

WO 2015/145580 A1



NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI 添付公開書類:

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
MR, NE, SN, TD, TG).

明 細 書

発明の名称：

ターゲット供給装置、極端紫外光生成装置、及びターゲット供給方法

技術分野

[0001] 本開示は、ターゲット供給装置及びターゲット供給方法に関する。

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、ターゲット物質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：特願2012-040182号

特許文献2：特許2923100号

概要

[0005] 本開示の1つの観点に係るターゲット供給装置は、チャンバ内でレーザ光が照射されると極端紫外光を生成するターゲットを溶融させて前記チャンバ内に供給するターゲット供給装置であって、互いに離間して配置されて前記ターゲットを挟むように構成された一対の電極と、前記一対の電極間に挟ま

れた固体の前記ターゲットをその内部まで溶融させるように、前記固体のターゲットに対して前記一対の電極を介して電流を供給する電源と、を備えてもよい。

[0006] 本開示の1つの観点に係るターゲット供給方法は、チャンバ内でレーザ光が照射されると極端紫外光を生成するターゲットを前記チャンバ内に供給するためのターゲット供給方法であって、互いに離間して配置された一対の電極の間に固体の前記ターゲットを移送して前記一対の電極間に挟んで接触させる移送工程と、前記一対の電極間に挟まれた前記固体のターゲットに対して前記一対の電極を介して電流を供給する電流供給工程と、前記一対の電極間に挟まれた前記固体のターゲットをその内部まで溶融させる溶融工程と、を含んでもよい。

図面の簡単な説明

[0007] 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、ターゲット供給装置の基本構成を説明するための図を示す。

[図3A]図3Aは、ターゲット供給装置の動作原理を説明するための図であって、一対の電極の間に挟まれたターゲットが固体の状態である場合を示す。

[図3B]図3Bは、ターゲット供給装置の動作原理を説明するための図であって、一対の電極の間に挟まれたターゲットが溶融している状態である場合を示す。

[図3C]図3Cは、ターゲット供給装置の動作原理を説明するための図であって、一対の電極の間に挟まれたターゲットが溶融した後の状態である場合を示す。

[図4A]図4Aは、ターゲット供給装置の詳細構成を説明するための図を示す。

[図4B]図4Bは、図4Aに示されたI-VB-I-VB線における電極部の断面

図を示す。

[図5A]図5 Aは、第1実施例のターゲット供給装置を説明するための図を示す。

[図5B]図5 Bは、第1実施例のターゲット供給装置における変形例1を説明するための図を示す。

[図5C]図5 Cは、第1実施例のターゲット供給装置における変形例2を説明するための図を示す。

[図6A]図6 Aは、第2実施例のターゲット供給装置を説明するための図を示す。

[図6B]図6 Bは、第2実施例のターゲット供給装置における変形例1を説明するための図を示す。

[図6C]図6 Cは、第2実施例のターゲット供給装置における変形例2を説明するための図を示す。

[図7]図7は、第3実施例のターゲット供給装置を説明するための図を示す。

[図8]図8は、一对の電極の間に挟まれたターゲットに電流、外部磁場、及びローレンツ力が印加されるタイミングを説明するための図を示す。

[図9A]図9 Aは、第3実施例のターゲット供給装置における変形例1を説明するための図を示す。

[図9B]図9 Bは、第3実施例のターゲット供給装置における変形例2を説明するための図を示す。

[図10]図10は、第4実施例のターゲット供給装置を説明するための図を示す。

[図11A]図11 Aは、第4実施例のターゲット供給装置における変形例を説明するための図を示す。

[図11B]図11 Bは、図11 Aに示された磁場遮蔽体をX軸方向から見た図を示す。

[図12A]図12 Aは、第5実施例ターゲット供給装置を説明するための図を示す。

[図12B]図12Bは、図12Aに示されたカムの動作を説明するための図を示す。

[図13A]図13Aは、第6実施例のターゲット供給装置を説明するための図を示す。

[図13B]図13Bは、第6実施例のターゲット供給装置における変形例を説明するための図を示す。

[図14A]図14Aは、第7実施例のターゲット供給装置を説明するための図を示す。

[図14B]図14Bは、第7実施例のターゲット供給装置における変形例1を説明するための図を示す。

[図14C]図14Cは、第7実施例のターゲット供給装置における変形例2を説明するための図を示す。

[図15]図15は、第8実施例のターゲット供給装置を説明するための図を示す。

[図16A]図16Aは、第9実施例のターゲット供給装置を説明するための図を示す。

[図16B]図16Bは、図16Aに示されたA-A線における電極部の一部断面図を示す。

[図17A]図17Aは、第10実施例のターゲット供給装置を説明するための図を示す。

[図17B]図17Bは、第10実施例のターゲット供給装置の変形例を説明するための図を示す。

[図18A]図18Aは、第11実施例のターゲット供給装置が供給するターゲットの構成材料を説明するための図を示す。

[図18B]図18Bは、第11実施例のターゲット供給装置に含まれる一対の電極の構成材料を説明するための図を示す。

[図19]図19は、ターゲット供給装置を備えるEUV光生成装置を説明するための図を示す。

[図20]図20は、各制御部のハードウェア環境を示すブロック図を示す。

実施形態

[0008] ～内容～

1. 概要
2. 用語の説明
3. EUV光生成システムの全体説明
 3. 1 構成
 3. 2 動作
4. ターゲット供給装置
 4. 1 基本構成
 4. 2 動作原理
 4. 3 詳細構成
 4. 4 動作
 4. 5 課題
5. 第1実施形態のターゲット供給装置
 5. 1 第1実施例のターゲット供給装置
 5. 2 第2実施例のターゲット供給装置
6. 第2実施形態のターゲット供給装置
 6. 1 第3実施例のターゲット供給装置
 6. 2 第4実施例のターゲット供給装置
7. 第3実施形態のターゲット供給装置
 7. 1 第5実施例のターゲット供給装置
 7. 2 第6実施例のターゲット供給装置
 7. 3 第7実施例のターゲット供給装置
 7. 4 第8実施例のターゲット供給装置
8. 第4実施形態のターゲット供給装置
 8. 1 第9実施例のターゲット供給装置
9. 第5実施形態のターゲット供給装置

9. 1 第10実施例のターゲット供給装置

10. 第6実施形態のターゲット供給装置

10. 1 第11実施例のターゲット供給装置

11. ターゲット供給装置を備えるEUV光生成装置

11. 1 構成

11. 2 動作

12. その他

12. 1 各制御部のハードウェア環境

12. 2 その他の変形例

[0009] 以下、本開示の実施形態について、図面を参照しながら詳しく説明する。

以下に説明される実施形態は、本開示のいくつかの例を示すものであって、本開示の内容を限定するものではない。また、各実施形態で説明される構成及び動作の全てが本開示の構成及び動作として必須であるとは限らない。なお、同一の構成要素には同一の参照符号を付して、重複する説明を省略する。

[0010] [1. 概要]

本開示は、以下の実施形態を少なくとも開示し得る。

[0011] ターゲット供給装置26は、チャンバ2内でパルスレーザ光33が照射されるとEUV光251を生成するターゲット27を溶融させてチャンバ2内に供給するターゲット供給装置26であって、互いに離間して配置されてターゲット27を挟むように構成された一対の電極710と、一対の電極710間に挟まれた固体のターゲット27をその内部まで溶融させるように、固体のターゲット27に対して一対の電極710を介して電流を供給する電源72と、を備えてもよい。

このような構成により、ターゲット供給装置26は、低消費電力及び低コスト且つ簡易な装置構成で、ターゲット27を安定供給し得る。

[0012] [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。レ

ーザ光が照射されたターゲットは、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。

[0013] [3. EUV光生成システムの全体説明]

[3. 1 構成]

図1に、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。

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

[0014] チャンバ2の壁には、少なくとも1つの貫通孔が設けられていてもよい。その貫通孔には、ウインドウ21が設けられてもよく、ウインドウ21をレーザ装置3から出力されるパルスレーザ光32が透過してもよい。チャンバ2の内部には、例えば、回転楕円面形状の反射面を有するEUV集光ミラー23が配置されてもよい。EUV集光ミラー23は、第1及び第2の焦点を有し得る。EUV集光ミラー23の表面には、例えば、モリブデンと、シリコンとが交互に積層された多層反射膜が形成されていてもよい。EUV集光ミラー23は、例えば、その第1の焦点がプラズマ生成領域25に位置し、その第2の焦点が中間集光点(IF)292に位置するように配置されるのが好ましい。EUV集光ミラー23の中央部には貫通孔24が設けられていてもよく、貫通孔24をパルスレーザ光33が通過してもよい。

[0015] 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 2 7 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。

[0016] また、E U V 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 2 9 を含んでもよい。接続部 2 9 内部には、アパーチャ 2 9 3 が形成された壁 2 9 1 が設けられてもよい。壁 2 9 1 は、そのアパーチャ 2 9 3 が E U V 集光ミラー 2 3 の第 2 の焦点位置に位置するように配置されてもよい。

[0017] 更に、E U V 光生成装置 1 は、レーザ光進行方向制御部 3 4、レーザ光集光ミラー 2 2、ターゲット 2 7 を回収するためのターゲット回収部 2 8 等を含んでもよい。レーザ光進行方向制御部 3 4 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。

[0018] [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 3 1 は、レーザ光進行方向制御部 3 4 を経て、パルスレーザ光 3 2 としてウインドウ 2 1 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 3 2 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 2 2 で反射されて、パルスレーザ光 3 3 として少なくとも 1 つのターゲット 2 7 に照射されてもよい。

[0019] ターゲット供給装置 2 6 は、ターゲット 2 7 をチャンバ 2 内部のプラズマ生成領域 2 5 に向けて出力するよう構成されてもよい。ターゲット 2 7 には、パルスレーザ光 3 3 に含まれる少なくとも 1 つのパルスが照射されてもよい。パルスレーザ光が照射されたターゲット 2 7 はプラズマ化し、そのプラズマから E U V 光 2 5 1 が、他の波長の光の放射に伴って放射され得る。E U V 光 2 5 1 は、E U V 集光ミラー 2 3 によって選択的に反射されてもよい。E U V 集光ミラー 2 3 によって反射された E U V 光 2 5 2 は、中間集光点 2 9 2 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 2 7 に、パルスレーザ光 3 3 に含まれる複数のパルスが照射されてもよい。

[0020] 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 の発振タイミングの制御、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。

[0021] [4 . ターゲット供給装置]

[4 . 1 基本構成]

図 2 ～図 3 C を用いて、ターゲット供給装置 2 6 の基本構成及び動作原理について説明する。

図 2 は、ターゲット供給装置 2 6 の基本構成を説明するための図を示す。

図 2 では、ターゲット 2 7 の電極 7 1 0 からの射出方向を Y 軸方向とする。X 軸方向及び Z 軸方向は、Y 軸方向に直交し、且つ、互いに直交する軸方向とする。以降の図面でも図 2 の座標軸と同様とする。

[0022] ターゲット供給装置 2 6 は、チャンバ 2 内でパルスレーザ光 3 3 が照射されると E U V 光 2 5 2 を生成するターゲット 2 7 を溶融させてチャンバ 2 内に供給する装置であってもよい。

ターゲット 2 7 は、金属材料であってもよい。ターゲット 2 7 は、上述のように、スズ、テルビウム、ガドリニウム、鉄、モリブデン、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。

チャンバ 2 内に供給されるターゲット 2 7 の直径は、例えば $20\ \mu\text{m} \sim 30\ \mu\text{m}$ であってもよい。チャンバ 2 内に供給されるターゲット 2 7 の速度は

、例えば60 m/s～100 m/sであってもよい。チャンバ2内に供給されるターゲット27の出力周波数は、例えば50 kHz～100 kHzであってもよい。

ターゲット供給装置26は、電極部71と、電源72と、ターゲット移送機構73と、を備えてもよい。

[0023] 電極部71は、一对の電極710を含んでもよい。

一对の電極710は、レール状の電極であってもよい。

一对の電極710は、第1電極711と第2電極712とを含んでもよい。

第1電極711及び第2電極712は、導電材料を用いて形成されてもよい。

第1電極711及び第2電極712は、断面が矩形の棒形状に形成されてもよい。

第1電極711及び第2電極712は、互いに平行に配置されてもよい。

第1電極711及び第2電極712の一方の端部である一端711a及び一端712aは、チャンバ2内のプラズマ生成領域25を向くように配置されてもよい。

第1電極711及び第2電極712の他方の端部である他端711b及び他端712bの間隔は、一端711a及び一端712aの間隔よりも広くなるように形成されていてもよい。

第1電極711及び第2電極712の間には、ターゲット27が挟まれてもよい。第1電極711の第2電極712との対向面711cと、第2電極712の第1電極711との対向面712cとは、ターゲット27との接触面であり得る。

[0024] ターゲット移送機構73は、一对のローラ731を含んでもよい。

一对のローラ731は、第1ローラ731a及び第2ローラ731bによって構成されてもよい。

第1ローラ731a及び第2ローラ731bの間には、ターゲット27が

挟まれてもよい。

第1ローラ731a及び第2ローラ731bの間に挟まれたターゲット27は、固体であってもよい。当該固体のターゲット27は、ワイヤ状のターゲットであるターゲットワイヤ273であってもよい。

第1ローラ731a及び第2ローラ731bは、後述するモータ736の駆動によって回転してもよい。

[0025] ローラ731は、第1電極711の他端711b及び第2電極712の他端712bの間の領域に、ターゲットワイヤ273を所定量ずつ移送してもよい。

ローラ731によって移送されたターゲットワイヤ273は、第1電極711の接触面711c及び第2電極712の接触面712cと接触しつつ、第1電極711及び第2電極712の間に挟まれてもよい。言い換えると、一对の電極710は、一对の電極710の接触面711c及び712cでターゲットワイヤ273を挟んでもよい。

[0026] 電源72は、一对の電極710の間に挟まれたターゲット27に、一对の電極710を介して電流を供給してもよい。

電源72は、電圧源であってもよい。

電源72は、図示しない陰極端子及び陽極端子を含んでもよい。

電源72の陰極端子及び陽極端子は、一对の電極710に含まれる第1電極711の他端711b及び第2電極712の他端712bに接続されてもよい。

電源72は、当該陰極端子及び陽極端子を通じて一对の電極710の間に電圧を印加することによって、一对の電極710の間に挟まれたターゲット27に電流を供給してもよい。

電源72が供給する電流は、直流電流であってもよい。電源72が供給する電流は、定電流であってもよい。

[0027] [4. 2 動作原理]

図3A～図3Cは、ターゲット供給装置26の動作原理を説明するための

図を示す。

図 3 A は、ターゲット供給装置 2 6 の動作原理を説明するための図であって、一对の電極 7 1 0 の間に挟まれたターゲット 2 7 が固体の状態である場合を示す。図 3 B は、ターゲット供給装置 2 6 の動作原理を説明するための図であって、一对の電極 7 1 0 の間に挟まれたターゲット 2 7 が溶融している状態である場合を示す。図 3 C は、ターゲット供給装置 2 6 の動作原理を説明するための図であって、一对の電極 7 1 0 の間に挟まれたターゲット 2 7 が溶融した後の状態である場合を示す。

[0028] 図 3 A に示すように、一对の電極 7 1 0 の間には、ターゲット移送機構 7 3 から移送されたターゲットワイヤ 2 7 3 が挟まれてもよい。ターゲットワイヤ 2 7 3 の先端部 2 7 3 a が一对の電極 7 1 0 の接触面 7 1 1 c 及び 7 1 2 c に接触したとき、一对の電極 7 1 0、先端部 2 7 3 a、及び電源 7 2 で電流経路が形成され得る。

電源 7 2 は、一对の電極 7 1 0 に電圧を印加し、当該電流経路に電流を流してもよい。

[0029] 一对の電極 7 1 0、ターゲットワイヤ 2 7 3 の先端部 2 7 3 a、及び電源 7 2 で形成される電流経路に電流が流れると、図 3 A に示すように、アンペールの右ねじの法則により、当該電流経路の周囲に磁場が形成され得る。当該磁場は、特に一对の電極 7 1 0 の間において、強い磁場として現れ得る。

更に、当該電流経路に電流が流れると、当該電流経路においてジュール熱が発生し得る。当該電流経路の各部において発生するジュール熱は、当該電流経路の各部における電気抵抗に比例し得る。ターゲットワイヤ 2 7 3 が一对の電極 7 1 0 に比べて高い電気抵抗を有する場合には、ターゲットワイヤ 2 7 3 の先端部 2 7 3 a において局所的に温度が上昇し、先端部 2 7 3 a が溶融し得る。

[0030] また、磁場と、ターゲットワイヤ 2 7 3 の先端部 2 7 3 a に流れる電流とによって、フレミングの左手の法則により、先端部 2 7 3 a は、矢印 F で示す方向のローレンツ力を受け得る。

当該ローレンツ力により、図 3 B に示すように、ターゲットワイヤ 2 7 3 の溶融した先端部 2 7 3 a が引っ張られ、先端部 2 7 3 a が伸長し得る。

[0031] ターゲットワイヤ 2 7 3 の溶融した先端部 2 7 3 a が更に引っ張られると、図 3 C に示すように、溶融した先端部 2 7 3 a の少なくとも一部が、表面張力によってターゲットワイヤ 2 7 3 の残りの部分から分離し得る。

分離された先端部 2 7 3 a は、電流及び磁場の大きさに応じたローレンツ力によって更に加速され得る。加速された先端部 2 7 3 a は、運動量を保持したまま、一对の電極 7 1 0 の一端 7 1 1 a 及び一端 7 1 2 a から射出され得る。

その後、一对の電極 7 1 0 から射出された先端部 2 7 3 a は、チャンバ 2 内に向かって進行し得る。

[0032] [4 . 3 詳細構成]

図 4 A 及び図 4 B を用いて、ターゲット供給装置 2 6 の詳細構成について説明する。

図 4 A は、ターゲット供給装置 2 6 の詳細構成を説明するための図を示す。図 4 B は、図 4 A に示された I V B - I V B 線における電極部 7 1 の断面図を示す。

図 4 A 及び図 4 B に示されたターゲット供給装置 2 6 の構成において、図 1 ～図 3 C に示されたターゲット供給装置 2 6 と同様の構成については、説明を省略する。

[0033] ターゲット供給装置 2 6 は、チャンバ 2 の壁 2 a に形成された貫通孔 2 b を介してチャンバ 2 内にターゲット 2 7 を供給してもよい。

チャンバ 2 の壁 2 a には、貫通孔 2 b と、支持プレート 2 c と、フレキシブル管 2 d と、アクチュエータ 2 e と、フィードスルー 2 f とが設けられてもよい。

[0034] 貫通孔 2 b は、チャンバ 2 の壁 2 a であって、ウインドウ 2 1 及び接続部 2 9 が設置されていない位置に設けられてもよい。貫通孔 2 b は、ターゲット供給装置 2 6 を挿入可能な大きさに形成されてもよい。

支持プレート 2 c は、チャンバ 2 の内部であって、貫通孔 2 b の X 軸及び Z 軸方向における位置と同じ位置に設けられてもよい。支持プレート 2 c は、貫通孔 2 b よりも大きい大きさに形成されてもよい。

支持プレート 2 c の外側表面は、ターゲット供給装置 2 6 を支持してもよい。

[0035] フレキシブル管 2 d は、貫通孔 2 b の周縁付近の壁 2 a と、支持プレート 2 c とを接続してもよい。フレキシブル管 2 d は、壁 2 a と支持プレート 2 c との間を密閉してもよい。

フレキシブル管 2 d は、チャンバ 2 内外の圧力差により生じる応力に耐え得る蛇腹で構成されてもよい。

それにより、チャンバ 2 の内部は、フレキシブル管 2 d によって外気から隔絶され得る。

[0036] アクチュエータ 2 e は、支持プレート 2 c の位置及び姿勢を動かしてもよい。

アクチュエータ 2 e は、貫通孔 2 b の周縁付近の壁 2 a と、支持プレート 2 c との間を接続するように配置されてもよい。アクチュエータ 2 e は、壁 2 a と支持プレート 2 c とを接続するフレキシブル管 2 d よりも貫通孔 2 b の中心側に配置されてもよい。

アクチュエータ 2 e は、図 1 9 に示すアクチュエータドライバ 5 1 からの駆動信号に応じて駆動してもよい。

アクチュエータドライバ 5 1 は、EUV 光生成制御部 5 からの制御によって、アクチュエータ 2 e に対する駆動信号を生成し出力してもよい。当該駆動信号は、ターゲット供給装置 2 6 が所望の位置及び姿勢となるよう支持プレート 2 c の位置及び姿勢を動かすための制御信号であってもよい。

それにより、支持プレート 2 c に支持されたターゲット供給装置 2 6 は、EUV 光生成制御部 5 からの制御によって、所望の位置及び姿勢に調整され得る。ターゲット供給装置 2 6 から供給されるターゲット 2 7 の進行経路は調整され、プラズマ生成領域 2 5 におけるターゲット 2 7 の到達位置は調整

され得る。

[0037] フィードスルー 2 f は、一对の電極 7 1 0 と電源 7 2 とを接続する信号線を、壁 2 a の内外に通してもよい。

フィードスルー 2 f は、後述するモータ 7 3 6 とモータドライバ 7 3 7 とを接続する信号線を、壁 2 a の内外に通してもよい。

フィードスルー 2 f の内部を通る各信号線は、互いに電氣的に絶縁され得る。

[0038] ターゲット供給装置 2 6 は、上述のように、電極部 7 1 と、電源 7 2 と、ターゲット移送機構 7 3 と、を備えてもよい。更に、ターゲット供給装置 2 6 は、絶縁ホルダ 7 4 1 と、ワイヤガイド 7 4 2 と、ターゲット制御部 7 5 と、を備えてもよい。

[0039] 絶縁ホルダ 7 4 1 は、支持プレート 2 c に形成された貫通孔の周縁に固定されてもよい。

絶縁ホルダ 7 4 1 は、電極部 7 1 を支持してもよい。絶縁ホルダ 7 4 1 は、電極 7 1 0 におけるターゲット 2 7 の射出方向がプラズマ生成領域 2 5 を向くように、電極部 7 1 を支持してもよい。

絶縁ホルダ 7 4 1 は、電気絶縁性及び熱絶縁性を有してもよい。

絶縁ホルダ 7 4 1 の内周面の少なくとも一部には、ワイヤガイド 7 4 2 が固定されてもよい。

[0040] ワイヤガイド 7 4 2 は、ターゲット移送機構 7 3 から移送されたターゲットワイヤ 2 7 3 を保持してもよい。ワイヤガイド 7 4 2 は、保持されたターゲットワイヤ 2 7 3 を一对の電極 7 1 0 の間に導いてもよい。

ワイヤガイド 7 4 2 は、電気絶縁性を有してもよい。

[0041] 電極部 7 1 は、上述した一对の電極 7 1 0 の他に、絶縁ガイド 7 1 3 を含んでもよい。

絶縁ガイド 7 1 3 は、一对の電極 7 1 0 を支持してもよい。絶縁ガイド 7 1 3 は、図 4 B に示すように、一对の電極 7 1 0 の接触面 7 1 1 c 及び 7 1 2 c に連なる面に跨って一对の電極 7 1 0 を挟んで支持してもよい。絶縁ガ

イド 713 と一対の電極 710 とに挟まれた空間は、ターゲット 27 の移動通路を形成し得る。

絶縁ガイド 713 は、絶縁ホルダ 741 に固定されてもよい。

絶縁ガイド 713 は、電気絶縁性及び熱絶縁性を有してもよい。絶縁ガイド 713 は、例えばアルミナや窒化アルミを用いて形成されてもよい。

[0042] 電源 72 は、ターゲット制御部 75 に接続されてもよい。

電源 72 は、ターゲット制御部 75 からの制御信号に応じて一対の電極 710 の間に電圧を印加してもよい。当該制御信号は、一対の電極 710 の間に挟まれたターゲット 27 に所望の供給タイミング及び供給量で電流が供給されるよう電源 72 の動作を制御するための制御信号であってもよい。

それにより、一対の電極 710 の間に挟まれたターゲット 27 には、ターゲット制御部 75 からの制御によって、所望の供給タイミング及び供給量で電流が供給され得る。

電源 72 は、図示しない電圧センサを含んでもよい。電源 72 は、当該電圧センサを用いて一対の電極 710 の間の電圧を検出してもよい。電源 72 は、検出した電圧の検出信号をターゲット制御部 75 に出力してもよい。

[0043] ターゲット移送機構 73 は、上述したローラ 731 の他に、ローラホルダ 732 と、ワイヤリール 733、リールホルダ 734、収容ケース 735 と、モータ 736 と、モータドライバ 737 と、含んでもよい。

[0044] 収容ケース 735 は、ローラ 731、ローラホルダ 732、ワイヤリール 733、リールホルダ 734、及びモータ 736 を内部に収容してもよい。

収容ケース 735 の開口部の周縁は、支持プレート 2c に固定されてもよい。

[0045] ローラホルダ 732 は、ローラ 731 を回転可能に支持してもよい。ローラ 731 を支持するローラホルダ 732 は、収容ケース 735 の内面に固定されてもよい。

ローラホルダ 732 は、ローラ 731 と収容ケース 735 とを電氣的に絶縁してもよい。

[0046] リールホルダ 734 は、ワイヤリール 733 を回転可能に支持してもよい。ワイヤリール 733 を支持するリールホルダ 734 は、収容ケース 735 の内面に固定されてもよい。

リールホルダ 734 は、ワイヤリール 733 と収容ケース 735 とを電氣的に絶縁してもよい。

[0047] ワイヤリール 733 は、リールホルダ 734 に交換可能に取り付けられてもよい。

ワイヤリール 733 には、ターゲットワイヤ 273 が巻かれて保持されてもよい。ワイヤリール 733 に巻かれたターゲットワイヤ 273 は、ワイヤリール 733 から引き出されて、一对のローラ 731 の間に挟まれてもよい。一对のローラ 731 の間に挟まれたターゲットワイヤ 273 は、ワイヤガイド 742 の内側を通過して一对の電極 710 の間に導かれてもよい。

[0048] モータ 736 は、一对のローラ 731 を回転させてもよい。

モータ 736 は、ステッピングモータやサーボモータであってもよい。

モータ 736 は、フィードスルー 2f を介してモータドライバ 737 に接続されてもよい。

モータ 736 は、モータドライバ 737 からの駆動信号に応じて駆動してもよい。当該駆動信号は、一对のローラ 731 が所望の動作タイミング及び角速度で回転するようモータ 736 を駆動制御するための制御信号であってもよい。

