

(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
2024年12月12日(12.12.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/252498 A1

(51) 国際特許分類:

H01S 3/106 (2006.01) *G03F 7/20* (2006.01)
G02B 26/02 (2006.01) *H01S 3/10* (2006.01)
G02B 26/08 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/020880

(22) 国際出願日: 2023年6月5日(05.06.2023)

(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: 寺尾 季倫(TERAOKINORI); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田400番地

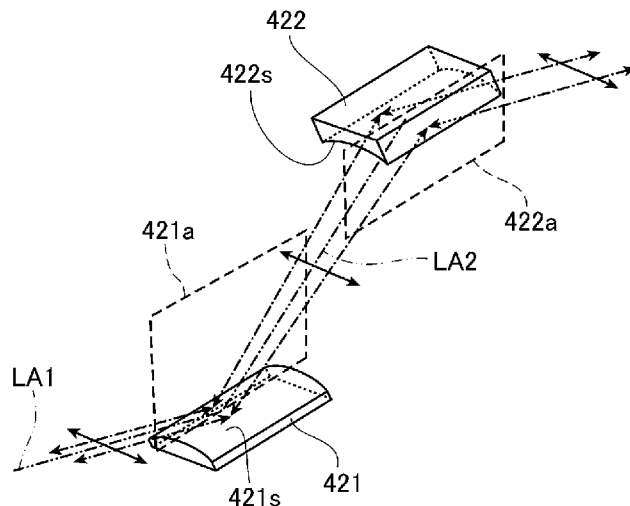
ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP). 服部 正和(HATTORI Masakazu); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田400番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP). 山口達夫(YAMAGUCHI Tatsuo); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田400番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP). 宮本 浩孝(MIYAMOTO Hirotaka); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田400番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP).

(74) 代理人: 森村 靖男(MORIMURA Yasuo); 〒1010032 東京都千代田区岩本町三丁目10番9号 秋葉原花岡ビル6階 Tokyo (JP).

(54) Title: GAS LASER APPARATUS AND METHOD FOR MANUFACTURING ELECTRONIC DEVICE

(54) 発明の名称: ガスレーザ装置、及び電子デバイスの製造方法

【図5】



(57) Abstract: This gas laser apparatus amplifies laser light output from a laser oscillator by an amplifier and emits the laser light. The amplifier includes: a chamber device that amplifies the laser light; a resonator that resonates the laser light between both sides sandwiching the chamber device; a polarizer that reduces linearly polarized light of the laser light in a polarization direction different from a polarization direction of first linearly polarized light; and a beam expander. The resonator includes an output coupling mirror, and the beam expander includes: a convex mirror including a reflective surface that receives incidence of laser light emitted from the chamber device in such a manner that the first linearly polarized light of the laser light is S-polarized light, and reflects the laser light so that the beam width of the laser light is enlarged; and a concave mirror including a reflective surface that receives incidence of the laser light reflected by the



(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

convex mirror in such a manner that the first linearly polarized light of the laser light is S-polarized light, and reflects the laser light toward the output coupling mirror so that the laser light is collimated to have the constant enlarged beam width.

(57) 要約: ガスレーザー装置は、レーザー発振器から出力されるレーザー光を増幅器で増幅して出射するガスレーザー装置であって、増幅器は、レーザー光を増幅するチャンバ装置と、レーザー光をチャンバ装置を挟む両側間で共振させ共振器と、レーザー光から第1の直線偏光の偏光方向と異なる偏光方向の直線偏光を減少させる偏光子と、ビームエキスパンダと、を備え、共振器は、出力結合ミラーを含み、ビームエキスパンダは、チャンバ装置から出射するレーザー光が当該レーザー光における第1の直線偏光がS偏光となるように入射し当該レーザー光のビーム幅が拡大するように当該レーザー光を反射する反射面を含む凸面鏡と、凸面鏡で反射されたレーザー光が当該レーザー光における第1の直線偏光がS偏光となるように入射し当該レーザー光の拡大されたビーム幅が一定となるようなコリメートをするように当該レーザー光を出力結合ミラーに向かって反射する反射面を含む凹面鏡と、を含む。

明 細 書

発明の名称： ガスレーザ装置、及び電子デバイスの製造方法

技術分野

[0001] 本開示は、ガスレーザ装置、及び電子デバイスの製造方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、半導体露光装置においては、半導体集積回路の微細化及び高集積化につれて、解像力の向上が要請されている。このため、露光用光源から放出される光の短波長化が進められている。例えば、露光用のガスレーザ装置としては、波長約248.0nmのレーザ光を出力するKrFエキシマレーザ装置、ならびに波長約193.4nmのレーザ光を出力するArFエキシマレーザ装置が用いられる。

[0003] KrFエキシマレーザ装置及びArFエキシマレーザ装置の自然発振光のスペクトル線幅は、350pm～400pmと広い。そのため、KrF及びArFレーザ光のような紫外線を透過する材料で投影レンズを構成すると、色収差が発生してしまう場合がある。その結果、解像力が低下し得る。そこで、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、色収差が無視できる程度となるまで狭帯域化する必要がある。そのため、ガスレーザ装置のレーザ共振器内には、スペクトル線幅を狭帯域化するために、狭帯域化素子（エタロンやグレーティング等）を含む狭帯域化モジュール（Line Narrowing Module：LNM）が備えられる場合がある。以下では、スペクトル線幅が狭帯域化されるガスレーザ装置を狭帯域化ガスレーザ装置という。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2011-233918号公報

特許文献2：特開平4-239784号公報

特許文献3：特開平4-301613号公報

特許文献4：米国特許出願公開第2020/0393687号明細書

概要

[0005] 本開示の一態様によるガスレーザ装置は、レーザ発振器から出力されるレーザ光を増幅器で増幅して出射するガスレーザ装置であって、増幅器は、レーザ発振器からのレーザ光が透過すると共にレーザガスが封入される内部空間に互いに対向する一対の放電電極を含み、一対の放電電極間に電圧が印加されることでレーザ発振器からのレーザ光を増幅するチャンバ装置と、チャンバ装置から出射するレーザ光をチャンバ装置を挟む両側間で共振させる共振器と、共振器のレーザ光の光路上に配置され、レーザ光から第1の直線偏光の偏光方向と異なる偏光方向の直線偏光を減少させる偏光子と、ビームエキスパンダと、を備え、共振器は、チャンバ装置を挟む一方側に配置され、チャンバ装置から出射するレーザ光の一部を透過させ、チャンバ装置から出射するレーザ光の他の一部をチャンバ装置に戻すように反射する出力結合ミラーを含み、ビームエキスパンダは、チャンバ装置と出力結合ミラーとの間に配置され、チャンバ装置から出射するレーザ光が当該レーザ光における第1の直線偏光がS偏光となるように入射し当該レーザ光のビーム幅が拡大するように当該レーザ光を反射する反射面を含む凸面鏡と、凸面鏡で反射されたレーザ光が当該レーザ光における第1の直線偏光がS偏光となるように入射し当該レーザ光の拡大されたビーム幅が一定となるようなコリメートをするように当該レーザ光を出力結合ミラーに向かって反射する反射面を含む凹面鏡と、を含んでもよい。

[0006] 本開示の一態様による電子デバイスの製造方法は、レーザ発振器から出力されるレーザ光を増幅器で増幅して出射するガスレーザ装置であって、増幅器は、レーザ発振器からのレーザ光が透過すると共にレーザガスが封入される内部空間に互いに対向する一対の放電電極を含み、一対の放電電極間に電圧が印加されることでレーザ発振器からのレーザ光を増幅するチャンバ装置と、チャンバ装置から出射するレーザ光をチャンバ装置を挟む両側間で共振させる共振器と、共振器のレーザ光の光路上に配置され、レーザ光から第1

の直線偏光の偏光方向と異なる偏光方向の直線偏光を減少させる偏光子と、ビームエキスパンダと、を備え、共振器は、チャンバ装置を挟む一方側に配置され、チャンバ装置から出射するレーザ光の一部を透過させ、チャンバ装置から出射するレーザ光の他の一部をチャンバ装置に戻すように反射する出力結合ミラーを含み、ビームエキスパンダは、チャンバ装置と出力結合ミラーとの間に配置され、チャンバ装置から出射するレーザ光が当該レーザ光における第1の直線偏光がS偏光となるように入射し当該レーザ光のビーム幅が拡大するように当該レーザ光を反射する反射面を含む凸面鏡と、凸面鏡で反射されたレーザ光が当該レーザ光における第1の直線偏光がS偏光となるように入射し当該レーザ光の拡大されたビーム幅が一定となるようなコリメートをするように当該レーザ光を出力結合ミラーに向かって反射する反射面を含む凹面鏡と、を含むガスレーザ装置によってパルスレーザ光を生成し、パルスレーザ光を露光装置に出力し、電子デバイスを製造するために、露光装置内で感光基板上にパルスレーザ光を露光してもよい。

図面の簡単な説明

[0007] 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、電子デバイスの製造装置の全体の概略構成例を示す模式図である。

[図2]図2は、比較例のガスレーザ装置の全体の概略構成例を示す模式図である。

[図3]図3は、実施形態1の増幅器の概略構成例を示す模式図である。

[図4]図4は、ビームエキスパンダの概略構成例を示す模式図である。

[図5]図5は、実施形態1の凸面鏡及び凹面鏡を示す斜視図である。

[図6]図6は、凸面鏡の断面図である。

[図7]図7は、凹面鏡の断面図である。

[図8]図8は、実施形態1の変形例における増幅器の概略構成例を図3と同様に示す模式図である。

[図9]図 9 は、実施形態 2 の増幅器の概略構成例を図 3 と同様に示す模式図である。

[図10]図 10 は、実施形態 2 のビームエキスパンダの概略構成例を図 4 と同様に示す模式図である。

[図11]図 11 は、実施形態 2 の凸面鏡、平面鏡、及び凹面鏡を図 5 と同様に示す斜視図である。

[図12]図 12 は、実施形態 3 の増幅器の概略構成例を図 3 と同様に示す模式図である。

[図13]図 13 は、実施形態 3 のビームエキスパンダの概略構成例を図 4 と同様に示す模式図である。

[図14]図 14 は、実施形態 3 の凸面鏡、2つの平面鏡、及び凹面鏡を図 5 と同様に示す斜視図である。

実施形態

- [0008] 1. 電子デバイスの露光工程で使用する電子デバイスの製造装置の説明
2. 比較例のガスレーザ装置の説明
2. 1 構成
2. 2 動作
2. 3 課題
3. 実施形態 1 のガスレーザ装置の説明
3. 1 構成
3. 2 動作
3. 3 作用・効果
3. 4 変形例
4. 実施形態 2 のガスレーザ装置の説明
4. 1 構成
4. 2 動作
4. 3 作用・効果
5. 実施形態 3 のガスレーザ装置の説明

5. 1 構成

5. 2 動作

5. 3 作用・効果

[0009] 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。

[0010] 1. 電子デバイスの露光工程で使用する電子デバイスの製造装置の説明

図1は、電子デバイスの露光工程で使用する電子デバイスの製造装置の全体の概略構成例を示す模式図である。図1に示すように、露光工程で 사용되는製造装置は、ガスレーザ装置100及び露光装置200を含む。露光装置200は、複数のミラー211, 212, 213を含む照明光学系210と、投影光学系220とを含む。照明光学系210は、ガスレーザ装置100から入射するレーザ光によって、レチクルステージRTのレチクルパターンを照明する。投影光学系220は、レチクルを透過するレーザ光を、縮小投影してワークピーステーブルWT上に配置される不図示のワークピースに結像させる。ワークピースは、フォトリソが塗布される半導体ウエハ等の感光基板である。露光装置200は、レチクルステージRTとワークピーステーブルWTとを同期して平行移動させることにより、レチクルパターンを反映するレーザ光をワークピースに露光する。以上のような露光工程によって半導体ウエハにデバイスパターンを転写することで電子デバイスである半導体デバイスを製造することができる。

[0011] 2. 比較例のガスレーザ装置の説明

2. 1 構成

比較例のガスレーザ装置について説明する。なお、本開示の比較例とは、出願人のみによって知られていると出願人が認識している形態であって、出

願人が自認している公知例ではない。

[0012] 図2は、本例のガスレーザ装置100の全体の概略構成例を示す模式図である。ガスレーザ装置100は、例えば、アルゴン(Ar)、フッ素(F₂)、及びネオン(Ne)を含む混合ガスを使用するArFエキシマレーザ装置である。このガスレーザ装置100は、中心波長が約193.4nmのレーザ光を出力する。なお、ガスレーザ装置100は、ArFエキシマレーザ装置以外のガスレーザ装置であってもよく、例えば、クリプトン(Kr)、F₂、及びNeを含む混合ガスを使用するKrFエキシマレーザ装置であってもよい。この場合、ガスレーザ装置100は、中心波長が約248.0nmのレーザ光を出射する。レーザ媒質であるAr、F₂、及びNeを含む混合ガスやレーザ媒質であるKr、F₂、及びNeを含む混合ガスは、レーザガスと呼ばれる場合がある。なお、ArFエキシマレーザ装置及びKrFエキシマレーザ装置のそれぞれで使用する混合ガスでは、Neの代わりにヘリウム(He)が用いられてもよい。

[0013] 本例のガスレーザ装置100は、筐体110と、筐体110の内部空間に配置されるマスターオシレータであるレーザ発振器130、光伝送ユニット141、パワーオシレータである増幅器160、検出部153、表示部180、プロセッサ190、レーザガス排気装置701、及びレーザガス供給装置703と、を主な構成として含む。

[0014] レーザ発振器130は、チャンバ装置CH1と、充電器41と、パルスパワーモジュール43と、狭帯域化モジュール60と、出力結合ミラー70と、を主な構成として含む。

[0015] 図2においては、レーザ光の進行方向に略垂直な方向から見たチャンバ装置CH1の内部構成が示されている。チャンバ装置CH1は、筐体30と、一对のウィンドウ31a、31bと、一对の電極32a、32bと、絶縁部33と、フィードスルー34と、電極ホルダ部36と、を主な構成として備える。

