

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-168221

(P2013-168221A)

(43) 公開日 平成25年8月29日 (2013. 8. 29)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
<b>H05G</b>	<b>2/00</b>	<b>(2006.01)</b>	H05G	1/00		K	4C092	
<b>H01L</b>	<b>21/027</b>	<b>(2006.01)</b>	H01L	21/30	531S		5F146	
<b>G21K</b>	<b>5/08</b>	<b>(2006.01)</b>	G21K	5/08		X		

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2012-29276 (P2012-29276)  
 (22) 出願日 平成24年2月14日 (2012. 2. 14)

(71) 出願人 300073919  
 ギガフォトン株式会社  
 栃木県小山市大字横倉新田400番地  
 (74) 代理人 100110777  
 弁理士 宇都宮 正明  
 (74) 代理人 100105212  
 弁理士 保坂 延寿  
 (74) 代理人 100100413  
 弁理士 渡部 温  
 (74) 代理人 100110858  
 弁理士 柳瀬 睦肇  
 (72) 発明者 藪 隆之  
 神奈川県平塚市四之宮3-25-1 株式会社小松製作所研究本部内

最終頁に続く

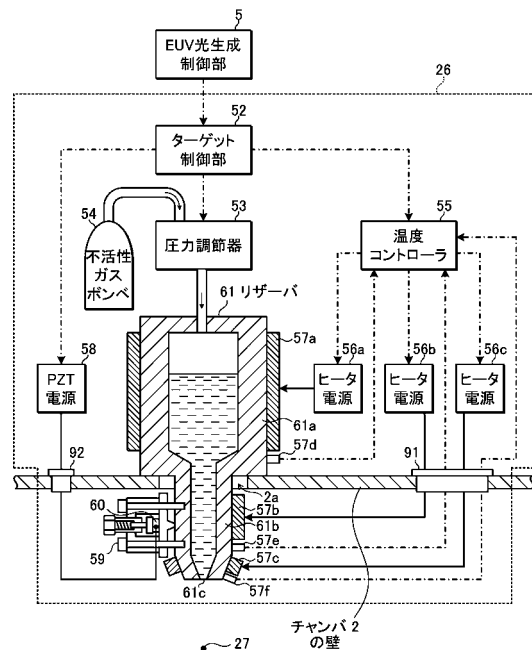
(54) 【発明の名称】 ターゲット供給装置

(57) 【要約】

【課題】ターゲットの軌道又は速度のばらつきを抑制する。

【解決手段】このターゲット供給装置は、ターゲットを放出するための貫通孔が形成されたノズル部を含むターゲット供給装置本体と、第1の端部と第2の端部とを有し、外部からの電気信号に応じて第1の端部と第2の端部との間の長さが伸縮する圧電部材であって、圧電部材の第1の端部がターゲット供給装置本体に接続されている圧電部材と、第1の端部と第2の端部とを有し、外力に応じて第1の端部と第2の端部との間の長さが伸縮する弾性部材であって、弾性部材の第1の端部が圧電部材の第2の端部に接続されている弾性部材と、弾性部材の第2の端部とターゲット供給装置本体との間の距離を規制する規制部材と、を備えてもよい。

【選択図】 図3



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

ターゲットを放出するための貫通孔が形成されたノズル部を含むターゲット供給装置本体と、

第 1 の端部と第 2 の端部とを有し、外部からの電気信号に応じて第 1 の端部と第 2 の端部との間の長さが伸縮する圧電部材であって、前記圧電部材の第 1 の端部が前記ターゲット供給装置本体に接続されている前記圧電部材と、

第 1 の端部と第 2 の端部とを有し、外力に応じて第 1 の端部と第 2 の端部との間の長さが伸縮する弾性部材であって、前記弾性部材の第 1 の端部が前記圧電部材の第 2 の端部に接続されている前記弾性部材と、

前記弾性部材の第 2 の端部と前記ターゲット供給装置本体との間の距離を規制する規制部材と、

を備えるターゲット供給装置。

**【請求項 2】**

前記圧電部材の伸縮方向に沿った前記弾性部材の寸法を調整することにより前記弾性部材の圧縮応力を調整する調整機構をさらに含む、請求項 1 記載のターゲット供給装置。

**【請求項 3】**

前記ターゲット供給装置本体と前記圧電部材の第 1 の端部との間に接続された中継部材をさらに備え、

前記ターゲット供給装置本体と前記中継部材との接触面の面積が、前記接触面に平行な前記圧電部材の断面の面積より小さい、請求項 1 記載のターゲット供給装置。

**【請求項 4】**

前記ターゲット供給装置本体と前記圧電部材の第 1 の端部との間に接続された中継部材と、

前記中継部材を冷却する冷却装置と、

をさらに備える、請求項 1 記載のターゲット供給装置。

**【請求項 5】**

ターゲットを放出するための貫通孔が形成されたノズル部を含むターゲット供給装置本体と、

第 1 の端部と第 2 の端部とを有し、外力に応じて第 1 の端部と第 2 の端部との間の長さが伸縮する弾性部材であって、前記弾性部材の第 1 の端部が前記ターゲット供給装置本体に接続されている前記弾性部材と、

第 1 の端部と第 2 の端部とを有し、外部からの電気信号に応じて第 1 の端部と第 2 の端部との間の長さが伸縮する圧電部材であって、前記圧電部材の第 1 の端部が前記弾性部材の第 2 の端部に接続されている前記圧電部材と、

前記圧電部材の第 2 の端部と前記ターゲット供給装置本体との間の距離を規制する規制部材と、

を備えるターゲット供給装置。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本開示は、ターゲット供給装置に関する。

**【背景技術】****【0002】**

近年、半導体プロセスの微細化に伴って、半導体プロセスの光リソグラフィにおける転写パターンの微細化が急速に進展している。次世代においては、70 nm ~ 45 nm の微細加工、さらには 32 nm 以下の微細加工が要求されるようになる。このため、例えば 32 nm 以下の微細加工の要求に応えるべく、波長 13 nm 程度の極端紫外 (EUV) 光を生成するための装置と縮小投影反射光学系とを組み合わせた露光装置の開発が期待されている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 3 】

EUV光生成装置としては、ターゲットにレーザー光を照射することによって生成されるプラズマが用いられるLPP(Laser Produced Plasma)式の装置と、放電によって生成されるプラズマが用いられるDPP(Discharge Produced Plasma)式の装置と、軌道放射光が用いられるSR(Synchrotron Radiation)式の装置との3種類の装置が提案されている。

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 4 】

【 特許文献 1 】 米国特許第 7 3 7 8 6 7 3 号 明 細 書 10

【 特許文献 2 】 米国特許第 7 8 3 8 8 5 4 号 明 細 書

【 特許文献 3 】 特開 2 0 1 0 - 1 8 2 5 5 5 号 公 報

【 特許文献 4 】 米国特許第 7 6 0 8 8 4 6 号 明 細 書

## 【 概要 】

## 【 0 0 0 5 】

本開示の1つの観点に係るターゲット供給装置は、ターゲットを放出するための貫通孔が形成されたノズル部を含むターゲット供給装置本体と、第1の端部と第2の端部とを有し、外部からの電気信号に応じて第1の端部と第2の端部との間の長さが伸縮する圧電部材であって、圧電部材の第1の端部がターゲット供給装置本体に接続されている圧電部材と、第1の端部と第2の端部とを有し、外力に応じて第1の端部と第2の端部との間の長さが伸縮する弾性部材であって、弾性部材の第1の端部が圧電部材の第2の端部に接続されている弾性部材と、弾性部材の第2の端部とターゲット供給装置本体との間の距離を規制する規制部材と、を備えてもよい。 20

