

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6763959号  
(P6763959)

(45) 発行日 令和2年9月30日(2020.9.30)

(24) 登録日 令和2年9月14日(2020.9.14)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>G03F</b>	<b>7/20</b>	<b>(2006.01)</b>	G03F	7/20	503
<b>H05G</b>	<b>2/00</b>	<b>(2006.01)</b>	G03F	7/20	521
			H05G	2/00	K

請求項の数 20 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2018-541859 (P2018-541859)	(73) 特許権者	300073919
(86) (22) 出願日	平成28年9月30日 (2016.9.30)		ギガフォトン株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2016/079166		栃木県小山市大字横倉新田400番地
(87) 国際公開番号	W02018/061212	(74) 代理人	100083116
(87) 国際公開日	平成30年4月5日 (2018.4.5)		弁理士 松浦 憲三
審査請求日	令和1年7月24日 (2019.7.24)	(72) 発明者	石原 孝信
			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	山口 敦司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 チャンバ装置、ターゲット生成方法および極端紫外光生成装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

チャンバと、

前記チャンバに組み付けられ、チャンバ内の所定領域へターゲット材料であるスズを供給するターゲット生成装置であって、

1. スズを貯蔵するタンク部、
2. タンク部内のスズの温度を変化させる温度可変装置、
3. タンク部内の圧力を変化させる圧力調節器、および
4. 液体状のスズを吐出するノズル孔を含むノズル部、

を備えるターゲット生成装置と、

前記チャンバ内に水素ガスを含むガスを供給するガス供給源と、

前記チャンバ内の気体を排気する排気装置と、

ターゲット生成を制御する制御部であって、

A. チャンバ内の酸素分圧が  $4 \times 10^{-5}$  Pa 以下となるように前記排気装置を制御し

B. スズが溶融するように前記温度可変装置を制御し、

C. 溶融したスズをノズル孔から吐出するように前記圧力調節器を制御し、

D. 吐出後にチャンバ内に水素ガスを含むガスを供給するように前記ガス供給源を制御する制御部と、

を備えたチャンバ装置。

## 【請求項 2】

前記制御部は、前記チャンバ内の酸素分圧が  $1 \times 10^{-5}$  Pa 以下となるように前記排気装置を制御する請求項 1 記載のチャンバ装置。

## 【請求項 3】

前記制御部は、前記A.の制御を行った後に前記B.の制御を行う請求項 1 記載のチャンバ装置。

## 【請求項 4】

前記制御部は、前記B.の制御を行った後に前記A.の制御を行う請求項 1 記載のチャンバ装置。

## 【請求項 5】

前記チャンバの酸素分圧を測定する酸素分圧計を含む請求項 1 記載のチャンバ装置。

10

## 【請求項 6】

前記排気装置は、高真空ポンプとドライポンプとを直列に配置して構成されている請求項 1 記載のチャンバ装置。

## 【請求項 7】

前記高真空ポンプは、ターボ分子ポンプ、クライオポンプ、スパッタイオンポンプの少なくとも一つからなる請求項 6 記載のチャンバ装置。

## 【請求項 8】

前記ドライポンプは、酸素濃度が 0.1 vol.ppm以下のガスでパージされている請求項 6 記載のチャンバ装置。

20

## 【請求項 9】

前記高真空ポンプにより、チャンバ内の酸素分圧を  $4 \times 10^{-5}$  Pa 以下とした後は、前記ドライポンプのみで排気を行う請求項 6 記載のチャンバ装置。

## 【請求項 10】

前記タンク部に、パーティクルを捕捉するフィルタを備え、  
溶融前のスズを、前記フィルタよりスズの流れ方向上流側にのみ存在させた、  
請求項 1 記載のチャンバ装置。

## 【請求項 11】

前記制御部は、前記B.の制御を行った後に前記A.の制御を行う請求項 10 記載のチャンバ装置。

30

## 【請求項 12】

前記チャンバ内の酸素分圧が  $4 \times 10^{-5}$  Pa 以下である場合、および/または前記チャンバ内へ前記ガスの導入がなされた場合に、前記スズの吐出を停止する請求項 1 記載のチャンバ装置。

## 【請求項 13】

前記チャンバへ流入する前記ガスの流量を調節する流量調節器を含む請求項 1 記載のチャンバ装置。

## 【請求項 14】

前記制御部は、前記チャンバ内へ前記ガスを導入後、前記チャンバ内の圧力を 100 Pa 以下に維持させる請求項 13 記載のチャンバ装置。

40

## 【請求項 15】

チャンバと、  
前記チャンバに組み付けられ、チャンバ内の所定領域へターゲット材料であるスズを供給するターゲット生成装置であって、

1. スズを貯蔵するタンク部、
2. タンク部内のスズの温度を変化させる温度可変装置、
3. タンク部内の圧力を変化させる圧力調節器、および
4. 液体状のスズを吐出するノズル孔を含むノズル部、

を備えるターゲット生成装置と、

前記チャンバ内に水素ガスを含むガスを供給するガス供給源と、

50

前記チャンバ内の気体を排気する排気装置と、  
 ターゲット生成を制御する制御部と、  
 を備えたチャンバ装置を用いて前記チャンバ内の所定領域へスズを供給するターゲット生成方法であって、前記制御部により、

A. チャンバ内の酸素分圧が  $4 \times 10^{-5}$  Pa 以下となるように前記排気装置を制御し

、  
 B. スズが溶融するように前記温度可変装置を制御し、  
 C. 溶融したスズをノズル孔から吐出するように前記圧力調節器を制御し、  
 D. 吐出後にチャンバ内に水素ガスを含むガスを供給するように前記ガス供給源を制御するターゲット生成方法。

10

【請求項 16】

前記制御部により、前記チャンバ内の酸素分圧が  $1 \times 10^{-5}$  Pa 以下となるように前記排気装置を制御する請求項 15 記載のターゲット生成方法。

【請求項 17】

前記排気装置として、直列に配置された高真空ポンプとドライポンプとを用いる請求項 15 記載のターゲット生成方法。

【請求項 18】

前記チャンバへ流入する前記ガスの流量を調節可能とした請求項 15 記載のターゲット生成方法。

【請求項 19】

チャンバと、  
 前記チャンバに組み付けられ、チャンバ内の所定領域へターゲット材料であるスズを供給するターゲット生成装置であって、

1. スズを貯蔵するタンク部、
2. タンク部内のスズの温度を変化させる温度可変装置、
3. タンク部内の圧力を変化させる圧力調節器、および
4. 液体状のスズを吐出するノズル孔を含むノズル部、

を備えるターゲット生成装置と、  
 前記チャンバ内に水素ガスを含むガスを供給するガス供給源と、  
 前記チャンバ内の気体を排気する排気装置と、

20

ターゲット生成を制御する制御部であって、

A. チャンバ内の酸素分圧が  $4 \times 10^{-5}$  Pa 以下となるように前記排気装置を制御し

、  
 B. スズが溶融するように前記温度可変装置を制御し、  
 C. 溶融したスズをノズル孔から吐出するように前記圧力調節器を制御し、  
 D. 吐出後にチャンバ内に水素ガスを含むガスを供給するように前記ガス供給源を制御する制御部と、

30

前記チャンバ内へ供給された前記スズへレーザー光を照射するレーザー装置と、  
 前記レーザー光が照射されることで生成された前記スズのプラズマから放射した極端紫外光を集光して出力する集光ミラーと、  
 を備えた極端紫外光生成装置。

40

【請求項 20】

前記制御部は、前記チャンバ内の酸素分圧が  $1 \times 10^{-5}$  Pa 以下となるように前記排気装置を制御する請求項 19 記載の極端紫外光生成装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、チャンバ装置、ターゲット生成方法および極端紫外光生成装置に関する。

【背景技術】

【0002】

50

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、20 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20 nm以下の微細加工の要求に応えるべく、波長13.5 nmの極端紫外(EUV)光を生成する極端紫外光生成装置と縮小投影反射光学系(Reduced Projection Reflective Optics)とを組み合わせた露光装置の開発が期待されている。

【0003】

EUV光生成装置としては、ターゲット材料にパルス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、電子加速器から出力される電子を用いた自由電子レーザー(Free Electron Laser)装置の3種類の装置が提案されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2001-267730号公報

【特許文献2】特開平9-232742号公報

【特許文献3】特表2011-513987号公報

【特許文献4】特開2010-118852号公報

【概要】

20

【0005】

本開示の一態様によるチャンバ装置は、チャンバと、チャンバに組み付けられ、チャンバ内の所定領域へターゲット材料であるスズを供給するターゲット生成装置であって、1.スズを貯蔵するタンク部、2.タンク部内のスズの温度を変化させる温度可変装置、3.タンク部内の圧力を変化させる圧力調節器、および4.液体状のスズを吐出するノズル孔を含むノズル部、を備えるターゲット生成装置と、チャンバ内に水素ガスを含むガスを供給するガス供給源と、チャンバ内の気体を排気する排気装置と、ターゲット生成を制御する制御部であって、A.チャンバ内の酸素分圧が $4 \times 10^{-5}$  Pa以下となるように排気装置を制御し、B.スズが溶融するように温度可変装置を制御し、C.溶融したスズをノズル孔から吐出するように圧力調節器を制御し、D.吐出後にチャンバ内に水素ガスを含むガスを供給するようにガス供給源を制御する制御部とを含む。

