

(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2009-105307
(P2009-105307A)

(43) 公開日 平成21年5月14日(2009.5.14)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード(参考)
H01L	21/027	(2006.01)	H01L	21/30	531S	4C092
G21K	1/00	(2006.01)	G21K	1/00	X	5F046
G21K	5/02	(2006.01)	G21K	5/02	X	
H05G	2/00	(2006.01)	H05G	1/00	K	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2007-277388 (P2007-277388)
(22) 出願日 平成19年10月25日(2007.10.25)

(71) 出願人 504224153
国立大学法人 宮崎大学
宮崎県宮崎市学園木花台西1丁目1番地
(74) 代理人 100137752
弁理士 亀井 岳行
(72) 発明者 窪寺 昌一
宮崎県宮崎市学園木花台西1丁目1番地
国立大学法人宮崎大学内
(72) 発明者 加来 昌典
宮崎県宮崎市学園木花台西1丁目1番地
国立大学法人宮崎大学内
Fターム(参考) 4C092 AA06 AA17 AC09 BD18
5F046 GC03

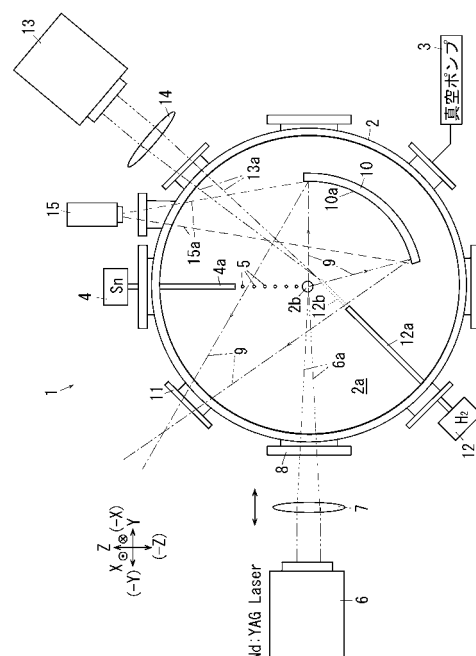
(54) 【発明の名称】 極端紫外光源装置および極端紫外光源における付着物除去方法

(57) 【要約】

【課題】 スズを使用して極端紫外光を発生させる際に、スズ化合物を十分に除去すること。

【解決手段】 内部が排気されたチェンバー(2)と、前記チェンバー(2)内に設定されたプラズマ生成領域(2b)に導入されたスズを加熱、励起してプラズマを発生させるプラズマ発生装置(6)と、前記スズのプラズマから放出される極端紫外光(9)が導出される極端紫外光導出部(11)と、前記スズのプラズマから発生するスズ酸化物が付着した付着部(10a)に対して真空紫外光(15a)を照射する真空紫外光源装置(15)と、を備え、前記真空紫外光(15a)により前記付着部(10a)に付着したスズ酸化物をスズに還元することを特徴とする極端紫外光源装置(1)。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内部が排気されたチェンバーと、
前記チェンバー内に設定されたプラズマ生成領域に導入されたスズを加熱、励起してプラズマを発生させるプラズマ発生装置と、
前記スズのプラズマから放出される極端紫外光が導出される極端紫外光導出部と、
前記スズのプラズマから発生するスズ酸化物が付着した付着部に対して真空紫外光を照射する真空紫外光源装置と、
を備え、前記真空紫外光により前記付着部に付着したスズ酸化物をスズに還元することを特徴とする極端紫外光源装置。

10

【請求項 2】

前記スズのプラズマから放出される極端紫外光を前記極端紫外光導出部に導く光学系と、
前記光学系の表面により構成された前記付着部と、
を備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の極端紫外光源装置。

【請求項 3】

還元されたスズと反応してスズ化合物ガスを生成させるスズ反応性ガスを発生させるスズ反応性ガス発生装置、
を備えたことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の極端紫外光源装置。

【請求項 4】

水素またはハロゲンガスを含むガスを前記チェンバー内に供給するガス供給装置と、前記ガス供給装置により供給されたガスにエネルギーを供給するエネルギー供給装置と、を有し、前記ガス供給装置により供給されたガスを前記イオン化またはラジカル化して前記スズ反応性ガスを発生させる前記スズ反応性ガス発生装置、
を備えたことを特徴とする請求項 3 に記載の極端紫外光源装置。

