

(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
2017年10月26日(26.10.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/183210 A1

(51) 国際特許分類:
H01S 3/1055 (2006.01) H01S 3/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/062858

(22) 国際出願日: 2016年4月22日(22.04.2016)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

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

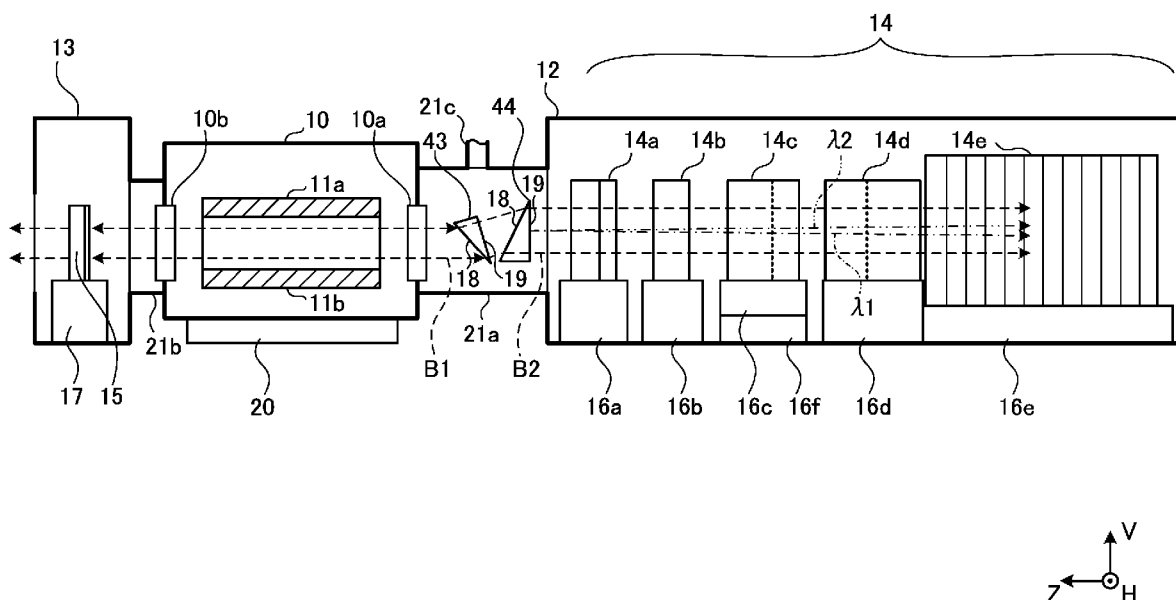
(72) 発明者: 宮本 浩孝 (MIYAMOTO Hirotaka); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田400番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP).

(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, 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,

(54) Title: LASER DEVICE

(54) 発明の名称: レーザ装置



(57) **Abstract:** A laser device equipped with: a chamber in which a pair of discharge electrodes are arranged; a first beam expander arranged so as to enlarge the beam width of a beam output from the chamber, said beam width being enlarged in at least a first direction, being a first direction substantially parallel to the discharge direction between the pair of discharge electrodes; and a band-narrowing optical system. The band-narrowing optical system has: a second beam expander that contains one or more optical elements and is arranged so as to enlarge the beam width of the beam output from the chamber, said beam width being enlarged in at least a second direction, being a second direction substantially perpendicular to the



TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, ZA, ZM, ZW.

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

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

first direction; and a grating arranged so as to cause wavelength dispersion of the beam (the beam width of which has been enlarged by the first and second beam expanders) in a plane substantially parallel to the second direction. Among the one or more optical elements and the grating, at least one is arranged so as to compensate for wavelength dispersion caused by the first beam expander.

(57) 要約: レーザ装置は、一対の放電電極が内部に配置されたチャンバと、チャンバから出力されたビームのビーム幅を、少なくとも第1の方向であって一対の放電電極の間における放電方向と略平行な第1の方向に拡大するように配置された、第1のビームエキスパンダと、狭帯域化光学系であって、チャンバから出力されたビームのビーム幅を、少なくとも第2の方向であって第1の方向と略垂直な第2の方向に拡大するように配置された、少なくとも1つの光学素子を含む第2のビームエキスパンダと、第1及び第2のビームエキスパンダによってビーム幅が拡大されたビームを、第2の方向と略平行な面内に波長分散させるように配置された、グレーティングと、を有し、少なくとも1つの光学素子とグレーティングとの内の少なくとも1つが、第1のビームエキスパンダによる波長分散を補償するように配置されている狭帯域化光学系と、を備える。

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光学系（Line Narrow Module）が設けられ、この狭帯域化光学系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。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：米国特許出願公開第2001/0014110号明細書

特許文献2：特許第4358052号公報

特許文献3：米国特許出願公開第2015/0325980号明細書

特許文献4：特許第3590524号公報

概要

[0006] 本開示の1つの観点に係るレーザ装置は、一对の放電電極が内部に配置されたチャンバと、チャンバから出力されたビームのビーム幅を、少なくとも第1の方向であって一对の放電電極の間における放電方向と略平行な第1の方向に拡大するように配置された、第1のビームエキスパンダと、狭帯域化光学系であって、チャンバから出力されたビームのビーム幅を、少なくとも第2の方向であって第1の方向と略垂直な第2の方向に拡大するように配置された、少なくとも1つの光学素子を含む第2のビームエキスパンダと、第1及び第2のビームエキスパンダによってビーム幅が拡大されたビームを、第2の方向と略平行な面内に波長分散させるように配置された、グレーティングと、を有し、少なくとも1つの光学素子とグレーティングとの内の少なくとも1つが、第1のビームエキスパンダによる波長分散を補償するように配置されている狭帯域化光学系と、を備える。

[0007] 本開示の他の1つの観点に係るレーザ装置は、一对の放電電極が内部に配置されたチャンバと、チャンバから出力されたビームを波長分散させるように配置されたグレーティングと、チャンバとグレーティングとの間のビーム経路に配置された第1のビームエキスパンダであって、グレーティングへの入射位置におけるビーム幅を、少なくとも第1の方向であってグレーティングの分散面と略垂直な第1の方向に拡大するように配置された、第1のビームエキスパンダと、チャンバとグレーティングとの間のビーム経路に配置された第2のビームエキスパンダであって、グレーティングへの入射位置にお

けるビーム幅を、少なくとも第2の方向であってグレーティングの分散面と略平行な第2の方向に拡大するように配置された、少なくとも1つの光学素子を含む第2のビームエキスパンダと、を備え、グレーティングと少なくとも1つの光学素子との内の少なくとも1つが、第1のビームエキスパンダによる波長分散を補償するように配置される。

図面の簡単な説明

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

[図1]図1は、本開示の第1の実施形態に係るレーザ装置の構成を模式的に示す。

[図2]図2は、本開示の第1の実施形態に係るレーザ装置の構成を模式的に示す。

[図3]図3A～図3Cは、グレーティング14eの分散面を傾斜させていない場合のグレーティングと入射ビームの光軸との関係を示す。図3D～図3Fは、グレーティング14eの分散面を傾斜させた場合のグレーティングと入射ビームの光軸との関係を示す。

[図4]図4は、本開示の第2の実施形態に係るレーザ装置の構成を模式的に示す。

[図5]図5は、本開示の第3の実施形態に係るレーザ装置の構成を模式的に示す。

[図6]図6A～図6Cは、本開示の第4の実施形態に係るレーザ装置において使用可能な角度変更機構を模式的に示す。

[図7]図7A～図7Cは、本開示の第5の実施形態に係るレーザ装置において使用可能な角度変更機構を模式的に示す。

実施形態

[0009] <内容>

1. 概要

2. グレーティングを傾斜させて第1のビームエキスパンダによる波長分散

を補償するレーザ装置

2. 1 構成

2. 1. 1 レーザチャンバ

2. 1. 2 狭帯域化光学系

2. 1. 3 出力結合ミラー

2. 1. 4 第1のビームエキスパンダ

2. 2 動作

2. 3 波長分散の補償作用

3. 第2のビームエキスパンダに含まれるプリズムを傾斜させて第1のビームエキスパンダによる波長分散を補償するレーザ装置

4. 第1のビームエキスパンダが上下反転している場合

5. グレーティングの角度変更機構

6. プリズムの角度変更機構

7. その他

[0010] 以下、本開示の実施形態について、図面を参照しながら詳しく説明する。

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

[0011] 1. 概要

本開示の1つの観点において、レーザ装置は、チャンバと、第1のビームエキスパンダと、狭帯域化光学系と、を備える。チャンバの内部には、一对の放電電極が配置される。第1のビームエキスパンダ及び狭帯域化光学系は、チャンバの外に配置される。狭帯域化光学系は、第2のビームエキスパンダと、グレーティングと、を備える。

