。これらの光がプリズム31bを透過することにより、プリズム31aに入射する前のシード光と同程度のビームダイバージェンスを有するシード光となり、且つ、ビームプロファイルは略トップハット状となってもよい。

図3Bに示されるように、V方向のビームプロファイルは、ほとんど変化しなくてもよい。

[0038] 3. 2 第3の実施形態

図4 A及び図4 Bは、第3の実施形態に係るエキシマレーザ装置において用いられる変換光学系3 2の構成を模式的に示す。図4 AはV方向から見た状態を示し、図4 BはH方向から見た状態を示す。第3の実施形態に係るエキシマレーザ装置は、変換光学系3 2が用いられる他は、第1の実施形態と同様でよい。

[0039] 変換光学系3 2は、2つのシリンドリカル凸レンズ3 2 a及び3 2 bを含んでもよい。シリンドリカル凸レンズ3 2 a及び3 2 bは、それぞれV H面に平行な平面と、V軸に平行な中心軸を有する円筒面とを有してもよい。シリンドリカル凸レンズ3 2 a及び3 2 bは、それぞれの円筒面が互いに向き合い、かつ、両シリンドリカル凸レンズ3 2 a及び3 2 bの焦点位置が略一致するように配置されてもよい。

[0040] H方向のビームプロファイルがガウス分布状であるシード光は、シリンドリカル凸レンズ3 2 aを透過することにより、H方向のエネルギー密度分布を再分配され、シリンドリカル凸レンズ3 2 bに入射してもよい。シリンドリカル凸レンズ3 2 bは、シリンドリカル凸レンズ3 2 aによって歪んだ波面を補正してもよい。シリンドリカル凸レンズ3 2 bから出射されるシード光は、シリンドリカル凸レンズ3 2 aに入射する前のシード光と同程度のビームダイバージェンスを有するシード光となり、且つ、ビームプロファイルは略トップハット状となってもよい。

図4 Bに示されるように、V方向のビームプロファイルは、ほとんど変化しなくてもよい。

[0041] 4. シード光をビームエキスパンドする変換光学系

次に述べる第4～第6の実施形態においては、変換光学系が、一对の放電電極2 1 a及び2 1 bの間の放電方向と直交する方向に、シード光をビームエキスパンドしてもよい。

[0042] 4. 1 第4の実施形態

図5 A及び図5 Bは、第4の実施形態に係るエキシマレーザ装置において用いられる変換光学系3 3の構成を模式的に示す。図5 AはV方向から見た

状態を示し、図5BはH方向から見た状態を示す。第4の実施形態に係るエキシマレーザ装置は、変換光学系33が用いられる他は、第1の実施形態と同様でよい。

[0043] 変換光学系33は、2つのプリズム33a及び33bを含んでもよい。プリズム33a及び33bは、それぞれZH面に平行な断面が三角形の形状を有してもよい。

[0044] シード光は、プリズム33aの1つの面に斜めに入射してH方向にビームエキスパンドされ、さらにプリズム33bの1つの面に斜めに入射してH方向にビームエキスパンドされてもよい。プリズム33bから出射するシード光の進行方向は、プリズム33aに入射する前のシード光の進行方向とほぼ同じでもよい。プリズム33aに入射する前のシード光に対して、プリズム33bから出射するシード光のH方向のビームの拡大率は、1.2～1.3であってもよい。

[0045] プリズム33bから出射するシード光のビームプロファイルは、プリズム33aに入射する前のシード光と同様のガウス分布状であってもよい。但し、プリズム33bから出射するシード光は、プリズム33aに入射する前のシード光に比べて、H方向にビームエキスパンドされているので、ビームプロファイルの全体にわたってエネルギー密度が低下し得る。従って、ビームプロファイルの中央部のエネルギー密度も低減され、ウィンドウ20a及び20bなどの光学素子における温度分布の不均一性が緩和され得る。これにより、熱応力による複屈折が抑制され、偏光純度の低下が抑制され得る。その結果、露光装置における結像性能の悪化が抑制され得る。

[0046] プリズム33bから出射するシード光のH方向のビーム幅は、増幅器POにおける増幅領域のH方向の幅より大きいことがあってもよい。すなわち、H方向にビームエキスパンドされたシード光のうち、エネルギー密度の低い両端部分は、増幅器POの増幅領域に入らないことがあってもよい。なお、プリズム33a及び33bによるビームエキスパンダでは、入射したレーザ光と出射したレーザ光では光路軸が平行移動し得る。このレーザ光の光路軸

を略元に戻すために、レーザ光が透過する図示しない平行平面基板が配置されてもよい。この平行平面基板は、入射面とH Z平面とが略一致し、かつ、入射角が略ブリュースター角となるように傾けて配置されてもよい。

[0047] 図5 Bに示されるように、V方向のビームプロファイルやビーム幅は、ほとんど変化しなくてもよい。

[0048] 4. 2 第5の実施形態

図6は、第5の実施形態に係るエキシマレーザ装置において用いられる変換光学系34の構成を模式的に示す。図6はV方向から見た状態を示す。第5の実施形態に係るエキシマレーザ装置は、変換光学系34が用いられる他は、第4の実施形態と同様でよい。

[0049] 変換光学系34は、2つのウェッジ基板34 a及び34 bを含んでもよい。ウェッジ基板34 a及び34 bは、それぞれテーパー状の厚みを有してもよい。

[0050] シード光は、ウェッジ基板34 aの1つの面に斜めに入射してH方向にビームエキスパンドされ、さらにウェッジ基板34 bの1つの面に斜めに入射してH方向にビームエキスパンドされてもよい。ウェッジ基板34 bから出射するシード光の進行方向は、ウェッジ基板34 aに入射する前のシード光の進行方向とほぼ同じでもよい。

[0051] ウェッジ基板34 bから出射するシード光のビームプロファイルは、ウェッジ基板34 aに入射する前のシード光と同様のガウス分布状であってもよい。但し、ウェッジ基板34 bから出射するシード光は、ウェッジ基板34 aに入射する前のシード光に比べて、H方向にビームエキスパンドされているので、ビームプロファイルの全体にわたってエネルギー密度が低下し得る。従って、ビームプロファイルの中央部のエネルギー密度も低減され、ウィンドウ20 a及び20 bなどの光学素子における温度分布の不均一性が緩和され得る。なお、この場合においても光路軸がシフトするので、図示しない平行平面基板を傾けて配置することによって、光路軸を略元に戻してもよい。

[0052] 第4の実施形態と同様に、V方向のビームプロファイルやビーム幅は、ほとんど変化しなくてもよい。

[0053] 4. 3 第6の実施形態

図7は、第6の実施形態に係るエキシマレーザ装置において用いられる変換光学系35の構成を模式的に示す。図7はV方向から見た状態を示す。第6の実施形態に係るエキシマレーザ装置は、変換光学系35が用いられる他は、第4の実施形態と同様でよい。

[0054] 変換光学系35は、シリンドリカル凹レンズ35aとシリンドリカル凸レンズ35bとを含んでもよい。シリンドリカル凹レンズ35a及びシリンドリカル凸レンズ35bは、それぞれVH面に平行な平面と、V軸に平行な中心軸を有する円筒面とを有してもよい。シリンドリカル凹レンズ35aの焦点距離に比べて、シリンドリカル凸レンズ35bの焦点距離が長くてよい。シリンドリカル凹レンズ35aとシリンドリカル凸レンズ35bとは、それらの前方焦点の位置が互いに略重なるように配置されてもよい。