## 【 0 0 0 6 】

本開示の他の1つの観点に係るターゲット供給装置は、ターゲットを放出するための貫通孔が形成されたノズル部を含むターゲット供給装置本体と、第1の端部と第2の端部とを有し、外力に応じて第1の端部と第2の端部との間の長さが伸縮する弾性部材であって、弾性部材の第1の端部がターゲット供給装置本体に接続されている弾性部材と、第1の端部と第2の端部とを有し、外部からの電気信号に応じて第1の端部と第2の端部との間の長さが伸縮する圧電部材であって、圧電部材の第1の端部が弾性部材の第2の端部に接続されている圧電部材と、圧電部材の第2の端部とターゲット供給装置本体との間の距離を規制する規制部材と、を備えてもよい。 30

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 0 7 】

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、例示的な L P P 式 の E U V 光 生 成 シ ス テ ム の 構 成 を 概 略 的 に 示 す。

【 図 2 】 図 2 は、第 1 の 実 施 形 態 に 係 る ター ゲ ッ ト 供 給 装 置 を 含 む E U V 光 生 成 装 置 の 構 成 を 示 す 一 部 断 面 図 である。

【 図 3 】 図 3 は、図 2 に 示 す ター ゲ ッ ト 供 給 装 置 及 び そ の 周 辺 部 を 示 す 一 部 断 面 図 である。 40

【 図 4 A 】 第 1 の 実 施 形 態 に 係 る ター ゲ ッ ト 供 給 装 置 に お い て 用 い ら れ る 加 震 装 置 の 例 を 示 す 正 面 図 である。

【 図 4 B 】 図 4 B は、図 4 A に 示 す 加 震 装 置 の I V B - I V B 線 に お け る 断 面 図 である。

【 図 5 】 図 5 は、第 2 の 実 施 形 態 に 係 る ター ゲ ッ ト 供 給 装 置 に お い て 用 い ら れ る 加 震 装 置 の 例 を 示 す 断 面 図 である。

【 図 6 】 図 6 は、第 3 の 実 施 形 態 に 係 る ター ゲ ッ ト 供 給 装 置 に お い て 用 い ら れ る 加 震 装 置 の 例 を 示 す 断 面 図 である。

【 図 7 A 】 図 7 A は、第 4 の 実 施 形 態 に 係 る ター ゲ ッ ト 供 給 装 置 に お い て 用 い ら れ る 加 震 装 置 の 例 を 示 す 正 面 図 である。 50

【図 7 B】図 7 B は、図 7 A に示す加震装置の V I I B - V I I B 線における断面図である。

【図 7 C】図 7 C は、図 7 A に示す加震装置の V I I C - V I I C 線における断面図である。

【図 8 A】図 8 A は、第 5 の実施形態に係るターゲット供給装置の例を示す底面図である。

【図 8 B】図 8 B は、図 8 A に示すターゲット供給装置の V I I I B - V I I I B 線における断面図である。

【図 9 A】図 9 A は、第 6 の実施形態に係るターゲット供給装置の例を示す底面図である。

【図 9 B】図 9 B は、図 9 A に示すターゲット供給装置の I X B - I X B 線における断面図である。

【図 10 A】図 10 A は、第 7 の実施形態に係るターゲット供給装置の例を示す底面図である。

【図 10 B】図 10 B は、図 10 A に示すターゲット供給装置の X B - X B 線における断面図である。

【実施形態】

【0008】

< 内容 >

1. 概要

2. 極端紫外光生成システムの全体説明

2.1 構成

2.2 動作

3. 加震装置を有するターゲット供給装置

3.1 構成

3.2 動作

4. 加震装置の実施形態

4.1 第 1 の実施形態

4.2 第 2 の実施形態

4.3 第 3 の実施形態

4.4 第 4 の実施形態

5. 加震装置の取り付け場所

5.1 第 5 の実施形態

5.2 第 6 の実施形態

5.3 第 7 の実施形態

【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. 概要

LPP 式の EUV 光生成装置においては、ターゲット供給装置がターゲットを出力し、このターゲットをプラズマ生成領域に到達させてもよい。ターゲットがプラズマ生成領域に到達した時点で、ターゲットにパルスレーザー光を照射することで、ターゲットがプラズマ化し、このプラズマから EUV 光が放射され得る。

【0011】

ターゲット供給装置がターゲットを出力するために、圧電部材によってターゲット供給装置のノズル部に振動を与えてもよい。ターゲット供給装置本体に十分な振動が付与され

10

20

30

40

50

るようにするため、圧電部材に予め圧力を付与してもよい。

【0012】

しかしながら、圧電部材に付与する圧力が変化することにより、ターゲット供給装置から供給されるターゲットの軌道又は速度が変化し得る。また、ターゲット供給装置ごとに予め圧電部材に付与する圧力にばらつきが生じることにより、ターゲット供給装置ごとに、ターゲット供給装置から供給されるターゲットの軌道又は速度にばらつきが生じ得る。

【0013】

本開示の1つの観点によれば、ターゲット供給装置本体に接続される圧電部材に弾性部材の第1の端部を接続するとともに、弾性部材の第2の端部とターゲット供給装置本体との間の距離を規制してもよい。これにより、圧電部材に予め付与する圧力の変動やばらつきを抑制してもよい。

10

【0014】

2. 極端紫外光生成システムの全体説明

2.1 構成

図1に、例示的なLPP式のEUV光生成システムの構成を概略的に示す。EUV光生成装置1は、少なくとも1つのレーザ装置3と共に用いられてもよい。本願においては、EUV光生成装置1及びレーザ装置3を含むシステムを、EUV光生成システム11と称する。図1に示し、かつ、以下に詳細に説明するように、EUV光生成装置1は、チャンバ2、ターゲット供給装置26を含んでもよい。チャンバ2は、密閉可能であってもよい。ターゲット供給装置26は、例えば、チャンバ2の壁を貫通するように取り付けられてもよい。ターゲット供給装置26から供給されるターゲットの材料は、スズ、テルビウム、ガドリニウム、リチウム、キセノン、又は、それらの内のいずれか2つ以上の組合せを含んでもよいが、これらに限定されない。

20

【0015】

チャンバ2の壁には、少なくとも1つの貫通孔が設けられていてもよい。その貫通孔には、ウインドウ21が設けられてもよく、ウインドウ21をレーザ装置3から出力されるパルスレーザ光32が透過してもよい。チャンバ2の内部には、例えば、回転楕円面形状の反射面を有するEUV集光ミラー23が配置されてもよい。EUV集光ミラー23は、第1及び第2の焦点を有し得る。EUV集光ミラー23の表面には、例えば、モリブデンとシリコンとが交互に積層された多層反射膜が形成されていてもよい。EUV集光ミラー23は、例えば、その第1の焦点がプラズマ生成領域25に位置し、その第2の焦点が中間集光点(IF)292に位置するように配置されるのが好ましい。EUV集光ミラー23の中央部には貫通孔24が設けられていてもよく、貫通孔24をパルスレーザ光33が通過してもよい。