[0012] 第1のビームエキスパンダは、複数のプリズムを含む。第1のビームエキスパンダは、チャンバから出力されたビームを、一对の放電電極の間におけ

る放電方向と略平行な第 1 の方向に拡大させる。

第 2 のビームエキスパンダは、少なくとも 1 つのプリズムを含む。第 2 のビームエキスパンダは、チャンバから出力されたビームを、一对の放電電極の間における放電方向と略垂直な第 2 の方向に拡大させる。

[0013] 第 1 のビームエキスパンダ及び第 2 のビームエキスパンダによって拡大されたビームは、グレーティングに入射する。グレーティングに入射したビームは、第 2 の方向と略平行な面内に波長分散してもよい。

[0014] さらに、第 2 のビームエキスパンダを構成する光学素子及びグレーティングの内の少なくとも 1 つが、第 1 のビームエキスパンダによる波長分散を補償するように配置される。

なお、本願における「垂直」、「平行」等の語は、角度等の数値を厳密に規定するものではなく、実用的範囲内での誤差を含む趣旨である。

[0015] 2. グレーティングを傾斜させて第 1 のビームエキスパンダによる波長分散を補償するレーザ装置

2. 1 構成

図 1 及び図 2 は、本開示の第 1 の実施形態に係るレーザ装置の構成を模式的に示す。図 1 及び図 2 に示されるレーザ装置は、レーザチャンバ 10 と、一对の放電電極 11 a 及び 11 b と、狭帯域化光学系 14 と、出力結合ミラー 15 と、を含む。狭帯域化光学系 14 と出力結合ミラー 15 とが、光共振器を構成する。レーザチャンバ 10 は、光共振器の光路に配置される。レーザ装置は、図示しない増幅器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る。

[0016] 図 1 においては、一对の放電電極 11 a 及び 11 b の間の放電方向に略平行な方向からみたレーザ装置の内部構成が示されている。図 2 においては、一对の放電電極 11 a 及び 11 b の間の放電方向に略垂直で、且つ、出力結合ミラー 15 から出力されるレーザ光の進行方向に略垂直な方向からみたレーザ装置の内部構成が示されている。出力結合ミラー 15 から出力されるレーザ光の進行方向は、Z 方向である。一对の放電電極 11 a 及び 11 b の間

の放電方向は、V方向又は－V方向である。これらの両方に垂直な方向は、H方向である。－V方向は、重力の方向とほぼ一致している。

[0017] 2. 1. 1 レーザチャンバ

レーザチャンバ10は、例えばレアガスとしてアルゴンガス又はクリプトンガス、ハロゲンガスとしてフッ素ガス、バッファガスとしてネオンガス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ある。レーザチャンバ10の両端にはウインドウ10a及び10bが設けられる。レーザチャンバ10は、ホルダ20によって支持されている。

[0018] 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内に配置される。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る。

[0019] 図1に示されるように、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面とが略平行となり、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る。

[0020] 2. 1. 2 狭帯域化光学系

狭帯域化光学系14は、少なくとも1つのプリズムと、グレーティング14eと、ホルダ16a～16eと、筐体12とを含む。少なくとも1つのプリズムは、放電方向と略垂直なH方向にビームを拡大させる4つのプリズム14a～14dを含む。プリズム14a～14dは、本開示における第2のビームエキスパンダを構成し得る。H方向は、本開示における第2の方向に相当し得る。

4つのプリズム14a～14dの各々は、フッ化カルシウムの結晶で構成される。4つのプリズム14a～14dの各々は、ビームが通過する2つの面18及び19を有する。面18を通過するビームが面18に対して非垂直となり、面19を通過するビームが面19に対して略垂直となるように、これらのプリズムが配置される。面18においては、ビームが屈折し、V軸に垂直な面内に波長分散が行われる。面19においては、ビームの屈折が抑制

される。面 18 には、レーザ光に含まれる光の内の少なくとも P 偏光の反射を抑制する膜がコーティングされている。面 19 には、レーザ光の反射を抑制する膜がコーティングされている。グレーティング 14 e は、表面に高反射率の材料を含み、多数の溝が所定間隔で形成されたエシェールグレーティングである。

[0021] 筐体 12 は、プリズム 14 a～14 d、グレーティング 14 e 及びホルダ 16 a～16 e を収容する。筐体 12 の内部において、プリズム 14 a はホルダ 16 a に支持され、プリズム 14 b はホルダ 16 b に支持され、プリズム 14 c はホルダ 16 c に支持され、プリズム 14 d はホルダ 16 d に支持され、グレーティング 14 e はホルダ 16 e に支持される。発振波長を調整するため、プリズム 14 c を支持するホルダ 16 c は、回転ステージ 16 f によって V 軸に平行な軸を中心として回転可能である。

[0022] 筐体 12 は、光路管 21 a によってレーザチャンバ 10 に接続される。光路管 21 a の内部と筐体 12 の内部とは連通するようになっている。筐体 12 には、光路管 21 a から離れた位置に不活性ガス導入管 12 c が接続されている。光路管 21 a には、筐体 12 から離れた位置に不活性ガス排出管 21 c が接続されている。不活性ガスは、不活性ガス導入管 12 c から筐体 12 内に導入され、光路管 21 a の不活性ガス排出管 21 c から排出されるようにパージされている。

[0023] 2. 1. 3 出力結合ミラー

出力結合ミラー 15 は、筐体 13 に収容されている。出力結合ミラー 15 は、筐体 13 の内部で、ホルダ 17 によって支持されている。出力結合ミラー 15 のチャンバ 10 側の表面には、部分反射膜がコーティングされ、もう一つの面には反射抑制膜がコーティングされている。

[0024] 筐体 13 は、光路管 21 b によってレーザチャンバ 10 に接続されている。光路管 21 b の内部と筐体 13 の内部とは連通するようになっている。光路管 21 b の内部及び筐体 13 には図示しない不活性ガス導入管と不活性ガス排出管が接続され、これらの内部には、不活性ガスがパージされる。

[0025] 2. 1. 4 第1のビームエキスパンダ

第1の実施形態に係るレーザ装置は、放電方向と略平行なV方向にビームを拡大させる第1のビームエキスパンダを備える。第1のビームエキスパンダは、複数のプリズム43及び44を含む。プリズム43及び44は、ウィンドウ10aとグレーティング14eとの間の光路に配置される。V方向は、本開示における第1の方向に相当し得る。

[0026] プリズム43及び44は、光路管21aの内部に配置される。プリズム43及び44は、ウィンドウ10aとウィンドウ10aに最も近いプリズム14aとの間の光路に配置される。すなわち、プリズム43及び44とグレーティング14eとの間に、プリズム14a～14dのすべてが配置される。ウィンドウ10aから出力された光のビーム幅がプリズム14aによって拡大される前の、ビーム幅が狭い位置にプリズム43及び44を配置することにより、小型のプリズム43及び44を採用することができる。

[0027] 複数のプリズム43及び44の各々は、フッ化カルシウムの結晶で構成される。複数のプリズム43及び44の各々は、ビームが通過する2つの面18及び19を有する。面18を通過するビームが面18に対して非垂直となり、面19を通過するビームが面19に対して略垂直となるように、これらのプリズムが配置される。面18においては、ビームが屈折し、VZ面に平行な面内に波長分散が行われる。面19においては、ビームの屈折が抑制される。複数のプリズム43及び44の面18には、レーザ光に含まれる光の内の少なくともS偏光の反射を低減する膜がコーティングされている。複数のプリズム43及び44の面19には、レーザ光の反射を抑制する膜がコーティングされている。これにより、複数のプリズム43及び44は、H方向の偏光成分の反射を抑制し、H方向の偏光成分を高い透過率で透過させることができる。

[0028] プリズム43及び44によるV方向へのビーム幅の拡大率 M_v は、1.1倍以上、4倍以下が好ましい。プリズム43及び44によるV方向へのビーム幅の拡大率 M_v は、4つのプリズム14a～14dによるH方向へのビー

ム幅の拡大率 M_h より小さいことが好ましい。

プリズム43及び44は、H方向にはビーム幅を拡大させなくてもよい。その場合、H方向のビーム幅を拡大させるプリズム14a～14dとの機能分担を明確にし、光学系の設計を容易にすることができる。

[0029] プリズム43及び44は、チャンバ側の位置における第1のビームB1に対してグレーティング側の位置における第2のビームB2をV方向にシフトさせる。但し、第1のビームB1と第2のビームB2とは平行である。ここで、両ビームの平行の許容範囲は、好ましくは $\pm 1^\circ$ 以内であり、さらに好ましくは $\pm 0.5^\circ$ 以内である。

[0030] 2. 2 動作

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する。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波長の光を放出する。

[0031] レーザチャンバ10内で発生した光は、ウィンドウ10a及び10bを介してレーザチャンバ10の外部に出射する。レーザチャンバ10のウィンドウ10aから出射した光は、V方向のビーム幅をプリズム43及び44によって拡大させられる。そして、プリズム43及び44から出射した光は、そのH方向のビーム幅をプリズム14a～14dによって拡大させられて、グレーティング14eに入射する。