[0055] シード光は、シリンドリカル凹レンズ35aを透過してH方向にビームエクスパンドされてもよい。

[0056] シリンドリカル凸レンズ35bから出射するシード光のビームプロファイルは、シリンドリカル凹レンズ35aに入射する前のシード光と同様のガウス分布状であってもよい。但し、シリンドリカル凸レンズ35bから出射するシード光は、シリンドリカル凹レンズ35aに入射する前のシード光に比べて、H方向にビームエクスパンドされているので、ビームプロファイルの全体にわたってエネルギー密度が低下していてもよい。従って、ビームプロファイルの中央部のエネルギー密度も低減され、ウインドウ20a及び20bなどの光学素子における温度分布の不均一性が緩和され得る。

[0057] 第4の実施形態と同様に、V方向のビームプロファイルやビーム幅は、ほとんど変化しなくてもよい。

[0058] 5. シード光を2つのビームに分割する変換光学系

次に述べる第7～第10の実施形態においては、変換光学系が、一對の放

電極 21a 及び 21b の間の放電方向と直交する方向に並ぶ 2 つの分割ビームに、シード光を変換してもよい。

[0059] 5. 1 第 7 の実施形態

図 8A 及び図 8B は、第 7 の実施形態に係るエキシマレーザ装置において用いられる変換光学系 36 の構成を模式的に示す。図 8A は V 方向から見た状態を示し、図 8B は H 方向から見た状態を示す。第 7 の実施形態に係るエキシマレーザ装置は、変換光学系 36 が用いられる他は、第 1 の実施形態と同様でよい。

[0060] 変換光学系 36 は、2 つのプリズム 36a 及び 36b を含んでもよい。プリズム 36a 及び 36b は、それぞれ Z-H 面に平行な断面が二等辺三角形の形状を有してもよい。プリズム 36a 及び 36b は、これらの断面の二等辺三角形の頂角が等しく、且つ、これらの頂点が互いに向き合うように配置されてもよい。

[0061] プリズム 36a は、シード光が入射する位置に、ホルダ 36c によって固定されていてもよい。ホルダ 36c は、固定プレート 36d に固定されていてもよい。

[0062] プリズム 36b は、プリズム 36a を透過したシード光が入射する位置に、ホルダ 36e によって支持されていてもよい。ホルダ 36e は、リニアステージ 36f を介して固定プレート 36d に支持されていてもよい。リニアステージ 36f は、ホルダ 36e によって支持されたプリズム 36b が、シード光の光軸に沿って固定プレート 36d に対して往復動できるように、ホルダ 36e を支持してもよい。

[0063] H 方向のビームプロファイルがガウス分布状であるシード光が、プリズム 36a に入射してもよい。シード光がプリズム 36a を透過すると、シード光の H 方向のビーム幅のうち、H 軸の正の方向側の部分が H 軸の負の方向側に屈折して移動し、H 軸の負の方向側の部分が H 軸の正の方向側に屈折して移動してもよい。この移動の距離は、例えば半値半幅より大きくてもよい。これらの光がプリズム 36b を透過することにより、シード光のビームプロ

ファイルは、H方向の中央部にエネルギー密度の低い窪みを有し、その両端にエネルギー密度のピークを1つずつ有するビームプロファイルとなってもよい。両端のピークのうち、1つのピークが第1の分割ビームを構成し、もう1つのピークが第2の分割ビームを構成してもよい。

[0064] リニアステージ36fによってプリズム36bを移動させることにより、プリズム36bから出力されるシード光のH方向のビームプロファイルにおける窪みの大きさを調節可能であってもよい。

図8Bに示されるように、V方向のビームプロファイルは、ほとんど変化しなくてもよい。

[0065] 一般に、増幅器における放電の中央部の励起は強くなり、ゲインが高くなる可能性がある。そこで、H方向のビームプロファイルの中央部にエネルギー密度の低い窪みを有するシード光を増幅器POに入射させて増幅させることにより、増幅器POから出力されるレーザ光が略トップハット状に近いビームプロファイルを有するようにしてもよい。これにより、ウィンドウ20a及び20bなどの光学素子における温度分布の不均一性が緩和され得る。その結果、熱応力による複屈折が抑制され、偏光純度の低下が抑制され得る。

[0066] 5. 2 第8の実施形態

図9A及び図9Bは、第8の実施形態に係るエキシマレーザ装置において用いられる変換光学系37の構成を模式的に示す。図9AはV方向から見た状態を示し、図9BはH方向から見た状態を示す。第8の実施形態に係るエキシマレーザ装置は、変換光学系37が用いられる他は、第7の実施形態と同様でよい。

[0067] 変換光学系37は、平行平面基板37aを含んでもよい。平行平面基板37aは、シード光の入射面とHZ平面とが略一致し、かつ、入射角が略ブリュースター角となるように配置されてもよい。

[0068] 平行平面基板37aに対するシード光の入射位置には、図示しない反射抑制膜がコーティングされていてもよい。平行平面基板37aに入射したシー

ド光の第1の出射位置には、部分反射膜37bがコーティングされてもよい。部分反射膜37bにおいて、シード光の一部は第1の分割ビームとして増幅器POに向けて透過し、他の一部は平行平面基板37aの入射側の面に向けて反射されてもよい。平行平面基板37aの入射側の面の一部には、高反射膜37cがコーティングされていてもよい。部分反射膜37bによって反射されたシード光は、高反射膜37cによって高い反射率で反射され、平行平面基板37aの第2の出射位置から第2の分割ビームとして増幅器POに向けて透過してもよい。第2の出射位置には、図示しない反射抑制膜がコーティングされていてもよい。

[0069] 第1の出射位置を透過した第1の分割ビームと、第2の出射位置を透過した第2の分割ビームとは、互いにほぼ平行であり、平行平面基板37aに入射するシード光のピーク強度の約半分のピーク強度をそれぞれ有してもよい。第1及び第2の分割ビームは、それぞれH方向のビームプロファイルが略ガウス分布状であってもよい。第1の分割ビームと第2の分割ビームとの間には、エネルギー密度の低い窪み部分があってもよい。

[0070] 図9Bに示されるように、V方向のビームプロファイルは、ほとんど変化しなくてもよい。

[0071] 一般に、増幅器における放電の中央部の励起は強くなり、ゲインが高くなる可能性がある。そこで、H方向のビームプロファイルの中央部にエネルギー密度の低い窪みを有するシード光を増幅器POに入射させて増幅させることにより、増幅器POから出力されるレーザ光が略トップハット状に近いビームプロファイルを有するようにしてもよい。これにより、ウインドウ20a及び20bなどの光学素子における温度分布の不均一性が緩和され、熱応力による複屈折が抑制され得る。

[0072] 5. 3 第9の実施形態

図10A及び図10Bは、第9の実施形態に係るエキシマレーザ装置において用いられる変換光学系38の構成を模式的に示す。図10AはV方向から見た状態を示し、図10BはH方向から見た状態を示す。第9の実施形態

に係るエキシマレーザ装置は、変換光学系 38 が用いられる他は、第 7 の実施形態と同様でよい。

[0073] 変換光学系 38 は、2つのプリズム 38 a 及び 38 b を含んでもよい。プリズム 38 a は、Z-H 面に平行な断面が凹五角形の形状を有してもよい。プリズム 38 b は、Z-H 面に平行な断面が二等辺三角形の形状を有してもよい。プリズム 38 a 及び 38 b は、これらを互いに近接させると互いの傾斜面がほぼ隙間なく接触して、全体で直方体状となるような形状であってもよい。