30

【0016】

EUV光生成装置1は、EUV光生成制御部5、ターゲットセンサ4等を含んでもよい。ターゲットセンサ4は、撮像機能を有してもよく、ターゲット27(ターゲット物質のドロップレット)の存在、軌道、位置、速度等を検出するよう構成されてもよい。

【0017】

また、EUV光生成装置1は、チャンバ2の内部と露光装置6の内部とを連通させる接続部29を含んでもよい。接続部29内部には、アパーチャが形成された壁291が設けられてもよい。壁291は、そのアパーチャがEUV集光ミラー23の第2の焦点位置に位置するように配置されてもよい。

40

【0018】

さらに、EUV光生成装置1は、レーザ光進行方向制御部(ビームステアリング装置)34、レーザ光集光ミラー22、ターゲット27を回収するためのターゲット回収部28等を含んでもよい。レーザ光進行方向制御部34は、レーザ光の進行方向を規定するための光学素子と、この光学素子の位置、姿勢等を調整するためのアクチュエータとを備えてもよい。

【0019】

50

## 2.2 動作

図1を参照に、レーザ装置3から出力されたパルスレーザ光31は、レーザ光進行方向制御部34を経て、パルスレーザ光32としてウインドウ21を透過してチャンバ2内に入射してもよい。パルスレーザ光32は、少なくとも1つのレーザ光経路に沿ってチャンバ2内を進み、レーザ光集光ミラー22で反射されて、パルスレーザ光33として少なくとも1つのターゲット27に照射されてもよい。

### 【0020】

ターゲット供給装置26は、ターゲット27をチャンバ2内部のプラズマ生成領域25に向けて出力するよう構成されてもよい。ターゲット27には、パルスレーザ光33に含まれる少なくとも1つのパルスが照射されてもよい。パルスレーザ光が照射されたターゲット27はプラズマ化し、そのプラズマから放射光251が放射され得る。放射光251に含まれるEUV光252は、EUV集光ミラー23によって選択的に反射されてもよい。EUV集光ミラー23によって反射されたEUV光252は、中間集光点292で集光され、露光装置6に出力されてもよい。なお、1つのターゲット27に、パルスレーザ光33に含まれる複数のパルスが照射されてもよい。

10

### 【0021】

EUV光生成制御部5は、EUV光生成システム11全体の制御を統括するよう構成されてもよい。EUV光生成制御部5は、ターゲットセンサ4によって撮像されたターゲット27のイメージデータ等処理するよう構成されてもよい。また、EUV光生成制御部5は、例えば、ターゲット27が出力されるタイミング、ターゲット27の出力方向等を制御するよう構成されてもよい。さらに、EUV光生成制御部5は、例えば、レーザ装置3の発振タイミング、パルスレーザ光32の進行方向、パルスレーザ光33の集光位置等を制御するよう構成されてもよい。上述の様々な制御は単なる例示に過ぎず、必要に応じて他の制御が追加されてもよい。

20

### 【0022】

## 3. 加震装置を有するターゲット供給装置

### 3.1 構成

図2は、第1の実施形態に係るターゲット供給装置を含むEUV光生成装置の構成を示す一部断面図である。図3は、図2に示すターゲット供給装置及びその周辺部を示す一部断面図である。図2に示すように、チャンバ2の内部には、レーザ光集光光学系22aと、EUV集光ミラー23と、ターゲット回収部28と、EUV集光ミラーホルダ41と、プレート42及び43と、ビームダンプ44と、ビームダンプ支持部材45とが設けられてもよい。

30

### 【0023】

チャンバ2は、導電性を有する材料(例えば、金属材料)からなる部材(導電性部材)を含んでもよい。さらに、チャンバ2は、電気絶縁性を有する部材を含んでもよい。その場合には、例えば、チャンバ2の外壁自体は導電性部材で構成され、外壁の内側に電気絶縁性を有する部材が配置されるように構成されてもよい。

### 【0024】

チャンバ2には、プレート42が固定され、プレート42には、プレート43が固定されてもよい。EUV集光ミラー23は、EUV集光ミラーホルダ41を介してプレート42に固定されてもよい。

40

### 【0025】

レーザ光集光光学系22aは、軸外放物面ミラー221及び平面ミラー222と、それらのミラーをそれぞれ保持するためのホルダ223及び224とを含んでもよい。軸外放物面ミラー221及び平面ミラー222は、それぞれのミラーに入射し、そこで反射されたパルスレーザ光がプラズマ生成領域25で集光するような位置及び姿勢となるように、それぞれのホルダを介してプレート43に固定されてもよい。

### 【0026】

ビームダンプ44は、平面ミラー222により反射されたパルスレーザ光の光路の延長

50

線上に位置するように、ビームダンプ支持部材 4 5 を介してチャンバ 2 に固定されてもよい。ターゲット回収部 2 8 は、ターゲット 2 7 の軌道の延長線上に配置されてもよい。

【 0 0 2 7 】

チャンバ 2 には、ターゲット供給装置 2 6 が取り付けられてもよい。図 3 に示すように、ターゲット供給装置 2 6 は、リザーバ 6 1 と、ターゲット制御部 5 2 と、圧力調節器 5 3 と、不活性ガスポンペ 5 4 と、温度コントローラ 5 5 と、ヒータ電源 5 6 a ~ 5 6 c と、P Z T 電源 5 8 と、加震装置 5 9 とを含んでもよい。

【 0 0 2 8 】

リザーバ 6 1 (ターゲット供給装置本体) は、ターゲットの材料を溶融した状態で内部に貯蔵してもよい。リザーバ 6 1 には、ターゲットを放出するための貫通孔 6 1 c が形成されていてもよい。リザーバ 6 1 は、大径部 6 1 a と、小径部 6 1 b とを含んでもよい。ターゲットの材料を加熱して溶融させるため、及び、ターゲットの材料の温度を監視するために、大径部 6 1 a の周囲には、ヒータ 5 7 a 及び温度センサ 5 7 d が取り付けられていてもよい。小径部 6 1 b の周囲には、ヒータ 5 7 b 及び温度センサ 5 7 e と、ヒータ 5 7 c 及び温度センサ 5 7 f とが取り付けられていてもよい。ヒータ 5 7 b 及び温度センサ 5 7 e は、大径部 6 1 a に近い位置に、ヒータ 5 7 c 及び温度センサ 5 7 f は、ターゲットを放出するための貫通孔 6 1 c に近い位置にそれぞれ取り付けられていてもよい。

10

【 0 0 2 9 】

チャンバ 2 の壁には、貫通孔 2 a が形成されてもよい。この貫通孔 2 a の寸法は、リザーバ 6 1 の大径部 6 1 a の外径寸法より小さく、小径部 6 1 b の外径寸法より大きくてもよい。リザーバ 6 1 の小径部 6 1 b がチャンバ 2 の外側からチャンバ 2 の貫通孔 2 a に挿入された状態で、リザーバ 6 1 がチャンバ 2 の壁に固定されてもよい。すなわち、リザーバ 6 1 の大径部 6 1 a がチャンバ 2 の外側に、小径部 6 1 b がチャンバ 2 の内側にそれぞれ位置していてもよい。