20

【請求項 5】

スズが加熱、励起されたプラズマから極端紫外光が放出される極端紫外光源装置における付着物除去方法において、
前記プラズマから飛散して付着部に付着したスズ酸化物に対して、真空紫外光を照射して、スズ酸化物をスズに還元することでスズの除去を容易にする
ことを特徴とする極端紫外光源における付着物除去方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、波長 20 nm 以下の極端紫外光を発生させる極端紫外光源装置および極端紫外光源における付着物除去方法に関し、特に、極端紫外光を発生させる原料としてスズを使用する極端紫外光源装置および極端紫外光源における付着物除去方法に関する。

【背景技術】

【0002】

プロセスルールが微細化される次世代半導体リソグラフィの露光用光源として、波長 13.5 nm の極端紫外光 (EUV: Extreme Ultraviolet) を使用した光源の研究が行われている。波長 13.5 nm の EUV は、ターゲットと呼ばれる媒質にプラズマ生成用のレーザー光を照射してプラズマを生成することにより放射される。波長 13.5 nm の EUV を発生させるターゲットとしては、キセノン (Xe) や、錫 (Sn)、リチウム (Li) が知られている。これらのターゲットの中で、リチウム (Li) は反応性が高いためにプラズマが発生する部屋の壁面が反応により変質、腐食等する恐れがあり、リチウムとの反応に耐えるための特殊な加工等をする必要があった。また、キセノンは、プラズマ励起用のレーザー光のエネルギーと、得られた極端紫外光のエネルギーとの比であるエネルギー変換効率が 0.5% 程度と非常に低いという問題がある。したがって、現在では、EUV の高効率発光に関する研究は、スズ系金属を使用するものに絞られてきている。

40

50

【0003】

ターゲットとしてスズ系金属を使用する場合、スズは常温で固体であるため、固体状のスズにレーザー光を照射すると、塵や埃状のスズが飛散し、いわゆるデブリが大量に発生する。前記デブリが光学系等に衝突すると、光学系（反射鏡等）にスズが付着して反射率を変化させたり、光学系を破損したりすることが知られており、現在は、デブリと呼ばれる飛散物を低減する研究に精力が向けられている。

前記デブリを除去するための技術として、例えば、特許文献1、2記載の技術が公知である。

特許文献1（特開2006-222426号公報）や特許文献2（特開2007-220949号公報）には、スズをターゲットとする極端紫外光源において、デブリに含まれるスズやスズ化合物を、水素イオンや水素ラジカル、ハロゲンイオン、ハロゲンラジカル等で反応させて、ガス状のスズ水素化物（スタナン： SnH_4 ）やスズハロゲン化物（ SnCl_4 ）を生成し、真空ポンプで排気する技術が記載されている。

10

【0004】

【特許文献1】特開2006-222426号公報（「0065」～「0076」）

【特許文献2】特開2007-220949号公報（「0017」～「0022」、「0045」～「0048」）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

20

（従来技術の問題点）

前記従来極端紫外光源では、デブリには、金属スズ（ Sn ）だけでなく、スズ化合物が含まれている。一般的に、酸化物は電子的なバンドギャップ（エネルギーギャップ：電子が定常状態を取りうるエネルギー値の間隙の大きさ）が大きく、化学的に安定しており、スズ酸化物（ SnO_2 等）も化学的に安定している。

前記特許文献1、2記載の水素ラジカル等を使用する方法では、金属スズ（ Sn ）の除去に対しては、ある程度技術が確立しているが、安定なスズ酸化物等のスズ化合物に対しては十分な除去が実現されていなかった。したがって、前記特許文献1、2記載の技術では、スズ付着物に対して、極限まで酸素が少ない無酸素環境を保ちつつ、酸化物を生成しない状況で、水素ラジカル等で金属スズの化学的な除去を行っていた。

30

しかし、金属スズ（ Sn ）は、反応性が高く、酸化物になる速度も大きいいため、スズ酸化物の発生は避けられず、金属スズ（ Sn ）が付着した光学系を洗浄する作業過程で酸化が進行することは避けられない。したがって、スズ酸化物等のスズ化合物を簡便な方法で、十分に除去可能にする方法が望まれている。

【0006】

本発明は、スズを使用して極端紫外光を発生させる際に、簡便な方法でスズ酸化物を除去可能にすることを第1の技術的課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