[0074] プリズム 38 a を固定し、プリズム 38 b を移動可能とする構成は、第 7 の実施形態と同様でよい。

[0075] H 方向のビームプロファイルがガウス分布状であるシード光は、プリズム 38 a を透過すると、H 軸の正の方向側と負の方向側とに分かれて屈折して互いに離れるように進み得る。これらの光がプリズム 38 b を透過することにより、シード光のビームプロファイルは、H 方向の中央部にエネルギー密度の低い窪みを有し、その両端にエネルギー密度のピークを 1 つずつ有するものとなってもよい。両端のピークのうち、1 つのピークが第 1 の分割ビームを構成し、もう 1 つのピークが第 2 の分割ビームを構成してもよい。

図 10 B に示されるように、V 方向のビームプロファイルは、ほとんど変化しなくてもよい。

[0076] 一般に、増幅器における放電の中央部の励起は強くなり、ゲインが高くなる可能性がある。そこで、H 方向のビームプロファイルの中央部にエネルギー密度の低い窪みを有するシード光を増幅器 P O に入射させて増幅させることにより、増幅器 P O から出力されるレーザ光が略トップハット状に近いビームプロファイルを有するようにしてもよい。これにより、ウインドウ 20 a 及び 20 b などの光学素子における温度分布の不均一性が緩和され、熱応力による複屈折が抑制され得る。

[0077] 5. 4 第 10 の実施形態

図 11 A は、第 10 の実施形態に係るエキシマレーザ装置において用いら

れる変換光学系39の構成を模式的に示す。図11AはV方向から見た状態を示す。第10の実施形態に係るエキシマレーザ装置は、変換光学系39が用いられる他は、第7の実施形態と同様でよい。

[0078] 変換光学系39は、2つのプリズム39a及び39bを含んでもよい。プリズム39a及び39bは、ZH面に平行な断面が二等辺三角形の形状を有してもよい。但し、プリズム39bの断面は、プリズム39aの断面に比べて、二等辺三角形の頂角が小さくてもよい。

[0079] プリズム39aを固定し、プリズム39bを移動可能とする構成は、第7の実施形態と同様でよい。

[0080] H方向のビームプロファイルがガウス分布状であるシード光が、プリズム39a及び39bを透過してもよい。プリズム39a及び39bを透過したシード光は、H方向の中央部にエネルギー密度の低い窪みを有し、その両端にエネルギー密度のピークを1つずつ有するビームプロファイルを有してもよい。両端のピークのうち、1つのピークが第1の分割ビームを構成し、もう1つのピークが第2の分割ビームを構成してもよい。

[0081] 但し、第10の実施形態においては、図11Aに示されるように、変換光学系39から出射する第1及び第2の分割ビームは、同一方向ではなく互いに近づく方向に出射してもよい。第1及び第2の分割ビームと増幅器の中心軸との角度 Θ は、 $0\text{ mrad} < \Theta \leq 1.5\text{ mrad}$ でもよい。より好ましくは、 $0\text{ mrad} < \Theta \leq 1\text{ mrad}$ でもよい。

[0082] 図11Bは、図11Aに示される変換光学系39が用いられた場合の増幅器PO内の光路を示す。図11Bに示されるように、変換光学系39によって分割された第1及び第2の分割ビームは、増幅器POの中心軸から+H方向及び-H方向に離れた位置においてウィンドウ20aに入射してもよい。第1及び第2の分割ビームは、増幅器POの共振器を往復することによって増幅器POの中心軸に近づき、放電領域を満たしながら増幅されてもよい。これにより、ウィンドウ20a及び20bなどの光学素子における温度分布の不均一性が緩和され、熱応力による複屈折が抑制され得る。

[0083] 第10の実施形態のように、第1及び第2の分割ビームが互いに近づく方向に変換光学系から出射するようにする構成は、プリズムを用いたものに限られない。例えば、図9に示される平行平面基板37aを、テーパ状の厚みを有するウェッジ基板に置き換えることによって、第1及び第2の分割ビームが互いに近づく方向に増幅器POに入射するようにすることができる。

[0084] 6. 増幅器のバリエーション

6. 1 第11の実施形態

図12は、第11の実施形態に係るエキシマレーザ装置において用いられる増幅器PAの構成を模式的に示す。図12はV方向から見た状態を示す。第11の実施形態に係るエキシマレーザ装置は、増幅器PAが用いられる他は、第1～第10の実施形態と同様でよい。

[0085] 増幅器PAは、光共振器を含まない点で、図1Aを参照しながら説明した増幅器POと異なってもよい。変換光学系30を介して増幅器PAに入射したシード光は、レーザチャンバ20内の増幅領域を1回通過して増幅され、増幅器PAからレーザ光として出力されてもよい。また、増幅器PAには、レーザチャンバ20内の増幅領域を複数回通過させるための高反射ミラーが配置されてもよい。

[0086] 本実施形態においても、変換光学系30によって変換されたシード光を増幅器PAに入射させることにより、ウインドウ20a及び20bにおいて、温度分布の不均一性が緩和され、複屈折が抑制され、偏光純度の低下が抑制され得る。

[0087] 6. 2 第12の実施形態

図13は、第12の実施形態に係るエキシマレーザ装置において用いられる増幅器POの構成を模式的に示す。図13はV方向から見た状態を示す。第12の実施形態に係るエキシマレーザ装置は、増幅器POがリング共振器を含む他は、第1～第10の実施形態と同様でよい。

[0088] 第12の実施形態において、増幅器POは、高反射ミラー18cと、出力結合ミラー25aと、高反射ミラー26a～26cと、を含んでもよい。

[0089] 変換光学系 30 を介して増幅器 P O に入射したシード光は、高反射ミラー 18 c を介して、出力結合ミラー 25 a に導入されてもよい。

増幅器 P O は、高反射ミラー 26 a ~ 26 c 及び出力結合ミラー 25 a によって構成されるリング型の光路によってレーザ光がレーザチャンバ 20 内を複数回通過するようにして、レーザ光を増幅してもよい。

[0090] 増幅器 P O によって増幅されたレーザ光は、出力結合ミラー 25 a を介して、出力レーザ光として出力され得る。

[0091] 本実施形態においても、変換光学系 30 によって変換されたシード光を増幅器 P O に入射させることにより、ウインドウ 20 a 及び 20 b において、温度分布の不均一性が緩和され、熱応力による複屈折が抑制され得る。その結果、偏光純度の低下が抑制され得る。