[0016] 筐体30は、レーザガス供給装置703から配管を介して筐体30の内部

空間に上記のレーザガスを供給され、内部空間においてレーザガスを封入する。内部空間は、レーザガス中のレーザ媒質の励起によって光が発生する空間である。この光は、ウインドウ 31 a, 31 b に進行する。

[0017] ウインドウ 31 a はガスレーザ装置 100 から露光装置 200 へのレーザ光の進行方向における筐体 30 のフロント側の壁面に配置され、ウインドウ 31 b は当該進行方向における筐体 30 のリア側の壁面に配置される。ウインドウ 31 a, 31 b は、フッ化カルシウム基板であり、ウインドウ 31 a, 31 b における筐体 30 の内部側及び外部側の面は、平面である。なお、ウインドウ 31 a, 31 b は、レーザ光を透過可能であればよく、フッ化カルシウム基板に制限されるものではない。

[0018] 電極 32 a, 32 b は筐体 30 の内部空間において互いに対向して配置されており、電極 32 a, 32 b の長手方向は電極 32 a と電極 32 b との間に印加される高電圧によって発生する光の進行方向に沿っている。筐体 30 における電極 32 a と電極 32 b との間の空間は、ウインドウ 31 a とウインドウ 31 b とにより挟まれている。電極 32 a, 32 b は、グロー放電によりレーザ媒質を励起するための放電電極である。本例では、電極 32 a がカソードであり、電極 32 b がアノードである。

[0019] 電極 32 a は、絶縁部 33 によって支持されている。絶縁部 33 は、筐体 30 に形成された開口を塞いでいる。絶縁部 33 は、絶縁体を含む。また、絶縁部 33 には、導電部材からなるフィードスルー 34 が配置されている。フィードスルー 34 は、パルスパワーモジュール 43 から供給される電圧を電極 32 a に印加する。電極 32 b は、電極ホルダ部 36 に支持されていると共に、電極ホルダ部 36 に電氣的に接続されている。

[0020] 充電器 41 は、パルスパワーモジュール 43 の内部に設けられる不図示のコンデンサを所定の電圧で充電する直流電源装置である。充電器 41 は、筐体 30 の外部に配置されており、パルスパワーモジュール 43 に接続されている。パルスパワーモジュール 43 は、プロセッサ 190 によって制御される不図示のスイッチを含む。パルスパワーモジュール 43 は、スイッチが当

該制御によってOFFからONになると、充電器41から印加される電圧を昇圧してパルス状の高電圧を生成し、この高電圧を電極32a, 32bに印加する電圧印加回路である。高電圧が印加されると、電極32aと電極32bとの間に放電が起こる。この放電のエネルギーにより、筐体30内のレーザ媒質が励起される。励起されたレーザガスが基底準位に移行するとき、光が放出され、放出された光はウインドウ31a, 31bを透過して筐体30の外部に出射する。ウインドウ31a, 31bは、レーザ光のP偏光の反射が抑制されるように、レーザ光の進行方向に対してブリュースター角をなすように傾けられており、本例では、レーザ光の進行方向と電極32a, 32bが対向する方向とに垂直な方向に対して傾けられている。このため、チャンバ装置CH1から出射するレーザ光には、偏光方向が電極32a, 32bが対向する方向に垂直な第1の直線偏光が含まれると共に、偏光方向が第1の直線偏光の偏光方向と異なる直線偏光がレーザ光から減少される。つまり、ウインドウ31a, 31bは、第1の直線偏光の偏光方向に対して傾き、レーザ光から第1の直線偏光の偏光方向と異なる偏光方向の直線偏光を減少させる偏光子を兼ねている。

[0021] なお、本明細書及び請求の範囲での垂直とは、なす角度が85度以上95度以下の状態をいい、平行とは、なす角度が5度以内の状態をいう。

[0022] 狭帯域化モジュール60は、筐体65と、筐体65の内部空間に配置されるプリズム61、グレーティング63、及び不図示の回転ステージと、を含む。筐体65には開口が形成されており、筐体65は開口を介して筐体30のリア側に接続されている。

[0023] プリズム61は、ウインドウ31bから出射する光のビーム幅を拡大させて、当該光をグレーティング63に入射させる。また、プリズム61は、グレーティング63からの反射光のビーム幅を縮小させると共に、その光をウインドウ31bを介して筐体30の内部空間に戻す。プリズム61は、回転ステージに支持されており、回転ステージによって回転する。プリズム61の回転により、グレーティング63に対する光の入射角が変更される。従っ

て、プリズム 6 1 を回転させることにより、グレーティング 6 3 からプリズム 6 1 を介して筐体 3 0 に戻る光の波長を選択することができる。図 2 では、1 つのプリズム 6 1 が配置されている例を示しているが、プリズムは 2 つ以上配置されてもよい。

[0024] グレーティング 6 3 の表面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設けられている。グレーティング 6 3 は、分散光学素子である。各溝の断面形状は、例えば、直角三角形である。プリズム 6 1 からグレーティング 6 3 に入射する光は、これらの溝によって反射されると共に、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 6 3 は、プリズム 6 1 からグレーティング 6 3 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、所望の波長の光がプリズム 6 1 を介して筐体 3 0 に戻される。

[0025] 出力結合ミラー 7 0 は、ウィンドウ 3 1 a と向かい合い、ウィンドウ 3 1 a から出射されるレーザ光のうちの一部を透過させて、他の一部を反射させてウィンドウ 3 1 a を介して筐体 3 0 の内部空間に戻す。出力結合ミラー 7 0 は、不図示のホルダに固定されており、筐体 1 1 0 の内部空間に配置されている。

[0026] 筐体 3 0 を挟んで設けられるグレーティング 6 3 と出力結合ミラー 7 0 とで、ファブリペロー型の共振器が構成され、筐体 3 0 は共振器の光路上に配置される。このため、共振器はチャンバ装置 C H 1 を挟む両側間で光を共振させる。

[0027] 光伝送ユニット 1 4 1 は、高反射ミラー 1 4 1 b, 1 4 1 c を主な構成として含む。高反射ミラー 1 4 1 b, 1 4 1 c は、それぞれの傾き角度が調整された状態でそれぞれ不図示のホルダに固定されており、筐体 1 1 0 の内部空間に配置されている。高反射ミラー 1 4 1 b, 1 4 1 c は、レーザ光を高反射する。高反射ミラー 1 4 1 b, 1 4 1 c は、出力結合ミラー 7 0 からのレーザ光の光路上に配置される。当該レーザ光は、高反射ミラー 1 4 1 b, 1 4 1 c で反射して、増幅器 1 6 0 のリアミラー 3 7 1 に進行する。このレ

ーザ光の少なくとも一部は、リアミラー 371 を透過する。

[0028] 増幅器 160 は、レーザ発振器 130 から出力されたレーザ光のエネルギーを増幅する。増幅器 160 の基本的な構成は、レーザ発振器 130 と概ね同じである。増幅器 160 の構成要素をレーザ発振器 130 の構成要素と区別するために、増幅器 160 のチャンバ装置、筐体、一对のウインドウ、一对の電極、絶縁部、フィードスルー、電極ホルダ部、充電器、パルスパワーモジュール、及び出力結合ミラーを、チャンバ装置 CH3、筐体 330、一对のウインドウ 331a, 331b、一对の電極 332a, 332b、絶縁部 333、フィードスルー 334、電極ホルダ部 336、充電器 341、パルスパワーモジュール 343、及び出力結合ミラー 370 として説明する。電極 332a, 332b は、レーザ発振器 130 からのレーザ光を増幅するための放電を生成する。電極 332a, 332b が互いに対向する方向は、レーザ発振器 130 からのレーザ光における第 1 の直線偏光の変更方向と垂直な方向である。ウインドウ 331a, 331b は、レーザ光における第 1 の直線偏光が P 偏光として入射しレーザ光の入射角 θ がブリュースター角となるように、第 1 の直線偏光の偏光方向に対して傾けられている。このため、チャンバ装置 CH3 から出射するレーザ光には、第 1 の直線偏光が含まれると共に、当該レーザ光から第 1 の直線偏光の偏光方向と異なる偏光方向の直線偏光が減少される。つまり、ウインドウ 331a, 331b は、ウインドウ 31a, 31b と同様に、第 1 の直線偏光の偏光方向に対して傾き、レーザ光から第 1 の直線偏光の偏光方向と異なる偏光方向の直線偏光を減少させる偏光子を兼ねている。パルスパワーモジュール 343 は、パルスパワーモジュール 43 と同様に電圧印加回路である。

[0029] また、増幅器 160 は、狭帯域化モジュール 60 を備えず、リアミラー 371 と、ビームエキスパンダ 400 とを備える点で、レーザ発振器 130 と主に異なる。

[0030] リアミラー 371 は、高反射ミラー 141c とウインドウ 331b との間に設けられ、それぞれに向かい合う。リアミラー 371 は、レーザ発振器 1

30からのレーザ光の一部を電極332a, 332bの間の空間に向かって透過させ、電極332a, 332bで増幅されたレーザ光の一部を電極332a, 332bの間の空間に向けて反射する。

[0031] 出力結合ミラー370はチャンバ装置CH3よりリアミラー371側と反対側に配置され、ビームエキスパンダ400は、チャンバ装置CH3と出力結合ミラー370との間に配置される。本例のビームエキスパンダ400は、2つのプリズム401, 402を含む。プリズム401は、チャンバ装置CH3から出射されたレーザ光のビーム幅を拡大する。プリズム402は、プリズム401でビーム幅が拡大された光のビーム幅を更に拡大し、当該光を出力結合ミラー370に向けて出射する。また、プリズム402は、出力結合ミラー370からの反射光のビーム幅を縮小させ、プリズム401は、プリズム402でビーム幅が縮小された光のビーム幅を更に縮小し、当該光を、ウインドウ331aを介して、筐体330の内部空間に戻す。プリズム401, 402がビーム幅を拡大や縮小する方向は、電極332a, 332bが互いに対向する方向に垂直な方向である。

[0032] 出力結合ミラー370のビームエキスパンダ400側の面には、所定の反射率をもつ部分反射膜がコーティングされている。そして、出力結合ミラー370は、ビームエキスパンダ400でビーム幅が拡大されたチャンバ装置CH3からのレーザ光の一部をビームエキスパンダ400に向かって反射させ、当該レーザ光の他の一部を透過させる。

[0033] 出力結合ミラー370は円形状でもよい。出力結合ミラー370のビームエキスパンダ400側の面及び当該面とは反対側の面は平面でもよい。リアミラー371及び出力結合ミラー370は、出力結合ミラー70と類似した構成である。

[0034] 筐体330を挟んで設けられるリアミラー371と出力結合ミラー370とで、電極332a, 332bで増幅されるレーザ光を共振させる共振器が構成される。筐体330とビームエキスパンダ400は共振器の光路上に配置されている。筐体330のウインドウ331aから出射するレーザ光はビ

ームエキスパンダ400を介して出力結合ミラー370に入射し当該出力結合ミラー370で反射される。出力結合ミラー370で反射されたレーザ光はビームエキスパンダ400及びウインドウ331bを介して筐体330の内部空間に戻り、ウインドウ331aから出射する。このウインドウ331aから出射するレーザ光はリアミラー371で反射され、ウインドウ331bを介して筐体330の内部空間に戻る。このように、筐体330から出射するレーザ光は、リアミラー371と出力結合ミラー370との間を往復する。往復するレーザ光は、電極332aと電極332bとの間のレーザゲイン空間を通過する度に増幅される。つまり、共振器はチャンバ装置CH3を挟む両側間で光を共振させ、出力結合ミラー370はチャンバ装置CH3を挟む一方側に配置されている。増幅されたレーザ光の一部は、出力結合ミラー370を透過する。出力結合ミラー370を透過するレーザ光は、検出部153に進行する。

[0035] 検出部153は、ビームスプリッタ153bと、光センサ153cとを主な構成として含む。

[0036] ビームスプリッタ153bは、出力結合ミラー370を透過するレーザ光の光路上に配置される。ビームスプリッタ153bは、出力結合ミラー370を透過するレーザ光を高い透過率で出射ウインドウ173に向かって透過させると共に、レーザ光の一部を光センサ153cの受光面に向けて反射する。

[0037] 光センサ153cは、光センサ153cの受光面に入射するレーザ光のパルスエネルギーを計測する。光センサ153cは、プロセッサ190に電氣的に接続されており、計測するパルスエネルギーを示す信号をプロセッサ190に出力する。プロセッサ190は、当該信号を基に増幅器160の電極32a、32bに印加される電圧を制御する。

[0038] 検出部153のビームスプリッタ153bを基準として出力結合ミラー370とは反対側には、出射ウインドウ173が設けられている。出射ウインドウ173は、筐体110の壁に設けられている。ビームスプリッタ153

bを透過する光は、出射ウィンドウ173から筐体110の外部の露光装置200に出射する。このレーザ光は、例えば中心波長193.4nmのパルスレーザ光である。

[0039] 表示部180は、プロセッサ190からの信号を基にプロセッサ190による制御の状態を表示するモニタである。表示部180は、筐体110の外部に配置されてもよい。

[0040] 本開示のプロセッサ190は、制御プログラムが記憶される記憶装置と、制御プログラムを実行するCPU (Central Processing Unit) とを含む処理装置である。プロセッサ190は、本開示に含まれる各種処理を実行するために特別に構成又はプログラムされている。また、プロセッサ190は、ガスレーザ装置100全体を制御する。また、プロセッサ190は、露光装置200の不図示の露光プロセッサに電氣的に接続されており、露光プロセッサとの間で各種信号を送受信する。

[0041] レーザガス排気装置701及びレーザガス供給装置703は、プロセッサ190に電氣的に接続されている。レーザガス排気装置701は、不図示の排気ポンプを含み、プロセッサ190からの制御信号により、排気ポンプの吸引によって筐体30, 330の内部空間からレーザガスを配管を介して排気する。レーザガス供給装置703は、プロセッサ190からの制御信号により、筐体110の外部に配置される不図示のレーザガス供給源からのレーザガスを筐体30, 330の内部空間に配管を介して供給する。