30

【0006】

本開示の一態様によるターゲット生成方法は、チャンバと、チャンバに組み付けられ、チャンバ内の所定領域へターゲット材料であるスズを供給するターゲット生成装置であって、1.スズを貯蔵するタンク部、2.タンク部内のスズの温度を変化させる温度可変装置、3.タンク部内の圧力を変化させる圧力調節器、および4.液体状のスズを吐出するノズル孔を含むノズル部、を備えるターゲット生成装置と、チャンバ内に水素ガスを含むガスを供給するガス供給源と、チャンバ内の気体を排気する排気装置と、ターゲット生成を制御する制御部とを含むチャンバ装置を用いてチャンバ内の所定領域へスズを供給するターゲット生成方法であって、制御部により、A.チャンバ内の酸素分圧が $4 \times 10^{-5}$  Pa以下となるように排気装置を制御し、B.スズが溶融するように温度可変装置を制御し、C.溶融したスズをノズル孔から吐出するように圧力調節器を制御し、D.吐出後にチャンバ内に水素ガスを含むガスを供給するようにガス供給源を制御する。

40

【0007】

本開示の一態様による極端紫外光生成装置は、チャンバと、チャンバに組み付けられ、チャンバ内の所定領域へターゲット材料であるスズを供給するターゲット生成装置であって、1.スズを貯蔵するタンク部、2.タンク部内のスズの温度を変化させる温度可変装置、3.タンク部内の圧力を変化させる圧力調節器、および4.液体状のスズを吐出するノズル孔を含むノズル部、を備えるターゲット生成装置と、チャンバ内に水素ガスを含むガスを供給するガス供給源と、チャンバ内の気体を排気する排気装置と、ターゲット生成を制御す

50

る制御部であって、A.チャンバ内の酸素分圧が  $4 \times 10^{-5}$  Pa 以下となるように排気装置を制御し、B.スズが熔融するように温度可変装置を制御し、C.熔融したスズをノズル孔から吐出するように圧力調節器を制御し、D.吐出後にチャンバ内に水素ガスを含むガスを供給するようにガス供給源を制御する制御部と、チャンバ内へ供給されたスズへレーザ光を照射するレーザ装置と、レーザ光が照射されることで生成されたスズのプラズマから放射した極端紫外光を集光して出力する集光ミラーとを含む。

【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。

10

【図1】図1は、典型的なEUV光生成装置の全体構成を示す概略側面図である。

【図2】図2は、比較例としてのEUV光生成装置におけるターゲット生成処理の流れを示すフローチャートである。

【図3】図3は、図2に流れを示したターゲット生成処理のタイミングチャートである。

【図4】図4は、スズの飽和酸素分圧の特性を示すグラフである。

【図5】図5は、実施形態1に係るEUV光生成装置の全体構成を示す概略側面図である。

【図6】図6は、図5に示したEUV光生成装置におけるターゲット生成処理の流れを示すフローチャートである。

【図7】図7は、図6に流れを示したターゲット生成処理のタイミングチャートである。

20

【図8】図8は、酸素分圧と酸化スズの析出領域との関係を示すグラフである。

【図9】図9は、実施形態2に係るEUV光生成装置の全体構成を示す概略側面図である。

【図10】図10は、図9に示したEUV光生成装置におけるターゲット生成処理の流れを示すフローチャートである。

【図11】図11は、図10に流れを示したターゲット生成処理のタイミングチャートである。

【図12】図12は、実施形態3に係るEUV光生成装置の全体構成を示す概略側面図である。

【図13】図13は、図12に示したEUV光生成装置におけるターゲット生成処理の流れを示すフローチャートである。

30

【図14】図14は、図13に流れを示したターゲット生成処理のタイミングチャートである。

【図15】図15は、実施形態4に係るターゲット生成方法における処理の流れを示すフローチャートである。

【図16】図16は、図15に流れを示した処理の一部におけるタイミングチャートである。

【図17】図17は、図15に流れを示した処理の他の部分におけるタイミングチャートである。

【図18】図18は、実施形態5に係るターゲット生成方法におけるターゲット生成処理の流れを示すフローチャートである。

40

【実施形態】

【0009】

<目次>

1. EUV光生成装置の全体説明

1.1 構成

1.2 動作

2. 比較例

2.1 構成

2.2 動作

50

2.3 課題	
3. 実施形態 1	
3.1 実施形態 1 の構成	
3.2 実施形態 1 の動作	
3.3 実施形態 1 の作用・効果	
4. 実施形態 2	
4.1 実施形態 2 の構成	
4.2 実施形態 2 の動作	
4.3 実施形態 2 の作用・効果	
5. 実施形態 3	10
5.1 実施形態 3 の構成	
5.2 実施形態 3 の動作	
5.3 実施形態 3 の作用・効果	
6. 実施形態 4	
6.1 実施形態 4 の構成	
6.2 実施形態 4 の動作	
6.3 実施形態 4 の作用・効果	
7. 実施形態 5	
7.1 実施形態 5 の構成	
7.2 実施形態 5 の動作	20
7.3 実施形態 5 の作用・効果	

#### 【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および動作の全てが本開示の構成およ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. EUV 光生成装置の全体説明

###### 1.2 構成

図 1 は、典型的な極端紫外 (EUV) 光生成装置の全体構成を示す概略側面図である。同図に示す EUV 光生成装置は、露光装置 100 に露光光として利用される EUV 光を供給するために用いられる。すなわち、図 1 中の露光装置 100 以外の要素により、EUV 光生成装置 50 が構成されている。この EUV 光生成装置 50 は、レーザ光をターゲット材料 (物質) に照射してターゲット材料をプラズマ化することにより EUV 光を発生させる、レーザ生成プラズマ (LPP) 方式を採用した装置である。この EUV 光生成装置 50 は、チャンバ 1 と、制御部 2 と、レーザ装置 3 と、送光光学系 4 とを含む。

#### 【0012】

上記チャンバ 1 は、その内部で EUV 光を生成するためのチャンバであり、好ましくは真空チャンバとされる。チャンバ 1 は、ドロップレット生成器 5 と、レーザ光マニピレータ 10 と、第 1 プレート 11 と、レーザ光マニピレータ 10 を介してチャンバ 1 に保持された第 2 プレート 12 と、この第 2 プレート 12 に保持された高反射軸外放物面ミラー 13 と、同じく第 2 プレート 12 に保持された高反射平面ミラー 14 と、レーザ光導入用のウィンドウ 15 とを含む。なお、上記第 1 プレート 11 には、レーザ光導入用の貫通孔 16 が設けられている。上記高反射軸外放物面ミラー 13 および高反射平面ミラー 14 は、レーザ光マニピレータ 10 と共に、後述するパルスレーザ光 L を集光するためのレーザ集光光学系 17 を構成している。

#### 【0013】

チャンバ 1 はさらに、EUV 集光ミラーホルダ 20 と、この EUV 集光ミラーホルダ 20 に保持された EUV 集光ミラー 21 と、ターゲット受け 22 とを含む。EUV 集光ミラ

10

20

30

40

50

ー 2 1 は、例えば回転楕円面形状の反射面を有するミラーであり、第 1 の焦点がプラズマ生成領域 2 3 に位置し、第 2 の焦点が中間集光点 ( I F ) 2 4 に位置するように配置されている。E U V 集光ミラー 2 1 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。

【 0 0 1 4 】

チャンバ 1 はさらに、水素ガス供給源 4 0 と、この水素ガス供給源 4 0 から供給される水素ガスを送る配管 4 1 と、配管 4 1 の先端に取り付けられてチャンバ 1 内に開口したガスノズル 4 2 と、配管 4 1 の途中に介設された流量調節器 4 3 とを含む。チャンバ 1 はさらに、チャンバ 1 内の圧力を検出する圧力センサ 4 5 と、チャンバ 1 内を排気する排気装置 4 6 とを含む。

10

【 0 0 1 5 】

レーザ装置 3 は、ターゲット材料をプラズマ化するためのパルスレーザ光 L を発生させる。このレーザ装置 3 としては、一例として発振増幅型レーザ装置 ( master oscillator power amplifier type laser apparatus ) が適用される。あるいは、レーザ装置 3 として、プリパルスレーザビームを発生させる Y A G ( Yttrium Aluminum Garnet ) レーザ装置と、メインパルスレーザビームを発生させる C O <sub>2</sub> レーザ装置との組合せ等も適用可能である。さらに、レーザ装置 3 として、その他のレーザ装置が用いられてもよい。このレーザ装置 3 から出力されるパルスレーザ光 L は、例えばパルス幅が数 n s ~ 数十 n s 程度、周波数が 1 0 k H z ~ 1 0 0 k H z 程度のレーザ光である。