[0032] プリズム14a～14dからグレーティング14eに入射した光は、グレーティング14eの複数の溝によって反射されるとともに、光の波長に応じた方向に回折させられる。グレーティング14eは、プリズム14a～14dからグレーティング14e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いる。これにより、所望波長付近の光がプリズム14a～14dとプリズム43及び44とを介してレーザチャンバ10に戻される。

- [0033] プリズム 1 4 a ~ 1 4 d は、グレーティング 1 4 e からの回折光の H 方向のビーム幅を縮小させる。プリズム 4 3 及び 4 4 は、プリズム 1 4 a から出射されたビームの V 方向のビーム幅を圧縮させる。プリズム 4 3 及び 4 4 から出射した光は、ウインドウ 1 0 a を介して、レーザチャンバ 1 0 の放電領域に戻される。
- [0034] 出力結合ミラー 1 5 は、レーザチャンバ 1 0 のウインドウ 1 0 b 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 1 0 内に戻す。
- [0035] このようにして、レーザチャンバ 1 0 から出射した光は、狭帯域化光学系 1 4 と出力結合ミラー 1 5 との間で往復し、放電電極 1 1 a 及び 1 1 b の間の放電空間を通過する度に増幅されレーザ発振する。この光は、狭帯域化光学系 1 4 で折り返される度に狭帯域化される。さらに、上述したウインドウ 1 0 a 及び 1 0 b の配置と、プリズム 4 3 と 4 4 のコーティングと、プリズム 1 4 a ~ 1 4 d のコーティングと、によって、H 方向の偏光成分が選択される。こうして増幅された光が、出力結合ミラー 1 5 からレーザ光として出力される。このレーザ光は、真空紫外域の波長を有し、その波長は、約 1 9 3 . 4 n m である。
- [0036] 第 1 の実施形態によれば、プリズム 4 3 及び 4 4 によって V 方向にビーム幅を拡大することにより、グレーティング 1 4 e に入射する光のエネルギー密度が低減されるので、グレーティング 1 4 e の表面温度の上昇が抑制される。これにより、V 方向にビーム幅を拡大しない場合に比べてグレーティング 1 4 e の表面付近における不活性ガスの屈折率分布が低減される。従って、グレーティング 1 4 e によって回折される光の波面の歪みが抑制され、レーザ装置から出力されるレーザ光のスペクトル線幅が広くなることが抑制される。さらに、グレーティング 1 4 e の回折面に入射する光のエネルギー密度が低減されると、グレーティング 1 4 e の回折表面の劣化が抑制される。その結果、グレーティング 1 4 e の回折効率の低下が抑制され、グレーティングの寿命が延びる。

[0037] 2. 3 波長分散の補償作用

プリズム43及び44は、V方向にビームを拡大するだけでなく、VZ面に平行な面内に波長分散させる機能も有する。このため、プリズム43及び44からグレーティング14eに入射するビームの光軸は、発振波長が λ_1 である場合と λ_2 である場合とでわずかに異なる。図2における一点鎖線は、発振波長が λ_1 である場合の光軸を示し、図2における二点鎖線は、発振波長が λ_2 である場合の光軸を示す。例えば、発振波長が193.300nmから193.457nmに変更されると、光共振器内をレーザ光が1往復したときのV方向のポインティングは0.1mradずれる。光共振器内をレーザ光が6往復したときのV方向のポインティングは最大0.6mradずれる。図2においては、説明のために、これらの光軸のずれが誇張されて描かれている。

[0038] 従って、発振波長が変化すると、光共振器から出力されるレーザ光のポインティングがV方向にずれることがある。これにより、レーザ光のビームプロファイルあるいはビームダイバージェンスあるいはビームポインティングを悪化させるおそれがある。

[0039] そこで、第1の実施形態においては、プリズム43及び44の分散面に直交する面に対して、グレーティング14eの分散面をわずかに傾けて配置する。グレーティング14eの分散面をわずかに傾けて配置することにより、グレーティング14eに入射したビームはV方向にもわずかに波長分散する。これにより、プリズム43及び44によるV方向の波長分散を補償する。ここで、プリズム43及び44の分散面は、面18と面19との両方に略垂直な面である。グレーティング14eの分散面は、グレーティング14eに形成された各々の溝の方向に垂直な面である。

[0040] 図1に示されるように、グレーティング14eの回折面に略垂直な第1の軸をS軸とする。S軸に略垂直であってグレーティング14eの分散面に略平行な第2の軸をP軸とする。S軸とP軸との両方に略垂直な軸をQ軸とする。ここで、グレーティング14eの回折面は、チャンバ10から出力され

たビームが入射する多数の溝が形成された面である。S軸、P軸、Q軸は、グレーティング14eの位置及び姿勢の変化に応じて変化する軸である。

[0041] また、図1に示されるように、グレーティング14eへの入射位置におけるビーム軸に略平行な軸をZ1軸とする。Z1軸とV軸との両方に略垂直な軸をH1軸とする。

[0042] 第1の実施形態においては、P軸とS軸との両方の軸周りに、グレーティング14eを傾けることにより、グレーティング14eの分散面を傾斜させている。グレーティング14eを傾けることによる波長分散の補償作用について、図3A～図3Fを参照しながら説明する。

[0043] 図3A～図3Cは、グレーティング14eの分散面を傾斜させていない場合のグレーティングと入射ビームの光軸との関係を示す。図3AはZ1軸に沿ってグレーティング14eを見た図であり、図3BはH1軸に沿ってグレーティング14eを見た図であり、図3CはQ軸に沿ってグレーティング14eを見た図である。これらの図においても、発振波長が λ_1 である場合の光軸と発振波長が λ_2 である場合の光軸とのずれが誇張されて描かれている。これらの光軸は、プリズム43及び44による波長分散により、V方向又は-V方向にずれている。図3A～図3Cにおいては、プリズム43及び44の分散面に直交する面hzに対して、グレーティング14eの分散面spを傾斜させていないので、Q軸とV軸は略平行となる。ここで、プリズム43及び44の分散面に直交する面hzは、図1及び図2に示されるHZ面に平行な面である。グレーティング14eの分散面spは、図3A～図3CにおけるSP面に平行な面である。

[0044] 図3A～図3Cに示されるように、グレーティング14eの分散面spを傾斜させていない場合には、発振波長が λ_1 である場合の光軸と発振波長が λ_2 である場合の光軸とは、ほぼ同じ入射角でグレーティング14eの回折面に入射する。従って、発振波長が λ_1 である場合の光軸と発振波長が λ_2 である場合の光軸とは、そのずれが補償されないまま、グレーティング14eにおいて回折される。

[0045] 図3D～図3Fは、グレーティング14eの分散面を傾斜させた場合のグレーティングと入射ビームの光軸との関係を示す。図3DはZ1軸に沿ってグレーティング14eを見た図であり、図3EはH1軸に沿ってグレーティング14eを見た図であり、図3FはQ軸に沿ってグレーティング14eを見た図である。これらの図においても、発振波長が λ_1 である場合の光軸と発振波長が λ_2 である場合の光軸とのずれが誇張されて描かれている。これらの光軸は、プリズム43及び44による波長分散により、V方向又は-V方向にずれている。図3D～図3Fにおいては、プリズム43及び44の分散面に直交する面hzに対して、グレーティング14eの分散面spを傾斜させているので、Q軸とV軸は非平行となる。

[0046] 図3D～図3Fに示されるように、グレーティング14eの分散面spを傾斜させた場合には、発振波長が λ_1 である場合の光軸と発振波長が λ_2 である場合の光軸とは、互いに異なる入射角でグレーティング14eの回折面に入射する。従って、発振波長が λ_1 である場合のグレーティング14eへの入射角と、グレーティング14eによる波長 λ_1 の光の回折角とを一致させ、且つ、発振波長が λ_2 である場合のグレーティング14eへの入射角と、グレーティング14eによる波長 λ_2 の光の回折角とを一致させることにより、これらの光軸のずれを補償することができる。

[0047] グレーティング14eを傾斜させる場合、プリズム14a～14dの各々の分散面が互いに略一致するようプリズム14a～14dの各々が配置されるのが好ましい。その場合には、グレーティング14eの分散面が、プリズム14a～14dの分散面に対して傾斜している。なお、プリズム14a～14dの各々において、分散面は、面18と面19との両方に略垂直な面である。あるいは、プリズム14a～14dの内のいずれかの分散面と、グレーティング14eの分散面との両方が、プリズム43及び44の分散面に直交する面に対して傾斜していてもよい。

[0048] 一例として、プリズム43及び44によるV方向へのビーム幅の拡大率が2倍である場合、グレーティング14eを、S軸周りに反時計回りに0.1

4°、P軸周りに反時計回りに0.35°傾けて配置することが望ましい。グレーティング14eがそのような傾きで配置されるように、グレーティング14eを載せるための設置面が加工されていてもよい。また、グレーティング14eがそのような傾きで配置されるように、グレーティング14eを構成するグレーティング基板の底面が加工されていてもよい。また、グレーティング14eの底面またはホルダ16eにシムを挿入することによって、グレーティング14eの分散面を傾けてもよい。

