

(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
2016 年 12 月 22 日(22.12.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/203630 A1

(51) 国際特許分類:
H05G 2/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2015/067678

(22) 国際出願日: 2015 年 6 月 19 日(19.06.2015)

(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 4 0 0 番地 Tochigi (JP).

(72) 発明者: 鈴木 徹(SUZUKI Toru); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田 4 0 0 番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP). 宮下 光太郎(MIYASHITA Kotaro); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田 4 0 0 番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP). 植野 能史(UENO Yoshifumi); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田 4 0 0 番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP). 石井 卓也(ISHII Takuya); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田 4 0 0 番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP).

(74) 代理人: 松浦 憲三(MATSUURA Kenzo); 〒1630223 東京都新宿区西新宿二丁目 6 番 1 号

新宿住友ビル 2 3 階 私書箱第 1 7 6 号 新都城国際特許事務所 Tokyo (JP).

(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, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

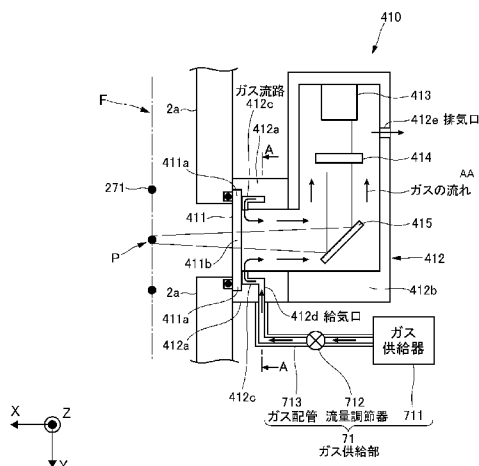
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, 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:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: EUV LIGHT GENERATION DEVICE

(54) 発明の名称: 極端紫外光生成装置



412c Gas flow path
412d Supply air port
412e Exhaust air port
71 Gas supply unit
711 Gas supply apparatus
712 Flow rate adjustment apparatus
713 Gas distribution tube
AA Gas flow

(57) Abstract: The purpose of the present invention is to control the output timing of a laser light highly accurately. The extreme UV light generation device may comprise: a chamber, wherein plasma is generated, thereby causing extreme UV light to be generated; a window provided in the chamber; a light path tube connected to the chamber; a light source, disposed inside the light path tube, for outputting light through the window into the chamber; a gas supply unit for supplying gas into the light path tube; and an air exhaust port for discharging the gas in the light path tube to the exterior of the light path tube.

(57) 要約: レーザ光の出力タイミングを高精度で制御する。極端紫外光生成装置は、内部でプラズマが生成されることによって極端紫外光が生成されるチャンバと、前記チャンバに設けられたウインドウと、前記チャンバに接続された光路管と、前記光路管内に配置され、前記ウインドウを介して前記チャンバ内に光を出力する光源と、前記光路管内にガスを供給するガス供給部と、前記光路管内の前記ガスを前記光路管外に排出する排気口と、を備えてもよい。

明 細 書

発明の名称： 極端紫外光生成装置

技術分野

[0001] 本開示は、極端紫外光生成装置に関する。

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）光を生成する極端紫外（EUV）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、ターゲットにレーザ光を照射することによって生成されるプラズマを用いたLPP（Laser Produced Plasma：レーザ励起プラズマ）方式の装置と、放電によって生成されるプラズマを用いたDPP（Discharge Produced Plasma）方式の装置と、軌道放射光を用いたSR（Synchrotron Radiation）方式の装置との3種類の装置が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許出願公開平成9－174274号

特許文献2：特許出願公開昭和63－263449号

特許文献3：特許出願公開2001－34524号

特許文献4：特許出願公開2014－154229号

概要

[0005] 本開示の1つの観点に係る極端紫外光生成装置は、内部でプラズマが生成されることによって極端紫外光が生成されるチャンバと、チャンバに設けられたウインドウと、チャンバに接続された光路管と、光路管内に配置され、

ウインドウを介してチャンバ内に光を出力する光源と、光路管内にガスを供給するガス供給部と、光路管内のガスを光路管外に排出する排気口と、を備えてもよい。

[0006] 本開示の1つの観点に係る極端紫外光生成装置は、内部でプラズマが生成されることによって極端紫外光が生成されるチャンバと、チャンバに設けられたウインドウと、チャンバに接続された光路管と、光路管内に配置され、ウインドウを介してチャンバ内から光を受光する受光素子と、光路管内にガスを供給するガス供給部と、光路管内のガスを光路管外に排出する排気口と、を備えてもよい。

[0007] 本開示の1つの観点に係る極端紫外光生成装置は、内部でプラズマが生成されることによって極端紫外光が生成されるチャンバと、チャンバに設けられたウインドウと、チャンバに接続された光路管と、光路管内に配置され、ウインドウを介してチャンバ内に光を出力する光源と、光路管内の屈折率分布を均一化させる装置と、を備えてもよい。

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、例示的なLPP方式のEUV光生成システムの構成を概略的に示す。

[図2]図2は、ドロップレット検出器を備えるEUV光生成装置の構成を説明するための図を示す。

[図3]図3は、図2に示された光源部の詳細な構成を説明するための図を示す。

[図4]図4は、図2に示された受光部の詳細な構成を説明するための図を示す。

[図5]図5は、制御部によって制御されるレーザ装置の出力タイミングを説明するための図である。

[図6]図6は、光路管内に生じる温度分布を説明するための図を示す。

[図7]図7は、光路管内に熱レンズが形成されることに伴って、光源から出力された光の集光位置が変化することを説明するための図を示す。

[図8]図8は、図7に示された光源から出力された光の集光位置が変化することに伴って、受光素子の受光面に転写された光の像が変化することを説明するための図を示す。

[図9]図9は、図8に示された受光素子の受光面に転写された光の像が変化することに伴って、受光素子から出力される通過タイミング信号が変化することを説明するための図を示す。

[図10]図10は、第1実施形態に係るガス供給部及び光源部の構成を説明するための図を示す。

[図11]図11は、図10に示されたA－A線における断面図を示す。

[図12]図12は、第1実施形態の変形例1に係る光源部を説明するための図を示す。

[図13]図13は、第2実施形態に係るガス供給部及び受光部の構成を説明するための図を示す。

[図14]図14は、図13に示されたB－B線における断面図を示す。

[図15]図15は、第3実施形態のEUV光生成装置の構成を説明するための図を示す。

[図16]図16は、第4実施形態のEUV光生成装置の構成を説明するための図を示す。

[図17]図17は、図16に示された光路管内に供給されるガスの流量制御に関する動作を説明するためのフローチャートを示す。

[図18]図18は、第5実施形態に係る攪拌装置及び光源部を説明するための図を示す。

[図19]図19は、各制御部のハードウェア環境を説明するためのブロック図を示す。

実施形態

[0009] ～内容～

1. 概要
2. 用語の説明
3. E U V 光生成システムの全体説明
 3. 1 構成
 3. 2 動作
4. ドロップレット検出器を備える E U V 光生成装置
 4. 1 構成
 4. 2 動作
5. 課題
6. 第 1 実施形態の E U V 光生成装置
 6. 1 構成
 6. 2 動作
 6. 3 作用
 6. 4 第 1 実施形態の変形例 1
7. 第 2 実施形態の E U V 光生成装置
8. 第 3 実施形態の E U V 光生成装置
 8. 1 ドロップレット検出器
 8. 2 ドロップレット軌道計測器
 8. 3 ドロップレット画像計測器
9. 第 4 実施形態の E U V 光生成装置
 9. 1 構成
 9. 2 動作
 9. 3 作用
10. 第 5 実施形態の E U V 光生成装置
11. その他
 11. 1 各制御部のハードウェア環境
 11. 2 その他の変形例等

[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. 概要]

本開示は、以下の実施形態を単なる例として少なくとも開示し得る。

[0012] 本開示のEUV光生成装置1は、内部でプラズマが生成されることによってEUV光252が生成されるチャンバ2と、チャンバ2に設けられたウィンドウ411と、チャンバ2に接続された光路管412と、光路管412内に配置され、ウィンドウ411を介してチャンバ2内に光を出力する光源413と、光路管412内にガスを供給するガス供給部71と、光路管412内のガスを光路管412外に排出する排気口412eと、を備えてもよい。

このような構成により、EUV光生成装置1は、パルスレーザ光31の出力タイミングを高精度で制御し得る。

[0013] [2. 用語の説明]

「ターゲット」は、チャンバに導入されたレーザ光の被照射物である。ターゲットにレーザ光が照射されると、ターゲットはプラズマ化してEUV光を放射する。

「ドロップレット」は、チャンバ内へ供給されるターゲットの一形態である。

「ドロップレット軌道」は、チャンバ内に出力されたドロップレットが進行する経路である。ドロップレット軌道は、プラズマ生成領域において、チャンバ内に導入されたレーザ光の光路と交差してもよい。

「プラズマ光」は、プラズマ化したターゲットから放射された放射光である。当該放射光にはEUV光が含まれている。

「光路軸」は、レーザ光の進行方向に沿ってレーザ光のビーム断面の中心を通る軸である。

「光路」は、レーザ光が通る経路である。光路には、光路軸が含まれてもよい。

[0014] [3. E U V 光生成システムの全体説明]

[3. 1 構成]

図1に、例示的なL P P方式のE U V 光生成システムの構成を概略的に示す。

E U V 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、E U V 光生成装置1及びレーザ装置3を含むシステムを、E U V 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、E U V 光生成装置1は、チャンバ2、ターゲット供給部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。ターゲット供給部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。ターゲット供給部26から供給されるターゲット27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。

[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E U V 集光ミラー23が配置されてもよい。E U V 集光ミラー23は、第1及び第2の焦点を有し得る。E U V 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。E U V 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（I F）292に位置するように配置されるのが好ましい。E U V 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。

[0016] E U V 光生成装置1は、E U V 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 の存在、軌跡、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 293 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 293 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。

[0018] 更に、EUV 光生成装置 1 は、レーザ光進行方向制御部 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] [3. 2 動作]

図 1 を参照すると、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] ターゲット供給部 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 33 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 EUV 光 251 が、他の波長の光の放射に伴って放射され得る。EUV 光 251 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。

[0021] E U V 光生成制御部 5 は、E U V 光生成システム 1 1 全体の制御を統括するように構成されてもよい。E U V 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 2 7 のイメージデータ等処理するように構成されてもよい。また、E U V 光生成制御部 5 は、例えば、ターゲット 2 7 が出力されるタイミング制御及びターゲット 2 7 の出力方向等の制御の内の少なくとも 1 つを行ってもよい。更に、E U V 光生成制御部 5 は、例えば、レーザ装置 3 の出力タイミングの制御、パルスレーザ光 3 2 の進行方向の制御、パルスレーザ光 3 3 の集光位置の制御の内の少なくとも 1 つを行ってもよい。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。

[0022] [4. ドロップレット検出器を備える E U V 光生成装置]

[4. 1 構成]

図 2 ～図 5 を用いて、ドロップレット検出器 4 1 を備える E U V 光生成装置 1 の構成について説明する。

図 2 は、ドロップレット検出器 4 1 を備える E U V 光生成装置 1 の構成を説明するための図を示す。

図 2 では、E U V 光生成装置 1 のチャンバ 2 から露光装置 6 に向かって E U V 光 2 5 2 を出力する方向を X 軸方向とし、X 軸方向に直交する方向であってドロップレット軌道 F に沿った方向を Y 軸方向とする。Z 軸方向は、X 軸方向及び Y 軸方向に直交する方向とする。以降の図面でも図 2 の座標軸と同様とする。

[0023] E U V 光生成装置 1 のチャンバ 2 は、上述のように、内部に供給されたターゲット 2 7 にパルスレーザ光 3 3 が照射されることで E U V 光 2 5 2 が生成される容器であってもよい。

チャンバ 2 は、例えば、中空の筒形状に形成されてもよい。

チャンバ 2 の内部空間を形成する壁 2 a は、導電性を有する材料を用いて形成されてもよい。

筒形状のチャンバ 2 の中心軸方向は、E U V 光 2 5 2 を露光装置 6 へ出力

する方向に略平行であってもよい。

チャンバ2は、チャンバ2外からチャンバ2内へターゲット27を供給するためのターゲット供給路2bを含んでもよい。

ターゲット供給路2bは、筒形状のチャンバ2の側面部に設けられてもよい。

ターゲット供給路2bは、筒形状に形成されてもよい。

筒形状のターゲット供給路2bの中心軸方向は、EUV光252を露光装置6へ出力する方向に略直交してもよい。

[0024] チャンバ2の内部には、レーザ光集光光学系22aと、EUV集光光学系23aと、ターゲット回収部28と、プレート225及びプレート235と、が設けられてもよい。

チャンバ2の外部には、レーザ光進行方向制御部34と、EUV光生成制御部5と、ターゲット供給部26と、ドロップレット検出器41と、制御部8と、が設けられてもよい。

[0025] プレート235は、チャンバ2の内側面に固定されてもよい。

プレート235の中央には、その厚さ方向にパルスレーザ光33が通過可能な孔235aが設けられてもよい。孔235aの開口方向は、図1における貫通孔24及びプラズマ生成領域25を通る軸と略同一の方向であってもよい。

プレート235の一方の面には、EUV集光光学系23aが設けられてもよい。

プレート235の他方の面には、プレート225が設けられてもよい。

[0026] EUV集光光学系23aは、EUV集光ミラー23と、ホルダ231と、を含んでもよい。

ホルダ231は、EUV集光ミラー23を保持してもよい。

EUV集光ミラー23を保持するホルダ231は、プレート235に固定されてもよい。

[0027] プレート225は、図示しない3軸ステージによって位置及び姿勢がプレ

ート 2 3 5 に対して変更可能であってもよい。

3 軸ステージは、X 軸方向、Y 軸方向、及び Z 軸方向の 3 軸方向にプレート 2 2 5 を動かすアクチュエータを含んでもよい。

3 軸ステージのアクチュエータは、EUV 光生成制御部 5 からの制御によって、プレート 2 2 5 を動かしてもよい。それにより、プレート 2 2 5 の位置及び姿勢が変更されてもよい。

プレート 2 2 5 には、レーザ光集光光学系 2 2 a が設けられてもよい。

[0028] レーザ光集光光学系 2 2 a は、レーザ光集光ミラー 2 2 と、ホルダ 2 2 3 と、ホルダ 2 2 4 と、を含んでもよい。

レーザ光集光ミラー 2 2 は、チャンバ 2 の底面部に設けられたウインドウ 2 1 を透過したパルスレーザ光 3 2 が入射するように配置されてもよい。

レーザ光集光ミラー 2 2 は、軸外放物面ミラー 2 2 1 と、平面ミラー 2 2 2 とを含んでもよい。

[0029] ホルダ 2 2 3 は、軸外放物面ミラー 2 2 1 を保持してもよい。

軸外放物面ミラー 2 2 1 を保持するホルダ 2 2 3 は、プレート 2 2 5 に固定されてもよい。

ホルダ 2 2 4 は、平面ミラー 2 2 2 を保持してもよい。

平面ミラー 2 2 2 を保持するホルダ 2 2 4 は、プレート 2 2 5 に固定されてもよい。

[0030] 軸外放物面ミラー 2 2 1 は、チャンバ 2 の底面部に設けられたウインドウ 2 1 及び平面ミラー 2 2 2 とそれぞれ対向して配置されてもよい。

平面ミラー 2 2 2 は、孔 2 3 5 a 及び軸外放物面ミラー 2 2 1 とそれぞれ対向して配置されてもよい。

軸外放物面ミラー 2 2 1 及び平面ミラー 2 2 2 の位置及び姿勢は、EUV 光生成制御部 5 が 3 軸ステージを介してプレート 2 2 5 の位置及び姿勢を変更することに伴って、調整され得る。当該調整は、レーザ光集光ミラー 2 2 からの出射光であるパルスレーザ光 3 3 が、プラズマ生成領域 2 5 で集光するように実行され得る。

[0031] ターゲット回収部 28 は、チャンバ 2 内に出力されたターゲット 27 が進行する方向の延長線上に配置されてもよい。

[0032] レーザ光進行方向制御部 34 は、チャンバ 2 の底面部に設けられたウインドウ 21 とレーザ装置 3 との間に設けられてもよい。

レーザ光進行方向制御部 34 は、レーザ装置 3 から出力されたパルスレーザ光 31 が入射するように配置されてもよい。

レーザ光進行方向制御部 34 は、高反射ミラー 341 と、高反射ミラー 342 と、を含んでもよい。

[0033] 高反射ミラー 341 は、パルスレーザ光 31 が出力されるレーザ装置 3 の出射口及び高反射ミラー 342 とそれぞれ対向して配置されてもよい。

高反射ミラー 342 は、チャンバ 2 のウインドウ 21 及び高反射ミラー 341 とそれぞれ対向して配置されてもよい。

高反射ミラー 341 及び高反射ミラー 342 の位置及び姿勢は、EUV 光生成制御部 5 からの制御によって、調整されてもよい。当該調整は、レーザ光進行方向制御部 34 からの出力光であるパルスレーザ光 32 が、チャンバ 2 の底面部に設けられたウインドウ 21 を透過するように実行されてもよい。

[0034] EUV 光生成制御部 5 は、露光装置 6 に設けられた露光装置制御部 61 との間で各種信号を送受信してもよい。

例えば、EUV 光生成制御部 5 には、EUV 光 252 の露光装置 6 への出力に関する制御指令を示す EUV 光出力指令信号が、露光装置制御部 61 から送信されてもよい。EUV 光出力指令信号には、EUV 光 252 の目標出力タイミング、目標繰り返し周波数、目標パルスエネルギー等の各種目標値が含まれてもよい。

EUV 光生成制御部 5 は、露光装置制御部 61 から送信された各種信号に基づいて、EUV 光生成システム 11 の各構成要素の動作を統括的に制御してもよい。

[0035] EUV 光生成制御部 5 は、レーザ装置 3 との間で制御信号の送受信を行っ

てもよい。それにより、EUV光生成制御部5は、レーザ装置3の動作を制御してもよい。

EUV光生成制御部5は、レーザ光進行方向制御部34及びレーザ光集光光学系22aを動かすそれぞれのアクチュエータとの間で各々制御信号の送受信を行ってもよい。それにより、EUV光生成制御部5は、パルスレーザ光31～33の進行方向及び集光位置を調整してもよい。

EUV光生成制御部5は、制御部8との間で制御信号の送受信を行ってもよい。それにより、EUV光生成制御部5は、ターゲット供給部26及びドロップレット検出器41に含まれる各構成要素の動作を間接的に制御してもよい。

なお、EUV光生成制御部5のハードウェア構成については、図19を用いて後述する。

[0036] ターゲット供給部26は、チャンバ2内に供給するターゲット27を生成し、ドロップレット271としてチャンバ2内のプラズマ生成領域25に出力する装置であってもよい。ターゲット供給部26は、いわゆるコンティニュアスジェット方式でドロップレット271を出力する装置であってもよい。

ターゲット供給部26が供給するターゲット27の材料は、金属材料であってもよい。ターゲット27を構成する金属材料は、スズ、テルビウム、ガドリニウム、リチウム又は、それらの内のいずれか2つ以上の組合せを含む材料であってもよい。好適には、ターゲット27を構成する金属材料は、スズであってもよい。

ターゲット供給部26は、チャンバ2のターゲット供給路2bの端部に設けられてもよい。

ターゲット供給部26は、タンク261と、ノズル262と、ヒータ263と、圧力調節器264と、ピエゾ素子265と、を含んでもよい。

[0037] タンク261は、ターゲット27を溶融状態で内部に収容してもよい。

タンク261は、中空の筒形状に形成されてもよい。

ターゲット 27 を収容するタンク 261 の少なくともターゲット 27 と接触する部分は、ターゲット 27 と反応し難い材料で形成されてもよい。ターゲット 27 と反応し難い材料は、例えば、 SiC 、 SiO_2 、 Al_2O_3 、モリブデン、タングステン、タンタルのいずれかであってもよい。

タンク 261 は、チャンバ 2 のターゲット供給路 2b の端部外側に配置されてもよい。

[0038] ノズル 262 は、タンク 261 に収容されたターゲット 27 をチャンバ 2 内に出力してもよい。

ノズル 262 は、中空の略円筒形状に形成されてもよい。

ノズル 262 は、筒形状のタンク 261 の底面部に設けられてもよい。ノズル 262 は、タンク 261 と一体的に形成されてもよい。

ノズル 262 の少なくともターゲット 27 と接触する面は、ターゲット 27 と反応し難い材料で形成されてもよい。ノズル 262 は、タンク 261 と同様の材料で形成されてもよい。