【 0 0 1 6 】

20

送光光学系 ( ビームデリバリシステム ) 4 は、レーザ装置 3 から出力されたパルスレーザ光 L を反射させてその進行方向を変える第 1 高反射ミラー 9 1 と、この第 1 高反射ミラー 9 1 で反射したパルスレーザ光 L を上記ウインドウ 1 5 に向けて反射させる第 2 高反射ミラー 9 2 とを含む。レーザ集光光学系 1 7 は、送光光学系 4 から出力されるレーザ光 L が入力されるように配置されている。レーザ光マニピレータ 1 0 は、第 2 プレート 1 2 を介して、高反射軸外放物面ミラー 1 3 および高反射平面ミラー 1 4 の位置を変えることができる。それにより、チャンバ 1 内のレーザ光 L の、X 軸、Y 軸および Z 軸方向に関する照射位置が、制御部 2 から指定された位置に移動される。

【 0 0 1 7 】

ドロップレット生成器 5 は、E U V 光を発生させるために用いられるターゲット材料 T を、球状のドロップレット D L としてチャンバ 1 内に供給する。ターゲット材料 T は、一般には、スズ、テルビウム、ガドリニウム、リチウム、キセノン、または、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。ただし、本開示では特にスズが用いられることを前提とするチャンバ装置、ターゲット生成方法および極端紫外光生成装置について言及する。したがって、以下で述べる「ターゲット材料 T」は全てスズである。ドロップレット生成器 5 は、圧力調節器 3 1 と、熔融した状態のターゲット材料 T を蓄えるタンク 3 2 と、ターゲット材料 T を熔融させるヒータ 3 3 と、熔融状態のターゲット材料 T をドロップレット D L として吐出させるノズル孔を含むノズル 3 4 と、ノズル 3 4 の側壁を振動させる piezo 素子 3 5 と、タンク 3 2 の温度を検出する温度センサ 3 6 とを含む。タンク 3 2 は本開示におけるタンク部であり、ノズル 3 4 は本開示におけるノズル部である。上記ドロップレット D L は断続的かつ周期的に生成され、チャンバ 1 内においてドロップレット軌道上を進行する。

30

40

【 0 0 1 8 】

上記タンク 3 2 には圧力調節器 3 1 が接続されている。この圧力調節器 3 1 は、制御部 2 に接続されている。また、piezo 素子 3 5 を駆動する piezo 電源 3 7 と、ヒータ 3 3 を駆動するヒータ電源 3 8 が設けられている。これらの piezo 電源 3 7 およびヒータ電源 3 8、並びに上述した温度センサ 3 6 も制御部 2 に接続されている。ヒータ 3 3 およびヒータ電源 3 8 は、本開示における温度可変装置を構成する。なお E U V 光生成装置 5 0 は、ドロップレット D L の存在、軌跡、位置、速度等を検出する、図示外のドロップレットセンサを含んで構成されてもよい。

50

## 【 0 0 1 9 】

## 1 . 2 動作

上記の構成において、タンク 3 2 中のターゲット材料 T は、ヒータ 3 3 によって融点以上の所定温度に加熱される。ターゲット材料 T がスズ ( S n ) である場合、スズはその融点 ( 2 3 2 ) 以上の 2 5 0 ~ 2 9 0 の温度範囲に加熱される。この加熱を行うに当たっては、制御部 2 によりヒータ電源 3 8 の動作を制御して、温度調節を行ってもよい。また、制御部 2 により圧力調節器 3 1 の動作が制御されて、タンク 3 2 内の圧力が、融解したターゲット材料 T のジェットがノズル 3 4 から所定の速度で出力する圧力に維持される。そして制御部 2 により、 piezo 電源 3 7 を介して piezo 素子 3 5 に、所定波形の電圧信号であるドロップレット供給信号が印加される。それにより piezo 素子 3 5 が振動して、この振動がノズル 3 4 に加えられる。そこで、ノズル 3 4 から出力される上記ジェットがノズル 3 4 の振動によって所定周期で分断され、この分断により形成されたドロップレット D L が断続的にチャンバ 1 内に供給される。

10

## 【 0 0 2 0 】

一方、例えば前述した図示外のドロップレットセンサから、ドロップレット D L の存在、軌跡、位置、速度等を示す信号が制御部 2 に入力される。制御部 2 は、ドロップレット D L が所定位置を通過したことを示すタイミング信号を受けると、その時点から所定の時間遅延させて発光トリガを出力する。この発光トリガは、レーザ装置 3 に入力される。レーザ装置 3 は、発光トリガが入力されると、例えば内部に有する光シャッタを開く等により、パルスレーザ光 L を出力する。このパルスレーザ光 L は、送光光学系 4 の第 1 高反射ミラー 9 1 および第 2 高反射ミラー 9 2 で反射した後、ウインドウ 1 5 を通過してチャンバ 1 内に入射する。

20

## 【 0 0 2 1 】

上記パルスレーザ光 L は、レーザ集光光学系 1 7 の高反射軸外放物面ミラー 1 3 および高反射平面ミラー 1 4 で反射した後、 E U V 集光ミラー 2 1 の中央部に設けられた開口を通過して、 E U V 集光ミラー 2 1 の光軸上を進行する。このパルスレーザ光 L は、高反射軸外放物面ミラー 1 3 の作用により、プラズマ生成領域 2 3 において集光する。プラズマ生成領域 2 3 に到達したドロップレット D L は、この集光したパルスレーザ光 L の照射を受けてプラズマ化し、このプラズマから E U V 光が生成される。なお、パルスレーザ光 L が照射されなかったドロップレット D L は、ターゲット受け 2 2 に受けられる。

30

## 【 0 0 2 2 】

ドロップレット D L は周期的に生成され、そしてこのドロップレット D L がドロップレットセンサにおいて検出される毎にパルスレーザ光 L が出力されるので、 E U V 光は周期的に生成される。こうして周期的に生成される E U V 光は、中間集光点 2 4 に集光した後、露光装置 1 0 0 に入射する。露光装置 1 0 0 では、入射した E U V 光が半導体露光等に用いられる。

## 【 0 0 2 3 】

なお、露光装置 1 0 0 からの指令によって、プラズマ生成領域 2 3 を移動させる場合がある。プラズマ生成領域 2 3 の移動は、前述したレーザ光マニピレータ 1 0 により高反射軸外放物面ミラー 1 3 および高反射平面ミラー 1 4 を移動させることによってなされ得る。レーザ光マニピレータ 1 0 の作動は、制御部 2 によって制御される。

40

## 【 0 0 2 4 】

また、ドロップレット生成器 5 がチャンバ 1 に組み付けられた後、チャンバ 1 内の大気を排気するために、制御部 2 の指令に基づいて排気装置 4 6 を駆動してもよい。大気成分の排気のために、チャンバ 1 内のパージと排気を繰り返してもよい。パージガスは窒素 ( N<sub>2</sub> ) やアルゴン ( A r ) でもよい。タンク 3 2 内のターゲット材料 T は、インゴットの形態で用いられてもよい。そのインゴットとタンク 3 2 の内面との間には、空間があってもよい。

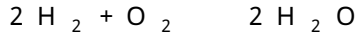
## 【 0 0 2 5 】

さらに、チャンバ 1 内には、水素ガス供給源 4 0 から配管 4 1、ガスノズル 4 2 および

50



流量調節器 4 3 を介して水素ガスを低流量で導入してもよい。この水素ガス導入は、



の化学反応式で示される化学反応によりチャンバ 1 内の酸素分圧を下げることで、ターゲット材料 T、例えばスズの酸化防止を図るために行われる。なお、上記の化学反応を前提としないで、高純度の水素ガスを導入するようにしてもよい。

#### 【 0 0 2 6 】

本例の E U V 光生成装置 5 0 においては、圧力調節器 3 1、タンク 3 2、温度可変装置を構成するヒータ 3 3 とヒータ電源 3 8、およびノズル 3 4 を含んでターゲット生成装置が構成されている。また、チャンバ 1 に加えて、以上のターゲット生成装置、水素ガス供給源 4 0、排気装置 4 6、および制御部 2 を含んでチャンバ装置が構成されている。また、このチャンバ装置、レーザ装置 3、送光光学系 4、およびレーザ集光光学系 1 7 を含んで E U V 光生成装置 5 0 が構成されている。なお本例では、ターゲットをプラズマ生成領域 2 3 にドロップレット D L として供給しているため、ターゲット生成とは、ドロップレット生成と同義である。