[0049] 3. 第2のビームエキスパンダに含まれるプリズムを傾斜させて第1のビームエキスパンダによる波長分散を補償するレーザ装置

図4は、本開示の第2の実施形態に係るレーザ装置の構成を模式的に示す。図4においては、一对の放電電極11a及び11bの間の放電方向に略平行な方向からみたレーザ装置の内部構成が示されている。第2の実施形態においては、プリズム43及び44の分散面に直交する面に対してグレーティング14eの分散面を傾ける代わりに、第2のビームエキスパンダに含まれる少なくとも1つのプリズムの分散面を傾ける。これより、第1のビームエキスパンダによる波長分散を補償することができる。

[0050] 図4に示されるように、プリズム14cにおいて、ビームが屈折する面18に略垂直な第3の軸をS軸とする。S軸に略垂直であってプリズム14cの分散面に略平行な第4の軸をP軸とする。S軸とP軸との両方に略垂直な軸をQ軸とする。ここで、プリズム14cの面18は、チャンバ10から出力されたビームが入射する面である。S軸、P軸、Q軸は、プリズム14cの位置及び姿勢の変化に応じて変化する軸である。

プリズム14dにおいても、プリズム14cと同様にS軸、P軸、Q軸が定義される。

[0051] 一例として、プリズム43及び44によるV方向へのビーム幅の拡大率が2倍である場合、プリズム14cを、S軸周りに反時計回りに-0.23°、P軸周りに反時計回りに0.057°傾けて配置することが望ましい。あるいは、プリズム14cを傾ける代わりに、プリズム14dを、S軸周りに

反時計回りに -0.074° 、P軸周りに反時計回りに 0.20° 傾けて配置することが望ましい。プリズム14c又は14dがそのような傾きで配置されるように、プリズム14c又は14dを載せるための設置面が加工されていてもよい。プリズム14c又は14dがそのような傾きで配置されるように、プリズム14c又は14dを構成するプリズム基板の底面が加工されていてもよい。また、プリズム14c又は14dの底面またはホルダ16c又は16dにシムを挿入することによって、プリズム14c又は14dの分散面を傾けてもよい。

[0052] プリズム14c又はプリズム14dの分散面を傾けることにより、分散面を傾けたプリズムに入射したビームはV方向にもわずかに波長分散する。これにより、プリズム43及び44によるV方向の波長分散を補償することができる。

[0053] プリズム14a～14dの内のいずれか1つの分散面を傾斜させる場合、残りのプリズム及びグレーティング14eの分散面は傾斜させないのが好ましい。その場合には、傾斜させる1つのプリズム以外のプリズムの分散面とグレーティング14eの分散面は互いに一致している。そして、傾斜させる1つのプリズムの分散面が、残りのプリズムの分散面とグレーティング14eの分散面に対して傾斜している。あるいは、プリズム14a～14dの内の複数のプリズムの分散面を、プリズム43及び44の分散面に直交する面に対して傾斜させてもよい。

[0054] 波長分散を補償するために分散面が傾けられるプリズムは、発振波長を調整するためにV軸に平行な軸を中心として回転可能なプリズム14cか、あるいはプリズム14cよりもグレーティング14e側のプリズム14dであることが望ましい。これにより、レーザの発振波長を可変するためにプリズム14cがV軸に平行な軸を中心として回転したとしても、プリズム43及び44の波長分散を補償することができる。あるいは、プリズム14bがV軸に平行な軸を中心として回転可能とした場合に、波長分散を補償するために、プリズム14b、14c、14dのいずれかの分散面が傾くように配置

してもよい。

他の点については、第 1 の実施形態と同様である。

[0055] 4. 第 1 のビームエキスパンダが上下反転している場合

図 5 は、本開示の第 3 の実施形態に係るレーザ装置の構成を模式的に示す。図 5 においては、一对の放電電極 1 1 a 及び 1 1 b の間の放電方向に略平行な方向からみたレーザ装置の内部構成が示されている。第 3 の実施形態において、プリズム 4 3 及び 4 4 は、チャンバ側の位置における第 1 のビーム B 1 に対してグレーティング側の位置における第 2 のビーム B 2 を -V 方向にシフトさせる。すなわち、プリズム 4 3 及び 4 4 は、第 1 の実施形態における配置に対して上下反転している。

[0056] 第 3 の実施形態においては、グレーティング又はプリズムを傾ける方向が、第 1 又は第 2 の実施形態におけるものと逆になる。

他の点については、第 1 又は第 2 の実施形態と同様である。

[0057] 一例として、プリズム 4 3 及び 4 4 による V 方向へのビーム幅の拡大率が 2 倍である場合、グレーティング 1 4 e を、S 軸周りに反時計回りに -0.14°、P 軸周りに反時計回りに -0.35° 傾けて配置することが望ましい。

また、一例として、プリズム 4 3 及び 4 4 による V 方向へのビーム幅の拡大率が 2 倍である場合、プリズム 1 4 c を、S 軸周りに反時計回りに 0.23°、P 軸周りに反時計回りに -0.057° 傾けて配置することが望ましい。あるいは、プリズム 1 4 c を傾ける代わりに、プリズム 1 4 d を、S 軸周りに反時計回りに 0.074°、P 軸周りに反時計回りに -0.20° 傾けて配置することが望ましい。

[0058] グレーティング 1 4 e の S 軸周りの傾斜角度の絶対値は、0.084° 以上、0.29° 以下が望ましい。

グレーティング 1 4 e の P 軸周りの傾斜角度の絶対値は、0.12° 以上、0.64° 以下が望ましい。

プリズム 1 4 c の S 軸周りの傾斜角度の絶対値は、0.14° 以上、0.

40° 以下が望ましい。

プリズム14cのP軸周りの傾斜角度の絶対値は、0.034° 以上、0.34° 以下が望ましい。

プリズム14dのS軸周りの傾斜角度の絶対値は、0.046° 以上、0.16° 以下が望ましい。

プリズム14dのP軸周りの傾斜角度の絶対値は、0.12° 以上、0.36° 以下が望ましい。

[0059] 5. グレーティングの角度変更機構

図6A～図6Cは、本開示の第4の実施形態に係るレーザ装置において使用可能な角度変更機構を模式的に示す。図6Aは、Q軸方向からみたグレーティング14e及び角度変更機構を示す。図6Bは、P軸方向からみたグレーティング14e及び角度変更機構を示す。図6Cは、S軸方向からみたグレーティング14e及び角度変更機構を示す。第4の実施形態においては、グレーティング14eの傾斜角度が調整可能である。

[0060] 図6A～図6Cに示される角度変更機構30は、第1プレート31と、第2プレート32と、突起部33と、第1マイクロメータ34と、第2マイクロメータ35と、を含む。第1プレート31は、図2を参照しながら説明したホルダ16eに固定されている。突起部33と、第1マイクロメータ34と、第2マイクロメータ35とは、第1プレート31に固定されている。第1マイクロメータ34は、突起部33からみてP方向にずれた場所に位置し、第2マイクロメータ35は、突起部33からみて-S方向にずれた場所に位置する。

[0061] 第2プレート32は、突起部33と、第1マイクロメータ34と、第2マイクロメータ35とにより支持される。グレーティング14eは、第2プレート32の上面に固定されている。

[0062] 第2プレート32の下面には、円錐形の窪みを有するマウント部36が固定される。マウント部36は、グレーティング14eの回折面の真下に位置している。マウント部36の円錐形の窪みで突起部33を受けることにより

、マウント部 3 6 が一点に位置決めされる。

[0063] 第 2 プレート 3 2 の下面には、断面 V 字形の溝を有するマウント部 3 7 が固定される。マウント部 3 7 は、グレーティング 1 4 e の回折面の真下であって、マウント部 3 6 から離れた場所に位置している。マウント部 3 7 の断面 V 字形の溝は、グレーティング 1 4 e の回折面に平行な方向に形成されている。マウント部 3 7 の断面 V 字形の溝で第 1 マイクロメータ 3 4 のヘッド部 3 4 a を受けることにより、グレーティング 1 4 e の回折面が、突起部 3 3 と第 1 マイクロメータ 3 4 のヘッド部 3 4 a とを結ぶ線と略平行となるように位置決めされる。

[0064] さらに、第 2 プレート 3 2 の下面で第 2 マイクロメータ 3 5 のヘッド部 3 5 a を受けることにより、グレーティング 1 4 e が 3 点支持されて位置決めされる。

第 1 マイクロメータ 3 4 の近傍には、第 1 プレート 3 1 と第 2 プレート 3 2 との間隔を狭める方向に応力を有するバネ 3 8 が配置される。第 2 マイクロメータ 3 5 の近傍には、第 1 プレート 3 1 と第 2 プレート 3 2 との間隔を狭める方向に弾性力を有するバネ 3 9 が配置される。