20

【 0 0 3 0 】

ターゲット制御部 5 2 は、圧力調節器 5 3 と、温度コントローラ 5 5 と、P Z T 電源 5 8 とに、制御信号を出力するよう構成されてもよい。

不活性ガスポンペ 5 4 は、不活性ガスを供給するための配管によって圧力調節器 5 3 に接続されていてもよい。圧力調節器 5 3 は、さらに、不活性ガスを供給するための配管によってリザーバ 6 1 の内部と連通してもよい。

30

【 0 0 3 1 】

温度コントローラ 5 5 は、ヒータ電源 5 6 a ~ 5 6 c にそれぞれ信号線を介して接続されてもよい。ヒータ電源 5 6 a ~ 5 6 c は、ヒータ 5 7 a ~ 5 7 c にそれぞれ配線を介して接続されてもよい。温度センサ 5 7 d ~ 5 7 f は、温度コントローラ 5 5 にそれぞれ信号線を介して接続されてもよい。ヒータ電源 5 6 b 及び 5 6 c とヒータ 5 7 b 及び 5 7 c とをそれぞれ接続する配線、及び、温度センサ 5 7 e 及び 5 7 f と温度コントローラ 5 5 とをそれぞれ接続する配線は、導入端子 9 1 を介してチャンバ 2 の壁を貫通してもよい。

【 0 0 3 2 】

加震装置 5 9 は、リザーバ 6 1 に振動を付与する圧電部材 6 0 を含んでもよい。圧電部材 6 0 は、P Z T (チタン酸ジルコン酸鉛) 等の圧電体を含んでもよい。P Z T 電源 5 8 は、圧電部材 6 0 に配線を介して接続されてもよい。P Z T 電源 5 8 と圧電部材 6 0 とを接続する配線は、導入端子 9 2 を介してチャンバ 2 の壁を貫通してもよい。

40

【 0 0 3 3 】

図 2 を再び参照し、チャンバ 2 の外部には、ビームステアリングユニット 3 4 a と、E U V 光生成制御部 5 とが設けられてもよい。ビームステアリングユニット 3 4 a は、高反射ミラー 3 4 1 及び 3 4 2 と、それらのミラーをそれぞれ保持するためのホルダ 3 4 3 及び 3 4 4 とを含んでもよい。

【 0 0 3 4 】

3 . 2 動作

温度コントローラ 5 5 は、ターゲット制御部 5 2 から出力される制御信号に応じて、ヒ

50

ータ電源 56a ~ 56c がヒータ 57a ~ 57c にそれぞれ流す電流の電流値を制御してもよい。ヒータ 57a ~ 57c が電流によって加熱されることにより、リザーバ 61 内に貯蔵されたターゲットの材料が、その融点（例えば、スズの融点 232 ）以上の温度まで加熱されてもよい。特に、ターゲットを放出するための貫通孔 61c の付近においては、析出物の発生を抑制するため、他の部分に比べて高温としてもよい。例えば、温度センサ 57d、57e 及び 57f においてそれぞれ検出される温度  $T_d$ 、 $T_e$  及び  $T_f$  が、 $T_f > T_e > T_d > T_m$ （但し、 $T_m$  はターゲットの材料の融点）となるように制御されてもよい。

#### 【0035】

圧力調節器 53 は、ターゲット制御部 52 から出力される制御信号に応じて、不活性ガスポンプ 54 から供給される不活性ガスの圧力を調整してもよい。リザーバ 61 内部へ導入された不活性ガスは、リザーバ 61 内の溶融したターゲットの材料を加圧してもよい。不活性ガスがターゲットの材料を加圧することにより、リザーバ 61 の小径部 61b の先端に形成された貫通孔 61c からターゲットの噴流が出力されてもよい。

10

#### 【0036】

PZT 電源 58 は、ターゲット制御部 52 から出力される制御信号に応じて、圧電部材 60 に交流電圧を印加することにより、圧電部材 60 を周期的に伸縮させてもよい。これにより、圧電部材 60 は、リザーバ 61 に振動を与えてもよい。リザーバ 61 に与えられた振動は、少なくとも貫通孔 61c の周囲の部分に伝達されることにより、ターゲットの上記噴流を分離させ、上記噴流を複数のドロップレットの状態に変化させ得る。レイリー (Rayleigh) の微小擾乱の安定性理論によれば、速度  $v$  で流れる直径  $d$  のターゲット噴流を、周波数  $f$  で振動させることによって擾乱させるときに、周波数  $f$  が所定の条件を満たす場合に、ほぼ均一な大きさの液滴群が周波数  $f$  で繰り返して形成される。そのときの周波数  $f$  は、レイリー周波数と呼ばれる。

20

#### 【0037】

例えば、リザーバ 61 の貫通孔 61c の径が  $6 \mu\text{m}$  で、圧力調節器 53 によって調整される不活性ガスの圧力が  $1.2 \sim 5 \text{ MPa}$  である場合、加震装置 59 の圧電部材 60 は  $1 \sim 2.5 \text{ MHz}$  の振動をリザーバ 61 に与えてもよい。また、リザーバ 61 の貫通孔 61c の径が  $15 \mu\text{m}$  で、圧力調節器 53 によって調整される不活性ガスの圧力が  $1 \text{ MPa}$  である場合、加震装置 59 の圧電部材 60 は  $14 \text{ kHz} \sim 420 \text{ kHz}$  の振動をリザーバ 61 に与えてもよい。

30

#### 【0038】

ターゲットを出力する方法は、圧電部材 60 に駆動電圧を印加することにより、所定タイミングでリザーバ 61 の小径部 61b を縮小させることにより、ターゲットをドロップレットの状態でも出力する方法でもよい。

#### 【0039】

チャンバ 2 内に出力されたターゲット 27 は、チャンバ 2 内のプラズマ生成領域 25 に供給されてもよい。レーザ装置 3 から出力されるパルスレーザ光は、高反射ミラー 341 及び 342 によって反射されて、ウインドウ 21 を介してレーザ光集光光学系 22a に入射してもよい。レーザ光集光光学系 22a に入射したパルスレーザ光は、軸外放物面ミラー 221 及び平面ミラー 222 によって反射されてもよい。EUV 光生成制御部 5 は、ターゲット供給装置 26 から出力されたターゲット 27 がプラズマ生成領域 25 に到達するタイミングに合わせて、ターゲット 27 にパルスレーザ光が照射されるように制御を行ってもよい。

40

#### 【0040】

### 4. 加震装置の実施形態

#### 4.1 第 1 の実施形態

図 4A は、第 1 の実施形態に係るターゲット供給装置において用いられる加震装置の例を示す正面図である。図 4B は、図 4A に示す加震装置の I-V-B - I-V-B 線における断面図である。