40

前記技術的課題を解決するために、請求項1に記載の発明の極端紫外光源装置は、内部が排気されたチェンバーと、

前記チェンバー内に設定されたプラズマ生成領域に導入されたスズを加熱、励起してプラズマを発生させるプラズマ発生装置と、

前記スズのプラズマから放出される極端紫外光が導出される極端紫外光導出部と、

前記スズのプラズマから発生するスズ酸化物が付着した付着部に対して真空紫外光を照射する真空紫外光源装置と、

を備え、前記真空紫外光により前記付着部に付着したスズ酸化物をスズに還元することを特徴とする。

【0008】

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の極端紫外光源装置において、

50

前記スズのプラズマから放出される極端紫外光を前記極端紫外光導出部に導く光学系と

、
前記光学系の表面により構成された前記付着部と、
を備えたことを特徴とする。

【0009】

請求項3に記載の発明は、請求項1または2に記載の極端紫外光源装置において、
還元されたスズと反応してスズ化合物ガスを生成させるスズ反応性ガスを発生させるスズ反応性ガス発生装置、
を備えたことを特徴とする。

【0010】

請求項4に記載の発明は、請求項3に記載の極端紫外光源装置において、
水素またはハロゲンガスを含むガスを前記チェンバー内に供給するガス供給装置と、前記ガス供給装置により供給されたガスにエネルギーを供給するエネルギー供給装置と、を有し、前記ガス供給装置により供給されたガスを前記イオン化またはラジカル化して前記スズ反応性ガスを発生させる前記スズ反応性ガス発生装置、
を備えたことを特徴とする。

【0011】

前記技術的課題を解決するために、請求項5に記載の発明の極端紫外光源における付着物除去方法は、
スズが加熱、励起されたプラズマから極端紫外光が放出される極端紫外光源装置における付着物除去方法において、
前記プラズマから飛散して付着部に付着したスズ酸化物に対して、真空紫外光を照射して、スズ酸化物をスズに還元することでスズの除去を容易にすることを特徴とする。

【発明の効果】

【0012】

請求項1記載の発明によれば、スズを使用して極端紫外光を発生させる際に、スズ化合物、少なくともスズ酸化物を真空紫外光で還元することができ、簡便な方法でスズ酸化物を除去可能にすることができる。

請求項2記載の発明によれば、光学系に付着したスズ化合物を十分に除去可能にできる

。請求項3記載の発明によれば、還元されたスズをスズ反応性ガスで、スズ化合物ガスとして排気することで、除去することができる。

請求項4記載の発明によれば、イオン化又はラジカル化されたスズ反応性ガスでスズを排気、除去することができる。





請求項5記載の発明によれば、スズを使用して極端紫外光を発生させる際に、スズ化合物、少なくともスズ酸化物を真空紫外光で還元することができ、簡便な方法でスズ酸化物を除去可能にすることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

次に図面を参照しながら、本発明の実施例を説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

なお、以後の説明の理解を容易にするために、図面において、前後方向をX軸方向、左右方向をY軸方向、上下方向をZ軸方向とし、矢印X、-X、Y、-Y、Z、-Zで示す方向または示す側をそれぞれ、前方、後方、右方、左方、上方、下方、または、前側、後側、右側、左側、上側、下側とする。

また、図中、「」の中に「」が記載されたものは紙面の裏から表に向かう矢印を意味し、「」の中に「」が記載されたものは紙面の表から裏に向かう矢印を意味するものとする。

なお、以下の図面を使用した説明において、理解の容易のために説明に必要な部材以外

10

20

30

40

50

の図示は適宜省略されている。

【実施例 1】

【0014】

図 1 は、本発明の実施例 1 の極端紫外光源装置の全体説明図である。

図 1 において、本発明の実施例 1 の極端紫外光源装置 1 は、いわゆるレーザー生成プラズマ方式の極端紫外光源装置により構成されている。前記極端紫外光源装置 1 は、チェンバー 2 を有する。前記チェンバー 2 の内部には、真空室 2 a が設けられており、真空室 2 a の中央にはプラズマ生成領域 2 b が設定されている。前記チェンバー 2 には、排気装置の一例としての真空ポンプ 3 が接続されており、真空室 2 a が排気される。