[0092] 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。

[0093] 本明細書及び添付の特許請求の範囲全体で使用する用語は、「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] シード光を出力する発振器と、
前記シード光の光路に配置されたレーザチャンバと、前記レーザチャンバの中に配置された一对の放電電極と、を含む増幅器と、
前記発振器と前記増幅器との間の前記シード光の光路に配置され、前記増幅器から出力されるレーザ光の偏光純度の低下を抑制するように、前記シード光を変換する変換光学系と、
を備えるレーザ装置。
- [請求項2] 前記レーザチャンバは、前記シード光の光路に配置された光学素子を含み、
前記変換光学系は、前記光学素子に熱応力が発生することを抑制して、前記増幅器から出力されるレーザ光の偏光純度の低下を抑制する、請求項1記載のレーザ装置。
- [請求項3] 前記変換光学系は、前記一对の放電電極の間の放電方向と直交する方向のビームプロファイルの中央部のエネルギー密度を低減するように、前記シード光を変換する、請求項1記載のレーザ装置。
- [請求項4] 前記変換光学系は、前記一对の放電電極の間の放電方向と直交する方向のビームプロファイルが略トップハット状となるように、前記シード光を変換する、請求項3記載のレーザ装置。
- [請求項5] 前記変換光学系は、前記一对の放電電極の間の放電方向と直交する方向に前記シード光をビームエキスパンドする、請求項3記載のレーザ装置。
- [請求項6] 前記変換光学系は、前記一对の放電電極の間の放電方向と直交する方向に並ぶ2つのビームに前記シード光を変換する、請求項3記載のレーザ装置。
- [請求項7] 前記変換光学系は、前記2つのビームが互いに近づく方向に前記シード光を出射する、請求項6記載のレーザ装置。
- [請求項8] 前記増幅器は、前記シード光の少なくとも一部を前記レーザチャン

バに向けて透過させ、且つ前記レーザチャンバの内部で増幅されたレーザ光の少なくとも一部を前記レーザチャンバに向けて反射するリアミラーと、前記レーザチャンバを挟んで前記リアミラーと反対側に配置され、前記レーザチャンバの内部で増幅されたレーザ光の少なくとも一部を前記レーザチャンバに向けて反射し、他の一部を前記増幅器からの出力光として透過させる出力結合ミラーと、をさらに含み、

前記変換光学系は、前記2つのビームが前記リアミラーを透過して前記レーザチャンバに入射するように、前記シード光を出力する、請求項6記載のレーザ装置。

[図1]

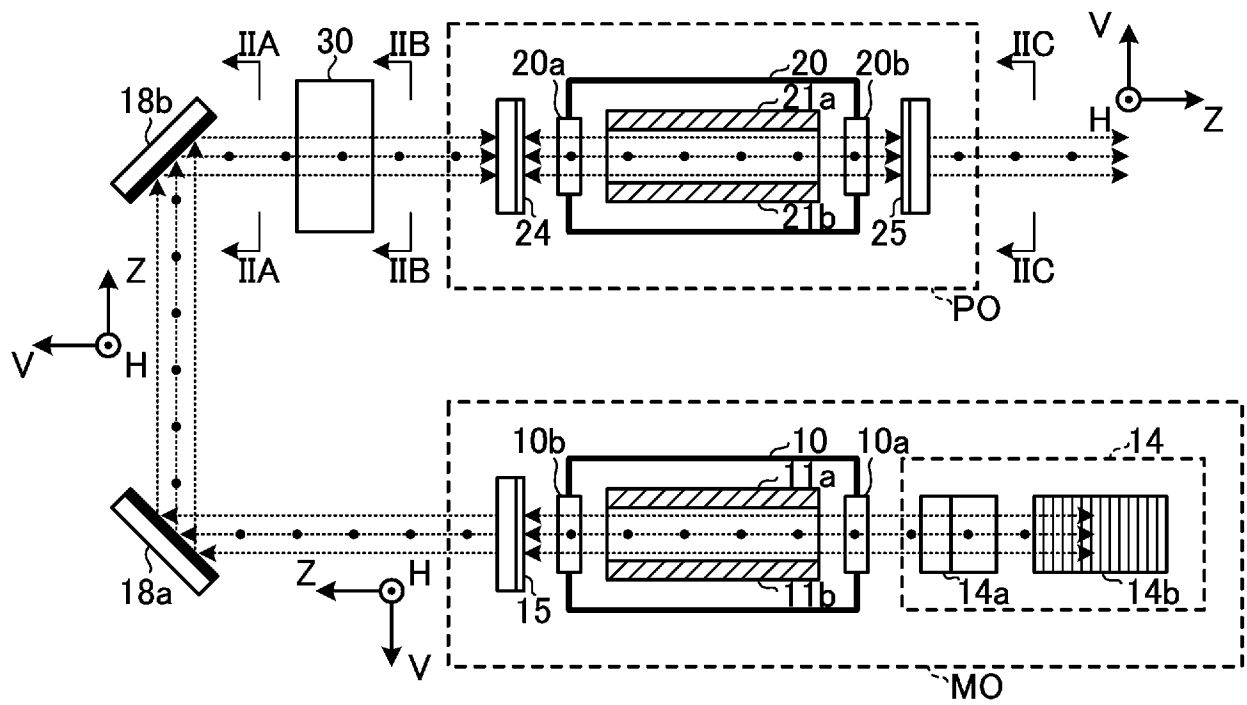


図1A

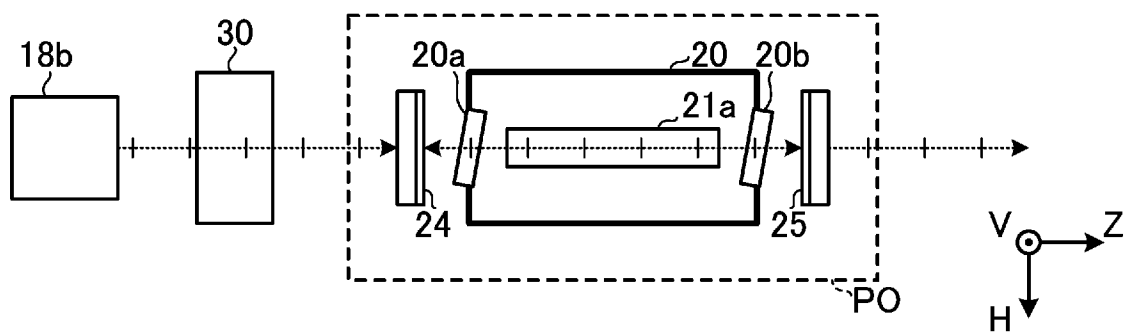


図1B

[図2]

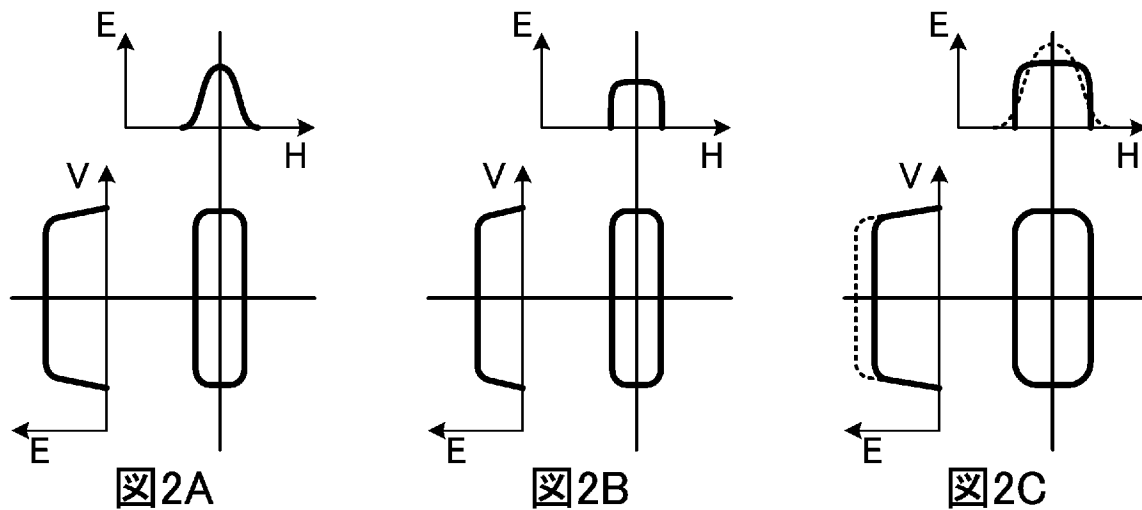


図2A

図2B

図2C

[図3]