[0042] 2. 2 動作

次に、比較例のガスレーザ装置100の動作について説明する。

[0043] ガスレーザ装置100がレーザ光を出射する前の状態で、筐体30, 330の内部空間には、レーザガス供給装置703からレーザガスが供給される。

[0044] ガスレーザ装置100がレーザ光を出射する際には、プロセッサ190は、露光装置200の不図示の露光プロセッサから目標エネルギー E_t を示す信号及び発光トリガ信号を受信する。目標エネルギー E_t は、露光工程で使

用されるレーザ光のエネルギーの目標値である。プロセッサ 190 は、エネルギー E が目標エネルギー E_t となるように充電器 41 に所定の充電電圧を設定すると共に、発光トリガ信号に同期させてパルスパワーモジュール 43 のスイッチを ON にする。これにより、パルスパワーモジュール 43 は、充電器 41 に保持されている電気エネルギーからパルス状の高電圧を生成し、電極 32a と電極 32b との間に高電圧が印加される。高電圧が印加されると、電極 32a と電極 32b との間に放電が起き、電極 32a と電極 32b との間のレーザガスに含まれるレーザ媒質は励起状態とされて、レーザ媒質が基底状態に戻る際に光を放出する。放出された光はグレーティング 63 と出力結合ミラー 70 との間で共振し、筐体 30 の内部空間における放電空間を通過する度に増幅され、レーザ発振が起こる。レーザ光は第 1 の直線偏光を含み、ウインドウ 31a, 31b を透過する際にレーザ光から第 1 の直線偏光の偏光方向と異なる偏光方向の直線偏光が減少される。レーザ光の一部は、出力結合ミラー 70 を透過して、高反射ミラー 141b, 141c で反射されてリアミラー 371 及びウインドウ 331b を透過して、筐体 330 内に進行する。

[0045] プロセッサ 190 は、レーザ発振器 130 からのレーザ光が筐体 330 内の放電空間に進行したときに放電が生じるようにパルスパワーモジュール 343 のスイッチを ON にする。すなわち、プロセッサ 190 は、パルスパワーモジュール 43 のスイッチを ON にしたタイミングに対して所定の遅延時間経過後に、電極 332a, 332b に高電圧が印加されるようにパルスパワーモジュール 343 を制御する。

[0046] これにより増幅器 160 に入射するレーザ光は、増幅器 160 において増幅する。また、筐体 330 の内部空間に進行したレーザ光は、上述したようにウインドウ 331a 及びビームエキスパンダ 400 を介して出力結合ミラー 370 に進行し当該出力結合ミラー 370 で反射される。出力結合ミラー 370 で反射されたレーザ光は、ビームエキスパンダ 400 及びウインドウ 331a を介して、筐体 330 の内部空間に進行しウインドウ 331b から

出射する。ウインドウ 331b から出射した光はリアミラー 371 で反射されウインドウ 331b 介して、筐体 330 の内部空間に進行する。こうして、所定の波長のレーザ光がリアミラー 371 と出力結合ミラー 370 との間を往復する。レーザ光は第 1 の直線偏光を含み、ウインドウ 331a, 331b を透過する際にレーザ光から第 1 の直線偏光の偏光方向と異なる偏光方向の直線偏光が減少される。また、レーザ光は筐体 330 の内部における放電空間を通過する度に増幅され、レーザ光の一部は増幅レーザ光となる。

[0047] また、増幅器 160 からの増幅レーザ光は、出力結合ミラー 370 を透過して、ビームスプリッタ 153b に進行する。

[0048] ビームスプリッタ 153b に進行した増幅レーザ光のうちの一部はビームスプリッタ 153b 及び出射ウインドウ 173 を透過して露光装置 200 に進行し、他の一部はビームスプリッタ 153b によって反射されて光センサ 153c に進行する。

[0049] 光センサ 153c は、受光した増幅レーザ光のエネルギー E を計測する。光センサ 153c は、計測したエネルギー E を示す信号をプロセッサ 190 に出力する。プロセッサ 190 は、エネルギー E と目標エネルギー E_t との差 ΔE が許容範囲内となるように、充電器 41, 341 の充電電圧をフィードバック制御する。差 ΔE が許容範囲内となったレーザ光は、ビームスプリッタ 153b 及び出射ウインドウ 173 を透過して露光装置 200 に入射する。

[0050] 2. 3 課題

比較例では、ビームエキスパンダ 400 は、2つのプリズム 401, 402 によってチャンバ装置 CH3 から出射するレーザ光のビーム幅を拡大し、当該光を出力結合ミラー 370 に向けて出射する。このため、出力結合ミラー 370 に入射するレーザ光のエネルギー密度を低減させて出力結合ミラー 370 の経時劣化を抑制できる。しかし、プリズム 401 とプリズム 402 とは透過の光学素子のため、透過光により経時劣化する懸念がある。また、ビームエキスパンダ 400 でのレーザ光の光量の低下を抑制したいとの要望

がある。

[0051] そこで、以下の実施形態では、経時劣化を抑制しつつ光量の低下を抑制し得るガスレーザ装置が例示される。

[0052] 3. 実施形態1のガスレーザ装置の説明

次に、実施形態1のガスレーザ装置100について説明する。なお、上記において説明した構成と同様の構成については同一の符号を付し、特に説明する場合を除き、重複する説明は省略する。また、一部の図面では、見易さのため、部材の一部を省略または簡略している。

[0053] 3.1 構成

図3は、実施形態1の増幅器160の概略構成例を示す模式図であり、電極332a側から電極332a, 332bが互いに対向する方向に沿って見る増幅器160の模式図である。図3では、チャンバ装置CH3の内部構成が示され、第1の直線偏光の偏光方向が実線の矢印で示される。図4は、ビームエキスパンダ400の概略構成例を示す模式図であり、第1の直線偏光の偏光方向に沿って見るビームエキスパンダ400の模式図である。このため、図4において紙面と垂直な方向が第1の直線偏光の偏光方向である。

[0054] 本実施形態の増幅器160は、ビームエキスパンダ400がベース部材410、凸面鏡421、凹面鏡422、及び駆動機構430を備える点において、比較例の増幅器160と主に異なる。

[0055] ベース部材410は、チャンバ装置CH3のウィンドウ331aから出射するレーザ光の光軸LA1と平行な方向に延在する板状の部材である。本実施形態では、ベース部材410は、電極332a, 332bが互いに対向する方向に延在し、ベース部材410の一方の主面に出力結合ミラー370が配置される。

[0056] 凸面鏡421は光を反射する反射面421sを含み、チャンバ装置CH3からのレーザ光を凹面鏡422に向けて反射する。凹面鏡422は光を反射する反射面422sを含み、凸面鏡421で反射したレーザ光を出力結合ミラー370に向けて反射する。また、凹面鏡422は、出力結合ミラー37

0で反射したレーザ光を凸面鏡421に向けて反射し、凸面鏡421は、凹面鏡422で反射したレーザ光をチャンバ装置CH3に向けて反射し、当該レーザ光がウインドウ331aを介して筐体330の内部空間に戻る。本実施形態では、凸面鏡421及び凹面鏡422はベース部材410の一方の主面に配置される。

[0057] 図5は、本実施形態の凸面鏡421及び凹面鏡422を示す斜視図である。図5では、第1の直線偏光の偏光方向が実線の矢印で示される。図5に示すように、本実施形態では、凸面鏡421は凸面シリンドリカルミラーであり、凹面鏡422は凹面シリンドリカルミラーである。

[0058] 図6は、凸面鏡421の断面図であり、当該断面は、凸面鏡421の反射面421sの法線に平行で、当該反射面421sに対するウインドウ331aから出射するレーザ光の入射面と直交する。図6に示すように、当該断面における凸面鏡421の反射面421sの形状は、曲線であり、本実施形態では円弧である。なお、図5には、反射面421sに対する光軸LA1に沿うレーザ光の入射面421aが示されている。

[0059] 図7は、凹面鏡422の断面図であり、当該断面は、凹面鏡422の反射面422sの法線に平行で、当該反射面422sに対する凸面鏡421で凹面鏡422に向けて反射したレーザ光の入射面と直交する。図7に示すように、当該断面における凹面鏡422の反射面422sの形状は、曲線であり、本実施形態では円弧である。なお、図5には、反射面422sに対する凸面鏡421で反射したレーザ光における光軸LA2に沿うレーザ光の入射面422aが示されている。

[0060] 凸面鏡421の焦線421Lは、レーザ光の光軸LA1を含み電極332a、332bが互いに対向する方向に延在する平面に含まれ、チャンバ装置CH3から離れるに従って電極332a側に近づくように傾く。また、凹面鏡422の焦線422Lは、レーザ光の光軸LA1及び焦線421Lを含む平面に含まれ、チャンバ装置CH3から離れるに従って電極332a側に近づくように傾く。そして、凸面鏡421の焦線421Lと凹面鏡422の焦

線 4 2 2 L とが同一直線上に位置している。また、凸面鏡 4 2 1 に入射するレーザ光の入射角 $\theta 1$ 、及び凹面鏡 4 2 2 に入射するレーザ光の入射角 $\theta 2$ は 4 5 度以上 8 5 度以下である。つまり、このようになるように、凸面鏡 4 2 1 及び凹面鏡 4 2 2 の位置が調節されている。なお、焦線 4 2 1 L は凸面鏡 4 2 1 の焦点を繋いだ線であり、焦線 4 2 2 L は、凹面鏡 4 2 2 の焦点を繋いだ線である。

[0061] 本実施形態の駆動機構 4 3 0 は、ベース部材 4 1 0 の延在方向と垂直な軸 4 3 0 c を中心にベース部材 4 1 0 を回転可能な回転機構、及びベース部材 4 1 0 の延在方向と平行な方向にベース部材 4 1 0 を移動可能な移動機構を含む。このため、駆動機構 4 3 0 によってチャンバ装置 C H 3 に対するベース部材 4 1 0 の位置及び向きを調節することで、チャンバ装置 C H 3 に対する凸面鏡 4 2 1、凹面鏡 4 2 2、及び出力結合ミラー 3 7 0 の位置及び向きを調節できる。本実施形態の駆動機構 4 3 0 では、移動機構に回転機構が搭載され、当該回転機構にベース部材 4 1 0 が搭載される。軸 4 3 0 c は、ベース部材 4 1 0 の重心と重なるが、軸 4 3 0 c の位置はこれに制限されない。

[0062] 本実施形態では、出力結合ミラー 3 7 0 は、電極 3 3 2 a, 3 3 2 b が互いに対向する方向に垂直な方向に長尺な長方形状であり、ベース部材 4 1 0 の一方の主面に配置される。なお、出力結合ミラー 3 7 0 の形状は、制限されず、例えば、円形状や楕円形状であってもよい。

[0063] 3. 2 動作

リアミラー 3 7 1 と出力結合ミラー 3 7 0 との間を往復するレーザ光は、ウインドウ 3 3 1 a, 3 3 1 b を透過する際にレーザ光から第 1 の直線偏光の偏光方向と異なる偏光方向の直線偏光が減少される。このため、増幅器 1 6 0 で増幅されるレーザ光に含まれる偏向成分の多くは、偏光方向が電極 3 3 2 a, 3 3 2 b が対向する方向に垂直な第 1 の直線偏光となり、この第 1 の直線偏光の偏光方向は、電極 3 3 2 a, 3 3 2 b が対向する方向である。このレーザ光は、筐体 3 3 0 のウインドウ 3 3 1 a から出射すると、凸面鏡

4 2 1 で凹面鏡 4 2 2 に向けて反射される。凸面鏡 4 2 1 の反射面 4 2 1 s における当該反射面 4 2 1 s の法線に平行で当該反射面 4 2 1 s に対するウインドウ 3 3 1 a から出射するレーザ光の入射面と直交する断面形状は、円弧である。また、凸面鏡 4 2 1 の焦線 4 2 1 L は、レーザ光の光軸 L A 1 を含み電極 3 3 2 a, 3 3 2 b が互いに対向する方向に延在する平面に含まれる。このため、ウインドウ 3 3 1 a から出射するレーザ光は、当該レーザ光における第 1 の直線偏光が S 偏光となるように反射面 4 2 1 s に入射し、レーザ光のビーム幅が電極 3 3 2 a, 3 3 2 b が対向する方向に垂直な方向に拡大される。本実施形態では、第 1 の直線偏光の偏光方向は、電極 3 3 2 a, 3 3 2 b が対向する方向に垂直な方向であるため、レーザ光のビーム幅が拡大される方向は、第 1 の直線偏光の偏光方向と同じである。

[0064] このビーム幅が拡大されたレーザ光は、凹面鏡 4 2 2 で出力結合ミラー 3 7 0 に向けて反射される。凹面鏡 4 2 2 の反射面 4 2 2 s における当該反射面 4 2 2 s の法線に平行で当該反射面 4 2 2 s に対するビーム幅が拡大されたレーザ光の入射面と直交する断面形状は、円弧である。また、凸面鏡 4 2 1 の焦線 4 2 2 L 及び凹面鏡 4 2 2 の焦線 4 2 2 L は、レーザ光の光軸 L A 1 を含む同一の平面に含まれ、焦線 4 2 1 L と焦線 4 2 2 L とが同一直線上に位置する。このため、ビーム幅が拡大されたレーザ光は、当該レーザ光における第 1 の直線偏光が S 偏光となるように反射面 4 2 2 s に入射し、当該反射面 4 2 2 s によって拡大されたビーム幅が一定となるようなコリメートがされるように反射される。そして、コリメートされたレーザ光が出力結合ミラー 3 7 0 に入射する。

[0065] また、出力結合ミラー 3 7 0 で反射したレーザ光は、当該レーザ光における第 1 の直線偏光が S 偏光となるように反射面 4 2 2 s に入射し、当該反射面 4 2 2 s で凸面鏡 4 2 1 に向けて反射される。このレーザ光のビーム幅は、電極 3 3 2 a, 3 3 2 b が互いに対向する方向に垂直な方向に縮小される。このビーム幅が縮小されたレーザ光は、当該レーザ光における第 1 の直線偏光が S 偏光となるように反射面 4 2 1 s に入射し、当該反射面 4 2 1 s で

ウインドウ 331a に向けて反射される。このレーザ光は、縮小されたビーム幅が一定となるようにコリメートされ、ウインドウ 331a を介して筐体 330 の内部空間に戻る。