#### 【 0 0 2 7 】

### 2 . 比較例

#### 2 . 1 比較例の構成

次に図 2 および図 3 を参照して、図 1 の構成における比較例としてのターゲット生成方法、すなわちドロップレット生成方法について説明する。図 2 は、このドロップレット生成のための各処理の流れを示すフローチャートである。また図 3 は、上記各処理に係る要素の動作等のタイミングを示すタイミングチャートである。

#### 【 0 0 2 8 】

図 2 に示す各処理は、基本的に制御部 2 の制御に基づいて行われる。また図 3 は、より詳しくは、排気装置 4 6 の ON と OFF ( 駆動と停止 )、流量調節器 4 3 による水素ガス導入の ON と OFF、およびヒータ 3 3 の ON と OFF のタイミングを示している。さらに図 3 は、それらの ON と OFF によって変化するチャンバ 1 内の状態、すなわちチャンバ内のガス圧、スズ温度、ドロップレット D L の生成、停止等のタイミングを示している。

#### 【 0 0 2 9 】

#### 2 . 2 比較例の動作

図 2 に示すようにドロップレット生成処理がスタートすると、制御部 2 はまずステップ S 1 1 において排気装置 4 6 を ON にする指令 ( 図 3 の「排気装置 ON 指令」 ) を発し、チャンバ 1 内の排気を開始させる。この排気がなされることにより、チャンバ 1 内のガス圧は次第に低下する。制御部 2 はこのガス圧を、圧力センサ 4 5 の出力に基づいて検出し、ステップ S 1 2 においてこのガス圧が第 1 所定圧力以下であるか否かを判定する。この第 1 所定圧力は例えば 1 P a とされる。ガス圧が第 1 所定圧力以下でなければ、処理の流れはステップ S 1 2 に戻る。ガス圧が第 1 所定圧力以下になると、制御部 2 はステップ S 1 3 において、ヒータ電源 3 8 を ON にする指令 ( 図 3 の「ヒータ ON 指令」 ) を発して、ヒータ 3 3 を ON つまり加熱状態に設定する。それにより、タンク 3 2 内のターゲット材料 T は融点以上の第 1 所定温度まで昇温される ( ステップ S 1 3 ) 。

#### 【 0 0 3 0 】

制御部 2 は、温度センサ 3 6 で温度をモニターしながらヒータ 3 3 を加熱させ、必要に応じてヒータ電源 3 8 を適宜 OFF にしながら、タンク 3 2 の温度つまりはターゲット材料 T であるスズの温度を第 1 所定温度に維持させる ( ステップ S 1 4 )。それにより、タンク 3 2 内のターゲット材料 T は熔融状態となる。この第 1 所定温度は、一例として 2 3 2 とされるが、それに限らず、2 5 0 ~ 2 9 0 の値とされてもよい。

#### 【 0 0 3 1 】

制御部 2 は次にステップ S 1 5 において、ドロップレット生成の指示が与えられているか否かを判定する。指示が与えられていなければ、処理の流れはステップ S 1 5 に戻り、この判定が繰り返される。ドロップレット生成の指示が与えられている場合、制御部 2 は

圧力調節器 31 の動作を制御して、タンク 32 内を第 2 所定圧力まで加圧させ（ステップ S16）、その第 2 所定圧力を維持させる（ステップ S17）。第 2 所定圧力は、例えば 3 MPa 以上とされる。

#### 【0032】

タンク 32 内が第 2 所定圧力に維持された後、制御部 2 はステップ S18 において、ピエゾ電源 37 に対して、ピエゾ素子 35 に所定波形の電圧を供給する指令（図 3 の「ドロップレット吐出指令」）を発する。これにより溶融状態のターゲット材料 T が、ノズル 34 のノズル孔から所定周期のドロップレット DL に生成されて吐出する。その後制御部 2 はステップ S19 において、流量調節器 43 に対して、水素ガス供給源 40 から水素ガスをチャンバ 1 内に導入させる指令（図 3 の「水素ガス導入指令」）を発する。そして制御部 2 は、水素ガスの流量を流量調節器 43 で調節させて、圧力センサ 45 の出力信号が示すチャンバ内圧力を、第 3 所定圧力に維持させる。なお第 3 所定圧力は、例えば 100 Pa 以下とされる。以上により、一連のドロップレット生成処理が終了する。

#### 【0033】

##### 2.3 課題

ターゲット材料 T であるスズは酸化しやすい金属で、一般に次の化学反応式によって酸化が進行することが知られている。この知見は、例えば袁章福、向井楠宏、高木克彦、大高雅彦：日本金属学会誌 Vol.65 (2001) pp.21-28 に示されている。



ここで、Sn と SnO<sub>2</sub> の活量を 1 とおいて、スズ平衡酸素分圧（飽和酸素分圧）を計算した結果を図 4 に示す。この図 4 より、スズ温度が 250 ~ 290 °C である場合のスズの飽和酸素分圧は、 $6 \times 10^{-43} \sim 8 \times 10^{-39}$  Pa である。チャンバ内の酸素分圧を、飽和酸素分圧以下にすれば、スズの酸化を防止できる。しかし、酸素分圧を飽和酸素分圧まで下げるとはほぼ不可能であるので、チャンバ内雰囲気と接しているスズは酸化し、酸化スズが析出する。

#### 【0034】

また、スズインゴットの溶融を開始してから、溶融したスズがノズル 34 のノズル孔から吐出されるまでは、ノズル孔とスズとの間に空間がある。この空間の酸素分圧は、チャンバ内の酸素分圧と同等で、スズの飽和酸素分圧より桁違いに高い。このため、ノズル孔より上流側で酸化スズが析出する。特に溶融後は、温度が高いこともありスズの酸化が進行する。

#### 【0035】

酸化スズは固体であるので、ノズル孔の詰まりの原因になる。また、ノズル孔を詰まらせずにドロップレット DL が生成されたとしても、酸化スズがノズル孔の近傍に存在すると、ドロップレット DL の吐出方向が変わり得る。この変化が大きいとパルスレーザー光をドロップレット DL に集光照射できなくなる。

#### 【0036】

そこで以下の実施形態では、ターゲット材料 T である溶融スズの酸化を抑制し得るチャンバ装置、ターゲット生成方法、および EUV 光生成装置を開示する。

#### 【0037】

### 3. 実施形態 1

#### 3.1 実施形態 1 の構成

次に図 5、図 6 および図 7 を参照して、実施形態 1 について説明する。図 5 は、実施形態 1 に係るチャンバ装置を備えた EUV 光生成装置 150 の概略構成を示す模式図である。本実施形態 1 の EUV 光生成装置 150 は、図 1 に示した比較例の EUV 光生成装置 50 と対比すると、基本的に、チャンバ 1 内の酸素分圧を測定する酸素分圧計 70 を含む点で相違している。この酸素分圧計 70 の出力信号は、制御部 2 に入力される。なお、この制御部 2 が行う制御も、一部が比較例における制御と相違している。

#### 【0038】

上記酸素分圧計 70 としては、例えば質量分析計やジルコニア式酸素濃度計が適用可能

10

20

30

40

50

である。また排気装置46としては、容器型ポンプ、ルーツ式やスクロール式等のドライポンプが適用可能である。ドライポンプの軸受部等は、高純度の窒素ガス等でパージされることが望ましい。その場合、パージする窒素ガス等は、酸素濃度が例えば0.1 vol.ppm以下のガスが好ましい。

【0039】

### 3.2 実施形態1の動作

図6は、このEUV光生成装置150におけるドロップレット生成の各処理の流れを示すフローチャートである。また図7は、上記各処理に係る要素の動作等のタイミングを示すタイミングチャートである。以下、これらの図6および図7を参照して、実施形態1の動作について説明する。

10

【0040】

図6に示すフローチャートは、図2に示した比較例におけるフローチャートと対比すると、ステップS12がステップS20に代えられている点で相違する。制御部2はこのステップS20において、酸素分圧計70の出力信号が示すチャンバ1内の酸素分圧が、第1所定酸素分圧以下であるか否かを判定する。酸素分圧が第1所定酸素分圧以下でない場合、処理の流れはステップS20に戻って、この判定処理が繰り返される。チャンバ1内の酸素分圧が第1所定酸素分圧以下である場合は、次のステップS13以下の処理が、比較例の場合と同様になされる。第1所定酸素分圧は、例えば $1 \times 10^{-5}$  Paとされる。なお上記ステップS20の判定処理がなされることに対応して、図7のタイミングチャートでは、チャンバ1内の酸素分圧の変化についても示してある。

20

【0041】

### 3.3 実施形態1の作用・効果

以上のステップS20の処理がなされることにより、図7のタイミングチャートに示す通りドロップレット生成は、チャンバ1内の酸素分圧が $1 \times 10^{-5}$  Pa以下になっている状態下でなされるようになる。そこで、溶融スズの酸化が効果的に抑制される。