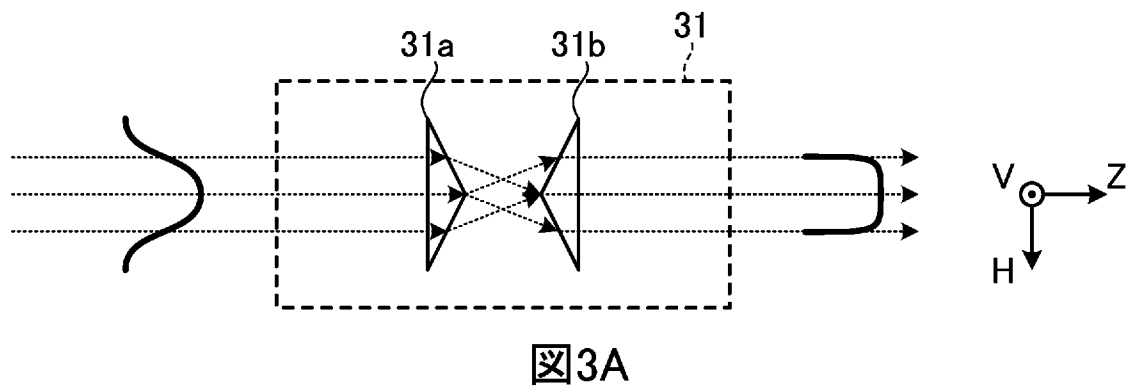


図3A

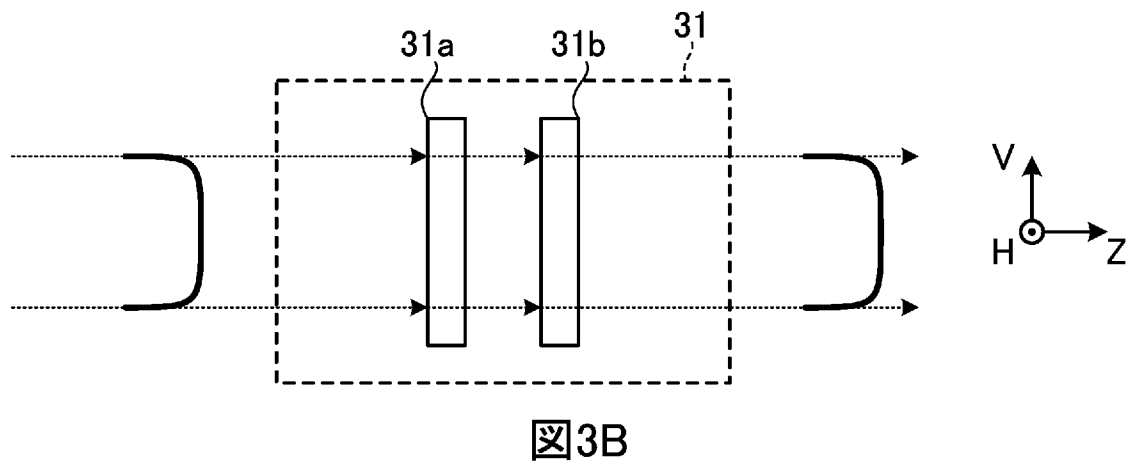


図3B

[図4]

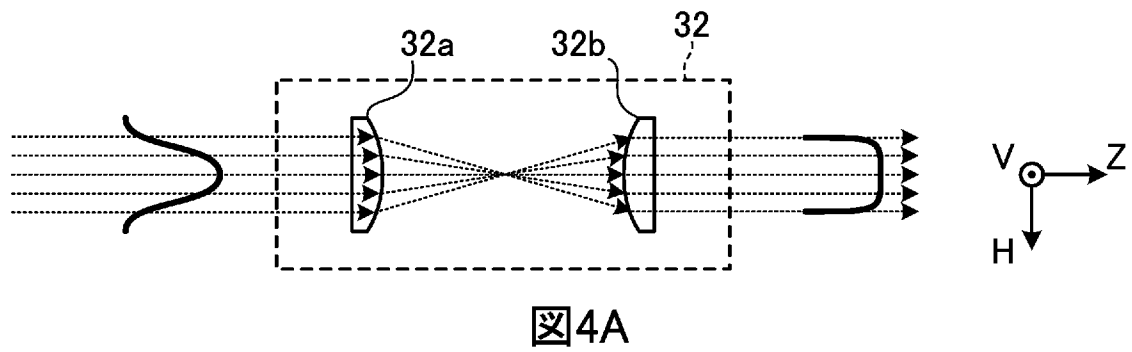


図4A

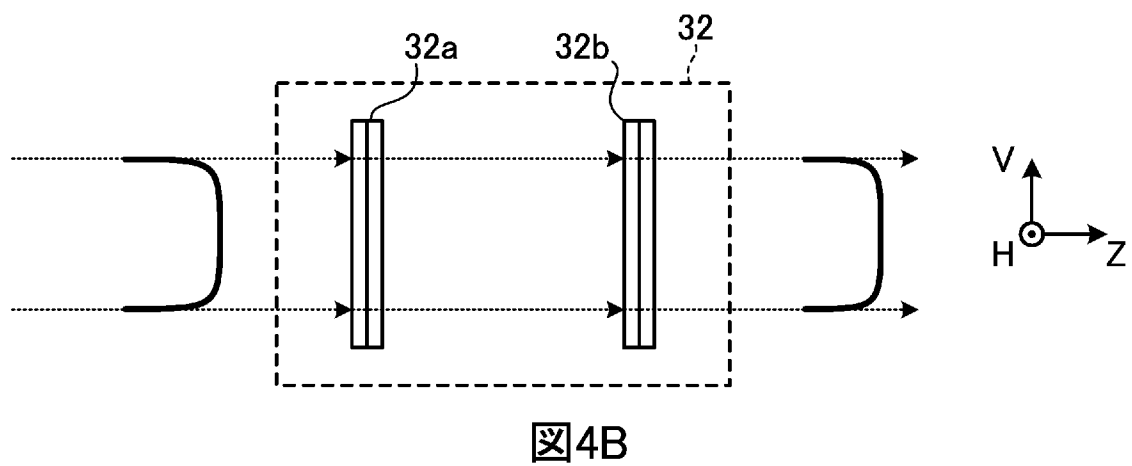


図4B

[図5]

