

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7401552号
(P7401552)

(45)発行日 令和5年12月19日(2023.12.19)

(24)登録日 令和5年12月11日(2023.12.11)

(51)国際特許分類

F I

H O 1 S 3/036(2006.01) H O 1 S 3/036

H O 1 S 3/00 (2006.01) H O 1 S 3/00 G

請求項の数 5 (全18頁)

(21)出願番号	特願2021-550928(P2021-550928)	(73)特許権者	300073919
(86)(22)出願日	令和1年10月4日(2019.10.4)		ギガフォトン株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2019/039358		栃木県小山市大字横倉新田400番地
(87)国際公開番号	WO2021/065001	(74)代理人	100105212
(87)国際公開日	令和3年4月8日(2021.4.8)		弁理士 保坂 延寿
審査請求日	令和4年9月9日(2022.9.9)	(72)発明者	對馬 弘朗
			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
		(72)発明者	川越 陽介
			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
		(72)発明者	田中 誠
			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
		審査官	大西 孝宣

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レーザ装置、及びレーザ装置のリークチェック方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

レーザチャンバと、
ネオンガスとフッ素ガスとを含む第1のガスを収容した第1のガス供給源に接続され、前記レーザチャンバに前記第1のガスを導入する第1の配管と、
ネオンガスを含み前記第1のガスよりもフッ素ガス濃度の低い第2のガスを収容した第2のガス供給源に接続され、前記レーザチャンバに前記第2のガスを導入する第2の配管と、
を含むレーザ装置のリークチェック方法であって、
前記レーザチャンバの内部の空間を含む閉鎖空間に、前記第2のガス供給源から前記第2のガスと同組成の第3のガスを導入することと、
前記閉鎖空間の外部にネオンガスが漏洩しているか否かを判定することと、
を含む、レーザ装置のリークチェック方法。

【請求項2】

請求項1記載のリークチェック方法であって、
前記閉鎖空間の内部のガスを、フッ素トラップを介して排気し、前記閉鎖空間に前記第3のガスを導入し、前記閉鎖空間の内部のガスを、前記フッ素トラップを介して再度排気することと、
その後、前記閉鎖空間を大気暴露することと、
前記閉鎖空間を大気暴露した後、前記閉鎖空間を大気から隔絶することと、
をさらに含み、

その後、前記閉鎖空間に前記第3のガスを導入し、前記閉鎖空間の外部にネオンガスが漏洩しているか否かの前記判定を行う、リークチェック方法。

【請求項3】

請求項1記載のリークチェック方法であって、

前記判定は、ネオンガスに感度を持つリークディテクターを用いて行われる、リークチェック方法。

【請求項4】

請求項1記載のリークチェック方法であって、

前記レーザ装置が、

前記閉鎖空間に前記第3のガスを導入する第3の配管
をさらに含む、リークチェック方法。

10

【請求項5】

請求項4記載のリークチェック方法であって、

前記第2の配管及び前記第3の配管と前記第2のガス供給源との間に、分岐部を含む第4の配管が接続された、リークチェック方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、レーザ装置、及びレーザ装置のリークチェック方法に関する。

【背景技術】

20

【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およ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。たとえば、露光用のガスレーザ装置としては、波長約248nm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193nm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および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、350～400pm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 Narrow 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。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】実開平01-146565号公報

40

【文献】米国特許第6819699号明細書

【文献】特開2008-270279号公報

【文献】実開平02-142558号公報

【概要】

【0005】

本開示の1つの観点に係るレーザ装置のリークチェック方法は、レーザ媒質ガスを収容する閉鎖空間を大気暴露することと、閉鎖空間を大気暴露した後、閉鎖空間を大気から隔絶することと、閉鎖空間にネオンガスを含むネオン含有ガスを導入することと、閉鎖空間の外部にネオンガスが漏洩しているか否かを判定することを含む。

【0006】

50

本開示の他の1つの観点に係るレーザ装置のリークチェック方法は、レーザチャンバと、レーザチャンバに、ネオンガスとフッ素ガスとを含む第1のガスを導入する第1の配管と、レーザチャンバに、ネオンガスを含み第1のガスよりもフッ素ガス濃度の低い第2のガスを導入する第2の配管と、を含むレーザ装置のリークチェック方法であって、レーザチャンバの内部の空間を含む閉鎖空間に、ネオンガスを含み第1のガスよりもフッ素ガス濃度の低い第3のガスを導入することと、閉鎖空間の外部にネオンガスが漏洩しているか否かを判定することと、を含む。

【0007】

本開示の1つの観点に係るレーザ装置は、レーザチャンバと、レーザチャンバに、ネオンガスとフッ素ガスとを含む第1のガスを導入する第1の配管と、レーザチャンバに、ネオンガスを含み第1のガスよりもフッ素ガス濃度の低い第2のガスを導入する第2の配管と、レーザチャンバと第1の配管とに、ネオンガスを含み第1のガスよりもフッ素ガス濃度の低い第3のガスを導入する第3の配管と、を含む。

【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、比較例に係るレーザ装置の構成を概略的に示す。

【図2】図2は、比較例におけるリークチェック方法の手順を示すフローチャートである。

【図3】図3は、閉鎖空間の範囲を説明する図である。

【図4】図4は、比較例におけるメンテナンス作業の手順を示すフローチャートである。

【図5】図5は、比較例におけるリークチェックの手順を示すフローチャートである。

【図6】図6は、第1の実施形態に係るレーザ装置の構成を概略的に示す。

【図7】図7は、第1の実施形態におけるメンテナンス作業の手順を示すフローチャートである。

【図8】図8は、第1の実施形態におけるリークチェックの手順を示すフローチャートである。

【図9】図9は、第2の実施形態におけるリークチェックの手順を示すフローチャートである。

【図10】図10は、交換用レーザチャンバの構成を概略的に示す。

【図11】図11は、第3の実施形態におけるリークチェックの手順を示すフローチャートである。

【実施形態】

【0009】

内容

1. 比較例に係るレーザ装置

1.1 構成

1.1.1 レーザ発振器及び各種制御部

1.1.2 各種ガス供給装置及び排気装置

1.1.2.1 レーザガス供給装置

1.1.2.2 チャンバパージガス供給装置

1.1.2.3 排気装置

1.1.2.4 光学モジュールパージガス供給装置

1.2 動作

1.2.1 レーザ発振器の動作

1.2.2 光学モジュールパージガス供給装置の動作

1.2.3 リークチェック方法

1.2.3.1 メンテナンス作業

1.2.3.2 リークチェック

1.3 比較例の課題

2. ネオン含有ガスを用いてリークチェックを行うレーザ装置

2. 1 構成

2. 2 動作

2. 2. 1 メンテナンス作業

2. 2. 2 リークチェック

2. 3 作用

3. ガス圧の変化によりリークチェックを行うレーザ装置

4. 交換用レーザチャンバのリークチェックを行うレーザ装置

4. 1 交換用レーザチャンバ

4. 2 リークチェックの手順

4. 3 作用

5. 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. 比較例に係るレーザ装置

1. 1 構成

図1は、比較例に係るレーザ装置1の構成を概略的に示す。レーザ装置1は、露光装置100と共に使用される。

【0012】

レーザ装置1は、レーザチャンバ10と、狭帯域化モジュール14と、出力結合ミラー15と、レーザ制御部30と、ガス制御部32と、を含む。狭帯域化モジュール14及び出力結合ミラー15はレーザ共振器を構成する。レーザ装置1は、さらに、レーザガス供給装置33と、チャンバパージガス供給装置35と、排気装置37と、光学モジュールパージガス供給装置39と、を含む。