【0042】

以下、上記の酸化抑制効果について、図8を参照して詳しく説明する。本発明者等は、様々な酸素分圧中でスズを溶融して、スズの酸化量と酸素分圧との関係を調べた。スズの酸化量は、スズ表面に析出した酸化スズの領域の割合として求めた。表面に析出した酸化スズは、走査電子顕微鏡(SEM)で観察した。その結果を図8に示す。なお、スズの保持温度は290℃、保持時間は20時間である。図8より、酸素分圧を $1 \times 10^{-5}$  Pa以下にすると、酸化スズの析出が大幅に抑制される。この酸素分圧以下では、酸化スズの析出量はゆるやかに減少し、 $8 \times 10^{-3}$  Paで0(ゼロ)になると考えられる。また図8から、酸素分圧を $1 \times 10^{-5}$  Paを超えて $4 \times 10^{-5}$  Pa以下としても、スズの酸化を抑制する顕著な効果が得られることが分かる。

30

【0043】

なお、以上述べたスズの酸化量と酸素分圧との関係は、シグモイド関数(sigmoid function)でモデル化できることが知られており、図8の関係も、その知見に基づいて求めた。

【0044】

本実施形態1では、ノズル34のノズル孔からスズまでの間の空間の酸素分圧が $1 \times 10^{-5}$  Pa以下になった後に、スズインゴットを溶融し、ノズル孔からスズを吐出させるので、この間でのスズの酸化は大幅に抑制される。

40

【0045】

また本実施形態1では、ドライポンプの軸受部等を高純度の窒素ガス等でパージしているので、軸受部等を通してチャンバ1内に酸素が侵入することを抑制可能である。それにより、チャンバ1内の酸素分圧を確実に下げることができる。

【0046】

## 4. 実施形態2

### 4.1 実施形態2の構成

50

次に図9、図10および図11を参照して、実施形態2について説明する。図9は、実施形態2に係るチャンバ装置を備えたEUV光生成装置250の概略構成を示す模式図である。本実施形態2のEUV光生成装置250は、図1に示した比較例のEUV光生成装置50と対比すると、基本的に、チャンバ1内の酸素分圧を測定する酸素分圧計70を含む点、および排気装置として、高真空ポンプ140およびドライポンプ141が直列に配置されてなる排気装置146が用いられている点で相違している。なお、制御部2が行う制御も、一部が比較例における制御と相違している。酸素分圧計70の出力信号は、制御部2に入力される。

【0047】

上記酸素分圧計70としては、例えば質量分析計やジルコニア式酸素濃度計が適用可能である。また高真空ポンプ140としては、例えばターボ分子ポンプ、クライオポンプやスパッタイオンポンプ等が適用可能である。ドライポンプ141としては、例えば容積型ポンプ、ルーツ式やスクロール式等のポンプが適用可能である。ドライポンプ141の軸受部等は、高純度の窒素ガス等でパージされることが望ましい。その場合、パージする窒素ガス等は、酸素濃度が例えば0.1 vol.ppm以下のガスが好ましい。

【0048】

#### 4.2 実施形態2の動作

図10は、このEUV光生成装置250におけるドロップレット生成の各処理の流れを示すフローチャートである。また図11は、上記各処理に係る要素の動作等のタイミングを示すタイミングチャートである。以下、これらの図10および図11を参照して、実施形態2の動作について説明する。

【0049】

図10に示すフローチャートは、図2に示した比較例におけるフローチャートと対比すると、ステップS12がステップS20に代えられている点、およびステップS18とステップS19との間にステップS30が存在する点で相違する。制御部2はステップS20において、酸素分圧計70の出力信号が示すチャンバ1内の酸素分圧が、第1所定酸素分圧以下であるか否かを判定する。酸素分圧が第1所定酸素分圧以下でない場合、処理の流れはステップS20に戻って、この判定処理が繰り返される。チャンバ1内の酸素分圧が第1所定酸素分圧以下である場合は、次のステップS13以下の処理が、比較例の場合と同様になされる。第1所定酸素分圧は、例えば $1 \times 10^{-5}$  Paとされる。

【0050】

制御部2はステップS11において排気装置146の全体、つまり高真空ポンプ140とドライポンプ141とをONにさせているが、ステップS30において高真空ポンプ140を停止させ、ドライポンプ141のみで排気を続けさせる。

【0051】

なお、上記ステップS20の判定処理がなされることに対応して、図11のタイミングチャートでは、チャンバ1内の酸素分圧の変化についても示してある。また、上記ステップS30の判定処理がなされることに対応して、図11のタイミングチャートでは、高真空ポンプ140とドライポンプ141のON、OFFを互いに独立して示してある。

【0052】

#### 4.3 実施形態2の作用・効果

以上のステップS20の処理がなされることにより、図7のタイミングチャートに示す通りドロップレット生成は、チャンバ1内の酸素分圧が $1 \times 10^{-5}$  Pa以下になっている状態下でなされるようになる。そこで、溶融スズの酸化が効果的に抑制される。また本実施形態2では、ノズル34のノズル孔からスズまでの間の空間の酸素分圧が $1 \times 10^{-5}$  Pa以下になった後に、スズインゴットを溶融し、ノズル孔からスズを吐出させているので、この空間でのスズの酸化が大幅に抑制される。

【0053】

本実施形態2における排気装置146は、高真空ポンプ140とドライポンプ141とを直列配置して構成されているので、チャンバ1内の圧力を、高真空状態の圧力、具体的

10

20

30

40

50

には  $10^{-1} \sim 10^{-5}$  Pa 程度まで下げることができる。そこで、チャンバ 1 内の酸素分圧を容易に  $1 \times 10^{-5}$  Pa 以下にすることができる。

【0054】

また、ドライポンプ 141 の軸受部等が、高純度の窒素ガス等でパージされているので、軸受部等を通してチャンバ 1 内に酸素が侵入することを抑制可能であり、そこで、チャンバ 1 内の酸素分圧を下げることができる。以上の他、本実施形態 2 で得られる作用・効果は、本質的に実施形態 1 における作用・効果と同様である。

【0055】

## 5. 実施形態 3

### 5.1 実施形態 3 の構成

次に図 12、図 13 および図 14 を参照して、実施形態 3 について説明する。図 12 は、実施形態 3 に係るチャンバ装置を備えた EUV 光生成装置 350 の概略構成を示す模式図である。本実施形態 3 の EUV 光生成装置 350 は、図 9 に示した実施形態 2 の EUV 光生成装置 250 と対比すると、基本的に、ノズル 34 内にフィルタ 80 が配されている点で相違している。このフィルタ 80 は、より詳しくは、ノズル 34 のノズル孔とタンク 32 との間に配されている。フィルタ 80 は、酸化スズ等のパーティクルを捕捉する。

【0056】

### 5.2 実施形態 3 の動作

図 13 は、この EUV 光生成装置 350 におけるドロップレット生成の処理の流れを示すフローチャートである。また図 14 は、上記各処理に係る要素の動作等のタイミングを示すタイミングチャートである。以下、これらの図 13 および図 14 を参照して、実施形態 3 の動作について説明する。

【0057】

図 13 に示すフローチャートは、図 2 に示した比較例におけるフローチャートと対比すると、ステップ S15 とステップ S16 との間にステップ S20 が存在する点、およびステップ S18 とステップ S19 との間にステップ S30 が存在する点で相違する。制御部 2 はステップ S20 において、酸素分圧計 70 の出力信号が示すチャンバ 1 内の酸素分圧が、第 1 所定酸素分圧以下であるか否かを判定する。酸素分圧が第 1 所定酸素分圧以下でない場合、処理の流れはステップ S20 に戻って、この判定処理が繰り返される。チャンバ 1 内の酸素分圧が第 1 所定酸素分圧以下である場合は、ステップ S16 の以下の処理が、比較例の場合と同様になされる。第 1 所定酸素分圧は、例えば  $1 \times 10^{-5}$  Pa とされる。

【0058】

制御部 2 はステップ S11 において排気装置 146 の全体、つまり高真空ポンプ 140 とドライポンプ 141 とを ON にさせているが、ステップ S30 において高真空ポンプ 140 を停止させ、ドライポンプ 141 のみで排気を続けさせる。

【0059】

なお、上記ステップ S20 の判定処理がなされることに対応して、図 14 のタイミングチャートでは、チャンバ 1 内の酸素分圧の変化についても示してある。また、上記ステップ S30 の判定処理がなされることに対応して、図 14 のタイミングチャートでは、高真空ポンプ 140 とドライポンプ 141 の ON、OFF を互いに独立して示してある。