[0049] モータドライバ 737 は、モータ 736 を駆動してもよい。

モータドライバ 737 は、ターゲット制御部 75 に接続されてもよい。

モータドライバ 737 は、ターゲット制御部 75 からの制御信号に応じてモータ 736 に対する駆動信号を生成し出力してもよい。当該制御信号は、ターゲットワイヤ 273 が所望の移送タイミング及び移送量で一对の電極 710 の間に移送されるよう、モータドライバ 737 の処理を制御するための制御信号であってもよい。

モータドライバ 737 は、ターゲット制御部 75 からの制御信号に対応す

るローラ 731 の動作タイミング及び角速度を特定してもよい。モータドライバ 737 は、特定されたローラ 731 の動作タイミング及び角速度に対応するモータ 736 の駆動タイミング及び回転数を示す駆動信号を生成し、モータ 736 に出力し得る。一对のローラ 731 は、モータドライバ 737 からの駆動信号に対応する動作タイミング及び角速度で回転し得る。

それにより、一对のローラ 731 の間に挟まれたターゲットワイヤ 273 は、ターゲット制御部 75 からの制御によって、所望の移送タイミング及び移送量で一对の電極 710 の間に移送され得る。

[0050] ターゲット制御部 75 は、EUV 光生成制御部 5 との間で各種信号を送受信してもよい。

ターゲット制御部 75 は、EUV 光生成制御部 5 から送信された各種信号に基づいて、ターゲット供給装置 26 の各構成要素の動作を統括的に制御してもよい。

[0051] ターゲット制御部 75 には、電源 72 から出力された電圧の検出信号が入力されてもよい。当該電圧の検出信号は、一对の電極 710 の間の電圧値に関する検出信号であってもよい。

一对の電極 710 にターゲットワイヤ 273 が接触すると、ターゲットワイヤ 273 によって一对の電極 710 は短絡し得る。一对の電極 710 が短絡すると、一对の電極 710 の間の電圧は変動し得る。

それにより、ターゲット制御部 75 は、ターゲット移送機構 73 によって移送されたターゲットワイヤ 273 が一对の電極 710 の間に挟まれたか否かを判定し得る。

ターゲット制御部 75 は、ターゲットワイヤ 273 が一对の電極 710 の間に挟まれたタイミングに基づいて、電流の供給タイミング及び供給量、並びに、ターゲットワイヤ 273 の移送タイミング及び移送量を制御してもよい。

[0052] また、一对の電極 710 の間に挟まれたターゲットワイヤ 273 が溶融して、溶融状態のターゲット 27 が一对の電極 710 から射出されると、短絡

した一对の電極 710 は、短絡しなくなり得る。一对の電極 710 が短絡しなくなると、一对の電極 710 の間の電圧は変動し得る。

それにより、ターゲット制御部 75 は、ターゲット 27 が一对の電極 710 から射出されたか否かを判定し得る。

ターゲット制御部 75 は、ターゲット 27 が一对の電極 710 から射出されたタイミングに基づいて、電流の供給タイミング及び供給量、並びに、ターゲットワイヤ 273 の移送タイミング及び移送量を制御してもよい。

なお、ターゲット制御部 75 のハードウェア構成については、図 20 を用いて後述する。

[0053] [4. 4 動作]

アクチュエータ 2e は、アクチュエータドライバ 51 からの駆動信号に応じて支持プレート 2c の位置及び姿勢を動かしてもよい。

ターゲット供給装置 26 の位置及び姿勢は、所望の位置及び姿勢に調整され得る。

[0054] ターゲット制御部 75 は、一对の電極 710 の間に電圧を印加するための制御信号である電圧印可信号を電源 72 に出力してもよい。

電源 72 は、ターゲット制御部 75 からの電圧印可信号に応じて一对の電極 710 の間に電圧を印加し得る。

[0055] ターゲット制御部 75 は、ターゲットワイヤ 273 を所望の移送タイミング及び移送量で一对の電極 710 の間に移送するための制御信号であるワイヤ移送信号をモータドライバ 737 に出力してもよい。

モータドライバ 737 は、ターゲット制御部 75 からのワイヤ移送信号に応じて、一对のローラ 731 に対する駆動信号を生成し出力してもよい。

一对のローラ 731 は、モータドライバ 737 からの駆動信号に応じて、ターゲットワイヤ 273 を一定量ずつ一对の電極 710 の間に移送し得る。

[0056] ターゲット制御部 75 は、電源 72 からの電圧検出信号に基づいて、ターゲットワイヤ 273 が一对の電極 710 の間に挟まれたタイミングを特定してもよい。そして、ターゲット制御部 75 は、ターゲットワイヤ 273 の移

送を停止するための制御信号であるワイヤ移送停止信号をモータドライバ737に出力してもよい。

モータドライバ737は、ターゲット制御部75からのワイヤ移送停止信号に応じて、一对のローラ731に対する駆動停止信号を生成し出力してもよい。

一对のローラ731は、モータドライバ737からの駆動停止信号に応じて、ターゲットワイヤ273の移送を停止し得る。

[0057] ターゲットワイヤ273が一对の電極710に挟まれると、一对の電極710、ターゲットワイヤ273の先端部273a、及び電源72で電流経路が形成され得る。電流経路が形成されると、ターゲットワイヤ273の先端部273aには、電流が流れ得る。

すると、図3A～図3Cを用いて説明したように、ターゲットワイヤ273の先端部273aは、抵抗加熱されて溶融すると共にターゲットワイヤ273から分離し得る。分離した先端部273aは、ローレンツ力によって加速され、一对の電極710から射出され得る。

このとき、ターゲット制御部75は、一对の電極710から射出される先端部273aの速度を制御するために、電源72における電流の供給量を制御してもよい。

チャンバ2内へ射出された先端部273a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。ドロップレット271は、チャンバ2内を進行し、プラズマ生成領域25に到達し得る。

[0058] ターゲット制御部75は、電源72からの電圧検出信号に基づいて、溶融したターゲット27である先端部273aが、一对の電極710から射出されたタイミングを特定してもよい。そして、ターゲット制御部75は、所定時間待機した後、再びワイヤ移送信号をモータドライバ737に出力してもよい。

一对のローラ731には、当該ワイヤ移送信号に対応する駆動信号が入力され、再びターゲットワイヤ273が電極710の間に移送され得る。

なお、ターゲット制御部 75 が待機する上記所定時間は、EUV 光生成制御部 5 から与えられる繰り返し周波数の目標値に基づいて決定されてもよい。

[0059] このようにして、ターゲット供給装置 26 は、固体のターゲット 27 であるターゲットワイヤ 273 を溶融して一对の電極 710 から射出することにより、チャンバ 2 内のプラズマ生成領域 25 にドロップレット 271 を供給し得る。

ターゲット供給装置 26 は、1 回のターゲット射出毎に、射出する体積分のターゲット 27 を加熱し溶融させるので、使用する全てのターゲット 27 をタンク等で予め加熱溶融させる場合に比べて、消費電力及びコストを低減し得る。

ターゲット供給装置 26 は、ターゲット 27 の融点以上という高温に曝される構成要素が電極部 71 だけに限定されるため、他の構成要素に費やすコストを低減し得る。

ターゲット供給装置 26 は、高融点のターゲット 27 をドロップレット 271 の形態で出力する装置を、簡単な装置構成で実現し得る。

[0060] なお、一对の電極 710 の間に挟まれたターゲット 27 の状態には、次の 3 つの状態が含まれ得る。すなわち、一对の電極 710 の間に挟まれたターゲットワイヤ 273 の先端部 273a が固体の状態と、当該先端部 273a が溶融した状態と、当該先端部 273a が溶融した状態であってターゲットワイヤ 273 の残りの部分と分離された状態とであり得る。本実施形態の説明において、これらの状態の区別が特に必要でない場合は、単に「一对の電極 710 の間に挟まれたターゲット 27」と表現する。

[0061] [4. 5 課題]

ターゲット供給装置 26 は、上述のように、固体のターゲット 27 を一对の電極 710 の間に挟んだ状態で抵抗加熱し、当該ターゲット 27 を溶融させ得る。

一对の電極 710 の間に挟まれた固体のターゲット 27 に電流が供給され

ると、当該ターゲット27は、一对の電極710の接触面711c及び712cに接触する部分にジュール熱が生じ、当該接触する部分から溶融が開始し得る。これは、一对の電極710の接触面711c及び712cと固体のターゲット27との間の接触抵抗が、当該ターゲット27の内部の電気抵抗よりも大きいためであり得る。

一对の電極710の間に挟まれたターゲット27は、接触面711c及び712cと接触する部分しか十分に溶融していないにも拘らず、ローレンツ力によって引っ張られてしまうことがあり得る。具体的には、次の<A>～<C>に示すような現象が生じ得る。

[0062] <A>一对の電極710の間に挟まれたターゲット27が接触面711c及び712cと接触する部分しか十分に溶融しないと、当該ターゲット27には、接触面711c及び712cとの間に大きな摩擦力が生じ得る。このため、接触面711c及び712cとの接触部分付近のターゲット27が電極710に付着したままで、ターゲット27が一对の電極710の間に留まり得る。

それにより、ターゲット27が一对の電極710の間から円滑に射出されないことがあり得る。

[0063] また、一对の電極710の間に挟まれたターゲット27が接触面711c及び712cと接触する部分しか十分に溶融しないと、当該接触する部分のターゲット27だけがローレンツ力によって引っ張られ得る。そして、当該接触する部分のターゲット27は内部付近のターゲット27と分離し得る。このため、当該接触する部分のターゲット27は、所望体積のドロップレット271を形成することができずに、電極710の間からミスト状に噴出することがあり得る。

それにより、所望体積のドロップレット271が一对の電極710の間から射出されないことがあり得る。

[0064] <C>また、一对の電極710の間に挟まれたターゲット27が接触面711c及び712cと接触する部分しか十分に溶融しないと、ターゲット2

7の加速中、当該ターゲット27と電極710との接触が切断され易くなり得る。このため、当該ターゲットには電流が供給されなくなり、ローレンツ力が印加されなくなり得る。

それにより、所望速度のターゲット27が一对の電極710の間から射出されないことがあり得る。

[0065] よって、一对の電極710の間に挟まれたターゲット27を、その内部まで溶融させた状態で当該電極710の間を移動させ、チャンバ2内へ射出させ得る技術が望まれている。

[0066] [5. 第1実施形態のターゲット供給装置]

図5A～図6Cを用いて、第1実施形態のターゲット供給装置26について説明する。

第1実施形態のターゲット供給装置26は、電極部71の構成が、図1～図4Bに示されたターゲット供給装置26の電極部71と異なる構成であってもよい。

第1実施形態のターゲット供給装置26の構成において、図1～図4Bに示されたターゲット供給装置26と同様の構成については説明を省略する。

第1実施形態のターゲット供給装置26は、少なくとも上述の＜A＞の現象に対する解決手段を備え得る。

[0067] 上述の＜A＞の現象は、一对の電極710の間に挟まれたターゲット27が接触面711c及び712cと接触する部分しか十分に溶融しないと、接触面711c及び712cとの間に大きな摩擦力が生じることであり得る。この大きな摩擦力が生じる要因は、次の＜A1＞及び＜A2＞に示す事項が主に考えられる。

[0068] ＜A1＞一对の電極710の間に挟まれたターゲット27が接触面711c及び712cと接触する部分しか十分に溶融していないことで当該ターゲット27は大きな粘性を有し得ることが、上記摩擦力を生じる要因であると考えられる。

[0069] ＜A2＞接触面711c及び712cの表面がターゲット27に対する濡

れ性、吸着性、化学反応性等が高いことが、上記摩擦力を生じる要因であると考えられる。

[0070] 第1実施形態のターゲット供給装置26は、上述の＜A1＞の要因に対する解決手段となる電極部71を備えてもよい。＜A1＞の要因に対する解決手段となる電極部71を備える第1実施形態のターゲット供給装置26を、第1実施例として説明する。

第1実施形態のターゲット供給装置26は、上述の＜A2＞の要因に対する解決手段となる電極部71を備えてもよい。＜A2＞の要因に対する解決手段となる電極部71を備える第1実施形態のターゲット供給装置26を、第2実施例として説明する。

[0071] [5. 1 第1実施例のターゲット供給装置]

図5A～図5Cを用いて、第1実施例のターゲット供給装置26について説明する。

第1実施例のターゲット供給装置26は、上述の＜A1＞の要因に対する解決手段となる電極部71を備えてもよい。

[0072] 第1実施例のターゲット供給装置26は、一对の電極710の間に挟まれたターゲット27をその内部まで溶融させることによって、当該ターゲット27の粘性を低下させ得る。当該ターゲット27をその内部まで溶融させるためには、当該ターゲット27の内部の温度が、ターゲット27の融点より高い温度になる必要がある。

図1～図4Bに示されたターゲット供給装置26では、一对の電極710の間に挟まれた固体のターゲット27と接触面711c及び712cとが接触する部分で生じたジュール熱が、当該ターゲット27の内部側に伝熱され難い。

これは、一对の電極710の温度が、当該電極710の間に挟まれた固体のターゲット27の内部中心温度よりも低いからであり得る。

[0073] 一对の電極710の温度が当該電極710の間に挟まれた固体のターゲット27の内部中心温度よりも低くなる原因は、次のようなことが考えられる

。

すなわち、一对の電極 710 は、図 4 B に示すように、接触面 711c 及び 712c 並びに絶縁ガイド 713 の設置面以外の面が、断熱されておらず、外部への放熱経路となり得る。加えて、一对の電極 710 は、電源 72 の陰極端子及び陽極端子等の熱伝導性の高い部材と接続され、当該部材が放熱経路となり得る。一对の電極 710 で発生及び流入する熱量よりも一对の電極 710 から流出する熱量の方が大きくなり得る。結果的に、一对の電極 710 では、ターゲット 27 と接触する部分から上記放熱経路に向かう熱流束が生じるためであり得る。

[0074] 図 5 A は、第 1 実施例のターゲット供給装置 26 を説明するための図を示す。

第 1 実施例のターゲット供給装置 26 に含まれる電極部 71 は、上述のように、一对の電極 710 と、絶縁ガイド 713 とを含んでもよい。更に、第 1 実施例のターゲット供給装置 26 に含まれる電極部 71 は、断熱部材 714 と、ヒータ 715 とを含んでもよい。

なお、図 5 A では、電極部 71 に含まれる絶縁ガイド 713 の図示を省略している。

[0075] 断熱部材 714 は、一对の電極 710 から外部への放熱を遮断してもよい。

断熱部材 714 は、一对の電極 710 の表面上であって、接触面 711c 及び 712c に連なっていない面上に設置されてもよい。断熱部材 714 は、一对の電極 710 の表面上であって、接触面 711c 及び 712c 並びに絶縁ガイド 713 の設置面以外の面上に設置されてもよい。

断熱部材 714 は、電気絶縁性及び熱絶縁性を有してもよい。

[0076] ヒータ 715 は、一对の電極 710 を加熱してもよい。

ヒータ 715 は、一对の電極 710 の接触面 711c 及び 712c に連なる面上に設置されてもよい。ヒータ 715 は、一对の電極 710 の表面上であって、絶縁ガイド 713 の設置面上に設置されてもよい。ヒータ 715 は

、絶縁ガイド 713 に埋め込まれた状態で、当該設置面上に設置されてもよい。

ヒータ 715 は、図示していないが、ターゲット制御部 75 に接続されてもよい。

ヒータ 715 は、ターゲット制御部 75 からの制御信号に応じて一对の電極 710 を加熱してもよい。当該制御信号は、一对の電極 710 の温度をターゲット 27 の融点より高い温度に保つよう、ヒータ 715 の加熱動作を制御するための制御信号であってもよい。当該制御信号は、一对の電極 710 に電圧が印加される前に、ターゲット制御部 75 からヒータ 715 に出力されてもよい。

それにより、第 1 実施例に係る一对の電極 710 は、電源 72 によって電圧が印加される前に、ヒータ 715 によって予め加熱され、ターゲット 27 の融点より高い温度に保たれ得る。

[0077] 一对の電極 710 がヒータ 715 によって予め加熱されターゲット 27 の融点より高い温度に保たれると、一对の電極 710 の温度は、当該電極 710 の間に挟まれたターゲット 27 の内部中心温度よりも高くなり得る。

この場合、固体のターゲット 27 と接触面 711c 及び 712c とが接触する部分で生じたジュール熱は、当該ターゲット 27 の内部側に伝熱され得る。一对の電極 710 の間に挟まれた固体のターゲット 27 は、伝熱されたジュール熱によってその内部まで溶融し得る。内部まで溶融したターゲット 27 の粘性は低下し得る。

それにより、第 1 実施例のターゲット供給装置 26 は、一对の電極 710 の間に挟まれたターゲット 27 と接触面 711c 及び 712c との間に生じる摩擦力を抑制し得る。このため、第 1 実施例のターゲット供給装置 26 は、接触面 711c との接触部分のターゲット 27 が電極 710 に付着したままでターゲット 27 が一对の電極 710 の間に留まることを抑止し得る。

よって、第 1 実施例のターゲット供給装置 26 は、ターゲット 27 を円滑に一对の電極 710 の間から射出することができる。

[0078] 図5Bは、第1実施例のターゲット供給装置26における変形例1を説明するための図を示す。

一対の電極710の温度が当該電極710の間に挟まれた固体のターゲット27の内部中心温度よりも低くなる原因は、次のようなことも考えられる。

すなわち、一対の電極710の体積は、当該電極710の間に挟まれた固体のターゲット27の体積よりも十分に大きくなると、一対の電極710の熱容量は、当該電極710の間に挟まれた固体のターゲット27の熱容量よりも大きくなる。結果的に、一対の電極710は、当該ターゲット27よりも熱飽和に達する時間が長くなるため、温度上昇し難いためである。

[0079] 第1実施例の変形例1に係る電極部71は、一対の電極710と、絶縁ガイド713と、断熱部材714とを含んでもよい。

第1実施例の変形例1に係る電極部71は、ヒータ715を含んでいなくてもよい。

なお、図5Bでは、電極部71に含まれる絶縁ガイド713の図示を省略している。

[0080] 第1実施例の変形例1に係る断熱部材714は、図5Bに示すように、第1実施例に係る一対の電極710と同様の大きさ及び配置となるように設けられてもよい。

第1実施例の変形例1に係る一対の電極710は、一対の断熱部材714が互いに対向する面に対してコーティングされることによって形成されてもよい。第1実施例の変形例1に係る一対の電極710は、一対の断熱部材714が互いに対向する面に対して蒸着や溶射等で成膜されることによって形成されてもよい。

それにより、第1実施例の変形例1に係る一対の電極710は、大幅に小型化され得る。第1実施例の変形例1に係る一対の電極710の熱容量は、当該電極710の間に挟まれた固体のターゲット27の熱容量に比べて小さくなり得る。

[0081] このため、第1実施例の変形例1に係る一对の電極710は、当該電極710の間に挟まれたターゲット27よりも熱飽和に達する時間が短く、温度上昇し易くなり得る。そして、第1実施例の変形例1に係る一对の電極710は、断熱部材714からの断熱によって熱拡散し難くなったことで、当該ターゲット27の内部中心温度よりも高い温度に保たれ得る。

この場合、固体のターゲット27と一对の電極710とが接触する部分で生じたジュール熱は、当該ターゲット27の内部側に伝熱され得る。当該ターゲット27は、伝熱されたジュール熱によってその内部まで溶融し得る。内部まで溶融したターゲット27の粘性は低下し得る。

それにより、第1実施例の変形例1に係るターゲット供給装置26は、一对の電極710の間に挟まれたターゲット27と当該電極710との間に生じる摩擦力を抑制し得る。

よって、第1実施例の変形例1に係るターゲット供給装置26は、ターゲット27を一对の電極710の間から円滑に射出することができる。

[0082] 図5Cは、第1実施例のターゲット供給装置26における変形例2を説明するための図を示す。

一对の電極710の温度が当該電極710の間に挟まれた固体のターゲット27の内部中心温度よりも低くなる原因は、次のようなことも考えられる。

すなわち、一对の電極710の熱伝導率が、当該電極710の間に挟まれた固体のターゲット27の熱伝導率よりも高い傾向にあり得る。結果的に、一对の電極710の内部は、当該ターゲット27の内部よりも熱伝導によって伝熱し易いためであり得る。

[0083] 第1実施例の変形例2に係る電極部71は、一对の電極710と、絶縁ガイド713と、断熱部材714とを含んでもよい。

第1実施例の変形例2に係る電極部71は、ヒータ715を含んでいなくてもよい。

なお、図5Cでは、電極部71に含まれる絶縁ガイド713の図示を省略

している。

[0084] 第1実施例の変形例2に係る一对の電極710は、ターゲット27よりも熱伝導率が低い材料を用いて形成されてもよい。

この場合、一对の電極710の間に挟まれた固体のターゲット27と当該電極710とが接触する部分で生じたジュール熱は、当該ターゲット27の内部側に伝熱され得る。当該ターゲット27は、伝熱されたジュール熱によってその内部まで溶融し得る。内部まで溶融したターゲット27の粘性は低下し得る。

それにより、第1実施例の変形例2に係るターゲット供給装置26は、一对の電極710の間に挟まれたターゲット27と当該電極710との間に生じる摩擦力を抑制し得る。

よって、第1実施例の変形例2に係るターゲット供給装置26は、ターゲット27を一对の電極710の間から円滑に射出することができる。

[0085] [5. 2 第2実施例のターゲット供給装置]

図6A～図6Cを用いて、第2実施例のターゲット供給装置26について説明する。

第2実施例のターゲット供給装置26は、上述の<A2>の要因に対する解決手段となる電極部71を備えてもよい。

[0086] 一对の電極710の接触面711c及び712cのターゲット27に対する濡れ性や吸着性が低い場合には、次のような現象が生じ得る。

一对の電極710の間に挟まれた固体のターゲット27の接触面711c及び712cとの接触部分は、溶融した際には、接触面711c及び712cとの接触を維持しつつ、自己の表面張力によって当該ターゲット27の内部側に纏まろうとし得る。すると、溶融した当該接触部分の接触面711c及び712cとの接触面積が小さくなるため、当該接触部分に生じた熱は、電極710側に向かって熱拡散し難くなり当該ターゲット27の内部側に伝熱し易くなり得る。そして、ローレンツ力によって引っ張られる前に、当該接触部分だけではなくターゲット27の内部まで溶融し得る。

内部まで溶融したターゲット２７は、自己の表面張力によってドロップレット２７１を形成し得る。ドロップレット２７１を形成したターゲット２７では、接触面７１１ｃ及び７１２ｃとの接触面積が小さく、接触面７１１ｃ及び７１２ｃとの間で発生する摩擦力が小さくなり得る。ドロップレット２７１を形成したターゲット２７は、ローレンツ力が当該摩擦力に打ち勝つことで、一对の電極７１０の間から射出され得る。

[0087] しかし、接触面７１１ｃ及び７１２ｃのターゲット２７に対する濡れ性や吸着性が高い場合、次のような現象が生じ得る。

一对の電極７１０の間に挟まれた固体のターゲット２７の上記接触部分が溶融しても、その表面張力は接触面７１１ｃ及び７１２ｃとの相互作用によって減殺され得る。表面張力が減殺された当該接触部分は、当該ターゲット２７の内部側に纏まり難くなり得る。すると、溶融した当該接触部分の接触面７１１ｃ及び７１２ｃとの接触面積は小さくならず、当該接触部分に生じた熱は、電極７１０側に向かって熱拡散し易くなりターゲット２７の内部側に伝熱し難くなり得る。このため、一对の電極７１０の間に挟まれたターゲット２７は、その内部まで溶融し難くなり、ドロップレット２７１を形成し難くなり得る。

ドロップレット２７１を形成できなかったターゲット２７は、接触面７１１ｃ及び７１２ｃとの接触面積が大きく、接触面７１１ｃ及び７１２ｃとの間で発生する摩擦力も大きくなり得る。当該ターゲット２７は、一对の電極７１０の間から円滑に射出され難くなり得る。

[0088] また、接触面７１１ｃ及び７１２ｃのターゲット２７に対する化学反応性が高い場合、一对の電極７１０の間に挟まれた固体のターゲット２７の上記接触部分は、溶融すると接触面７１１ｃ及び７１２ｃとの間で化学反応し易くなり得る。そして、接触面７１１ｃ及び７１２ｃの表面には固体の反応生成物等が生成され得る。当該反応生成物は、接触面７１１ｃ及び７１２ｃに付着して、接触面７１１ｃ及び７１２ｃとターゲット２７との間に大きな摩擦力を発生させ得る。このため、ターゲット２７は、一对の電極７１０の間

から円滑に射出され難くなり得る。

[0089] 図6Aは、第2実施例のターゲット供給装置26を説明するための図を示す。

第2実施例のターゲット供給装置26に含まれる電極部71は、一对の電極710の接触面711c及び712cが、図1～図4Bに示されたターゲット供給装置26と異なる構成材料を用いて形成されてもよい。

[0090] 第2実施例に係る一对の電極710の接触面711c及び712cは、ターゲット27と化学反応し難い材料であり、ターゲット27に対する吸着力が弱い材料であり、且つ、熔融したターゲット27との接触角が90°以下の材料を用いて形成されてもよい。加えて、当該接触面711c及び712cは、導電材料を用いて形成されてもよい。

第2実施例に係る一对の電極710の接触面711c及び712cは、上記材料がコーティングされることによって形成されてもよい。当該接触面711c及び712cは、蒸着や溶射等で成膜されることによって形成されてもよい。

[0091] それにより、第2実施例に係る一对の電極710の間に挟まれたターゲット27は、接触面711c及び712cとの接触部分が熔融した際、その表面張力が接触面711cとの相互作用によって減殺されず、ドロップレット271を形成し得る。また、当該ターゲット27は、接触面711c及び712cの表面に反応生成物を生成し難くなり得る。

このため、第2実施例のターゲット供給装置26は、一对の電極710の間に挟まれたターゲット27と当該電極710との間に生じる摩擦力を抑止し得る。

よって、第2実施例のターゲット供給装置26は、ターゲット27を一对の電極710の間から円滑に射出することができる。

[0092] 図6Bは、第2実施例のターゲット供給装置26における変形例1を説明するための図を示す。

第2実施例の変形例1に係る電極部71は、一对の電極710自体が、タ

ターゲット 27 と化学反応し難い材料であり、ターゲット 27 に対する吸着力が弱い材料であり、且つ、熔融したターゲット 27 との接触角が 90° 以下の材料を用いて形成されてもよい。加えて、一对の電極 710 は、導電材料を用いて形成されてもよい。

それにより、第 2 実施例の変形例 1 に係るターゲット供給装置 26 は、図 6A に示された第 2 実施例のターゲット供給装置 26 と同様に、ターゲット 27 を一对の電極 710 の間から円滑に射出することができる。