50

## 【0041】

加震装置59は、圧電部材60と、固定部材62と、中継部材63と、プランジャねじ64と、保持部65とを含んでもよい。固定部材62は、先端部をリザーバ61にねじ込まれて固定された複数のボルト62a及び62bを含んでもよい。中継部材63は、複数のボルト62a及び62bがそれぞれ貫通する複数の貫通孔63a及び63bが形成された板状部63cと、板状部63cの1つの面から突き出た突起部63dとを含んでもよい。ボルト62a及び62bのそれぞれの表面と、各貫通孔63a及び63bを形成する板状部63cの内壁面との間にはそれぞれ隙間があってもよい。突起部63dは、リザーバ61に接触してもよい。

## 【0042】

圧電部材60は、板状部63cのもう1つの面側に配置されてもよい。圧電部材60は、押さえ部材66と中継部材63との間に挟まれて固定されていてもよい。すなわち、圧電部材60は、その第1の面(第1の端部)が中継部材63を介してリザーバ61に接続され、第2の面(第2の端部)が押さえ部材66に接続されていてもよい。圧電部材60は、PZT電源58(図3)からの電圧信号に応じて、第1の面と第2の面との間の長さが伸縮可能であってもよい。

## 【0043】

保持部65は、複数の脚部65a及び65bと、複数の脚部65a及び65bと一体に形成された保持板65gとを含んでもよい。複数の脚部65a及び65bには、それぞれ複数のボルト62a及び62bが貫通する複数の貫通孔65c及び65dが形成されていてもよい。ボルト62a及び62bのそれぞれの表面と、各貫通孔65c及び65dを形成する複数の脚部65a及び65bの内壁面との間には、それぞれ隙間があってもよい。保持部65及び中継部材63は、ボルト62a及び62bのボルト頭62c及び62dと、リザーバ61との間に挟まれて固定されてもよい。保持板65gには、雌ねじが形成された貫通孔が形成され、この貫通孔にプランジャねじ64がねじ込まれてもよい。

## 【0044】

プランジャねじ64は、外装部(規制部材)64aと、ばね64bと、ピン64cとを含んでもよい。外装部64aの周囲には、保持板65gにねじ込まれるための雄ねじが形成されていてもよい。外装部64aの一端側にはボルト頭64eが形成されていてもよい。外装部64aの内部には円筒状の空洞が形成されていてもよく、この空洞は外装部64aの他端側において開口していてもよい。

## 【0045】

ばね64bは、外装部64aの空洞内に収容されてもよい。ばね64bは、外装部64aの開口側に位置する第1の端部と、ボルト頭64e側に位置する第2の端部とを有してもよい。ばね64bの第1の端部は、ピン64c及び押さえ部材66を介して圧電部材60の第2の端部に接続されていてもよい。

## 【0046】

ピン64cは、その一部分が外装部64aの開口から空洞内に挿入され、残りの部分が外装部64aの開口から露出し、押さえ部材66に接触していてもよい。ピン64cは、外装部64aの開口に出入りする方向に移動可能であってもよい。ピン64cが移動するのに応じて、ばね64bの第1の端部と第2の端部との間の長さが伸縮可能であってもよい。ばね64bの伸縮方向と、ピン64cの移動方向と、圧電部材60の伸縮方向とは略一致していてもよい。

## 【0047】

外装部64aの保持部65へのねじ込み量を調整することにより、ばね64bの第2の端部とリザーバ61との間の距離が規制される。これにより、ばね64bの寸法が調整され、ばね64bの圧縮応力が調整されるため、ばね64bがピン64c及び押さえ部材66を介して圧電部材60に加える圧力(予圧)が調整され得る。こうして、圧電部材60に加える圧力の変動やばらつきを抑制し、ターゲット供給装置から供給されるターゲットの軌道又は速度のばらつきを低減し得る。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 8 】

ばね 6 4 b の共振周波数は、P Z T 電源 5 8 ( 図 3 ) からの交流電圧によって与えられる圧電部材 6 0 の振動周波数と異なる周波数であることが望ましい。ばね 6 4 b の共振周波数は、圧電部材 6 0 の振動周波数より大幅に低い値としてもよい。これにより、圧電部材 6 0 の振動をリザーバ 6 1 に伝達することができる。

## 【 0 0 4 9 】

上述のように、リザーバ 6 1 はヒータ 5 7 a ~ 5 7 c ( 図 3 ) によってターゲットの材料の融点以上の温度に加熱されてもよい。例えば、リザーバ 6 1 は 2 3 2 ~ 3 7 0 に加熱されてもよい。しかし、圧電部材 6 0 を構成する物質のキュリー点が、例えば P Z T の場合に一般的には 1 5 0 ~ 3 5 0 の範囲にあるため、圧電部材 6 0 の加熱を抑制することが望ましい。

10

## 【 0 0 5 0 】

そこで、中継部材 6 3 の内部には、冷却水路 6 3 e が形成されてもよい。冷却水路 6 3 e は、冷却装置 9 3 及びポンプ 9 4 に接続されてもよい。冷却装置 9 3 によって冷却された水などの流体をポンプ 9 4 によって循環させることにより、中継部材 6 3 及び圧電部材 6 0 の温度を流体の沸点 ( 例えば、水の沸点 1 0 0 ) 以下の温度に調整してもよい。

## 【 0 0 5 1 】

また、リザーバ 6 1 からの熱伝導により中継部材 6 3 及び圧電部材 6 0 が高熱になることを抑制するため、中継部材 6 3 とリザーバ 6 1 との接触面積が小さいことが望ましい。このため、中継部材 6 3 の突起部 6 3 d は、リザーバ 6 1 と接触する先端部の面積が小さいことが望ましい。特に、中継部材 6 3 とリザーバ 6 1 との接触面積が、中継部材 6 3 とリザーバ 6 1 との接触面と平行な圧電部材 6 0 の断面積よりも小さいことが望ましい。

20

## 【 0 0 5 2 】

## 4 . 2 第 2 の実施形態

図 5 は、第 2 の実施形態に係るターゲット供給装置において用いられる加震装置の例を示す断面図である。

## 【 0 0 5 3 】

第 2 の実施形態において、加震装置 5 9 は、プランジャねじ 6 4 ( 図 4 B ) の代わりに、調整ボルト ( 規制部材 ) 6 4 f と、ばね 6 4 g とを含んでもよい。調整ボルト 6 4 f の一端側には、ボルト頭 6 4 e が形成されていてもよい。調整ボルト 6 4 f の他端側は、保持板 6 5 g にねじ込まれ、保持板 6 5 g を貫通して押さえ部材 6 6 に接触してもよい。調整ボルト 6 4 f の上記他端には突起 6 4 d が形成され、この突起 6 4 d が、押さえ部材 6 6 に形成された窪みに嵌められてもよい。

30

## 【 0 0 5 4 】

ばね 6 4 g は、圧電部材 6 0 と中継部材 6 3 との間に配置されてもよい。圧電部材 6 0 とばね 6 4 g との間には、さらに受け部材 6 6 a が配置されてもよい。受け部材 6 6 a 及び中継部材 6 3 は、それぞれ一端に開口を有する中空円筒部材 6 7 a 及び 6 7 b をそれぞれ備えてもよい。中空円筒部材 6 7 a の内径は中空円筒部材 6 7 b の外径よりも若干大きく、中空円筒部材 6 7 a の内側に中空円筒部材 6 7 b が挿入されていてもよい。調整ボルト 6 4 f の保持部 6 5 へのねじ込み量を調整することにより、中空円筒部材 6 7 a の内側において中空円筒部材 6 7 b がその調整された量とほぼ同じ距離を移動し、ばね 6 4 g も伸縮し得る。ばね 6 4 g の伸縮方向と、圧電部材 6 0 の伸縮方向とは略一致していてもよい。