[0065] 第 1 マイクロメータ 3 4 は、図示しない制御装置により、ヘッド部 3 4 a の高さを調整可能である。これにより、グレーティング 1 4 e の傾きを S 軸と略平行な軸周りに調節可能である。

第 2 マイクロメータ 3 5 は、図示しない制御装置により、ヘッド部 3 5 a の高さを調整可能である。これにより、グレーティング 1 4 e の傾きを P 軸と略平行な軸周りに調節可能である。

[0066] 第 4 の実施形態によれば、レーザ装置内の光学素子の熱による変形などにより波長分散特性が変化したような場合でも、グレーティング 1 4 e の傾斜角度を調整することにより、波長分散の補償を改善することができる。

ここではグレーティング 1 4 e の傾きを調節する場合について説明したが、同様の機構により、プリズム 1 4 c 又は 1 4 d の角度を調節してもよい。

[0067] 6. プリズムの角度変更機構

図 7 A～図 7 C は、本開示の第 5 の実施形態に係るレーザ装置において使用可能な角度変更機構を模式的に示す。図 7 A は、Q 軸方向からみたプリズム 1 4 d 及び角度変更機構を示す。図 7 B は、P 軸の負の方向からみたプリズム 1 4 d 及び角度変更機構を示す。図 7 C は、S 軸方向からみたプリズム 1 4 d 及び角度変更機構を示す。図 7 C において、角度変更機構の一部は断面で示されている。第 5 の実施形態においては、プリズム 1 4 d の傾斜角度が調整可能である。

[0068] 図 7 A～図 7 C に示される角度変更機構 4 0 は、第 1 の蝶番 4 1 a と、第 2 の蝶番 4 1 b と、プレート 4 6 と、を含む。

第 1 の蝶番 4 1 a は、2 つ折りにされた 1 枚の板で構成されている。第 1 の蝶番 4 1 a は、肉薄の折り曲げ部からみて一方側の可動部 4 2 a と他方側の固定部 4 3 a とを含む。第 1 の蝶番 4 1 a の肉薄の折り曲げ部は、S 軸と略平行に配置されている。

第 2 の蝶番 4 1 b は、2 つ折りにされた別の 1 枚の板で構成されている。第 2 の蝶番 4 1 b は、肉薄の折り曲げ部からみて一方側の可動部 4 2 b と他方側の固定部 4 3 b とを含む。第 2 の蝶番 4 1 b の肉薄の折り曲げ部は、P 軸と略平行に配置されている。

[0069] 第 2 の蝶番 4 1 b の固定部 4 3 b は、図 2 を参照しながら説明したホルダ 1 6 d に固定されている。第 2 の蝶番 4 1 b の可動部 4 2 b に、第 1 の蝶番 4 1 a の固定部 4 3 a が固定されている。第 1 の蝶番 4 1 a の可動部 4 2 a に、プレート 4 6 が固定される。プレート 4 6 に、プリズム 1 4 d が固定されている。

[0070] 第 1 のボルト 4 4 a が、第 1 の蝶番 4 1 a の可動部 4 2 a に形成された貫通孔を貫通して、固定部 4 3 a にねじ込まれる。第 1 のボルト 4 4 a の頭部は可動部 4 2 a に形成された上記貫通孔を通過せず、可動部 4 2 a が固定部 4 3 a から離れることを規制する。すなわち、第 1 のボルト 4 4 a により、第 1 の蝶番 4 1 a が開くことが規制される。

[0071] 第 2 のボルト 4 5 a が、第 1 の蝶番 4 1 a の可動部 4 2 a にねじ込まれて

、第2のボルト45aの先端が固定部43aに達する。第2のボルト45aは、可動部42aが固定部43aに近づくことを規制する。すなわち、第2のボルト45aにより、第1の蝶番41aが閉じることが規制される。

[0072] これにより、第1の蝶番41aの開き角度が調節され、プリズム14dの傾きをS軸と略平行な軸周りに調節可能である。

[0073] 第2の蝶番41bは、第1の蝶番41aと同様の構成を有する。第1の蝶番41aの構成要素に対応する構成要素について、それぞれ符号の末尾を「b」に変更して図示し、詳細な説明を省略する。第2の蝶番41bは、プリズム14dの傾きをP軸と略平行な軸周りに調節可能である。

[0074] 第5の実施形態によれば、レーザ装置内の光学素子の熱による変形などにより波長分散特性が変化したような場合でも、プリズム14dの傾斜角度を調整することにより、波長分散の補償を改善することができる。

ここではプリズム14dの傾きを調節する場合について説明したが、同様の機構により、他のプリズムの角度を調節してもよいし、グレーティングの角度を調節してもよい。

[0075] 7. その他

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。

[0076] 本明細書及び添付の特許請求の範囲全体で使用される用語は、「限定的でない」用語と解釈されるべきである。例えば、「含む」又は「含まれる」という用語は、「含まれるものとして記載されたものに限定されない」と解釈されるべきである。「有する」という用語は、「有するものとして記載されたものに限定されない」と解釈されるべきである。また、本明細書及び添付の特許請求の範囲に記載される修飾句「1つの」は、「少なくとも1つ」又は「1又はそれ以上」を意味すると解釈されるべきである。

請求の範囲

[請求項1]

一対の放電電極が内部に配置されたチャンバと、

前記チャンバから出力されたビームのビーム幅を、少なくとも第1の方向であって前記一対の放電電極の間における放電方向と略平行な前記第1の方向に拡大するように配置された、第1のビームエキスパンダと、

狭帯域化光学系であって、

前記チャンバから出力されたビームのビーム幅を、少なくとも第2の方向であって前記第1の方向と略垂直な前記第2の方向に拡大するように配置された、少なくとも1つの光学素子を含む第2のビームエキスパンダと、

前記第1及び前記第2のビームエキスパンダによってビーム幅が拡大されたビームを、前記第2の方向と略平行な面内に波長分散させるように配置された、グレーティングと、を有し、

前記少なくとも1つの光学素子と前記グレーティングとの内の少なくとも1つが、前記第1のビームエキスパンダによる波長分散を補償するように配置されている、

前記狭帯域化光学系と、

を備えるレーザ装置。

[請求項2]

前記第1のビームエキスパンダは、前記第1のビームエキスパンダよりも前記チャンバ側の位置における第1のビームと、前記第1のビームエキスパンダよりも前記グレーティング側の位置における第2のビームと、が略平行となるように配置された第1及び第2のプリズムを含む、請求項1記載のレーザ装置。

[請求項3]

前記第1のビームエキスパンダの分散面と直交する面に対して、前記グレーティングの分散面が傾くように前記グレーティングが配置されている請求項2記載のレーザ装置。

[請求項4]

前記グレーティングが、当該グレーティングの回折面に略垂直な第

1の軸と、前記第1の軸に略垂直であって当該グレーティングの分散面に略平行な第2の軸と、を中心にそれぞれ傾けて配置されている、請求項3記載のレーザ装置。

[請求項5] 前記第1の軸を中心とした前記グレーティングの傾斜角度の絶対値が、0.084度以上、0.29度以下であり、前記第2の軸を中心とした前記グレーティングの傾斜角度の絶対値が、0.12度以上、0.64度以下である、請求項4記載のレーザ装置。

[請求項6] 前記少なくとも1つの光学素子が、第3のプリズムを含んでおり、前記第1のビームエキスパンダの分散面と直交する面に対して前記第3のプリズムの分散面が傾くように前記第3のプリズムが配置されている請求項2記載のレーザ装置。

[請求項7] 前記第3のプリズムは、前記チャンバから出力されたビームが通過する第1の面及び第2の面を有し、

前記第3のプリズムが、前記第1の面に垂直な第3の軸と、前記第3の軸に略垂直であって前記第3のプリズムの分散面に略平行な第4の軸と、を中心にそれぞれ傾けて配置されている、請求項6記載のレーザ装置。

[請求項8] 前記第3の軸を中心とした前記第3のプリズムの傾斜角度の絶対値が、0.046度以上、0.40度以下であり、前記第4の軸を中心とした前記第3のプリズムの傾斜角度の絶対値が、0.034度以上、0.36度以下である、請求項7記載のレーザ装置。

[請求項9] 前記第3のプリズムと、前記少なくとも1つの光学素子のうちの前記第3のプリズムよりも前記チャンバ側に配置されたプリズムと、の内の1つを、前記第1の方向に平行な軸を中心として回転可能な回転機構をさらに備える、請求項6記載のレーザ装置。

[請求項10] 前記少なくとも1つの光学素子と前記グレーティングとの内の少なくとも1つの傾斜角度を変更する角度変更機構を有する、請求項1記

載のレーザ装置。

[請求項11]

