

(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5月12日(12.05.2016)



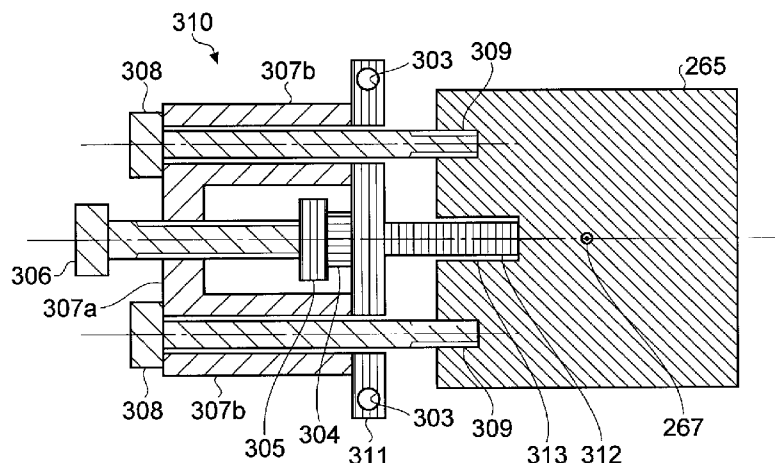
(10) 国際公開番号
WO 2016/072025 A1

- (51) 国際特許分類:
H05G 2/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/079625
- (22) 国際出願日: 2014年11月7日(07.11.2014)
- (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400番地 Tochigi (JP).
- (72) 発明者: 平下 俊行(HIRASHITA, Toshiyuki); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田400番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP). 岩本 文男(IWAMOTO, Fumio); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田400番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP). 堀 司(HORI, Tsukasa); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田400番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP). 中野 真生(NAKANO, Masaki); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田400番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 エビス国際特許事務所 (EBISU INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1410032 東京都品川区大崎1丁目11番2号 ゲートシティ大崎イーストタワー 22階 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,

[続葉有]

(54) Title: EXCITATION UNIT, TARGET SUPPLY DEVICE, AND EXTREME-ULTRAVIOLET LIGHT GENERATION DEVICE

(54) 発明の名称: 加振ユニット、ターゲット供給装置および極端紫外光生成装置



(57) Abstract: An excitation unit according to one embodiment of the present invention is an excitation unit (310, 320) that applies vibrations to a target material (271) that has been supplied inside of a target flow path (FL). The vibration unit may be provided with the following: a vibration transmission member (311, 321) that makes contact with a first member (265, 260, 331) which includes therein the target flow path; and a piezoelectric member (304) that makes contact with the vibration transmission member and vibrates in response to an electric signal from the outside. The vibration damping rate of the vibration transmission member may be smaller than the vibration damping rate of the first member.

(57) 要約: 本開示の一態様による加振ユニットは、ターゲット流路(FL)内に供給されたターゲット材料(271)に振動を与える加振ユニット(310, 320)であって、前記ターゲット流路を内部に含む第1部材(265, 260, 331)に接触する振動伝達部材(311, 321)と、前記振動伝達部材に接触し、外部からの電気信号に応じて振動する圧電部材(304)と、を備えてもよい。前記振動伝達部材の振動減衰率は、前記第1部材の振動減衰率よりも小さくてもよい。



WO 2016/072025 A1

WO 2016/072025 A1



MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 添付公開書類:
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

明 細 書

発明の名称：

加振ユニット、ターゲット供給装置および極端紫外光生成装置

技術分野

[0001] 本開示は、極端紫外（EUV）光を生成するためにレーザ光に照射される加振ユニット、ターゲット供給装置および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）光を生成するための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*）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：特開2010-182555号公報
特許文献2：特開2013-168221号公報
特許文献3：特表2014-517980号公報
特許文献4：特許第5426815号公報