ノズル 262 は、チャンバ 2 のターゲット供給路 2b の端部内側に配置されてもよい。

ノズル 262 の中心軸方向の延長線上には、チャンバ 2 の内部にあるプラズマ生成領域 25 が位置してもよい。

ノズル 262 の先端には、ターゲット 27 が出力されるノズル孔 262a が設けられていてもよい。ノズル孔 262a は、溶融したターゲット 27 をチャンバ 2 内へジェット状に噴出するような形状に形成されてもよい。

[0039] タンク 261、ノズル 262、ターゲット供給路 2b を含むチャンバ 2 は、それらの内部が互いに連通してもよい。

[0040] ヒータ 263 は、タンク 261 を加熱してもよい。

ヒータ 263 は、筒形状のタンク 261 の外側側面部に固定されてもよい。

ヒータ 263 は、不図示のヒータ電源に接続されてもよい。ヒータ 263 は、ヒータ電源からの電力供給によってタンク 261 を加熱してもよい。ヒ

ータ電源の動作は、制御部 8 によって制御されてもよい。

[0041] 圧力調節器 264 は、タンク 261 内のターゲット 27 に加わる圧力を調節してもよい。

圧力調節器 264 は、タンク 261 内に連結されてもよい。

圧力調節器 264 は、不図示のガスボンベに連結されてもよい。ガスボンベには、ヘリウム、アルゴン等の不活性ガスが充填されてもよい。圧力調節器 264 は、ガスボンベに充填された不活性ガスを、タンク 261 内に給気してもよい。

圧力調節器 264 は、不図示の排気ポンプに連結されてもよい。圧力調節器 264 は、排気ポンプを動作させて、タンク 261 内のガスを排気してもよい。

圧力調節器 264 は、タンク 261 内にガスを給気し又はタンク 261 内のガスを排気することによって、タンク 261 内のターゲット 27 に加わる圧力を調節してもよい。圧力調節器 264 の動作は、制御部 8 によって制御されてもよい。

[0042] ピエゾ素子 265 は、ノズル 262 に振動を与えてもよい。

ピエゾ素子 265 は、略円筒形状のノズル 262 の外側側面部に固定されてもよい。

ピエゾ素子 265 は、不図示のピエゾ電源に接続されてもよい。ピエゾ素子 265 は、ピエゾ電源からの電力供給によって振動してもよい。ピエゾ電源の動作は、制御部 8 によって制御されてもよい。

[0043] ドロップレット検出器 41 は、チャンバ 2 内に出力されたドロップレット 271 を検出するセンサであってもよい。

具体的には、ドロップレット検出器 41 は、ドロップレット 271 がチャンバ 2 内の所定位置 P を通過したタイミングを検出するセンサであってもよい。所定位置 P は、ターゲット供給部 26 のノズル 262 とプラズマ生成領域 25 との間にあるドロップレット軌道 F 上の位置であってもよい。

ドロップレット検出器 41 は、光源部 410 と、受光部 420 と、を含ん

でもよい。

[0044] 光源部410と受光部420とは、ドロップレット軌道Fを挟んで互いに対向するように配置されてもよい。

光源部410と受光部420との対向方向は、ドロップレット軌道Fと略直交してもよい。

図2では、光源部410と受光部420との対向方向がX軸方向であるように便宜的に記載されているが、これに限定されない。光源部410と受光部420との対向方向は、XZ平面に略平行な方向であってもよいし、XZ平面に対して傾斜した方向であってもよい。

光源部410及び受光部420の詳細な構成については、図3及び図4を用いて後述する。

[0045] 制御部8は、EUV光生成制御部5との間で各種信号の送受信を行ってもよい。

例えば、制御部8には、ドロップレット271のチャンバ2内への出力に関する制御指令を示すターゲット出力信号が、EUV光生成制御部5から入力されてもよい。ターゲット出力信号は、EUV光出力指令信号に含まれる各種目標値に応じてドロップレット271が出力されるよう、ターゲット供給部26の動作を制御する信号であってもよい。

制御部8は、EUV光生成制御部5からの各種信号に基づいて、ターゲット供給部26に含まれる各構成要素の動作を制御してもよい。

また、制御部8は、EUV光生成制御部5からの各種信号に基づいて、レーザ装置3がレーザ出力を行うタイミングを制御してもよい。

なお、制御部8のハードウェア構成については、図19を用いて後述する。

[0046] 図3は、図2に示された光源部410の詳細な構成を説明するための図を示す。

光源部410は、チャンバ2内の所定位置Pに光を出力してもよい。

光源部410は、ウインドウ411と、光路管412と、光源413と、

照明光学系 4 1 4 と、ミラー 4 1 5 と、を含んでもよい。

[0047] ウィンドウ 4 1 1 は、チャンバ 2 の壁 2 a に設けられてもよい。ウィンドウ 4 1 1 は、チャンバ 2 の一部であるターゲット供給路 2 b の壁 2 a に設けられてもよい。

ウィンドウ 4 1 1 は、ターゲット供給路 2 b の壁 2 a に対してシール部材を介して取り付けられてもよい。

ウィンドウ 4 1 1 は、所定位置 P に対向するように配置されてもよい。

[0048] 光路管 4 1 2 は、光源 4 1 3 から出力される光の光路を覆う管であってもよい。

光路管 4 1 2 は、チャンバ 2 に接続されてもよい。光路管 4 1 2 は、ウィンドウ 4 1 1 を介してチャンバ 2 の壁 2 a に接続されてもよい。

光路管 4 1 2 は、チャンバ 2 の一部であるターゲット供給路 2 b における壁 2 a に接続されてもよい。

光路管 4 1 2 は、ウィンドウ側管 4 1 2 a と、光源側管 4 1 2 b と、を含んでもよい。

[0049] ウィンドウ側管 4 1 2 a は、ウィンドウ 4 1 1 が取り付けられた壁 2 a を基端として、先端が壁 2 a に対して略垂直な方向に向かって延びるように形成されてもよい。ウィンドウ側管 4 1 2 a は、その中心軸が、ウィンドウ 4 1 1 の中心軸と略一致するように形成されてもよい。

ウィンドウ側管 4 1 2 a は、ウィンドウ 4 1 1 を保持するウィンドウホルダであってもよい。

ウィンドウ側管 4 1 2 a は、ウィンドウ 4 1 1 の周縁部 4 1 1 a を保持してもよい。

[0050] 光源側管 4 1 2 b は、ウィンドウ側管 4 1 2 a の先端部を基端として、先端がターゲット供給路 2 b に沿って延びるように形成されてもよい。

光源側管 4 1 2 b は、その内部に、光源 4 1 3、照明光学系 4 1 4 及びミラー 4 1 5 を収容してもよい。

[0051] 光源 4 1 3 は、ウィンドウ 4 1 1 を介してチャンバ 2 内の所定位置 P に出

力される光の光源であってもよい。

光源 4 1 3 は、光路管 4 1 2 内において、ウインドウ 4 1 1 と離間して配置されてもよい。光源 4 1 3 は、光路管 4 1 2 内のウインドウ 4 1 1 とは反対側に配置されてもよい。光源 4 1 3 は、ウインドウ 4 1 1 とは反対側に位置する光源側管 4 1 2 b の先端部に配置されてもよい。

光源 4 1 3 は、例えば、単波長の連続レーザ光を出力する CW (Continuous Wave) レーザ等の光源であってもよい。また、光源 4 1 3 は、複数の波長を有する連続光を出力するランプ等の光源であってもよい。或いは、光源 4 1 3 は、これらの光源を光ファイバに接続して光路管 4 1 2 外に配置すると共に、当該光ファイバのヘッドを光路管 4 1 2 内に配置することによって構成されてもよい。

光源 4 1 3 の動作は、制御部 8 によって制御されてもよい。

[0052] 照明光学系 4 1 4 は、集光レンズ等を含む光学系であってもよい。当該集光レンズは、例えばシリンドリカルレンズであってもよい。

照明光学系 4 1 4 は、光路管 4 1 2 の一部である光源側管 4 1 2 b 内に配置されてもよい。

照明光学系 4 1 4 は、光源 4 1 3 から出力された光を透過させ、ウインドウ 4 1 1 を介して所定位置 P に集光してもよい。照明光学系 4 1 4 は、光源 4 1 3 から出力された光の集光位置が所定位置 P に略一致するよう、光源 4 1 3 から出力された光を所定位置 P に集光してもよい。光源 4 1 3 から出力された光の所定位置 P における集光サイズは、ドロップレット 2 7 1 の直径 (例えば $20\ \mu\text{m}$) よりも十分に大きいくてもよい。

[0053] ミラー 4 1 5 は、光源 4 1 3 から出力され照明光学系 4 1 4 を透過した光の光路上に配置されてもよい。ミラー 4 1 5 は、ウインドウ 4 1 1 及び照明光学系 4 1 4 とそれぞれ対向するように配置されてもよい。

ミラー 4 1 5 は、照明光学系 4 1 4 を透過した光を反射し、ウインドウ 4 1 1 を介して所定位置 P に導いてもよい。

[0054] 図 4 は、図 2 に示された受光部 4 2 0 の詳細な構成を説明するための図を

示す。

受光部420は、チャンバ2内から光を受光してもよい。

受光部420は、ウインドウ421と、光路管422と、受光素子423と、受光光学系424と、ミラー425と、を含んでもよい。

[0055] ウインドウ421は、チャンバ2の壁2aに設けられてもよい。ウインドウ421は、チャンバ2の一部であるターゲット供給路2bの壁2aに設けられてもよい。

ウインドウ421は、ターゲット供給路2bの壁2aに対してシール部材を介して取り付けられてもよい。

ウインドウ421は、所定位置Pに対向するように配置されてもよい。

ウインドウ421は、光源413からチャンバ2内の所定位置Pに出力された光の光路上に配置されてもよい。

[0056] 光路管422は、受光素子423が受光する光の光路を覆う管であってもよい。

光路管422は、チャンバ2に接続されてもよい。光路管422は、ウインドウ421を介してチャンバ2の壁2aに接続されてもよい。

光路管422は、チャンバ2の一部であるターゲット供給路2bにおける壁2aに接続されてもよい。

光路管422は、ウインドウ側管422aと、受光素子側管422bと、を含んでもよい。

[0057] ウインドウ側管422aは、ウインドウ421が取り付けられた壁2aを基端として、先端が壁2aに対して略垂直な方向に向かって延びるように形成されてもよい。ウインドウ側管422aは、その中心軸は、ウインドウ421の中心軸と略一致するように形成されてもよい。

ウインドウ側管422aは、ウインドウ421を保持するウインドウホルダであってもよい。

ウインドウ側管422aは、ウインドウ421の周縁部421aを保持してもよい。

[0058] 受光素子側管 4 2 2 b は、ウインドウ側管 4 2 2 a の先端部を基端として、先端がターゲット供給路 2 b に沿って延びるように形成されてもよい。

受光素子側管 4 2 2 b は、その内部に、受光素子 4 2 3、受光光学系 4 2 4 及びミラー 4 2 5 を収容してもよい。

[0059] ミラー 4 2 5 は、光源 4 1 3 からチャンバ 2 内の所定位置 P に出力されウインドウ 4 2 1 を透過した光の光路上に配置されてもよい。ミラー 4 2 5 は、ウインドウ 4 2 1 及び受光光学系 4 2 4 とそれぞれ対向するように配置されてもよい。

ミラー 4 2 5 は、ウインドウ 4 2 1 を透過した光を反射し、受光光学系 4 2 4 に導いてもよい。

[0060] 受光光学系 4 2 4 は、複数のレンズ等を組み合わせた転写光学系で構成されてもよい。

受光光学系 4 2 4 は、受光光学系 4 2 4 における物体の位置がチャンバ 2 内の所定位置 P と略一致するように配置されてもよい。加えて、受光光学系 4 2 4 は、受光光学系 4 2 4 における像の位置が受光素子 4 2 3 の受光面の位置と略一致するように配置されてもよい。

受光光学系 4 2 4 は、光源 4 1 3 からチャンバ 2 内の所定位置 P に出力されミラー 4 2 5 によって反射された光の光路上に配置されてもよい。

受光光学系 4 2 4 は、光源 4 1 3 からチャンバ 2 内に出力された光の所定位置 P での像を、受光素子 4 2 3 の受光面に転写してもよい。

[0061] 受光素子 4 2 3 は、ウインドウ 4 2 1 を介してチャンバ 2 内からの光を受光するための受光素子であってもよい。具体的には、受光素子 4 2 3 は、光源部 4 1 0 からチャンバ 2 内の所定位置 P に出力された光を受光する受光素子であってもよい。

受光素子 4 2 3 は、フォトダイオード、フォトダイオードアレイ、アバランシェダイオード、光電子増倍管、マルチピクセルフォトンカウンタ等であってもよく、イメージインテンシファイアと組み合わせて構成されてもよい。受光素子 4 2 3 は、1 つ又は複数の受光面を含んでもよい。

受光素子 4 2 3 は、光路管 4 2 2 内において、ウインドウ 4 2 1 と離間して配置されてもよい。受光素子 4 2 3 は、光路管 4 2 2 内のウインドウ 4 2 1 とは反対側に配置されてもよい。受光素子 4 2 3 は、ウインドウ 4 2 1 とは反対側に位置する受光素子側管 4 2 2 b の先端部に配置されてもよい。

受光素子 4 2 3 は、光源 4 1 3 からチャンバ 2 内の所定位置 P に出力され受光光学系 4 2 4 を透過した光の光路上に配置されてもよい。

受光素子 4 2 3 は、受光光学系 4 2 4 によって転写された光の像の光強度を反映した検出信号を制御部 8 に出力してもよい。

[0062] 上記構成により、光源部 4 1 0 及び受光部 4 2 0 では、光源 4 1 3 から出力される光の光路及び受光素子 4 2 3 で受光される光の光路が、光路管 4 1 2 及び 4 2 2 にて覆われ得る。

それにより、光源部 4 1 0 及び受光部 4 2 0 では、光源 4 1 3 から出力された光が、予期しない反射等によって予め想定された光路から逸脱することなく、受光素子 4 2 3 で適切に受光され得る。

[0063] [4. 2 動作]

図 5 を用いて、ドロップレット検出器 4 1 を備える E U V 光生成装置 1 の動作の概要について説明する。

図 5 は、制御部 8 によって制御されるレーザ装置 3 の出力タイミングを説明するための図である。

[0064] 制御部 8 は、E U V 光生成制御部 5 からターゲット出力信号が入力されたか否かを判定してもよい。

ターゲット出力信号は、上述のように、チャンバ 2 内へのターゲット 2 7 の供給をターゲット供給部 2 6 に実行させる制御指令を示す信号であってもよい。

制御部 8 は、ターゲット出力信号が入力されると、E U V 光生成制御部 5 からターゲット出力停止信号が入力されるまで、以下のような処理を行ってもよい。

ターゲット出力停止信号は、チャンバ 2 内へのターゲット 2 7 の供給をタ

ーゲット供給部 26 に停止させる制御指令を示す信号であってもよい。

[0065] 制御部 8 は、タンク 261 内の温度が所定の目標温度になるよう、ヒータ 263 に電力を供給するヒータ電源の動作を制御してもよい。

所定の目標温度は、ターゲット 27 の融点以上の所定範囲内にある温度であってもよい。ターゲット 27 がスズの場合、所定の目標温度は、 250°C ～ 290°C の温度であってもよい。

なお、制御部 8 は、タンク 261 内の温度がターゲット 27 の融点以上の所定範囲内で維持されるよう、ヒータ電源の動作を継続して制御してもよい。

[0066] 制御部 8 は、タンク 261 内のターゲット 27 に加わる圧力が所定の目標圧力になるよう、圧力調節器 264 の動作を制御してもよい。

所定の目標圧力は、タンク 261 内のターゲット 27 がノズル孔 262a から所定速度でジェット状に噴出するような圧力であってもよい。所定速度は、例えば 60 m/s ～ 100 m/s であってもよい。

[0067] 制御部 8 は、ピエゾ素子 265 が所定波形でノズル 262 に振動を与えるよう、ピエゾ素子 265 に電力を供給するピエゾ電源の動作を制御してもよい。具体的には、制御部 8 は、所定波形で電力を供給するための制御信号をピエゾ電源に出力してもよい。

所定波形は、ドロップレット 271 が所定の生成周波数で生成されるような波形であってもよい。所定の生成周波数は、例えば 50 kHz ～ 100 kHz であってもよい。

[0068] ピエゾ素子 265 は、ピエゾ電源から所定波形の電力が供給されることに応じて、所定波形でノズル 262 に振動を与え得る。それにより、ノズル 262 から噴出したジェット状のターゲット 27 には定在波が与えられ、ジェット状のターゲット 27 は周期的に分離され得る。分離されたターゲット 27 は、自己の表面張力によって自由界面を形成してドロップレット 271 を形成し得る。その結果、所定の生成周波数でドロップレット 271 が形成され、チャンバ 2 内へ出力され得る。

チャンバ2内へ出力したドロップレット271は、ドロップレット軌道F上を進行し、所定位置Pを通過し得る。

[0069] ドロップレット検出器41に含まれる光源413は、チャンバ2内の所定位置Pに光を出力してもよい。ドロップレット検出器41に含まれる受光素子423は、光源413から出力された光を受光してもよい。

[0070] ドロップレット軌道Fを進行するドロップレット271が所定位置Pを通過する場合、光源413は、所定位置Pを通過するドロップレット271に向けて光を出力し得る。ドロップレット271に向けて出力された光は、受光素子423に向かって進み得る。この際、受光素子423に向かう光の一部は、当該ドロップレット271によって遮蔽され得る。

そのため、ドロップレット271が所定位置Pを通過する場合、光源413から出力された光の所定位置Pでの像の一部は、所定位置Pを通過するドロップレット271の影の像となって受光素子423の受光面に転写され得る。言い換えると、ドロップレット271が所定位置Pを通過する場合、受光素子423は、光源413によって出力されドロップレット271に照射される光のうち、ドロップレット271によって遮断されずにその周囲を通過した光を受光し得る。

よって、ドロップレット271が所定位置Pを通過する場合、受光素子423が受光する光の光強度は、ドロップレット271が所定位置Pを通過していない場合に比べて顕著に低下し得る。

受光素子423は、受光した光の光強度を電圧値に変換して当該光強度の変化に応じた検出信号を生成し、制御部8に出力し得る。

[0071] なお、受光素子423が受光した光の光強度を、受光素子423における受光強度ともいう。

受光素子423によって生成される当該光強度の変化に応じた検出信号を、通過タイミング信号ともいう。

[0072] 制御部8には、ドロップレット検出器41の受光素子423から出力された通過タイミング信号が入力されてもよい。

制御部 8 は、入力された通過タイミング信号が所定の閾値電圧を超えて当該閾値電圧よりも低い値を示した場合、ドロップレット 271 が所定位置 P を通過したと判定してもよい。この場合、制御部 8 は、図 5 に示されるように、通過タイミング信号が所定の閾値電圧を超えたタイミングでドロップレット検出信号を生成してもよい。

所定の閾値電圧は、ドロップレット 271 が所定位置 P を通過した場合に通過タイミング信号が取り得る電圧値の範囲に基づいて予め定められてもよい。

ドロップレット検出信号は、所定位置 P を通過したドロップレット 271 が検出されたことを示す信号であってもよい。

[0073] 制御部 8 は、図 5 に示されるように、ドロップレット検出信号が生成されたタイミングから、遅延時間 T_d だけ遅延したタイミングでトリガ信号をレーザ装置 3 に出力してもよい。

トリガ信号は、レーザ装置 3 がパルスレーザ光 31 を出力する契機を与える信号であってもよい。

遅延時間 T_d は、パルスレーザ光 33 がプラズマ生成領域 25 に集光されるタイミングを、ドロップレット 271 がプラズマ生成領域 25 に到達するタイミングに略一致させるための遅延時間であってもよい。

[0074] レーザ装置 3 は、トリガ信号が入力されると、パルスレーザ光 31 を出力してもよい。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 及びウインドウ 21 を介して、パルスレーザ光 32 としてチャンバ 2 内に導入され得る。