一対の放電電極が内部に配置されたチャンバと、

前記チャンバから出力されたビームを波長分散させるように配置されたグレーティングと、

前記チャンバと前記グレーティングとの間のビーム経路に配置された第1のビームエキスパンダであって、前記グレーティングへの入射位置におけるビーム幅を、少なくとも第1の方向であって前記グレーティングの分散面と略垂直な前記第1の方向に拡大するように配置された、前記第1のビームエキスパンダと、

前記チャンバと前記グレーティングとの間のビーム経路に配置された第2のビームエキスパンダであって、前記グレーティングへの入射位置におけるビーム幅を、少なくとも第2の方向であって前記グレーティングの分散面と略平行な前記第2の方向に拡大するように配置された、少なくとも1つの光学素子を含む前記第2のビームエキスパンダと、

を備え、

前記グレーティングと前記少なくとも1つの光学素子との内の少なくとも1つが、前記第1のビームエキスパンダによる波長分散を補償するように配置されている、

レーザ装置。

[請求項12]

前記第1のビームエキスパンダは、前記第1のビームエキスパンダよりも前記チャンバ側の位置における第1のビームと、前記第1のビームエキスパンダよりも前記グレーティング側の位置における第2のビームと、が略平行となるように配置された第1及び第2のプリズムを含む、請求項1記載のレーザ装置。

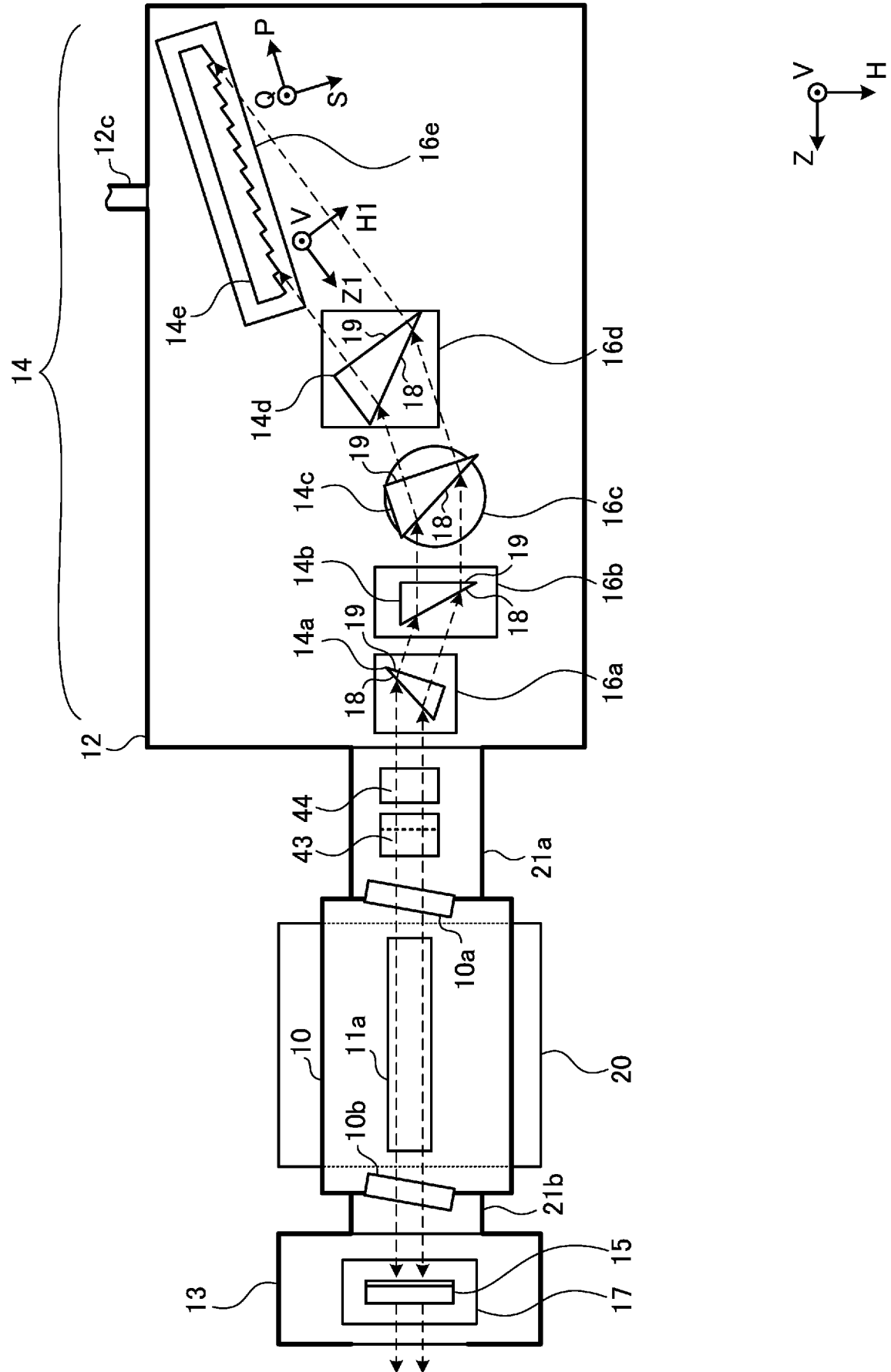
[請求項13]

前記第1のビームエキスパンダの分散面と直交する面に対して、前記グレーティングの分散面が傾くように前記グレーティングが配置されている請求項12記載のレーザ装置。

- [請求項14] 前記グレーティングが、当該グレーティングの回折面に略垂直な第1の軸と、前記第1の軸に略垂直であって当該グレーティングの分散面に略平行な第2の軸と、を中心にそれぞれ傾けて配置されている、請求項13記載のレーザ装置。
- [請求項15] 前記第1の軸を中心とした前記グレーティングの傾斜角度の絶対値が、0.084度以上、0.29度以下であり、前記第2の軸を中心とした前記グレーティングの傾斜角度の絶対値が、0.12度以上、0.64度以下である、請求項14記載のレーザ装置。
- [請求項16] 前記少なくとも1つの光学素子が、第3のプリズムを含んでおり、前記第1のビームエキスパンダの分散面と直交する面に対して前記第3のプリズムの分散面が傾くように前記第3のプリズムが配置されている請求項12記載のレーザ装置。
- [請求項17] 前記第3のプリズムは、前記チャンバから出力されたビームが通過する第1の面及び第2の面を有し、
前記第3のプリズムが、前記第1の面に垂直な第3の軸と、前記第3の軸に略垂直であって前記第3のプリズムの分散面に略平行な第4の軸と、を中心にそれぞれ傾けて配置されている、請求項16記載のレーザ装置。
- [請求項18] 前記第3の軸を中心とした前記第3のプリズムの傾斜角度の絶対値が、0.046度以上、0.40度以下であり、前記第4の軸を中心とした前記第3のプリズムの傾斜角度の絶対値が、0.034度以上、0.36度以下である、請求項17記載のレーザ装置。
- [請求項19] 前記第3のプリズムと、前記少なくとも1つの光学素子のうちの前記第3のプリズムよりも前記チャンバ側に配置されたプリズムと、の内の1つを、前記第1の方向に平行な軸を中心として回転可能な回転機構
をさらに備える、請求項16記載のレーザ装置。
- [請求項20] 前記少なくとも1つの光学素子と前記グレーティングとの内の少な

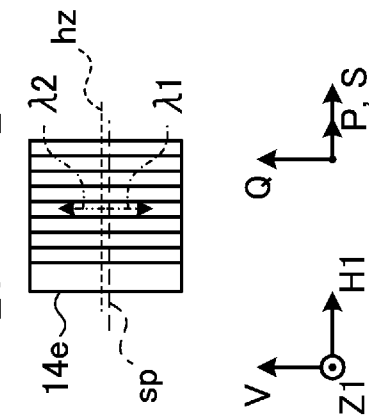
くとも 1 つの傾斜角度を変更する角度変更機構を有する、請求項 1 1
記載のレーザ装置。

[図1]

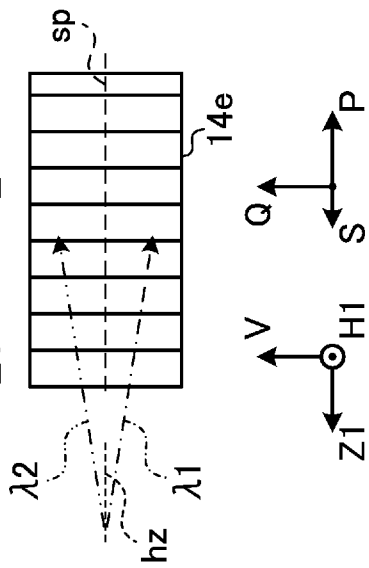


[図3]