【0013】

1. 1. 1 レーザ発振器及び各種制御部

レーザチャンバ10は、レーザ共振器の光路に配置されている。レーザチャンバ10と、レーザ共振器と、図示しない高電圧電源とでレーザ発振器が構成される。レーザチャンバ10にはウインドウ10a及び10bが設けられている。

レーザチャンバ10は、一對の電極11a及び11bを内部に收容し、さらにレーザ媒質ガスを收容している。レーザ媒質ガスは、ハロゲンガスと、希ガスと、バッファガスとを含む。例えば、ハロゲンガスはフッ素ガスであり、希ガスはアルゴンガス又はクリプトンガスであり、バッファガスはネオンガスである。また、レーザ媒質ガスは添加ガスとしてキセノンガスを含んでもよい。レーザチャンバ10は圧力計Pに接続されている。

【0014】

狭帯域化モジュール14は、プリズム14a及びグレーティング14bなどの波長選択素子を含む。狭帯域化モジュール14は、ハウジング18に收容されている。出力結合ミラー15は、部分反射ミラーで構成されている。出力結合ミラー15は、ハウジング19に收容されている。ハウジング19にはウインドウ10cが設けられている。ハウジング19にはパルスレーザ光のパルスエネルギーを計測するための図示しないエネルギーモニタがさらに收容されていてもよい。

【0015】

レーザ制御部30は、CPU (central processing unit) 30a及びメモリ30bを含むコンピュータ装置によって構成される。メモリ30bは、情報処理に必要なプログラム及びデータを記憶している。CPU 30aは、メモリ30bに記憶されたプログラムに

10

20

30

40

50

従い、各種データを読み出して情報処理を行うように構成されている。レーザ制御部 30 は、露光装置 100 の図示しない露光装置制御部と、FDC システム (fault detection and classification system) 120 と、ユーザインターフェース 140 と、に接続されている。

【0016】

ガス制御部 32 は、CPU 32a 及びメモリ 32b を含むコンピュータ装置によって構成される。メモリ 32b は、情報処理に必要なプログラム及びデータを記憶している。CPU 32a は、メモリ 32b に記憶されたプログラムに従い、各種データを読み出して情報処理を行うように構成されている。

【0017】

1. 1. 2 各種ガス供給装置及び排気装置

次に、レーザガス供給装置 33 と、チャンバパージガス供給装置 35 と、排気装置 37 と、光学モジュールパージガス供給装置 39 と、について説明する。以下の説明において、ガスが流れる各種配管の第 1 の端部はガス流の上流側の端部であり、第 2 の端部は第 1 の端部と反対側の端部である。

【0018】

1. 1. 2. 1 レーザガス供給装置

レーザガス供給装置 33 は、配管 331 の第 1 の端部付近に設けられたバルブ F2-V1 と、配管 332 の第 1 の端部付近に設けられたバルブ B-V1 と、を含む。配管 331 は本開示における第 1 の配管に相当する。配管 332 は本開示における第 2 の配管に相当する。

【0019】

配管 331 の第 1 の端部は、配管 231 を介してフッ素含有ガスボンベ 23 に接続される。フッ素含有ガスボンベ 23 は本開示における第 1 のガス供給源に相当する。フッ素含有ガスボンベ 23 は、ネオンガスとフッ素ガスとを含むフッ素含有ガスを収容している。フッ素含有ガスは本開示における第 1 のガスに相当する。フッ素含有ガスは、例えば、フッ素ガスと、アルゴンガスと、ネオンガスと、の混合ガスである。

【0020】

配管 332 の第 1 の端部は、配管 241 を介してネオン含有ガスボンベ 24 に接続される。ネオン含有ガスボンベ 24 は本開示における第 2 のガス供給源に相当する。ネオン含有ガスボンベ 24 は、ネオンガスを含みフッ素含有ガスよりもフッ素ガス濃度の低いネオン含有ガスを収容している。ネオン含有ガスは本開示における第 2 のガスに相当する。ネオン含有ガスはフッ素ガスを含まなくてもよい。ネオン含有ガスは、例えば、アルゴンガスと、ネオンガスと、キセノンガスと、の混合ガスである。

【0021】

あるいは、フッ素含有ガスは、フッ素ガスと、クリプトンガスと、ネオンガスと、の混合ガスであり、ネオン含有ガスは、クリプトンガスと、ネオンガスと、の混合ガスでもよい。

【0022】

配管 331 の第 2 の端部と配管 332 の第 2 の端部とは、互いに接続され、さらに、配管 333 に接続されている。配管 333 は配管 334 に接続され、配管 334 はレーザチャンバ 10 に接続されている。配管 332 の第 2 の端部付近に、配管 331 及び配管 333 からのフッ素含有ガスの逆流を抑制するための逆止弁 332a が設けられている。配管 331 及び 332 にはそれぞれ図示しないマスフローコントローラが設けられてもよい。

【0023】

1. 1. 2. 2 チャンバパージガス供給装置

チャンバパージガス供給装置 35 は、配管 351 の第 1 の端部付近に設けられたバルブ L-V1 を含む。配管 351 の第 1 の端部は、配管 251 を介してヘリウムガスボンベ 25 に接続される。配管 351 の第 2 の端部は、配管 333 と配管 334 との接続部分に接続されている。配管 351 の第 2 の端部付近に、配管 333 及び配管 334 からのフッ素

10

20

30

40

50

含有ガス又はネオン含有ガスの逆流を抑制するための逆止弁 351a が設けられている。

【0024】

配管 351 のバルブ L-V1 と逆止弁 351a との間に、配管 352 の第 1 の端部が接続されている。配管 352 の第 2 の端部は、配管 331 に接続されている。配管 352 の第 2 の端部付近に、配管 331 からのフッ素含有ガスの逆流を抑制するための逆止弁 352a が設けられている。

【0025】

配管 351 のバルブ L-V1 と逆止弁 351a との間に、配管 353 の第 1 の端部が接続されている。配管 353 の第 2 の端部は、配管 332 に接続されている。配管 353 の第 2 の端部付近に、配管 332 からのネオン含有ガスの逆流を抑制するための逆止弁 353a が設けられている。