【0060】

### 5.3 実施形態 3 の作用・効果

本実施形態 3 では、スズインゴットを溶融してタンク 32 に保持している際に、スズはフィルタ 80 より、スズの流れ方向の上流側にあるので、酸化スズが析出してもフィルタ 80 で捕捉可能となっている。そして、フィルタ 80 からノズル 34 のノズル孔までの間の空間の酸素分圧が  $1 \times 10^{-5}$  Pa 以下になった後にタンク内を加圧して、ノズル孔からスズを吐出させているので、フィルタ 80 からノズル孔の間でのスズの酸化が大幅に抑制される。

【0061】

10

20

30

40

50

また、上記ステップS 20の処理がなされることにより、図14のタイミングチャートに示す通りドロップレット生成は、チャンバ1内の酸素分圧が $1 \times 10^{-5}$  Pa以下になっている状態下でなされるようになる。そこで、溶融スズの酸化が効果的に抑制される。また本実施形態3では、チャンバ1内の圧力が第1所定圧力(例えば1 Pa)以下になれば、ターゲット材料Tの昇温が可能で、さらに、タンク32内を加圧する前までに、酸素分圧が $1 \times 10^{-5}$  Pa以下になれば良い。このため、チャンバ1内の排気開始からドロップレットDLの吐出までの時間を短くできる。

【0062】

#### 6. 実施形態4

##### 6.1 実施形態4の構成

本実施形態4は、制御部2による制御が既述の実施形態とは異なる。そこで、本実施形態4の基本的な構成としては、実施形態1、実施形態2あるいは実施形態3のいずれの構成が適用されてもよい。

【0063】

##### 6.2 実施形態4の動作

本実施形態4の動作は、ドロップレット生成後の動作に特徴を有する。そこで本実施形態4において、ドロップレット生成までの動作は実施形態1、実施形態2あるいは実施形態3のいずれかの動作と同じでよい。

【0064】

図15は、本実施形態4におけるドロップレット生成停止処理、およびそれに関連する各処理の流れを示すフローチャートである。また図16および図17は、上記各処理に係る要素の動作等のタイミングを示すタイミングチャートである。ここで図16は、ドロップレット生成の停止指令が制御部2に入力されたとき、チャンバ1内の酸素分圧が前述した第1所定酸素分圧以下である場合のタイミングチャートである。一方図17は、ドロップレット生成の停止指令が制御部2に入力されたとき、チャンバ1内の酸素分圧が前述した第1所定酸素分圧より高い場合のタイミングチャートである。

【0065】

本実施形態4の構成および動作は上述の通りであるので、ここでは実施形態1による図5の構成と、図6中の一部の処理が適用されるとして説明する。図15に示すステップS15～ステップS18およびステップS19は、図6中のステップS15～ステップS19と同じである。そしてステップS18とステップS19との間に、ステップS40およびステップS20が存在する。制御部2は、ステップS15～ステップS18の処理は、実施形態1におけるのと同様に制御する。そして制御部2は、ステップS18の処理の後、ステップS40において、ドロップレット生成の停止指令(図16および図17の「ドロップレット停止指令」)が入力されているか否かを判定する。

【0066】

制御部2は、ドロップレット生成の停止指令が入力されていない場合、ステップS42において、水素ガス供給源40からチャンバ1内に水素ガスを導入させ、その状態を維持させる。その後、一連の処理が終了する。

【0067】

一方、ドロップレット生成の停止指令が入力されている場合、制御部2はステップS20において、酸素分圧計70(図5参照)の出力信号が示すチャンバ1内の酸素分圧が、第1所定酸素分圧以下であるか否かを判定する。酸素分圧が第1所定酸素分圧以下であると判定された場合、制御部2はステップS41においてドロップレット生成を停止させ、一連の処理が終了する。ステップS20において、酸素分圧が第1所定酸素分圧以下でないと判定された場合、制御部2はステップS19において、水素ガス供給源40からチャンバ1内に水素ガスを導入させ(図17の「水素ガス導入指令」)、その状態を維持させる。次いで制御部2はステップS41においてドロップレット生成を停止させ、一連の処理が終了する。なお、ドロップレット生成を停止させる処理は、具体的には、タンク32内の圧力を前述した第2所定圧力よりも低下させ、そしてピエゾ素子35に対する所定波

10

20

30

40

50

形の電圧供給を停止することによってなされる。

【0068】

なお、ステップS19における水素ガス導入の前に、排気装置として高真空ポンプを使用している場合は、高真空ポンプを停止させた後に、ドロップレット生成を停止させるのが望ましい。

【0069】

#### 6.3 実施形態4の作用・効果

以上説明の通り、本実施形態4では、チャンバ1内の酸素分圧が第1所定酸素分圧より高い場合は、ドロップレットDLの生成を停止しない。そして、チャンバ1内の酸素分圧が第1所定酸素分圧以下の場合に、または、酸素分圧を低くする水素ガス導入の後に、ドロップレットDLの生成を停止するようにしている。このため、ドロップレットDLの生成停止後のチャンバ1内の酸素分圧は、第1所定酸素分圧以下となる。したがって本実施形態4によれば、ドロップレットDLの生成停止後のチャンバ内雰囲気と接している、ノズル孔部のスズの酸化を抑制できる。

【0070】

### 7. 実施形態5

#### 7.1 実施形態5の構成

本実施形態5は、制御部2による制御が既述の実施形態とは異なる。そこで、本実施形態4の基本的な構成としては、実施形態1、実施形態2あるいは実施形態3のいずれの構成が適用されてもよい。ただし、図5等に示す酸素分圧計70は省かれてもよい。

【0071】

#### 7.2 実施形態5の動作

本実施形態5の動作は、酸素分圧の測定を不要としたことが特徴であり、その点以外の動作は実施形態1、実施形態2あるいは実施形態3のいずれかの動作と同じでよい。そこで以下では、図6に示した実施形態1の動作を基に本実施形態5の動作を説明する。

【0072】

図18は、本実施形態5におけるドロップレット生成の処理の流れを示すフローチャートである。このフローチャートは、図6に示した実施形態1におけるフローチャートと対比すると、ステップS20に代えてステップS50が存在する点だけで相違している。このステップS50の次のステップS13では、ターゲット材料Tを第1所定温度まで上昇させるためにヒータ33を加熱するが、ステップS50ではこの加熱に入る前に、第1所定時間待つようにしている。

【0073】

#### 7.3 実施形態5の作用・効果

上記の第1所定時間を例えば実験や経験に基づいて適切な値に設定しておくこと、チャンバ1内のガスが十分な時間に亘って排気され、チャンバ1内の酸素分圧が第1所定酸素分圧以下となる。この第1所定酸素分圧は、例えば $1 \times 10^{-5}$  Paとされる。そこで、ノズル34のノズル孔からスズまでの間の空間の酸素分圧が $1 \times 10^{-5}$  Pa以下になってからスズインゴットが溶融され、ノズル34からスズがドロップレットDLとして吐出される。したがって、上記空間でのスズの酸化が大幅に抑制される。また、酸素分圧計を不要とすることができるので、装置構成を簡素化することができる。

【0074】

なお以上の説明は、制限ではなく単なる例示を意図したものである。したがって、添付の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】

本明細書および添付の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」または「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