[0066] 3. 3 作用・効果

本実施形態の増幅器 160 では、チャンバ装置 CH3 のウインドウ 331a, 331b は、第 1 の直線偏光の偏光方向に対して傾き、レーザ光から第 1 の直線偏光の偏光方向と異なる偏光方向の直線偏光を減少させる偏光子を兼ねている。また、本実施形態のビームエキスパンダ 400 は、凸面鏡 421 と、凹面鏡 422 とを含む。凸面鏡 421 の反射面 421s には、チャンバ装置 CH3 から出射するレーザ光が当該レーザ光における第 1 の直線偏光が S 偏光となるように入射し、反射面 421s は当該レーザ光のビーム幅が拡大するように当該レーザ光を反射する。凹面鏡 422 の反射面 422s には、凸面鏡 421 で反射されたレーザ光が当該レーザ光における第 1 の直線偏光が S 偏光となるように入射し、反射面 422s は当該レーザ光の拡大されたビーム幅が一定となるようなコリメートをするように当該レーザ光を出力結合ミラー 370 に向かって反射する。一般的に、光を反射する光学素子は、光を透過させる光学素子と比べて経時劣化しにくい傾向にある。このため、本実施形態のガスレーザ装置 100 によれば、ビームエキスパンダ 400 が光を透過させるプリズム 401, 402 から成る場合と比べて、ビームエキスパンダ 400 の経時劣化を抑制し得、その結果、ガスレーザ装置 100 の経時劣化を抑制し得る。また、本実施形態の増幅器 160 では、偏光子としてウインドウ 331a, 331b によってレーザ光から第 1 の直線偏光と異なる直線偏光が減少されるため、増幅されるレーザ光に含まれる偏向成分の多くは、第 1 の直線偏光となる。このようなレーザ光が当該レーザ光における第 1 の直線偏光が S 偏光となるように凸面鏡 421 の反射面 421s 及び凹面鏡 422 の反射面 422s に入射して反射される。S 偏光の反射率は P 偏光の反射率より高い傾向にある。このため、本実施形態のガスレーザ装置 100 によれば、例えば、レーザ光が当該レーザ光における第 1 の直線

偏光がP偏光となるように反射面421s及び反射面422sに入射して反射される場合と比べて、反射面421s及び反射面422sにおいて光量が低下することを抑制し得る。従って、本実施形態のガスレーザ装置100によれば、経時劣化を抑制しつつ光量の低下を抑制し得る。

[0067] 本実施形態の増幅器160では、レーザ光がチャンバ装置CH3から出力結合ミラー370に到るまでにレーザ光を反射する部材は、凸面鏡421及び凹面鏡422のみであり、レーザ光が反射される回数は、2回である。このため、本実施形態のガスレーザ装置100によれば、チャンバ装置CH3から凸面鏡421に向かうレーザ光と凹面鏡422から出力結合ミラー370に向かうレーザ光とで、ビームプロファイルに反射による反転が生じないようにできる。

[0068] 本実施形態のビームエキスパンダ400は、チャンバ装置CH3から凸面鏡421に向かうレーザ光の光軸LA1と平行な方向に延在する板状のベース部材410を更に含む。凸面鏡421、凹面鏡422、及び出力結合ミラー370は、ベース部材410の一方の主面に配置される。凸面鏡421、凹面鏡422、及び出力結合ミラー370を設計位置に配置する際に周囲の部材に作業スペースを確保し難い場合がある。本実施形態では、ベース部材410を設計位置に配置することで、凸面鏡421、凹面鏡422、及び出力結合ミラー370をそれぞれ設計位置に配置し得る。従って、本実施形態のガスレーザ装置100によれば、これら部材を個別に配置する場合と比べて、これら部材を容易にそれぞれ設計位置に配置し得る。

[0069] 本実施形態のビームエキスパンダ400では、凸面鏡421の焦線421L及び凹面鏡422の焦線422Lは、レーザ光の光軸LA1を含む同一の平面に含まれる。このため、本実施形態のガスレーザ装置100によれば、焦線421L及び焦線422Lがレーザ光の光軸LA1を含む同一の平面に含まれない場合と比べて、凸面鏡421及び凹面鏡422を容易に設計し得る。なお、焦線421L及び焦線422Lの少なくとも一方は、レーザ光の光軸LA1を含む同一の平面に含まなくてもよい。また、本実施形態では

、焦線4 2 1 Lと焦線4 2 2 Lとが同一直線上に位置するが、焦線4 2 1 Lと焦線4 2 2 Lとは同一直線上に位置しなくてもよい。

[0070] 本実施形態では、凸面鏡4 2 1の反射面4 2 1 sにおける当該反射面4 2 1 sの法線に平行で当該反射面4 2 1 sに対するウインドウ3 3 1 aから出射するレーザ光の入射面と直交する断面形状は、円弧である。しかし、反射面4 2 1 sは、チャンバ装置CH 3から出射するレーザ光が当該レーザ光における第1の直線偏光がS偏光となるように入射し当該レーザ光のビーム幅が拡大するように当該レーザ光を反射する限りにおいて、上記の反射面4 2 1 sの断面形状は制限されない。例えば、上記の反射面4 2 1 sの断面形状は曲線であればよく、放物線であってもよい。

[0071] 本実施形態では、凹面鏡4 2 2の反射面4 2 2 sにおける当該反射面4 2 2 sの法線に平行で当該反射面4 2 2 sに対する凸面鏡4 2 1で反射されたレーザ光の入射面と直交する断面形状は、円弧である。しかし、反射面4 2 1 sは、凸面鏡4 2 1で反射されたレーザ光が当該レーザ光における第1の直線偏光がS偏光となるように入射し当該レーザ光の拡大されたビーム幅が一定となるようなコリメートをするように当該レーザ光を出力結合ミラー3 7 0に向かって反射する限りにおいて、上記の断面形状は制限されない。例えば、上記の反射面4 2 2 sの断面形状は曲線であればよく、放物線であってもよい。

[0072] 本実施形態では、凸面鏡4 2 1が、チャンバ装置CH 3から出射するレーザ光における電極3 3 2 a, 3 3 2 bが互いに対向する方向と垂直な方向のビーム幅が拡大するように当該レーザ光を反射する。しかし、凸面鏡4 2 1によって拡大されるビーム幅の方向は、制限されない。例えば、凸面鏡4 2 1によって拡大されるビーム幅の方向は、電極3 3 2 a, 3 3 2 bが互いに対向する方向であってもよい。また、凸面鏡4 2 1によって拡大されるビーム幅の方向は、第1の直線偏光の偏光方向と同じであってもよく、異なってもよい。

[0073] 本実施形態では、第1の直線偏光の偏光方向は、電極3 3 2 a, 3 3 2 b

が互いに対向する方向と垂直な方向であり、凸面鏡421によって拡大されるビーム幅の方向は、第1の直線偏光の偏光方向と同じである。しかし、第1の直線偏光の偏光方向は、制限されない。例えば、第1の直線偏光の偏光方向は、電極332a, 332bが互いに対向する方向であってもよく、凸面鏡421によって拡大されるビーム幅の方向は、第1の直線偏光の偏光方向と異なってもよい。

[0074] 本実施形態では、レーザ光がウィンドウ331a, 331bに入射する入射角 θ はブリュースター角である。しかし、ウィンドウ331a, 331bはレーザ光から偏光方向が第1の直線偏光の偏光方向と異なる直線偏光を減少させることができればよく、レーザ光の入射角 θ は制限されない。ウィンドウ331a, 331bは、レーザ光における第1の直線偏光がP偏光として入射し当該レーザ光の入射角 θ が25度以上75度以下となるように、第1の直線偏光の偏光方向に対して傾けられてもよく、この入射角 θ は25度以上68度以下であってもよい。入射角 θ が25度以上75度以下であることで、偏光方向が第1の直線偏光の偏光方向と異なる直線偏光を減少させ得る。入射角 θ が25度以上68度以下であることで、第1の直線偏光の透過率を97%以上にし得、レーザ光から偏光方向が第1の直線偏光の偏光方向と異なる直線偏光をより減少させ易くし得る。

[0075] 本実施形態では、凸面鏡421、凹面鏡422、及び出力結合ミラー370がベース部材410に配置されるが、これら部材が配置される部材は制限されない。例えば、凸面鏡421、凹面鏡422、及び出力結合ミラー370のそれぞれは、互いに異なるホルダに配置されてもよい。また、ビームエキスパンダ400は、ベース部材410及び駆動機構430を含まなくてもよい。

[0076] 本実施形態では、凸面鏡421に入射するレーザ光の入射角 θ_1 、及び凹面鏡422に入射するレーザ光の入射角 θ_2 は45度以上85度以下である。これら入射角 θ_1 , θ_2 が45度以上であることによって、凸面鏡421及び凹面鏡422におけるレーザ光のエネルギー密度が高くなり難くし得、

凸面鏡 4 2 1 及び凹面鏡 4 2 2 が経時劣化し易くなることを抑制し得る。また、これら入射角 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ が 85 度未満であることによって、凸面鏡 4 2 1 及び凹面鏡 4 2 2 が大きくなりすぎることを抑制し得る。なお、これら入射角 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ は 45 度未満であってもよく 85 度より大きくてもよい。

[0077] 3. 4 変形例

次に、本実施形態の変形例について説明する。図 8 は、本実施形態の変形例における増幅器 1 6 0 の概略構成例を図 3 と同様に示す模式図である。図 8 に示すように、本変形例の増幅器 1 6 0 は、偏光子 3 7 2 を備える点、及びウインドウ 3 3 1 a、3 3 1 b がレーザ光の進行方向に対して概ね垂直となるように配置される点において、上記実施形態の増幅器 1 6 0 と主に異なる。

[0078] 本変形例の偏光子 3 7 2 は、ウインドウ 3 3 1 a、3 3 1 b と同様に、フッ化カルシウム基板であり、共振器の光路上のうち、リアミラー 3 7 1 とウインドウ 3 3 1 b との間に配置される。偏光子 3 7 2 におけるリアミラー 3 7 1 側の面及びウインドウ 3 3 1 b 側の面は、平面である。偏光子 3 7 2 は、レーザ光における第 1 の直線偏光が P 偏光として入射し当該 P 偏光の反射が抑制されるように、第 1 の直線偏光の偏光方向に対してブリュースター角をなすように傾けられている。このため、レーザ光が偏光子 3 7 2 を透過する際に当該レーザ光から第 1 の直線偏光の偏光方向と異なる偏光方向の直線偏光が減少される。従って、本変形例の増幅器 1 6 0 であっても増幅されるレーザ光に含まれる偏光成分の多くは、第 1 の直線偏光となる。本変形例のガスレーザ装置 1 0 0 によれば、上記実施形態のように、チャンバ装置 C H 3 のウインドウ 3 3 1 a、3 3 1 b によってレーザ光から第 1 の直線偏光と異なる直線偏光を減少する場合と比べて、チャンバ装置 C H 3 の筐体 3 3 0 の構成の自由度を向上し得る。なお、部品点数を低減する観点では、上記実施形態のように、ウインドウ 3 3 1 a、3 3 1 b が、第 1 の直線偏光の偏光方向に対して傾き、レーザ光から第 1 の直線偏光の偏光方向と異なる偏光方向の直線偏光を減少させる偏光子を兼ねていることが好ましい。

[0079] なお、偏光子 372 は、共振器の光路上に配置されればよく、例えば、ウィンドウ 331 a と凸面鏡 421 との間や凹面鏡 422 と出力結合ミラー 370 との間に配置されてもよい。また、偏光子 372 の数は制限されず、例えば、リアミラー 371 とウィンドウ 331 b との間、ウィンドウ 331 a と凸面鏡 421 との間、及び凹面鏡 422 と出力結合ミラー 370 との間の少なくとも 2 箇所以上に偏光子 372 が配置されてもよい。また、偏光子 372 はレーザ光を透過可能であればよく、フッ化カルシウム基板に制限されるものではない。

[0080] 偏光子 372 は、レーザ光から第 1 の直線偏光の偏光方向と異なる偏光方向の直線偏光を減少させることができればよく、レーザ光が偏光子 372 に入射する入射角 θ_a はブリュースター角に制限されない。偏光子 372 は、レーザ光の入射角 θ_a が 25 度以上 75 度以下となるように、第 1 の直線偏光の偏光方向に対して傾けられてもよく、レーザ光の入射角 θ_a が 25 度以上 68 度以下となるように、第 1 の直線偏光の偏光方向に対して傾けられてもよい。入射角 θ_a が 25 度以上 75 度以下であることで、偏光方向が第 1 の直線偏光の偏光方向と異なる直線偏光を減少させ得る。入射角 θ_a が 25 度以上 68 度以下であることで、第 1 の直線偏光の透過率を 97% 以上にし得、レーザ光から偏光方向が第 1 の直線偏光の偏光方向と異なる直線偏光をより減少させ易くし得る。

[0081] 4. 実施形態 2 のガスレーザ装置の説明

次に、実施形態 2 のガスレーザ装置 100 について説明する。なお、上記において説明した構成と同様の構成については同一の符号を付し、特に説明する場合を除き、重複する説明は省略する。また、一部の図面では、見易さのため、部材の一部を省略または簡略している。

[0082] 4. 1 構成

図 9 は、本実施形態の増幅器 160 の概略構成例を図 3 と同様に示す模式図であり、図 10 は本実施形態のビームエキスパンダ 400 の概略構成例を図 4 と同様に示す模式図である。