10

【0026】

1. 1. 2. 3 排気装置

排気装置 37 は、配管 373 に設けられたフッ素トラップ 37a 及び排気ポンプ 37b を含む。フッ素トラップ 37a は、フッ素ガス及びフッ素の化合物を捕捉する処理剤を収容している。排気ポンプ 37b は、フッ素トラップ 37a を通過したガスを強制的に排気するように構成されている。配管 373 は、レーザチャンバ 10 内のガス圧が大気圧より高い場合にフッ素トラップ 37a を通過したガスを放出するために、排気ポンプ 37b をバイパスする図示しないバイパス流路を含んでもよい。

【0027】

20

配管 373 の第 1 の端部は、配管 371 の第 2 の端部及び配管 372 の第 2 の端部に接続されている。配管 371 の第 1 の端部はレーザチャンバ 10 に接続されている。配管 371 には、バルブ EX-V1 が配置されている。配管 372 の第 1 の端部は、配管 331 と配管 332 との接続部分付近に接続されている。配管 372 には、バルブ EX-V2 が配置されている。

【0028】

1. 1. 2. 4 光学モジュールパージガス供給装置

光学モジュールパージガス供給装置 39 は、配管 391 の第 1 の端部付近に設けられたバルブ N2-V1 を含む。配管 391 の第 1 の端部は、配管 291 を介して窒素ガスボンベ 29 に接続される。配管 391 の第 2 の端部は、配管 392 と配管 393 とに分岐している。配管 392 は狭帯域化モジュール 14 を収容したハウジング 18 に接続されている。配管 393 は出力結合ミラー 15 を収容したハウジング 19 に接続されている。配管 392 及び 393 にはそれぞれ図示しないマスフローコントローラが設けられてもよい。

30

【0029】

1. 2 動作

1. 2. 1 レーザ発振器の動作

レーザ制御部 30 は、露光装置制御部からの制御信号に応じて、図示しない高電圧電源にトリガ信号を送信する。高電圧電源は、トリガ信号に応じてパルス状の高電圧を生成し、この高電圧を電極 11a 及び 11b に印加する。

【0030】

40

電極 11a 及び 11b に高電圧が印加されると、電極 11a 及び 11b の間に放電が起こる。この放電のエネルギーにより、レーザチャンバ 10 内のレーザ媒質ガス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ガスが、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 の外部に出射する。ウインドウ 10a から出射した光は、狭帯域化モジュール 14 によって狭帯域化され、所望波長付近の光がウインドウ 10a を介してレーザチャンバ 10 に戻される。

出力結合ミラー 15 は、ウインドウ 10b から出射した光のうちの一部を透過させて出

50

かし、他の一部を反射してウインドウ 10 b を介してレーザチャンバ 10 に戻す。

【0032】

このようにして、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 との間で往復する。この光は、電極 11 a 及び 11 b 間の放電空間を通過する度に増幅される。また、この光は、狭帯域化モジュール 14 で折り返される度に狭帯域化される。こうしてレーザ発振し狭帯域化された光が、出力結合ミラー 15 を介してレーザ共振器からパルスレーザ光として出力され、ウインドウ 10 c を介してレーザ装置 1 から出力される。

レーザ装置 1 から出力されたパルスレーザ光は、露光装置 100 へ入射する。

【0033】

1. 2. 2 光学モジュールパージガス供給装置の動作

レーザ装置 1 の稼働時において、光学モジュールパージガス供給装置 39 は、ハウジング 18 及び 19 に窒素ガスを導入する。このとき、バルブ N2-V1 は開状態とされ、バルブ F2-V1、B-V1、L-V1、EX-V1、及び EX-V2 は閉状態とされる。

【0034】

窒素ガスの導入量は、配管 392 及び 393 にそれぞれ設けられた図示しないマスフローコントローラによって制御されてもよい。窒素ガスは、ハウジング 18 及び 19 のそれぞれの内部で滞留した後、排気ポート 18 a 及び 19 a から排気される。ハウジング 18 及び 19 に窒素ガスを導入することにより、ハウジング 18 及び 19 のそれぞれの内部の光学素子の汚染が抑制される。

【0035】

1. 2. 3 リークチェック方法

図 2 は、比較例におけるリークチェック方法の手順を示すフローチャートである。リークチェック方法は、メンテナンス作業 (S10)、リークチェック (S30) の順で行われる。

【0036】

メンテナンス作業 (S10) は、レーザ媒質ガスを収容する閉鎖空間を大気暴露し、その後、レーザチャンバ 10 の部品交換を実施し、その後、閉鎖空間を大気から隔離することを含む。

リークチェック (S30) は、大気から隔離された閉鎖空間にヘリウムガスを導入し、その後、閉鎖空間の外部にヘリウムガスが漏洩しているか否かを判定することを含む。

【0037】

図 3 は、閉鎖空間の範囲を説明する図である。図 3 は、図 1 に示されるレーザ装置 1 のうちのレーザチャンバ 10 と各種配管とを抜粋して示しており、閉鎖空間となるレーザチャンバ 10 及び配管の範囲を破線で示している。閉鎖空間は、配管 331、332、351、371、372 の各一部の内部の空間と、配管 333、334、352、及び 353 の各内部の空間と、レーザチャンバ 10 の内部の空間と、を含む。

【0038】

1. 2. 3. 1 メンテナンス作業

図 4 は、比較例におけるメンテナンス作業の手順を示すフローチャートである。図 4 のフローチャートは、図 2 の S10 のサブルーチンに相当する。図 4 に示される手順のうち、実線の枠で囲まれたステップはガス制御部 32 の動作を示し、破線の枠で囲まれたステップは作業者の動作を示す。

レーザチャンバ 10 のメンテナンスにおいては、閉鎖空間を大気暴露する前に、以下の工程により閉鎖空間の内部のフッ素ガスが除去される。

【0039】

S11 において、ガス制御部 32 は、ガス排気の繰返し回数をカウントするためのカウンタ N の値を初期値 1 にセットする。

S12 において、ガス制御部 32 は、閉鎖空間の内部のガスを、フッ素トラップ 37 a を介して排気する。具体的には、バルブ F2-V1、B-V1、及び L-V1 を閉状態と

10

20

30

40

50

したまま、バルブ EX-V1 及び EX-V2 を開状態とする。これにより、レーザチャンバ 10 の内部のガスがバルブ EX-V1 を介して排気装置 37 に流れ、配管 331、332、333、334、351、352、及び 353 の内部のガスがバルブ EX-V2 を介して排気装置 37 に流れる。排気装置 37 において、フッ素トラップ 37a がフッ素ガス及びフッ素の化合物を捕捉する。フッ素トラップ 37a を通過したガスは、排気ポンプ 37b 又は図示しないバイパス流路を介してレーザ装置 1 の外部に排気される。排気ポンプ 37b を駆動した場合には、閉鎖空間の内部のガス圧が大気圧未満となるように排気することができる。