前記プラズマ生成領域 2 b の上方には、ターゲット材供給装置 4 が支持されている。前記ターゲット材供給装置 4 は、プラズマ生成領域 2 b の上方まで延びる供給ノズル 4 a を有し、プラズマ生成領域 2 b に向けて所定のタイミングおよび量で、ターゲット材を供給する。実施例 1 では、前記ターゲット材の一例として、スズを含む酸化スズ (SnO_2) の微粒子 5 が使用されている。

10

【0015】

前記プラズマ生成領域 2 b の左方には、プラズマ発生装置 6 が配置されている。実施例 1 のプラズマ発生装置 6 は、従来公知の Nd : YAG レーザー光源装置により構成されており、プラズマ発生用のレーザー光 6 a を照射する。前記プラズマ発生用レーザー光 6 a は、集光レンズ 7 により集光され、プラズマ発生用レーザー光導入窓部 8 を通じて、チェンバー 2 内のプラズマ生成領域 2 b に照射される。したがって、前記ターゲット材供給装置 4 により供給された酸化スズにレーザー光 6 a が照射されて、スズが加熱、励起され、プラズマが発生し、波長が 13.5 nm 程度の極端紫外光 (EUV) 9 が放出される。

20

前記プラズマ生成領域 2 b の右下方には、光学系 10 が配置されている。実施例 1 の光学系 10 は、いわゆる凹面鏡により構成されており、プラズマ生成領域 2 b から放出された極端紫外光 9 を、極端紫外光導出部 11 に集光して、外部に真空紫外光を導出する。前記光学系 10 は、例えば、モリブデン (Mo) とシリコン (Si) の膜が多層に積層された多層膜反射鏡により構成することができ、反射鏡表面により、実施例 1 の付着部 10 a が構成されている。

【0016】

前記チェンバー 2 の左下方には、ガス供給装置 12 が配置されている。前記ガス供給装置 12 は、且つ、プラズマ生成領域 2 b と光学系 10 との間でプラズマ生成領域 2 b の近傍まで延びるガス供給ノズル 12 a を有する。実施例 1 のガス供給装置 12 は、供給ガスの一例としての水素ガス 12 b を供給する。

30

前記チェンバー 2 の右上方には、エネルギー供給装置 13 が配置されている。実施例 1 のエネルギー供給装置 13 は、イオン・ラジカル発生用レーザー光源装置 13 により構成されており、イオン・ラジカル発生用レーザー光 13 a を照射する。前記イオン・ラジカル発生用レーザー光 13 a は、集光レンズ 14 により集光され、水素ガス 12 b に照射される。

【0017】

したがって、前記ガス供給装置 12 により供給された水素ガスは、水素ガスの流れにより、いわゆるガスカーテンが形成され、プラズマ生成領域 2 b で発生した金属スズやスズ化合物のデブリが、ガスカーテンで光学系 10 側への移動が妨げられて、デブリの光学系 10 への付着が低減される。また、イオン・ラジカル発生用レーザー光 13 a が照射された水素ガスは、エネルギーを受けて、イオン化されたり、ラジカル化され、水素イオンや水素ラジカル等のスズ反応性ガスが発生する。発生した水素ラジカル等は、ガスカーテンを通過して光学系 10 に付着した金属スズ (Sn) と化学反応して、ガス状の水素化スズ (SnH_4 等) となる。

40

前記ガス供給装置 12 およびエネルギー供給装置 13、集光レンズ 14 等により、実施例 1 のスズ反応性ガス発生装置 (12 ~ 14) が構成されている。なお、前記スズ反応性ガス発生装置 (12 ~ 14) は、従来公知の装置を使用可能であり、例えば、前記特許文

50

献 1、2 に記載されている装置を使用可能である。

【0018】

前記光学系 10 の上方には、真空紫外光源装置 15 が配置されている。実施例 1 の真空紫外光源装置 15 は、アルゴンエキシマランプにより構成されており、波長 126 nm の真空紫外光 (VUV: Vacuum Ultraviolet) 15 a が照射される。前記真空紫外光 15 a は、チェンバー 2 内に導入され、光学系 10 の表面の付着部 10 a に照射される。

なお、前記エキシマランプは、従来公知のものを使用可能であり、例えば、特開 2007-128924 号公報記載のエキシマランプを使用することも可能であり、これに替えて、例えば、特開 2007-88384 号公報記載のエキシマレーザー光源装置を使用することも可能である。

【0019】

(実施例 1 の作用)