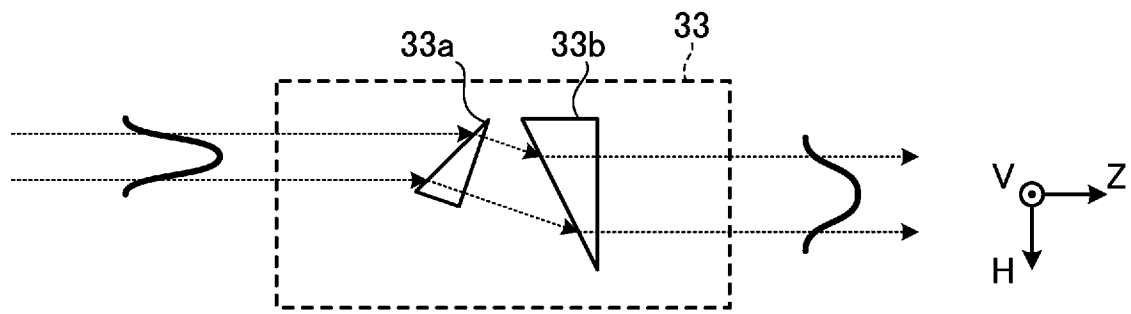


図5A

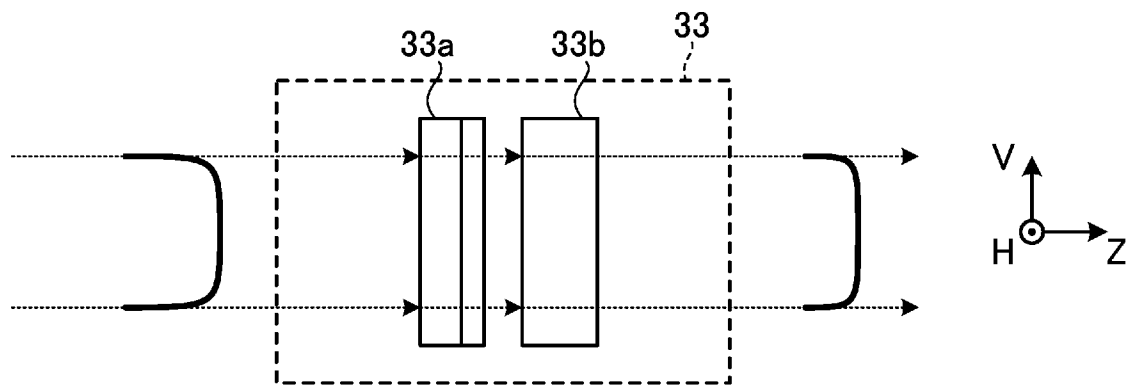
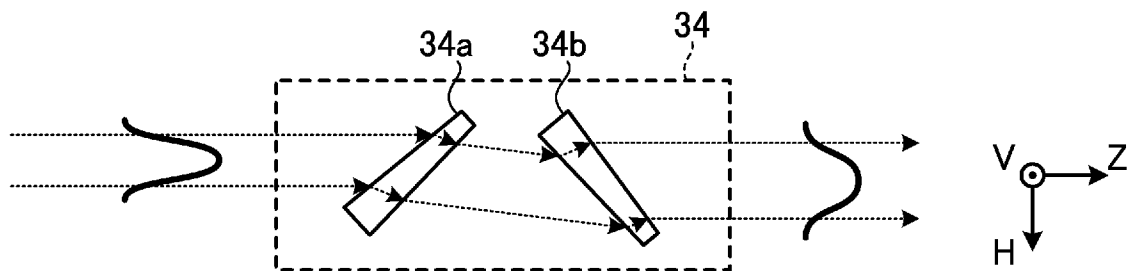
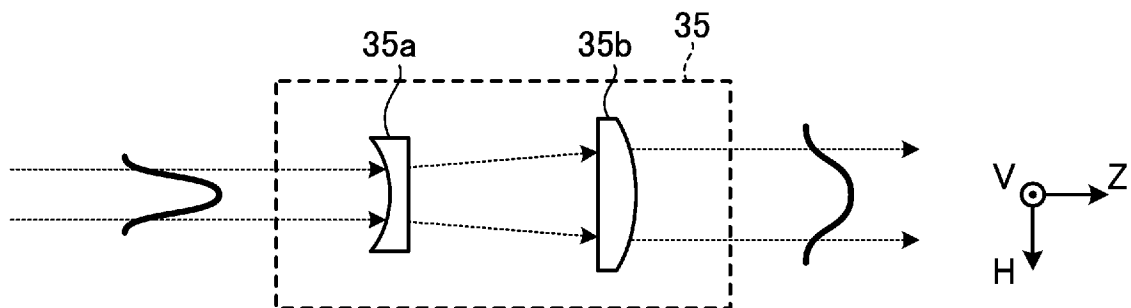


図5B

[図6]



[図7]



[図8]

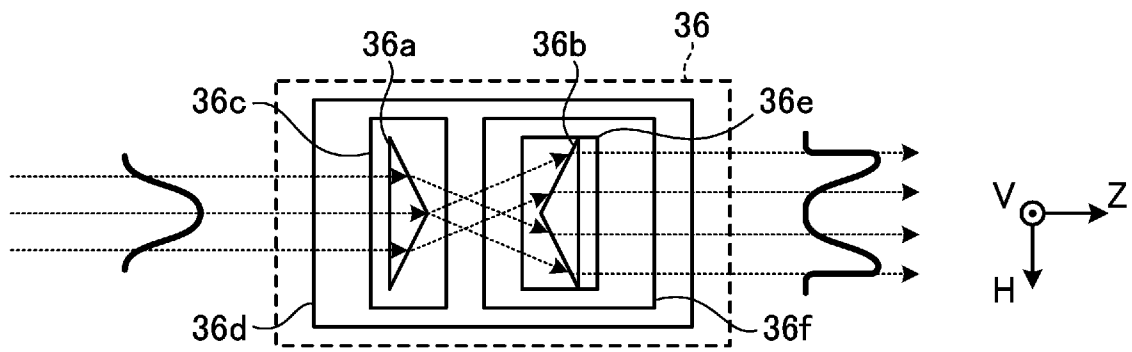


図8A

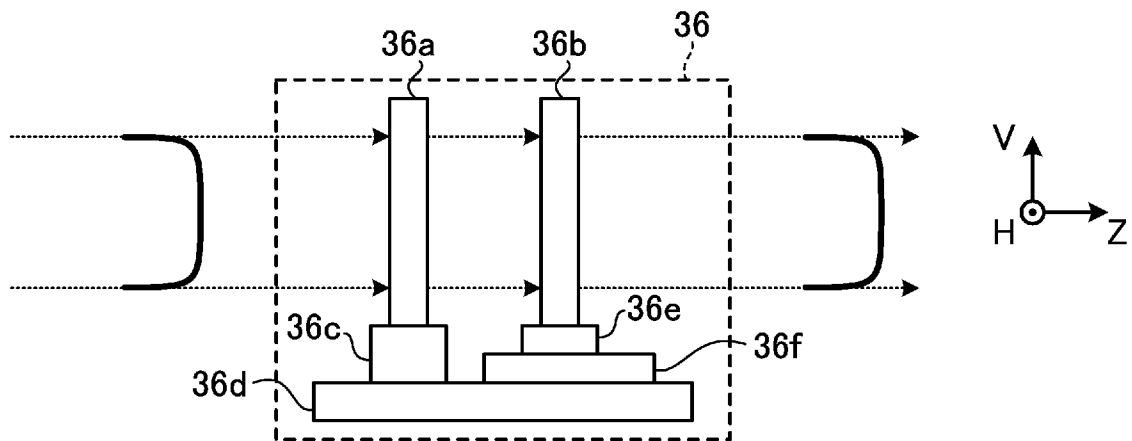


図8B

[図9]