- [0083] 図9及び図10に示すように、本実施形態の増幅器160は、ビームエキスパンダ400が平面鏡425を更に含む点において、実施形態1の増幅器160と主に異なる。
- [0084] 本実施形態では、凸面鏡421は、チャンバ装置CH3からのレーザ光を平面鏡425に向けて反射する。平面鏡425は光を反射する平面の反射面425sを含み、凸面鏡421で反射したレーザ光を凹面鏡422に向けて反射する。凹面鏡422は平面鏡425で反射したレーザ光を出力結合ミラー370に向けて反射する。また、凹面鏡422は、出力結合ミラー370で反射したレーザ光を平面鏡425に向けて反射し、平面鏡425は、凹面鏡422で反射したレーザ光を凸面鏡421に向けて反射し、凸面鏡421は、平面鏡425で反射したレーザ光をチャンバ装置CH3に向けて反射する。本実施形態では、凸面鏡421、平面鏡425、凹面鏡422、及び出力結合ミラー370はベース部材410の一方の主面に配置される。
- [0085] 凸面鏡421の焦線421Lは、レーザ光の光軸LA1を含み電極332a、332bが互いに対向する方向に延在する平面に含まれ、チャンバ装置CH3から離れるに従って電極332a側に近づくように傾く。また、凹面鏡422の焦線422Lは、レーザ光の光軸LA1及び焦線421Lを含む平面に含まれ、チャンバ装置CH3から離れるに従って電極332b側に近づくように傾く。そして、平面鏡425の反射面425sが作る凸面鏡421の虚像421vにおける焦線421Lvと凹面鏡422の焦線422Lとが同一直線上に位置している。また、チャンバ装置CH3から凸面鏡421に向かうレーザ光の光軸LA1と、凹面鏡422から出力結合ミラー370に向かうレーザ光の光軸LA3とが、同一直線上に位置する。また、凸面鏡421に入射するレーザ光の入射角 $\theta 1$ 、及び凹面鏡422に入射するレーザ光の入射角 $\theta 2$ は45度以上85度以下である。つまり、このようになるように、凸面鏡421、平面鏡425、及び凹面鏡422の位置が調節されている。図10には、虚像421v及び当該虚像421vにおける焦線421Lvが破線で示される。

[0086] 4. 2 動作

図 1 1 は本実施形態の凸面鏡 4 2 1、平面鏡 4 2 5、及び凹面鏡 4 2 2 を図 5 と同様に示す斜視図である。実施形態 1 と同様に、ウィンドウ 3 3 1 a から出射するレーザ光は、当該レーザ光における第 1 の直線偏光が S 偏光となるように凸面鏡 4 2 1 の反射面 4 2 1 s に入射し、レーザ光のビーム幅が電極 3 3 2 a, 3 3 2 b が対向する方向に垂直な方向に拡大される。レーザ光のビーム幅が拡大される方向は、第 1 の直線偏光の偏光方向と同じである。

[0087] このビーム幅が拡大されたレーザ光は、当該レーザ光における第 1 の直線偏光が S 偏光となるように平面鏡 4 2 5 の反射面 4 2 5 s に入射し、当該反射面 4 2 5 s で凹面鏡 4 2 2 に向けて反射される。上記のように、虚像 4 2 1 v における焦線 4 2 1 L v と凹面鏡 4 2 2 の焦線 4 2 2 L とが同一直線上に位置している。このため、平面鏡 4 2 5 で反射されたレーザ光は、当該レーザ光における第 1 の直線偏光が S 偏光となるように凹面鏡 4 2 2 の反射面 4 2 2 s に入射し、当該反射面 4 2 2 s によって拡大されたビーム幅が一定となるようなコリメートがされるように反射される。そして、コリメートされたレーザ光が出力結合ミラー 3 7 0 に入射する。

[0088] また、出力結合ミラー 3 7 0 で反射したレーザ光は、当該レーザ光における第 1 の直線偏光が S 偏光となるように反射面 4 2 2 s に入射し、当該反射面 4 2 2 s で平面鏡 4 2 5 に向けて反射される。このレーザ光のビーム幅は、電極 3 3 2 a, 3 3 2 b が互いに対向する方向に垂直な方向に縮小される。このビーム幅が縮小されたレーザ光は、当該レーザ光における第 1 の直線偏光が S 偏光となるように反射面 4 2 5 s に入射し当該反射面 4 2 5 s で凸面鏡 4 2 1 に向けて反射される。反射面 4 2 5 s で反射されたレーザ光は、当該レーザ光における第 1 の直線偏光が S 偏光となるように反射面 4 2 1 s に入射し、当該反射面 4 2 1 s でウィンドウ 3 3 1 a に向けて反射される。このレーザ光は、縮小されたビーム幅が一定となるようにコリメートされ、ウィンドウ 3 3 1 a を介して筐体 3 3 0 の内部空間に戻る。

[0089] 4. 3 作用・効果

本実施形態のビームエキスパンダ４００では、上記のように、チャンバ装置ＣＨ３から出射するレーザ光は、凸面鏡４２１、平面鏡４２５、凹面鏡４２２の順で反射され、当該レーザ光のビーム幅が拡大される。そして、ビーム幅が拡大されたレーザ光が出力結合ミラー３７０に入射する。従って、本実施形態のガスレーザ装置１００によれば、ビームエキスパンダ４００が光を透過させるプリズム４０１、４０２から成る場合と比べて、ビームエキスパンダ４００の経時劣化を抑制し得る。また、本実施形態のガスレーザ装置１００によれば、例えば、レーザ光が当該レーザ光における第１の直線偏光がＰ偏光となるように反射面４２１ｓ、反射面４２５ｓ、及び反射面４２２ｓに入射して反射される場合と比べて、反射面４２１ｓ、反射面４２５ｓ、及び反射面４２２ｓにおいて光量が低下することを抑制し得る。また、本実施形態のガスレーザ装置１００によれば、平面鏡４２５を含まない場合と比べて、凸面鏡４２１がチャンバ装置ＣＨ３からのレーザ光を反射する方向にビームエキスパンダ４００が拡大することを抑制し得る。

[0090] 本実施形態のビームエキスパンダ４００では、凸面鏡４２１、平面鏡４２５、凹面鏡４２２、及び出力結合ミラー３７０がベース部材４１０の一方の主面に配置される。このため、ベース部材４１０を設計位置に配置することで、凸面鏡４２１、平面鏡４２５、凹面鏡４２２、及び出力結合ミラー３７０をそれぞれ設計位置に配置し得る。従って、本実施形態のガスレーザ装置１００によれば、これら部材を個別に配置する場合と比べて、これら部材を容易にそれぞれ設計位置に配置し得る。なお、これら部材が配置される部材は制限されない。例えば、凸面鏡４２１、平面鏡４２５、凹面鏡４２２、及び出力結合ミラー３７０のそれぞれは、互いに異なるホルダに配置されてもよい。また、ビームエキスパンダ４００は、ベース部材４１０及び駆動機構４３０を含まなくてもよい。

[0091] 本実施形態では、平面鏡４２５の反射面４２５ｓが作る虚像４２１ｖにおける焦線４２１Ｌｖと凹面鏡４２２の焦線４２２Ｌとが同一直線上に位置す

るが、焦線 4 2 1 L v と焦線 4 2 2 L とは同一直線上に位置しなくてもよい。

[0092] 本実施形態では、チャンバ装置 C H 3 から凸面鏡 4 2 1 に向かうレーザ光の光軸 L A 1 と、凹面鏡 4 2 2 から出力結合ミラー 3 7 0 に向かうレーザ光の光軸 L A 3 とが、同一直線上に位置する。従って、例えば、チャンバ装置 C H 3 や出力結合ミラー 3 7 0 の設計位置を変更しなくても既存の増幅器 1 6 0 にビームエキスパンダ 4 0 0 を配置し得る。なお、光軸 L A 1 と光軸 L A 3 とは同一直線上に位置しなくてもよい。

[0093] 本実施形態では、実施形態 1 と同様に、凸面鏡 4 2 1 に入射するレーザ光の入射角 $\theta 1$ 、及び凹面鏡 4 2 2 に入射するレーザ光の入射角 $\theta 2$ は 4 5 度以上 8 5 度以下である。このため、凸面鏡 4 2 1 及び凹面鏡 4 2 2 が経時劣化し易くなることを抑制し得ると共に、凸面鏡 4 2 1 及び凹面鏡 4 2 2 が大きくなりすぎることを抑制し得る。なお、これら入射角 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ は 4 5 度未満であってもよく 8 5 度より大きくてもよい。また、平面鏡 4 2 5 に入射するレーザ光の入射角は、4 5 度以上 8 5 度以下であってもよく、4 5 度未満であってもよく、8 5 度より大きくてもよい。

[0094] 5. 実施形態 3 のガスレーザ装置の説明

次に、実施形態 3 のガスレーザ装置 1 0 0 について説明する。なお、上記において説明した構成と同様の構成については同一の符号を付し、特に説明する場合を除き、重複する説明は省略する。また、一部の図面では、見易さのため、部材の一部を省略または簡略している。

[0095] 5. 1 構成

図 1 2 は、本実施形態の増幅器 1 6 0 の概略構成例を図 3 と同様に示す模式図であり、図 1 3 は本実施形態のビームエキスパンダ 4 0 0 の概略構成例を図 4 と同様に示す模式図である。

[0096] 図 1 2 及び図 1 3 に示すように、本実施形態の増幅器 1 6 0 は、ビームエキスパンダ 4 0 0 が平面鏡 4 2 6 を更に含む点において、実施形態 2 の増幅器 1 6 0 と主に異なる。

[0097] 図14は、本実施形態の凸面鏡421、2つの平面鏡425、426、及び凹面鏡422を図5と同様に示す斜視図である。以下では、平面鏡425を第1の平面鏡と呼び、平面鏡426を第2の平面鏡と呼ぶ。本実施形態では、凸面鏡421は、チャンバ装置CH3からのレーザ光を第1の平面鏡425に向けて反射する。第1の平面鏡425は光を反射する平面の反射面425sを含み、凸面鏡421で反射したレーザ光を第2の平面鏡426に向けて反射する。第2の平面鏡426は光を反射する平面の反射面426sを含み、第1の平面鏡425で反射したレーザ光を凹面鏡422に向けて反射する。凹面鏡422は第2の平面鏡426で反射したレーザ光を出力結合ミラー370に向けて反射する。また、凹面鏡422は、出力結合ミラー370で反射したレーザ光を第2の平面鏡426に向けて反射し、第2の平面鏡426は、凹面鏡422で反射したレーザ光を第1の平面鏡425に向けて反射する。第1の平面鏡425は、第2の平面鏡426で反射したレーザ光を凸面鏡421に向けて反射し、凸面鏡421は、第1の平面鏡425で反射したレーザ光をチャンバ装置CH3に向けて反射する。本実施形態では、凸面鏡421、第1の平面鏡425、第2の平面鏡426、凹面鏡422、及び出力結合ミラー370はベース部材410の一方の主面に配置される。

[0098] 凸面鏡421の焦線421Lは、レーザ光の光軸LA1を含み電極332a、332bが互いに対向する方向に延在する平面に含まれ、チャンバ装置CH3から離れるに従って電極332a側に近づくように傾く。また、凹面鏡422の焦線422Lは、レーザ光の光軸LA1及び焦線421Lを含む平面に含まれ、チャンバ装置CH3から離れるに従って電極332b側に近づくように傾く。そして、第1の平面鏡425の反射面425sが作る凸面鏡421の虚像421vにおける焦線421Lvと、第2の平面鏡426の反射面426sが作る凹面鏡422の虚像422vにおける焦線422Lvとが同一直線上に位置している。また、チャンバ装置CH3から凸面鏡421に向かうレーザ光の光軸LA1と、凹面鏡422から出力結合ミラー370に向かうレーザ光の光軸LA3とが、同一直線上に位置する。つまり、こ

のようになるように、凸面鏡４２１、平面鏡４２５、及び凹面鏡４２２の位置が調節されている。図１３には、虚像４２１ｖ及び当該虚像４２１ｖにおける焦線４２１Ｌｖと、虚像４２２ｖ及び当該虚像４２２ｖにおける焦線４２２Ｌｖとが破線で示される。

[0099] ５．２ 動作

実施形態２と同様に、ウインドウ３３１ａから出射するレーザ光は、当該レーザ光における第１の直線偏光がＳ偏光となるように凸面鏡４２１の反射面４２１ｓに入射し、レーザ光のビーム幅が電極３３２ａ，３３２ｂが対向する方向に垂直な方向に拡大される。レーザ光のビーム幅が拡大される方向は、第１の直線偏光の偏光方向と同じである。

[0100] このビーム幅が拡大されたレーザ光は、当該レーザ光における第１の直線偏光がＳ偏光となるように第１の平面鏡４２５の反射面４２５ｓに入射し、当該反射面４２５ｓで第２の平面鏡４２６に向けて反射される。第１の平面鏡４２５で反射されたレーザ光は、当該レーザ光における第１の直線偏光がＳ偏光となるように第２の平面鏡４２６の反射面４２６ｓに入射し、当該反射面４２６ｓで凹面鏡４２２に向けて反射される。上記のように、虚像４２１ｖにおける焦線４２１Ｌｖと、虚像４２２ｖにおける焦線４２２Ｌｖとが同一直線上に位置している。このため、第２の平面鏡４２６で反射されたレーザ光は、当該レーザ光における第１の直線偏光がＳ偏光となるように凹面鏡４２２の反射面４２２ｓに入射し、当該反射面４２２ｓによって拡大されたビーム幅が一定となるようなコリメートがされるように反射される。そして、コリメートされたレーザ光が出力結合ミラー３７０に入射する。

[0101] また、出力結合ミラー３７０で反射したレーザ光は、当該レーザ光における第１の直線偏光がＳ偏光となるように反射面４２２ｓに入射し、当該反射面４２２ｓで第２の平面鏡４２６に向けて反射される。このレーザ光のビーム幅は、電極３３２ａ，３３２ｂが互いに対向する方向に垂直な方向に縮小される。このビーム幅が縮小されたレーザ光は、当該レーザ光における第１の直線偏光がＳ偏光となるように反射面４２６ｓに入射し当該反射面４２６

sで第1の平面鏡425に向けて反射される。反射面426sで反射されたレーザ光は、当該レーザ光における第1の直線偏光がS偏光となるように反射面425sに入射し、当該反射面425sで凹面鏡422に向けて反射される。反射面425sで反射されたレーザ光は、当該レーザ光における第1の直線偏光がS偏光となるように反射面421sに入射し、当該反射面421sでウインドウ331aに向けて反射される。このレーザ光は、縮小されたビーム幅が一定となるようにコリメートされ、ウインドウ331aを介して筐体330の内部空間に戻る。