チャンバ 2 内に導入されたパルスレーザ光 32 は、レーザ光集光光学系 22a にて集光され、パルスレーザ光 33 としてプラズマ生成領域 25 に導かれ得る。当該パルスレーザ光 33 は、ドロップレット 271 がプラズマ生成領域 25 に到達するタイミングでプラズマ生成領域 25 に導かれ得る。

プラズマ生成領域 25 に導かれたパルスレーザ光 33 は、プラズマ生成領域 25 に到達したドロップレット 271 を照射し得る。パルスレーザ光 33

が照射されたドロップレット271はプラズマ化し、EUV光251を含むプラズマ光を放射し得る。

[0075] このようにして、ドロップレット検出器41は、チャンバ2内に出力されたドロップレット271が所定位置Pを通過したタイミングを検出し、通過タイミング信号を出力し得る。

そして、制御部8は、ドロップレット検出器41から出力された通過タイミング信号の変化に同期してレーザ装置3にトリガ信号を出力することで、レーザ装置3がレーザ出力を行うタイミングを制御し得る。すなわち、制御部8は、ドロップレット271が所定位置Pを通過したタイミングに基づいて、レーザ装置3からのパルスレーザ光31の出力タイミングを制御し得る。

[0076] [5. 課題]

図6～図9を用いて、ドロップレット検出器41を備えるEUV光生成装置1の課題について説明する。

図6は、光路管412内に生じる温度分布を説明するための図を示す。図7は、光路管412内に熱レンズが形成されることに伴って、光源413から出力された光の集光位置が変化することを説明するための図を示す。図8は、図7に示された光源413から出力された光の集光位置が変化することに伴って、受光素子423の受光面に転写された光の像が変化することを説明するための図を示す。図9は、図8に示された受光素子423の受光面に転写された光の像が変化することに伴って、受光素子423から出力される通過タイミング信号が変化することを説明するための図を示す。

[0077] EUV光生成装置1の制御部8は、上述のように、ドロップレット検出器41から出力された通過タイミング信号の変化に同期してレーザ装置3にトリガ信号を出力することで、レーザ装置3がレーザ出力を行うタイミングを制御し得る。

それにより、プラズマ生成領域25に到達したドロップレット271にはパルスレーザ光33が照射され、ドロップレット271は、プラズマ化し、

EUV光251を含むプラズマ光を放射し得る。

[0078] この際、ドロップレット271に照射されたパルスレーザ光33は、散乱してチャンバ2の壁2aを照射することがあり得る。加えて、プラズマから放射されたプラズマ光の一部は、EUV集光ミラー23によって選択的に反射されずに、チャンバ2の壁2aを照射することがあり得る。

チャンバ2の壁2aは、パルスレーザ光33の散乱光及びプラズマ光の照射によって加熱され得る。チャンバ2の壁2aに発生した熱は、壁2aに接続された光路管412の壁に伝達され得る。光路管412の壁の温度が上昇し得る。

[0079] すると、光路管412の内壁付近における気体の温度は、図6に示されるように、光路管412の中心軸付近における気体の温度に比べて上昇し得る。そのため、光路管412の内壁付近における気体と光路管412の中心軸付近における気体とでは、屈折率に有意な差が生じ得る。すなわち、光路管412内の気体は、温度分布に伴って屈折率分布を生じることより、熱レンズを形成することがあり得る。

[0080] 光路管412内に熱レンズが形成されると、図7に示されるように、光源413から出力された光の集光位置が変化し得る。

すなわち、光路管412内に熱レンズが形成されていない場合、図7上段に示されるように、光源413から出力された光の集光位置は、照明光学系414によって所定位置Pに略一致し得る。

一方、光路管412内に熱レンズが形成された場合、図7下段に示されるように、光源413から出力された光の集光位置は、照明光学系414によって所定位置Pからずれ得る。

[0081] 例えば、照明光学系414から所定位置Pまでの距離が600mmであり、照明光学系414からチャンバ2の壁2aまでの距離が200mmであり、光路管412の内径が30mmであり、光源413から出力された光のビーム径が10mmであると仮定する。そして、光路管412の内壁付近における気体の温度が40℃であり、光路管412の中心軸付近における気体の

温度が20℃であり、光路管412内の気体の温度分布が、光路管412の中心軸に対する径方向の距離の2乗に比例すると仮定する。そして、チャンバ2の壁2aから照明光学系414側に向かって100mmの位置までの光路管412内に、熱レンズが形成されたと仮定する。この場合、光源413から出力された光の集光位置は、所定位置Pから2.2mmも照明光学系414側にずれ得る。

[0082] 光路管412内での熱レンズの形成に伴って光源413から出力された光の集光位置が変化すると、図8に示されるように、受光素子423の受光面に転写される光の像が変化し得る。

すなわち、光源413から出力された光の集光位置が所定位置Pと略一致する場合、光源413から出力された光の所定位置Pでの像は、図8上段に示されるように、受光素子423の受光面内に収まるよう当該受光面に適切に転写され得る。

一方、光源413から出力された光の集光位置が所定位置Pからずれる場合、光源413から出力された光の所定位置Pでの像は、図8下段に示されるように、受光素子423の受光面内に収まらない大きな像として当該受光面に転写され得る。

[0083] 光源413から出力された光の集光位置の変化に伴って受光素子423の受光面に転写される光の像が変化すると、図9に示されるように、受光素子423から出力される通過タイミング信号が変化し得る。

すなわち、光源413から出力された光の所定位置Pでの像が受光素子423の受光面に適切に転写される場合、受光素子423では、光源413から出力された光の所定位置Pでの像が適切な受光強度で検出され得る。このため、受光素子423は、図9上段に示されるように、適切な通過タイミング信号を出力し得る。

なお、適切な通過タイミング信号とは、通過タイミング信号に含まれるノイズが所定の閾値電圧を超えて当該閾値電圧よりも低くならない程度に、閾値電圧に対して十分に大きな電圧を保って推移するような通過タイミング信

号であり得る。

一方、光源 4 1 3 から出力された光の所定位置 P での像が受光素子 4 2 3 の受光面内に収まらない大きな像として転写される場合、受光素子 4 2 3 における受光強度は、全体として図 8 上段よりも低下し得る。このため、受光素子 4 2 3 は、図 9 下段に示されるように、適切な通過タイミング信号を出力しないことがあり得る。つまり、受光素子 4 2 3 における受光強度の低下に伴い、通過タイミング信号が所定の閾値電圧に対して十分に大きい電圧を確保できず、通過タイミング信号に含まれるノイズが当該閾値電圧を超えて当該閾値電圧よりも低い値を示すことがあり得る。

[0084] それにより、制御部 8 は、ドロップレット 2 7 1 が所定位置 P を通過していないにもかかわらず、誤ったタイミングでドロップレット検出信号及びトリガ信号を生成し得る。そして、制御部 8 は、誤ったタイミングでトリガ信号をレーザ装置 3 に出力し得る。

その結果、レーザ装置 3 は、誤ったタイミングでパルスレーザ光 3 1 を出力してしまい、不要なパルスレーザ光 3 3 がチャンバ 2 に導入され得る。

従って、チャンバ 2 内の所定位置 P におけるドロップレット 2 7 1 の通過タイミングを検出するドロップレット検出器 4 1 の検出精度を向上させることによって、レーザ装置 3 からのパルスレーザ光 3 1 の出力タイミングを高精度で制御し得る技術が望まれている。

[0085] [6. 第 1 実施形態の E U V 光生成装置]

図 1 0 及び図 1 1 を用いて、第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 について説明する。

第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 は、図 2 ～図 5 に示された E U V 光生成装置 1 に対して、ドロップレット検出器 4 1 に含まれる光源部 4 1 0 の構成が主に異なってもよい。更に、第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 は、図 2 ～図 5 に示された E U V 光生成装置 1 に対して、ガス供給部 7 1 が追加された構成を備えてもよい。

第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 の構成において、図 2 ～図 5 に示され

たEUV光生成装置1と同様の構成については説明を省略する。

[0086] [6. 1 構成]

図10は、第1実施形態に係るガス供給部71及び光源部410の構成を説明するための図を示す。図11は、図10に示されたA-A線における断面図を示す。

図10及び図11に示された光源部410は、図2及び図3に示された光源部410に対して、光路管412の構成が異なってもよい。

[0087] ガス供給部71は、光路管412内にガスを供給してもよい。

ガス供給部71は、ガス供給器711と、流量調節器712と、ガス配管713と、を含んでもよい。

[0088] ガス供給器711は、光路管412内にガスを供給する機器であってもよい。光路管412内に供給されるガスは、CDA (Clean Dry Air ; クリーンドライエア) であってもよい。ガス供給器711は、CDAを生成する機能を備えてもよい。

ガス供給器711によって供給されるCDAは、露点が -70°C 以下の乾燥空気であってもよい。CDAは、急峻な温度変化が少なく、作業者を窒息させる危険性も無いという性質を有し得る。

ガス供給器711は、チャンバ2及び光路管412の外に配置されてもよい。

ガス供給器711は、ガス配管713を介して光路管412に連結されてもよい。

ガス供給器711の動作は、制御部8によって制御されてもよい。

[0089] 流量調節器712は、ガス供給器711から光路管412内に供給されるガスの流量を調節する機器であってもよい。

流量調節器712は、バルブ又はオリフィスであってもよい。

流量調節器712は、ガス配管713上に設けられてもよい。流量調節器712は、ガス配管713内を流れるガスの流れを規制することによって、ガス供給器711から光路管412内に供給されるガスの流量を調節しても

よい。

流量調節器 7 1 2 の動作は、制御部 8 によって制御されてもよい。

[0090] 光路管 4 1 2 は、図 3 に示されたウインドウ側管 4 1 2 a 及び光源側管 4 1 2 b の他に、ガス流路 4 1 2 c と、給気口 4 1 2 d と、排気口 4 1 2 e と、を含んでもよい。

[0091] 給気口 4 1 2 d は、ガス供給器 7 1 1 からのガスを光路管 4 1 2 内に供給するための入口であってもよい。

給気口 4 1 2 d は、光路管 4 1 2 におけるウインドウ側管 4 1 2 a の壁に設けられてもよい。給気口 4 1 2 d は、ウインドウ側管 4 1 2 a の壁におけるウインドウ 4 1 1 側の端部に設けられてもよい。

給気口 4 1 2 d は、ウインドウ側管 4 1 2 a の壁を貫通する貫通孔によって構成されてもよい。

給気口 4 1 2 d には、ガス配管 7 1 3 が接続されてもよい。

[0092] ガス流路 4 1 2 c は、給気口 4 1 2 d から流入したガスが光路管 4 1 2 の壁を通過するための経路であってもよい。

ガス流路 4 1 2 c は、ウインドウ側管 4 1 2 a の壁の内部に設けられてもよい。

ガス流路 4 1 2 c は、ウインドウ側管 4 1 2 a の壁の内部であって、給気口 4 1 2 d の近傍に設けられてもよい。

ガス流路 4 1 2 c は、ウインドウ側管 4 1 2 a の内壁面の周方向に沿って形成されてもよい。ガス流路 4 1 2 c は、ウインドウ側管 4 1 2 a によって保持されるウインドウ 4 1 1 の周縁部 4 1 1 a に沿って形成されてもよい。

ガス流路 4 1 2 c は、ウインドウ側管 4 1 2 a の内壁面側の面が当該内壁面の全周に亘って開口するように形成されており、ウインドウ側管 4 1 2 a の内部空間と連通してもよい。この開口は、ウインドウ 4 1 1 の全周に亘る周縁部 4 1 1 a から中央部 4 1 1 b に向かう方向に沿って開口してもよい。

ガス流路 4 1 2 c には、ウインドウ側管 4 1 2 a の内壁面側の面の一部からウインドウ側管 4 1 2 a の外壁面の一部に向かって貫通する貫通孔が形成

されおり、ウインドウ側管 4 1 2 a の外部と連通してもよい。この貫通孔は、給気口 4 1 2 d を構成してもよい。

[0093] 排気口 4 1 2 e は、光路管 4 1 2 内のガスを光路管 4 1 2 外に排出するための出口であってもよい。

排気口 4 1 2 e は、光路管 4 1 2 における光源側管 4 1 2 b の壁に設けられてもよい。排気口 4 1 2 e は、光源側管 4 1 2 b の壁における光源 4 1 3 側の端部に設けられてもよい。

排気口 4 1 2 e は、光源側管 4 1 2 b の壁を貫通する貫通孔によって構成されてもよい。

[0094] 第 1 実施形態に係る光源部 4 1 0 の他の構成については、図 2 及び図 3 に示された光源部 4 1 0 と同様であってもよい。

第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 の他の構成については、図 2 ～図 5 に示された E U V 光生成装置 1 と同様であってもよい。

[0095] [6 . 2 動作]

第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 の動作について説明する。

第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 の動作において、図 2 ～図 5 に示された E U V 光生成装置 1 と同様の動作について説明を省略する。

[0096] ガス供給器 7 1 1 は、制御部 8 からの制御により、光路管 4 1 2 内に供給されるガスをガス配管 7 1 3 内に流してもよい。

流量調節器 7 1 2 は、制御部 8 からの制御により、所定流量のガスが光路管 4 1 2 内に供給されるようガス配管 7 1 3 内を流れるガスの流量を調節してもよい。所定流量は、例えば 1 0 L / m i n 程度であってもよい。

[0097] 所定流量に調節されたガスは、ガス配管 7 1 3 内から給気口 4 1 2 d に流入し得る。給気口 4 1 2 d に流入したガスは、ガス流路 4 1 2 c 内を流れて光路管 4 1 2 のウインドウ側管 4 1 2 a 内に流入し得る。

このとき、ウインドウ側管 4 1 2 a 内に流入したガスは、ウインドウ 4 1 1 の全周に亘る周縁部 4 1 1 a から中央部 4 1 1 b に向かって流れ得る。言い換えると、ガス供給部 7 1 は、ウインドウ 4 1 1 の全周に亘る周縁部 4 1

1 a から中央部 4 1 1 b に向かってガスが流れるように光路管 4 1 2 内にガスを供給し得る。

[0098] ウィンドウ 4 1 1 の中央部 4 1 1 b に向かって流れたガスは、ウィンドウ側管 4 1 2 a 内から光源側管 4 1 2 b 内に向かって流れ、光源側管 4 1 2 b に設けられた排気口 4 1 2 e から外部に排出され得る。

一般に、パルスレーザ光 3 3 の散乱光及びプラズマ光の照射によって加熱され得るチャンバ 2 の壁 2 a に接するウィンドウ側管 4 1 2 a は、壁 2 a に接しない光源側管 4 1 2 b よりも高温となり易い。

すなわち、ウィンドウ側管 4 1 2 a 内から光源側管 4 1 2 b 内に向かって流れるガスは、光路管 4 1 2 の高温側から低温側に向かって流れることを意味し得る。言い換えると、ガス供給部 7 1 は、光路管 4 1 2 の高温側から低温側に向かってガスが流れるように光路管 4 1 2 内にガスを供給し得る。

[0099] 第 1 実施形態に係る光源部 4 1 0 の他の動作については、図 2 及び図 3 に示された光源部 4 1 0 と同様であってもよい。

第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 の他の動作については、図 2 ～図 5 に示された E U V 光生成装置 1 と同様であってもよい。

[0100] [6 . 3 作用]

ガス供給部 7 1 は、光路管 4 1 2 内にガスを供給することにより、光路管 4 1 2 内でガス流れを発生させ、光路管 4 1 2 内の気体の温度分布を略均一化し得る。

このため、ガス供給部 7 1 は、光路管 4 1 2 内での屈折率分布が生じることを抑制し、光路管 4 1 2 内で熱レンズが形成されることを抑制し得る。

よって、ガス供給部 7 1 は、光源 4 1 3 から出力された光の集光位置がチャンバ 2 内の所定位置 P からずれることを抑制し得る。

[0101] それにより、第 1 実施形態に係るドロップレット検出器 4 1 は、受光素子 4 2 3 から適切な通過タイミング信号を出力し得ることから、所定位置 P におけるドロップレット 2 7 1 の通過タイミングを精度よく検出し得る。

その結果、第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 は、誤ったタイミングでト

リガ信号をレーザ装置 3 に出力することを抑制し、レーザ装置 3 からのパルスレーザ光 3 1 の出力タイミングを高い精度で制御し得る。

[0102] 更に、ガス供給部 7 1 は、ウインドウ 4 1 1 の周縁部 4 1 1 a から中央部 4 1 1 b に向かってガスが流れるように光路管 4 1 2 内にガスを供給し得る。

それにより、第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 では、光路管 4 1 2 内の気体の温度分布を更に均一化して光路管 4 1 2 内での屈折率分布をより抑制し得るため、光源 4 1 3 から出力された光の集光位置のずれを更に抑制し得る。

その結果、第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 では、ドロップレット 2 7 1 の通過タイミングを更に高精度で検出し、パルスレーザ光 3 1 の出力タイミングを更に高い精度で制御し得る。

[0103] しかも、ガス供給部 7 1 は、光路管 4 1 2 の高温側から低温側に向かってガスが流れるように光路管 4 1 2 内にガスを供給し得る。

それにより、第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 では、光路管 4 1 2 内の気体の温度分布を一層均一化して光路管 4 1 2 内での屈折率分布を一層抑制し得るため、光源 4 1 3 から出力された光の集光位置のずれを一層抑制し得る。

その結果、第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 では、ドロップレット 2 7 1 の通過タイミングを一層高い精度で検出し、パルスレーザ光 3 1 の出力タイミングを一層高精度で制御し得る。

[0104] [6. 4 第 1 実施形態の変形例 1]

図 1 2 を用いて、第 1 実施形態の変形例 1 の E U V 光生成装置 1 について説明する。

第 1 実施形態の変形例 1 の E U V 光生成装置 1 は、第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 に対して、光路管 4 1 2 の壁に設けられたガス流路 4 1 2 c に係る構成が異なってもよい。

第 1 実施形態の変形例 1 に係る E U V 光生成装置 1 の構成において、第 1

実施形態のEUV光生成装置1と同様の構成については説明を省略する。

[0105] 図12は、第1実施形態の変形例1に係る光源部410を説明するための図を示す。

図12に示されたガス流路412cは、図10及び図11に示されたガス流路412cと同様に、ウインドウ側管412aの内壁面側の面が当該内壁面の全周に亘って開口するように形成されており、ウインドウ側管412aの内部空間と連通してもよい。

但し、図12に示されたガス流路412cでは、この開口が、ウインドウ411の全周に亘る周縁部411aから中央部411bに向かう方向であって、ウインドウ411側に傾斜する方向に沿って開口してもよい。

それにより、ガス流路412c内を流れるガスは、ウインドウ側管412a内に流入する際に、ウインドウ411の全周に亘る周縁部411aから中央部411bに向かって、ウインドウ411に吹き付けられながら流入し得る。

言い換えると、図12に示されたガス供給部71は、ウインドウ411の全周に亘る周縁部411aから中央部411bに向かってウインドウ411に吹き付けられるよう、光路管412内にガスを供給し得る。

[0106] 第1実施形態の変形例1に係る光源部410の他の構成については、第1実施形態に係る光源部410と同様であってもよい。

第1実施形態の変形例1におけるEUV光生成装置1の他の構成については、第1実施形態のEUV光生成装置1と同様であってもよい。

[0107] ウインドウ411は、パルスレーザ光33の散乱光及びプラズマ光が照射されることによって加熱し、ウインドウ411自体が熱レンズ効果を生じることがあり得る。

第1実施形態の変形例1のEUV光生成装置1では、ウインドウ411にガスが吹き付けられ得るため、ウインドウ411の加熱が抑制されてウインドウ411自体の熱レンズ効果が抑制され得る。このため、第1実施形態の変形例1のEUV光生成装置1では、光源413から出力された光の集光位

置のずれをより一層抑制し得る。

その結果、第1実施形態の変形例1のEUV光生成装置1では、ドロップレット271の通過タイミングをより一層高精度で検出し、パルスレーザ光31の出力タイミングをより一層高い精度で制御し得る。

[0108] [7. 第2実施形態のEUV光生成装置]

図13及び図14を用いて、第2実施形態のEUV光生成装置1について説明する。

上述の説明では、パルスレーザ光33の散乱光及びプラズマ光の照射によりチャンバ2の壁2aに発生した熱によって、光源部410に含まれる光路管412内に熱レンズが形成され、誤ったタイミングでドロップレット検出信号が生成され得ることについて言及した。