特許文献5：米国出願公開第2014／0042343号明細書

概要

- [0005] 本開示の一態様による加振ユニットは、ターゲット流路（FL）内に供給されたターゲット材料（271）に振動を与える加振ユニット（310，320）であって、前記ターゲット流路を内部に含む第1部材（265，260，331）に接触する振動伝達部材（311，321）と、前記振動伝達部材に接触し、外部からの電気信号に応じて振動する圧電部材（304）と、を備え、前記振動伝達部材の振動減衰率は、前記第1部材の振動減衰率よりも小さくてもよい。
- [0006] また、本開示の他の態様によるターゲット供給装置は、ターゲット流路を内部に含む第1部材と、前記第1部材に接触する振動伝達部材と、前記振動伝達部材に接触し、外部からの電気信号に応じて振動する圧電部材とを備える加振ユニットと、を備え、前記振動伝達部材の振動減衰率は、前記第1部材の振動減衰率よりも小さくてもよい。
- [0007] また、本開示のさらに他の態様によるターゲット供給装置は、ターゲット流路を内部に含む第1部材と、前記第1部材に接触する振動伝達部材と、前記振動伝達部材に接触し、外部からの電気信号に応じて振動する圧電部材とを備える加振ユニットと、を備え、前記第1部材と前記振動伝達部材との接触位置には、当該接触位置を前記ターゲット流路に近づける凹形状（313，343，363，373，391，392，393，395）が設けられていてもよい。
- [0008] また、本開示のさらに他の態様によるターゲット供給装置は、ターゲット流路を内部に含む第1部材（265，331）と、前記ターゲット流路へ供給されるターゲット材料を貯留する第2部材（260）と、前記第1部材に接触する振動伝達部材と、前記振動伝達部材に接触し、外部からの電気信号に応じて振動する圧電部材とを備える加振ユニットと、を備え、前記第1部材と前記ターゲット材料との接触面積は、前記第2部材と前記ターゲット材料との接触面積よりも小さくてもよい。

[0009] また、本開示のさらに他の態様による極端紫外光生成装置は、チャンバと、前記チャンバ内へ前記ターゲット物質を供給する上記いずれかのターゲット供給装置と、前記チャンバ内へ供給された前記ターゲット物質へレーザ光を照射するレーザ装置と、前記レーザ光が照射されることで生成された前記ターゲット物質のプラズマから放射した極端紫外光を集光して出力するコレクタミラーと、を備えてもよい。

図面の簡単な説明

[0010] 本開示のいくつかの実施形態を、単なる例として、添付の図面を参照して以下に説明する。

[図1]図1は、例示的なL P P方式のE U V光生成システムの構成を概略的に示す図である。

[図2]図2は、図1に示すターゲット供給部を含むターゲット供給装置の一例を示す模式図である。

[図3]図3は、図2に示すノズル部材、ノズルホルダおよび加振ユニットを下方から見たときの概略構成を示す図である。

[図4]図4は、図2に示す加振ユニットの一例を示す斜視図である。

[図5]図5は、図4に示す加振ユニットの水平断面図である。

[図6]図6は、図4に示す加振ユニットの垂直断面図である。

[図7]図7は、実施形態1にかかる加振ユニットの概略構成例を示す水平断面図である。

[図8]図8は、実施形態2にかかる加振ユニットの概略構成例を示す水平断面図である。

[図9]図9は、実施形態3にかかる加振ユニットの取り付け例を示す水平断面図である。

[図10]図10は、図9に示す取り付け例の垂直断面図である。

[図11]図11は、実施形態3において振動伝達部材の材料として選択し得る材料の例を示す図である。

[図12]図12は、加振ピンの第1変形例にかかる加振ピンの概略形状を示す

断面図である。

[図13]図 1 3 は、加振ピンの第 2 変形例にかかる加振ピンの概略形状を示す断面図である。

[図14]図 1 4 は、加振ピンの第 3 変形例にかかる加振ピンの概略形状を示す断面図である。

[図15]図 1 5 は、加振ピンの第 4 変形例にかかる加振ピンの概略形状を示す断面図である。

[図16]図 1 6 は、加振ピンと加振穴との接触形態の第 1 変形例にかかる概略形状を示す断面図である。

[図17]図 1 7 は、加振ピンと加振穴との接触形態の第 2 変形例にかかる概略形状を示す断面図である。

[図18]図 1 8 は、加振ピンと加振穴との接触形態の第 3 変形例にかかる概略形状を示す断面図である。

[図19]図 1 8 は、加振ピンと加振穴との接触形態の第 4 変形例にかかる概略形状を示す断面図である。

実施形態

[0011] 内容

1. 概要
2. 極端紫外光生成装置の全体説明
 2. 1 構成
 2. 2 動作
3. 用語の説明
4. 加振ユニットを含むターゲット供給装置
 4. 1 構成
 4. 2 動作
5. 加振ユニット：比較例
 5. 1 構成
 5. 2 動作