40

## 【 0 0 5 5 】

第 2 の実施形態においても、調整ボルト 6 4 f の保持部 6 5 へのねじ込み量を調整することにより、圧電部材 6 0 の押さえ部材 6 6 側の端部とリザーバ 6 1 との間の距離が規制されるとともに、ばね 6 4 g の寸法が調整される。これにより、ばね 6 4 g が圧電部材 6 0 に加える圧力 ( 予圧 ) が調整され得る。

他の点については、第 1 の実施形態と同様でよい。

## 【 0 0 5 6 】

50

#### 4.3 第3の実施形態

図6は、第3の実施形態に係るターゲット供給装置において用いられる加震装置の例を示す断面図である。

第3の実施形態において、加震装置59は、プランジャねじ64及び保持部65(図4B)の代わりに、保持板65hと、調整ボルト64fと、複数のばね64j及び64kとを含んでもよい。

##### 【0057】

保持板65hには、複数のボルト(規制部材)62a及び62bがそれぞれ若干の隙間を持って貫通する複数の貫通孔65c及び65dが形成され、保持板65hが複数のボルト62a及び62bに沿って移動可能であってもよい。複数のばね64j及び64kは、それぞれボルト62a及び62bのボルト頭62c及び62dと、保持板65hとの間に配置されていてもよい。複数のばね64j及び64kのボルト頭62c及び62d側の端部の位置は、これらのボルト頭によってそれぞれ規制されてもよい。調整ボルト64fの一端側には、ボルト頭64eが形成されていてもよい。調整ボルト64fの他端側は、保持板65hにねじ込まれ、保持板65hを貫通して押さえ部材66に接触してもよい。ばね64j及び64kの伸縮方向と、圧電部材60の伸縮方向とは略一致していてもよい。

10

##### 【0058】

第3の実施形態においても、調整ボルト64fの保持板65hへのねじ込み量を調整することにより、ばね64j及び64kの寸法が調整される。これにより、ばね64j及び64kが保持板65h、調整ボルト64f及び押さえ部材66を介して圧電部材60に加える圧力(予圧)が調整され得る。

20

他の点については、第1の実施形態と同様でよい。

##### 【0059】

#### 4.4 第4の実施形態

図7Aは、第4の実施形態に係るターゲット供給装置において用いられる加震装置の例を示す正面図である。図7Bは、図7Aに示す加震装置のV I I B - V I I B線における断面図である。図7Cは、図7Aに示す加震装置のV I I C - V I I C線における断面図である。

##### 【0060】

第4の実施形態において、加震装置59は、プランジャねじ64(図4B)の代わりに、調整ボルト(規制部材)64fと、皿ばね64m及び64nとを含んでもよい。皿ばね64m及び64nは、互いに逆向きに重ね合わされて(皿ばねの狭い開口側同士を接触させられて)、皿ばね保持部64pと皿ばね受け64qとの間に挟まれて支持されてもよい。調整ボルト64fの一端側には、ボルト頭64eが形成されていてもよい。調整ボルト64fの他端側は、保持板65gにねじ込まれ、保持板65gを貫通して皿ばね保持部64pに接触してもよい。

30

##### 【0061】

圧電部材60は、皿ばね受け64qと中継部材63との間に配置されてもよい。皿ばね64m及び64nの伸縮方向と、圧電部材60の伸縮方向とは略一致していてもよい。皿ばね64m及び64nを用いることにより、皿ばね64m及び64nの伸縮方向における加震装置59の寸法を調整することができる。

40

##### 【0062】

第4の実施形態においても、調整ボルト64fの保持部65へのねじ込み量を調整することにより、皿ばね64m及び64nが伸縮するため、圧電部材60に加えられる圧力(予圧)を調整することができる。ボルト頭64eと保持板65gとの間に配置したワッシャ64h及びシム64iにより、調整ボルト64fの保持部65へのねじ込み量を規定してもよい。

##### 【0063】

中継部材63の突起部63dは、リザーバ61に設けられた窪みに嵌まるように構成されてもよい。これにより、中継部材63の配置を安定させることができる。

50

他の点については、第 1 の実施形態と同様でよい。

【 0 0 6 4 】

5 . 加震装置の取り付け場所

5 . 1 第 5 の実施形態

図 8 A は、第 5 の実施形態に係るターゲット供給装置の例を示す底面図である。図 8 B は、図 8 A に示すターゲット供給装置の V I I I B - V I I I B 線における断面図である。

【 0 0 6 5 】

第 5 の実施形態において、ターゲット供給装置本体は、リザーバ 6 1 d の下端に、微細な貫通孔 6 1 c が形成されたノズル部材 6 1 e を取り付け、このノズル部材 6 1 e を、ノズル固定部材 6 1 f によってリザーバ 6 1 d に固定した構造を有しても良い。リザーバ 6 1 d の外周面には、ヒータ 5 7 a が配置され、ノズル固定部材 6 1 f の外周面には、ヒータ 5 7 g が配置され、ノズル固定部材 6 1 f の底面には、ヒータ 5 7 h が配置されてもよい。

10

【 0 0 6 6 】

リザーバ 6 1 d の上端に接続された配管 5 3 a を介して不活性ガスがリザーバ 6 1 d 内に供給され、ノズル部材 6 1 e に形成された貫通孔 6 1 c から、ターゲットの噴流が出力されてもよい。

【 0 0 6 7 】

加震装置 5 9 は、リザーバ 6 1 d の上端付近に固定されていてもよい。図示するように、複数の加震装置 5 9 が、貫通孔 6 1 c からのターゲットの出力方向を軸とした軸対称の位置に配置されてもよい。また、加震装置 5 9 は、1 つのみでもよい。

20

【 0 0 6 8 】

加震装置 5 9 によってリザーバ 6 1 d の上端付近に与えられた振動は、剛体であるリザーバ 6 1 d を介してノズル部材 6 1 e に伝達され得る。これにより、ターゲットの上記噴流を分離させ、複数のドロップレットの状態としてもよい。

他の点については、第 1 の実施形態と同様でよい。

【 0 0 6 9 】

5 . 2 第 6 の実施形態

図 9 A は、第 6 の実施形態に係るターゲット供給装置の例を示す底面図である。図 9 B は、図 9 A に示すターゲット供給装置の I X B - I X B 線における断面図である。

30

【 0 0 7 0 】

第 6 の実施形態に係るターゲット供給装置において、加震装置 5 9 は、ノズル固定部材 6 1 f の外周面に、ヒータ 5 7 g の隣に固定されていてもよい。加震装置 5 9 によってノズル固定部材 6 1 f に与えられた振動は、剛体であるノズル固定部材 6 1 f を介してノズル部材 6 1 e に伝達され得る。これにより、ターゲットの上記噴流を分離させ、複数のドロップレットの状態としてもよい。

【 0 0 7 1 】

第 6 の実施形態によれば、加震装置 5 9 からノズル部材 6 1 e までの振動の伝達経路が短いため、ノズル部材 6 1 e に振動を伝達させ易いという利点がある。