このような現象は、チャンバ2の壁2aに取り付けられた受光部420に含まれる光路管422についても、光路管412と同様に発生し得る。

すなわち、パルスレーザ光33の散乱光及びプラズマ光の照射によりチャンバ2の壁2aに発生した熱によって、光路管422内に熱レンズが形成され得る。

それにより、受光素子423の受光面には、光源413からチャンバ2内に出力された光の所定位置Pからずれた位置での像が転写されることとなり得る。

その結果、受光素子423から適切な通過タイミング信号が出力されず、誤ったタイミングでドロップレット検出信号が生成される場合があり得る。

[0109] 第2実施形態のEUV光生成装置1は、受光部420の光路管422に係る構成が、第1実施形態に係る光路管412と同様の構成を備えてもよい。更に、第2実施形態のEUV光生成装置1は、第1実施形態に係るガス供給部71と同様のガス供給部72が追加された構成を備えてもよい。

第2実施形態のEUV光生成装置1の構成において、図2～図5に示されたEUV光生成装置1及び第1実施形態のEUV光生成装置1と同様の構成については説明を省略する。

[0110] 図 1 3 は、第 2 実施形態に係るガス供給部 7 2 及び受光部 4 2 0 の構成を説明するための図を示す。図 1 4 は、図 1 3 に示された B-B 線における断面図を示す。

ガス供給部 7 2 は、光路管 4 2 2 内にガスを供給してもよい。

ガス供給部 7 2 は、ガス供給器 7 2 1 と、流量調節器 7 2 2 と、ガス配管 7 2 3 と、を含んでもよい。

[0111] ガス供給器 7 2 1 は、チャンバ 2 及び光路管 4 2 2 の外に配置されてもよい。

ガス供給器 7 2 1 は、ガス配管 7 2 3 を介して光路管 4 2 2 に連結されてもよい。

流量調節器 7 2 2 は、ガス供給器 7 2 1 から光路管 4 2 2 内に供給されるガスの流量を調節する機器であってもよい。

[0112] 第 2 実施形態に係るガス供給部 7 2 の他の構成については、第 1 実施形態に係るガス供給部 7 1 と同様であってもよい。

[0113] 光路管 4 2 2 は、ウインドウ側管 4 2 2 a と、受光素子側管 4 2 2 b と、ガス流路 4 2 2 c と、給気口 4 2 2 d と、排気口 4 2 2 e と、を含んでもよい。

[0114] 給気口 4 2 2 d は、ガス供給器 7 2 1 からのガスを光路管 4 2 2 内に供給するための入口であってもよい。

給気口 4 2 2 d は、給気口 4 1 2 d と同様に、ウインドウ側管 4 2 2 a の壁におけるウインドウ 4 2 1 側の端部に設けられてもよい。

給気口 4 2 2 d は、給気口 4 1 2 d と同様に、ウインドウ側管 4 2 2 a の壁を貫通する貫通孔によって構成されてもよい。

給気口 4 2 2 d には、給気口 4 1 2 d と同様に、ガス配管 7 2 3 が接続されてもよい。

[0115] ガス流路 4 2 2 c は、ガス流路 4 1 2 c と同様に、給気口 4 2 2 d から流入したガスが光路管 4 2 2 の壁を通過するための経路であってもよい。

ガス流路 4 2 2 c は、ガス流路 4 1 2 c と同様に、ウインドウ側管 4 2 2

aの壁の内部であって、給気口422dの近傍に設けられてもよい。

ガス流路422cは、ガス流路412cと同様に、ウインドウ側管422aの内壁面の周方向に沿って形成されてもよい。ガス流路422cは、ウインドウ側管422aによって保持されるウインドウ421の周縁部421aに沿って形成されてもよい。

ガス流路412cは、ガス流路412cと同様に、ウインドウ側管422aの内壁面側の面が当該内壁面の全周に亘って開口するように形成されており、ウインドウ側管422aの内部空間と連通してもよい。この開口は、ウインドウ421の全周に亘る周縁部421aから中央部421bに向かう方向に沿って開口してもよい。

ガス流路422cには、ガス流路412cと同様に、ウインドウ側管422aの内壁面側の面の一部からウインドウ側管422aの外壁面の一部に向かって貫通する貫通孔が形成されおり、ウインドウ側管422aの外部と連通してもよい。この貫通孔は、給気口422dを構成してもよい。

[0116] 排気口422eは、光路管422内のガスを光路管422外に排出するための出口であってもよい。

排気口422eは、排気口412eと同様に、受光素子側管422bの壁における受光素子423側の端部に設けられてもよい。

排気口422eは、排気口412eと同様に、受光素子側管422bの壁を貫通する貫通孔によって構成されてもよい。

[0117] 第2実施形態に係る受光部420の他の構成については、図2及び図4に示された受光部420と同様であってもよい。

第2実施形態のEUV光生成装置1の他の構成については、図2～図5に示されたEUV光生成装置1と同様であってもよい。

[0118] 上記構成により、第2実施形態に係るガス供給部72は、光路管422内にガスを供給することにより、光路管422内でガス流れを発生させ、光路管422内の気体の温度分布を略均一化し得る。

このため、ガス供給部72は、光路管422内での屈折率分布が生じるこ

とを抑制し、光路管 4 2 2 内で熱レンズが形成されることを抑制し得る。

よって、ガス供給部 7 2 は、受光素子 4 2 3 の受光面に転写される像が、所定位置 P からずれた位置での像となることを抑制し得る。

[0119] それにより、第 2 実施形態に係るドロップレット検出器 4 1 は、受光素子 4 2 3 から適切な通過タイミング信号を出力し得ることから、所定位置 P におけるドロップレット 2 7 1 の通過タイミングを精度よく検出し得る。

その結果、第 2 実施形態の E U V 光生成装置 1 は、誤ったタイミングでトリガ信号をレーザ装置 3 に出力することを抑制し、レーザ装置 3 からのパルスレーザ光 3 1 の出力タイミングを高い精度で制御し得る。

[0120] また、第 2 実施形態に係るガス供給部 7 2 は、第 1 実施形態に係るガス供給部 7 1 と同様に、ウインドウ 4 2 1 の周縁部 4 2 1 a から中央部 4 2 1 b に向かってガスが流れるように光路管 4 2 2 内にガスを供給し得る。しかも、ガス供給部 7 2 は、光路管 4 2 2 の高温側から低温側に向かってガスが流れるように光路管 4 2 2 内にガスを供給し得る。

それにより、第 2 実施形態の E U V 光生成装置 1 では、光路管 4 2 2 内の気体の温度分布を一層均一化して光路管 4 2 2 内での屈折率分布を一層抑制し得るため、受光素子 4 2 3 の受光面に転写される像の所定位置 P からのずれを一層抑制し得る。

その結果、第 2 実施形態の E U V 光生成装置 1 では、第 1 実施形態の E U V 光生成装置 1 と同様に、ドロップレット 2 7 1 の通過タイミングを一層高い精度で検出し、パルスレーザ光 3 1 の出力タイミングを一層高精度で制御し得る。

[0121] なお、第 2 実施形態に係るガス供給部 7 2 は、第 1 実施形態の変形例 1 に係るガス供給部 7 1 と同様に、ウインドウ 4 2 1 の全周に亘る周縁部 4 2 1 a から中央部 4 2 1 b に向かってウインドウ 4 2 1 に吹き付けられるよう、光路管 4 2 2 内にガスを供給してもよい。

また、第 2 実施形態に係るドロップレット検出器 4 1 は、受光部 4 2 0 だけでなく光源部 4 1 0 においても、第 1 実施形態に係る光源部 4 1 0 と同様

の構成を備えてもよい。この場合、ガス供給部 7 2 は、受光部 4 2 0 に含まれる光路管 4 2 2 だけではなく、光源部 4 1 0 に含まれる光路管 4 1 2 にもガスを供給してもよい。或いは、第 2 実施形態の E U V 光生成装置 1 には、ガス供給部 7 2 とは別に、第 1 実施形態に係るガス供給部 7 1 が設けられてもよい。

[0122] [8. 第 3 実施形態の E U V 光生成装置]

図 1 5 を用いて、第 3 実施形態の E U V 光生成装置 1 について説明する。

図 1 5 は、第 3 実施形態の E U V 光生成装置 1 の構成を説明するための図を示す。

第 3 実施形態の E U V 光生成装置 1 は、ドロップレット検出器 4 1 が、第 1 実施形態と同様の光源部 4 1 0 と、第 2 実施形態と同様の受光部 4 2 0 と、を含んでもよい。これに伴って、第 3 実施形態の E U V 光生成装置 1 は、第 1 実施形態と同様のガス供給部 7 1 と、第 2 実施形態と同様のガス供給部 7 2 と、を含んでもよい。

また、第 3 実施形態の E U V 光生成装置 1 は、第 2 実施形態の E U V 光生成装置 1 に対して、ドロップレット軌道計測器 4 3 及びドロップレット画像計測器 4 5 が追加された構成を備えてもよい。更に、第 3 実施形態の E U V 光生成装置 1 は、第 2 実施系形態に係るガス供給部 7 2 と同様のガス供給部 7 3 及び 7 4 がそれぞれ追加された構成を備えてもよい。

第 3 実施形態の E U V 光生成装置 1 の構成において、第 1 又は第 2 実施形態の E U V 光生成装置 1 と同様の構成については説明を省略する。

[0123] [8. 1 ドロップレット検出器]

第 3 実施形態に係るドロップレット検出器 4 1 は、第 1 実施形態と同様に、光源部 4 1 0 の光路管 4 1 2 内に対し、ガス供給部 7 1 からガスが供給されてもよい。

ドロップレット検出器 4 1 は、第 2 実施形態と同様に、受光部 4 2 0 の光路管 4 2 2 内に対し、ガス供給部 7 2 からガスが供給されてもよい。

それにより、第 3 実施形態の E U V 光生成装置 1 は、受光素子 4 2 3 から

適切な通過タイミング信号が出力され得ることから、所定位置Pにおけるドロップレット271の通過タイミングが精度よく検出され得る。

その結果、第3実施形態のEUV光生成装置1は、誤ったタイミングでトリガ信号をレーザ装置3に出力することを抑制し、レーザ装置3からのパルスレーザ光31の出力タイミングを高い精度で制御し得る。

[0124] [8. 2 ドロップレット軌道計測器]

ドロップレット軌道計測器43は、所定位置Pとプラズマ生成領域25との間の所定位置Rにおいて、ドロップレット軌道Fを計測するセンサであってもよい。

ドロップレット軌道計測器43は、光源部430と、受光部440と、を含んでもよい。

[0125] 光源部430と受光部440とは、ドロップレット検出器41に含まれる光源部410と受光部420と同様に、チャンバ2の壁2aに取り付けられてもよい。

但し、光源部430と受光部440とは、ドロップレット軌道Fを挟んで互いに対向して配置されていなくてもよい。

光源部430と受光部440とは、光源部430のウィンドウ431と受光部440のウィンドウ441とが、平行でない同じ方向から所定位置Rを向くように配置されてもよい。光源部430のウィンドウ431と受光部440のウィンドウ441との配置は、受光部440がドロップレット271からの反射光を検出し得るような配置であればよい。

[0126] 光源部430は、ドロップレット検出器41に含まれる光源部410と同様に、ウィンドウ431と、光路管432と、光源433と、照明光学系434と、を含んでもよい。

但し、光源部430の光路管432には、光源部410の光路管412とは異なり、その内部にCDA等のガスが供給されなくてもよい。或いは、光路管432には、光路管412と同様に、その内部にCDA等のガスが供給されてもよい。光路管432内にCDA等のガスが供給される場合、光路管

4 3 2 の壁には、光路管 4 1 2 と同様に、ウインドウ 4 3 1 側に給気口及びガス流路が設けられ、光源 4 3 3 側に排気口が設けられてもよい。

また、照明光学系 4 3 4 は、光源 4 3 3 から出力された光をコリメートして所定位置 R にむけて出力するよう構成されてもよい。照明光学系 4 3 4 は、光源 4 3 3 から出力された光を集光してもよい。

光源部 4 3 0 の他の構成については、光源部 4 1 0 と同様であってもよい。

[0127] 受光部 4 4 0 は、ドロップレット検出器 4 1 に含まれる受光部 4 2 0 と同様に、ウインドウ 4 4 1 と、光路管 4 4 2 と、受光素子 4 4 3 と、受光光学系 4 4 4 と、を含んでもよい。

そして、受光部 4 4 0 の光路管 4 4 2 には、受光部 4 2 0 の光路管 4 2 2 と同様に、その内部にガス供給部 7 3 から C D A 等のガスが供給されてもよい。

但し、受光部 4 4 0 の受光素子 4 4 3 は、C C D (Charge-Coupled Device) 及びイメージインテンシファイアを用いて構成される 2 次元イメージセンサであってもよい。

受光部 4 4 0 の他の構成については、受光部 4 2 0 と同様であってもよい。

[0128] ドロップレット軌道計測器 4 3 の動作について説明する。

光源部 4 3 0 の光源 4 3 3 は、照明光学系 4 3 4 及びウインドウ 4 3 1 を介してチャンバ 2 内の所定位置 R に光を出力してもよい。

チャンバ 2 内に出力されたドロップレット 2 7 1 が所定位置 R を通過すると、光源 4 3 3 から出力された光は、ドロップレット 2 7 1 を照射し得る。ドロップレット 2 7 1 に照射された光は、当該ドロップレット 2 7 1 によって反射され得る。この反射光は、受光部 4 4 0 にて受光され得る。

受光部 4 4 0 の受光光学系 4 4 4 は、ドロップレット 2 7 1 からの反射光の所定位置 R での像を、受光素子 4 4 3 の受光面に転写してもよい。

受光部 4 4 0 の受光素子 4 4 3 は、受光光学系 4 4 4 によって転写された

反射光の像を撮像してもよい。受光素子443は、取得された画像からドロップレット軌道Fを計測してもよい。受光素子443は、ドロップレット軌道Fの計測結果を示す信号を制御部8に出力してもよい。

制御部8は、当該計測結果に基づいて、ドロップレット軌道Fを所望の軌道に制御してもよい。例えば、制御部8は、当該計測結果に基づいて、ターゲット供給部26が搭載された不図示の2軸ステージを動かすことによって、ドロップレット軌道Fを所望の軌道に制御してもよい。

[0129] 上述のように、ドロップレット軌道計測器43は、ドロップレット検出器41と同様に、チャンバ2の壁2aに取り付けられた受光部440を含んでもよい。

すなわち、ドロップレット軌道計測器43の受光部440は、ドロップレット検出器41の受光部420と同様に、パルスレーザ光33の散乱光及びプラズマ光の照射によりチャンバ2の壁2aに発生した熱によって加熱され得る。このため、受光部440に含まれる光路管442内には、受光部420に含まれる光路管422と同様に、熱レンズが形成され得る。

それにより、受光部440に含まれる受光素子443の受光面には、ドロップレット271からの反射光における所定位置Rからずれた位置での像が転写されることがあり得る。

その結果、受光素子443におけるドロップレット軌道Fの計測精度が悪化してドロップレット軌道Fが適切に制御されず、パルスレーザ光33がドロップレット271を適切に照射できないことがあり得る。

[0130] しかしながら、第3実施形態のEUV光生成装置1では、受光部440に含まれる光路管442の内部には、受光部420の光路管422と同様に、ガス供給部73からCDA等のガスが供給されてもよい。

それにより、第3実施形態のEUV光生成装置1では、光路管442内で熱レンズが形成されることを抑制し、受光素子443の受光面に転写される像が、ドロップレット271からの反射光における所定位置Rからずれた位置での像となることを抑制し得る。

その結果、第3実施形態のEUV光生成装置1では、受光素子443におけるドロップレット軌道Fの計測精度を確保してドロップレット軌道Fを適切に制御し得ることから、パルスレーザ光33をドロップレット271に適切に照射し得る。

[0131] [8. 3 ドロップレット画像計測器]

ドロップレット画像計測器45は、プラズマ生成領域25に到達する直前又はプラズマ生成領域25に到達したドロップレット271を撮像するセンサであってもよい。

ドロップレット画像計測器45は、光源部450と、受光部460と、を含んでもよい。

[0132] 光源部450と受光部460とは、ドロップレット軌道計測器43に含まれる光源部430と受光部440と同様に、チャンバ2の壁2aに取り付けられてもよい。

光源部450と受光部460とは、ドロップレット軌道Fを挟んで互に対向するように配置されてもよい。

光源部450と受光部460との対向方向は、ドロップレット軌道Fと略直交してもよい。

[0133] 光源部450は、ドロップレット軌道計測器43に含まれる光源部430と同様に、ウインドウ451と、光路管452と、光源453と、照明光学系454と、を含んでもよい。

但し、光源部450の光路管452には、光源部430の光路管432と同様に、その内部にCDA等のガスが供給されてもよいし、供給されなくてもよい。光路管452内にCDA等のガスが供給される場合、光路管452の壁には、光路管432と同様に、ウインドウ451側に給気口及びガス流路が設けられ、光源453側に排気口が設けられてもよい。

光源部450の他の構成については、光源部430と同様であってもよい。

[0134] 受光部460は、ドロップレット軌道計測器43に含まれる受光部440

と同様に、ウインドウ 4 6 1 と、光路管 4 6 2 と、受光素子 4 6 3 と、受光光学系 4 6 4 と、を含んでもよい。

そして、受光部 4 6 0 の光路管 4 6 2 には、受光部 4 4 0 の光路管 4 4 2 と同様に、その内部にガス供給部 7 4 から C D A 等のガスが供給されてもよい。

受光部 4 6 0 の受光素子 4 6 3 は、受光部 4 4 0 の受光素子 4 4 3 と同様に、C C D (Charge-Coupled Device) 及びイメージインテンシファイアを用いて構成される 2 次元イメージセンサであってもよい。

受光部 4 6 0 の他の構成については、受光部 4 4 0 と同様であってもよい。

[0135] ドロップレット画像計測器 4 5 の動作について説明する。

光源部 4 5 0 の光源 4 5 3 は、照明光学系 4 5 4 及びウインドウ 4 5 1 を介してチャンバ 2 内のプラズマ生成領域 2 5 に光を出力してもよい。

チャンバ 2 内に出力されたドロップレット 2 7 1 がプラズマ生成領域 2 5 に到達すると、光源 4 5 3 から出力され受光部 4 6 0 に向かう光の一部は遮断され得る。そのため、ドロップレット 2 7 1 がプラズマ生成領域 2 5 に到達すると、光源 4 5 3 から出力された光のプラズマ生成領域 2 5 での像の一部は、プラズマ生成領域 2 5 に到達したドロップレット 2 7 1 の影の像となって受光素子 4 6 3 の受光面に転写され得る。言い換えると、ドロップレット 2 7 1 がプラズマ生成領域 2 5 に到達すると、受光部 4 6 0 では、受光素子 4 6 3 が、光源 4 5 3 によって出力されドロップレット 2 7 1 に照射される光のうち、ドロップレット 2 7 1 によって遮断されずにその周囲を通過した光を受光し得る。

受光部 4 6 0 の受光光学系 4 6 4 は、プラズマ生成領域 2 5 でのドロップレット 2 7 1 の影の像を、受光素子 4 6 3 の受光面に転写してもよい。

受光部 4 6 0 の受光素子 4 6 3 は、受光光学系 4 6 4 によって転写されたドロップレット 2 7 1 の影の像を撮像してもよい。受光素子 4 6 3 は、取得された画像からドロップレット 2 7 1 の進行速度を計測してもよい。受光素

子は、ドロップレット271の進行速度の計測結果を示す信号を制御部8に出力してもよい。

制御部8は、当該計測結果に基づいて、トリガ信号が出力されるタイミングを規定する遅延時間 T_d を補正してもよい。

[0136] 上述のように、ドロップレット画像計測器45は、ドロップレット軌道計測器43と同様に、チャンバ2の壁2aに取り付けられた受光部440を含んでもよい。

すなわち、ドロップレット画像計測器45の受光部460は、ドロップレット軌道計測器43の受光部440と同様に、パルスレーザ光33の散乱光及びプラズマ光の照射によりチャンバ2の壁2aに発生した熱によって加熱され得る。このため、受光部460に含まれる光路管462内には、受光部440に含まれる光路管442と同様に、熱レンズが形成され得る。

それにより、受光部460に含まれる受光素子463の受光面には、プラズマ生成領域25からずれた位置でのドロップレット271の影の像が転写されることがあり得る。

その結果、受光素子463におけるドロップレット271の進行速度の計測精度が悪化して、遅延時間 T_d が適切に補正されず、パルスレーザ光33がドロップレット271を適切に照射できないことがあり得る。特に、ドロップレット271に対するパルスレーザ光33の照射位置が所望の位置からずれて、EUV光252の発光効率が低下することがあり得る。