[0093] 図 6C は、第 2 実施例のターゲット供給装置 26 における変形例 2 を説明するための図を示す。

第 2 実施例の変形例 2 に係る電極部 71 は、接触面 711c 及び 712c を含む電極 710 の一部分が、接触部品 711d 及び 712d として、電極 710 とは別個の部品で形成されてもよい。

接触部品 711d 及び 712d は、ターゲット 27 と化学反応し難い材料であり、ターゲット 27 に対する吸着力が弱い材料であり、且つ、熔融したターゲット 27 との接触角が 90° 以下の材料を用いて形成されてもよい。加えて、接触部品 711d 及び 712d は、導電材料を用いて形成されてもよい。

接触部品 711d 及び 712d は、固定部材 716 を用いて一对の電極 710 に固定されてもよい。

それにより、第 2 実施例の変形例 2 に係るターゲット供給装置 26 は、図 6A に示された第 2 実施例のターゲット供給装置 26 と同様に、ターゲット 27 を一对の電極 710 の間から円滑に射出することができる。

[0094] 第 1 実施形態のターゲット供給装置 26 の他の構成については、図 1 ～図 4B に示されたターゲット供給装置 26 の構成と同様であってもよい。

[0095] [6. 第 2 実施形態のターゲット供給装置]

図 7 ～図 11B を用いて、第 2 実施形態のターゲット供給装置 26 について説明する。

第 2 実施形態のターゲット供給装置 26 は、図 1 ～図 4B に示されたター

ゲット供給装置 26 に磁場生成装置 76 を追加した構成を備えてもよい。

第 2 実施形態のターゲット供給装置 26 の構成において、図 1 ～図 4 B に示されたターゲット供給装置 26 と同様の構成については説明を省略する。

第 2 実施形態のターゲット供給装置 26 の実施態様を、第 3 及び第 4 実施例として説明する。

第 2 実施形態のターゲット供給装置 26 は、少なくとも上述の＜B＞の現象に対する解決手段を備え得る。

[0096] 上述の＜B＞の現象は、一对の電極 710 の間に挟まれたターゲット 27 が接触面 711c 及び 712c と接触する部分しか十分に溶融しないと、当該接触する部分だけがローレンツ力によって引っ張られ、内部付近のターゲット 27 と分離することであり得る。

接触面 711c 及び 712c との接触する部分のターゲット 27 だけがローレンツ力によって引っ張られる要因は、次のような事項が主に考えられる。

すなわち、一对の電極 710 の間に挟まれたターゲット 27 は、接触面 711c 及び 712c との接触部分しか溶融していないと、溶融したターゲット 27 の表面張力がローレンツ力に打ち勝つことができないからであり得る。言い換えると、一对の電極 710 の間に挟まれたターゲット 27 が内部まで溶融し十分な表面張力を獲得する前に、溶融した一部のターゲット 27 を分離させる程の大きなローレンツ力が当該ターゲット 27 に印加されているからであり得る。

[0097] [6. 1 第 3 実施例のターゲット供給装置]

図 7 ～図 9 B を用いて、第 3 実施例のターゲット供給装置 26 について説明する。

図 7 は、第 3 実施例のターゲット供給装置 26 を説明するための図を示す。

なお、図 7 では、電極部 71 に含まれる絶縁ガイド 713 の図示を省略している。

[0098] 第3実施例のターゲット供給装置26は、磁場生成装置76と、電流モニタ77とを更に備えてもよい。

第3実施例のターゲット供給装置26に含まれるターゲット制御部75は、電流処理回路751と、トリガユニット752とを含んでもよい。

[0099] 磁場生成装置76は、一对の電極710の間に磁場を生成してもよい。

磁場生成装置76が生成する磁場は、一对の電極710の間に挟まれたターゲット27に電流が流れることによって生成される磁場とは異なり得る。

本実施形態では、一对の電極710の間に挟まれたターゲット27に供給される電流の周囲に生成される磁場を「自己磁場」ともいう。これに対し、磁場生成装置76が生成する磁場を「外部磁場」ともいう。

磁場生成装置76は、電磁コイル761と、磁場生成電源762とを含んでもよい。

[0100] 電磁コイル761は、コイル内に流れる電流に応じて外部磁場を生成してもよい。

電磁コイル761は、複数のコイルによって構成されてもよい。複数のコイルで構成された電磁コイル761は、絶縁ガイド713を挟んで互いに対向して配置されてもよい。

[0101] 磁場生成電源762は、電磁コイル761に電流を供給してもよい。

磁場生成電源762は、一对の電極710におけるターゲット27の射出方向と当該ターゲット27に印加されるローレンツ力の方向とが一致するように、電磁コイル761に対して電流を供給してもよい。

[0102] 磁場生成電源762は、ターゲット制御部75に接続されてもよい。

磁場生成電源762は、ターゲット制御部75からの制御信号に応じて電磁コイル761に電流を供給してもよい。

当該制御信号は、電磁コイル761に所望の供給タイミング及び供給量で電流が供給されるよう磁場生成電源762の動作を制御するための制御信号であってもよい。

また、当該制御信号には、ターゲット制御部75が出力する後述のトリガ

信号が含まれてもよい。その場合には、磁場生成電源 762 は、当該トリガ信号が入力されると、所定供給量の電流を所定期間だけ電磁コイル 761 に供給してもよい。

[0103] 電磁コイル 761 には、ターゲット制御部 75 からの制御によって、所望の供給タイミング及び供給量で電流が供給され得る。電磁コイル 761 は、所望の供給タイミング及び供給量に応じた生成タイミング及び強さで外部磁場を生成し得る。

それにより、一对の電極 710 の間に挟まれたターゲット 27 には、ターゲット制御部 75 からの制御によって、所望のタイミング及び強さで外部磁場が印加され得る。

[0104] 電流モニタ 77 は、一对の電極 710 及び電源 72 並びにターゲット制御部 75 に接続されてもよい。

電流モニタ 77 は、一对の電極 710 の間に流れる電流を検出してもよい。電流モニタ 77 は、検出した電流の検出信号をターゲット制御部 75 に出力してもよい。

[0105] ターゲット制御部 75 に含まれる電流処理回路 751 には、電流モニタ 77 から出力された電流の検出信号が入力されてもよい。

電流処理回路 751 は、電流モニタ 77 からの当該検出信号に基づいて、一对の電極 710 の間に挟まれたターゲット 27 に供給された電流の総供給時間を算出してもよい。

電流処理回路 751 は、一对の電極 710 の間に挟まれた固体のターゲット 27 が内部まで溶融するために必要な電流の供給時間である所要供給時間を予め記憶してもよい。当該所要供給時間は、当該ターゲット 27 に対する電流の供給タイミングから当該ターゲット 27 が溶融完了するタイミングまでの時間であり得る。

電流処理回路 751 は、ターゲット 27 に供給された電流の当該総供給時間と当該所要供給時間とを比較し、一对の電極 710 の間に挟まれた固体のターゲット 27 がその内部まで溶融したか否かを判定してもよい。当該ター

ゲット 27 が内部まで溶融した旨が判定された際、電流処理回路 751 は、当該ターゲット 27 が溶融完了したタイミングを示す溶融完了信号をトリガユニット 752 に出力してもよい。

- [0106] なお、電流処理回路 751 は、電流モニタ 77 からの当該検出信号に基づいて、一对の電極 710 の間に挟まれたターゲット 27 に供給された総電荷量を算出してもよい。加えて、電流処理回路 751 は、一对の電極 710 の間に挟まれた固体のターゲット 27 が内部まで溶融するために必要な電荷量である所要電荷量を予め記憶してもよい。

電流処理回路 751 は、ターゲット 27 に供給された当該総電荷量と当該所要電荷量とを比較し、一对の電極 710 の間に挟まれた固体のターゲット 27 がその内部まで溶融したか否かを判定してもよい。

- [0107] ターゲット制御部 75 に含まれるトリガユニット 752 は、磁場生成電源 762 が電磁コイル 761 に電流を供給するタイミングを制御してもよい。

トリガユニット 752 には、電流処理回路 751 から出力された溶融完了信号が入力されてもよい。トリガユニット 752 は、入力された溶融完了信号に基づいて、トリガ信号を磁場生成電源 762 に出力してもよい。当該トリガ信号は、磁場生成電源 762 が電磁コイル 761 に電流を供給する契機を与える信号であってもよい。

- [0108] 図 8 は、一对の電極 710 の間に挟まれたターゲット 27 に電流、外部磁場、及びローレンツ力が印加されるタイミングを説明するための図を示す。

図 8 において、「電圧」のグラフは、一对の電極 710 の間に印加される電圧の推移を示す。「電流」のグラフは、一对の電極 710 の間に流れる電流の推移を示す。「磁場」のグラフは、一对の電極 710 の間に生成される外部磁場の推移を示す。「ローレンツ力」のグラフは、一对の電極 710 の間に流れる電流及び外部磁場によって発生するローレンツ力の推移を示す。

- [0109] ターゲットワイヤ 273 の先端部 273a は、ターゲット移送機構 73 によって移送され、一对の電極 710 の接触面 711c 及び 712c に接触し得る。接触面 711c 及び 712c への接触が完了した先端部 273a は、

一対の電極 7 1 0 の間に挟まれた状態となり得る。一対の電極 7 1 0 の間に挟まれた先端部 2 7 3 a は、一対の電極 7 1 0 の間に挟まれた固体のターゲット 2 7 であり得る。

先端部 2 7 3 a の接触面 7 1 1 c 及び 7 1 2 c への接触が完了したタイミング、すなわち、一対の電極 7 1 0 の間に固体のターゲット 2 7 が挟まれたタイミングで、ターゲット制御部 7 5 は、電圧印加信号を電源 7 2 に出力してもよい。電源 7 2 は、一対の電極 7 1 0 の間に電圧を印加し得る。一対の電極 7 1 0 の間に挟まれた固体のターゲット 2 7 には、電流が流れ得る。当該ターゲット 2 7 は、接触面 7 1 1 c 及び 7 1 2 c との接触部分から熔融し得る。

[0110] 一対の電極 7 1 0 の間に挟まれた固体のターゲット 2 7 に電流が流れると、当該ターゲット 2 7 には自己磁場によってローレンツ力が印加され得る。

ターゲット制御部 7 5 は、当該ターゲット 2 7 の接触面 7 1 1 c 及び 7 1 2 c との接触部分が自己磁場によるローレンツ力によって内部付近のターゲット 2 7 から分離させないように、当該ターゲット 2 7 への電流供給量を調整してもよい。或いは、ターゲット制御部 7 5 は、当該ターゲット 2 7 への電流供給を停止してもよい。

ターゲット制御部 7 5 は、磁場生成装置 7 6 が外部磁場を生成し得るため、自己磁場によるローレンツ力によってターゲット 2 7 の上記接触部分が内部付近から分離されないよう、自己磁場の強さを規定するターゲット 2 7 への電流供給量を抑制し得る。

[0111] ターゲット制御部 7 5 は、電流モニタ 7 7 からの検出信号に基づいて、一対の電極 7 1 0 の間に挟まれたターゲット 2 7 がその内部まで熔融したか否かを判定してもよい。

一対の電極 7 1 0 の間に挟まれたターゲット 2 7 の熔融が完了したタイミングで、ターゲット制御部 7 5 は、熔融完了信号を磁場生成装置 7 6 に出力してもよい。そして、磁場生成装置 7 6 は、一対の電極 7 1 0 の間に外部磁場を生成し得る。一対の電極 7 1 0 の間に挟まれたターゲット 2 7 には、外

部磁場が印加され、ローレンツ力が印加され得る。当該ターゲット 27 は、
一対の電極 710 の間をターゲット 27 の射出方向に向かって移動し得る。

[0112] 一対の電極 710 の間を移動するターゲット 27 に対し外部磁場によるローレンツ力が更に印加されると、当該ターゲット 27 は加速され得る。

当該ターゲット 27 が加速されると、一対の電極 710、ターゲット 27、及び電源 72 で形成される電流経路の長さは増加し、当該電流経路の電気抵抗は増加し得る。また、熔融状態のターゲット 27 の電気抵抗は、固体のターゲット 27 の電気抵抗に比べて増加し得る。ゆえに、加速中の当該ターゲット 27 に流れる電流量は低下し得る。磁場生成装置 76 が一定強さの外部磁場を生成しても、加速中の当該ターゲット 27 に印加されるローレンツ力は低下し得る。

加速中の当該ターゲット 27 は、やがて所望の速度に到達すると共に、一対の電極 710 の間からチャンバ 2 内へ射出され得る。一対の電極 710 の間からターゲット 27 が射出されたタイミングでは、当該ターゲット 27 と当該電極 710 との接触が切断され得る。当該ターゲット 27 と当該電極 710 との接触が切断されると、当該電極 710 には電流が流れなくなり、ローレンツ力も無くなり得る。

[0113] このように、第 3 実施例のターゲット供給装置 26 は、磁場生成装置 76 を備えることで、自己磁場によるローレンツ力を抑制し得る。

また、第 3 実施例のターゲット供給装置 26 は、磁場生成装置 76 を備えることで、ターゲット 27 が内部まで熔融するタイミングに同期して、外部磁場を生成し得る。すなわち、第 3 実施例のターゲット供給装置 26 は、ターゲット 27 が内部まで熔融するタイミングに同期して、当該ターゲット 27 に外部磁場を印加し得る。そして、第 3 実施例のターゲット供給装置 26 は、当該ターゲット 27 が内部まで熔融した直後に、外部磁場を生成してターゲット 27 を加速させる程度のローレンツ力を当該ターゲット 27 に印加し得る。

それにより、第 3 実施例のターゲット供給装置 26 は、ターゲット 27 の

接触面 7 1 1 c 及び 7 1 2 c との接触部分が内部付近のターゲット 2 7 と分離することを抑止し得る。このため、第 3 実施例のターゲット供給装置 2 6 は、当該接触部分だけが電極 7 1 0 の間からミスト状に噴出することを抑止し得る。

よって、第 3 実施例のターゲット供給装置 2 6 は、所望体積のドロップレット 2 7 1 を一对の電極 7 1 0 の間から射出することができる。

[0114] 図 9 A は、第 3 実施例のターゲット供給装置 2 6 における変形例 1 を説明するための図を示す。

第 3 実施例の変形例 1 に係るターゲット供給装置 2 6 は、磁場生成装置 7 6 が一对の電極 7 1 0 の間に交流磁場を生成してもよい。

ターゲット制御部 7 5 は、一对の電極 7 1 0 の間に挟まれたターゲット 2 7 が交流磁場に伴うローレンツ力によって移動する方向が、当該ターゲット 2 7 の電極 7 1 0 からの射出方向と同じ方向になるよう磁場生成装置 7 6 を制御してもよい。

[0115] 具体的には、ターゲット制御部 7 5 は、上述のように、一对の電極 7 1 0 の間に挟まれた固体のターゲット 2 7 に対する電流の供給タイミングから当該ターゲット 2 7 の溶融が完了するタイミングまでの時間である所要供給時間を予め記憶してもよい。

ターゲット制御部 7 5 は、次のような周期及び位相を有する交流電流が電磁コイル 7 6 1 に供給されるよう磁場生成電源 7 6 2 を制御してもよい。当該交流電流の周期は、当該所要供給時間を半周期とするような周期であってもよい。当該交流電流の位相は、当該ターゲット 2 7 の溶融完了タイミングにおいて、交流磁場によるローレンツ力にてターゲット 2 7 が移動する方向が当該ターゲット 2 7 の射出方向になるような位相であってもよい。

磁場生成電源 7 6 2 は、ターゲット制御部 7 5 からの制御により、当該周期及び位相の波形を有する交流電流を電磁コイル 7 6 1 に供給し得る。

電磁コイル 7 6 1 は、図 9 A の「磁場」のグラフのように、当該周期及び位相の波形を有する交流電流に対応した波形の交流磁場を一对の電極 7 1 0

の間に生成し得る。一对の電極 710 の間に挟まれたターゲット 27 には、図 9 A の「ローレンツ力」のグラフのように、当該交流磁場に対応した波形のローレンツ力が印加され得る。

[0116] このように、第 3 実施例の変形例 1 に係るターゲット供給装置 26 は、外部磁場として交流磁場を生成する磁場生成装置 76 を備えた場合でも、ターゲット 27 の射出方向と同じ方向のローレンツ力を、ターゲット 27 が内部まで溶融した直後に印加し得る。

それにより、第 3 実施例の変形例 1 に係るターゲット供給装置 26 も、ターゲット 27 の接触面 711c 及び 712c との接触部分だけが電極 710 の間からミスト状に噴出することを抑止し得る。

よって、第 3 実施例の変形例 1 に係るターゲット供給装置 26 は、図 7 及び図 8 に示された第 3 実施例のターゲット供給装置 26 と同様に、所望体積のドロップレット 271 を一对の電極 710 の間から射出することができる。

[0117] 図 9 B は、第 3 実施例のターゲット供給装置 26 における変形例 2 を説明するための図を示す。

第 3 実施例の変形例 2 に係るターゲット供給装置 26 は、磁場生成電源 762 が直流成分をバイアスした交流電流を電磁コイル 761 に供給してもよい。

第 3 実施例の変形例 2 に係る電磁コイル 761 によって生成される交流磁場は、図 9 B の「磁場」のグラフのように、磁場生成電源 762 からの交流電流に対応してバイアスされ得る。一对の電極 710 の間に挟まれたターゲット 27 には、図 9 B の「ローレンツ力」のグラフのように、当該交流磁場に対応した波形のローレンツ力が印加され得る。

なお、図 9 B の「ローレンツ力」のグラフのように、ターゲット 27 の溶融完了前に、ターゲット 27 の射出方向と同じ方向のローレンツ力が、バイアスされた交流磁場によって印加される場合があり得る。この場合であっても、当該ローレンツ力の大きさがターゲット 27 の接触面 711c 及び 71

2 c との接触部分が内部付近から分離しない程度の大きさに抑制されるよう、交流電流のバイアス電流値を制限しておけばよい。

それにより、第3実施例の変形例2に係るターゲット供給装置26は、図7及び図8に示された第3実施例のターゲット供給装置26と同様に、所望体積のドロップレット271を一对の電極710の間から射出することができる。

[0118] [6. 2 第4実施例のターゲット供給装置]

図10～図11Bを用いて、第4実施例のターゲット供給装置26について説明する。

図10は、第4実施例のターゲット供給装置26を説明するための図を示す。

なお、図10では、電極部71に含まれる絶縁ガイド713の図示を省略している。

[0119] 第4実施例のターゲット供給装置26に含まれる磁場生成装置76は、第3実施例に係る磁場生成装置76と異なる構成を備えてもよい。

第4実施例のターゲット供給装置26の他の構成については、図7及び図8に示された第3実施例のターゲット供給装置26の構成と同様であってもよい。

第4実施例のターゲット供給装置26に含まれる磁場生成装置76は、磁石764と、磁場遮蔽体765と、磁場遮蔽体駆動部766とを備えてもよい。

[0120] 磁石764は、外部磁場として定常磁場を生成してもよい。

磁石764は、複数の永久磁石によって構成されてもよい。複数の永久磁石で構成された磁石764は、絶縁ガイド713を挟んで互いに対向して配置されてもよい。磁石764と絶縁ガイド713との間には所定間隔の間隙が設けられてもよい。

磁石764は、永久磁石の代りに、図示しない磁場生成電源から定常電流を供給された電磁石で構成されてもよい。

[0121] 磁場遮蔽体 7 6 5 は、磁石 7 6 4 によって生成された定常磁場から一对の電極 7 1 0 を遮蔽してもよい。

磁場遮蔽体 7 6 5 は、複数の遮蔽板が 1 軸方向に同時に平行移動する機構を用いて形成されてもよい。

磁場遮蔽体 7 6 5 は、磁石 7 6 4 と絶縁ガイド 7 1 3 との間の間隙に挿入されてもよい。磁場遮蔽体 7 6 5 は、当該間隙から抜去されてもよい。

磁場遮蔽体 7 6 5 は、磁場遮蔽体駆動部 7 6 6 からの駆動信号に応じて機械的に駆動してもよい。

[0122] 磁場遮蔽体駆動部 7 6 6 は、ターゲット制御部 7 5 からの制御によって、磁場遮蔽体 7 6 5 に対する駆動信号を生成し出力してもよい。

当該駆動信号は、磁石 7 6 4 と絶縁ガイド 7 1 3 との間の間隙に対して磁場遮蔽体 7 6 5 を挿入又は抜去するための制御信号であってもよい。具体的には、当該駆動信号は、ターゲット 2 7 が内部まで溶融するタイミングに同期して磁場遮蔽体 7 6 5 を当該間隙から抜去するための制御信号であってもよい。また、当該駆動信号は、ターゲット 2 7 が電極 7 1 0 の間から射出されるタイミングに同期して磁場遮蔽体 7 6 5 を当該間隙に挿入するための制御信号であってもよい。

それにより、一对の電極 7 1 0 の間に挟まれたターゲット 2 7 には、ターゲット制御部 7 5 からの制御により、ターゲット 2 7 が内部まで溶融するタイミングに同期して、外部磁場が印加され得る。

よって、第 4 実施例のターゲット供給装置 2 6 は、図 7 及び図 8 に示された第 3 実施例のターゲット供給装置 2 6 と同様に、所望体積のドロップレット 2 7 1 を一对の電極 7 1 0 の間から射出することができる。

[0123] 図 1 1 A は、第 4 実施例のターゲット供給装置 2 6 における変形例を説明するための図を示す。図 1 1 B は、図 1 1 A に示された磁場遮蔽体 7 6 5 を X 軸方向から視た図を示す。

なお、図 1 1 A では、電極部 7 1 に含まれる絶縁ガイド 7 1 3 の図示を省略している。

[0124] 第4実施例の変形例に係るターゲット供給装置26に含まれる磁場遮蔽体765は、第4実施例に係る磁場遮蔽体765と異なる構成を備えてもよい。

第4実施例の変形例に係る磁場遮蔽体765は、複数の遮蔽板が同一方向に同時に回転運動する機構を用いて形成されてもよい。

第4実施例の変形例に係るターゲット供給装置26の他の構成については、図10に示された第4実施例のターゲット供給装置26の構成と同様であってもよい。

第4実施例のターゲット供給装置26に含まれる磁場遮蔽体765は、遮蔽板765aと、貫通孔765bと、回転軸765cとを含んでもよい。

[0125] 遮蔽板765aは、複数の円板によって構成されてもよい。

遮蔽板765aを構成する複数の円板のそれぞれには、当該複数の円板の周方向に沿って複数の貫通孔765bが設けられてもよい。

1つの円板に設けられた複数の貫通孔765bのそれぞれは、同じ大きさに形成されてもよい。1つの円板に設けられた複数の貫通孔765bのそれぞれは、互いに等間隔となるように形成されてもよい。1つの円板に設けられた複数の貫通孔765bのそれぞれは、回転軸765cを中心として互いに等距離に位置するように形成されてもよい。

回転軸765cに対する複数の貫通孔765bの相対位置は、円板毎で同じ位置であってもよい。

遮蔽板765aを構成する複数の円板のそれぞれの中心は、同一の回転軸765bに固定されてもよい。

遮蔽板765aを構成する複数の円板のそれぞれは、磁石764と絶縁ガイド713との間の間隙に挿入されてもよい。その際、当該複数の円板のそれぞれに設けられた複数の貫通孔765bが磁石764と対向するように挿入されてもよい。

回転軸765cは、磁場遮蔽体駆動部766からの駆動信号に応じて回転駆動してもよい。回転軸765cに固定された遮蔽板765aは、当該回転

軸 7 6 5 c の回転駆動によって回転し得る。

[0126] 磁場遮蔽体駆動部 7 6 6 は、ターゲット制御部 7 5 からの制御によって、磁場遮蔽体 7 6 5 に対する駆動信号を生成し出力してもよい。

当該駆動信号は、回転軸 7 6 5 c を回転駆動させるための制御信号であってもよい。具体的には、当該駆動信号は、ターゲット 2 7 が内部まで溶融するタイミングに同期して貫通孔 7 6 5 b が磁石 7 6 4 と対向するように回転軸 7 6 5 c を回転駆動するための制御信号であってもよい。また、当該駆動信号は、ターゲット 2 7 が電極 7 1 0 の間から射出されるタイミングに同期して貫通孔 7 6 5 b が磁石 7 6 4 と対向しないように回転軸 7 6 5 c を回転駆動するための制御信号であってもよい。

それにより、一对の電極 7 1 0 の間に挟まれたターゲット 2 7 には、ターゲット制御部 7 5 からの制御により、ターゲット 2 7 が内部まで溶融するタイミングに同期して、外部磁場が印加され得る。

よって、第 4 実施例の変形例に係るターゲット供給装置 2 6 は、図 1 0 に示された第 4 実施例のターゲット供給装置 2 6 と同様に、所望体積のドロップレット 2 7 1 を一对の電極 7 1 0 の間から射出することができる。

[0127] 第 2 実施形態のターゲット供給装置 2 6 の他の構成については、図 1 ～図 4 B に示されたターゲット供給装置 2 6 の構成と同様であってもよい。

[0128] [7. 第 3 実施形態のターゲット供給装置]

図 1 2 A ～図 1 5 を用いて、第 3 実施形態のターゲット供給装置 2 6 について説明する。

第 3 実施形態のターゲット供給装置 2 6 は、図 1 ～図 4 B に示されたターゲット供給装置 2 6 に押圧機構 7 8 を追加した構成を備えてもよい。

第 3 実施形態のターゲット供給装置 2 6 の構成において、図 1 ～図 4 B に示されたターゲット供給装置 2 6 と同様の構成については説明を省略する。

第 3 実施形態のターゲット供給装置 2 6 の実施態様を、第 5 ～第 8 実施例として説明する。

第 3 実施形態のターゲット供給装置 2 6 は、少なくとも上述の< C >の現

象に対する解決手段を備え得る。

- [0129] 上述の＜C＞の現象は、一对の電極 7 1 0 の間に挟まれたターゲット 2 7 が接触面 7 1 1 c 及び 7 1 2 c と接触する部分しか十分に溶融しないと、ターゲット 2 7 の加速中、当該ターゲット 2 7 と電極 7 1 0 との接触が切断され易くなることであり得る。