【0040】

S13 において、ガス制御部 32 は、閉鎖空間にヘリウムガスを導入する。具体的には、バルブ F2-V1 及び B-V1 を閉状態としたまま、排気ポンプ 37b の駆動を停止させ、バルブ EX-V1 及び EX-V2 を閉状態とし、バルブ L-V1 を開状態とする。これにより、配管 351 から、配管 352、353、331、332、333、及び 334 を介してレーザチャンバ 10 にヘリウムガスが導入される。配管 371 及び 372 の各一部にもヘリウムガスが導入される。こうして、ヘリウムガスによる閉鎖空間のガスパージが行われる。ヘリウムガスの導入後、ガス制御部 32 は、バルブ L-V1 を閉状態とする。

【0041】

S14 において、ガス制御部 32 は、カウンタ N の値が所定値 Nmax に達したか否かを判定する。所定値 Nmax は、2 以上の整数である。

カウンタ N の値が所定値 Nmax に達していない場合 (S14:NO)、ガス制御部 32 は、S15 に処理を進める。S15 において、ガス制御部 32 は、カウンタ N の値に 1 を加算して N の値を更新する。S15 の後、ガス制御部 32 は、S12 に処理を戻す。ガスの排気とヘリウムガスの導入とを複数回繰り返すことにより、レーザチャンバ 10 の内部の空間を含む閉鎖空間のフッ素ガスが、大気暴露可能な濃度にまで除去される。

カウンタ N の値が所定値 Nmax に達した場合 (S14:YES)、ガス制御部 32 は、S16 に処理を進める。

【0042】

S16 において、ガス制御部 32 は、フッ素ガスの除去完了を外部に通知する。例えば、ガス制御部 32 は、フッ素ガスの除去完了を示す信号をレーザ制御部 30 に送信する。この信号を契機として、レーザ制御部 30 は FDC システム 120 にフッ素ガスの除去完了を示す通知を送信する。FDC システム 120 への通知に加えて、又は FDC システム 120 への通知に代えて、レーザ制御部 30 はユーザインターフェース 140 にフッ素ガスの除去完了を示す表示を行わせる。

【0043】

S17 において、作業者は、レーザチャンバ 10 の部品交換を実施するために閉鎖空間を大気暴露する。例えば、ウインドウ 10a 又は 10b の交換作業を行う場合、レーザチャンバ 10 の内部の空間の少なくとも一部が大気暴露される。また例えば、レーザチャンバ 10 自体の交換作業を行う場合、レーザチャンバ 10 に接続された配管 334、371 の一部等も大気暴露される。S18 において、作業者は、レーザチャンバ 10 の部品交換を実施する。

【0044】

S19 において、作業者は、閉鎖空間を大気から隔絶し、さらに、ユーザインターフェース 140 を介してメンテナンス作業の完了を入力する。レーザ制御部 30 は、ユーザインターフェース 140 に入力された信号を受信し、メンテナンス作業の完了を示す信号をガス制御部 32 に送信する。

【0045】

S20 において、ガス制御部 32 は、メンテナンス作業の完了を示す信号を受信したか否かを判定する。メンテナンス作業の完了を示す信号を受信していない場合 (S20:NO)、ガス制御部 32 は、メンテナンス作業の完了を示す信号を受信するまで待機する。メンテナンス作業の完了を示す信号を受信した場合 (S20:YES)、ガス制御部 32

10

20

30

40

50

は、本フローチャートの処理を終了し、図 2 に示される処理に戻る。

【 0 0 4 6 】

1. 2. 3. 2 リークチェック

図 5 は、比較例におけるリークチェックの手順を示すフローチャートである。図 5 のフローチャートは、図 2 の S 3 0 のサブルーチンに相当する。図 5 に示される手順のうち、実線の枠で囲まれたステップはガス制御部 3 2 の動作を示し、破線の枠で囲まれたステップは作業者の動作を示す。

【 0 0 4 7 】

S 3 2 において、ガス制御部 3 2 は、バルブ L - V 1 を開状態とし、閉鎖空間にヘリウムガスを導入する。このとき、バルブ F 2 - V 1、B - V 1、E X - V 1、及び E X - V 2 は閉状態とされる。

【 0 0 4 8 】

S 3 3 において、ガス制御部 3 2 は、圧力計 P で計測されるレーザチャンバ 1 0 の内部のガス圧が所定値に達したか否かを判定する。レーザチャンバ 1 0 の内部のガス圧が所定値に達していない場合 (S 3 3 : N O)、ガス制御部 3 2 は、レーザチャンバ 1 0 の内部のガス圧が所定値に達するまで待機する。レーザチャンバ 1 0 の内部のガス圧が所定値に達した場合 (S 3 3 : Y E S)、ガス制御部 3 2 は、S 3 4 に処理を進める。

【 0 0 4 9 】

S 3 4 において、ガス制御部 3 2 は、バルブ L - V 1 を閉状態とし、ガスの充填完了を外部に通知する。例えば、ガス制御部 3 2 は、ガスの充填完了を示す信号をレーザ制御部 3 0 に送信し、レーザ制御部 3 0 が、F D C システム 1 2 0 にガスの充填完了を示す通知を送信し、及び／又はユーザインターフェース 1 4 0 にガスの充填完了を示す表示を行わせる。

【 0 0 5 0 】

S 3 5 において、作業者が、図示しないヘリウムリークディテクターを用いて、閉鎖空間の外部にヘリウムガスが漏洩しているか否かを判定する。例えば、ウインドウ 1 0 a 又は 1 0 b を交換した場合には、交換したウインドウの周囲でヘリウムガスが漏洩しているか否かを調べる。その後、作業者は、ユーザインターフェース 1 4 0 を介して判定結果を入力する。レーザ制御部 3 0 は、ユーザインターフェース 1 4 0 に入力された信号を受信し、判定結果を示す信号をガス制御部 3 2 に送信する。あるいは、ヘリウムリークディテクターからレーザ制御部 3 0 に判定結果を示す信号が送信され、レーザ制御部 3 0 が、この信号をガス制御部 3 2 に送信するようになっていてもよい。

【 0 0 5 1 】

S 3 6 において、ガス制御部 3 2 は、閉鎖空間の外部にヘリウムガスが漏洩しているか否かの判定結果を識別する。

【 0 0 5 2 】

閉鎖空間の外部にヘリウムガスが漏洩している場合 (S 3 6 : Y E S)、ガス制御部 3 2 は、本フローチャートの処理を終了し、図 2 に示される処理に戻る。このとき、ガス制御部 3 2 は、レーザ制御部 3 0 に装置エラーを示す信号を送信してもよい。レーザ制御部 3 0 は、F D C システム 1 2 0 に装置エラーを示す通知を送信し、及び／又はユーザインターフェース 1 4 0 に装置エラーを示す表示を行わせてもよい。