前記構成を備えた実施例 1 の極端紫外光源装置 1 では、プラズマ生成領域 2 b に供給された金属スズにプラズマ発生用レーザー光 6 a が照射されて、プラズマとなり、波長 13.5 nm 程度の極端紫外光 9 が放出され、光学系 10 で反射、集光されて極端紫外光導出部 11 から外部に照射される。このとき、プラズマ生成領域 2 b で発生し、飛散した金属スズやスズ化合物により構成されたデブリは、ガスカーテンで一部が光学系 10 側への移動が遮られると共に、水素ラジカル等のスズ反応性ガスでガス状のスズ水素化物 (スズ化合物ガス) となり、真空ポンプ 3 により排気される。

【0020】

前記デブリに含まれたスズ酸化物のような比較的安定した物質で、水素ラジカル等と反応しなかったものは、光学系 10 に付着することがある。光学系 10 の表面 10 a に付着したスズ酸化物等は、真空紫外光源装置 15 により照射された真空紫外光 15 a により、金属スズに還元される。前記スズ酸化物の金属スズへの還元は、スズ酸化物に比較的高エネルギーの高い真空紫外光を照射すると、酸化物内の欠陥を經由して励起子が誘起され、この励起子反応を通じて酸素が離脱してスズが析出するものと考えられる。

前記真空紫外光 15 a により還元されて析出した金属スズは、反応性が高く、近傍に存在する水素ラジカル等と反応して、スズ水素化物となり、真空ポンプ 3 で排気される。したがって、実施例 1 の極端紫外光源装置 1 では、スズ酸化物を、真空紫外光 15 a を照射するだけで、金属スズに分解、還元することができ、分解された金属スズは、水素ラジカル等のスズ反応性ガスによりガス化して排気することができる。すなわち、光エネルギーのみで、他の気体を使用せずに、効率よく安定してスズ酸化物を還元することができる。

【0021】

(実験例)

前記実施例 1 の効果を確かめるための実験を行った。

(実験例 1)

実験例 1 は、極端紫外光源装置 1 でプラズマ発生用レーザー光 6 a の照射回数が 0 回、1 万回、2 万回、3 万回の場合に、付着、堆積したデブリに対して、126 nm のエキシマランプを照射強度 $3 \text{ mW} / \text{cm}^2$ で 5 時間照射した後に、表面を XPS (X 線光電子分光法、X-ray photoelectron spectroscopy) で分析を行った。XPS による分析は、スズの 3d 軌道 (Sn - 3d) に対応する XPS スペクトルと、酸素の 1s 軌道 (O - 1s) に対応する XPS スペクトルとを測定した。

(比較例 1)

比較例 1 は、エキシマランプの照射を行わなかった以外は、実験例 1 と同様の条件で実験を行った。

実験結果を、図 2 に示す。

【0022】

図 2 は実験例の実験結果のグラフであり、図 2 A は Sn - 3d の XPS スペクトルのグラフ、図 2 B は O - 1s の XPS スペクトルのグラフである。

なお、図 2 のグラフでは、横軸に照射回数 (レーザーショット回数) を取り、縦軸に X

10

20

30

40

50

P S 信号強度を取っている。

図 2 A において、付着物（スズ酸化物等）のスズ原子からの信号は、エキシマランプの照射の有無にかかわらず、照射回数に比例しており、プラズマ発生用レーザー光 6 a の照射回数に比例して堆積物が増えるという予想通りの結果となっている。

図 2 B において、付着物からの酸素原子の成分は、エキシマランプが照射されない場合には、比較例 1（グラフ中の 参照）のように酸素が増加し、スズ酸化物が付着、堆積して増加していることがわかる。一方、エキシマランプが照射された場合は実験例 1（グラフ中の 参照）に示されるように、同じ照射回数の比較例 1 に比べて、酸素が減少しており、付着物から酸素が脱離し、スズ酸化物が還元されていることが確認され、金属スズの析出が確認された。

【 0 0 2 3 】

(変更例)

以上、本発明の実施例を詳述したが、本発明は、前記実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内で、種々の変更を行うことが可能である。

例えば、前記実施例において、極端紫外光を発生させるためのプラズマの発生方法として、レーザー生成プラズマ（L P P : Laser Produced Plasma）方式の構成を例示したが、これに限定されず、D P P（放電生成プラズマ、Discharge Produced Plasma）方式等、他のプラズマ発生方式にも適用可能である。