[0137] しかしながら、第3実施形態のEUV光生成装置1では、受光部460に含まれる光路管462の内部には、受光部440の光路管442と同様に、ガス供給部74からCDA等のガスが供給されてもよい。

それにより、第3実施形態のEUV光生成装置1では、光路管462内で熱レンズが形成されることを抑制し、受光素子463の受光面に転写される像が、プラズマ生成領域25からずれた位置でのドロップレット271の影の像となることを抑制し得る。

その結果、第3実施形態のEUV光生成装置1では、受光素子463にお

けるドロップレット271の進行速度の計測精度を確保して遅延時間Tdが適切に補正し得ることから、パルスレーザ光33をドロップレット271に適切に照射し得る。特に、ドロップレット271に対するパルスレーザ光33の照射位置を所望の位置に制御して、EUV光252の発光効率が低下することを抑制し得る。

[0138] なお、第3実施形態に係るガス供給部71～74は、図15での図示を省略したが、第1実施形態に係るガス供給部71と同様に、ウィンドウ411、421、441及び461のそれぞれの周縁部から中央部に向かってガスが流れるようガスを供給してもよい。

また、第3実施形態に係るガス供給部71～74は、第1実施形態の変形例1に係るガス供給部71と同様に、ウィンドウ411、421、441及び461のそれぞれにガスが吹き付けられるようにガスを供給してもよい。

[0139] [9. 第4実施形態のEUV光生成装置]

図16及び図17を用いて、第4実施形態のEUV光生成装置1について説明する。

第4実施形態のEUV光生成装置1は、ドロップレット検出器41が、第1実施形態と同様の光源部410と、第2実施形態と同様の受光部420と、を含んでもよい。更に、第4実施形態のEUV光生成装置1は、第1実施形態のガス供給部71と第2実施形態のガス供給部72とを組み合わせたガス供給部75が追加された構成を備えてもよい。

第4実施形態のEUV光生成装置1の構成において、第1～第3実施形態のEUV光生成装置1と同様の構成については説明を省略する。

[0140] [9. 1 構成]

図16は、第4実施形態のEUV光生成装置1の構成を説明するための図を示す。

第4実施形態に係るガス供給部75は、ドロップレット検出器41の光源部410及び受光部420に含まれる光路管412及び422内のそれぞれにCDA等のガスを供給してもよい。

ガス供給部 7 5 は、受光素子 4 2 3 における受光強度の変化に応じて、光路管 4 1 2 及び 4 2 2 内に供給されるガスの流量を変化させてもよい。

ガス供給部 7 5 は、ガス供給器 7 5 1 と、流量調節器 7 5 2 a と、流量調節器 7 5 2 b と、ガス配管 7 5 3 と、ガス配管 7 5 4 と、流量制御器 7 5 5 と、を含んでもよい。

[0141] ガス配管 7 5 3 は、ガス供給器 7 5 1 と流量制御器 7 5 5 とを連結してもよい。

ガス配管 7 5 4 は、光路管 4 1 2 の給気口 4 1 2 d 及び光路管 4 2 2 の給気口 4 2 2 d と、流量制御器 7 5 5 とをそれぞれ連結してもよい。ガス配管 7 5 4 は、流量制御器 7 5 5 から延びる 1 つの配管が途中で、給気口 4 1 2 d に向かって延びる第 1 部分 7 5 4 a と給気口 4 2 2 d に向かって延びる第 2 部分 7 5 4 b とに分岐するように形成されてもよい。

ガス配管 7 5 3 及びガス配管 7 5 4 は、流量制御器 7 5 5 の内部で連通していてもよい。

[0142] 流量制御器 7 5 5 は、ガス供給器 7 5 1 から光路管 4 1 2 及び 4 2 2 内に供給されるガス全体の流量を制御する機器であってもよい。流量制御器 7 5 5 は、質量流量制御器であってもよい。

流量制御器 7 5 5 の動作は、制御部 8 によって制御されてもよい。流量制御器 7 5 5 は、制御部 8 から出力される流量制御信号に基づいて、ガス供給器 7 5 1 から光路管 4 1 2 及び 4 2 2 内に供給されるガスの流量を制御してもよい。

[0143] 流量調節器 7 5 2 a は、ガス配管 7 5 4 の第 1 部分 7 5 4 a 上に設けられてもよい。流量調節器 7 5 2 a は、バルブ又はオリフィスであってもよい。流量調節器 7 5 2 a は、流量制御器 7 5 5 から光路管 4 1 2 内に供給されるガスの流量を調節してもよい。

流量調節器 7 5 2 b は、ガス配管 7 5 4 の第 2 部分 7 5 4 b 上に設けられてもよい。流量調節器 7 5 2 b は、バルブ又はオリフィスであってもよい。流量調節器 7 5 2 b は、流量制御器 7 5 5 から光路管 4 2 2 内に供給される

ガスの流量を調節してもよい。

流量調節器 7 5 2 a 及び 7 5 2 b のそれぞれの動作は、制御部 8 によって制御されてもよい。

[0144] 第 4 実施形態に係るガス供給部 7 5 の他の構成については、第 1 ～ 第 3 実施形態に係るガス供給部 7 1 ～ 7 4 と同様であってもよい。

第 4 実施形態の E U V 光生成装置 1 の他の構成については、第 1 ～ 第 3 実施形態の E U V 光生成装置 1 と同様であってもよい。

[0145] [9. 2 動作]

第 4 実施形態の E U V 光生成装置 1 の動作について説明する。

具体的には、光路管 4 1 2 及び 4 2 2 内に供給されるガスの流量制御に関する動作の流れについて説明する。

図 1 7 は、図 1 6 に示された光路管 4 1 2 及び 4 2 2 内に供給されるガスの流量制御に関する動作を説明するためのフローチャートを示す。

第 4 実施形態の E U V 光生成装置 1 の動作において、第 1 ～ 第 3 実施形態の E U V 光生成装置 1 と同様の動作について説明を省略する。

[0146] E U V 光生成制御部 5 からターゲット出力信号が入力されると、制御部 8 は、上述のように、ターゲット供給部 2 6 を制御して、チャンバ 2 内へのドロップレット 2 7 1 の出力を開始させてもよい。

ドロップレット検出器 4 1 に含まれる光源 4 1 3 は、チャンバ 2 内の所定位置 P に光を出力してもよい。

[0147] ステップ S 1 において、ドロップレット検出器 4 1 に含まれる受光素子 4 2 3 は、光源 4 1 3 から出力された光を受光してもよい。

受光素子 4 2 3 は、上述のように、ドロップレット 2 7 1 が所定位置 P を通過することに応じて変化する通過タイミング信号を制御部 8 に出力してもよい。

[0148] ステップ S 2 において、制御部 8 には、受光素子 4 2 3 から出力された通過タイミング信号が入力されてもよい。

ドロップレット 2 7 1 が所定位置 P を通過していない場合、通過タイミン

グ信号の電圧値Vは、上述のように、所定の閾値電圧よりも高い値を示し得る。

ドロップレット271が所定位置Pを通過する場合、通過タイミング信号の電圧値Vは、上述のように、所定の閾値電圧を超えて低い値を示し得る。この場合、制御部8は、上述のように、ドロップレット検出信号及びトリガ信号を生成し、レーザ装置3に出力してもよい。

[0149] ステップS3において、制御部8は、ドロップレット271が所定位置Pを通過していない場合における通過タイミング信号の電圧値Vが、予め定められた電圧目標値V0より大きいかな否かを判定してもよい。

図9を用いて説明したように、熱レンズの形成に伴って受光素子423の受光強度が低下した場合、ドロップレット271が所定位置Pを通過していない場合における通過タイミング信号の電圧値Vは、低下し得る。これに伴って通過タイミング信号に含まれるノイズが、所定の閾値電圧を超える場合があり得る。したがって、電圧目標値V0は、ドロップレット271が所定位置Pを通過していない場合において、通過タイミング信号に含まれるノイズが、所定の閾値電圧を超えないような電圧値となるよう設定するとよい。

制御部8は、通過タイミング信号の電圧値Vが電圧目標値V0より大きければ、ステップS1に移行してもよい。一方、制御部8は、通過タイミング信号の電圧値Vが電圧目標値V0より大きくなければ、ステップS4に移行してもよい。

[0150] ステップS4において、制御部8は、流量制御器755を制御して、ガス供給器751から光路管412及び422内に供給されるガス全体の流量Qを増加させてもよい。

具体的には、制御部8は、流量制御器755に設定される流量Qを、次式を用いて更新してもよい。

$$Q = Q + \Delta Q$$

ΔQ は、流量Qを調節する量であってもよい。 ΔQ は、ドロップレット271が所定位置Pを通過していない場合での通過タイミング信号の電圧値V

と、電圧目標値 V_0 との差分 ΔV に応じて定められてもよい。制御部 8 は、 ΔV が小さいほど ΔQ を大きい値に定めてもよい。

制御部 8 は、新たな流量 Q を示す流量制御信号を流量制御器 755 に出力し、流量制御器 755 に新たな流量 Q を設定してもよい。流量制御器 755 は、ガス供給器 751 から光路管 412 及び 422 内に供給されるガスの流量を、制御部 8 によって設定された新たな流量 Q に制御し得る。

[0151] ステップ S5 において、制御部 8 は、流量制御器 755 に設定された新たな流量 Q が、予め定められた最大流量 Q_{max} より大きいか否かを、次式を用いて判定してもよい。

$$Q > Q_{max}$$

制御部 8 は、流量制御器 755 に設定された新たな流量 Q が最大流量 Q_{max} より大きくなければ、ステップ S1 に移行してもよい。一方、制御部 8 は、流量制御器 755 に設定された新たな流量 Q が最大流量 Q_{max} より大きければ、エラーを通報してもよい。

最大流量 Q_{max} は、ガス供給器 751 における CDA の供給能力に基づいて予め定められてもよい。

[0152] 第 4 実施形態の EUV 光生成装置 1 の他の動作については、第 1 ～ 第 3 実施形態の EUV 光生成装置 1 と同様であってもよい。

[0153] [9. 3 作用]

チャンバ 2 の壁 2a に照射されるパルスレーザ光 33 の散乱光及びプラズマ光のエネルギーは、EUV 光生成装置 1 から出力される EUV 光 252 のパルスエネルギーや繰り返し周波数の変化により、変化し得る。すなわち、チャンバ 2 の壁 2a に照射されるパルスレーザ光 33 の散乱光及びプラズマ光のエネルギーは、EUV 光生成装置 1 の稼働状況によって変化し得る。

EUV 光生成装置 1 の稼働状況の変化によって、チャンバ 2 の壁 2a に取り付けられた光路管 412 及び 422 内の温度分布が変化し得るため、形成される熱レンズがドロップレット検出器 41 の検出精度に与える影響の程度も変化し得る。

[0154] しかしながら、第4実施形態に係るガス供給部75は、受光素子423から出力される通過タイミング信号の変化に応じて光路管412及び422内に供給されるガスの流量を制御し得る。

このため、第4実施形態に係るガス供給部75は、EUV光生成装置1の稼働状況が変化しても、光路管412及び光路管422内の温度分布を略均一化し得る。

それにより、第4実施形態に係るドロップレット検出器41は、EUV光生成装置1の稼働状況が変化しても、所定位置Pにおけるドロップレット271の通過タイミングを精度よく検出し得る。

その結果、第4実施形態のEUV光生成装置1は、誤ったタイミングでトリガ信号をレーザ装置3に出力することを抑制し、レーザ装置3からのパルスレーザ光31の出力タイミングを高い精度で制御し得る。

[0155] なお、第4実施形態に係るガス供給部75は、図16での図示を簡略化した但、第1実施形態に係るガス供給部71と同様に、ウィンドウ411及び421のそれぞれの周縁部から中央部に向かってガスが流れるようガスを供給してもよい。

また、第4実施形態に係るガス供給部75は、第1実施形態の変形例1に係るガス供給部71と同様に、ウィンドウ411及び421のそれぞれにガスが吹き付けられるようにガスを供給してもよい。

また、第4実施形態のEUV光生成装置1は、第3実施形態のEUV光生成装置1と同様に、ドロップレット軌道計測器43及びドロップレット画像計測器45を備えてもよい。

この場合、第4実施系形態に係るドロップレット軌道計測器43に含まれる光路管内に供給されるガスの流量は、受光素子443によって取得された画像のコントラストや明るさ等に応じて制御されてもよい。第4実施系形態に係るドロップレット画像計測器45に含まれる光路管内に供給されるガスの流量は、受光素子463によって取得された画像のコントラストや明るさ等に応じて制御されてもよい。

[0156] [10. 第5実施形態のEUV光生成装置]

図18を用いて、第5実施形態のEUV光生成装置1について説明する。

第5実施形態のEUV光生成装置1は、光路管内に対してガスを供給しなくてもよい。第5実施形態のEUV光生成装置1は、光路管内の気体を攪拌させることによって、光路管内の温度分布を均一化して光路管内の屈折率分布を均一化させてもよい。

第5実施形態のEUV光生成装置1は、図2～図5に示されたEUV光生成装置1に対して、ガス供給部71の代りに攪拌装置91が追加された構成を備えてもよい。

第5実施形態のEUV光生成装置1の構成において、図2～図5に示されたEUV光生成装置1と同様の構成については説明を省略する。

[0157] 図18は、第5実施形態に係る攪拌装置91及び光源部410を説明するための図を示す。

攪拌装置91は、光路管412内の気体を攪拌させ温度分布を均一化することによって、光路管内の屈折率分布を均一化させる装置であってもよい。

攪拌装置91は、ファン911と、モータ912と、を含んでもよい。

[0158] ファン911は、光路管412内に配置されてもよい。ファン911は、光路管412の高温側であるウインドウ側管412aの内部に配置されてもよい。

ファン911は、モータ912の駆動によって回転してもよい。

[0159] モータ912は、光路管412の外に配置されてもよい。

モータ912の動作は、制御部8によって制御されてもよい。

モータ912は、制御部8からの制御により、ファン911の回転数を変化させてもよい。

[0160] 制御部8は、受光素子423から出力される通過タイミング信号の変化に応じてモータ912の駆動を制御することにより、ファン911の回転数を制御してもよい。

[0161] 第5実施形態のEUV光生成装置1の他の動作については、図2～図5に

示されたEUV光生成装置1と同様であってもよい。

[0162] 上記構成により、第5実施形態に係る攪拌装置91は、第4実施形態と同様に、受光素子423から出力される通過タイミング信号の変化に応じて光路管412内の気体を攪拌する速度を調節し得る。

このため、第5実施形態に係る攪拌装置91は、EUV光生成装置1の稼働状況が変化しても、光路管412内の温度分布を略均一化し得る。

それにより、第5実施形態に係るドロップレット検出器41は、EUV光生成装置1の稼働状況が変化しても、所定位置Pにおけるドロップレット271の通過タイミングを精度よく検出し得る。

その結果、第5実施形態のEUV光生成装置1は、誤ったタイミングでトリガ信号をレーザ装置3に出力することを抑制し、レーザ装置3からのパルスレーザ光31の出力タイミングを高い精度で制御し得る。

[0163] [11. その他]

[11. 1 各制御部のハードウェア環境]

当業者は、汎用コンピュータまたはプログラマブルコントローラにプログラムモジュールまたはソフトウェアアプリケーションを組み合わせて、ここに述べられる主題が実行されることを理解するだろう。一般的に、プログラムモジュールは、本開示に記載されるプロセスを実行できるルーチン、プログラム、コンポーネント、データストラクチャー等を含む。

[0164] 図19は、開示される主題の様々な側面が実行され得る例示的なハードウェア環境を示すブロック図である。図19の例示的なハードウェア環境100は、処理ユニット1000と、ストレージユニット1005と、ユーザインターフェイス1010と、パラレルI/Oコントローラ1020と、シリアルI/Oコントローラ1030と、A/D、D/Aコンバータ1040とを含んでもよいが、ハードウェア環境100の構成は、これに限定されない。

[0165] 処理ユニット1000は、中央処理ユニット(CPU)1001と、メモリ1002と、タイマ1003と、画像処理ユニット(GPU)1004と

を含んでもよい。メモリ1002は、ランダムアクセスメモリ（RAM）とリードオンリーメモリ（ROM）とを含んでもよい。CPU1001は、市販のプロセッサのいずれでもよい。デュアルマイクロプロセッサや他のマルチプロセッサアーキテクチャが、CPU1001として使用されてもよい。

[0166] 図19におけるこれらの構成物は、本開示において記載されるプロセスを実行するために、相互に接続されていてもよい。

[0167] 動作において、処理ユニット1000は、ストレージユニット1005に保存されたプログラムを読み込んで、実行してもよい。また、処理ユニット1000は、ストレージユニット1005からプログラムと一緒にデータを読み込んでもよい。また、処理ユニット1000は、ストレージユニット1005にデータを書き込んでもよい。CPU1001は、ストレージユニット1005から読み込んだプログラムを実行してもよい。メモリ1002は、CPU1001によって実行されるプログラムおよびCPU1001の動作に使用されるデータを、一時的に保管する作業領域であってもよい。タイマ1003は、時間間隔を計測して、プログラムの実行に従ってCPU1001に計測結果を出力してもよい。GPU1004は、ストレージユニット1005から読み込まれるプログラムに従って、画像データを処理し、処理結果をCPU1001に出力してもよい。

[0168] パラレルI/Oコントローラ1020は、露光装置制御部61、EUV光生成制御部5、制御部8等の、処理ユニット1000と通信可能なパラレルI/Oデバイスに接続されてもよく、処理ユニット1000とそれらパラレルI/Oデバイスとの間の通信を制御してもよい。シリアルI/Oコントローラ1030は、レーザ光進行方向制御部34、ヒータ263、圧力調節器264、ドロップレット軌道計測器43、ドロップレット画像計測器45、ガス供給部71～75、攪拌装置91等の、処理ユニット1000と通信可能なシリアルI/Oデバイスに接続されてもよく、処理ユニット1000とそれらシリアルI/Oデバイスとの間の通信を制御してもよい。A/D、D/Aコンバータ1040は、アナログポートを介して、ターゲットセンサ4

、ドロップレット検出器41、 piezo素子265等のアナログデバイスに接続されてもよく、処理ユニット1000とそれらアナログデバイスとの間の通信を制御したり、通信内容のA/D、D/A変換を行ってもよい。

[0169] ユーザインターフェイス1010は、操作者が処理ユニット1000にプログラムの停止や、割込みルーチンの実行を指示できるように、処理ユニット1000によって実行されるプログラムの進捗を操作者に表示してもよい。

[0170] 例示的なハードウェア環境100は、本開示における露光装置制御部61、EUV光生成制御部5、制御部8等の構成に適用されてもよい。当業者は、それらのコントローラが分散コンピューティング環境、すなわち、通信ネットワークを介して繋がっている処理ユニットによってタスクが実行される環境において実現されてもよいことを理解するだろう。本開示において、露光装置制御部61、EUV光生成制御部5、制御部8等は、イーサネットやインターネットといった通信ネットワークを介して互いに接続されてもよい。分散コンピューティング環境において、プログラムモジュールは、ローカルおよびリモート両方のメモristレージデバイスに保存されてもよい。

[0171] [11.2 その他の変形例等]

上記で説明した実施形態は、変形例を含めて各実施形態同士で互いの技術を適用し得ることは、当業者には明らかであろう。

[0172] 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。

[0173] 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。

符号の説明

[0174]	1	…E U V 光生成装置
	2	…チャンバ
	2 6	…ターゲット供給部
	2 7	…ターゲット
	2 7 1	…ドロップレット
	2 5 2	…E U V 光
	4 1 1、4 2 1	…ウインドウ
	4 1 2、4 2 2	…光路管
	4 1 2 e、4 2 2 e	…排気口
	4 1 3	…光源
	4 2 3	…受光素子
	7 1、7 2	…ガス供給部
	9 1	…攪拌装置