40

他の点については、第 5 の実施形態と同様でよい。

【 0 0 7 2 】

5 . 3 第 7 の実施形態

図 1 0 A は、第 7 の実施形態に係るターゲット供給装置の例を示す底面図である。図 1 0 B は、図 1 0 A に示すターゲット供給装置の X B - X B 線における断面図である。

【 0 0 7 3 】

第 7 の実施形態に係るターゲット供給装置において、加震装置 5 9 は、ノズル固定部材 6 1 f の底面に、ヒータ 5 7 h の隣に固定されていてもよい。加震装置 5 9 によってノズル固定部材 6 1 f に与えられた振動は、剛体であるノズル固定部材 6 1 f を介してノズル部材 6 1 e に伝達され得る。これにより、ターゲットの上記噴流を分離させ、複数のドロ

50

タブレットの状態としてもよい。

他の点については、第6の実施形態と同様でよい。

【0074】

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。

【0075】

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。

【符号の説明】

【0076】

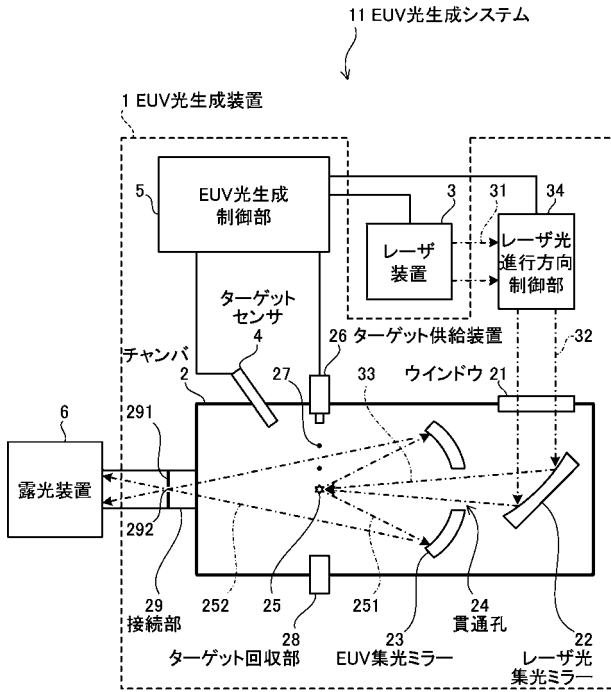
1 ... E U V 光生成装置、2 ... チャンバ、2 a ... 貫通孔、3 ... レーザ装置、4 ... ターゲットセンサ、5 ... E U V 光生成制御部、6 ... 露光装置、11 ... E U V 光生成システム、21 ... ウィンドウ、22 ... レーザ光集光ミラー、22 a ... レーザ光集光光学系、23 ... E U V 集光ミラー、24 ... 貫通孔、25 ... プラズマ生成領域、26 ... ターゲット供給装置、27 ... ターゲット、28 ... ターゲット回収部、29 ... 接続部、31、32、33 ... パルスレーザ光、34 ... レーザ光進行方向制御部、34 a ... ビームステアリングユニット、41 ... E U V 集光ミラーホルダ、42、43 ... プレート、44 ... ビームダンプ、45 ... ビームダンプ支持部材、52 ... ターゲット制御部、53 ... 圧力調節器、53 a ... 配管、54 ... 不活性ガスポンプ、55 ... 温度コントローラ、56 a、56 b、56 c ... ヒータ電源、57 a、57 b、57 c ... ヒータ、57 d、57 e、57 f ... 温度センサ、57 g、57 h ... ヒータ、58 ... P Z T 電源、59 ... 加震装置、60 ... 圧電部材、61 ... リザーバ、61 a ... 大径部、61 b ... 小径部、61 c ... 貫通孔、61 d ... リザーバ、61 e ... ノズル部材、61 f ... ノズル固定部材、62 ... 固定部材、62 a、62 b ... ボルト、62 c、62 d ... ボルト頭、63 ... 中継部材、63 a、63 b ... 貫通孔、63 c ... 板状部、63 d ... 突起部、63 e ... 冷却水路、64 a ... 外装部、64 b ... ばね、64 c ... ピン、64 d ... 突起、64 e ... ボルト頭、64 f ... 調整ボルト、64 g ... ばね、64 h ... ワッシャ、64 i ... シム、64 j、64 k ... ばね、64 p ... 皿ばね保持部、64 q ... 皿ばね受け、65 ... 保持部、65 a、65 b ... 脚部、65 c、65 d ... 貫通孔、65 g、65 h ... 保持板、66 ... 押さえ部材、66 a ... 受け部材、67 a、67 b ... 中空円筒部材、91 ... 導入端子、92 ... 導入端子、93 ... 冷却装置、94 ... ポンプ、221 ... 軸外放物面ミラー、222 ... 平面ミラー、223、224 ... ホルダ、251 ... 放射光、252 ... E U V 光、291 ... 壁、292 ... 中間集光点、341、342 ... 高反射ミラー、343、344 ... ホルダ