ターゲット 2 7 の加速中、当該ターゲット 2 7 と電極 7 1 0 との接触が切断され易くなる要因は、次のような事項が主に考えられる。

すなわち、一对の電極 7 1 0 の間に挟まれたターゲット 2 7 が接触面 7 1 1 c 及び 7 1 2 c と接触する部分しか十分に溶融しないと、上記＜A＞及び＜B＞の現象によって、加速中のターゲット 2 7 の体積が減少するからであり得る。加速中のターゲット 2 7 の体積が減少すると、当該ターゲット 2 7 と電極 7 1 0 との間に隙間が生じ、当該ターゲット 2 7 と電極 7 1 0 との接触が切断され得る。

- [0130] [7. 1 第 5 実施例のターゲット供給装置]

図 1 2 A 及び図 1 2 B を用いて、第 5 実施例のターゲット供給装置 2 6 について説明する。

図 1 2 A は、第 5 実施例ターゲット供給装置 2 6 を説明するための図を示す。図 1 2 B は、図 1 2 A に示されたカム 7 8 1 の動作を説明するための図を示す。

- [0131] 第 5 実施例のターゲット供給装置 2 6 に含まれる押圧機構 7 8 は、一对の電極 7 1 0 の間に挟まれたターゲット 2 7 に対して、当該電極 7 1 0 の接触面 7 1 1 c 及び 7 1 2 c を押圧する機構であってもよい。

第 5 実施例に係る押圧機構 7 8 は、一对の電極 7 1 0 に挟まれたターゲット 2 7 と当該電極 7 1 0 との接触を能動的に維持する機構であってもよい。

第 5 実施例に係る押圧機構 7 8 は、カム 7 8 1 と、回動軸 7 8 2 と、弾性体 7 8 3 と、ホルダ 7 8 4 と、を含んでもよい。

- [0132] カム 7 8 1 は、一对の電極 7 1 0 の間の間隔が狭まる方向に向かって当該電極 7 1 0 を押圧してもよい。

カム 781 は、偏心カムであってもよい。

カム 781 の少なくとも外表面は、電気絶縁性を有する材料を用いて形成されてもよい。

カム 781 は、一对の電極 710 に含まれる第 2 電極 712 の接触面 712c とは反対側の面に配置されてもよい。

カム 781 は、偏心した状態で回動可能なように回動軸 782 に取り付けられてもよい。

カム 781 の外周側面は、第 2 電極 712 の接触面 712c とは反対側の面と、面接触してもよい。

カム 781 の外周側面の長さは、ターゲット移送機構 73 によって移送されたターゲットワイヤ 273 の先端部 273a が接触面 711c 及び 712c と接触する位置から一端 711a 及び 712a までの距離より長くてもよい。カム 781 が円板形状であれば、当該外周側面の長さは、当該先端部 273a の接触面 711c 及び 712c との接触位置から一端 711a 及び 712a までの距離の 2 倍以上であってもよい。

[0133] 回動軸 782 は、カム 781 を回動させてもよい。

回動軸 782 は、円板状のカム 781 の中心位置からずれた位置に設けられてもよい。

回動軸 782 は、図示しないモータ等の駆動装置に連結されてもよい。

回動軸 782 に連結された駆動装置は、ターゲット制御部 75 からの制御によって駆動してもよい。

[0134] 回動軸 782 に連結された駆動装置は、一对の電極 710 の間に挟まれたターゲット 27 が内部まで溶融するタイミングに同期して回動軸 782 を駆動してもよい。また、当該駆動装置は、一对の電極 710 の間に挟まれたターゲット 27 が当該電極 710 の間から射出されるタイミングに同期して回動軸 782 を駆動してもよい。

回動軸 782 に連結された駆動装置は、当該ターゲット 27 の少なくとも溶融完了タイミングから射出タイミングまでの間、当該電極 710 の間の間

隔が狭まる方向にカム 781 が当該電極 710 を押圧するよう、回動軸 782 を駆動してもよい。当該駆動装置は、ターゲットワイヤ 273 が一对の電極 710 の間に挟まれたタイミングから射出タイミングまでの間、当該電極 710 の間の間隔が狭まる方向にカム 781 が当該電極 710 を押圧するよう、回動軸 782 を駆動してもよい。

[0135] 弾性体 783 は、カム 781 によって押圧される第 2 電極 712 を支持してもよい。

弾性体 783 は、第 2 電極 712 の接触面 712c とは反対側の面とホルダ 784 とを接続してもよい。

弾性体 783 は、引張ばねであってもよい。弾性体 783 は、例えばコイルばね、ゴム等であってもよい。

弾性体 783 の少なくとも外表面は、電気絶縁性を有する材料を用いて形成されてもよい。

弾性体 783 は、電極 710 の間の間隔が広がる方向に第 2 電極 712 を引っ張ってもよい

弾性体 783 は、カム 781 の回動によって伸縮してもよい。

[0136] 一对の電極 710 の間の間隔が狭まる方向にカム 781 が当該電極 710 を押圧する場合、弾性体 783 は、図 12B に示すように、自然長より伸長してもよい。この場合、弾性体 783 は、接触面 711c 及び 712c とターゲット 27 との接触が維持できる程度に当該間隔が狭くなるよう、自然長より伸長してもよい。

それにより、一对の電極 710 の接触面 711c 及び 712c は、当該電極 710 の間に挟まれたターゲット 27 が溶融し当該電極 710 の間を加速中であっても、当該ターゲット 27 を押圧し得る。

一对の電極 710 の間の間隔が狭まる方向にカム 781 が当該電極 710 を押圧しない場合、弾性体 783 は、図 12A に示すように、図 12B に示す場合より縮んでもよい。この場合、弾性体 783 は、ターゲットワイヤ 273 の直径程度に当該間隔が広がるよう、図 12B に示す場合より縮んでも

よい。

それにより、一对の電極 710 の接触面 711c 及び 712c は、当該電極 710 の間に挟まれたターゲット 27 が射出された後には、ターゲットワイヤ 273 が当該電極 710 の間に円滑に移送されるような位置に戻され得る。

[0137] ホルダ 784 は、第 1 電極 711 の接触面 711c とは反対側の面を支持してもよい。ホルダ 784 は、第 2 電極 712 の接触面 712c とは反対側の面を、弾性体 783 を介して支持してもよい。

ホルダ 784 は、絶縁ホルダ 741 に固定されてもよい。

ホルダ 784 は、電気絶縁性及び熱絶縁性を有してもよい。

[0138] 第 5 実施例のターゲット供給装置 26 は、押圧機構 78 を備えることで、一对の電極 710 の間に挟まれたターゲット 27 が溶融し加速中であっても、当該ターゲット 27 を当該電極 710 の接触面 711c 及び 712c で押圧し得る。

このため、第 5 実施例のターゲット供給装置 26 は、加速中のターゲット 27 の体積が減少しても、当該ターゲット 27 と電極 710 との間に隙間が生じることを抑止し得る。第 5 実施例のターゲット供給装置 26 は、加速中のターゲット 27 と電極 710 との間の接触が切断されることを抑止し得る。

それにより、第 5 実施例のターゲット供給装置 26 は、加速中のターゲット 27 に対して、当該ターゲット 27 が電極 710 の間から射出されるまで電流を供給し、ローレンツ力を印加し得る。

よって、第 5 実施例のターゲット供給装置 26 は、所望速度のターゲット 27 を一对の電極 710 の間から射出することができる。

[0139] なお、第 5 実施例のターゲット供給装置 26 は、カム 781、回動軸 782、及び弾性体 783 が第 2 電極 712 側に配置され、第 2 電極 712 だけが動くような構成に限定されない。

第 5 実施例のターゲット供給装置 26 は、カム 781、回動軸 782、及

び弾性体 7 8 3 が第 1 電極 7 1 1 側に配置され、第 1 電極 7 1 1 だけが動くような構成であってもよい。また、第 5 実施例のターゲット供給装置 2 6 は、第 1 電極 7 1 1 及び第 2 電極 7 1 2 の両方が動くような構成であってもよい。

[0140] [7 . 2 第 6 実施例のターゲット供給装置]

図 1 3 A 及び図 1 3 B を用いて、第 6 実施例のターゲット供給装置 2 6 について説明する。

図 1 3 A は、第 6 実施例のターゲット供給装置 2 6 を説明するための図を示す。

[0141] 第 6 実施例のターゲット供給装置 2 6 に含まれる押圧機構 7 8 は、第 5 実施例に係る押圧機構 7 8 と異なる構成を備えてもよい。

第 6 実施例のターゲット供給装置 2 6 の他の構成については、図 1 2 A 及び図 1 2 B に示された第 5 実施例のターゲット供給装置 2 6 の構成と同様であってもよい。

第 6 実施例に係る押圧機構 7 8 は、一对の電極 7 1 0 に挟まれたターゲット 2 7 と当該電極 7 1 0 との接触を受動的に維持する機構であってもよい。

第 6 実施例に係る押圧機構 7 8 は、ホルダ 7 8 4 と、弾性体 7 8 5 とを含んでもよい。

[0142] 第 6 実施例に係るホルダ 7 8 4 は、第 1 電極 7 1 1 の接触面 7 1 1 c とは反対側の面を、弾性体 7 8 5 を介して支持してもよい。ホルダ 7 8 4 は、第 2 電極 7 1 2 の接触面 7 1 2 c とは反対側の面を、弾性体 7 8 5 を介して支持してもよい。

ホルダ 7 8 4 は、絶縁ホルダ 7 4 1 に固定されてもよい。

ホルダ 7 8 4 は、電気絶縁性及び熱絶縁性を有してもよい。

[0143] 弾性体 7 8 5 は、一对の電極 7 1 0 の間の間隔が狭まる方向に向かって当該電極 7 1 0 を押圧してもよい。

弾性体 7 8 5 は、圧縮ばねであってもよい。弾性体 7 8 5 は、例えばコイルばね、板バネ等であってもよい。

弾性体 785 の少なくとも外表面は、電気絶縁性を有する材料を用いて形成されてもよい。

弾性体 785 は、一对の電極 710 に含まれる第 1 電極 711 の接触面 711c とは反対側の面に配置されてもよい。弾性体 785 は、一对の電極 710 に含まれる第 2 電極 712 の接触面 712c とは反対側の面に配置されてもよい。

弾性体 785 は、一对の電極 710 とホルダ 784 とを接続してもよい。

弾性体 785 は、一对の電極 710 の間に挟まれたターゲット 27 によって伸縮してもよい。

[0144] 一对の電極 710 の間にターゲット 27 が挟まれていない場合、当該電極 710 の間の間隔は、ターゲットワイヤ 273 の直径よりも狭くてもよい。この場合の一对の電極 710 の間の間隔は、当該電極 710 の間に挟まれたターゲット 27 が溶融し当該電極 710 の間を加速中であっても、接触面 711c 及び 712c とターゲット 27 との接触が維持できる程度の間隔であってもよい。

一对の電極 710 の間にターゲットワイヤ 273 が移送されている場合、弾性体 783 は、ターゲットワイヤ 273 の直径程度に当該間隔が広がるよう、ターゲット 27 が挟まれていない場合よりも縮んでもよい。

それにより、一对の電極 710 の接触面 711c 及び 712c は、当該電極 710 の間に挟まれたターゲット 27 が溶融し当該電極 710 の間を加速中であっても、当該ターゲット 27 を押圧し得る。

なお、図 13A では図示していないが、ターゲットワイヤ 273 が移送される他端 711b 及び 712b 付近における電極 710 の間の間隔は、図 2 に示すように、一端 711a 及び 712a 付近並びに中央付近に比べて拡大されている。一对の電極 710 の接触面 711c 及び 712c は、移送されたターゲットワイヤ 273 を円滑に挟み得る。

[0145] このように、第 6 実施例のターゲット供給装置 26 は、一对の電極 710 の間に挟まれたターゲット 27 が溶融し加速中であっても、当該ターゲット

27を当該電極710の接触面711c及び712cで押圧し得る。加速中のターゲット27と電極710との間の接触は、維持され得る。

それにより、第6実施例のターゲット供給装置26は、加速中のターゲット27に対して、当該ターゲット27が電極710の間から射出されるまで電流を供給し、ローレンツ力を印加し得る。

よって、第6実施例のターゲット供給装置26は、図12A及び図12Bに示された第5実施例のターゲット供給装置26と同様に、所望速度のターゲット27を一对の電極710の間から射出することができる。

[0146] 図13Bは、第6実施例のターゲット供給装置26における変形例を説明するための図を示す。

第6実施例のターゲット供給装置26は、弾性体785が第1電極711及び第2電極の両方に配置され、第1電極711及び第2電極712の両方が動くような構成に限定されない。

第6実施例のターゲット供給装置26は、図13Bに示すように、弾性体785が第2電極712側にだけ配置され、第2電極712だけが動くような構成であってもよい。また、第6実施例のターゲット供給装置26は、弾性体785が第1電極711側にだけ配置され、第1電極711だけが動くような構成であってもよい。

[0147] [7. 3 第7実施例のターゲット供給装置]

図14A～図14Cを用いて、第7実施例のターゲット供給装置26について説明する。

図14Aは、第7実施例のターゲット供給装置26を説明するための図を示す。

[0148] 第7実施例のターゲット供給装置26に含まれる押圧機構78は、第5及び第6実施例に係る押圧機構78と異なる構成を備えてもよい。

第7実施例に係る押圧機構78は、一对の電極710に挟まれたターゲット27と当該電極710との接触を受動的に維持する機構であってもよい。

第7実施例に係る押圧機構78は、一对の電極710に含まれる第1電極

711及び第2電極712の配置態様によって構成されてもよい。

[0149] 第7実施例に係る第1電極711及び第2電極712のそれぞれは、ターゲット27の電極710からの射出方向に対して互いの間隔が狭くなる方向に、所定角度 θ_1 だけ傾斜して配置されてもよい。

第7実施例に係る一对の電極710の間の間隔は、ターゲット27の当該電極710からの射出方向に沿って狭くなり得る。

[0150] 所定角度 θ_1 は、一对の電極710の他端711b及び712b付近での当該間隔が、ターゲットワイヤ273の直径より大きくなるような角度であってもよい。また、所定角度 θ_1 は、一端711a及び712a付近での当該間隔が、チャンバ2内へ供給するドロップレット271の所望直径と同程度となるような角度であってもよい。また、所定角度 θ_1 は、移送されたターゲットワイヤ273が当該電極710の間に挟まれた位置から一端711a及び712a付近までの間の当該間隔が、溶融したターゲット27の直径以下となるような角度であってもよい。

[0151] それにより、一对の電極710の接触面711c及び712cは、当該電極710の間に挟まれたターゲット27が溶融し当該電極710の間を加速中であっても、当該ターゲット27を押圧し得る。

このため、第7実施例のターゲット供給装置26は、加速中のターゲット27に対して、当該ターゲット27が電極710の間から射出されるまで電流を供給し、ローレンツ力を印加し得る。

よって、第7実施例のターゲット供給装置26は、図12A及び図12Bに示された第5実施例のターゲット供給装置26と同様に、所望速度のターゲット27を一对の電極710の間から射出することができる。

[0152] 図14Bは、第7実施例のターゲット供給装置26における変形例1を説明するための図を示す。図14Cは、第7実施例のターゲット供給装置26における変形例2を説明するための図を示す。

第7実施例のターゲット供給装置26は、第1電極711及び第2電極712のそれぞれが所定角度 θ_1 だけ傾斜して配置されるような構成に限定され

ない。

第7実施例のターゲット供給装置26は、図14Bに示すように、第2電極712だけが所定角度 θ_2 だけ傾斜して配置されてもよい。また、第7実施例のターゲット供給装置26は、第1電極711だけが所定角度 θ_2 だけ傾斜して配置されてもよい。

第7実施例のターゲット供給装置26は、図14Cに示すように、第1電極711及び第2電極712のそれぞれが、異なる所定角度 θ_3 及び θ_4 だけ傾斜して配置されてもよい。

[0153] [7. 4 第8実施例のターゲット供給装置]

図15を用いて、第8実施例のターゲット供給装置26について説明する。

図15は、第8実施例のターゲット供給装置26を説明するための図を示す。

なお、図15では、電極部71に含まれる絶縁ガイド713の図示を省略している。

[0154] 第8実施例のターゲット供給装置26に含まれる電極部71は、図14Aに示された第7実施例に係る電極部71に対し、溝718を追加した構成を備えてもよい。

更に、第8実施例に係る電極部71に含まれる電極710は、図6Bに示された第2実施例の変形例1に係る電極710と同様の材料を用いて構成されてもよい。

第8実施例に係る押圧機構78は、第7実施例に係る押圧機構78と同様に、一对の電極710に含まれる第1電極711及び第2電極712の配置態様によって構成されてもよい。

[0155] 第8実施例に係る一对の電極710の間の間隔は、ターゲット27の当該電極710からの射出方向に沿って狭くなってもよい。

一对の電極710は、ターゲット27と化学反応し難い材料であり、ターゲット27に対する吸着力が弱い材料であり、且つ、熔融したターゲット2

7との接触角が 90° 以下の材料を用いて形成されてもよい。加えて、当該電極710は、導電材料を用いて形成されてもよい。

一对の電極710の接触面711c及び712cには、溝718が形成されてもよい。溝718は、ターゲット27の射出方向に沿って延びるように形成されてもよい。

[0156] それにより、第8実施例に係る一对の電極710の間に挟まれたターゲット27と、当該電極710の接触面711c及び712cとの接触面積は小さくなり得る。

当該接触面積が小さくなると、当該電極710の間に挟まれた固体のターゲット27が溶融する際、当該ターゲット27の接触面711c及び712cとの接触部分に生じた熱は、電極710側に向かって熱拡散し難くなり得る。当該接触部分に生じた熱が当該ターゲット27の内部側に伝熱し易くなることから、当該ターゲット27はその内部まで溶融し易くなり得る。

また、当該接触面積が小さくなると、第8実施例に係る一对の電極710の間を加速するターゲット27と接触面711c及び712cとの間で発生する摩擦力は、小さくなり得る。加速中のターゲット27は当該電極710の間をより円滑に移動し得ることから、当該ターゲット27は、当該電極710に付着して体積が減少され難くなり得る。このため、当該ターゲット27と当該電極710との接触は、切断され難くなり得る。

それにより、一对の電極710の接触面711c及び712cは、当該電極710の間に挟まれたターゲット27が溶融し当該電極710の間を加速中であっても、当該ターゲット27を押圧し得る。

このため、第8実施例のターゲット供給装置26は、加速中のターゲット27に対して、当該ターゲット27が電極710の間から射出されるまで電流を供給し、ローレンツ力を印加し得る。

よって、第8実施例のターゲット供給装置26は、図14A～図14Cに示された第7実施例のターゲット供給装置26と同様に、所望速度のターゲット27を一对の電極710の間から射出することができる。

[0157] 第3実施形態のターゲット供給装置26の他の構成については、図1～図4Bに示されたターゲット供給装置26の構成と同様であってもよい。

[0158] [8. 第4実施形態のターゲット供給装置]

図16A及び図16Bを用いて、第4実施形態のターゲット供給装置26について説明する。

第4実施形態のターゲット供給装置26は、図1～図15に示された第1～第3実施形態のターゲット供給装置26を組み合わせた構成を備えてもよい。

第4実施形態のターゲット供給装置26の構成において、図1～図15に示された第1～第3実施形態のターゲット供給装置26と同様の構成については説明を省略する。

第4実施形態のターゲット供給装置26の実施態様を、第9実施例として説明する。

[0159] [8. 1 第9実施例のターゲット供給装置]

図16A及び図16Bを用いて、第9実施例のターゲット供給装置26について説明する。

図16Aは、第9実施例のターゲット供給装置26を説明するための図を示す。図16Bは、図16Aに示されたA-A線における電極部71の一部断面図を示す。

なお、図16A及び図16Bでは、電極部71に含まれる絶縁ガイド713の図示を省略している。

[0160] 第9実施例のターゲット供給装置26は、図5Aに示された第1実施例と、図6Aに示された第2実施例と、図7に示された第3実施例と、図14Aに示された第7実施例とを組み合わせた構成を備えてもよい。

更に、第9実施例のターゲット供給装置26は、図7に示された第3実施例に係る磁場生成装置76に対し、ヨーク763を追加した構成を備えてもよい。

更に、第9実施例のターゲット供給装置26は、図5Aに示された第1実

施例に係る電極部 7 1 に対し、断熱部材 7 1 7 を追加した構成を備えてもよい。

[0161] 第 9 実施例に係る磁場生成装置 7 6 は、電磁コイル 7 6 1 と、磁場生成電源 7 6 2 と、ヨーク 7 6 3 とを含んでもよい。

[0162] 電磁コイル 7 6 1 及び磁場生成電源 7 6 2 は、図 7 に示された第 3 実施例に係る電磁コイル 7 6 1 及び磁場生成電源 7 6 2 と同様の構成であってもよい。

[0163] ヨーク 7 6 3 は、電磁コイル 7 6 1 の磁心であってもよい。

ヨーク 7 6 3 は、電磁コイル 7 6 1 の内部に配置されてもよい。

ヨーク 7 6 3 は、電磁コイル 7 6 1 が生成した外部磁場の磁力線を一对の電極 7 1 0 の間に集中させてもよい。

[0164] 第 9 実施例に係る電極部 7 1 は、一对の電極 7 1 0 と、絶縁ガイド 7 1 3 と、断熱部材 7 1 4 と、ヒータ 7 1 5 と、断熱部材 7 1 7 とを含んでもよい。

[0165] 絶縁ガイド 7 1 3、断熱部材 7 1 4、及びヒータ 7 1 5 は、図 5 A に示された第 1 実施例に係る絶縁ガイド 7 1 3、断熱部材 7 1 4、及びヒータ 7 1 5 と同様の構成であってもよい。

[0166] 一对の電極 7 1 0 の接触面 7 1 1 c 及び 7 1 2 c の構成材料は、図 6 A に示された第 2 実施例に係る接触面 7 1 1 c 及び 7 1 2 c と同様の構成材料であってもよい。

一对の電極 7 1 0 の第 1 電極 7 1 1 及び第 2 電極 7 1 2 の配置態様は、図 1 4 A に示された第 7 実施例に係る第 1 電極 7 1 1 及び第 2 電極 7 1 2 と同様の配置態様であってもよい。第 9 実施例に係る押圧機構 7 8 は、第 1 電極 7 1 1 及び第 2 電極 7 1 2 の配置態様によって構成され得る。

[0167] 断熱部材 7 1 7 は、一对の電極 7 1 0 から外部への放熱を遮断してもよい。

断熱部材 7 1 7 は、一对の電極 7 1 0 の接触面 7 1 1 c 及び 7 1 2 c に連なる面上に設置されてもよい。断熱部材 7 1 7 は、一对の電極 7 1 0 の表面

上であって、絶縁ガイド 7 1 3 の設置面上に設置されてもよい。断熱部材 7 1 7 は、絶縁ガイド 7 1 3 に埋め込まれた状態で、当該設置面上に設置されてもよい。断熱部材 7 1 4 は、ターゲット 2 7 の射出方向に沿って電極 7 1 0 の間を覆うように設置されてもよい。

断熱部材 7 1 7 は、電気絶縁性及び熱絶縁性を有してもよい。

[0168] 第 9 実施例に係るターゲット制御部 7 5 は、図 5 A に示された第 1 実施例に係るターゲット制御部 7 5、及び、図 7 に示された第 3 実施例に係るターゲット制御部 7 5 と同様の制御を行ってもよい。

[0169] 上記構成により、第 9 実施例のターゲット供給装置 2 6 は、一对の電極 7 1 0 の間に挟まれたターゲット 2 7 をその内部まで溶融し、当該ターゲット 2 7 と当該電極 7 1 0 との間に生じる摩擦力を抑制し得る。

更に、第 9 実施例に係るターゲット供給装置 2 6 は、ターゲット 2 7 が内部まで溶融するタイミングに同期して外部磁場を生成し、当該ターゲット 2 7 の電極 7 1 0 との接触部分だけが当該電極 7 1 0 の間からミスト状に噴出することを抑止し得る。

更に、第 9 実施例に係るターゲット供給装置 2 6 は、加速中のターゲット 2 7 に電極 7 1 0 を押圧して両者の接触を維持し、当該ターゲット 2 7 が電極 7 1 0 の間から射出されるまで電流を供給してローレンツ力を印加し得る。

よって、第 9 実施例のターゲット供給装置 2 6 は、所望体積及び所望速度のドロップレット 2 7 1 を一对の電極 7 1 0 の間から円滑に射出することができる。

[0170] 第 4 実施形態のターゲット供給装置 2 6 の他の構成については、図 1 ～図 1 5 に示されたターゲット供給装置 2 6 の構成と同様であってもよい。

なお、第 4 実施形態のターゲット供給装置 2 6 は、第 1 ～第 3 実施形態を第 9 実施例のように組み合わせた実施態様に限定されない。第 4 実施形態のターゲット供給装置 2 6 は、第 1 ～第 3 実施形態を第 9 実施例とは異なるように組み合わせた実施態様であってもよい。

[0171] [9. 第5実施形態のターゲット供給装置]

図17A及び図17Bを用いて、第5実施形態のターゲット供給装置26について説明する。

第5実施形態のターゲット供給装置26は、電極部71の構成が、図1～図16Bに示された第1～第4実施形態のターゲット供給装置26の電極部71と異なる構成であってもよい。

第5実施形態に係る電極部71に含まれる一対の電極710は、レール状の電極でなくてもよい。第5実施形態に係る電極部71に含まれる一対の電極710は、当該電極710の間に挟まれて溶融したターゲット27が当該電極710の間から射出されるように回転してもよい。

第5実施形態のターゲット供給装置26の構成において、図1～図16Bに示されたターゲット供給装置26と同様の構成については説明を省略する。

第5実施形態のターゲット供給装置26の実施態様を、第10実施例として説明する。

[0172] [9. 1 第10実施例のターゲット供給装置]

図17Aを用いて、第10実施例のターゲット供給装置26について説明する。

図17Aは、第10実施例のターゲット供給装置26を説明するための図を示す。

[0173] 第10実施例のターゲット供給装置26に含まれる一対の電極710は、一対のギヤ791を用いて構成されてもよい。

一対のギヤ791は、電源72に接続されてもよい。

一対のギヤ791の間には、磁場生成装置76によって外部磁場が生成されてもよい。

一対のギヤ791の間には、ターゲット移送機構73によってターゲットワイヤ273が移送されてもよい。

一対のギヤ791の間に挟まれたターゲット27には、電源72によって

供給された電流が流れてもよい。

- [0174] 一对のギヤ791の歯791aは、ノコギリ波の形状に形成されてもよい。それにより、一对のギヤ791と当該ギヤ791の間に挟まれたターゲット27との接触面積は、小さくなり得る。

一对のギヤ791のそれぞれは、回動可能なように回動軸791bに取り付けられてもよい。一对のギヤ791の回動方向は、当該ターゲット27をターゲット27の射出方向に送り出すような方向であってもよい。