請求の範囲

- [請求項1] 内部でプラズマが生成されることによって極端紫外光が生成されるチャンバと、
前記チャンバに設けられたウインドウと、
前記チャンバに接続された光路管と、
前記光路管内に配置され、前記ウインドウを介して前記チャンバ内に光を出力する光源と、
前記光路管内にガスを供給するガス供給部と、
前記光路管内の前記ガスを前記光路管外に排出する排気口と、
を備える極端紫外光生成装置。
- [請求項2] 前記光源は、前記ウインドウと離間して配置され、
前記ガス供給部は、前記光路管の前記ウインドウ側から前記ガスを前記光路管内に供給し、
前記排気口は、前記光路管の前記光源側から前記ガスを前記光路管外に排出する
請求項 1 に記載の極端紫外光生成装置。
- [請求項3] 前記ガス供給部は、前記ガスが前記ウインドウの周縁部から中央部に向かって流れるように前記ガスを供給する
請求項 2 に記載の極端紫外光生成装置。
- [請求項4] 前記ガス供給部は、前記ガスが前記ウインドウに吹き付けられるように前記ガスを供給する
請求項 2 に記載の極端紫外光生成装置。
- [請求項5] レーザ光が照射されると前記プラズマを生成するターゲットをドロップレットとして前記チャンバ内に供給するターゲット供給部を更に備え、
前記光源は、前記ドロップレットに向けて前記光を出力する
請求項 2 に記載の極端紫外光生成装置。
- [請求項6] 内部でプラズマが生成されることによって極端紫外光が生成される

チャンバと、

前記チャンバに設けられたウインドウと、

前記チャンバに接続された光路管と、

前記光路管内に配置され、前記ウインドウを介して前記チャンバ内から光を受光する受光素子と、

前記光路管内にガスを供給するガス供給部と、

前記光路管内の前記ガスを前記光路管外に排出する排気口と、

を備える極端紫外光生成装置。

[請求項7] 前記受光素子は、前記ウインドウと離間して配置され、

前記ガス供給部は、前記光路管の前記ウインドウ側から前記ガスを前記光路管内に供給し、

前記排気口は、前記光路管の前記受光素子側から前記ガスを前記光路管外に排出する

請求項6に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項8] 前記ガス供給部は、前記ガスが前記ウインドウの周縁部から中央部に向かって流れるように前記ガスを供給する

請求項7に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項9] 前記ガス供給部は、前記ガスが前記ウインドウに吹き付けられるように前記ガスを供給する

請求項7に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項10] レーザ光が照射されると前記プラズマを生成するターゲットをドロップレットとして前記チャンバ内に供給するターゲット供給部を更に備え、

前記受光素子は、前記ドロップレットに向けて出力された前記光を受光する

請求項7に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項11] 前記チャンバに設けられた第2ウインドウと、

前記チャンバに接続された第2光路管と、

前記第2光路管内に配置され、前記第2ウインドウを介して前記チャンバ内から光を受光する受光素子と、

前記第2光路管内にガスを供給する第2ガス供給部と、

前記第2光路管から前記ガスを排出する第2排気口と、

を更に備える請求項2に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項12] 前記受光素子は、前記第2ウインドウと離間して配置され、
前記第2ガス供給部は、前記第2光路管の前記第2ウインドウ側から前記ガスを前記第2光路管内に供給し、

前記第2排気口は、前記第2光路管の前記受光素子側から前記ガスを前記第2光路管外に排出する

請求項11に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項13] 前記第2ガス供給部は、前記ガスが前記第2ウインドウの周縁部から中央部に向かって流れるように前記ガスを供給する

請求項12に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項14] 前記第2ガス供給部は、前記ガスが前記第2ウインドウに吹き付けられるように前記ガスを供給する

請求項12に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項15] レーザ光が照射されると前記プラズマを生成するターゲットをドロップレットとして前記チャンバ内に供給するターゲット供給部を更に備え、

前記光源は、前記ドロップレットに向けて前記光を出力し、

前記受光素子は、前記ドロップレットに向けて出力された前記光を受光する

請求項12に記載の極端紫外光生成装置。

[請求項16] 前記受光素子は、前記ドロップレットに向けて出力された前記光のうち前記ドロップレットの周囲を通過した前記光を受光する

請求項15に記載の極端紫外光生成装置。

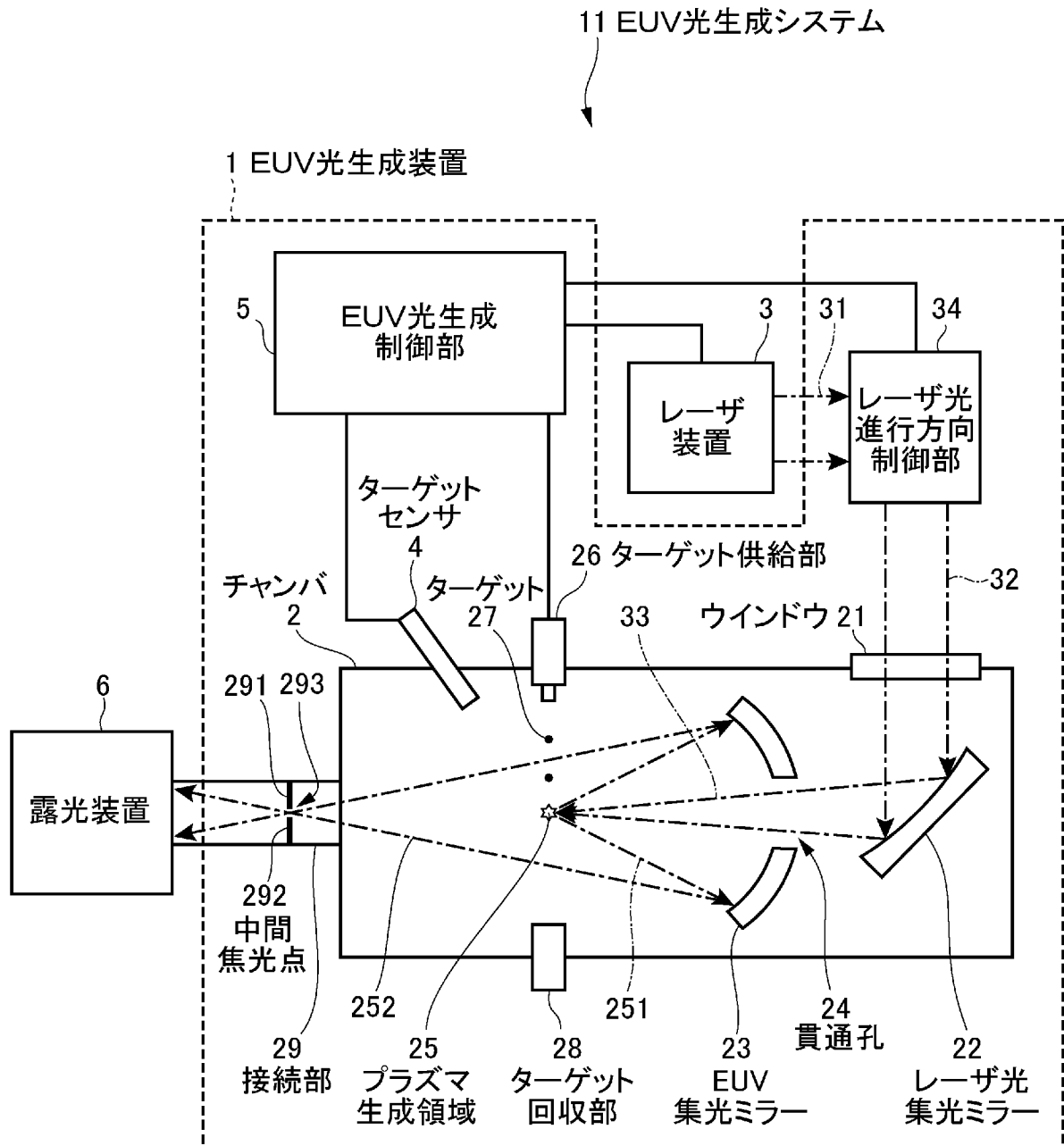
[請求項17] 前記受光素子は、前記ドロップレットに向けて出力された前記光の

うち前記ドロップレットによって反射された前記光を受光する
請求項 15 に記載の極端紫外光生成装置。

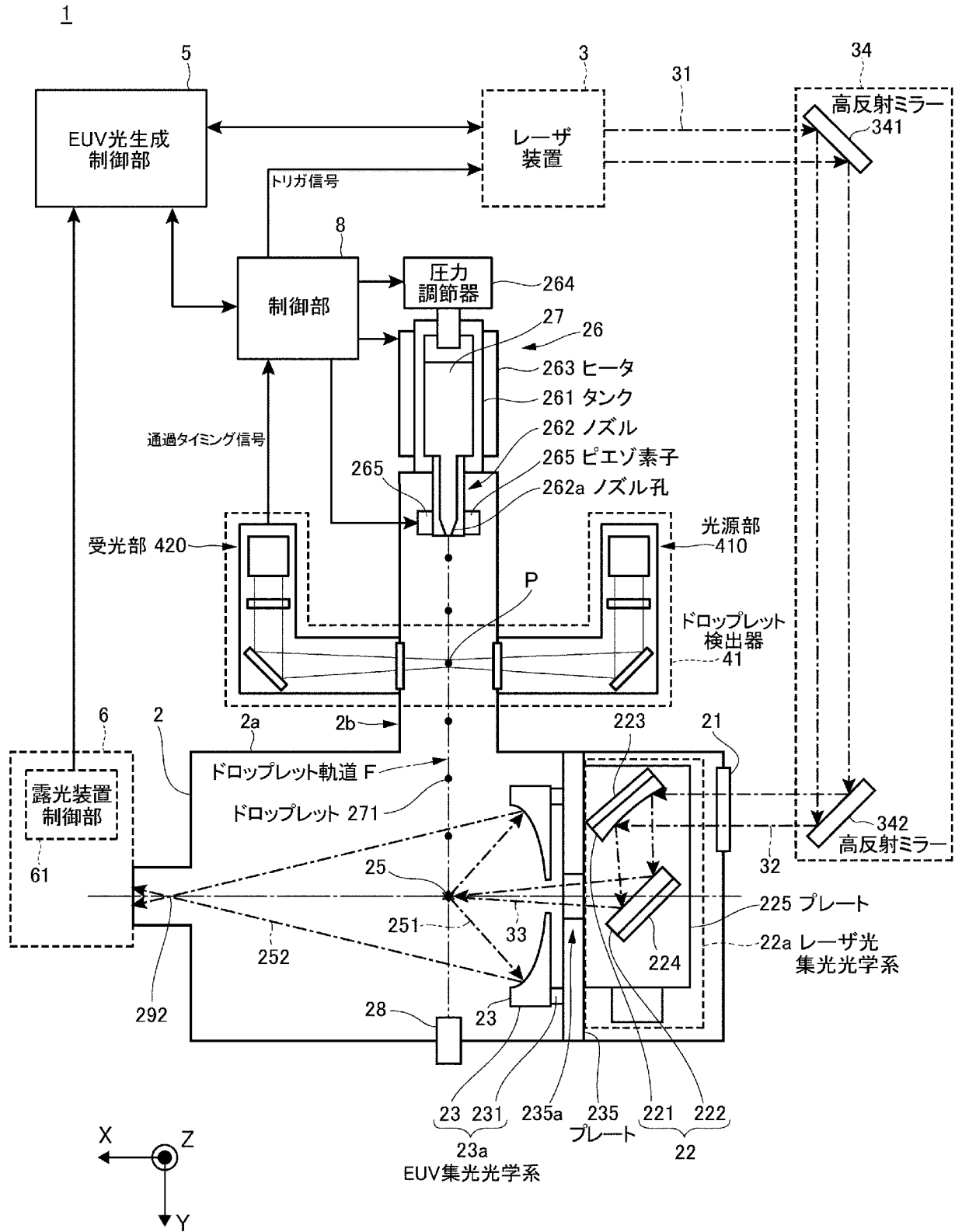
[請求項18] 内部でプラズマが生成されることによって極端紫外光が生成される
チャンバと、
前記チャンバに設けられたウインドウと、
前記チャンバに接続された光路管と、
前記光路管内に配置され、前記ウインドウを介して前記チャンバ内
に光を出力する光源と、
前記光路管内の屈折率分布を均一化させる装置と、
を備える極端紫外光生成装置。

[請求項19] 前記屈折率分布を均一化させる前記装置は、前記光路管内の気体を
攪拌する攪拌装置である
請求項 18 に記載の極端紫外光生成装置。

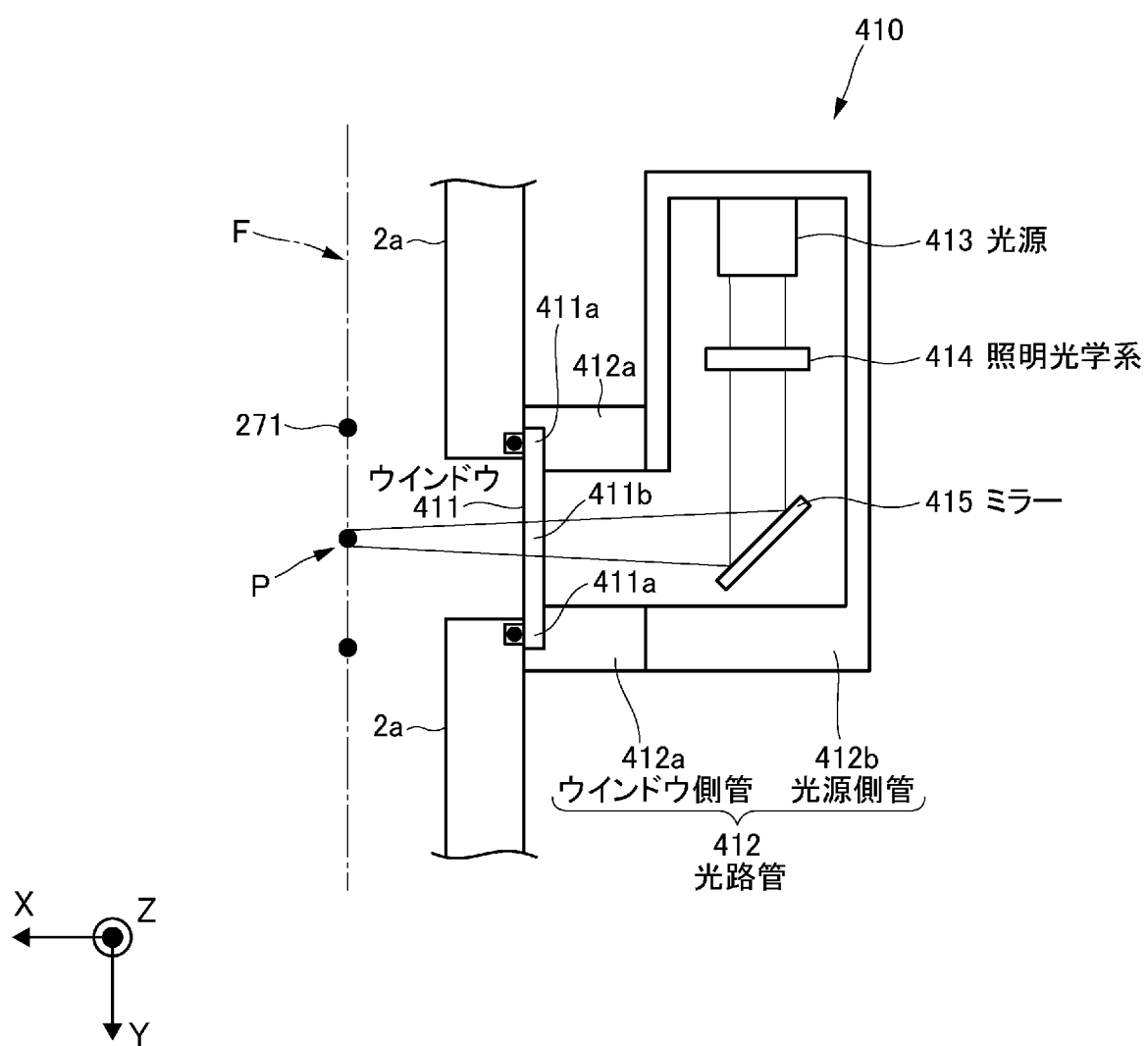
[図1]



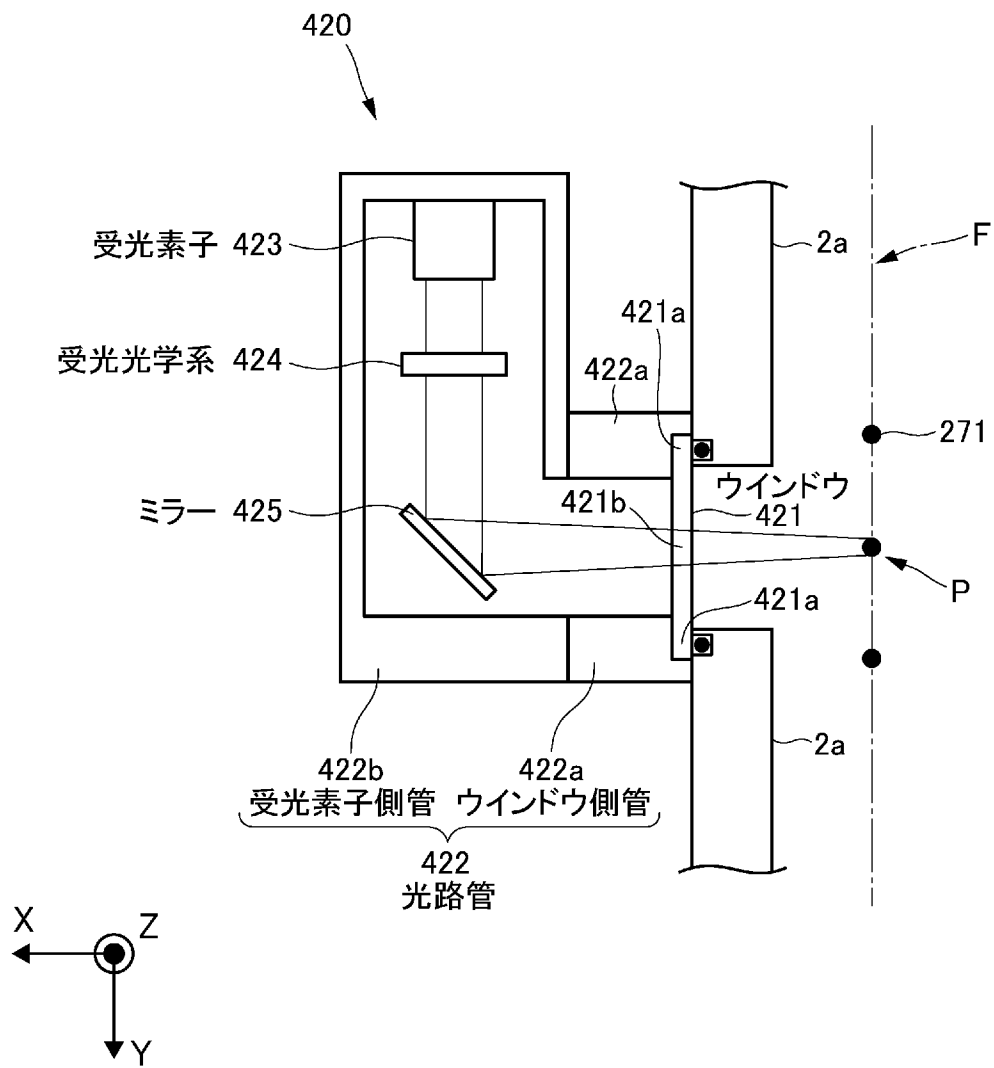
[図2]