[0102] 5. 3 作用・効果

本実施形態のビームエキスパンダ400では、上記のように、チャンバ装置CH3から出射するレーザ光は、凸面鏡421、第1の平面鏡425、第2の平面鏡426、凹面鏡422の順で反射され、当該レーザ光のビーム幅が拡大される。そして、ビーム幅が拡大されたレーザ光が出力結合ミラー370に入射する。従って、本実施形態のガスレーザ装置100によれば、ビームエキスパンダ400が光を透過するプリズム401、402から成る場合と比べて、ビームエキスパンダ400の経時劣化を抑制し得る。また、本実施形態のガスレーザ装置100によれば、例えば、レーザ光が当該レーザ光における第1の直線偏光がP偏光となるように反射面421s、反射面425s、反射面426s、及び反射面422sに入射して反射される場合と比べて、反射面421s、反射面425s、反射面426s、及び反射面422sにおいて光量が低下することを抑制し得る。

[0103] 本実施形態のビームエキスパンダ400では、凸面鏡421、第1の平面鏡425、及び第2の平面鏡426、凹面鏡422、及び出力結合ミラー370がベース部材410の一方の主面に配置される。このため、ベース部材410を設計位置に配置することで、凸面鏡421、第1の平面鏡425、第2の平面鏡426、凹面鏡422、及び出力結合ミラー370をそれぞれ設計位置に配置し得る。従って、本実施形態のガスレーザ装置100によれば、これら部材を個別に配置する場合と比べて、これら部材を容易にそれぞ

れ設計位置に配置し得る。なお、これら部材が配置される部材は制限されない。例えば、凸面鏡４２１、第１の平面鏡４２５、第２の平面鏡４２６、凹面鏡４２２、及び出力結合ミラー３７０のそれぞれは、互いに異なるホルダに配置されてもよい。また、ビームエキスパンダ４００は、ベース部材４１０及び駆動機構４３０を含まなくてもよい。

[0104] 本実施形態の増幅器１６０では、レーザ光がチャンバ装置ＣＨ３から出力結合ミラー３７０に到るまでにレーザ光を反射する部材は、凸面鏡４２１、第１の平面鏡４２５、第２の平面鏡４２６、及び凹面鏡４２２のみであり、レーザ光が反射される回数は、４回である。このため、本実施形態のガスレーザ装置１００によれば、チャンバ装置ＣＨ３から凸面鏡４２１に向かうレーザ光と凹面鏡４２２から出力結合ミラー３７０に向かうレーザ光とで、ビームプロファイルに反射による反転が生じないようにできる。

[0105] 本実施形態では、虚像４２１ｖにおける焦線４２１Ｌｖと虚像４２２ｖにおける焦線４２２Ｌｖとが同一直線上に位置するが、焦線４２１Ｌｖと焦線４２２Ｌｖとは同一直線上に位置しなくてもよい。

[0106] 本実施形態では、チャンバ装置ＣＨ３から凸面鏡４２１に向かうレーザ光の光軸ＬＡ１と、凹面鏡４２２から出力結合ミラー３７０に向かうレーザ光の光軸ＬＡ３とが、同一直線上に位置する。従って、例えば、チャンバ装置ＣＨ３や出力結合ミラー３７０の設計位置を変更しなくても既存の増幅器１６０にビームエキスパンダ４００を配置し得る。なお、光軸ＬＡ１と光軸ＬＡ３とは同一直線上に位置しなくてもよい。

[0107] また、凸面鏡４２１に入射するレーザ光の入射角、及び凹面鏡４２２に入射するレーザ光の入射角は、実施形態１と同様に、４５度以上８５度以下であってもよく、４５度未満であってもよく、８５度より大きくてもよい。また、第１の平面鏡４２５に入射するレーザ光の入射角、及び第２の平面鏡４２６に入射するレーザ光の入射角は、４５度以上８５度以下であってもよく、４５度未満であってもよく、８５度より大きくてもよい。

[0108] 上記の説明は、制限ではなく単なる例示を意図している。従って、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る。また、本開示の実施形態を組み合わせで使用することも当業者には明らかである。本明細書及び請求の範囲全体で使用される用語は、明記が無い限り「限定的でない」用語と解釈されるべきである。たとえば、「含む」、「有する」、「備える」、「具備する」などの用語は、「記載されたもの以外の構成要素の存在を除外しない」と解釈されるべきである。また、修飾語「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。また、「A、B及びCの少なくとも1つ」という用語は、「A」「B」「C」「A+B」「A+C」「B+C」又は「A+B+C」と解釈されるべきであり、さらに、それらと「A」「B」「C」以外のものとの組み合わせも含むと解釈されるべきである。

請求の範囲

- [請求項1] レーザ発振器から出力されるレーザ光を増幅器で増幅して出射するガスレーザ装置であって、
- 前記増幅器は、
- 前記レーザ発振器からの前記レーザ光が透過すると共にレーザガスが封入される内部空間に互いに対向する一対の放電電極を含み、一対の前記放電電極間に電圧が印加されることで前記レーザ発振器からの前記レーザ光を増幅するチャンバ装置と、
- 前記チャンバ装置から出射する前記レーザ光を前記チャンバ装置を挟む両側間で共振させる共振器と、
- 前記共振器の前記レーザ光の光路上に配置され、前記レーザ光から第1の直線偏光の偏光方向と異なる偏光方向の直線偏光を減少させる偏光子と、
- ビームエキスパンダと、
- を備え、
- 前記共振器は、前記チャンバ装置を挟む一方側に配置され、前記チャンバ装置から出射する前記レーザ光の一部を透過させ、前記チャンバ装置から出射する前記レーザ光の他の一部を前記チャンバ装置に戻すように反射する出力結合ミラーを含み、
- 前記ビームエキスパンダは、
- 前記チャンバ装置と前記出力結合ミラーとの間に配置され、
- 前記チャンバ装置から出射する前記レーザ光が当該レーザ光における前記第1の直線偏光がS偏光となるように入射し当該レーザ光のビーム幅が拡大するように当該レーザ光を反射する反射面を含む凸面鏡と、
- 前記凸面鏡で反射された前記レーザ光が当該レーザ光における前記第1の直線偏光がS偏光となるように入射し当該レーザ光の拡大されたビーム幅が一定となるようなコリメートをするように当該レーザ

光を前記出力結合ミラーに向かって反射する反射面を含む凹面鏡と、
を含む
ガスレーザ装置。

[請求項2] 請求項1に記載のガスレーザ装置であって、
前記偏光子は、フッ化カルシウム基板である。

[請求項3] 請求項2に記載のガスレーザ装置であって、
前記チャンバ装置は、前記レーザ光が透過するウインドウを含み、
前記ウインドウは、前記第1の直線偏光の偏光方向に対して傾き、
前記偏光子を兼ねる。

[請求項4] 請求項3に記載のガスレーザ装置であって、
前記ウインドウに入射する前記レーザ光の入射角は、25度以上75度以下である。

[請求項5] 請求項1に記載のガスレーザ装置であって、
前記ビームエキスパンダは、前記チャンバ装置から前記凸面鏡に向かう前記レーザ光の光軸と平行な方向に延在し、主面に前記凸面鏡、前記凹面鏡、及び前記出力結合ミラーが配置される板状のベース部材を更に含む。

[請求項6] 請求項1に記載のガスレーザ装置であって、
前記ビームエキスパンダは、前記凸面鏡で反射された前記レーザ光が当該レーザ光における前記第1の直線偏光がS偏光となるように入射し当該レーザ光を前記凹面鏡に向けて反射する反射面を含む平面鏡を更に含む。

[請求項7] 請求項6に記載のガスレーザ装置であって、
前記ビームエキスパンダは、前記チャンバ装置から前記凸面鏡に向かう前記レーザ光の光軸と平行な方向に延在し、主面に前記凸面鏡、前記平面鏡、及び前記凹面鏡が配置される板状のベース部材を更に含む。

[請求項8] 請求項7に記載のガスレーザ装置であって、

前記チャンバ装置から前記凸面鏡に向かう前記レーザ光の光軸と、前記凹面鏡から前記出力結合ミラーに向かう前記レーザ光の光軸とが、同一直線上に位置する。

[請求項9]

請求項1に記載のガスレーザ装置であって、

前記ビームエキスパンダは、前記凸面鏡で反射された前記レーザ光が当該レーザ光における前記第1の直線偏光がS偏光となるように入射し当該レーザ光を反射する反射面を含む第1の平面鏡と、前記第1の平面鏡で反射された前記レーザ光が当該レーザ光における前記第1の直線偏光がS偏光となるように入射し当該レーザ光を前記凹面鏡に向けて反射する反射面を含む第2の平面鏡とを更に含む。

[請求項10]

請求項9に記載のガスレーザ装置であって、

前記ビームエキスパンダは、前記チャンバ装置から前記凸面鏡に向かう前記レーザ光の光軸と平行な方向に延在し、主面に前記凸面鏡、前記第1の平面鏡、前記第2の平面鏡、前記凹面鏡、及び前記出力結合ミラーが配置される板状のベース部材を更に含む。

[請求項11]

請求項9に記載のガスレーザ装置であって、

前記チャンバ装置から前記凸面鏡に向かう前記レーザ光の光軸と、前記凹面鏡から前記出力結合ミラーに向かう前記レーザ光の光軸とが、同一直線上に位置する。

[請求項12]

請求項1に記載のガスレーザ装置であって、

前記凸面鏡の前記反射面における当該反射面の法線に平行で当該反射面に対する前記レーザ光の入射面と直交する断面形状、及び前記凹面鏡の前記反射面における当該反射面の法線に平行で当該反射面に対する前記レーザ光の入射面と直交する断面形状は、それぞれ曲線である。

[請求項13]

請求項12に記載のガスレーザ装置であって、

前記凸面鏡の前記反射面における前記断面形状、及び前記凹面鏡の前記反射面における前記断面形状は、円弧である。

- [請求項14] 請求項1に記載のガスレーザ装置であって、
 前記凸面鏡に入射する前記レーザ光の入射角、及び前記凹面鏡に入射する前記レーザ光の入射角は45度以上である。
- [請求項15] 請求項1に記載のガスレーザ装置であって、
 前記凸面鏡に入射する前記レーザ光の入射角、及び前記凹面鏡に入射する前記レーザ光の入射角は85度以下である。
- [請求項16] 請求項1に記載のガスレーザ装置であって、
 前記第1の直線偏光の偏光方向は、一対の前記放電電極が互いに対向する方向と垂直な方向である。
- [請求項17] 請求項1に記載のガスレーザ装置であって、
 前記凸面鏡は、前記チャンバ装置から出射する前記レーザ光における一対の前記放電電極が互いに対向する方向と垂直な方向のビーム幅が拡大するように当該レーザ光を反射する。
- [請求項18] 請求項1に記載のガスレーザ装置であって、
 前記凸面鏡は、前記チャンバ装置から出射する前記レーザ光における前記第1の直線偏光の偏光方向と平行な方向のビーム幅が拡大するように当該レーザ光を反射する。
- [請求項19] レーザ発振器から出力されるレーザ光を増幅器で増幅して出射するガスレーザ装置であって、
 前記増幅器は、
 前記レーザ発振器からの前記レーザ光が透過すると共にレーザガスが封入される内部空間に互いに対向する一対の放電電極を含み、一対の前記放電電極間に電圧が印加されることで前記レーザ発振器からの前記レーザ光を増幅するチャンバ装置と、
 前記チャンバ装置から出射する前記レーザ光を前記チャンバ装置を挟む両側間で共振させる共振器と、
 前記共振器の前記レーザ光の光路上に配置され、前記レーザ光から第1の直線偏光の偏光方向と異なる偏光方向の直線偏光を減少させる

偏光子と、

ビームエキスパンダと、

を備え、

前記共振器は、前記チャンバ装置を挟む一方側に配置され、前記チャンバ装置から出射する前記レーザ光の一部を透過させ、前記チャンバ装置から出射する前記レーザ光の他の一部を前記チャンバ装置に戻すように反射する出力結合ミラーを含み、

前記ビームエキスパンダは、

前記チャンバ装置と前記出力結合ミラーとの間に配置され、

前記チャンバ装置から出射する前記レーザ光が当該レーザ光における前記第1の直線偏光がS偏光となるように入射し当該レーザ光のビーム幅が拡大するように当該レーザ光を反射する反射面を含む凸面鏡と、

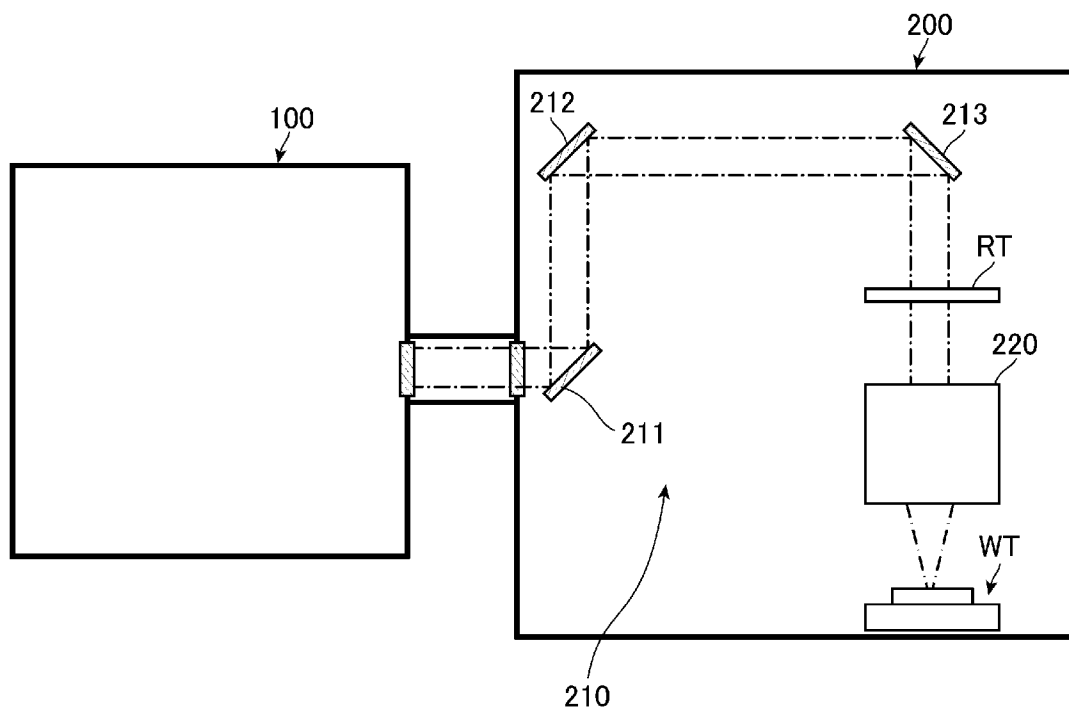
前記凸面鏡で反射された前記レーザ光が当該レーザ光における前記第1の直線偏光がS偏光となるように入射し当該レーザ光の拡大されたビーム幅が一定となるようなコリメートをするように当該レーザ光を前記出力結合ミラーに向かって反射する反射面を含む凹面鏡と、を含む前記ガスレーザ装置によってパルスレーザ光を生成し、