10

20

30

40

50

た、本明細書、および添付の請求の範囲に記載される不定冠詞「1つの」は、「少なくとも1つ」または「1またはそれ以上」を意味すると解釈されるべきである。

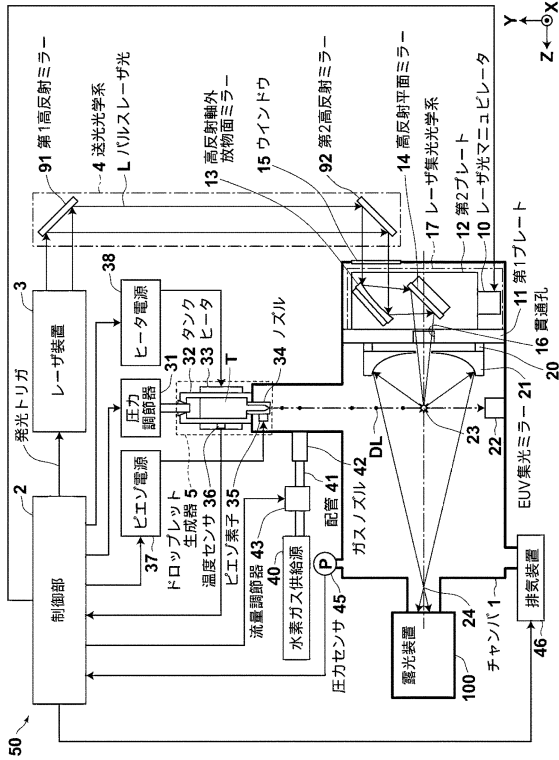
【符号の説明】

【0076】

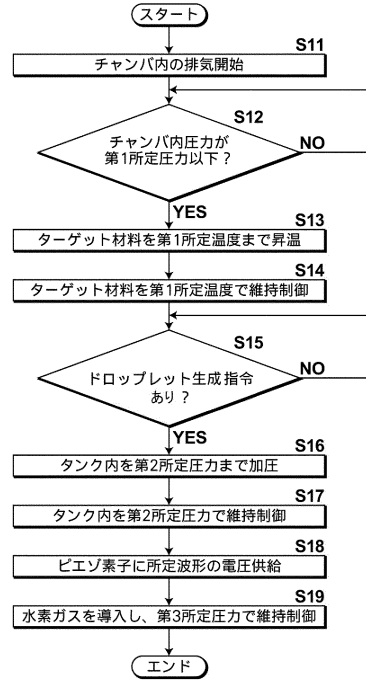
1	チャンバ	
2	制御部	
3	レーザ装置	
4	送光光学系	
5	ドロップレット供給部	
10	レーザ光マニピレータ	10
13	高反射軸外放物面ミラー	
14	高反射平面ミラー	
17	レーザ集光光学系	
21	EUV集光ミラー	
23	プラズマ生成領域	
31	圧力調節器	
32	タンク	
33	ヒータ	
34	ノズル	
35	ピエゾ素子	20
40	水素ガス供給源	
43	流量調節器	
45	圧力センサ	
46、146	排気装置	
50、150、250、350	EUV光生成装置	
70	酸素分圧計	
80	フィルタ	
100	露光装置	
140	高真空ポンプ	
141	ドライポンプ	30
DL	ドロップレット	
L	パルスレーザ光	