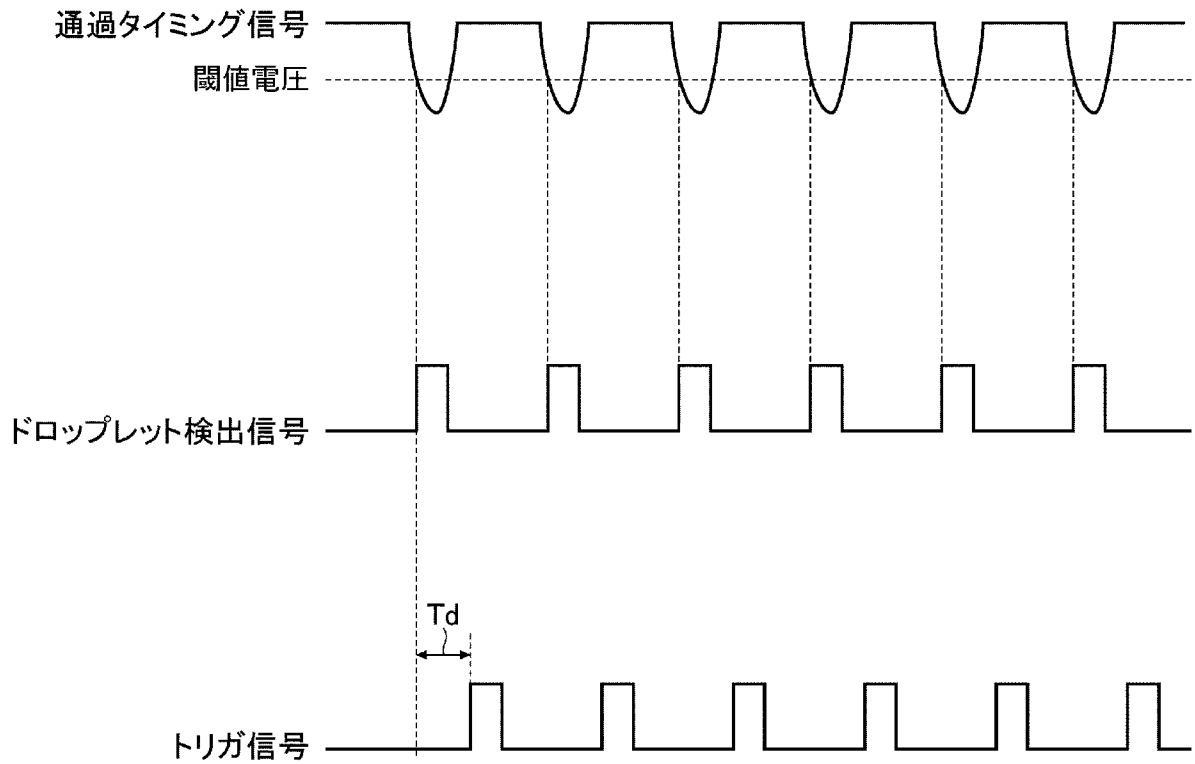
[図3]



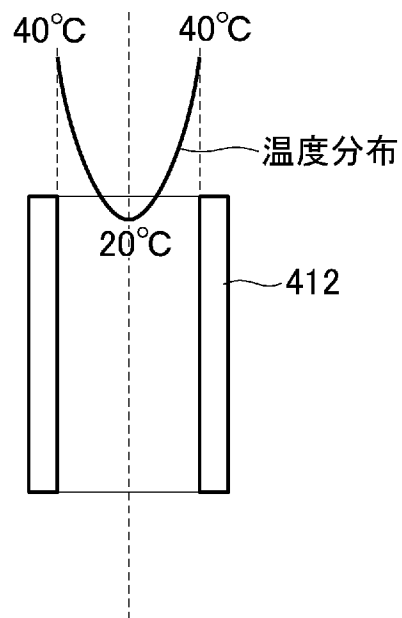
[図4]



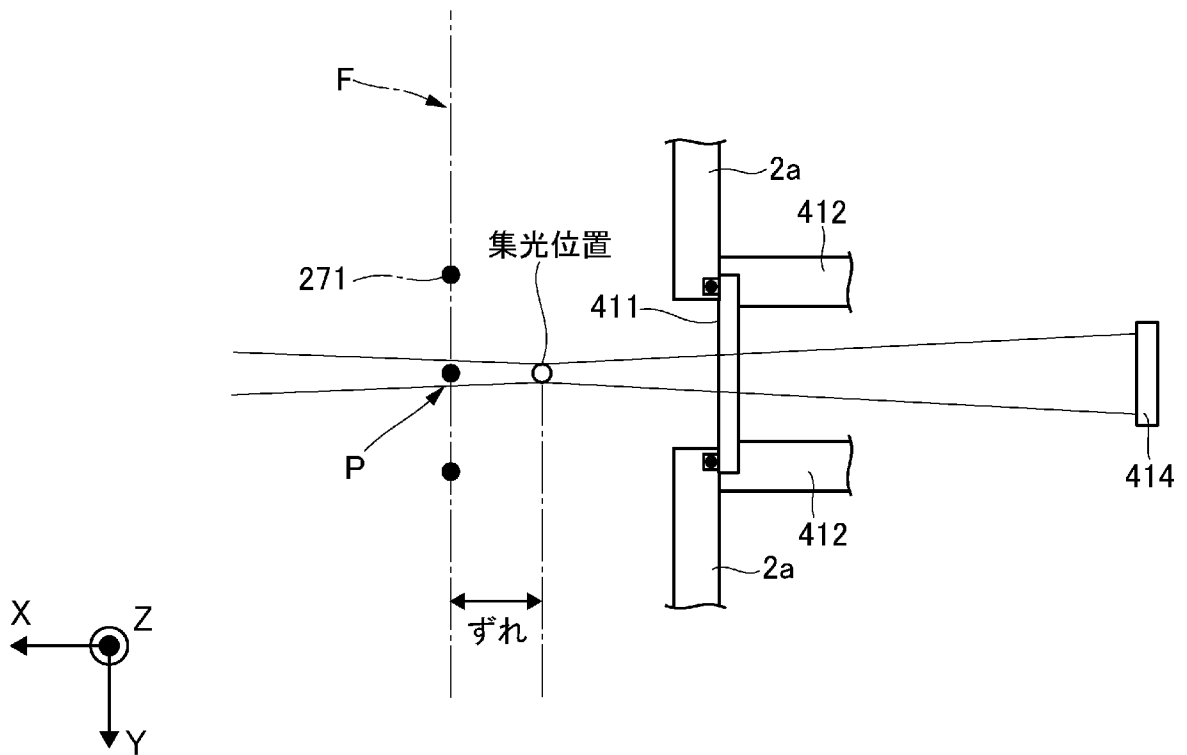
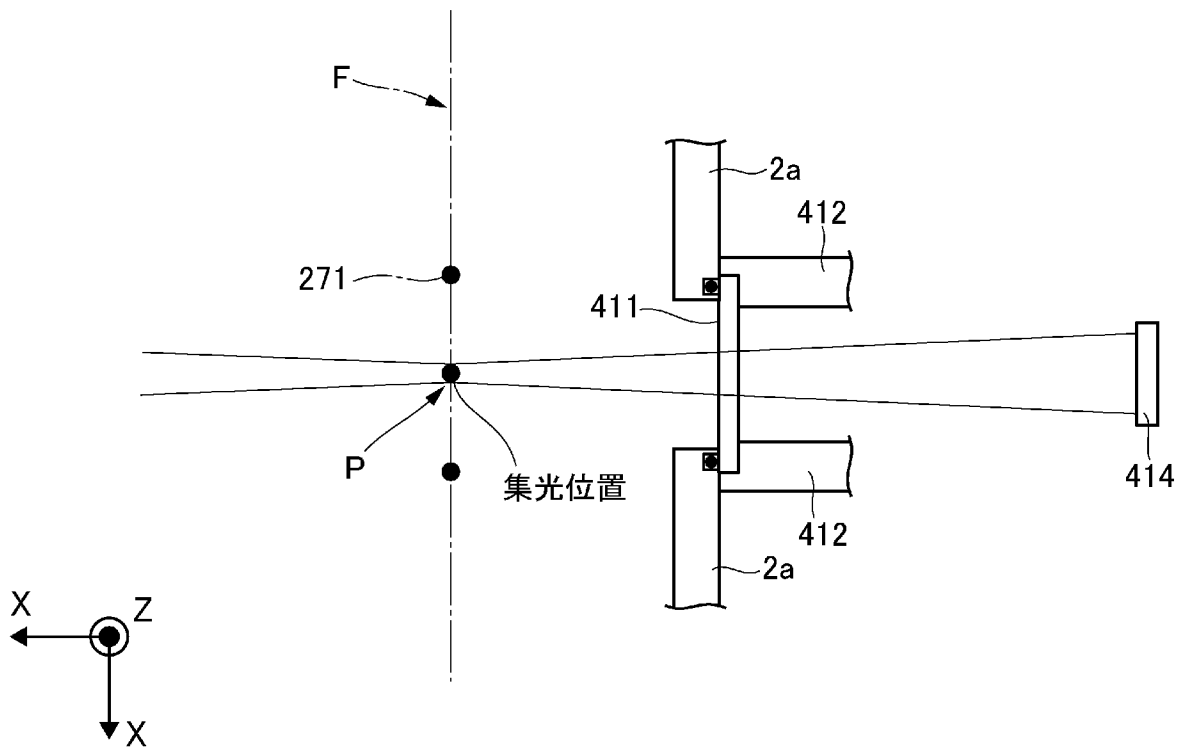
[図5]



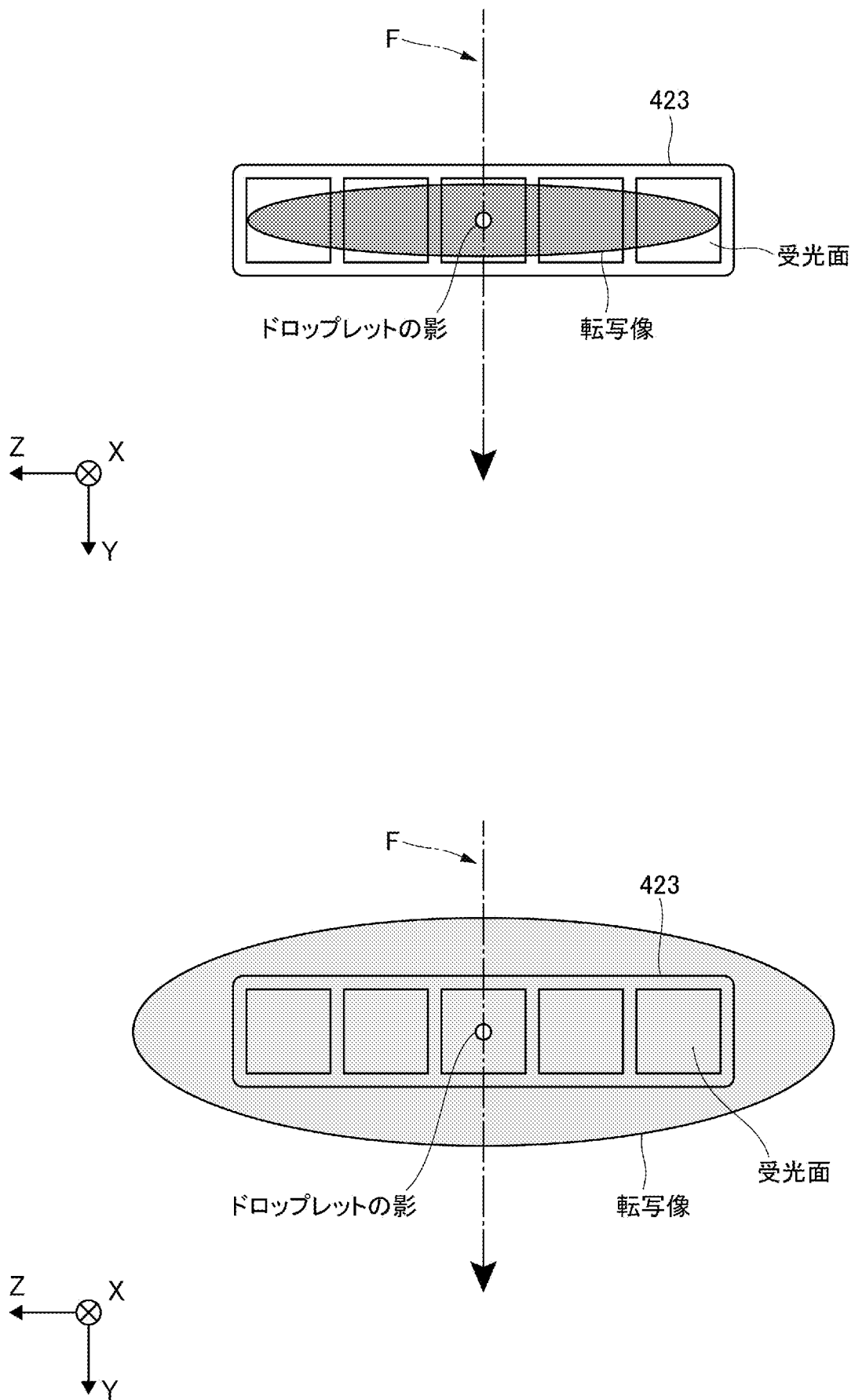
[図6]



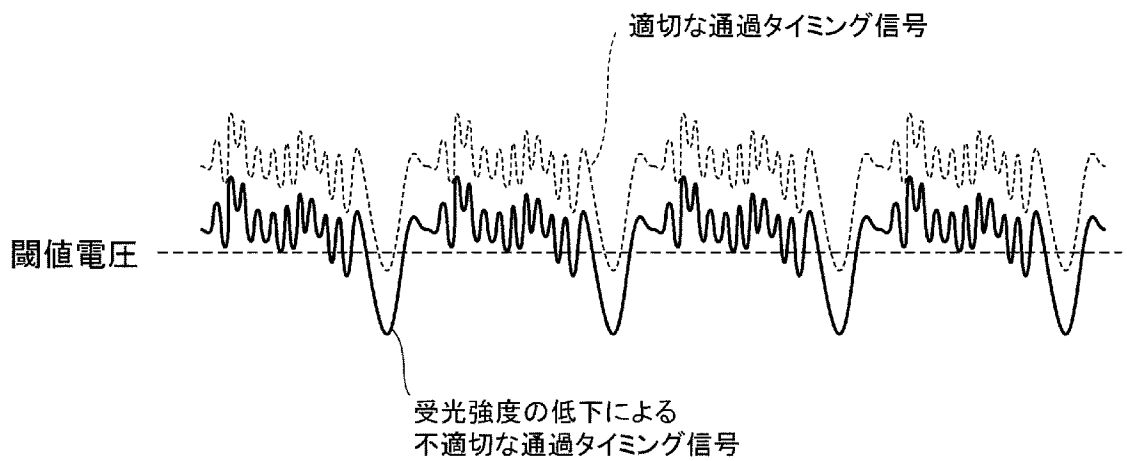
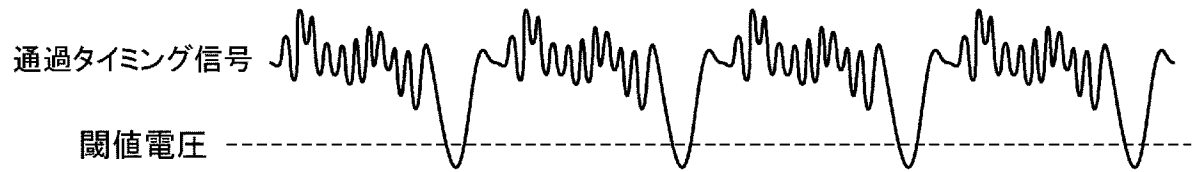
[図7]



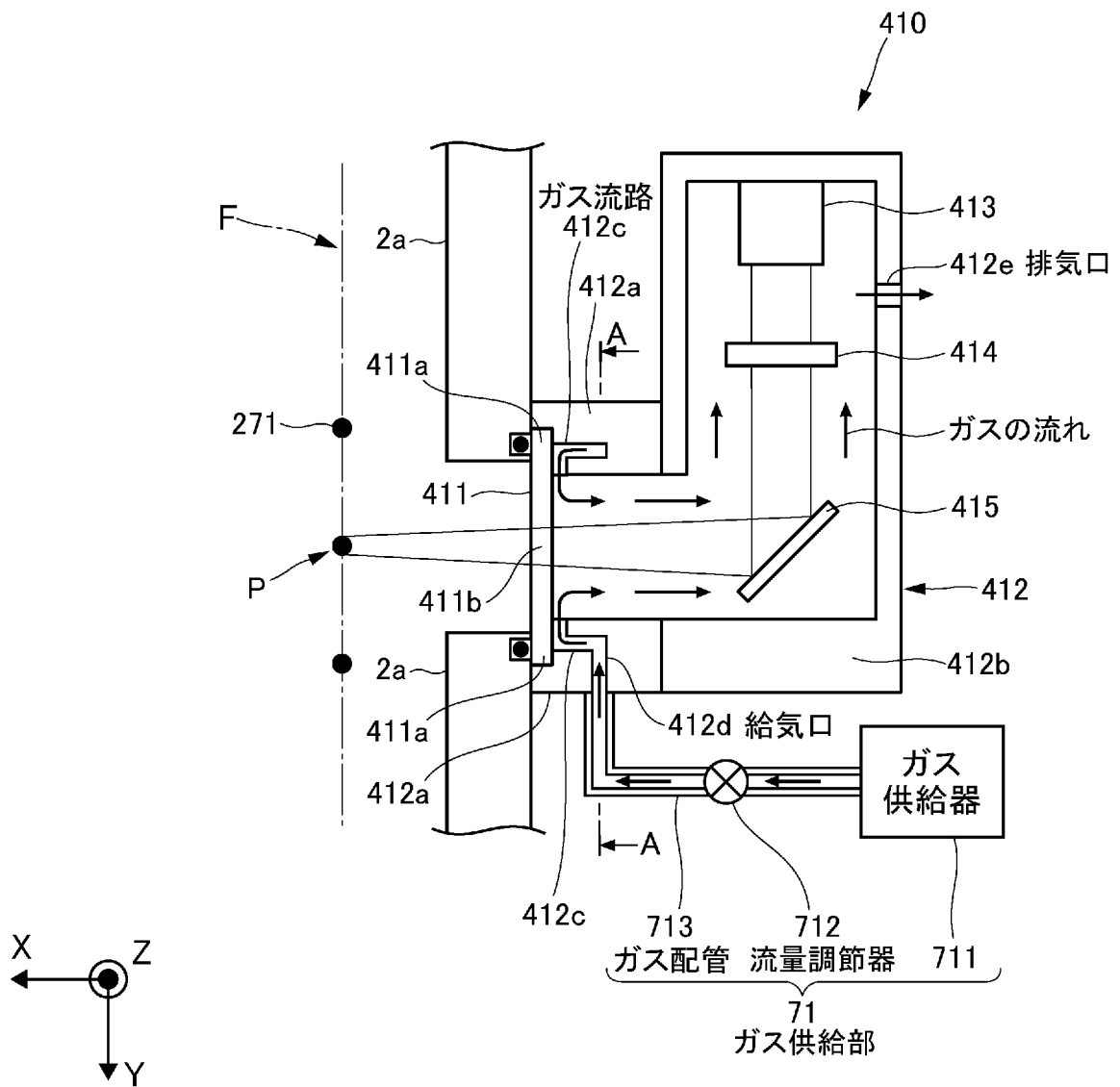
[図8]



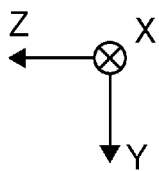
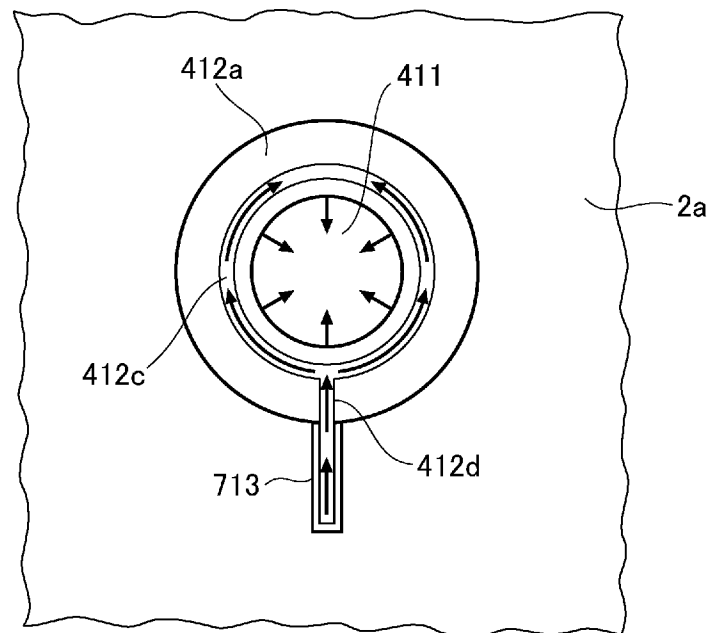
[図9]