一对のギヤ791の回動軸791bのそれぞれは、図示しないモータ等の駆動装置に連結されてもよい。

回動軸791bに連結された駆動装置は、ターゲット制御部75からの制御によって駆動してもよい。

- [0175] 回動軸791bに連結された駆動装置は、固体のターゲット27であるターゲットワイヤ273が一对のギヤ791の間に移送されたタイミングに同期して回動軸791bを駆動してもよい。

一对のギヤ791の回動に伴って、当該ギヤ791の歯791aは、当該ギヤ791の間に向かって順次導かれ得る。当該ギヤ791の間に移送された固体のターゲット27は、当該ギヤ791の間に順次導かれた歯791aによって押圧された状態で、当該ギヤ791の間に挟まれ得る。

- [0176] 回動軸791bに連結された駆動装置は、固体のターゲット27が一对のギヤ791の間に挟まれたタイミングから溶融完了したタイミングの間、回動軸791bを駆動しなくてもよい。

一对のギヤ791の間に挟まれた固体のターゲット27の当該ギヤ791との接触面積は小さいため、当該ターゲット27の当該ギヤ791との接触部分に生じた熱は、ギヤ791側に向かって熱拡散し難くなり得る。当該ターゲット27は、歯791aによって押圧された状態でその内部まで溶融し得る。

- [0177] 回動軸791bに連結された駆動装置は、一对のギヤ791の間に挟まれたターゲット27が内部まで溶融するタイミングに同期して回動軸791b

を駆動してもよい。

一对のギヤ791が回転すると、当該ギヤ791の間にある歯791aは、当該ギヤ791の間の間隔が狭くなるように導かれ得る。当該ギヤ791の間に挟まれたターゲット27は、当該ギヤ791の回転で導かれた歯791aによって押圧され得る。当該ターゲット27の溶融した先端部分は、当該ギヤ791の間に既に導かれた当該ターゲット27を押圧していた歯791aによって、ターゲット27の未溶融の残りの部分から分離され得る。当該ターゲット27と当該ギヤ791との接触面積が小さいため、当該ターゲット27の溶融した先端部分は、当該ギヤ791に付着して体積が減少し難く、一定の体積で分離し得る。分離された当該ターゲット27は、ドロップレット271を形成して当該ギヤ791の間から円滑に射出され得る。

[0178] また、当該ターゲット27が内部まで溶融するタイミングから当該ターゲット27の溶融した部分が分離するタイミングまでの間、当該ターゲット27は、体積が減少せずに歯791aによって押圧された状態で留まり得る。当該ターゲット27には一定の電流が流れ得る。

磁場生成装置76は、一对のギヤ791の間に挟まれたターゲット27が内部まで溶融するタイミングに同期して一定強さの外部磁場を生成してもよい。

それにより、当該ターゲット27の溶融した先端部分には、一定のローレンツ力が印加され得る。当該ターゲット27は、一定の体積で分離した後、一定の速度で射出され得る。加えて、当該ターゲット27の当該ギヤ791との接触部分だけがミスト状に噴出することも抑止され得る。

[0179] このように、第10実施例のターゲット供給装置26は、一对の電極710の間に挟まれたターゲット27をその内部まで溶融させ、所望体積及び所望速度のドロップレット271として当該電極710の間から円滑に射出することができる。

[0180] 図17Bは、第10実施例のターゲット供給装置26の変形例を説明するための図を示す。

第10実施例の変形例に係るターゲット供給装置26に含まれる一対の電極710は、一対のギヤ791の代りに一対のフック792を用いて構成されてもよい。

[0181] 一対のフック792のそれぞれに含まれる爪792aは、当該フック792の間に移送されたターゲットワイヤ273を挟んでもよい。一対のフック792と当該フック792の間に挟まれたターゲット27との接触面積は、小さくなり得る。

一対のフック792のそれぞれは、遊びをもって回動可能なように回動軸792bに取り付けられてもよい。一対のフック792の回動方向は、当該ターゲット27をターゲット27の射出方向に送り出すような方向であってもよい。

[0182] 一対のフック792は、当該フック792の間に挟まれたターゲット27に流れる電流と当該ターゲット27に印加される磁場とにより発生するローレンツ力を駆動力として回動してもよい。

一対のフック792は、当該ターゲット27に流れる電流と磁場生成装置76によって当該ターゲット27に印加される外部磁場とにより発生するローレンツ力を駆動力として回動してもよい。当該フック792の回動は、当該外部磁場を生成する磁場生成装置76の動作を制御するターゲット制御部75によって制御され得る。

[0183] 一対のフック792は、固体のターゲット27であるターゲットワイヤ273が当該フック792の間に移送されると、回動しながら当該ターゲットワイヤ273を爪792aで挟みこんでもよい。一対のフック792の間に移送された固体のターゲット27は、爪792aによって押圧された状態で、当該フック792の間に挟まれ得る。

一対のフック792の間に挟まれた固体のターゲット27には、一定の電流が供給されてもよい。当該ターゲット27の当該フック792との接触面積は小さいため、当該ターゲット27の当該フック792との接触部分に生じた熱は、フック792側に向かって熱拡散し難くなり得る。当該ターゲッ

ト 27 は、爪 792a によって押圧された状態でその内部まで溶融し得る。

[0184] 磁場生成装置 76 は、一对のフック 792 の間に挟まれたターゲット 27 が内部まで溶融するタイミングに同期して当該フック 792 の間に一定の強さの外部磁場を生成してもよい。

一对のフック 792 の間に挟まれたターゲット 27 には外部磁場によるローレンツ力が印加され得る。同時に、当該フック 792 には外部磁場によるローレンツ力が印加され得る。当該フック 792 は、ローレンツ力によってターゲット 27 の射出方向に回転し得る。

一对のフック 792 が回転すると、当該フック 792 の間にある爪 792a は、当該フック 792 の間の間隔が狭くなるように導かれ得る。当該フック 792 の間に挟まれたターゲット 27 は、当該フック 792 の回転で導かれた爪 792a によって押圧され得る。同時に、当該ターゲット 27 の溶融した先端部分は、ターゲット 27 の未溶融の残りの部分から分離され得る。当該ターゲット 27 と当該フック 792 との接触面積が小さいため、当該ターゲット 27 の溶融した先端部分は、当該フック 792 に付着して体積が減少し難く、一定の体積で分離し得る。分離された当該ターゲット 27 には、一定のローレンツ力が印加され得る。当該ターゲット 27 は、ドロップレット 271 を形成して当該フック 792 の間から一定の速度で円滑に射出され得る。加えて、当該ターゲット 27 の当該フック 792 との接触部分だけがミスト状に噴出することも抑止され得る。

[0185] 第 10 実施例の変形例に係るターゲット供給装置 26 は、第 10 実施例のターゲット供給装置 26 と同様に、一对の電極 710 の間に挟まれたターゲット 27 をその内部まで溶融させ、所望体積及び所望速度のドロップレット 271 として当該電極 710 の間から円滑に射出することができる。

[0186] 第 5 実施形態のターゲット供給装置 26 の他の構成については、図 1 ～ 図 16B に示されたターゲット供給装置 26 の構成と同様であってもよい。

[0187] [10. 第 6 実施形態のターゲット供給装置]

図 18A 及び図 18B を用いて、第 6 実施形態のターゲット供給装置 26

について説明する。

第6実施形態のターゲット供給装置26は、ターゲット27及び一对の電極710の構成材料が、図1～図17Bに示された第1～第5実施形態のターゲット供給装置26と異なってもよい。

第6実施形態のターゲット供給装置26の構成において、図1～図17Bに示されたターゲット供給装置26と同様の構成については説明を省略する。

第6実施形態のターゲット供給装置26の実施態様を、第11実施例として説明する。

[0188] [10. 1 第11実施例のターゲット供給装置]

図18Aを用いて、第11実施例のターゲット供給装置26について説明する。

図18Aは、第11実施例のターゲット供給装置26が供給するターゲット27の構成材料を説明するための図を示す。図18Bは、第11実施例のターゲット供給装置26に含まれる一对の電極710の構成材料を説明するための図を示す。

[0189] 第11実施例に係るターゲット27の構成材料は、パルスレーザ光33が照射されると13nm程度の波長を含むEUV光251を放射するターゲット27の構成材料よりも高い融点を有する材料であってもよい。パルスレーザ光33が照射されると13nm程度の波長を含むEUV光251を放射するターゲット27の構成材料は、例えばスズであってもよい。第11実施例に係るターゲット27の構成材料は、例えばスズよりも高い融点を有する材料であってもよい。

第11実施例に係るターゲット27の構成材料は、パルスレーザ光33が照射されると6nm程度の波長を含むEUV光251を放射するような材料であってもよい。

第11実施例に係るターゲット27の構成材料は、図18Aに示された材料、又は、それらの内のいずれか2つ以上を組み合わせた材料であってもよい。

い。

[0190] 第11実施例に係る一対の電極710の構成材料は、パルスレーザ光33が照射されると6nm程度の波長を含むEUV光251を放射するターゲット27に適した材料であってもよい。

第11実施例に係る一対の電極710の構成材料は、第11実施例に係るターゲット27の構成材料よりも高い融点を有する材料であってもよい。

第11実施例に係る一対の電極710の構成材料は、常磁性体又は強磁性体が好ましい。

第11実施例に係る一対の電極710の構成材料は、図18Bに示された材料、又は、それらの内のいずれか2つ以上を組み合わせた材料であってもよい。好適には、第11実施例に係る一対の電極710の構成材料は、図18Bに示された材料のうちの銅及びアルミニウム以外の材料、又はそれらの内のいずれか2つ以上を組み合わせた材料であってもよい。

[0191] 第6実施形態のターゲット供給装置26の他の構成については、図1～図17Bに示されたターゲット供給装置26の構成と同様であってもよい。

[0192] [11. ターゲット供給装置を備えるEUV光生成装置]

[11. 1 構成]

図19を用いて、上述したターゲット供給装置26を備えるEUV光生成装置1について説明する。

図19は、ターゲット供給装置26を備えるEUV光生成装置1を説明するための図を示す。

図19に示されたEUV光生成装置1の構成において、図1及び図4に示されたEUV光生成装置1、並びに、図1～図18Bに示されたターゲット供給装置26と同様の構成については説明を省略する。

[0193] EUV光生成装置1は、上述のように、チャンバ2、アクチュエータ2e、フレキシブル管2d、ターゲット供給装置26、ターゲットセンサ4、EUV光生成制御部5、アクチュエータドライバ51の他に、以下の構成要素を含んでもよい。

EUV光生成装置1は、チャンバ2の内部に、レーザ光集光光学系22aと、EUV集光ミラー23と、ターゲット回収部28と、ビームダンプ44と、ホルダ22bと、ホルダ23bと、ホルダ44bとを含んでもよい。

[0194] レーザ光集光光学系22aは、少なくとも1つのミラーを含んでもよい。
レーザ光集光光学系22aは、少なくとも1つのレンズを含んでもよい。

レーザ光集光光学系22aは、ウインドウ21を介して入射されたパルスレーザ光32がプラズマ生成領域25で集光するような位置及び姿勢となるよう、ホルダ22bによって保持されてもよい。

[0195] ビームダンプ44は、レーザ光集光光学系22aによって集光されたパルスレーザ光33の光路の延長線上に位置するよう、ホルダ44bによって保持されてもよい。

[0196] ターゲット回収部28は、チャンバ2内におけるターゲット27の進行経路の延長線上に配置されてもよい。

[0197] EUV集光ミラー23は、プラズマ生成領域25で生成されたEUV光251が中間集光点292で集光するよう、ホルダ23bによって保持されてもよい。

[0198] ターゲットセンサ4は、チャンバ2の壁2aに複数設けられてもよい。

複数のターゲットセンサ4は、チャンバ2内に出力されたターゲット27を異なる2つの方向から観測してもよい。

複数のターゲットセンサ4は、ターゲット供給装置26からプラズマ生成領域25までの間の所定位置におけるターゲット27の通過タイミングを検出してもよい。

複数のターゲットセンサ4は、ターゲット供給装置26からプラズマ生成領域25までの間におけるターゲット27の通過位置を検出してもよい。ターゲット27の通過位置とは、ターゲット供給装置26からプラズマ生成領域25に至るターゲットの想定軌道と所定位置で直交する平面において観測されたターゲット27の通過位置であってもよい。

複数のターゲットセンサ4は、検出した情報をEUV光生成制御部5に出

力してもよい。

[0199] E U V 光生成制御部 5 は、露光装置 6 との間で各種信号を送受信してもよい。

例えば、E U V 光生成制御部 5 には、E U V 光 2 5 2 の出力指令を示す E U V 光出力指令信号が露光装置 6 から送信されてもよい。E U V 光出力指令信号には、E U V 光 2 5 2 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情報が含まれていてもよい。

E U V 光生成制御部 5 は、露光装置 6 から送信された各種信号に基づいて、E U V 光生成装置 1 の各構成要素の動作を統括的に制御してもよい。

[0200] E U V 光生成制御部 5 は、レーザ装置 3 と接続されてもよい。

E U V 光生成制御部 5 は、レーザ装置 3 の発振タイミングを制御してもよい。

E U V 光生成制御部 5 は、レーザ光集光光学系 2 2 a と接続されてもよい。

E U V 光生成制御部 5 は、パルスレーザ光の進行方向及び集光位置を、レーザ光集光光学系 2 2 a を介して制御してもよい。

E U V 光生成制御部 5 は、アクチュエータドライバ 5 1 と接続されてもよい。

E U V 光生成制御部 5 は、ターゲット供給装置 2 6 から出力されるターゲット 2 7 の位置及び進行経路等を、アクチュエータドライバ 5 1 を介して制御してもよい。

[0201] E U V 光生成制御部 5 は、ターゲット制御部 7 5 と接続されてもよい。

E U V 光生成制御部 5 は、ターゲット供給装置 2 6 から出力されるターゲット 2 7 の出力タイミング、出力周波数、速度、体積等を、ターゲット制御部 7 5 を介して制御してもよい。

例えば、E U V 光生成制御部 5 は、ターゲット 2 7 の出力指令を示すターゲット出力指令信号をターゲット制御部 7 5 に出力してもよい。E U V 光生成制御部 5 は、E U V 光出力指令信号に基づいて、ターゲット出力指令信号

を生成してもよい。ターゲット出力指令信号には、ターゲット 27 の目標出力タイミング、目標出力周波数、目標速度、目標体積等の情報が含まれていてもよい。

[0202] [11.2 動作]

EUV 光生成制御部 5 は、露光装置 6 によって送信された EUV 光出力指令信号を受信してもよい。

EUV 光生成制御部 5 は、EUV 光出力指令信号に基づいて、ターゲット 27 の出力指令を示すターゲット出力指令信号をターゲット制御部 75 に出力してもよい。

[0203] ターゲット制御部 75 は、ターゲット出力指令信号に基づいて、ターゲット供給装置 26 の各構成要素の動作を制御してもよい。ターゲット供給装置 26 は、ターゲット制御部 75 からの制御によって、ターゲット出力指令信号に含まれる各種目標値に適合したターゲット 27 をチャンバ 2 内に出力し得る。

[0204] 特に、ターゲット制御部 75 は、図 4 A を用いて説明したように、電源 72 から出力された電圧検出信号に基づいて、一对の電極 710 の間の電圧変動を検知してもよい。ターゲット制御部 75 は、検知された電圧変動及びターゲット出力指令信号に基づいて、当該電極 710 の間に供給する電流の供給タイミング及び供給量、並びに、ターゲットワイヤ 273 の移送タイミング及び移送量を制御してもよい。

例えば、ターゲット制御部 75 は、電圧検出信号に含まれる電圧値の変動から、ターゲット 27 の出力周波数を計算してもよい。ターゲット制御部 75 は、計算されたターゲット 27 の出力周波数と、ターゲット出力指令信号に含まれる目標出力周波数との差分を算出してもよい。ターゲット制御部 75 は、当該差分が所定の許容範囲内に無ければ、ターゲットワイヤ 273 の移送タイミング及び移送量を適宜修正してもよい。

[0205] また、ターゲット制御部 75 は、電源 72 から出力された電圧検出信号に基づいて、一对の電極 710 に挟まれたターゲット 27 の状態を判定しても

よい。

例えば、電圧検知信号に含まれる電圧値が当該電極 710 に対する電源 72 の印加電圧値と同等であれば、ターゲット制御部 75 は、当該ターゲット 27 の状態を次のように判定してもよい。すなわち、ターゲット制御部 75 は、当該電極 710 の間にターゲットワイヤ 273 が移送される前の状態、又は、当該電極 710 の間からターゲット 27 が射出された後の状態であると判定してもよい。

[0206] 一方、電圧検知信号に含まれる電圧値が当該電極 710 に対する電源 72 の印加電圧値より低下すれば、ターゲット制御部 75 は、当該電極 710 の間にターゲット 27 が挟まれた状態であると判定してもよい。このとき、当該電極 710 の間に挟まれたターゲット 27 が溶融状態であるときの電圧検知信号に含まれる電圧値は、当該ターゲット 27 が固体状態であるときの電圧値よりも大きくなり得る。更に、当該電極 710 の間に挟まれたターゲット 27 が溶融状態である場合において、加速中の状態であるときの電圧検知信号に含まれる電圧値は、加速前の状態であるときの電圧値よりも大きくなり得る。ターゲット制御部 75 は、電圧検知信号に含まれる電圧値の大きさに応じて当該ターゲット 27 の状態を判定してもよい。

ターゲット制御部 75 は、当該ターゲット 27 の状態に応じて、図 7 を用いて説明したように、当該ターゲット 27 に供給する電流の供給タイミング及び供給量、並びに、外部磁場の生成タイミング及び強さを制御してもよい。

[0207] ターゲットセンサ 4 は、チャンバ 2 内の所定位置におけるターゲット 27 の通過位置及び通過タイミングを検出してもよい。ターゲットセンサ 4 は、検出した情報を E U V 光生成制御部 5 に出力してもよい。

[0208] E U V 光生成制御部 5 は、ターゲット 27 の通過位置の情報に基づいて、プラズマ生成領域 25 におけるターゲット 27 の到達位置を計算してもよい。E U V 光生成制御部 5 は、計算されたターゲット 27 の到達位置とプラズマ生成領域 25 の位置との差分を算出してもよい。E U V 光生成制御部 5 は

、当該差分が所定の許容範囲内に無ければ、ターゲット供給装置 26 の位置及び姿勢を修正するための制御信号をアクチュエータドライバ 51 に出力してもよい。

アクチュエータドライバ 51 は、図 4 A を用いて説明したように、当該制御信号に対応した駆動信号をアクチュエータ 2 e に出力して、アクチュエータ 2 e を駆動してもよい。

それにより、ターゲット供給装置 26 から供給されるターゲット 27 の進行経路は調整され、当該ターゲット 27 はプラズマ生成領域 25 に到達し得る。

[0209] E U V 光生成制御装置 5 は、複数のターゲット 27 の通過タイミングの情報から、ターゲット 27 の出力周波数を計算してもよい。E U V 光生成制御部 5 は、計算されたターゲット 27 の出力周波数と、E U V 光出力指令信号に含まれる E U V 光 252 の目標繰り返し周波数との差分を算出してもよい。E U V 光生成制御部 5 は、当該差分が所定の許容範囲内に無ければ、ターゲット出力指令信号に含まれるターゲット 27 の目標出力周波数を修正してもよい。

[0210] また、E U V 光生成制御部 5 は、ターゲット 27 の通過タイミングの情報から、ターゲット 27 のプラズマ生成領域 25 への到達タイミングを計算してもよい。E U V 光生成制御部 5 は、計算されたターゲット 27 の到達タイミングにパルスレーザ光 33 がプラズマ生成領域 25 に集光されるよう、レーザ装置 3 の発振タイミングを制御してもよい。

レーザ装置 3 は、E U V 光生成制御部 5 から発振タイミングの制御に基づいて、パルスレーザ光 31 を発振してもよい。

それにより、プラズマ生成領域 25 に到達したターゲット 27 に対してパルスレーザ光 33 が照射され得る。パルスレーザ光 33 が照射されたターゲット 27 は、プラズマ化して E U V 光 251 を放射し得る。E U V 光 251 は、E U V 集光ミラー 23 によって集光され、E U V 光 252 として露光装置 6 に導出され得る。

[0211] 上記構成により、ターゲット 27 の出力周波数及びプラズマ生成領域 25 におけるターゲット 27 の到達位置は、フィードバック制御され得る。よって、プラズマ生成領域 25 において所定の繰り返し周波数で E U V 光 251 を生成し得る。

[0212] [12. その他]

[12. 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、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。

[0213] 図 20 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 20 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。

[0214] 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。CPU 1001 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、CPU 1001 として使用されてもよい。

[0215] 図 20 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。

[0216] 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。

[0217] パラレルI/Oコントローラ1020は、EUV光生成制御部5、レーザー光進行方向制御部34、ターゲット制御部75、モータドライバ737、及びアクチュエータドライバ51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、アクチュエータ2e、ヒータ715、電源72、モータ736、磁場生成電源762、磁場遮蔽体駆動部766、押圧機構78の駆動装置、及びギヤ791の駆動装置等の、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、温度センサ、圧力センサ、電圧センサ、真空計各種センサ、ターゲットセンサ4、及び電流モニタ77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。

[0218] 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。

。

[0219] 例示的なハードウェア環境 100 は、本開示における E U V 光生成制御部 5、レーザ光進行方向制御部 34、ターゲット制御部 75、モータドライバ 737、及びアクチュエータドライバ 51 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、E U V 光生成制御部 5、レーザ光進行方向制御部 34、ターゲット制御部 75、モータドライバ 737、及びアクチュエータドライバ 51 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リストレージデバイスに保存されてもよい。

[0220] [12.2 その他の変形例]

上記で説明した実施形態は、変形例を含めて各実施例及び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。

[0221] 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。

[0222] 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

[0223] 1 … E U V 光生成装置

2	…チャンバ
2 6	…ターゲット供給装置
2 7	…ターゲット
5	…E U V 光生成制御部
7 1 0	…電極
7 1 1 c、7 1 2 c	…接触面
7 1 8	…溝
7 2	…電源
7 5	…ターゲット制御部
7 6	…磁場生成装置
7 6 4	…磁石
7 6 5	…磁場遮蔽体
7 8 1	…カム
7 8 5	…弾性体
7 9 1	…ギヤ
7 9 2	…フック

請求の範囲

- [請求項1] チャンバ内でレーザー光が照射されると極端紫外光を生成するターゲットを溶融させて前記チャンバ内に供給するターゲット供給装置であって、
- 互いに離間して配置されて前記ターゲットを挟むように構成された一対の電極と、
- 前記一対の電極間に挟まれた固体の前記ターゲットをその内部まで溶融させるように、前記固体のターゲットに対して前記一対の電極を介して電流を供給する電源と、
- を備える
- ターゲット供給装置。
- [請求項2] 前記一対の電極の温度は、前記一対の電極間に挟まれた前記固体のターゲットの内部の温度よりも高い温度に保たれている
- 請求項1に記載のターゲット供給装置。
- [請求項3] 前記一対の電極の温度は、前記ターゲットの融点よりも高い温度に保たれている
- 請求項2に記載のターゲット供給装置。
- [請求項4] 前記一対の電極は、前記固体のターゲットの熱伝導率よりも低い熱伝導率を有する材料で形成されている
- 請求項2に記載のターゲット供給装置。
- [請求項5] 前記一対の電極は、前記一対の電極間に挟まれた前記固体のターゲットの熱容量よりも小さい熱容量を有するように形成されている
- 請求項2に記載のターゲット供給装置。
- [請求項6] 前記一対の電極間に挟まれた前記ターゲットと接触する前記一対の電極の接触面は、
- 導電材料であり、
- 前記ターゲットと化学反応し難い材料であり、
- 前記ターゲットに対する吸着力が弱い材料であり、且つ

溶融した前記ターゲットとの接触角が 90° 以下の材料
を用いて形成されている

請求項1に記載のターゲット供給装置。

[請求項7]

前記一对の電極間に磁場を生成する磁場生成装置と、
前記一对の電極間に挟まれた前記固体のターゲットが内部まで溶融したか否かに基づいて、前記磁場生成装置を制御するターゲット制御部と、

を備える請求項1に記載のターゲット供給装置。

[請求項8]

前記ターゲット制御部は、前記電源によって供給された電流に基づいて、前記一对の電極間に挟まれた前記固体のターゲットが内部まで溶融したか否かを判定する

請求項7に記載のターゲット供給装置。

[請求項9]

前記ターゲット制御部は、前記一对の電極間に挟まれた前記固体のターゲットが内部まで溶融するタイミングに同期して前記磁場生成装置によって前記一对の電極間に磁場が生成されるように、前記磁場生成装置を制御する

請求項7に記載のターゲット供給装置。

[請求項10]

前記磁場生成装置は、
前記一对の電極間に磁場を生成する磁石と、
前記磁石によって生成された磁場から前記一对の電極間に挟まれた前記ターゲットを遮蔽可能に配置された磁場遮蔽体と、
を含み、

前記ターゲット制御部は、

前記一对の電極間に挟まれた前記固体のターゲットが内部まで溶融するタイミングに同期して前記磁石によって生成された磁場が当該固体のターゲットに印加するように、前記磁場遮蔽体を制御する

請求項7に記載のターゲット供給装置。

[請求項11]

前記一对の電極間に挟まれて溶融したターゲットは、当該ターゲッ

トに供給される電流と当該ターゲットに印加される磁場とにより発生するローレンツ力によって前記一对の電極間から射出され、

前記磁場生成装置は、前記一对の電極間に交流磁場を生成し、

前記ターゲット制御部は、前記交流磁場により発生したローレンツ力の方向が前記溶融したターゲットの射出方向と同じ方向になるように、前記磁場生成装置を制御する

請求項 7 に記載のターゲット供給装置。

[請求項12] 前記一对の電極では、前記一对の電極間に挟まれて溶融したターゲットと接触する前記一对の電極の接触面を前記溶融したターゲットに押圧する

請求項 1 に記載のターゲット供給装置。

[請求項13] 前記一对の電極には、前記接触面を前記一对の電極間の間隔を狭める方向に押圧するカムが設けられている

請求項 1 2 に記載のターゲット供給装置。

[請求項14] 前記一对の電極には、前記接触面を前記一对の電極間の間隔を狭める方向に押圧する弾性体が設けられている

請求項 1 2 に記載のターゲット供給装置。

[請求項15] 前記一对の電極間に挟まれて溶融したターゲットは、当該ターゲットに供給される電流と当該ターゲットに印加される磁場とにより発生するローレンツ力によって前記一对の電極間から射出され、