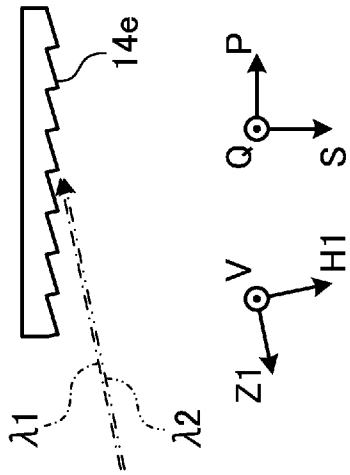
【図 3A】



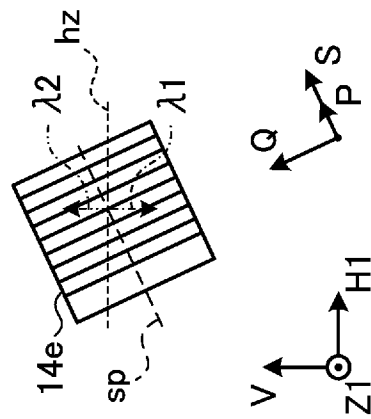
【図 3B】



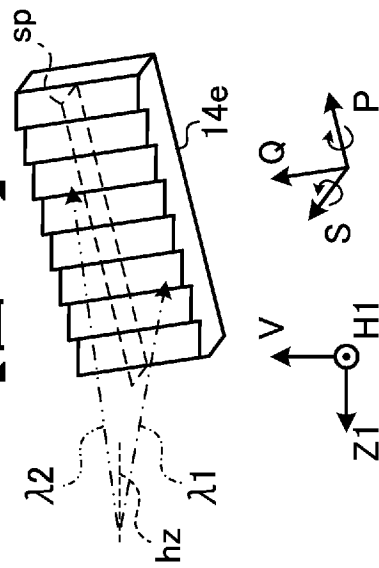
【図 3C】



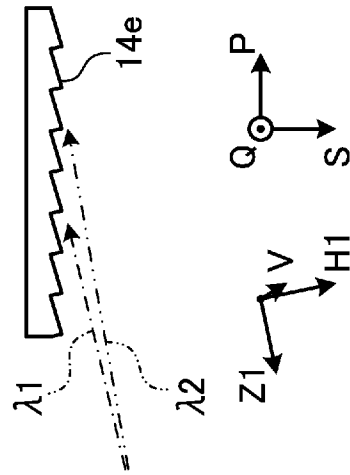
【図 3D】



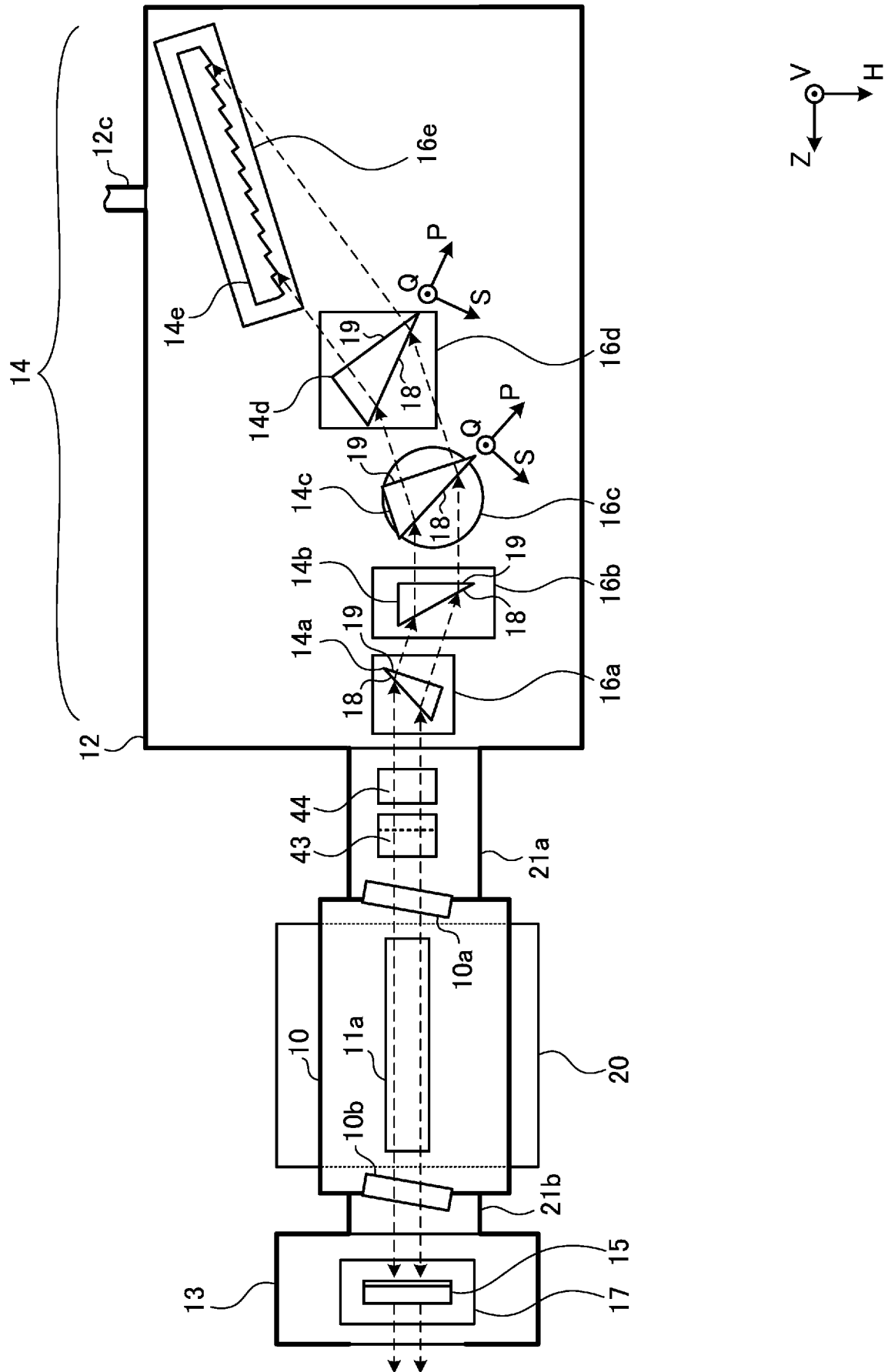
【図 3E】



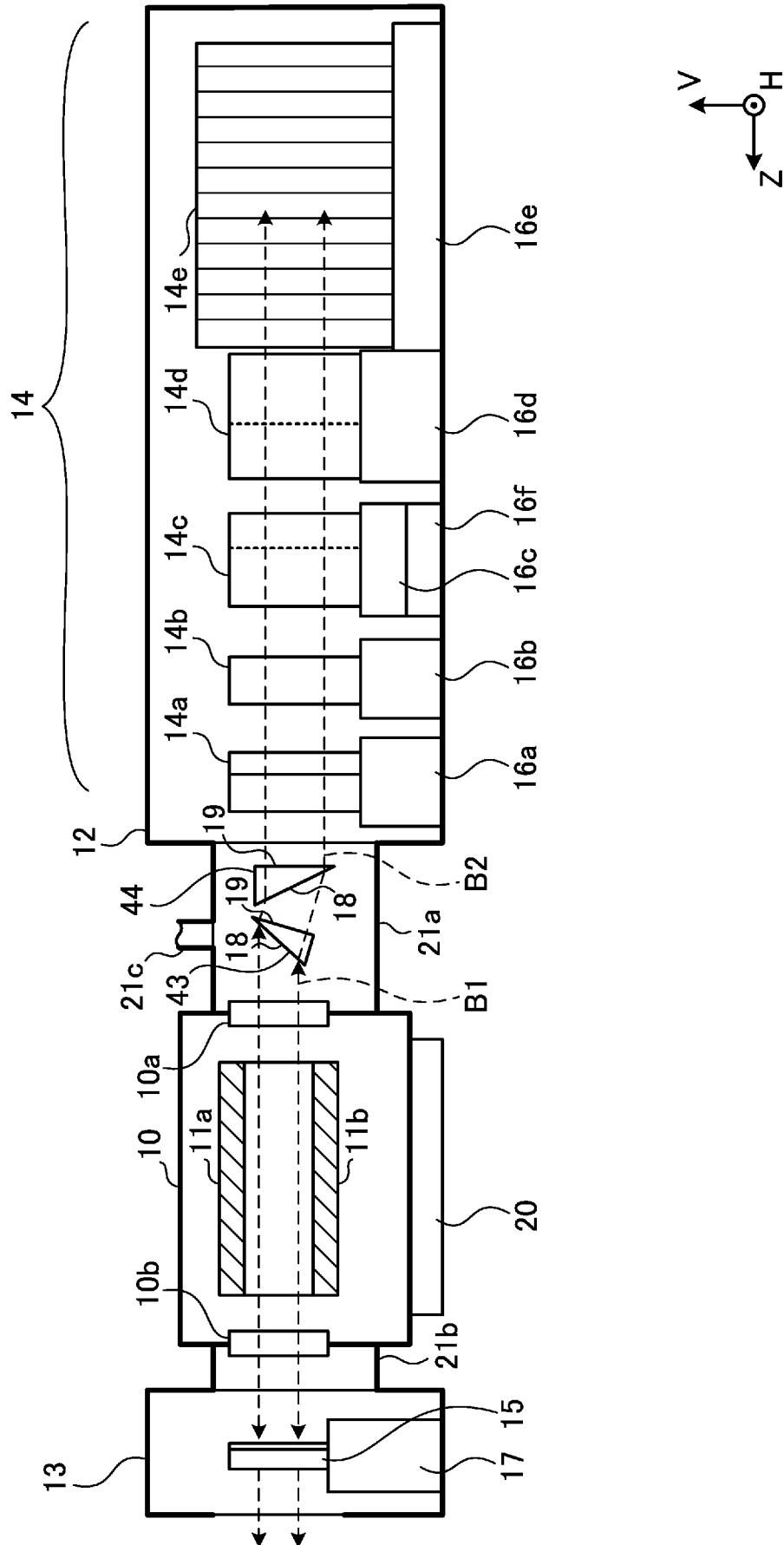
【図 3F】



[図4]