【 0 0 5 3 】

閉鎖空間の外部にヘリウムガスが漏洩していない場合 (S 3 6 : N O)、ガス制御部 3 2 は、S 3 7 に処理を進める。S 3 7 において、ガス制御部 3 2 は、閉鎖空間の内部のガスを排気する。排気の手順は図 4 の S 1 2 において説明したものと同様でよい。その後、S 3 8 において、ガス制御部 3 2 は、レーザチャンバ 1 0 の内部の空間を含む閉鎖空間にネオン含有ガスとフッ素含有ガスとを導入する。具体的には、まず、バルブ E X - V 1、E X - V 2、F 2 - V 1、及び L - V 1 を閉状態とし、バルブ B - V 1 を開状態とする。これにより、配管 3 3 2 からレーザチャンバ 1 0 にネオン含有ガスが導入される。次に、バルブ E X - V 1、E X - V 2、B - V 1、L - V 1 を閉状態とし、バルブ F 2 - V 1 を

10

20

30

40

50

開状態とする。これにより、配管 3 3 1 からレーザチャンバ 1 0 にフッ素含有ガスが導入される。

【 0 0 5 4 】

レーザチャンバ 1 0 の内部のガス圧及びフッ素ガス濃度が所望の値になったら、ガス制御部 3 2 は、バルブ E X - V 1、E X - V 2、F 2 - V 1、B - V 1、及び L - V 1 を閉状態とし、レーザ装置 1 の稼働準備完了を示す信号をレーザ制御部 3 0 に送信する。

あるいは、レーザチャンバ 1 0 の内部のガス組成を安定化するために、S 3 7 の排気と S 3 8 のガス導入とを複数回繰返した後、レーザ装置 1 の稼働準備完了を示す信号をレーザ制御部 3 0 に送信してもよい。

S 3 8 の後、ガス制御部 3 2 は、本フローチャートの処理を終了し、図 2 に示される処理に戻る。

【 0 0 5 5 】

1. 3 比較例の課題

比較例においては、ヘリウムガスを用いて閉鎖空間のガスパージとリークチェックが行われている。しかし、ヘリウムガスは産出地及び産出量が限られているため、調達が困難となったり価格が高騰したりする場合がある。仮にヘリウムガスの調達が止まった場合には、レーザ装置 1 のメンテナンスができなくなり、レーザ装置 1 を稼働できなくなる可能性がある。

【 0 0 5 6 】

2. ネオン含有ガスを用いてリークチェックを行うレーザ装置

2. 1 構成

図 6～図 8 を用いて第 1 の実施形態について説明する。

図 6 は、第 1 の実施形態に係るレーザ装置 1 の構成を概略的に示す。第 1 の実施形態において、ヘリウムガスボンベ 2 5 はなくてもよい。配管 3 5 1 は、ネオンガスを含みフッ素含有ガスよりもフッ素ガス濃度の低い第 3 のガスを、レーザチャンバ 1 0 と、配管 3 3 1 及び 3 3 2 とに導入するように構成されている。配管 3 5 1 は、本開示における第 3 の配管に相当する。

【 0 0 5 7 】

第 3 のガスは、好ましくは、ネオン含有ガスと同組成のガスである。同組成のガスとは、成分とその混合比率とのいずれもが等しいガスをいう。さらに好ましくは、配管 3 5 1 の第 1 の端部は、ネオン含有ガスボンベ 2 4 に接続される。ネオン含有ガスボンベ 2 4 には配管 2 4 2 が接続される。配管 2 4 2 は、分岐部 2 4 a において配管 2 4 3 と配管 2 4 4 とに分岐する。配管 2 4 3 が配管 3 3 2 の第 1 の端部に接続され、配管 2 4 4 が配管 3 5 1 の第 1 の端部に接続される。配管 2 4 2、2 4 3、及び 2 4 4 は、本開示における第 4 の配管に相当する。

他の点については、第 1 の実施形態の構成は比較例の構成と同様である。

【 0 0 5 8 】

2. 2 動作

第 1 の実施形態におけるレーザ発振器の動作及び光学モジュールパージガス供給装置 3 9 の動作は、上述の比較例において説明したものと同様である。第 1 の実施形態におけるリークチェック方法は、図 2 を参照しながら説明したのと同様の手順で行われる。但し、以下に説明するサブルーチンが、第 1 の実施形態と比較例とで異なっている。

【 0 0 5 9 】

2. 2. 1 メンテナンス作業

図 7 は、第 1 の実施形態におけるメンテナンス作業の手順を示すフローチャートである。図 4 の S 1 3 の代わりに、図 7 の S 1 3 a において、ガス制御部 3 2 は、閉鎖空間にネオン含有ガスを導入する。

他の点については、図 7 の処理は図 4 を参照しながら説明した比較例の処理と同様である。

【 0 0 6 0 】

10

20

30

40

50

2. 2. 2 リークチェック

図8は、第1の実施形態におけるリークチェックの手順を示すフローチャートである。図5のS32の代わりに、図8のS32aにおいて、ガス制御部32は、閉鎖空間にネオン含有ガスを導入する。また、図5のS35の代わりに、図8のS35aにおいて、作業者が、ネオンガスに感度を持つ図示しないリークディテクターを用いて、閉鎖空間の外部にネオンガスが漏洩しているか否かを判定する。例えば、所定の閾値より多いネオンガスが検出された場合に、閉鎖空間の外部にネオンガスが漏洩していると判定する。ネオンガスに感度を持つリークディテクターは、例えば、リファレンスガスと測定ガスとの間の熱伝導率の違いを検知することによりネオンガスを検出する装置であってもよい。リークディテクターは、ネオンガスの検出量に基づく表示又は警報を出力するように構成されてい

10

他の点については、図8の処理は図5を参照しながら説明した比較例の処理と同様である。

【0061】

2. 3 作用

(1) 第1の実施形態によれば、閉鎖空間にネオンガスを含むネオン含有ガスを導入し（図8のS32a）、閉鎖空間の外部にネオンガスが漏洩しているか否かを判定する（図8のS35a）。これにより、ヘリウムガスを使わなくてもリークチェックが可能となるので、ヘリウムガスの調達が困難となった場合でもレーザ装置1がメンテナンス不能により稼働停止となることを抑制し得る。

20

【0062】

(2) 第1の実施形態によれば、閉鎖空間を大気暴露する前に、閉鎖空間の内部のガスを、フッ素トラップ37aを介して排気し（図7のS12）、閉鎖空間にネオン含有ガスを導入し（図7のS13a）、閉鎖空間の内部のガスを、フッ素トラップ37aを介して再度排気する（図7のS12）。これにより、ヘリウムガスを使わなくても閉鎖空間の内部をガスパージしてフッ素ガス濃度を低減することができる。また、リークチェックに用いられるガスと同じネオン含有ガスを用いてガスパージするので、配管の増加が抑制される。