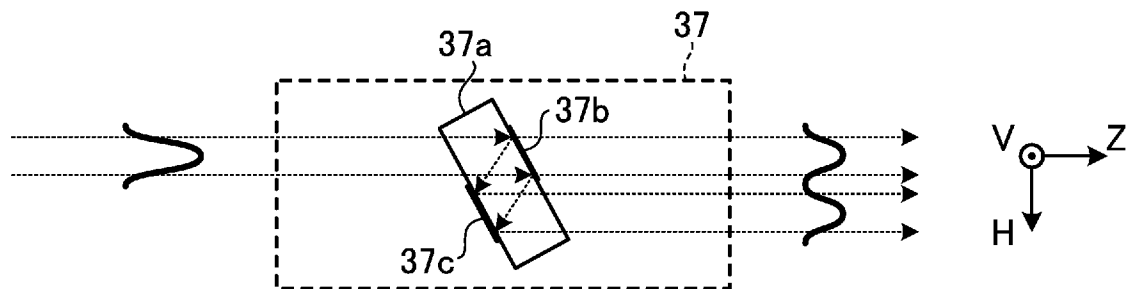


図9A

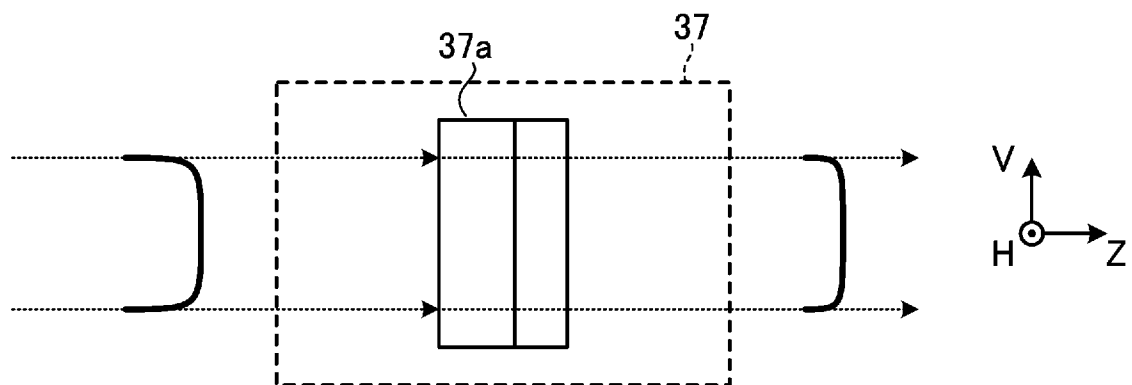


図9B

[図10]

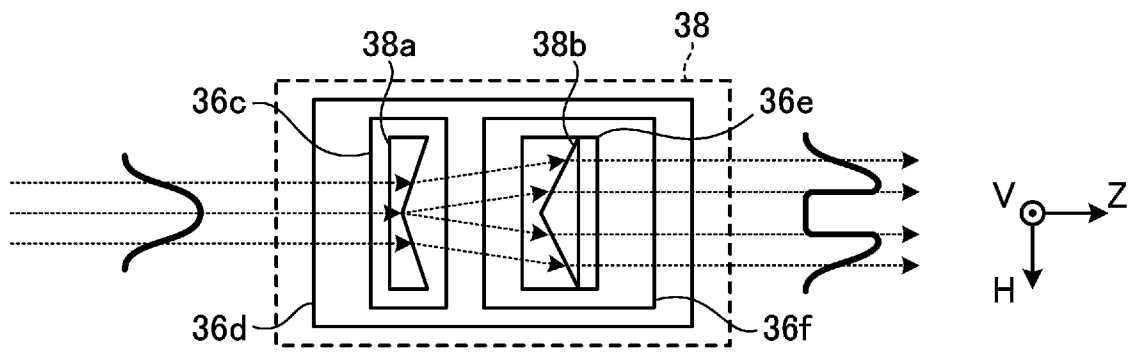


図10A

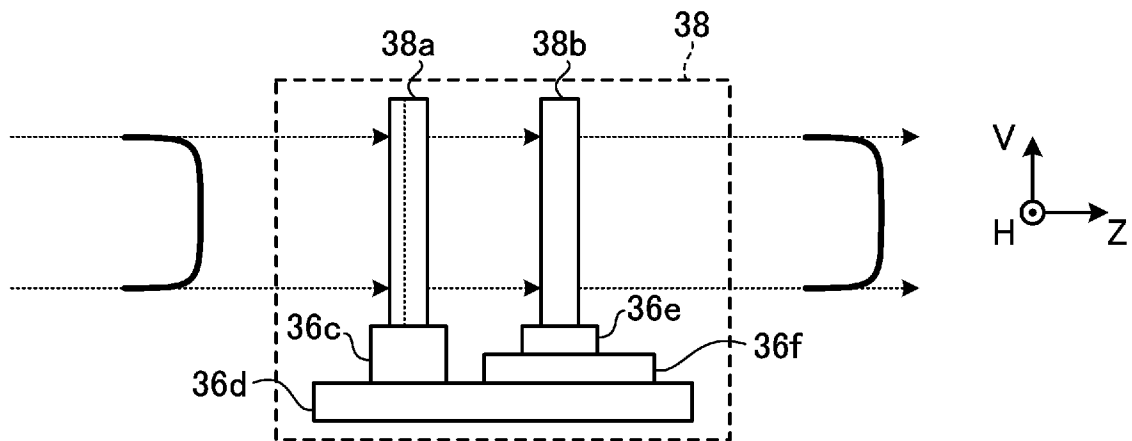


図10B

[図11]