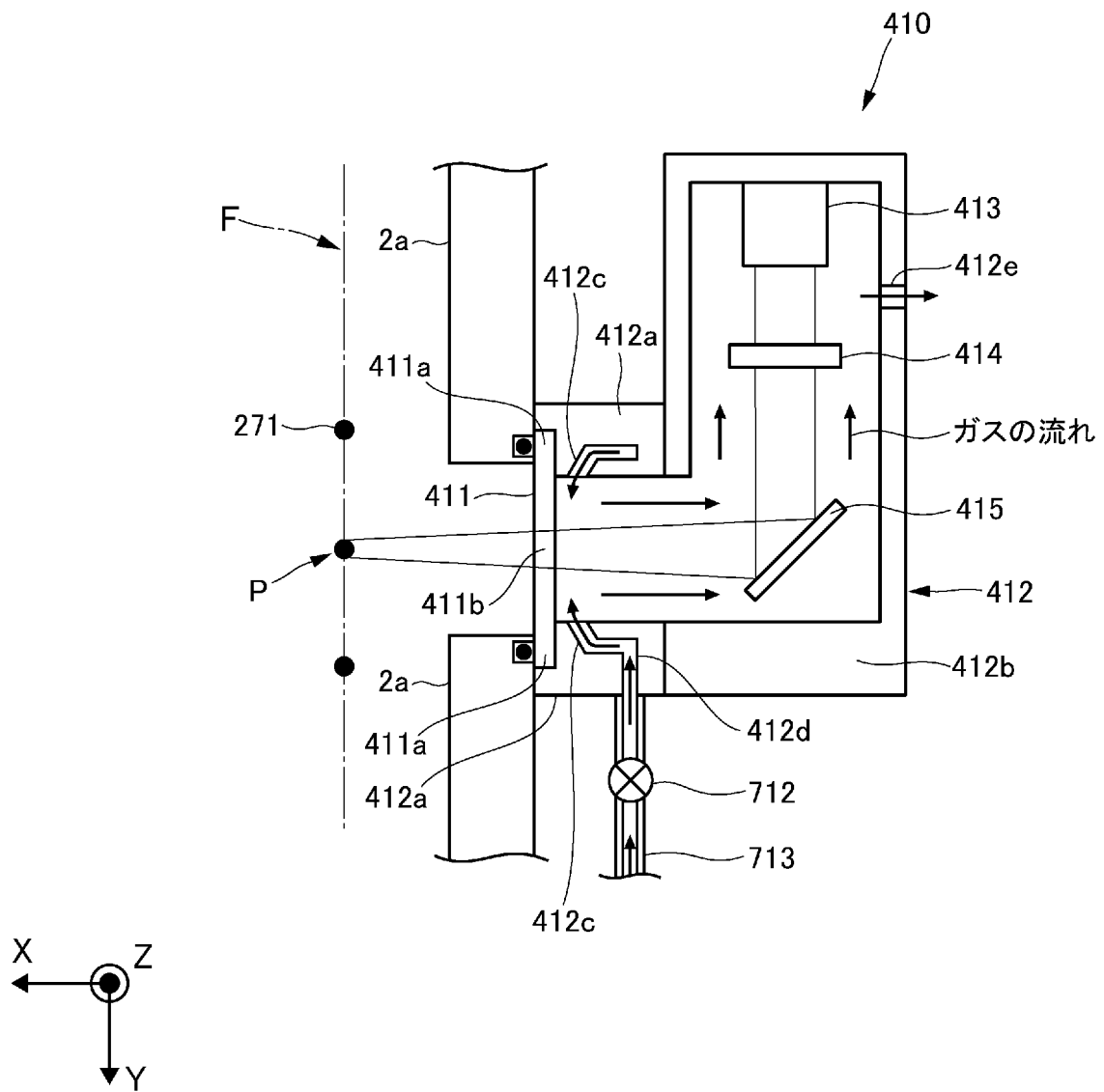
[図10]



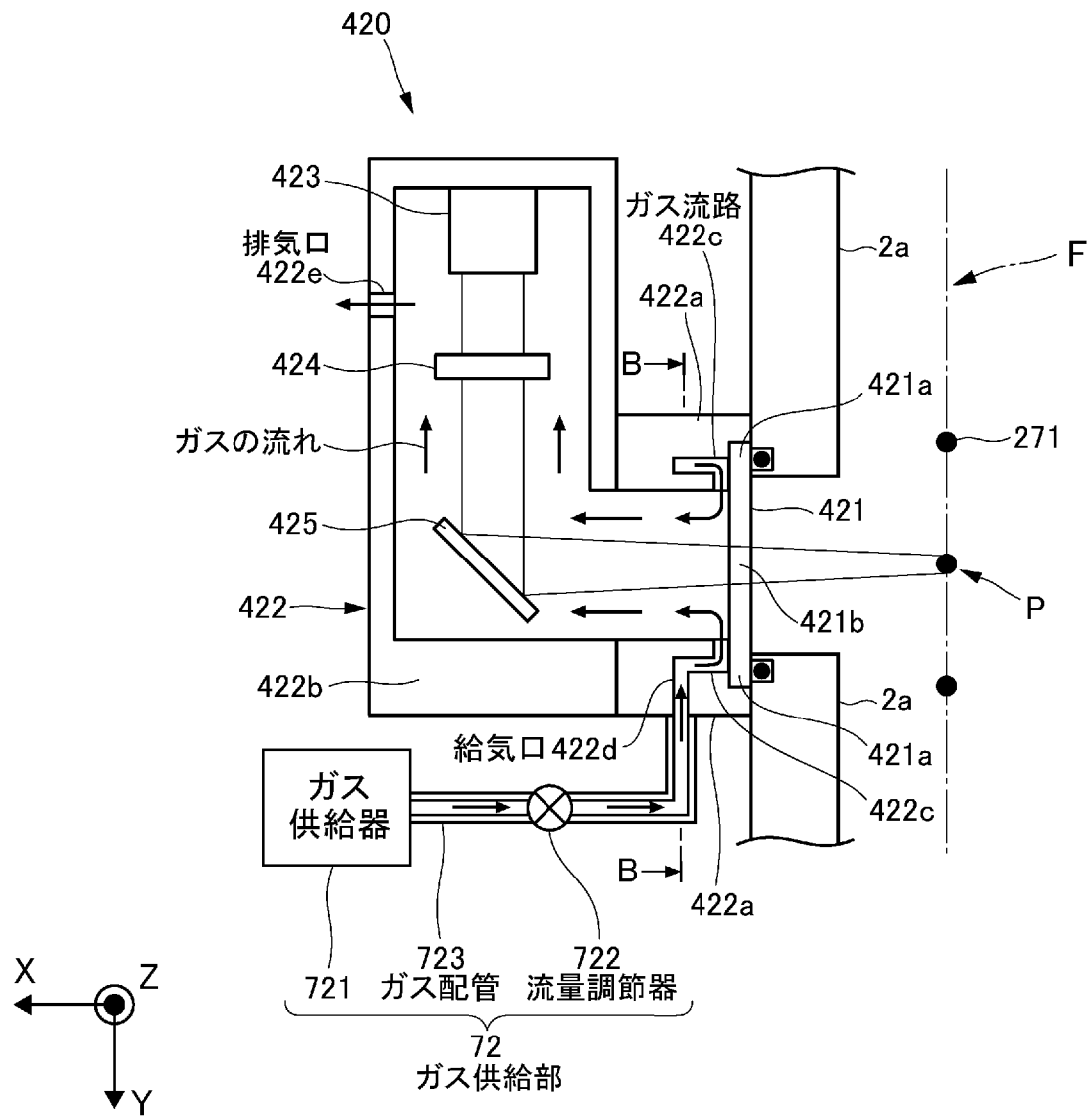
[図11]



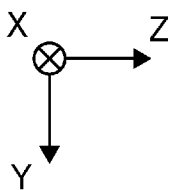
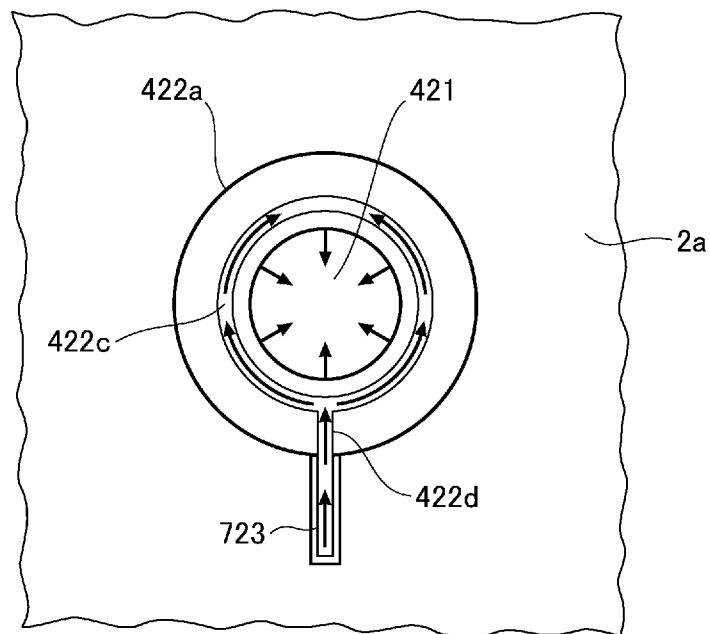
[図12]



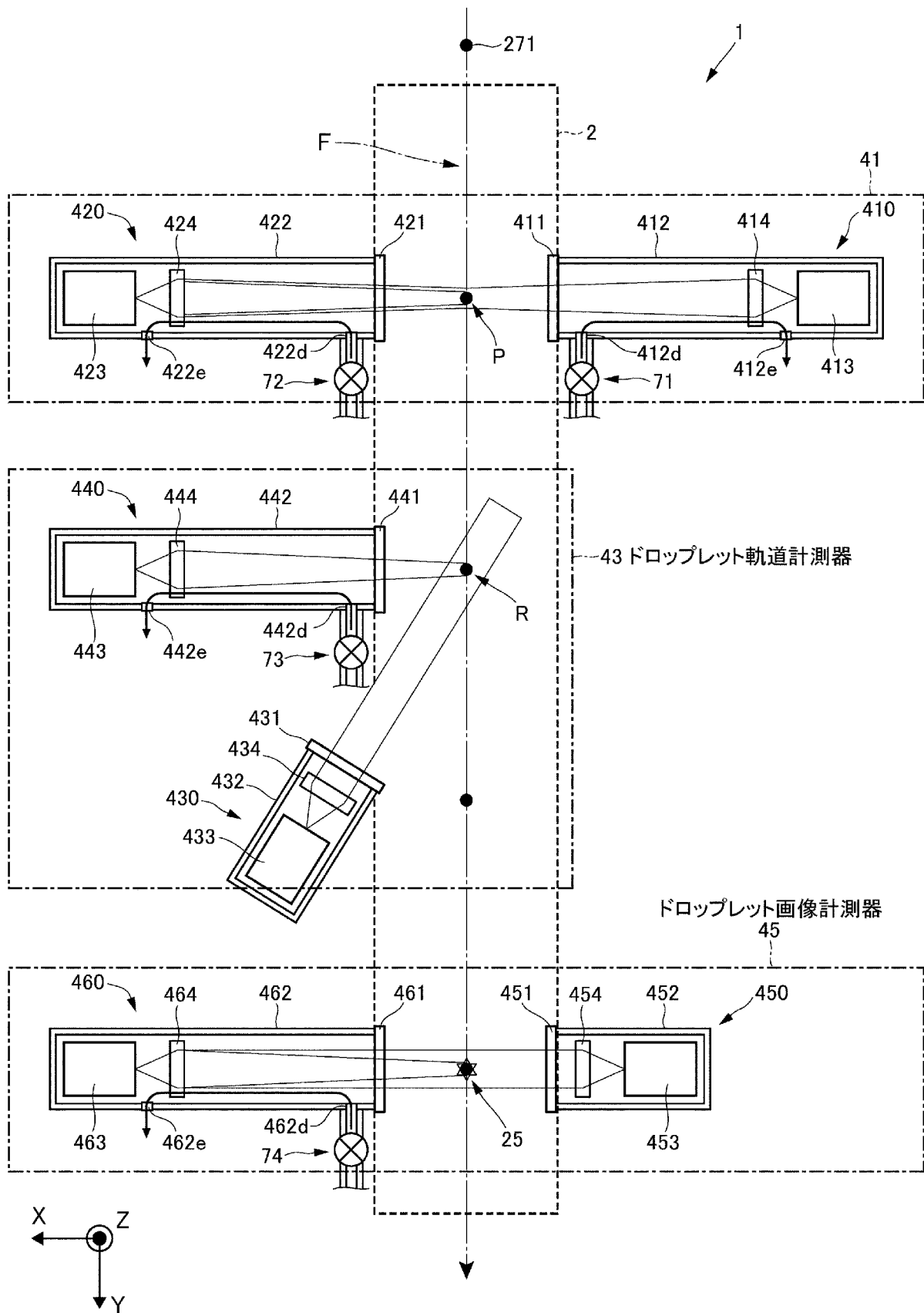
[図13]



[図14]



[図15]



[図17]

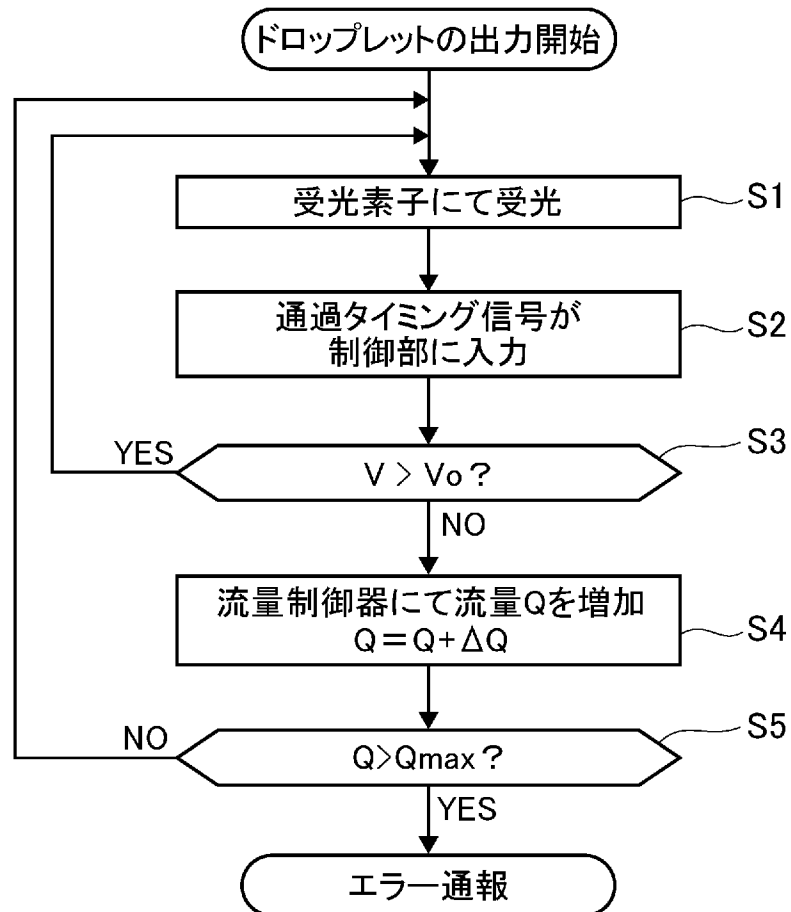
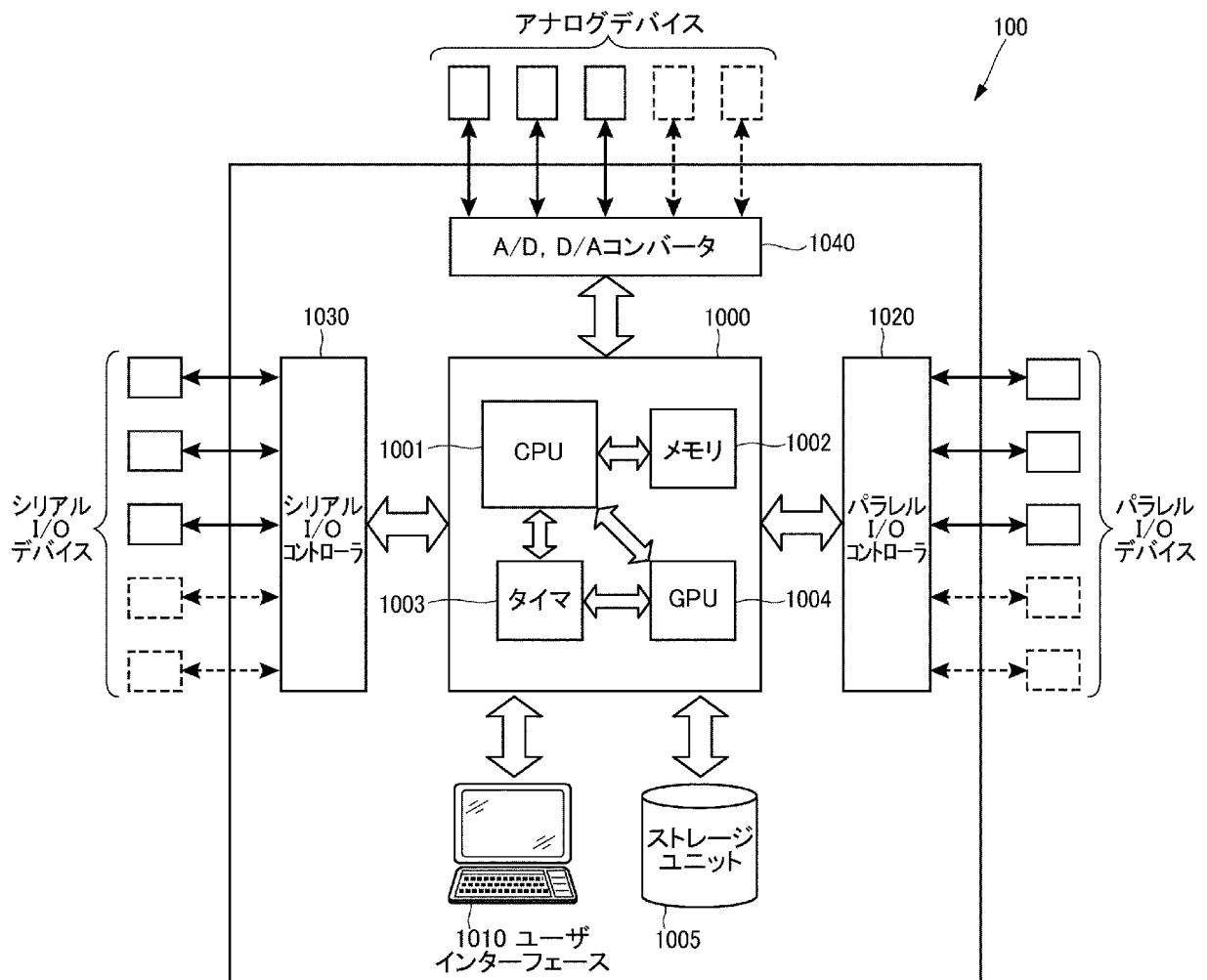


Figure 1 is a schematic diagram of a stirring device 91. The device includes a motor 912 and a fan 911. A control unit 8 is connected to the motor. The device is used to stir a liquid 410. The diagram shows a cross-section of the device with various components labeled: 2a, 271, P, 411a, 411b, 412a, 412b, 413, 414, 415, 410, 91, 911, 912, 8, and 4. A coordinate system (X, Y, Z) is shown at the bottom left.

[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/067678

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H05G2/00(2006.01) i

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)

H05G2/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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	JP 2014-235805 A (Gigaphoton Inc.), 15 December 2014 (15.12.2014), paragraphs [0035] to [0040] & US 2014/0353528 A1	1-19
A	JP 2014-186846 A (Gigaphoton Inc.), 02 October 2014 (02.10.2014), paragraphs [0031], [0032] & US 2014/0284502 A1	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
04 September 2015 (04.09.15)

Date of mailing of the international search report
15 September 2015 (15.09.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H05G2/00(2006.01)i

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（I P C））

Int.Cl. H05G2/00

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

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 年

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）

C. 関連すると認められる文献

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	JP 2014-235805 A（ギガフォトン株式会社）2014. 12. 15, 【0035】～【0040】 & US 2014/0353528 A1	1 - 19
A	JP 2014-186846 A（ギガフォトン株式会社）2014. 10. 02, 【0031】、【0032】 & US 2014/0284502 A1	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、一般的技術水準を示すもの

「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矛盾するものではなく、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

0 4 . 0 9 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

1 5 . 0 9 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

伊藤 昭治

2 Q

4 0 7 7

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 2