【0063】

(3) 第1の実施形態によれば、ネオンガスに感度を持つリークディテクターを用いて、閉鎖空間の外部にネオンガスが漏洩しているか否かを判定する（図8のS35a）。これにより、ネオン含有ガスをレーザチャンバ10内に導入してすぐにリークチェックすることができる。

30

【0064】

(4) 第1の実施形態によれば、閉鎖空間の外部にネオンガスが漏洩していないと判定された場合に、閉鎖空間の内部のガスを排気し（図8のS37）、閉鎖空間にネオン含有ガス及びフッ素含有ガスを導入する（図8のS38）。これにより、ネオンガスが漏洩していないことを事前に判定するので、フッ素含有ガス等を導入したときにフッ素ガスが漏洩することを抑制し得る。また、ヘリウムガスを用いてリークチェックを行った場合と比べて、ネオン含有ガスを用いてリークチェックを行った場合にはS37の排気とS38のガス導入との繰返し回数を低減し得る。

40

【0065】

(5) 第1の実施形態によれば、レーザ装置1は、レーザチャンバ10にネオンガスとフッ素ガスとを含むフッ素含有ガスを導入する配管331と、レーザチャンバ10にネオンガスを含みフッ素含有ガスよりもフッ素ガス濃度の低いネオン含有ガスを導入する配管332と、レーザチャンバ10と配管331とに、ネオンガスを含みフッ素含有ガスよりもフッ素ガス濃度の低い第3のガスを導入する配管351と、を含む。これにより、ヘリウムガスを使わなくても、ネオンガスを含む第3のガスを用いてリークチェックが可能となるので、ヘリウムガスの調達が困難となった場合でもレーザ装置1がメンテナンス不能により稼働停止となることを抑制し得る。

50

【0066】

なお、第3のガスが配管351を介して導入される場合について説明したが、本開示はこれに限定されない。配管351がなくても、ネオン含有ガスと同組成の第3のガスが配管332を介して導入されてもよい。

【0067】

(6) 第1の実施形態によれば、配管351は、レーザチャンバ10と配管331とにネオン含有ガスと同組成の第3のガスを導入する。これにより、リークチェックのための第3のガスとして、レーザ媒質ガスを構成するネオン含有ガスを流用できるので、ガスの調達品目数を低減できる。また、第3のガスの配管工事のコストを削減することができる。

【0068】

(7) 第1の実施形態によれば、配管331はフッ素含有ガスを収容したフッ素含有ガスボンベ23に接続され、配管332及び351はネオン含有ガスを収容したネオン含有ガスボンベ24に接続される。

また第1の実施形態によれば、配管332及び351とネオン含有ガスボンベ24との間に、分岐部24aを含む配管242、243、及び244が接続される。

これにより、配管332及び351に接続されるガスボンベを共通化できる。また、ヘリウムガスの配管を不要とし、配管工事のコストを削減することができる。

【0069】

(8) 第1の実施形態によれば、配管351は、レーザチャンバ10と配管331及び332とに第3のガスを導入する。これにより、レーザチャンバ10だけでなく配管331及び332等も同時にリークチェックすることができる。

【0070】

(9) 第1の実施形態によれば、レーザ装置1は、レーザチャンバ10と配管331とからガスを排気する排気装置37を含む。これにより、排気されたレーザチャンバ10及び配管331に第3のガスを導入してリークチェックすることができる。

【0071】

(10) 第1の実施形態によれば、レーザ装置1は、レーザチャンバ10と配管331及び332とからガスを排気する排気装置37を含む。これにより、排気されたレーザチャンバ10と配管331及び332とに第3のガスを導入してリークチェックすることができる。

【0072】

3. ガス圧の変化によりリークチェックを行うレーザ装置

図9を用いて第2の実施形態について説明する。第2の実施形態の構成は、第1の実施形態の構成と同様である。第2の実施形態の動作は、以下に説明するリークチェックのサブルーチンにおいて、第1の実施形態の動作と異なっている。

【0073】

図9は、第2の実施形態におけるリークチェックの手順を示すフローチャートである。図8のS35aの代わりに、図9のS35bにおいて、ガス制御部32が、一定期間Tにおけるレーザチャンバ10の内部のガス圧の変化を検出することにより、閉鎖空間の外部にネオン含有ガスが漏洩しているか否かを判定する。

【0074】

例えば、ガス制御部32は、圧力計Pによって測定されるレーザチャンバ10の内部のガス圧P1をレーザ制御部30から受信し、さらに一定期間Tが経過したときのガス圧P2をレーザ制御部30から受信する。そして、ガス制御部32は、以下の値 ΔP 又は dP/dT を算出する。

$$\Delta P = |P1 - P2|$$

$$dP/dT = |P1 - P2| / T$$

【0075】

ガス制御部32は、 ΔP が所定の閾値以下である場合、あるいは dP/dT が所定の閾値以下である場合、閉鎖空間の外部にネオン含有ガスが漏洩していないと判定する。ガス

10

20

30

40

50

制御部 32 は、 ΔP が所定の閾値より大きい場合、あるいは dP/dT が所定の閾値より大きい場合、閉鎖空間の外部にネオン含有ガスが漏洩していると判定する。

他の点については、第 2 の実施形態の動作は第 1 の実施形態の動作と同様である。

【0076】

第 2 の実施形態によれば、閉鎖空間の内部のガス圧の変化を検出して、閉鎖空間の外部にネオン含有ガスが漏洩しているか否かを判定する（図 9 の S35b）。これにより、リークチェックを自動化し、作業者の工数を低減できる。

【0077】

4. 交換用レーザチャンバのリークチェックを行うレーザ装置

図 10 及び図 11 を用いて第 3 の実施形態について説明する。第 3 の実施形態の構成は、第 1 及び第 2 の実施形態の構成と同様である。第 3 の実施形態は、交換用レーザチャンバ 10d のリークチェックを行う点で、第 1 及び第 2 の実施形態と異なっている。

【0078】

4.1 交換用レーザチャンバ

図 10 は、交換用レーザチャンバ 10d の構成を概略的に示す。交換用レーザチャンバ 10d は、ウインドウ 10a 及び 10b が設けられ、電極 11a 及び 11b を内部に収容している点でレーザチャンバ 10 と同様である。上述のメンテナンス作業がレーザチャンバ 10 の交換を含む場合には、レーザ装置 1 からレーザチャンバ 10 が取り外されて、図 10 に示される交換用レーザチャンバ 10d がレーザ装置 1 に取り付けられる。