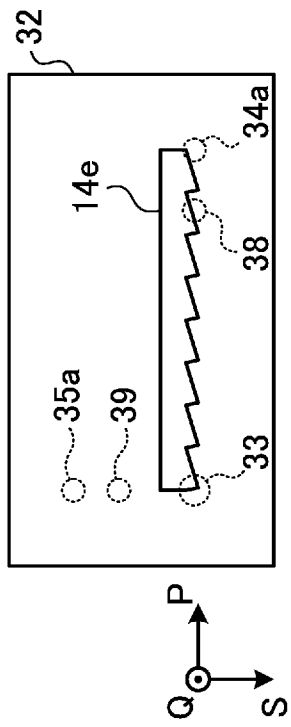


[図5]

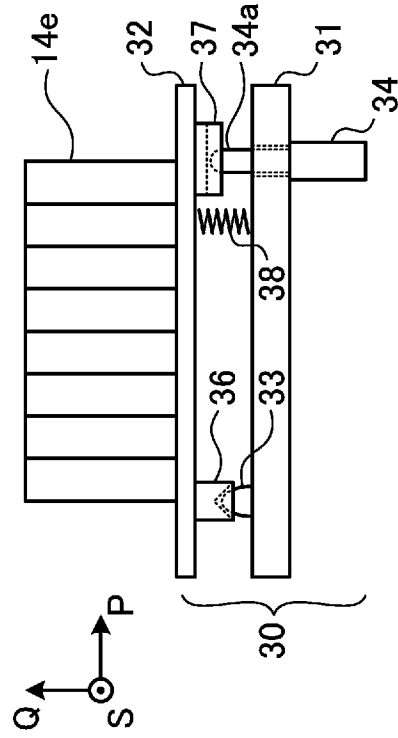


【図6】

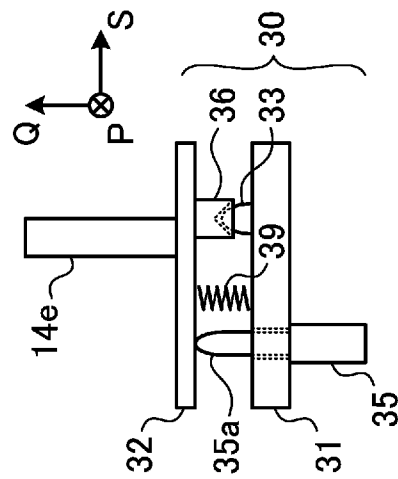
【図 6A】



【図 6C】

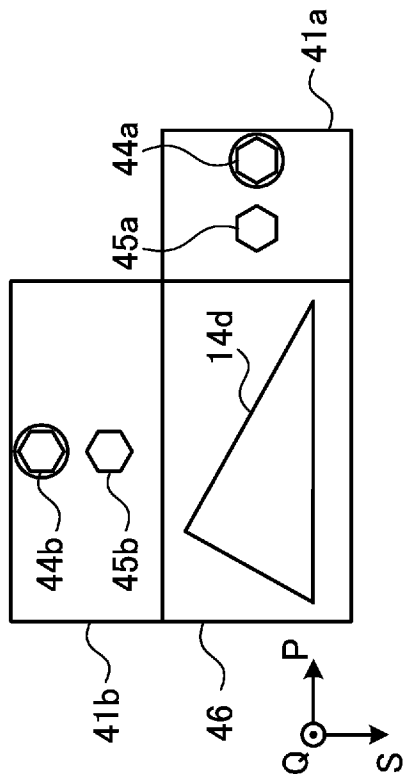


【図 6B】

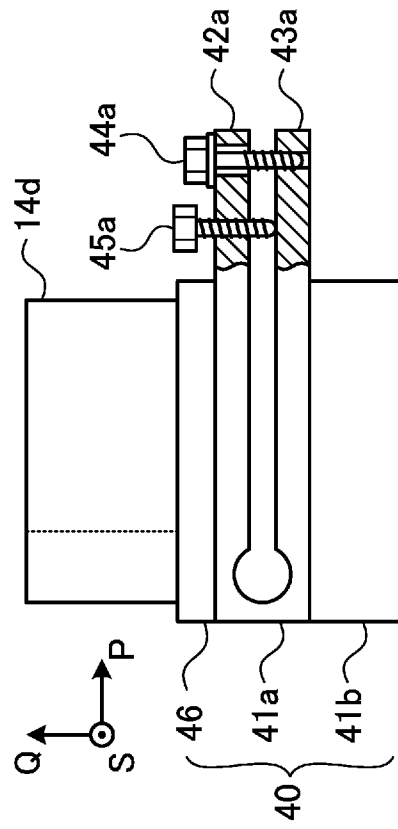


【図7】

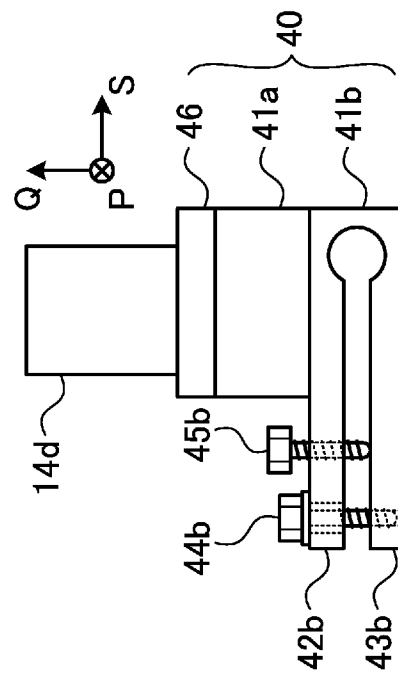
【図 7A】



【図 7C】



【図 7B】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/062858

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01S3/1055(2006.01)i, H01S3/00(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)

H01S3/1055, H01S3/00

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.
Y	JP 2003-518757 A (Saima Inc.), 10 June 2003 (10.06.2003), paragraphs [0004], [0005], [0013] to [0016]; fig. 4(A), (B), 5, 7 & US 2001/0014110 A1 paragraphs [0004], [0005], [0024] to [0028]; fig. 4A to B, 5, 7 & WO 1998/056092 A1	1-20
Y	JP 5-13890 A (Hitachi, Ltd.), 22 January 1993 (22.01.1993), paragraphs [0012], [0013], [0022]; fig. 5 (Family: none)	1-20

☒ 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
08 July 2016 (08.07.16)

Date of mailing of the international search report
19 July 2016 (19.07.16)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/062858

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 2006-24766 A (Komatsu Ltd., Ushio Inc.), 26 January 2006 (26.01.2006), paragraphs [0009], [0028] to [0039]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-20
Y	JP 3-120772 A (Toshiba Corp.), 22 May 1991 (22.05.1991), page 3, upper right column, 2nd line from the bottom to lower right column, 3rd line from the bottom; fig. 1 (Family: none)	6-9, 16-19

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01S3/1055(2006.01)i, H01S3/00(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. H01S3/1055, H01S3/00

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
Y	JP 2003-518757 A（サイマー、インコーポレイテッド）2003.06.10, [0004], [0005], [0013]-[0016], 図4(A), (B), 5, 7 & US 2001/0014110 A1 [0004], [0005], [0024]-[0028], Fig. 4A-B, 5, 7 & WO 1998/056092 A1	1-20
Y	JP 5-13890 A（株式会社日立製作所）1993.01.22, [0012], [0013], [0022], Fig.5（ファミリーなし）	1-20

☒ 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

08.07.2016

国際調査報告の発送日

19.07.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

林 祥恵

2 K

4085

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

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 2006-24766 A (株式会社小松製作所、ウシオ電機株式会社) 2006.01.26, [0009], [0028]-[0039], 図1-4 (ファミリーなし)	1-20
Y	JP 3-120772 A (株式会社東芝) 1991.05.22, 第3頁右上欄下から第 2行ー右下欄下から第3行、第1図 (ファミリーなし)	6-9, 16-19