前記一对の電極間の間隔は、前記溶融したターゲットの射出方向に沿って狭くなっている

請求項 1 2 に記載のターゲット供給装置。

[請求項16] 前記一对の電極の前記接触面には、溝が設けられている

請求項 1 2 に記載のターゲット供給装置。

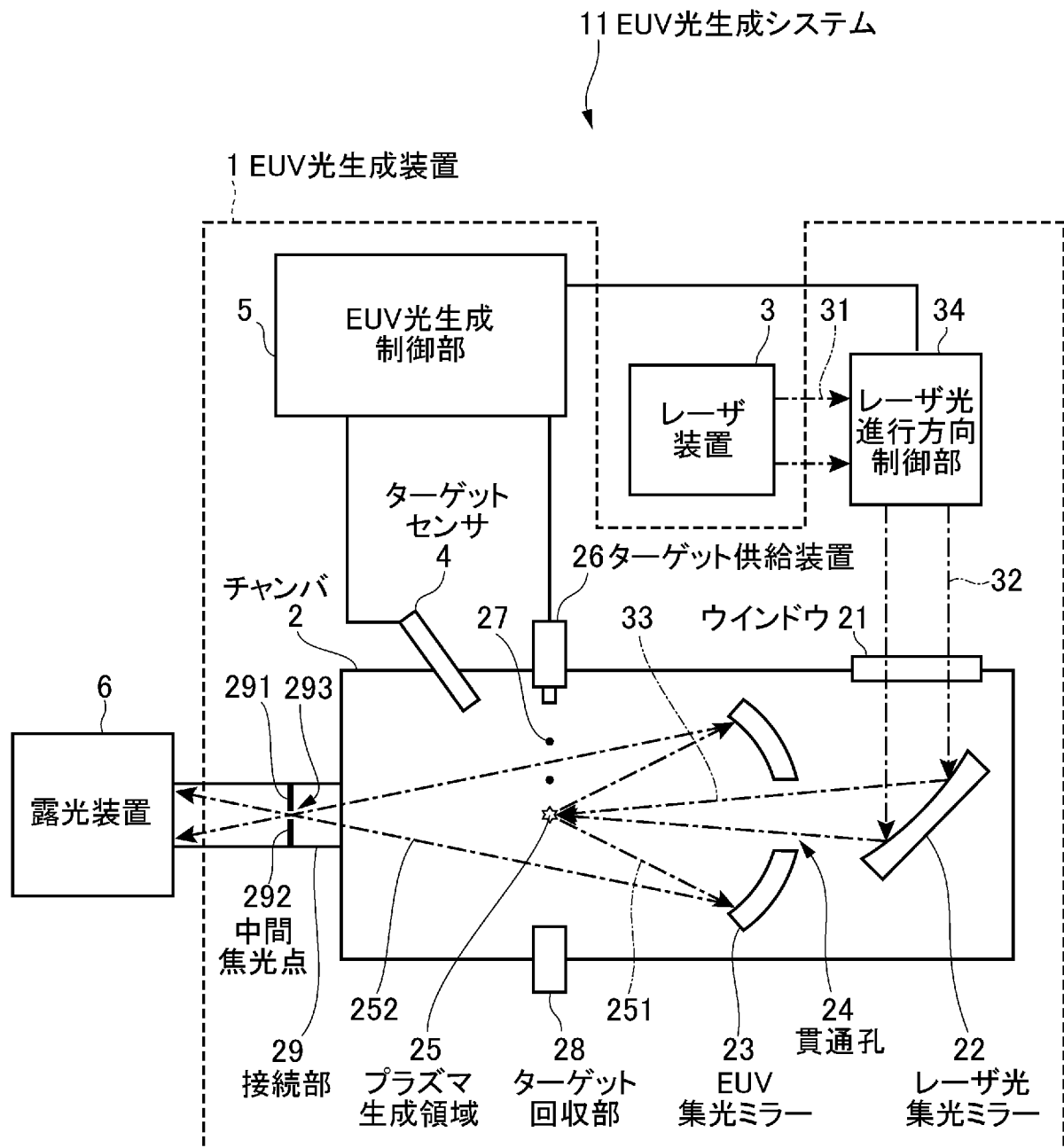
[請求項17] 前記一对の電極は、前記一对の電極間に挟まれて溶融したターゲットが前記一对の電極間から射出されるように回転する

請求項 1 に記載のターゲット供給装置。

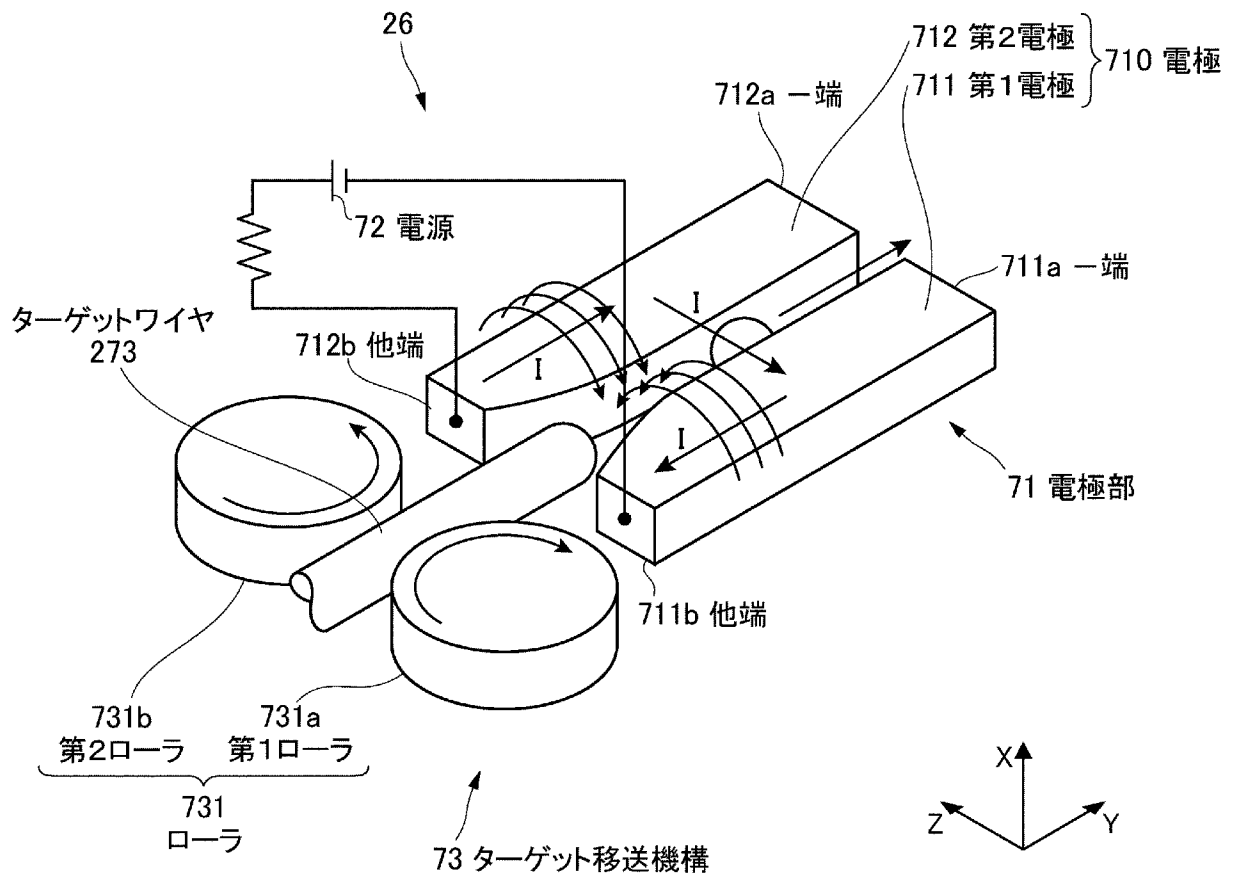
- [請求項18] 前記一对の電極は、一对のギヤを用いて構成されている
請求項17に記載のターゲット供給装置。
- [請求項19] 前記一对の電極は、前記一对の電極間に挟まれた前記ターゲットに
供給される電流と当該ターゲットに印加される磁場とにより発生する
ローレンツ力によって回転する
請求項17に記載のターゲット供給装置。
- [請求項20] 請求項1に記載のターゲット供給装置を備える極端紫外光生成装置
。
- [請求項21] チャンバ内でレーザ光が照射されると極端紫外光を生成するターゲ
ットを前記チャンバ内に供給するためのターゲット供給方法であって
、
互いに離間して配置された一对の電極の間に固体の前記ターゲット
を移送して前記一对の電極間に挟んで接触させる移送工程と、
前記一对の電極間に挟まれた前記固体のターゲットに対して前記一
対の電極を介して電流を供給する電流供給工程と、
前記一对の電極間に挟まれた前記固体のターゲットをその内部まで
溶融させる溶融工程と、
を含むターゲット供給方法。
- [請求項22] 前記溶融工程では、前記一对の電極の温度を前記一对の電極間に挟
まれた前記固体のターゲットの内部中心温度よりも高い温度に保つ
請求項21に記載のターゲット供給方法。
- [請求項23] 前記溶融工程の後に、前記一对の電極間に挟まれて溶融した前記タ
ーゲットに磁場を印加して前記溶融したターゲットを加速させる加速
工程
を含む請求項21に記載のターゲット供給方法。
- [請求項24] 前記加速工程は、前記一对の電極間に挟まれた前記ターゲットと接
触する前記一对の電極の接触面を前記溶融したターゲットに押圧する
押圧工程

を含む請求項 2 3 に記載のターゲット供給方法。

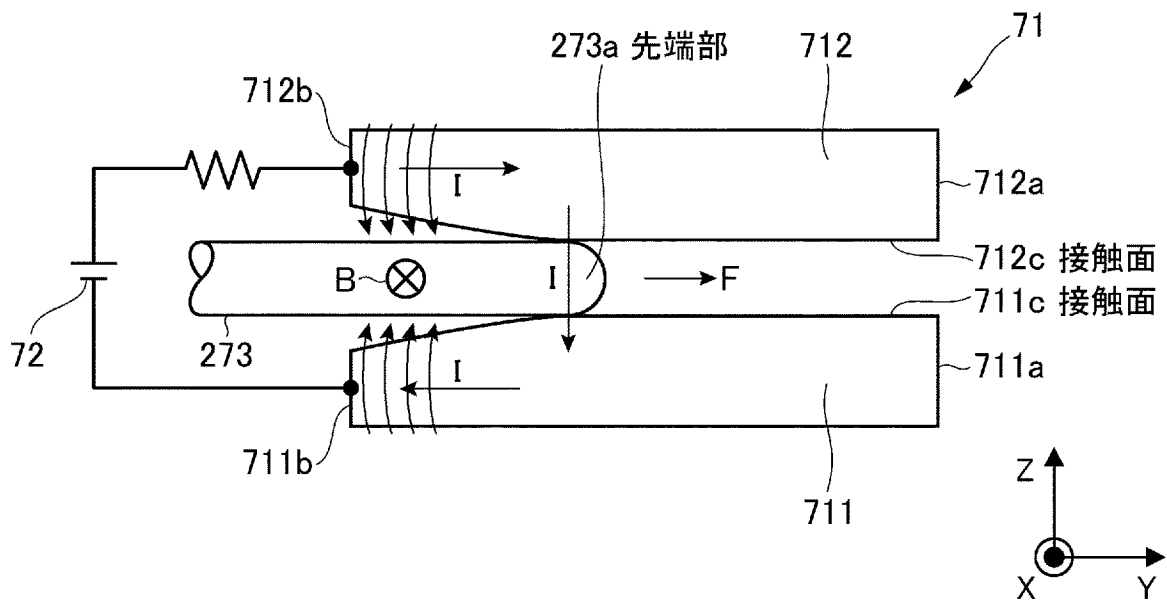
[図1]



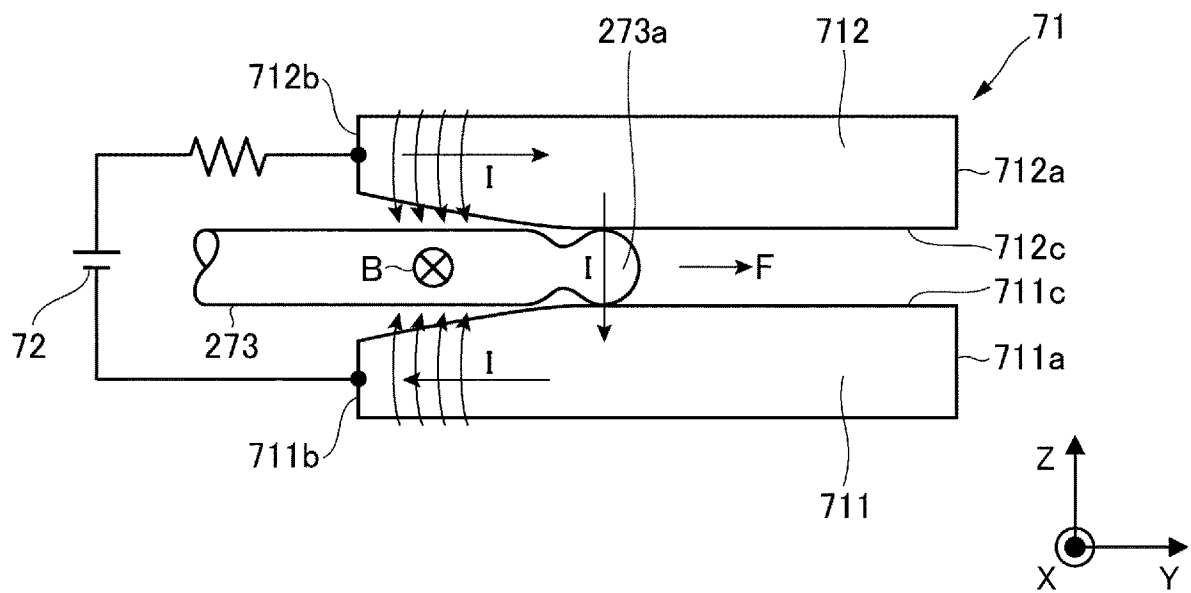
[図2]



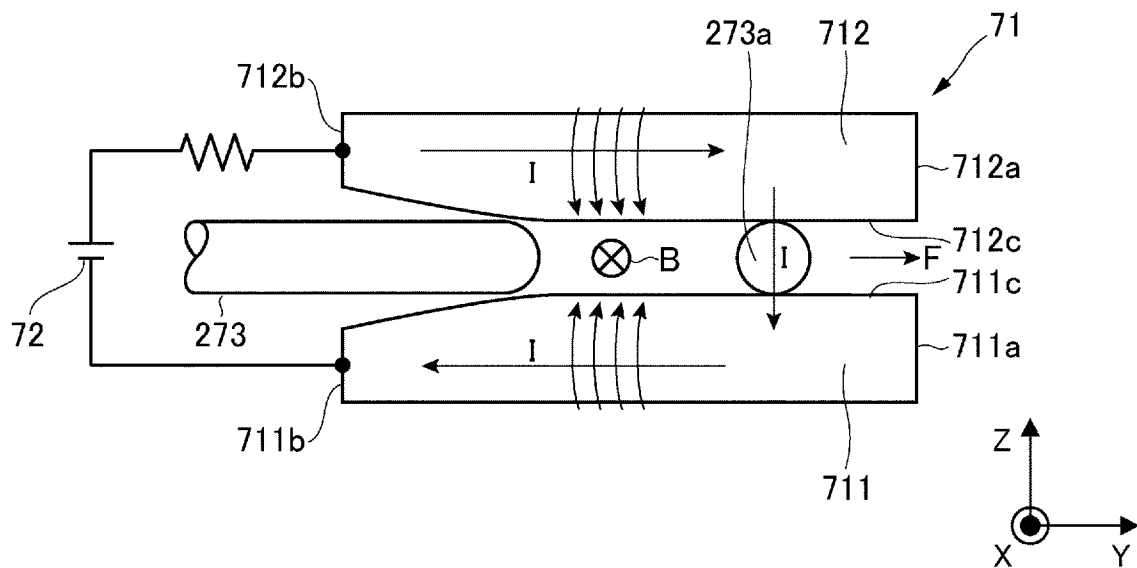
[図3A]



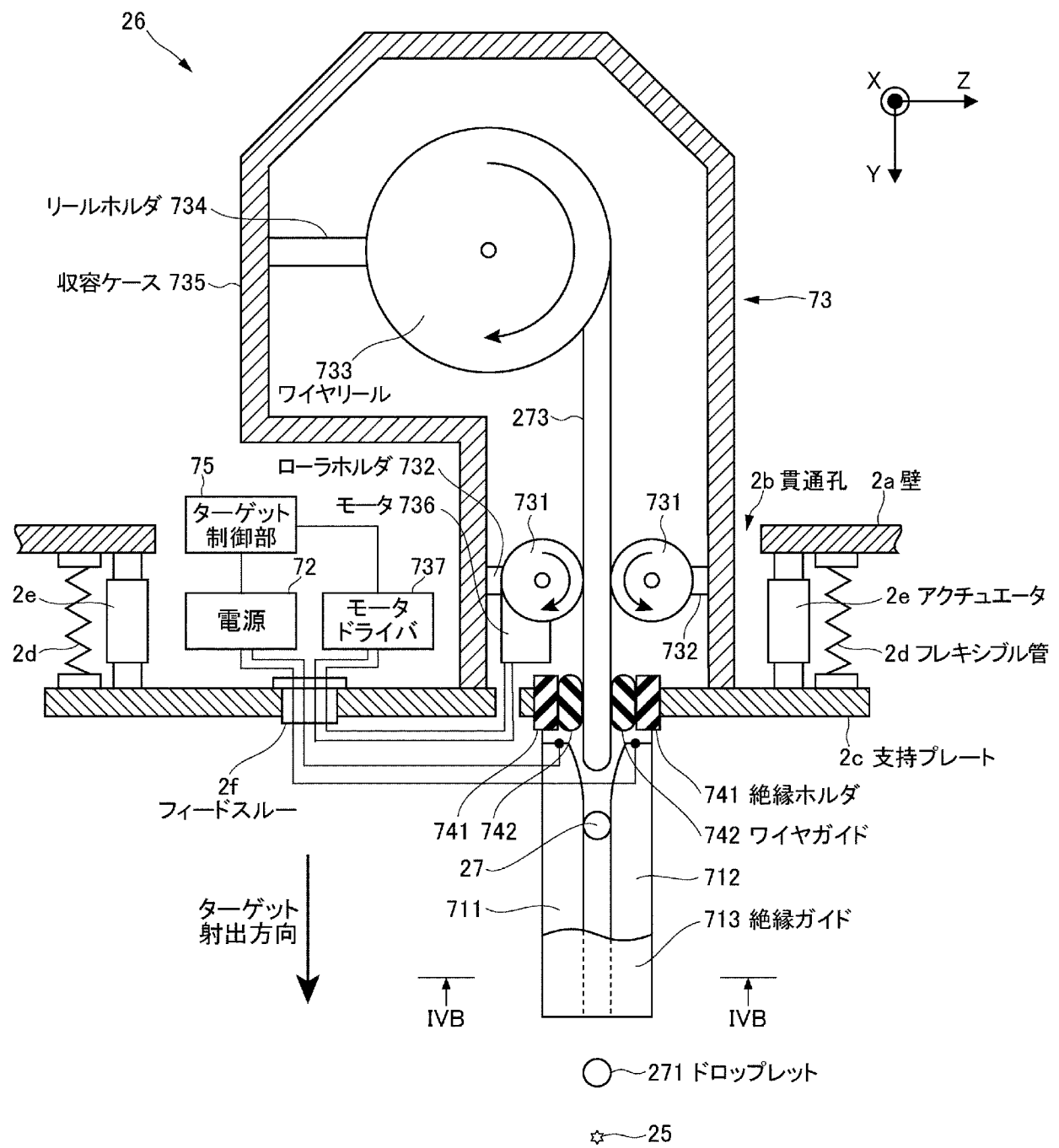
[図3B]



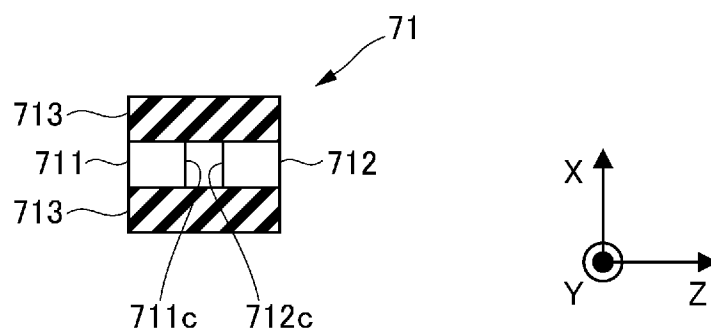
[図3C]



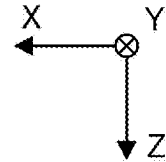
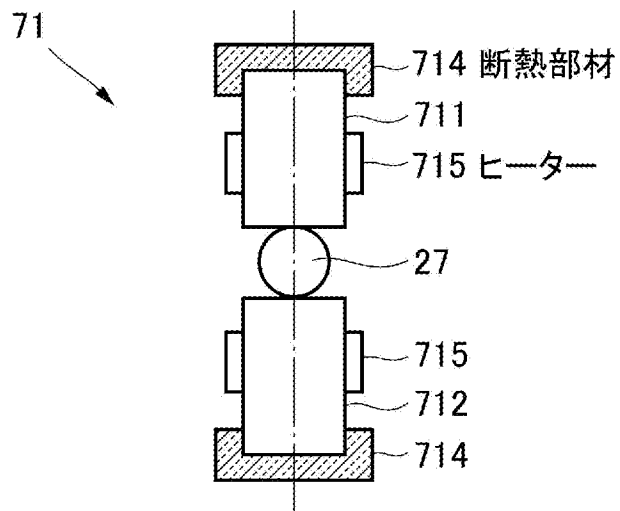
[図4A]



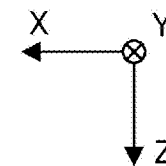
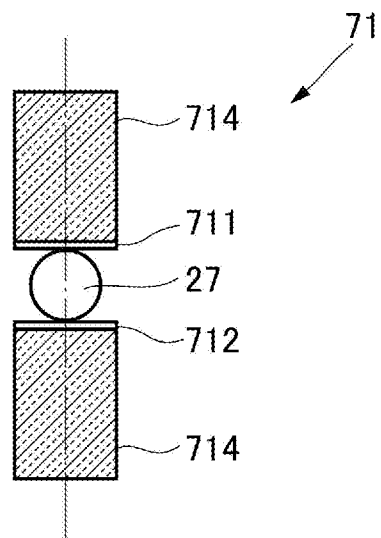
[図4B]



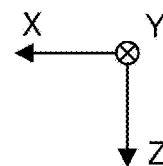
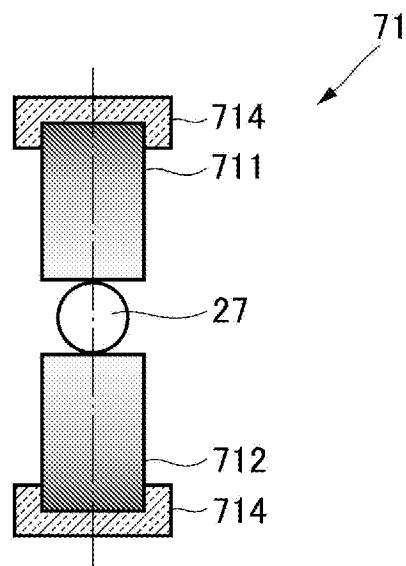
[図5A]



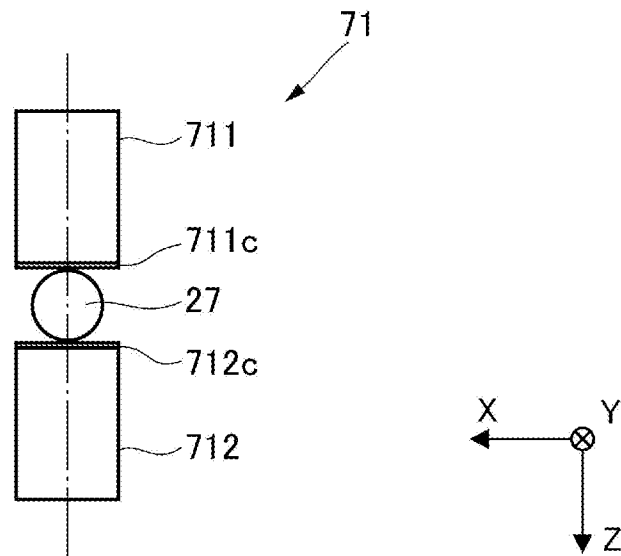
[図5B]



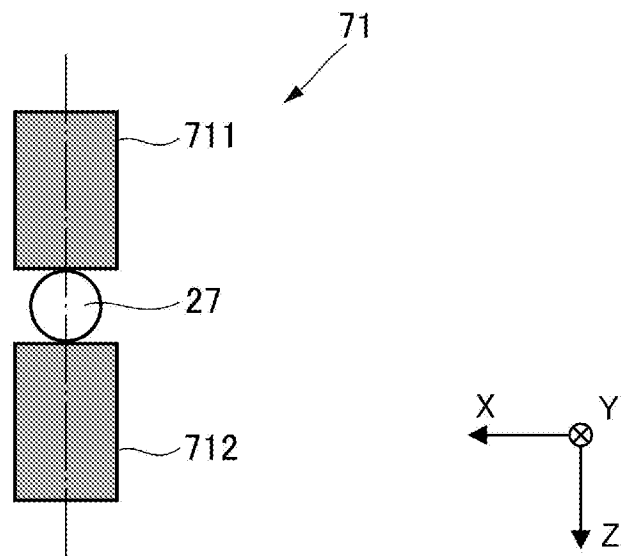
[図5C]



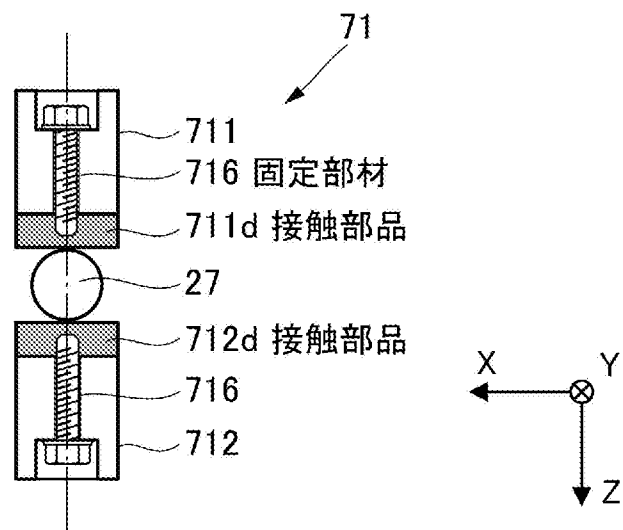
[図6A]