【0079】

4.2 リークチェックの手順

図 11 は、第 3 の実施形態におけるリークチェックの手順を示すフローチャートである。破線の枠で囲まれたステップはレーザ装置 1 の製造者の動作を示す。

【0080】

S1 において、レーザ装置 1 の製造者が、レーザ装置 1 の製造工場において交換用レーザチャンバ 10d にネオン含有ガスを封入し、図示しない記憶装置に交換用レーザチャンバ 10d の内部のガス圧 P_1 及び測定時刻 T_1 を記憶させる。記憶装置は、例えば、交換用レーザチャンバ 10d に付属する記憶装置でもよい。あるいは、記憶装置は、出荷先の半導体製造工場に設置されたレーザ装置 1 のガス制御部 32 又はレーザ制御部 30 からアクセス可能なネットワーク上の記憶装置でもよい。

交換用レーザチャンバ 10d は、半導体製造工場に向けて出荷され、レーザ装置 1 のレーザチャンバ交換作業によってレーザ装置 1 に取り付けられる。

【0081】

S2 において、ガス制御部 32 は、レーザチャンバ交換作業の完了を示す信号を受信したか否かを判定する。レーザチャンバ交換作業の完了を示す信号を受信していない場合（S2：NO）、ガス制御部 32 は、レーザチャンバ交換作業の完了を示す信号を受信するまで待機する。レーザチャンバ交換作業の完了を示す信号を受信した場合（S2：YES）、ガス制御部 32 は、S3 に処理を進める。

【0082】

S3 において、ガス制御部 32 は、圧力計 P によって測定されるレーザチャンバ 10 の内部のガス圧 P_2 及び測定時刻 T_2 をレーザ制御部 30 から受信する。この場合のレーザチャンバ 10 は、新たに取り付けられた交換用レーザチャンバ 10d である。ガス制御部 32 は、記憶装置に記憶されたガス圧 P_1 及び測定時刻 T_1 を読み出して、以下の値 ΔP 又は dP/dT を算出する。

$$\Delta P = |P_1 - P_2|$$

$$dP/dT = |P_1 - P_2| / (T_2 - T_1)$$

【0083】

ガス制御部 32 は、 ΔP が所定の閾値以下である場合、あるいは dP/dT が所定の閾値以下である場合、レーザチャンバ 10 の外部にネオン含有ガスが漏洩していないと判定する。ガス制御部 32 は、 ΔP が所定の閾値より大きい場合、あるいは dP/dT が所定

10

20

30

40

50

の閾値より大きい場合、レーザチャンバ10の外部にネオン含有ガスが漏洩していると判定する。

【0084】

S36～S38の処理は、図5を参照しながら説明した対応する処理と同様である。閉鎖空間の外部にヘリウムガスが漏洩している場合（S36：YES）、あるいはS38の後、ガス制御部32は、本フローチャートの処理を終了する。

その他の点については、第3の実施形態は、第1又は第2の実施形態と同様である。

【0085】

4.3 作用

第3の実施形態によれば、交換用レーザチャンバ10dのリークチェックを行い（図11のS3）、その後、フッ素含有ガス等を導入する（図11のS38）。これにより、ネオンガスが漏洩していないことを事前に判定するので、フッ素含有ガス等を導入したときに交換用レーザチャンバ10dからフッ素ガスが漏洩することを抑制し得る。また、ヘリウムガスを用いてリークチェックを行った場合と比べて、ネオン含有ガスを用いてリークチェックを行った場合にはS37の排気とS38のガス導入との繰返し回数を低減し得る。

【0086】

5. その他

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、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る。また、本開示の実施形態を組み合わせ使用することも当業者には明らかである。

【0087】

本明細書及び特許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る。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。