前記パルスレーザ光を露光装置に出力し、

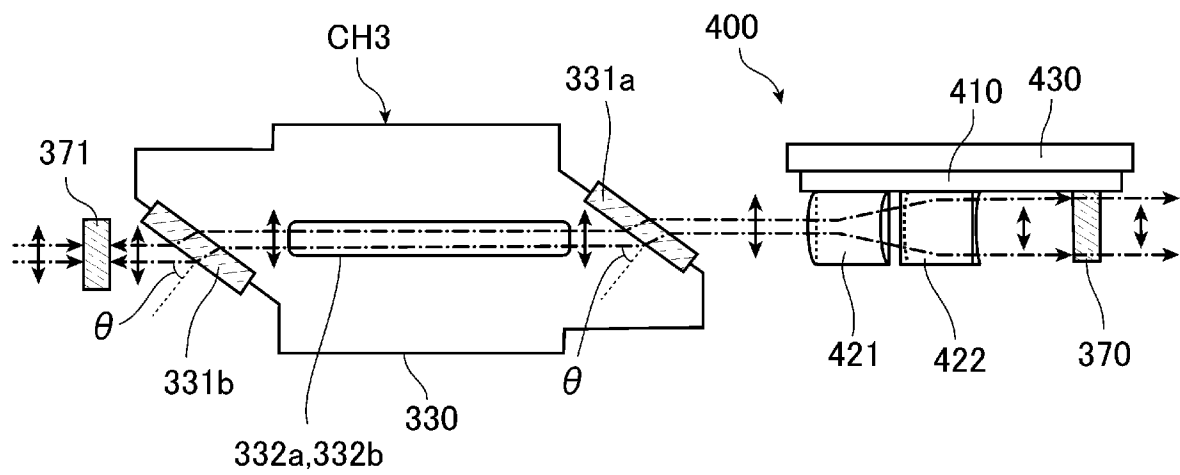
電子デバイスを製造するために、前記露光装置内で感光基板上に前記パルスレーザ光を露光すること

を含む電子デバイスの製造方法。

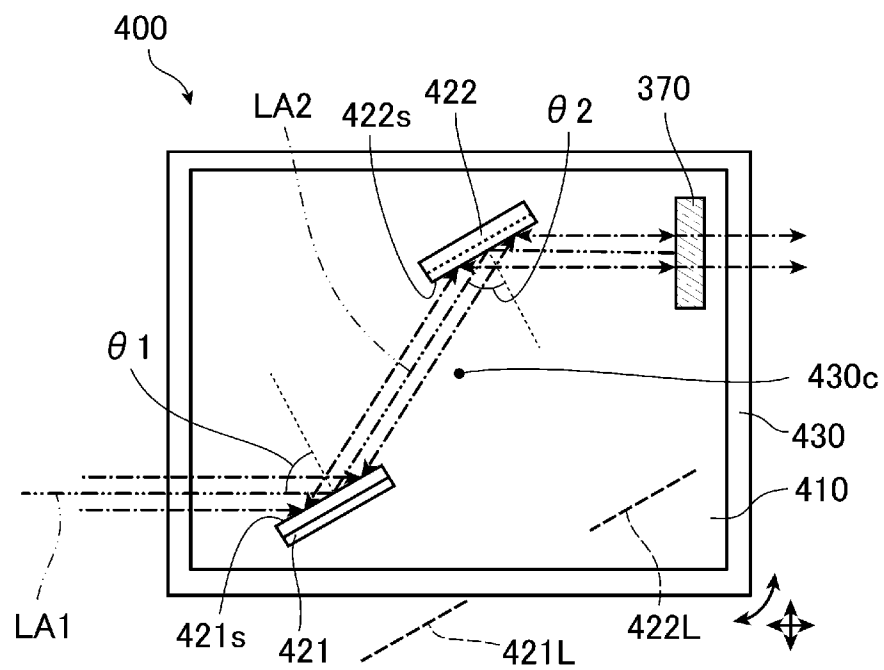
[図1]



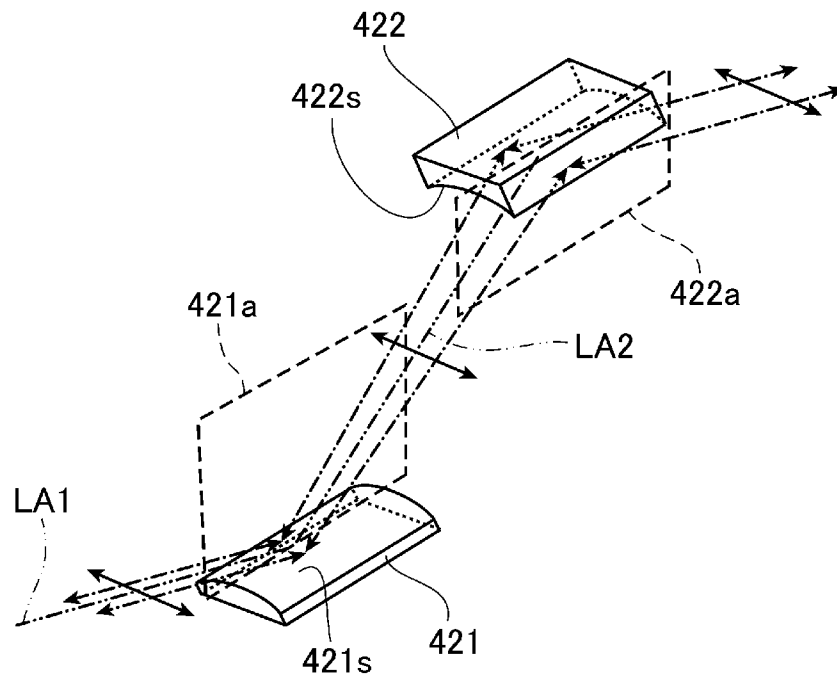
[図3]



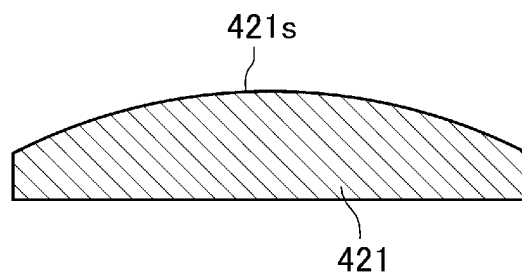
[図4]



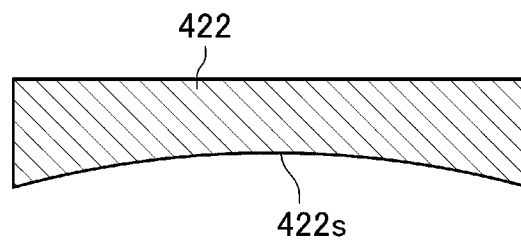
[図5]



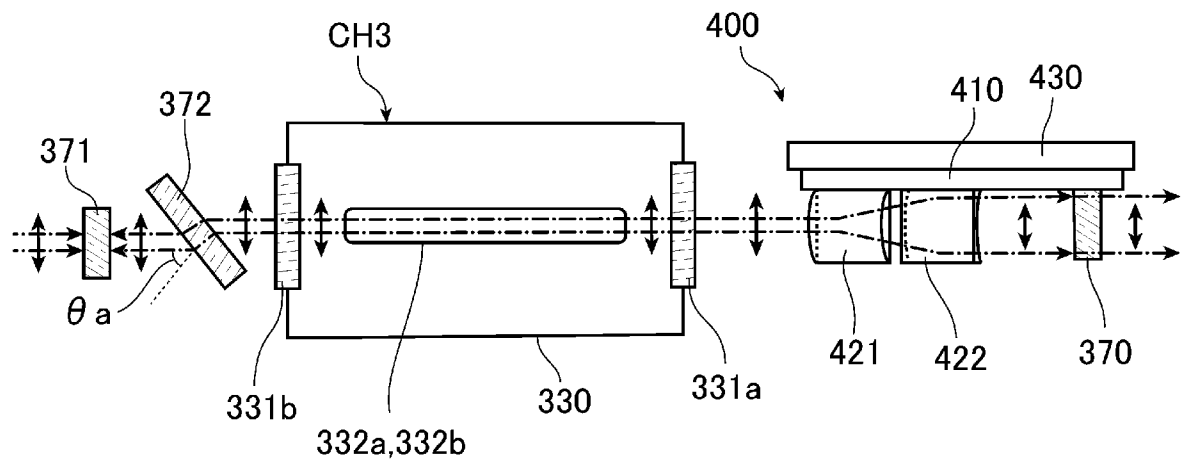
[図6]



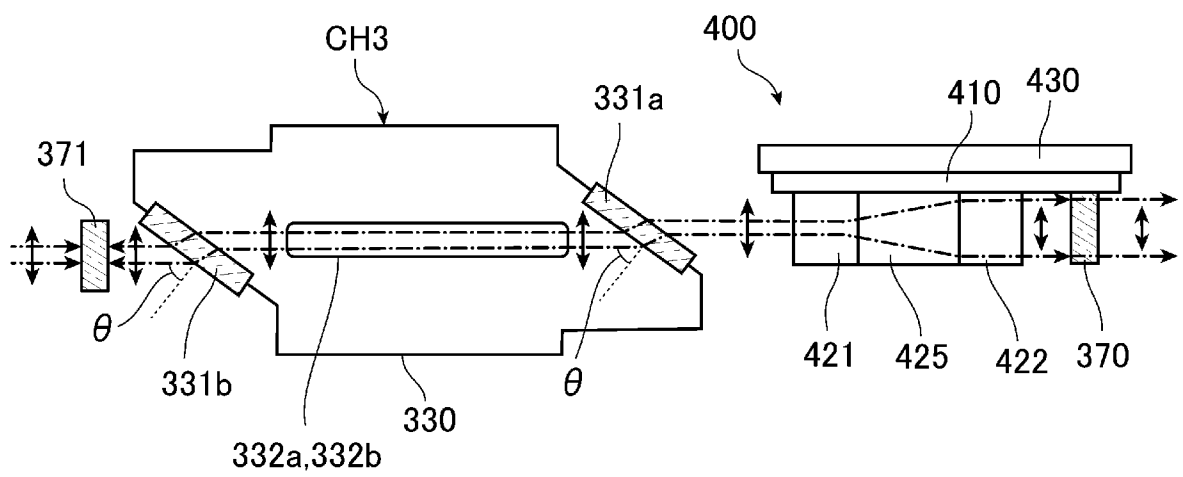
[図7]



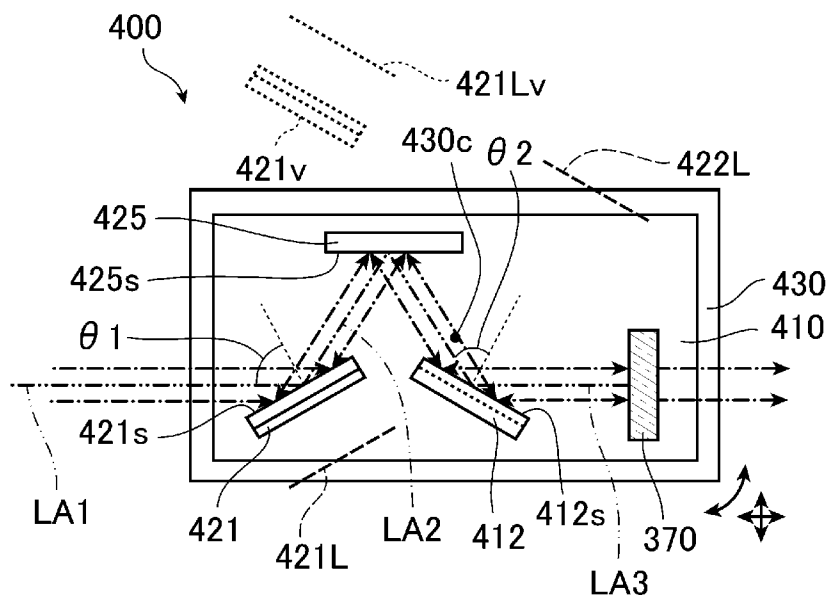
[図8]



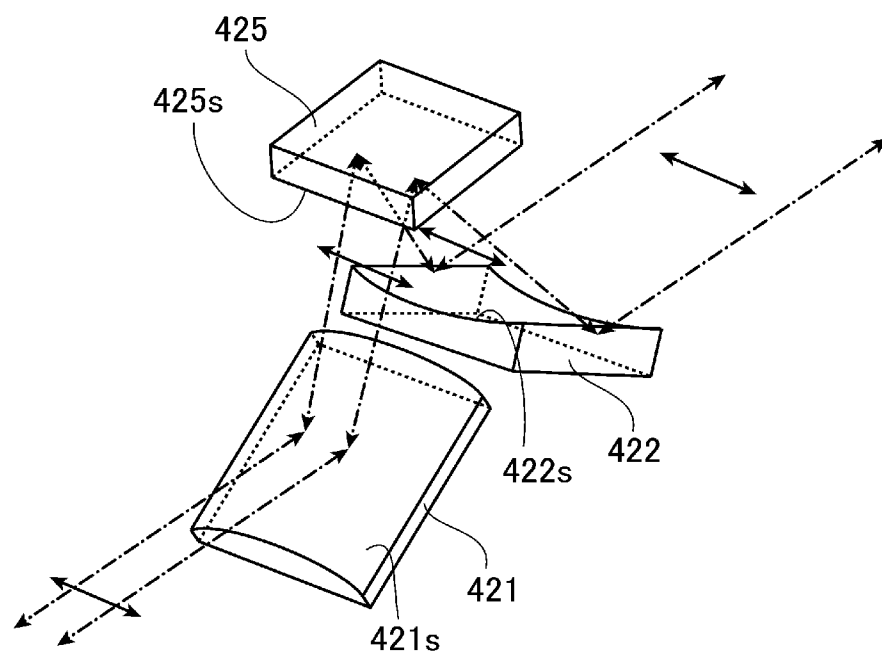
[図9]