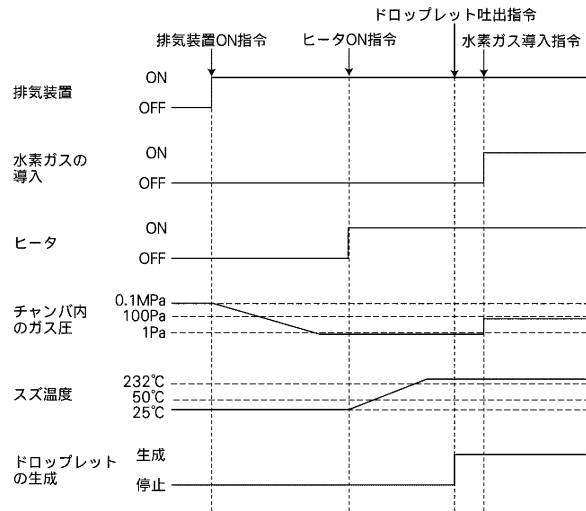
【図1】



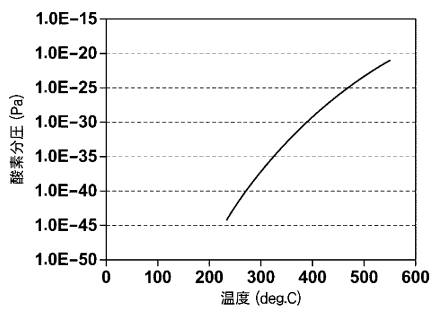
【図2】



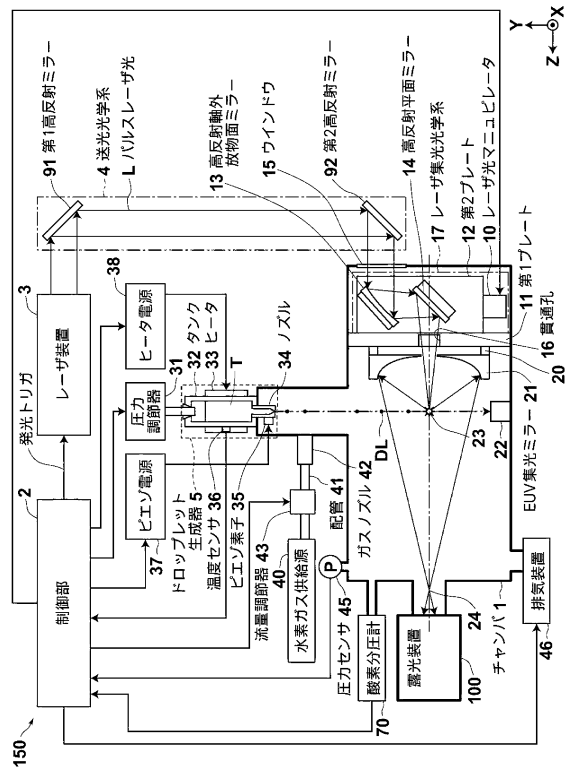
【図3】



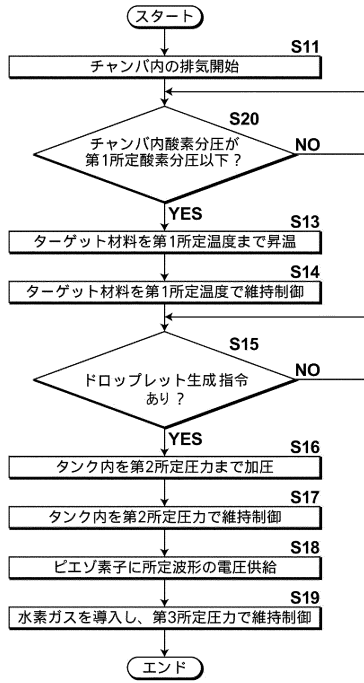
【図4】



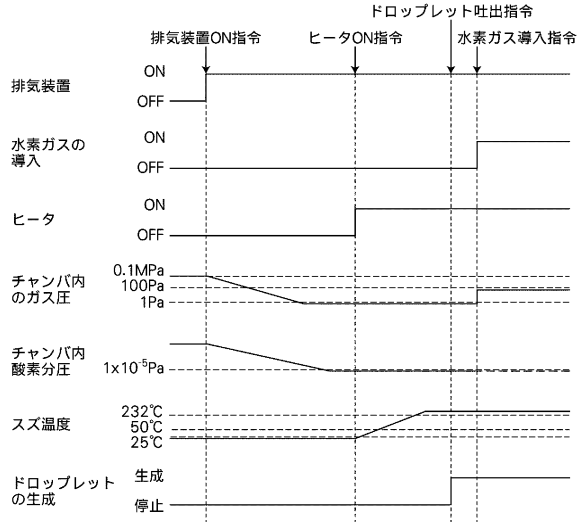
【図5】



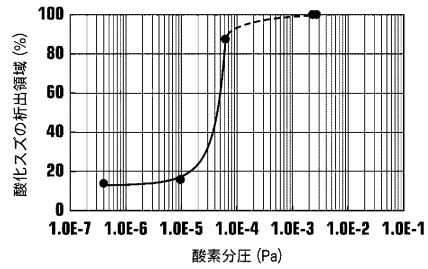
【図6】



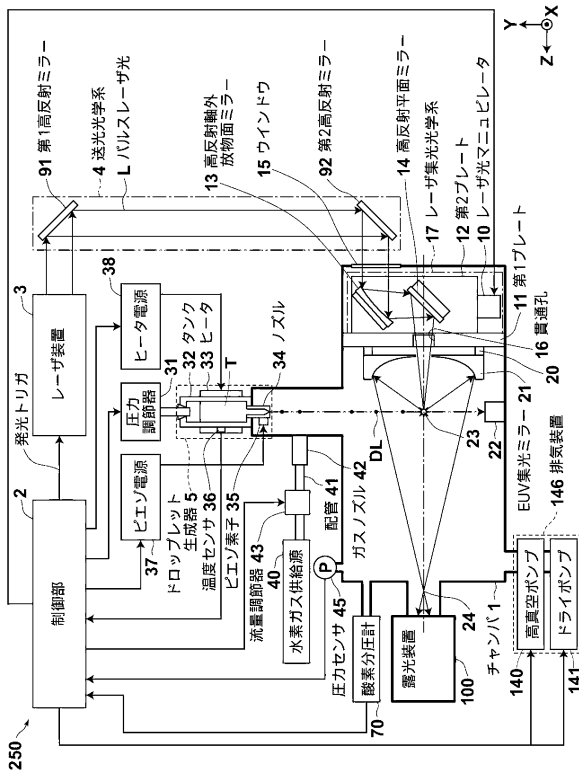
【図7】



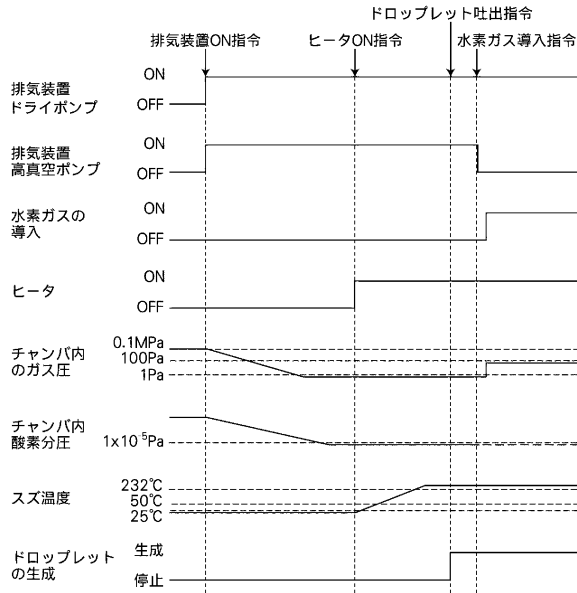
【図8】



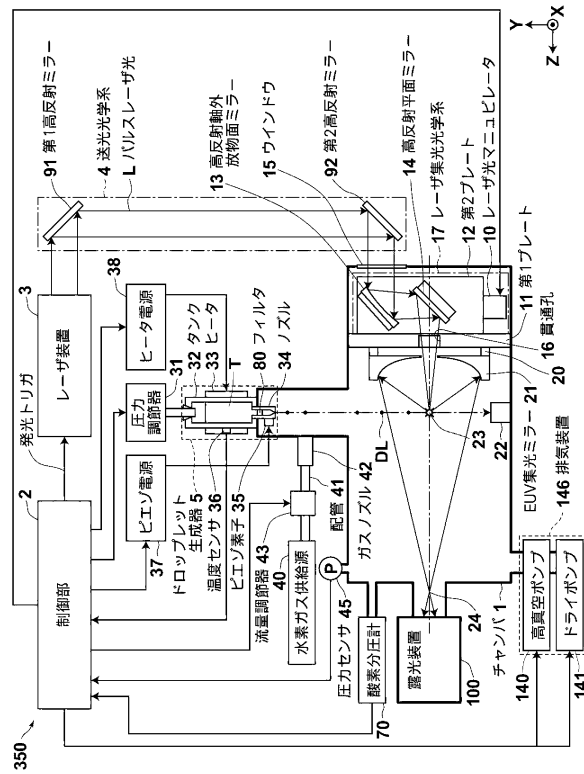
【図9】



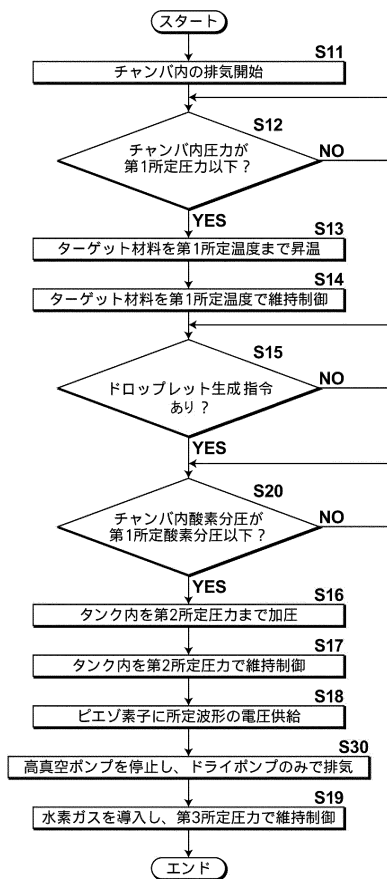
【図11】



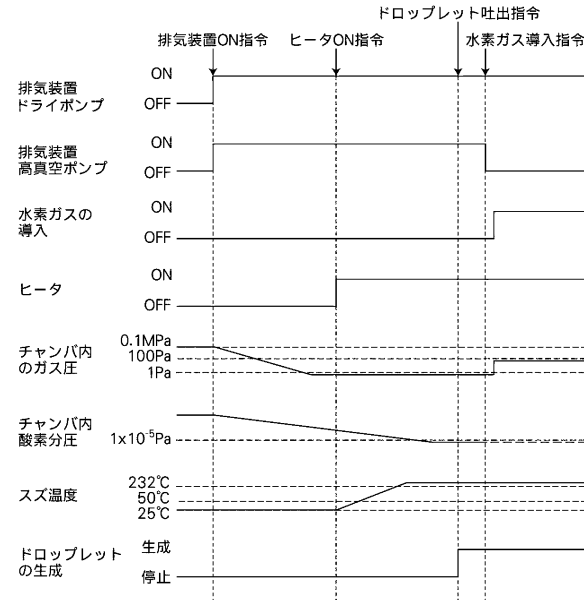
【図12】



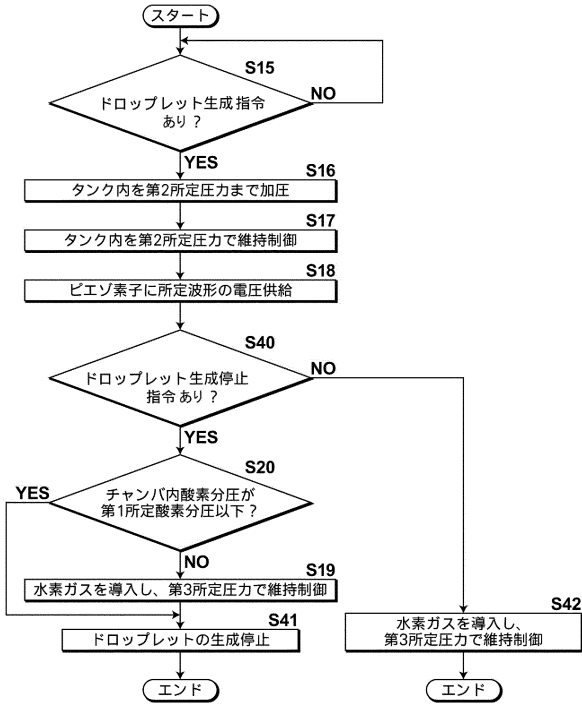
【図13】



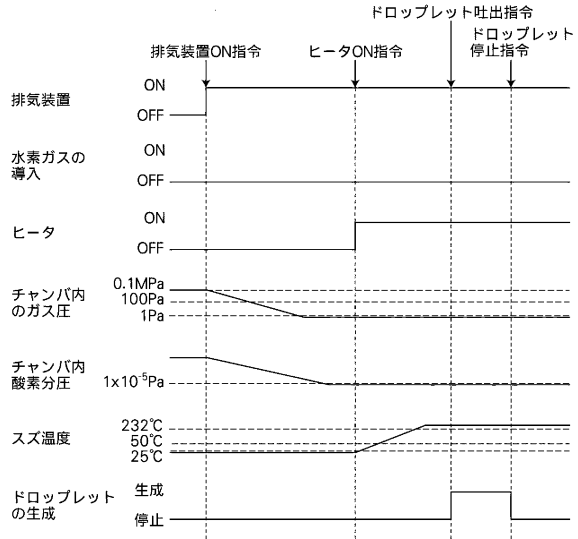
【図14】



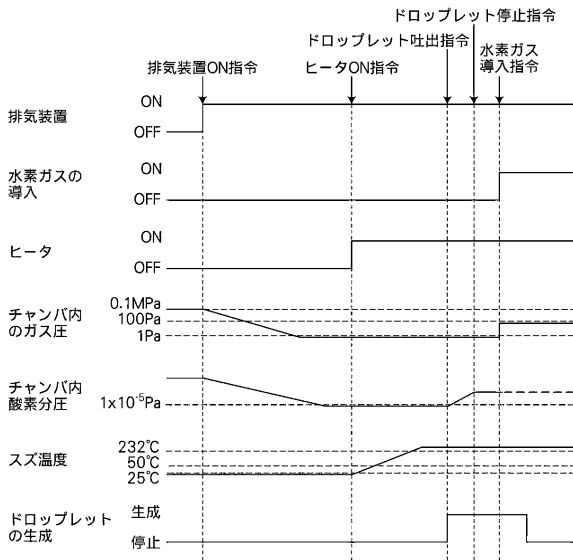
【図15】



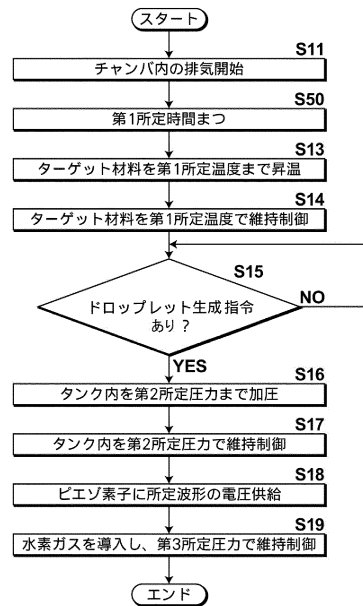
【図16】



【図17】



【図18】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2010-199560(JP,A)  
特開2010-135557(JP,A)  
特開2014-154698(JP,A)  
特開2007-201460(JP,A)  
特開2011-082551(JP,A)  
特開2013-201118(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03F	7/20
H05G	2/00
H05H	1/24
H01L	21/027