10

20

30

40

50

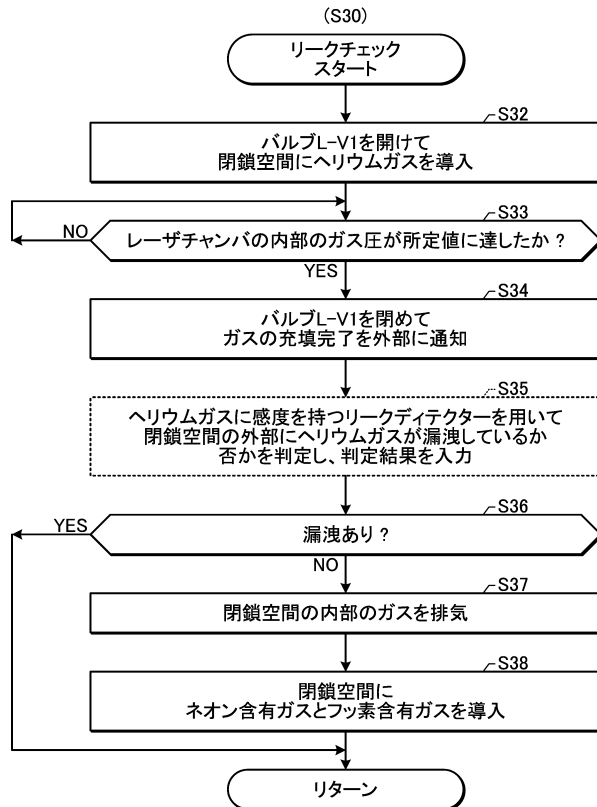
【図 1】



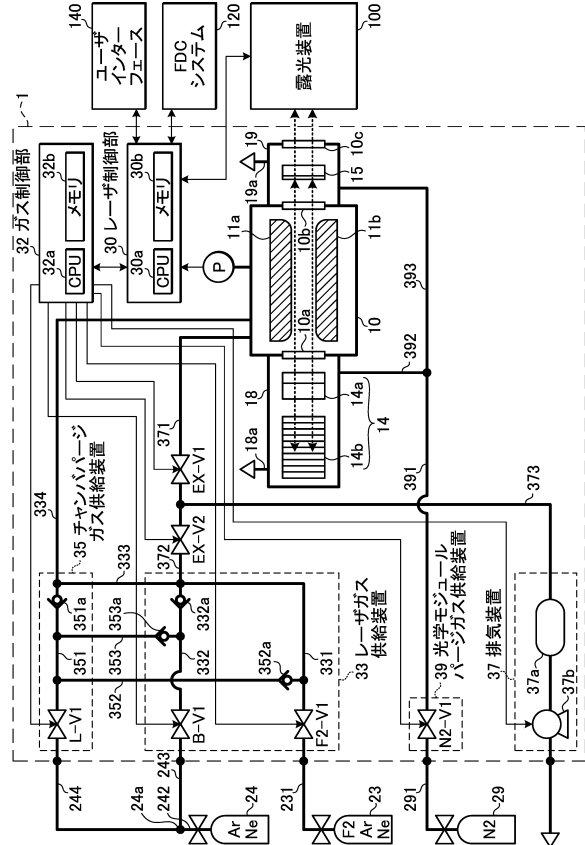
【図 4】



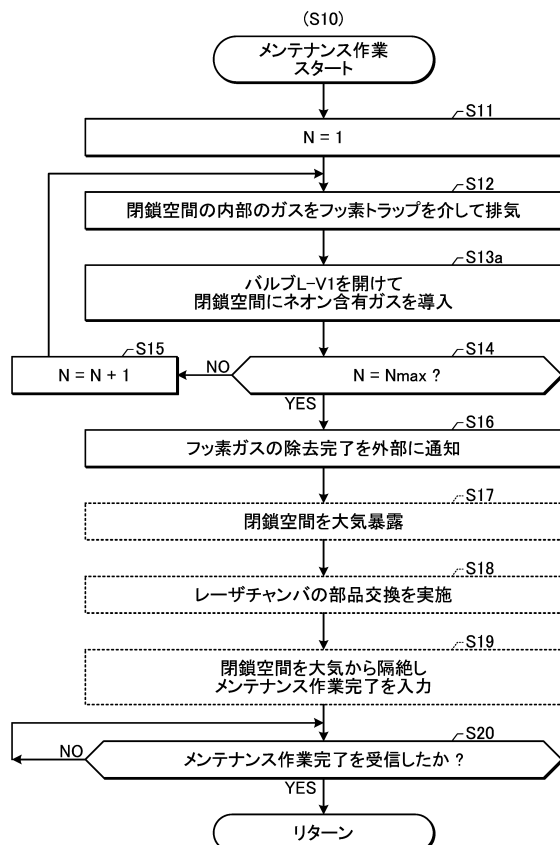
【図 5】



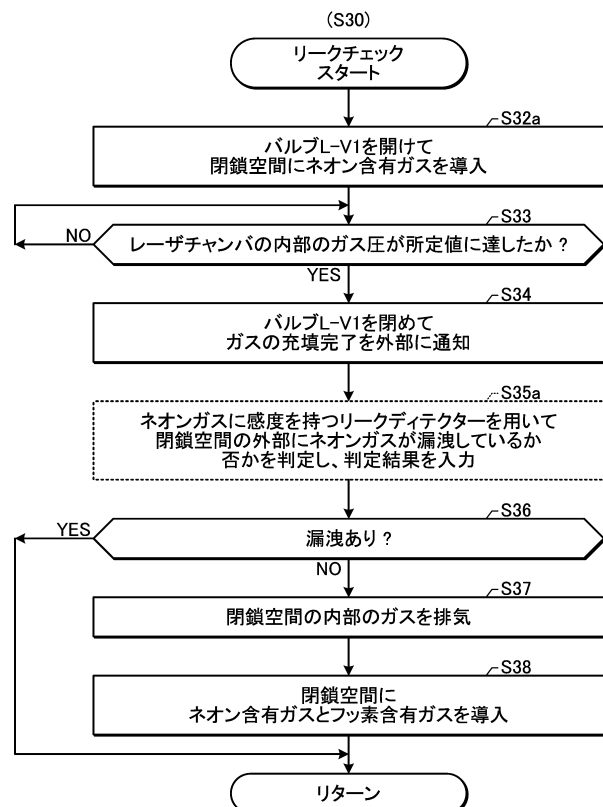
【図 6】



【図 7】



【図 8】



10

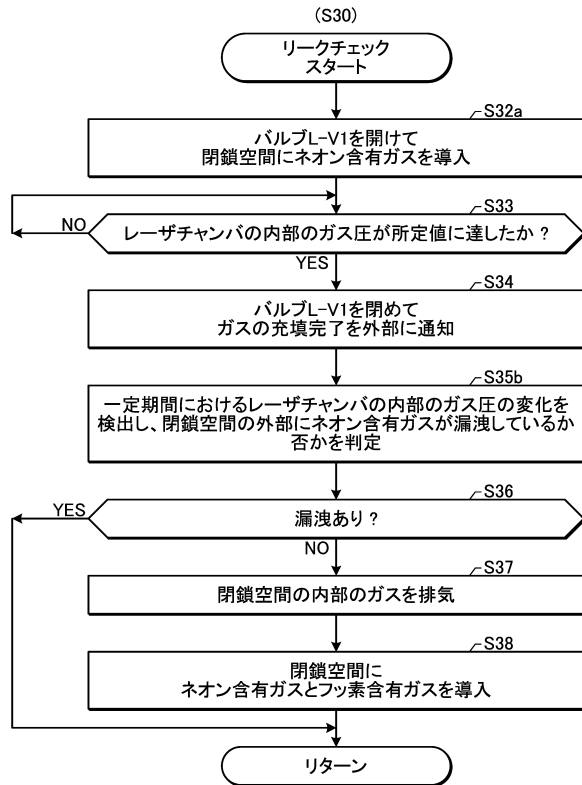
20

30

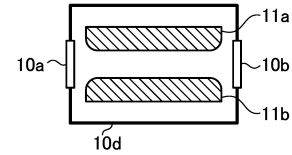
40

50

【図 9】



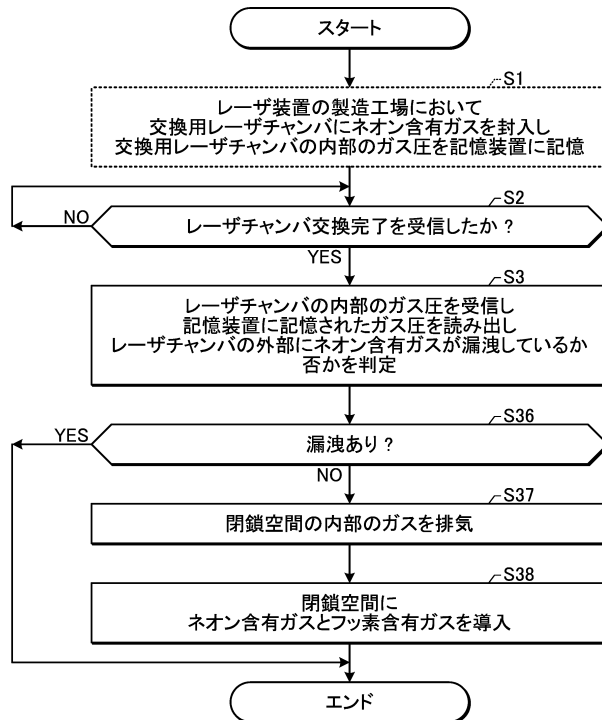
【図 10】



10

20

【図 11】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2017/081819 (WO, A1)
 特開2006-013232 (JP, A)
 実開平02-142558 (JP, U)
 特開平09-116214 (JP, A)
 国際公開第2018/047280 (WO, A1)
 米国特許出願公開第2007/0030876 (US, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
 H01S 3/03 - 3/038
 H01S 3/097 - 3/0979
 H01S 3/104
 H01S 3/134
 H01S 3/22 - 3/227