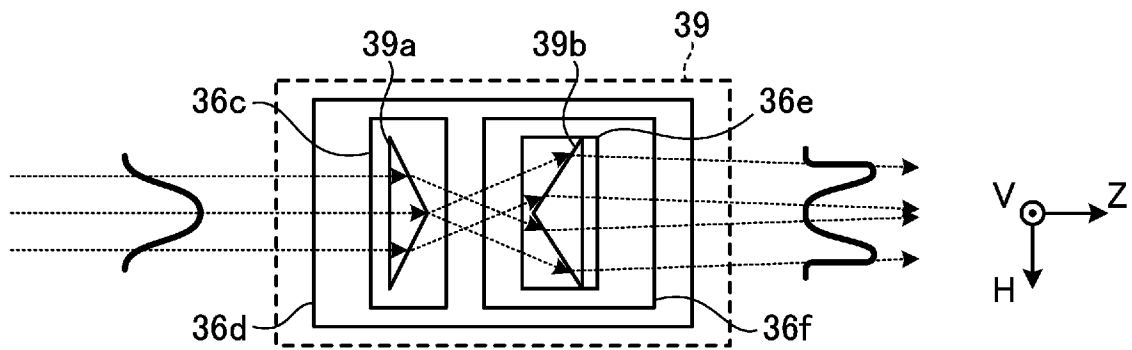


図11A

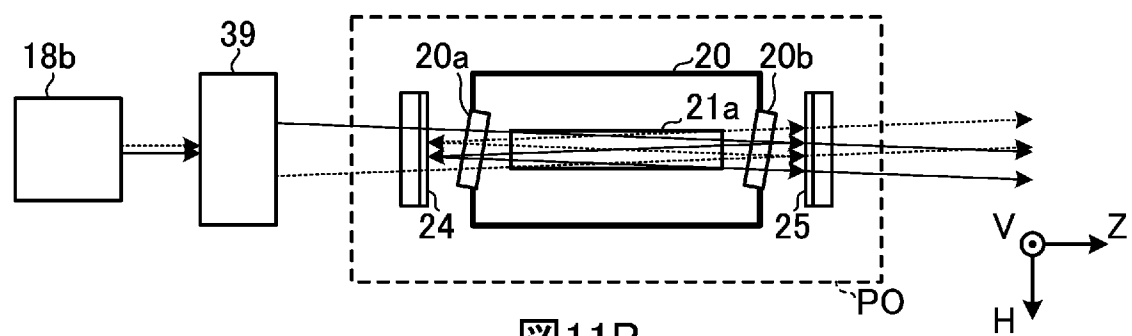
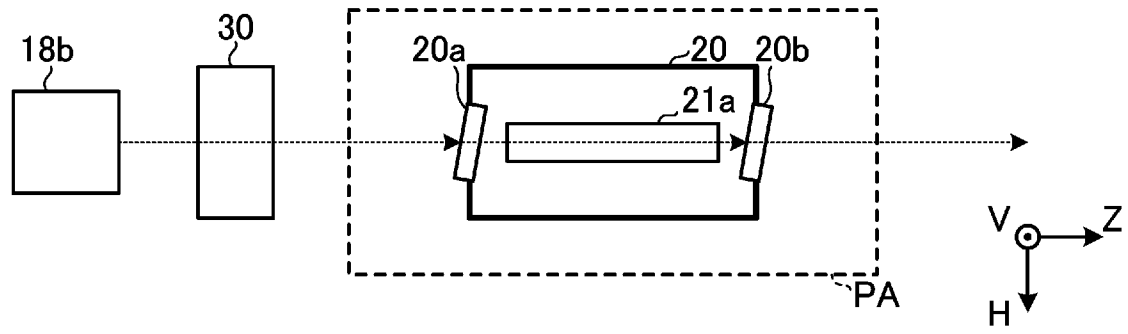
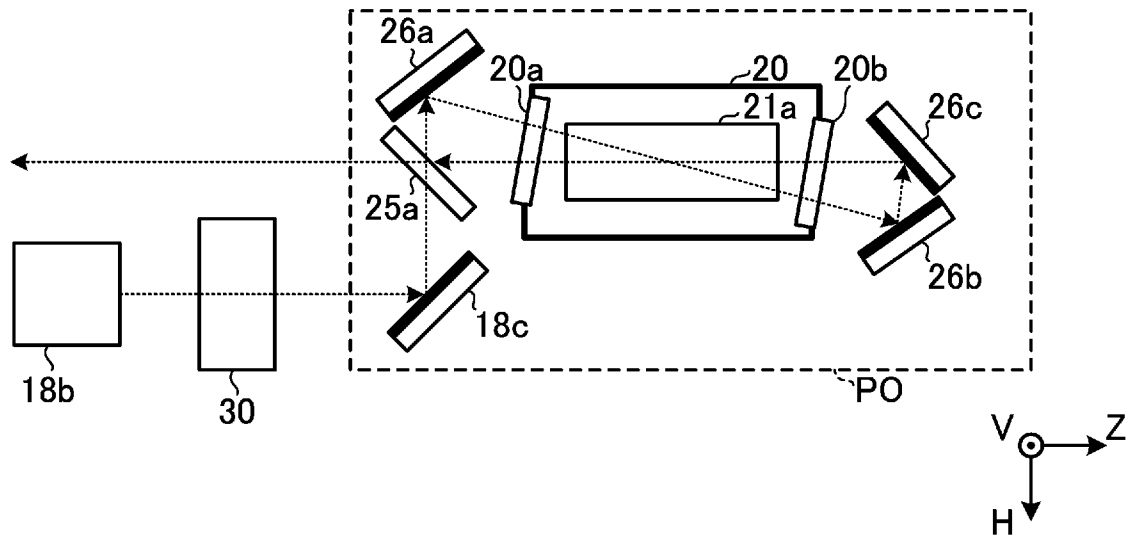


図11B

[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/075018

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01S3/13(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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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 2010-10551 A (Gigaphoton Inc.), 14 January 2010 (14.01.2010), specification, paragraphs [0025] to [0026]; fig. 2 (Family: none)	1-8
Y	JP 2010-50299 A (Gigaphoton Inc.), 04 March 2010 (04.03.2010), specification, paragraphs [0004], [0009], [0039] to [0048], [0094], [0095]; fig. 12 & US 2010/0128747 A1 & US 2012/0177072 A1 & US 2014/0050239 A1	1-8

☒ 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
07 April 2015 (07.04.15)

Date of mailing of the international search report
21 April 2015 (21.04.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/075018

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 2011-238976 A (Gigaphoton Inc.), 24 November 2011 (24.11.2011), specification, paragraphs [0062] to [0063]; fig. 11 (Family: none)	1-8
Y	JP 11-177173 A (Komatsu Ltd.), 02 July 1999 (02.07.1999), specification, paragraphs [0023] to [0025]; fig. 1 & US 6181724 B1 & DE 19857369 A1	1-8
Y	JP 2012-109417 A (Komatsu Ltd., Gigaphoton Inc.), 07 June 2012 (07.06.2012), specification, paragraphs [0009] to [0042]; fig. 1 to 21 & US 2013/0034116 A1	3-8
Y	JP 2004-39767 A (Gigaphoton Inc., Komatsu Ltd.), 05 February 2004 (05.02.2004), specification, paragraphs [0018] to [0032]; fig. 1 to 5 (Family: none)	3-8
Y	JP 2012-49558 A (Komatsu Ltd., Ushio Inc.), 08 March 2012 (08.03.2012), specification, paragraphs [0085] to [0095]; fig. 4 (Family: none)	3-8
A	US 2010/0309945 A1 (Sergei V.GOVORKOV, Alexander O.W.WEISSNER et al.), 09 December 2010 (09.12.2010), specification, paragraphs [0050] to [0060]; fig. 3 & US 2008/0291962 A1 & US 2006/0007978 A1	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01S3/13(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 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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 2010-10551 A（ギガフォトン株式会社）2010.01.14, 明細書【0025】－【0026】欄，図2 (ファミリーなし)	1-8
Y	JP 2010-50299 A（ギガフォトン株式会社）2010.03.04, 明細書【0004】，【0009】，【0039】－【0048】， 【0094】，【0095】欄，図12 & US 2010/0128747 A1 & US 2012/0177072 A1 & US 2014/0050239 A1	1-8

☒ 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

0 7 . 0 4 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

2 1 . 0 4 . 2 0 1 5

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）

2 X

4 0 8 4

百瀬 正之

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
Y	JP 2011-238976 A (ギガフォトン株式会社) 2011. 11. 24, 明細書【0062】－【0063】欄, 図11 (ファミリーなし)	1-8
Y	JP 11-177173 A (株式会社小松製作所) 1999. 07. 02, 明細書【0023】－【0025】欄, 図1 & US 6181724 B1 & DE 19857369 A1	1-8
Y	JP 2012-109417 A (株式会社小松製作所, ギガフォトン株式会社) 2012. 06. 07, 明細書【0009】－【0042】欄, 図1－21 & US 2013/0034116 A1	3-8
Y	JP 2004-39767 A (ギガフォトン株式会社, 株式会社小松製作所) 2004. 02. 05, 明細書【0018】－【0032】欄, 図1－5 (フ ァミリーなし)	3-8
Y	JP 2012-49558 A (株式会社小松製作所, ウシオ電機株式会社) 2012. 03. 08, 明細書【0085】－【0095】欄, 図4 (ファミリーなし)	3-8
A	US 2010/0309945 A1 (Sergei V. GOVORKOV, Alexander O.W. WEISSNER et al.) 2010. 12. 09, 明細書【0050】－【0060】欄, FIG. 3 & US 2008/0291962 A1 & US 2006/0007978 A1	1-8