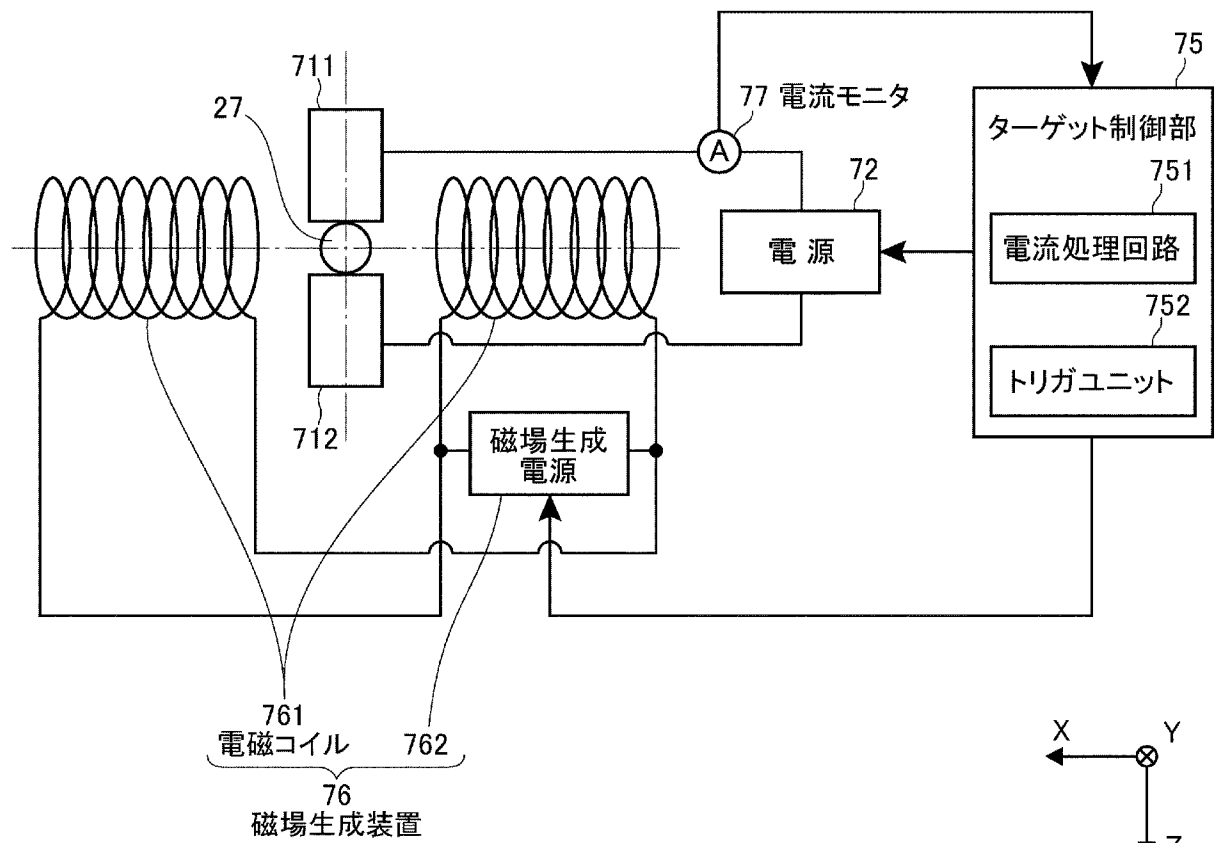
[図6B]



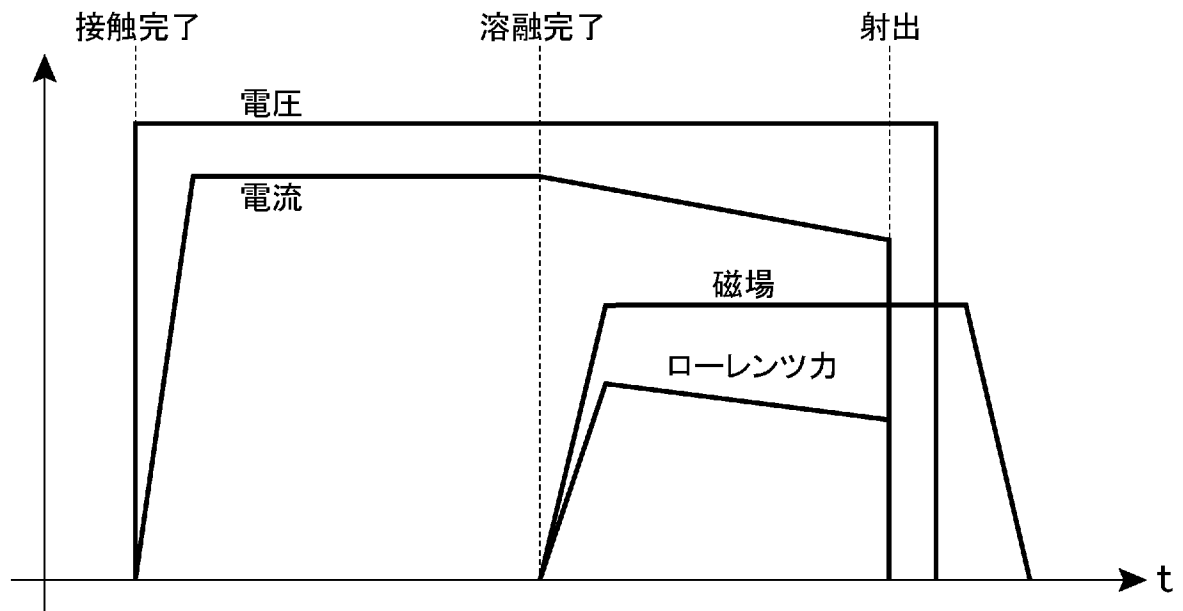
[図6C]



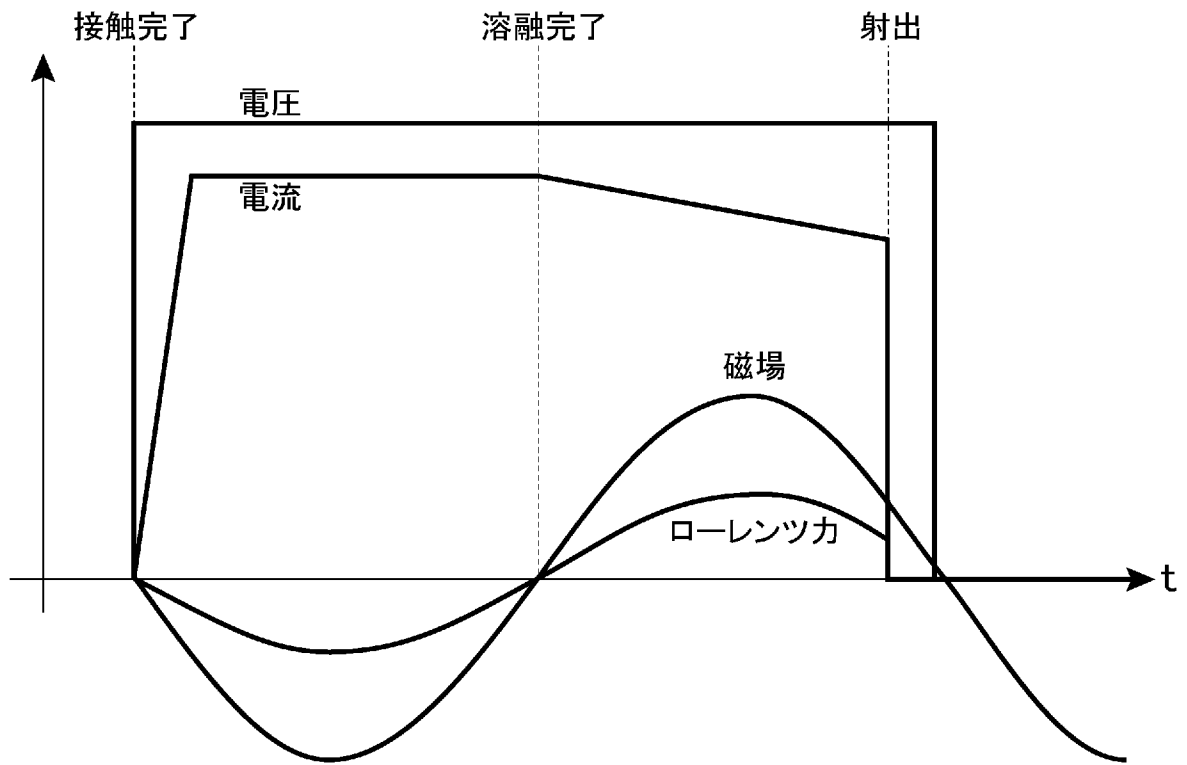
[図7]



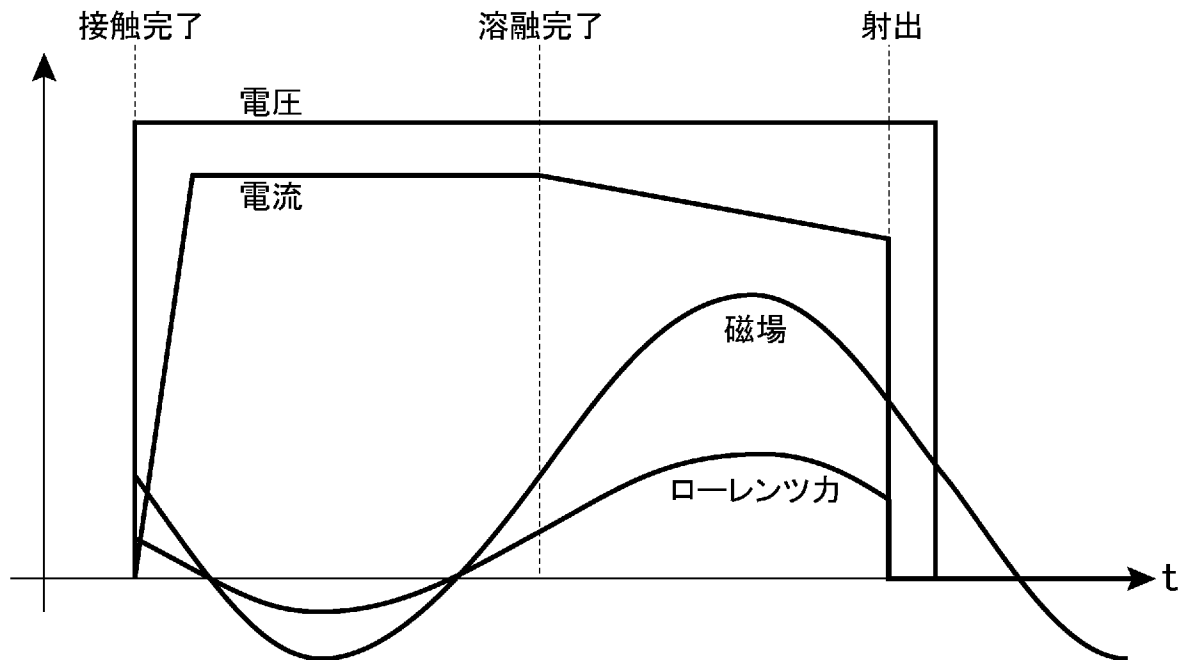
[図8]



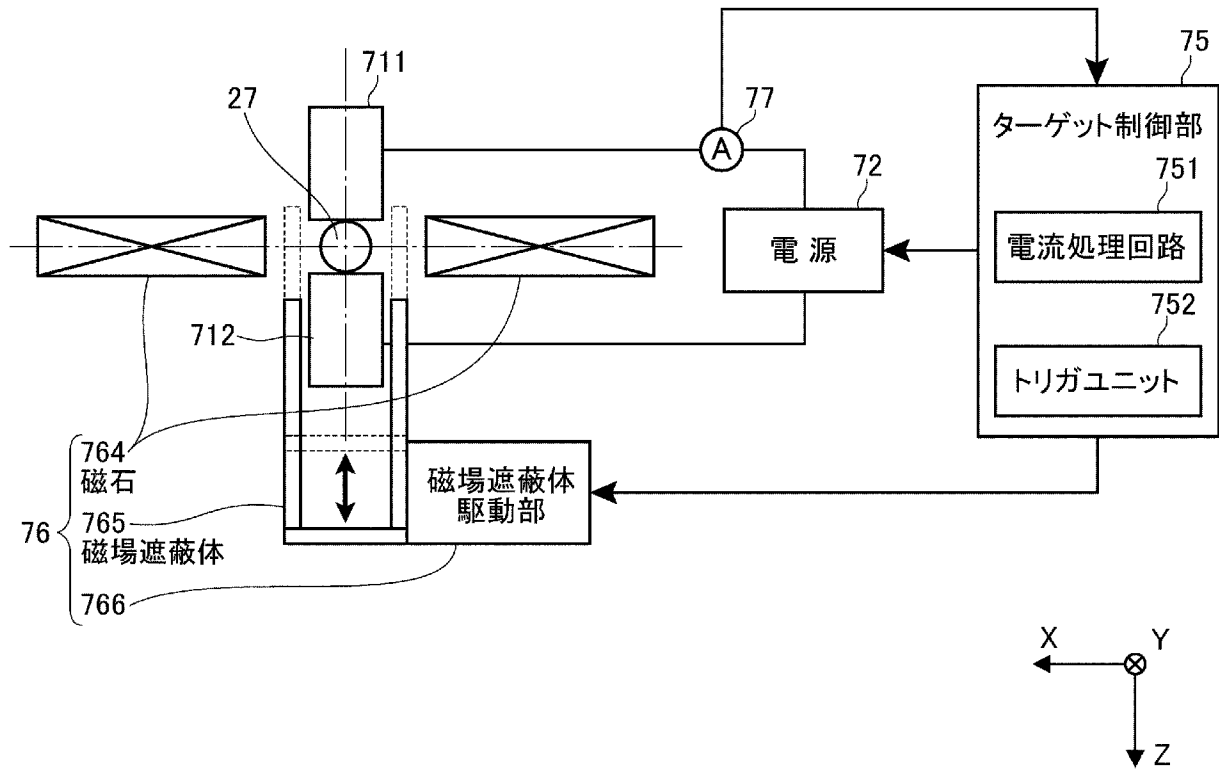
[図9A]



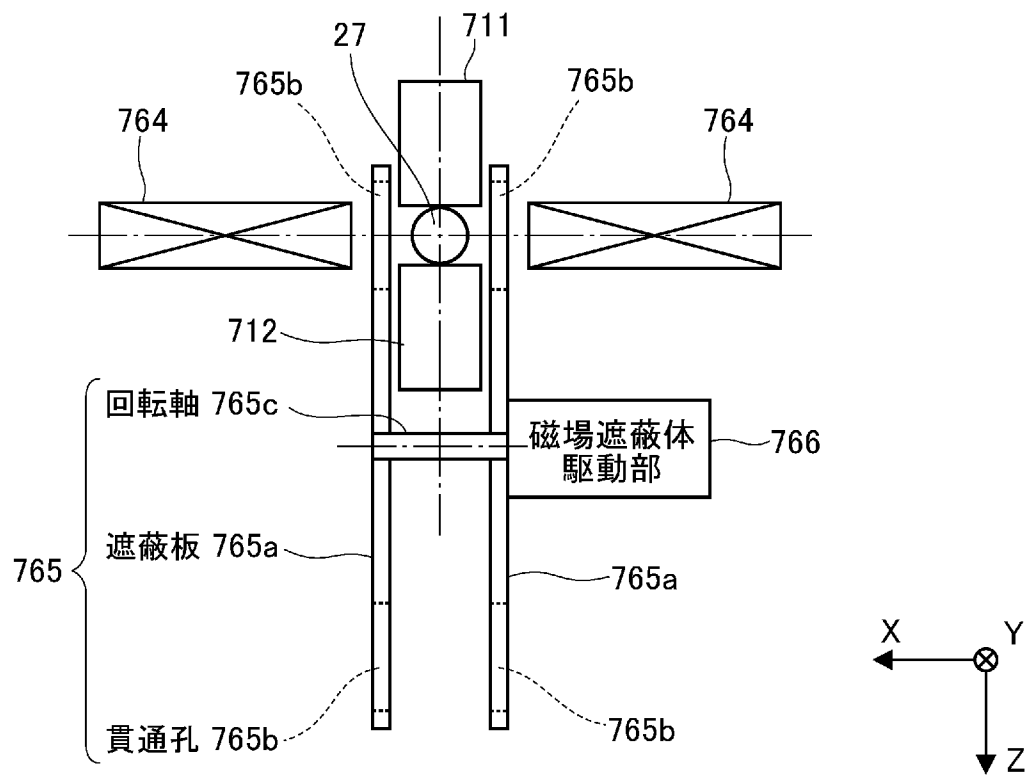
[図9B]



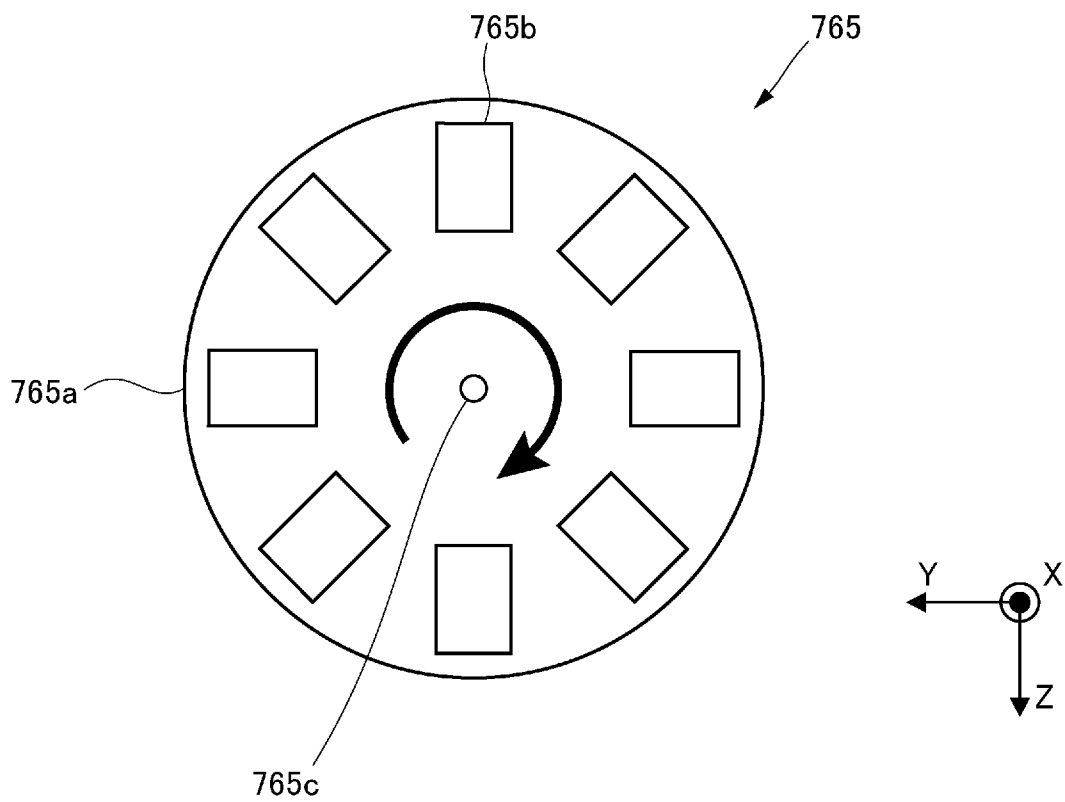
[図10]



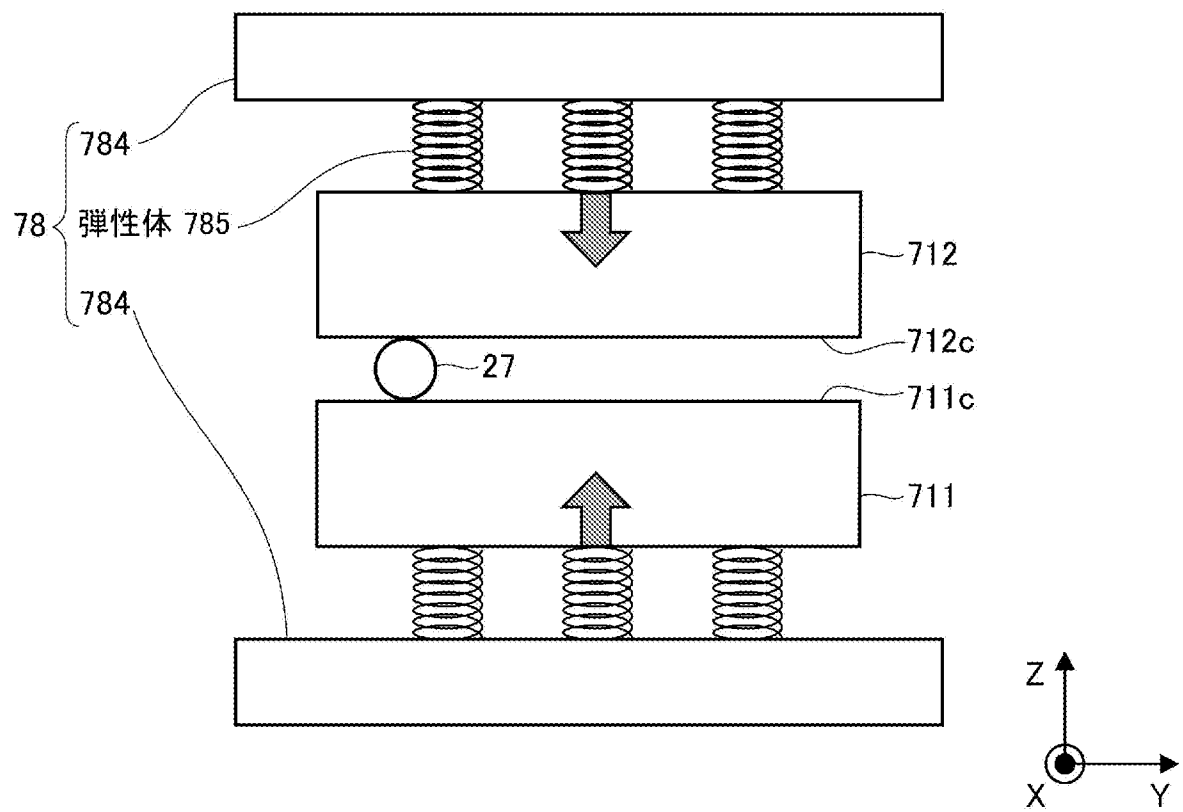
[図11A]



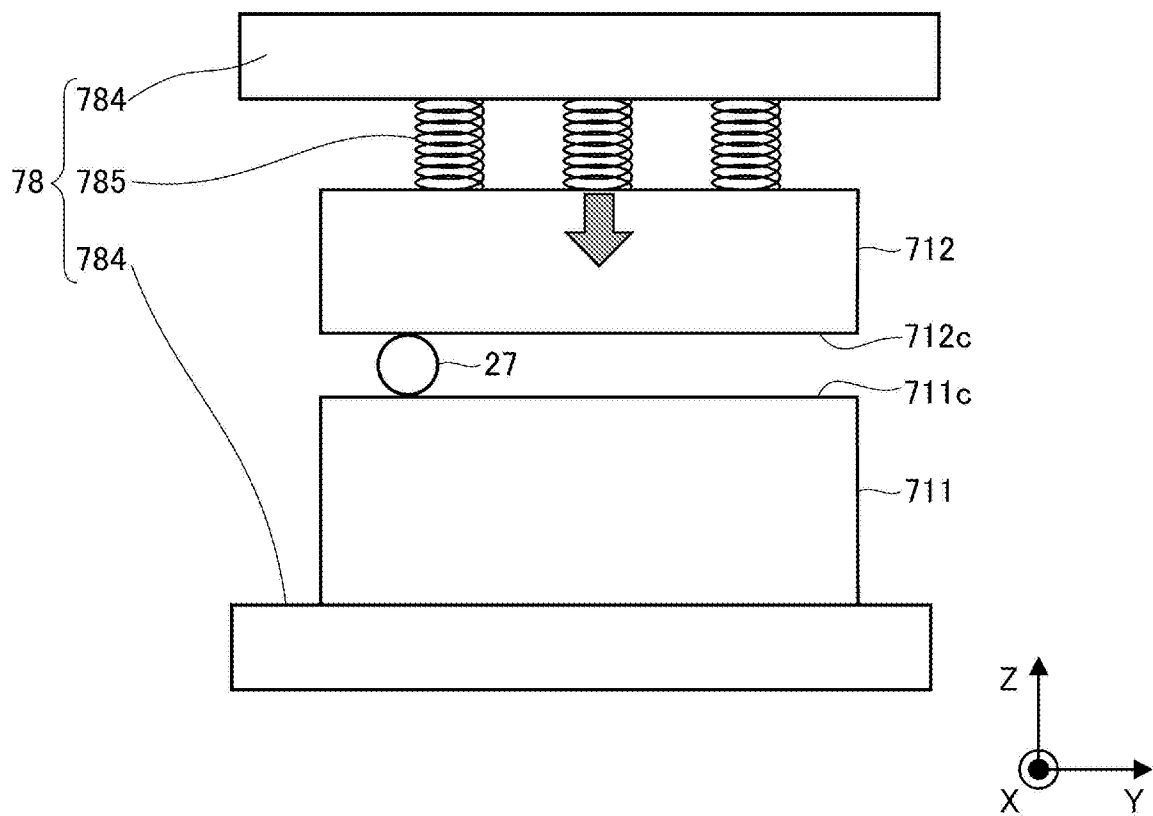
[図11B]