10

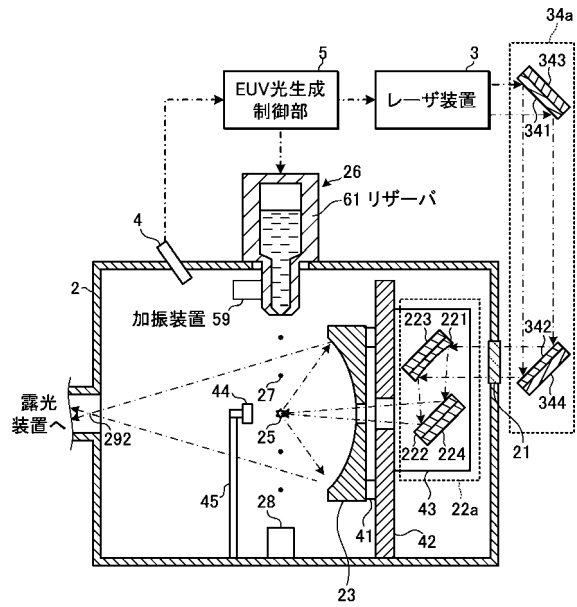
20

30

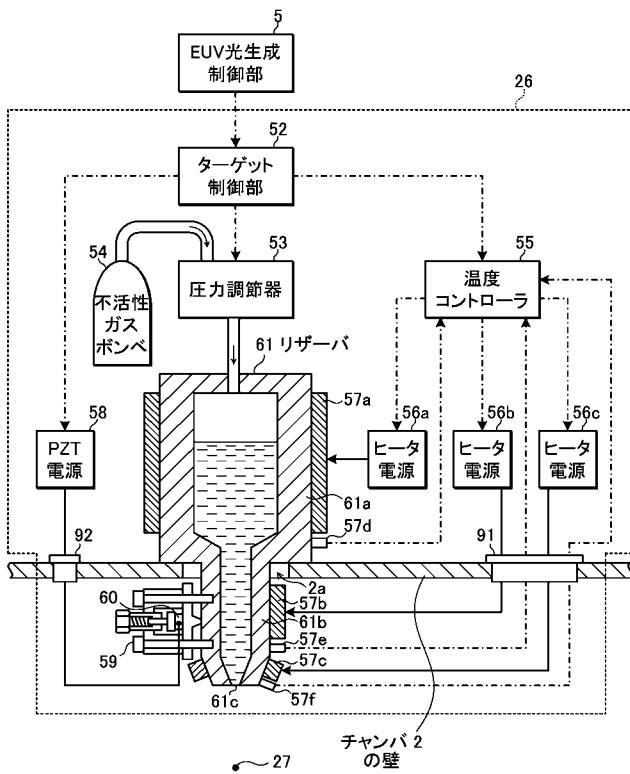
【 図 1 】



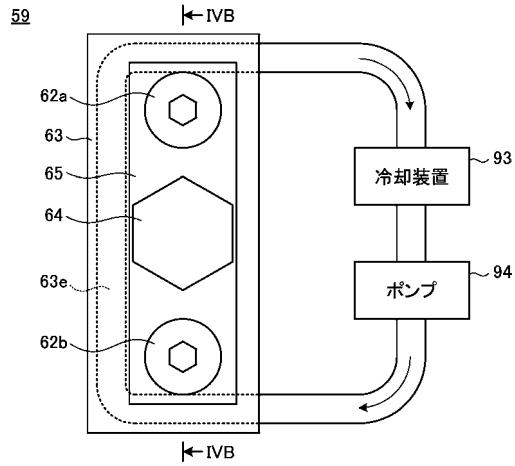
【 図 2 】



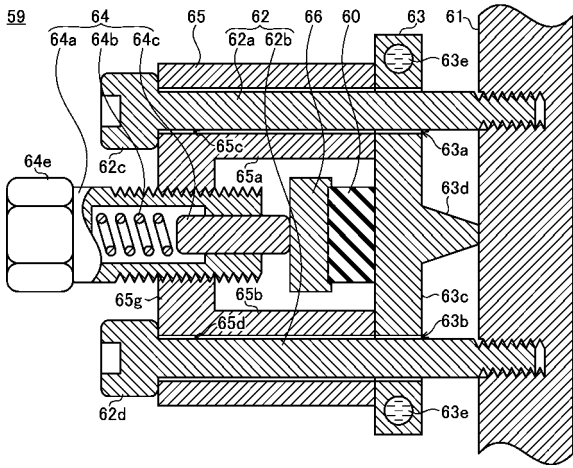
【 図 3 】



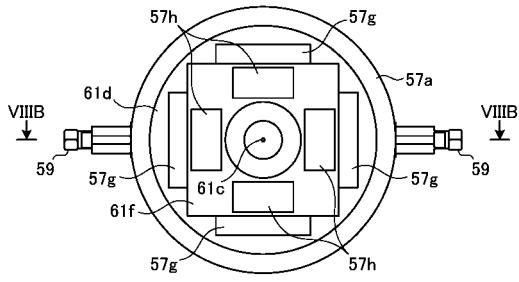
【 図 4 A 】



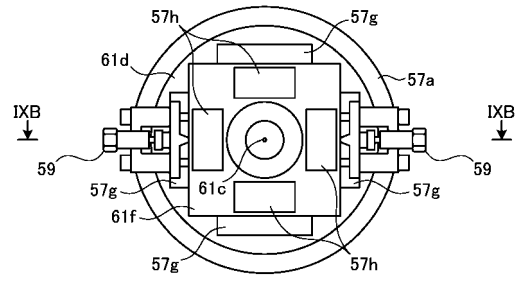
【 図 4 B 】



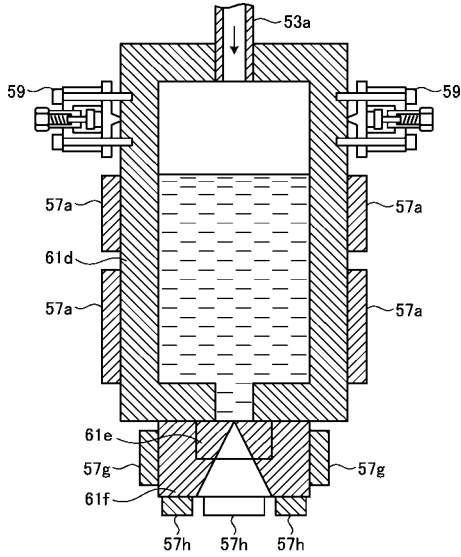
【 図 8 A 】



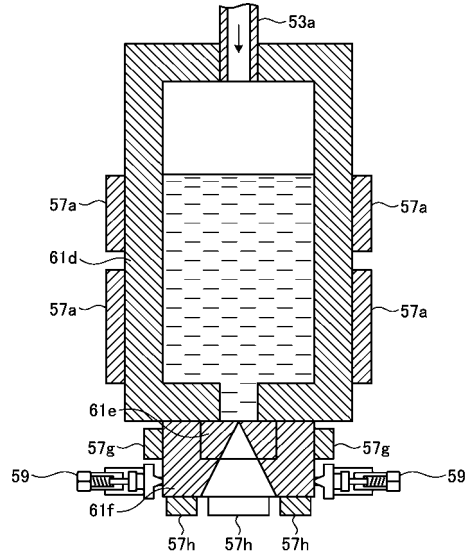
【 図 9 A 】



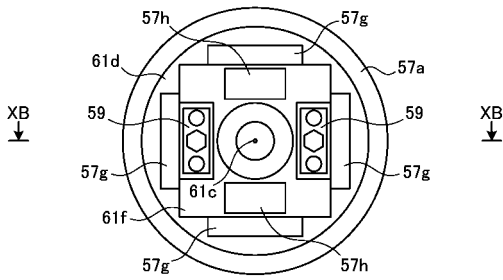
【 図 8 B 】



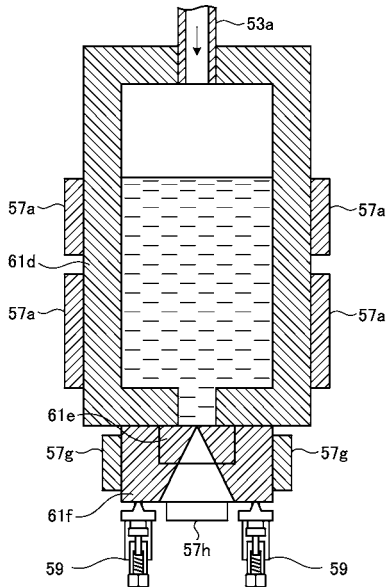
【 図 9 B 】



【 図 10 A 】



【 図 10 B 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 渡辺 幸雄  
神奈川県平塚市四之宮 3 - 2 5 - 1 株式会社小松製作所研究本部内
- (72)発明者 西坂 敏博  
神奈川県平塚市四之宮 3 - 2 5 - 1 株式会社小松製作所研究本部内
- (72)発明者 染谷 浩  
神奈川県平塚市四之宮 3 - 2 5 - 1 株式会社小松製作所研究本部内
- (72)発明者 若林 理  
神奈川県平塚市四之宮 3 - 2 5 - 1 ギガフォトン株式会社内
- Fターム(参考) 4C092 AA06 AA15 AB10 AC09 BD05 BD20  
5F146 GA21 GA28 GC12