また、前記実施例において、ターゲット材としての微粒子状のスズを供給したが、この方法に限定されず、固定の板状のスズターゲットとしたり、液状またはガス状のスズ化合物をターゲットとしたり、あるいは、スズの微粒子を含有する液滴とする等、ターゲットの形状は任意に変更可能である。また、ターゲット材として、容易に入手可能な酸化スズを例示したが、これに限定されず、金属錫やその他の錫化合物を使用することも可能である。

【 0 0 2 4 】

さらに、前記実施例において、例示した具体的な材料名や数値については、設計や仕様等に応じて、任意に変更可能である。例えば、レーザー光源装置 6、13 は、使用可能な公知のレーザー光源装置を使用可能である。また、各装置 4、6、10、12、13 等の位置関係は、実施例に例示した位置関係に限定されず、変更可能である。

また、ガスカートン用のガスとして、水素を例示したが、これに限定されず、スズと反応してガス状にすることが可能な任意のガス、例えば、ハロゲンガス（塩素ガス）等を使用することも可能である。また、水素ラジカル等をレーザー光照射により発生させたがこの方法に限定されず、加熱した金属（タングステン等）に水素ガスを接触させる等の方法で生成することも可能である。

さらに、前記実施例において、デブリが付着する付着部として光学系 10 の表面 10 a に対して真空紫外光を照射する構成を例示したが、これに限定されず、デブリを除去する必要のある任意の部材に対して真空紫外光を照射可能である。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 2 5 】

本発明の極端紫外光源装置は、極端紫外光を利用して微細な回路パターンを作成するリソグラフィ分野において好適に使用可能である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 6 】

【図 1】図 1 は、本発明の実施例 1 の極端紫外光源装置の全体説明図である。

【図 2】図 2 は実験例の実験結果のグラフであり、図 2 A は S n - 3 d の X P S スペクトルのグラフ、図 2 B は O - 1 s の X P S スペクトルのグラフである。

【符号の説明】

【 0 0 2 7 】

1 ... 極端紫外光源装置、

10

20

30

40

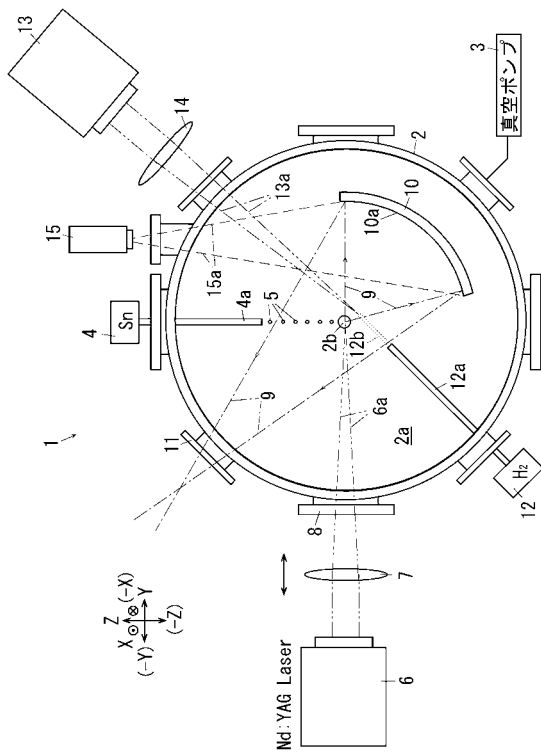
50

- 2 ... チェンバー、
- 2 a ... 真空室、
- 2 b ... プラズマ生成領域、
- 3 ... 真空ポンプ、
- 4 ... ターゲット材供給装置、
- 4 a ... 供給ノズル、
- 5 ... 微粒子、
- 6 ... プラズマ発生装置、
- 6 a ... プラズマ発生用レーザー光、
- 7 ... 集光レンズ、
- 8 ... プラズマ発生用レーザー光導入窓部、
- 9 ... 極端紫外光、
- 10 ... 光学系、
- 10 a ... 付着部、
- 11 ... 極端紫外光導出部、
- 12 ... ガス供給装置、
- 12 ~ 14 ... スズ反応性ガス発生装置、
- 12 a ... ガス供給ノズル、
- 12 b ... 水素ガス、
- 13 ... エネルギー供給装置、
- 13 a ... イオン・ラジカル発生用レーザー光、
- 14 ... 集光レンズ、
- 15 ... 真空紫外光源装置、
- 15 a ... 真空紫外光。

10

20

【 図 1 】



【 図 2 】