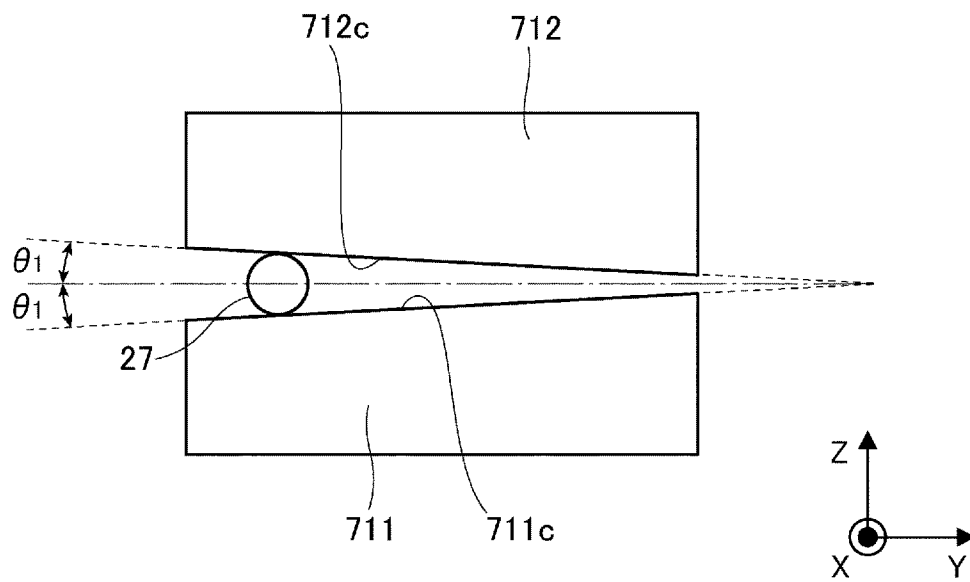
[図13A]



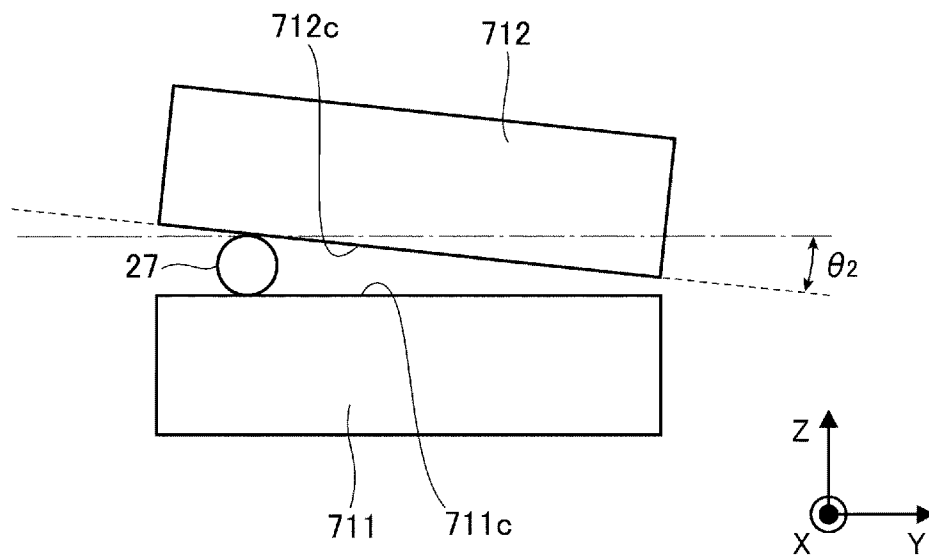
[図13B]



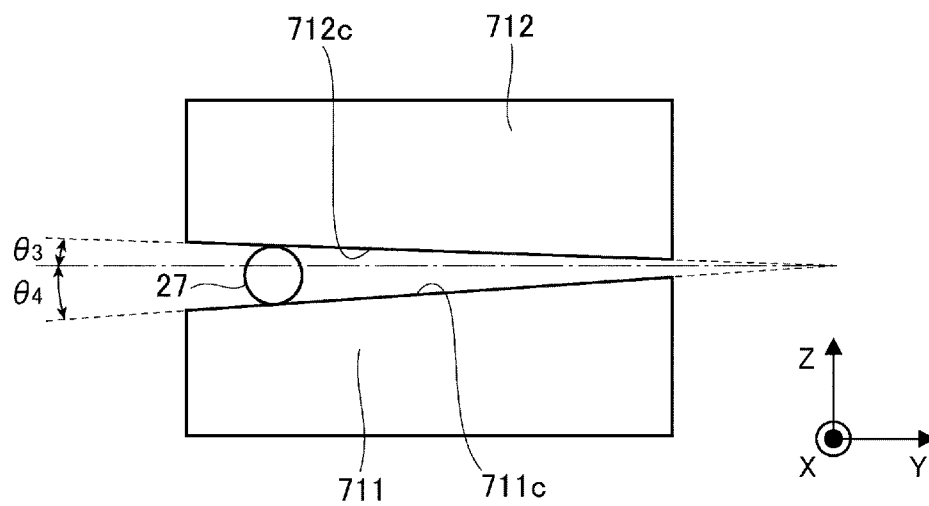
[図14A]



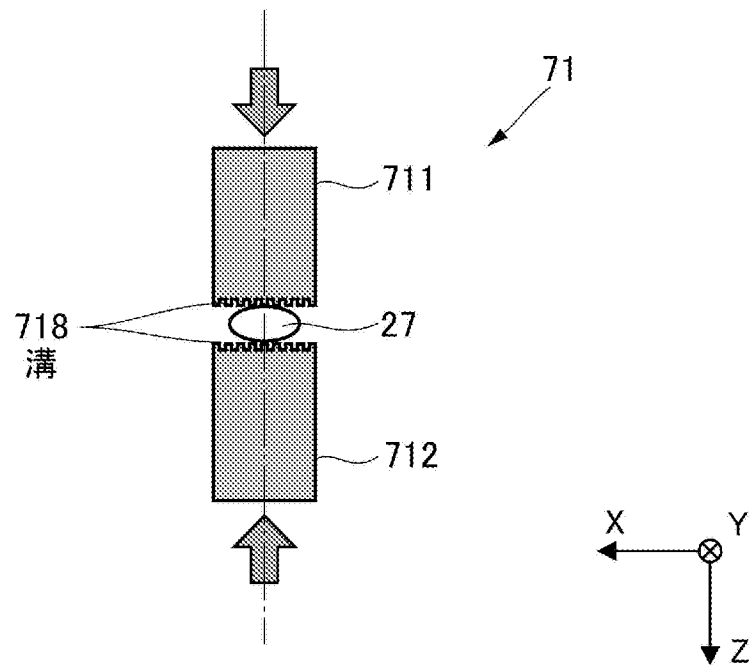
[図14B]



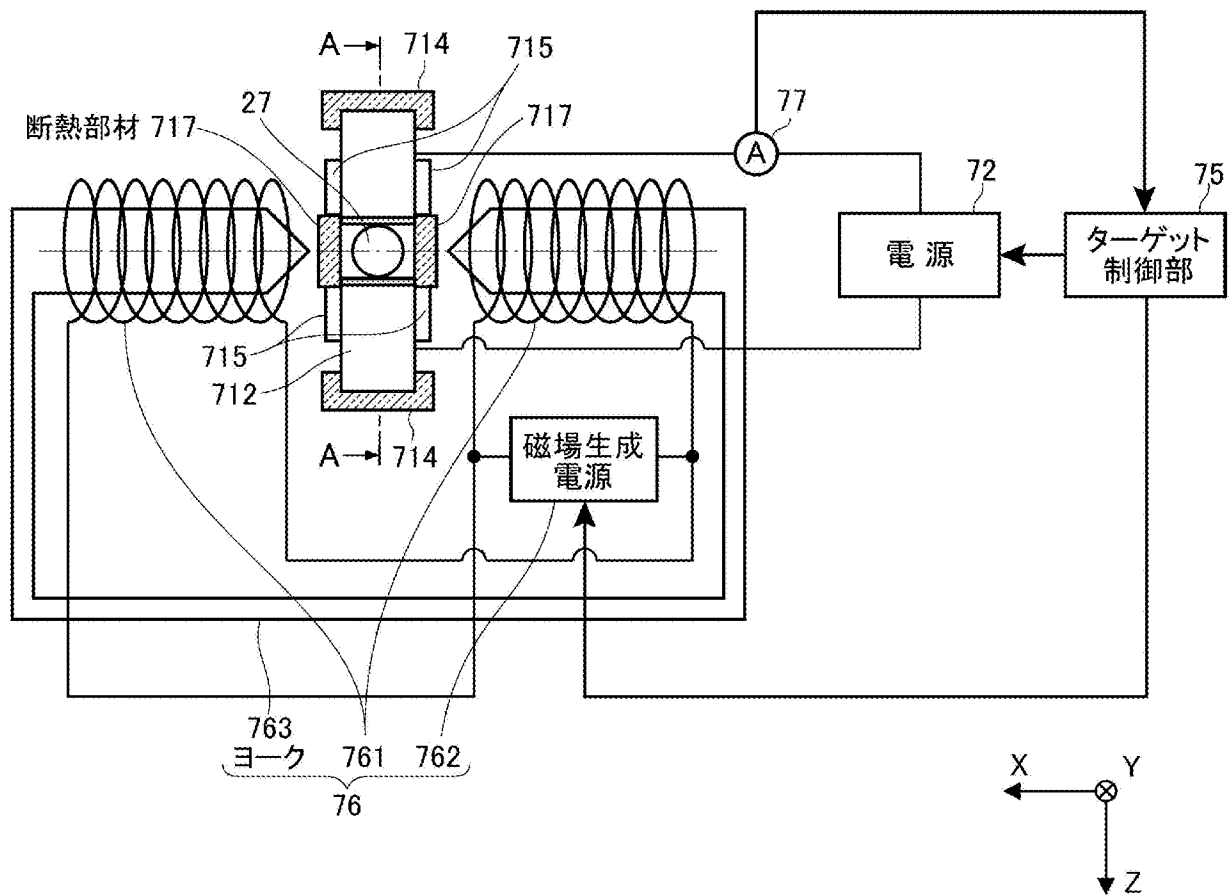
[図14C]



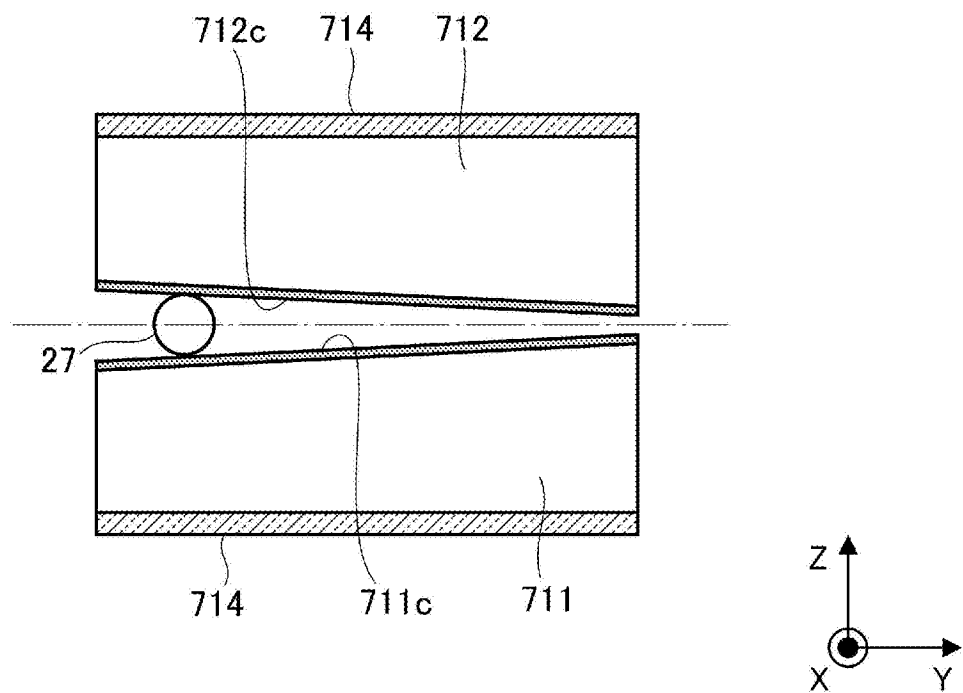
[図15]



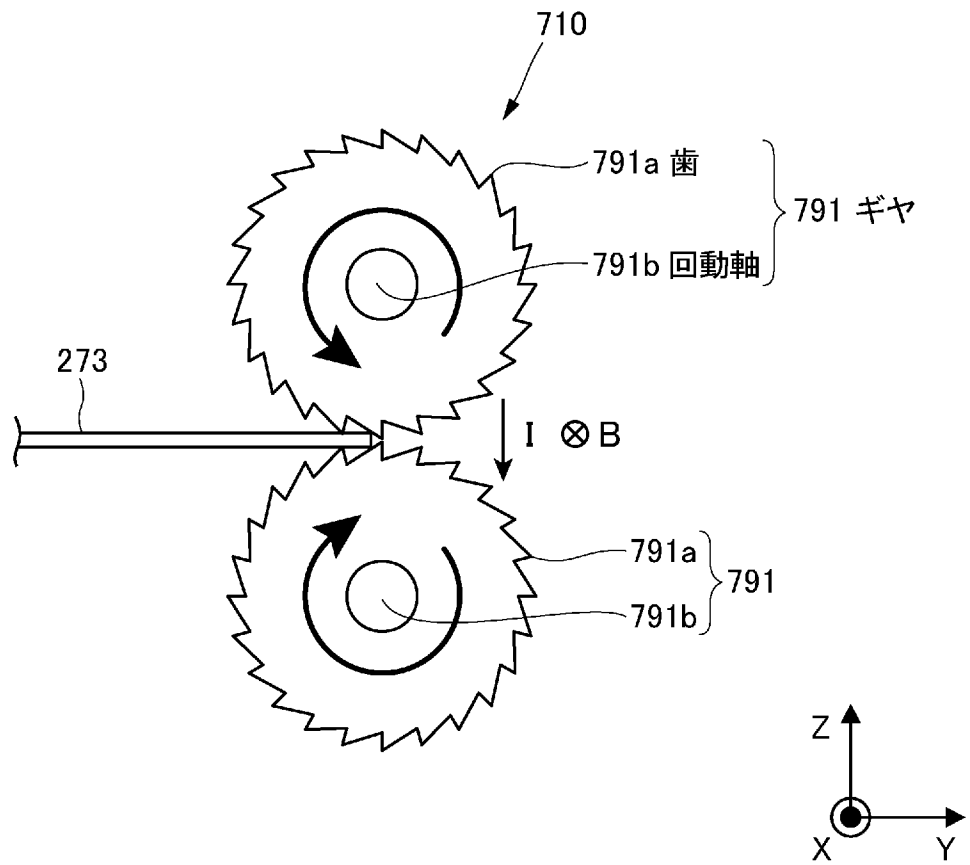
[図16A]



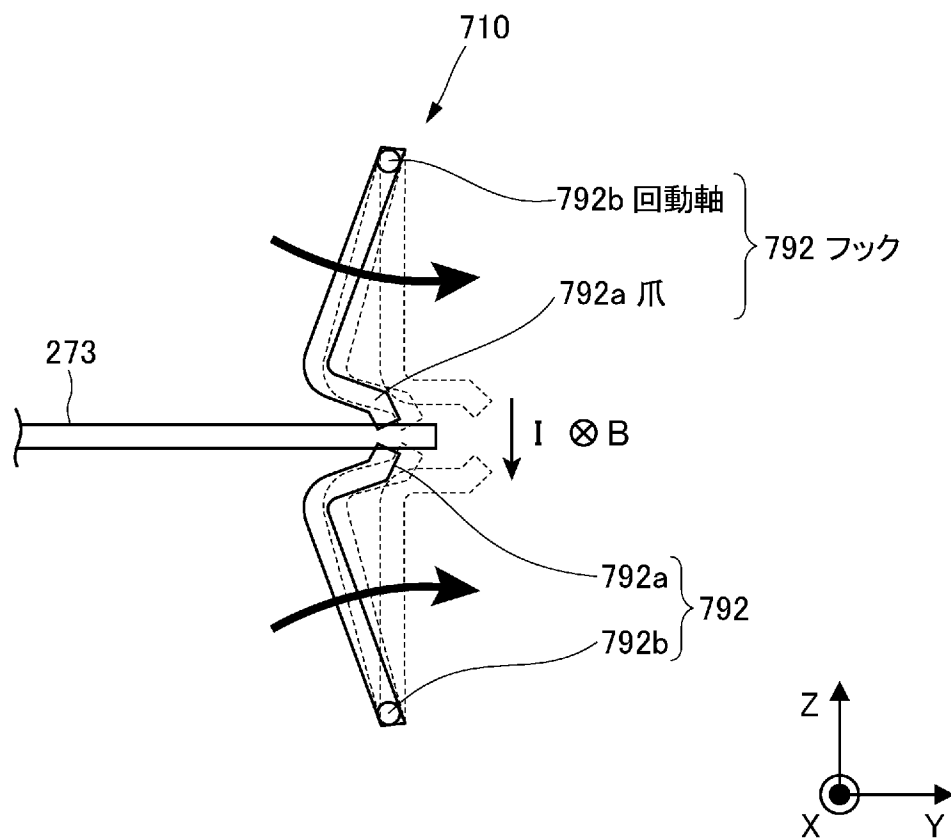
[図16B]



[図17A]



[図17B]



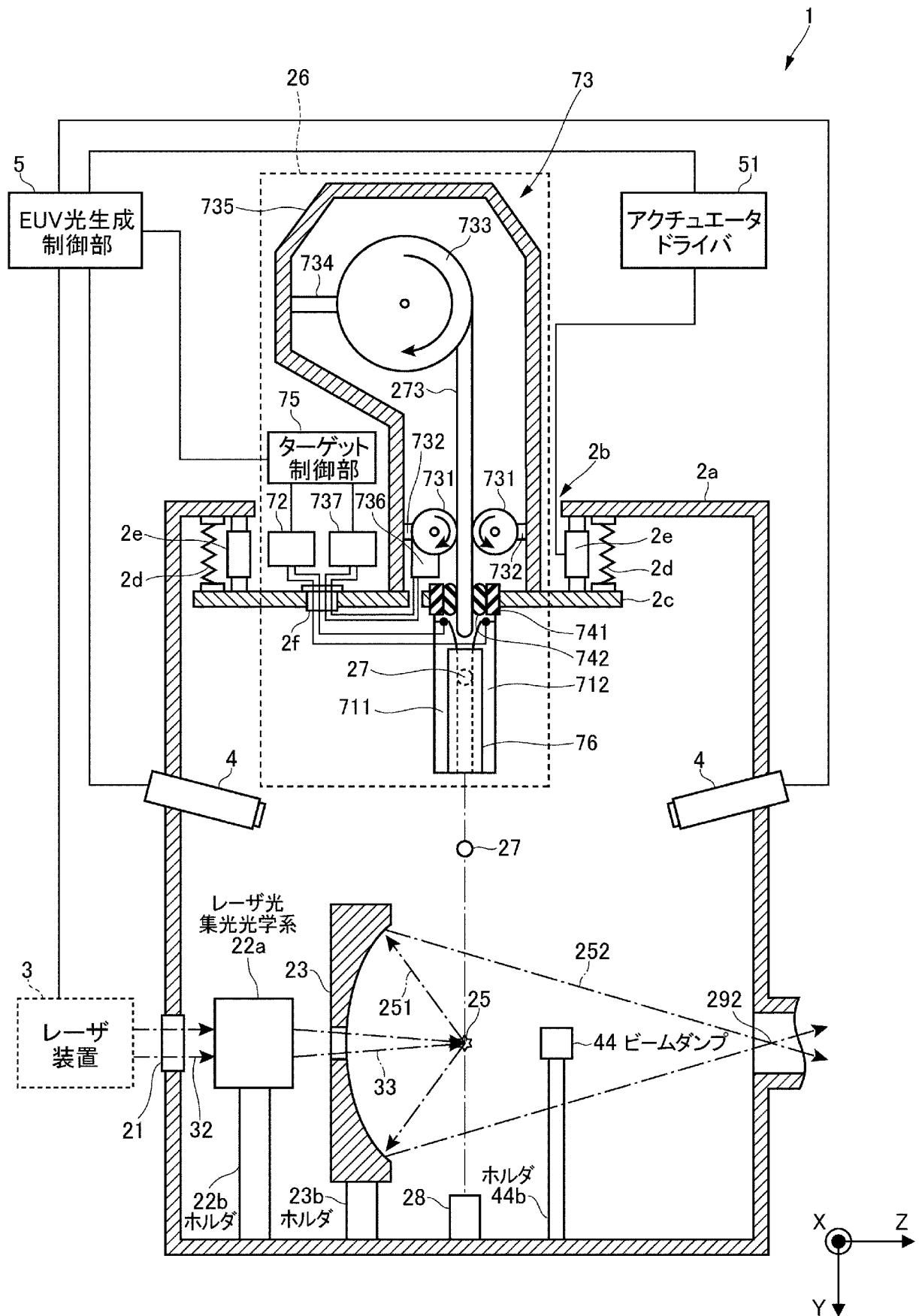
[図18A]

ターゲット材料	融点 (°C)	電気抵抗率 ($\mu\Omega\cdot m$)	熱伝導率 @300K ($W\cdot m^{-1}\cdot K^{-1}$)	磁性
Gd	1312	1.31	10.6	常磁性 強磁性 (20°C以下)
Tb	1356	1.15	11.1	常磁性 強磁性 (-52°C以下)
Fe	1538	96.1×10^{-3}	80.4	強磁性 (1043K)
Mo	2896	53.4×10^{-3}	138	常磁性

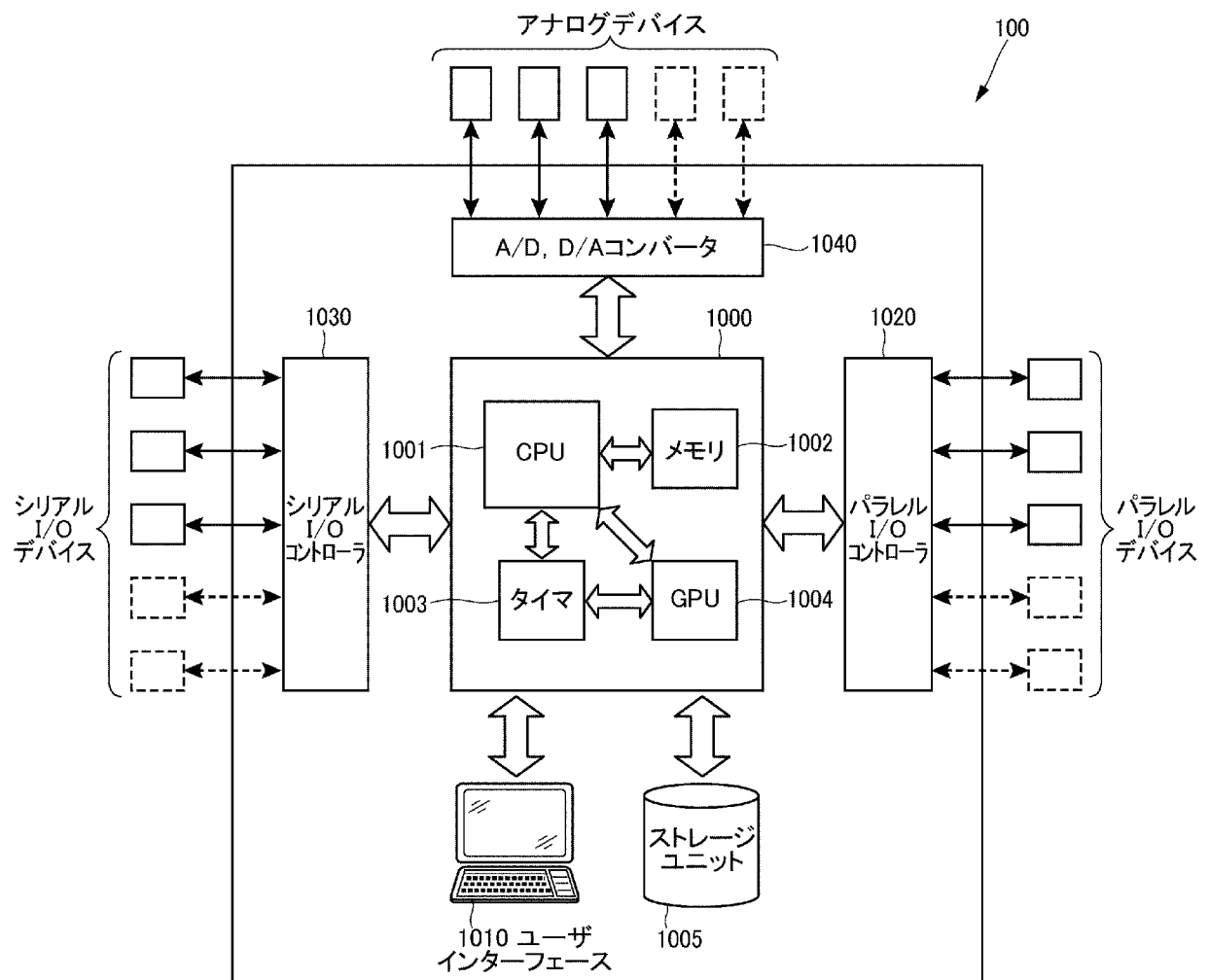
[図18B]

電極材料		融点 (°C)	磁性
ステンレス	SUS304	1,400～1,450	非磁性
	SUS316	1,371～1,400	非磁性
	SUS444	1,430～1,510	強磁性
	SUS329J4L	1,420～1,462	磁性
銅	Cu	1084.62	反磁性
アルミニウム	Al	660.32	常磁性
タングステン	W	3422	常磁性
ニオブ	Nb	2477	常磁性
ハフニウム	Hf	2233	常磁性
タンタル	Ta	3017	常磁性
モリブデン	Mo	2896	常磁性
クロム	Cr	1907	反磁性
グラファイト	C	3000	反磁性

[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/058344

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 1996-2014 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2014 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2014		
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.
X A	JP 2013-175402 A (Gigaphoton Inc.), 05 September 2013 (05.09.2013), paragraphs [0025], [0034], [0037], [0040], [0049], [0050], [0053] (Family: none)	1-5, 20-23 6-19, 24
A	JP 2010-199560 A (Komatsu Ltd.), 09 September 2010 (09.09.2010), abstract; paragraph [0016] & US 2010/200776 A1	6
☐ 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 27 May, 2014 (27.05.14)		Date of mailing of the international search report 03 June, 2014 (03.06.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		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 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2014年 日本国実用新案登録公報 1996-2014年 日本国登録実用新案公報 1994-2014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
X A	JP 2013-175402 A（ギガフォトン株式会社） 2013.09.05, 段落【0025】、【0034】、【0037】、 【0040】、【0049】、【0050】、【0053】 （ファミリーなし）		1-5, 20-23 6-19, 24
A	JP 2010-199560 A（株式会社小松製作所） 2010.09.09, 【要約】、段落【0016】 & US 2010/200776 A1		6
☐ 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 27.05.2014		国際調査報告の発送日 03.06.2014	
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） 小田倉 直人 電話番号 03-3581-1101 内線 3292	2Q 9163