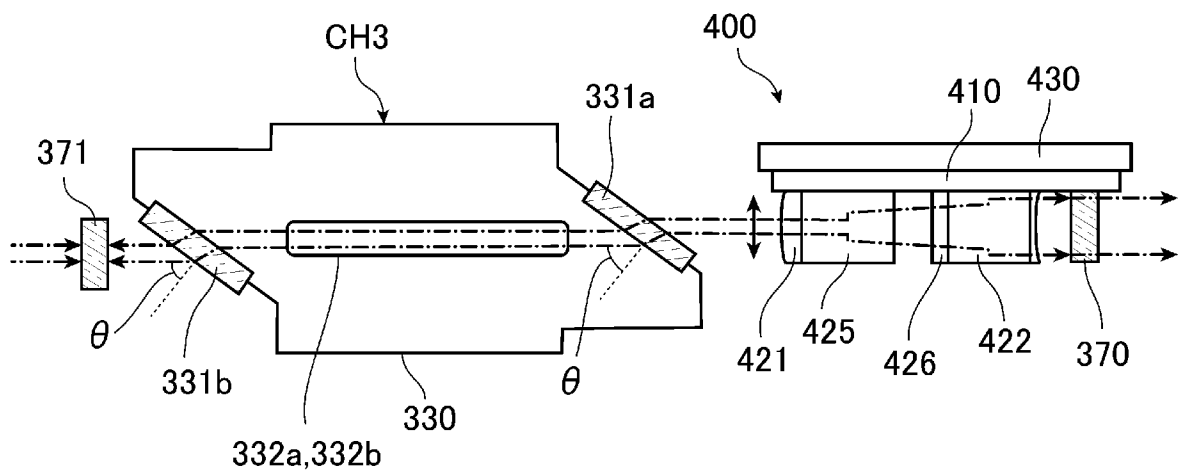
[図10]



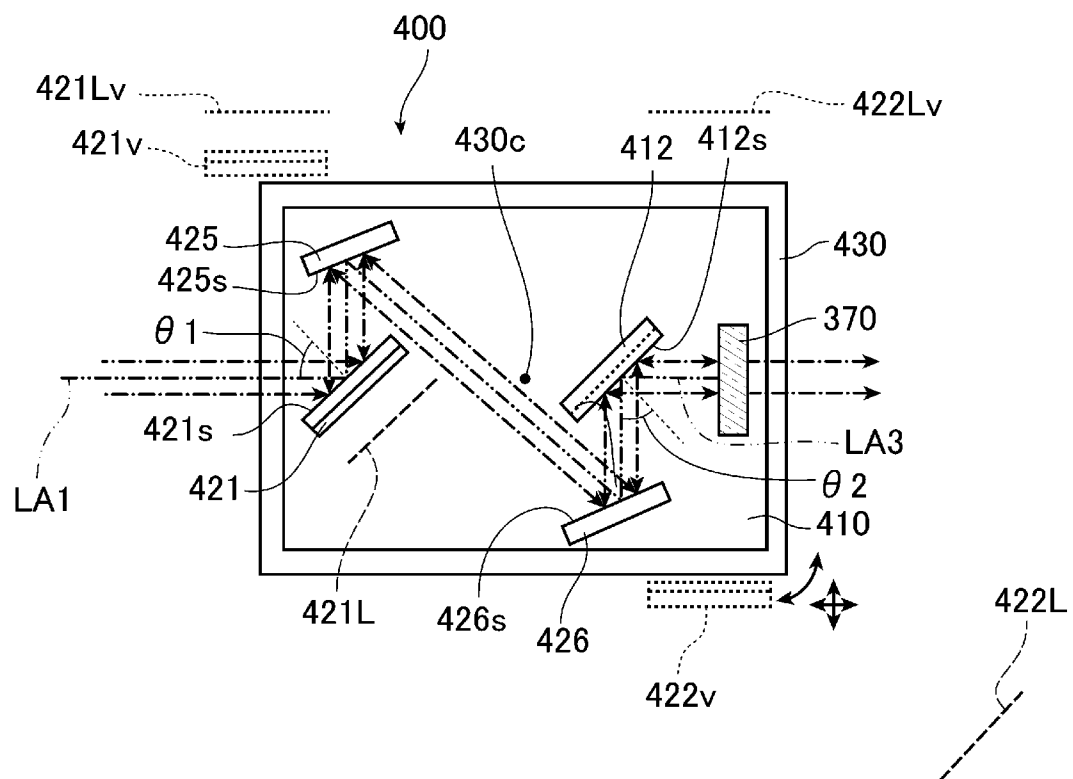
[図11]



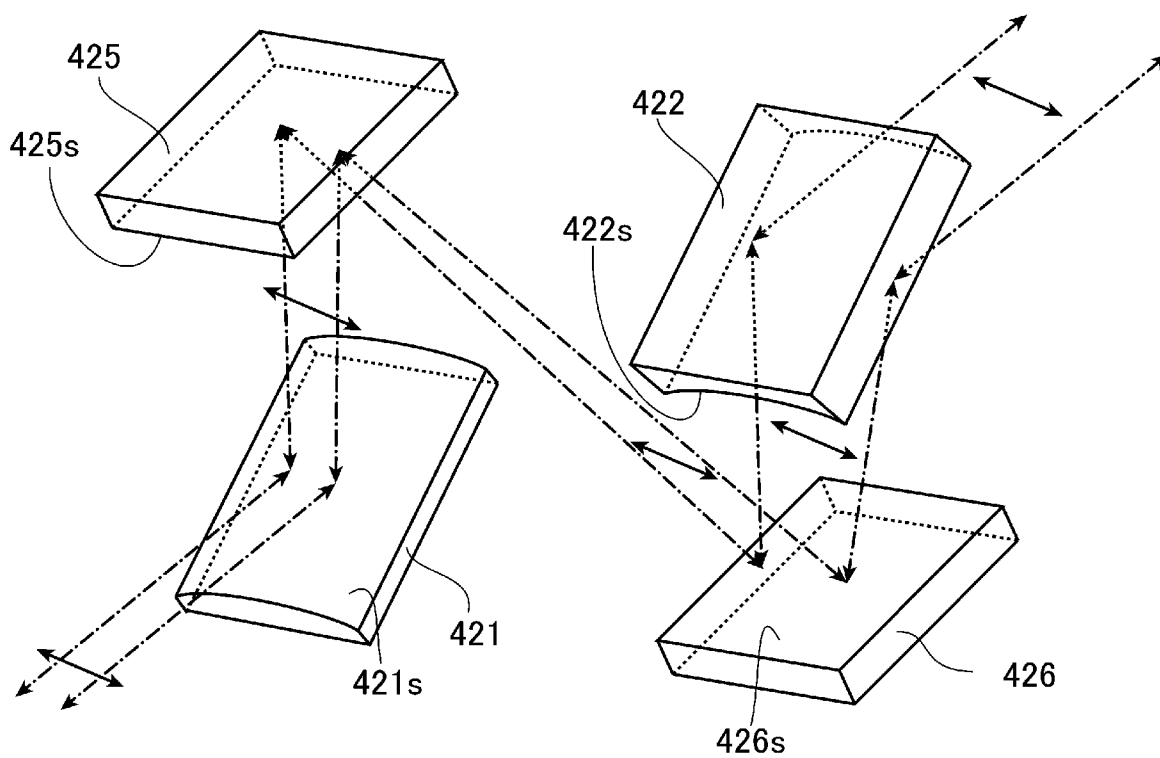
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/020880

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01S 3/106(2006.01)i; **G02B 26/02**(2006.01)i; **G02B 26/08**(2006.01)i; **G03F 7/20**(2006.01)i; **H01S 3/10**(2006.01)i
 FI: H01S3/106; G02B26/02 E; G02B26/08 E; G03F7/20 521; H01S3/10 D

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)

H01S3/106; G02B26/02; G02B26/08; G03F7/20; H01S3/10

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2016/150612 A2 (ASML NETHERLANDS B.V.) 29 September 2016 (2016-09-29) paragraphs [0122]-[0143], fig. 5	1-19
A	WO 2020/201530 A1 (ASML NETHERLANDS B.V.) 08 October 2020 (2020-10-08) paragraphs [0062]-[0063], [0081]-[0082], fig. 3, 7	1-19
A	WO 2013/187259 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 19 December 2013 (2013-12-19) fig. 1-7	1-19
A	JP 2004-140265 A (GIGAPHOTON INC.) 13 May 2004 (2004-05-13) paragraphs [0041]-[0042], fig. 4	1-19
A	WO 2018/061098 A1 (GIGAPHOTON INC.) 05 April 2018 (2018-04-05) paragraphs [0050]-[0060], fig. 6-8	1-19

☐ 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

14 July 2023

Date of mailing of the international search report

01 August 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/020880

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
WO	2016/150612	A2	29 September 2016	NL	2016248	A
				TW	201636684	A

WO	2020/201530	A1	08 October 2020	US	2022/0206397	A1
				EP	3949691	A1
				CN	114008528	A
				KR	10-2022-0022472	A
				TW	202105069	A

WO	2013/187259	A1	19 December 2013	US	2015/0137004	A1
				fig. 1-7		
				CN	104379296	A

JP	2004-140265	A	13 May 2004	(Family: none)		

WO	2018/061098	A1	05 April 2018	US	2019/0173258	A1
				paragraphs [0077]-[0089], fig. 7-8		
				CN	109565144	A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01S 3/106(2006.01)i; G02B 26/02(2006.01)i; G02B 26/08(2006.01)i; G03F 7/20(2006.01)i; H01S 3/10(2006.01)i FI: H01S3/106; G02B26/02 E; G02B26/08 E; G03F7/20 521; H01S3/10 D																				
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）） H01S3/106; G02B26/02; G02B26/08; G03F7/20; H01S3/10 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年										
日本国実用新案公報	1922 - 1996年																			
日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年																			
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年																			
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年																			
C. 関連すると認められる文献 <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>WO 2016/150612 A2 (ASML NETHERLANDS B.V.) 29.09.2016 (2016 - 09 - 29) [00122]-[00143], FIG.5</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2020/201530 A1 (ASML NETHERLANDS B.V.) 08.10.2020 (2020 - 10 - 08) [0062]-[0063], [0081]-[0082], FIG.3, 7</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2013/187259 A1 (三菱電機株式会社) 19.12.2013 (2013 - 12 - 19) 図1-7</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2004-140265 A (ギガフォトン株式会社) 13.05.2004 (2004 - 05 - 13) [0041]-[0042], 図4</td> <td>1-19</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2018/061098 A1 (ギガフォトン株式会社) 05.04.2018 (2018 - 04 - 05) [0050]-[0060], 図6-8</td> <td>1-19</td> </tr> </tbody> </table>			引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	A	WO 2016/150612 A2 (ASML NETHERLANDS B.V.) 29.09.2016 (2016 - 09 - 29) [00122]-[00143], FIG.5	1-19	A	WO 2020/201530 A1 (ASML NETHERLANDS B.V.) 08.10.2020 (2020 - 10 - 08) [0062]-[0063], [0081]-[0082], FIG.3, 7	1-19	A	WO 2013/187259 A1 (三菱電機株式会社) 19.12.2013 (2013 - 12 - 19) 図1-7	1-19	A	JP 2004-140265 A (ギガフォトン株式会社) 13.05.2004 (2004 - 05 - 13) [0041]-[0042], 図4	1-19	A	WO 2018/061098 A1 (ギガフォトン株式会社) 05.04.2018 (2018 - 04 - 05) [0050]-[0060], 図6-8	1-19
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号																		
A	WO 2016/150612 A2 (ASML NETHERLANDS B.V.) 29.09.2016 (2016 - 09 - 29) [00122]-[00143], FIG.5	1-19																		
A	WO 2020/201530 A1 (ASML NETHERLANDS B.V.) 08.10.2020 (2020 - 10 - 08) [0062]-[0063], [0081]-[0082], FIG.3, 7	1-19																		
A	WO 2013/187259 A1 (三菱電機株式会社) 19.12.2013 (2013 - 12 - 19) 図1-7	1-19																		
A	JP 2004-140265 A (ギガフォトン株式会社) 13.05.2004 (2004 - 05 - 13) [0041]-[0042], 図4	1-19																		
A	WO 2018/061098 A1 (ギガフォトン株式会社) 05.04.2018 (2018 - 04 - 05) [0050]-[0060], 図6-8	1-19																		
☐ 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、一般的技术水準を示すもの “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抵触するものではなく、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 14.07.2023		国際調査報告の発送日 01.08.2023																		
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 浅見 一喜 2K 4783 電話番号 03-3581-1101 内線 3255																		

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/020880

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2016/150612	A2	29.09.2016	NL	2016248	A	
				TW	201636684	A	
WO	2020/201530	A1	08.10.2020	US	2022/0206397	A1	
				EP	3949691	A1	
				CN	114008528	A	
				KR	10-2022-0022472	A	
				TW	202105069	A	
WO	2013/187259	A1	19.12.2013	US	2015/0137004	A1	
				FIGs. 1-7			
				CN	104379296	A	
JP	2004-140265	A	13.05.2004	(ファミリーなし)			
WO	2018/061098	A1	05.04.2018	US	2019/0173258	A1	
				[0077]-[0089], FIGs. 7-8			
				CN	109565144	A	