- 5. 3 課題
- 6. 加振ユニット：実施形態 1
 - 6. 1 構成
 - 6. 2 動作
 - 6. 3 作用
- 7. 加振ユニット：実施形態 2
 - 7. 1 構成
 - 7. 2 動作
 - 7. 3 作用
- 8. 加振ユニット：実施形態 3
 - 8. 1 構成
 - 8. 2 動作
 - 8. 3 作用
- 9. 加振ピンの変形例
 - 9. 1 第 1 変形例
 - 9. 2 第 2 変形例
 - 9. 3 第 3 変形例
 - 9. 4 第 4 変形例
 - 9. 5 変形例による作用
- 10. 加振ピンと加振穴との接触形態の変形例
 - 10. 1 第 1 変形例
 - 10. 2 第 2 変形例
 - 10. 3 第 1 および第 2 変形例による作用
 - 10. 4 第 3 変形例
 - 10. 5 第 4 変形例
 - 10. 3 第 3 および第 4 変形例による作用

[0012] 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。

[0013] 1. 概要

本開示の実施形態は、EUV光生成用のターゲット材料をドロップレットの形態で供給するためのターゲット供給装置に用いられる加振ユニット、およびそれを備えたターゲット供給装置およびEUV光生成装置に関するものであってよい。より具体的には、実施形態は、ノズルからジェット状に噴出したターゲット材料をドロップレットの形態に変化させるための振動をノズル先端に与える加振ユニット、およびそれを備えたターゲット供給装置およびEUV光生成装置に関するものであってもよい。ただし、本開示はこれらの事項に限定されず、ジェット状に噴出した液体をドロップレットの形態に変化させるためのあらゆる事項に関連するものであってよい。

[0014] 2. EUV光生成システムの全体説明

2. 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物質の材料は、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、ウィンドウ21が設けられてもよく、ウィンドウ21をレ

ーザ装置 3 から出力されるパルスレーザ光 3 2 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 2 3 が配置されてもよい。E U V 集光ミラー 2 3 は、第 1 及び第 2 の焦点を有し得る。E U V 集光ミラー 2 3 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 2 3 は、例えば、その第 1 の焦点がプラズマ生成領域 2 5 に位置し、その第 2 の焦点が中間集光点 (I F) 2 9 2 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 2 3 の中央部には貫通孔 2 4 が設けられていてもよく、貫通孔 2 4 をパルスレーザ光 3 3 が通過してもよい。

[0016] E U V 光生成装置 1 は、E U V 光生成制御装置 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。

[0017] 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。

[0018] さらに、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。

[0019] 2. 2 動作

図 1 を参照に、レーザ装置 3 から出力されたパルスレーザ光 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 内に進み、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

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。パルスレーザ光が照射されたターゲット27はプラズマ化し、そのプラズマから放射光251が放射され得る。放射光251に含まれるEUV光252は、EUV集光ミラー23によって選択的に反射されてもよい。EUV集光ミラー23によって反射されたEUV光252は、中間集光点292で集光され、露光装置6に出力されてもよい。なお、1つのターゲット27に、パルスレーザ光33に含まれる複数のパルスが照射されてもよい。

[0021] EUV光生成制御装置5は、EUV光生成システム11全体の制御を統括するよう構成されてもよい。EUV光生成制御装置5は、ターゲットセンサ4によって撮像されたターゲット27のイメージデータ等処理するよう構成されてもよい。また、EUV光生成制御装置5は、例えば、ターゲット27が出力されるタイミング、ターゲット27の出力方向等を制御するよう構成されてもよい。さらに、EUV光生成制御装置5は、例えば、レーザ装置3の発振タイミング、パルスレーザ光32の進行方向、パルスレーザ光33の集光位置等を制御するよう構成されてもよい。上述の様々な制御は単なる例示に過ぎず、必要に応じて他の制御が追加されてもよい。

[0022] 3. 用語の説明

本開示において使用される用語について、以下のように定義する。

「ドロップレット」とは、溶融したターゲット材料の液滴であってもよい。その形状は、略球形であってもよい。

「プラズマ生成領域」とは、プラズマが生成される空間として予め設定された3次元空間であってもよい。

[0023] 4. 加振ユニットを含むターゲット供給装置

つづいて、図1に示すターゲット供給部26を含むターゲット供給装置の一例を、図面を参照して詳細に説明する。

[0024] 4. 1 構成

図2は、図1に示すターゲット供給部を含むターゲット供給装置の一例を示す模式図である。図3は、図2に示すノズル部材、ノズルホルダおよび加振ユニットをターゲットの出力方向から見たときの概略構成を示す図である。

[0025] 図2に示すように、ターゲット供給装置は、タンク部（第1または第2部材）260と、ノズル部材266と、圧力調節器120と、温度コントローラ144と、ターゲット制御装置51と、加振ユニット111と、 piezo 電源112とを含んでもよい。

[0026] タンク部260内には、ターゲット材料271である錫（Sn）が貯蔵されてもよい。タンク部260の材質は、錫との反応性が低い材質であってもよい。錫との反応性が低い材質の材料は、たとえばモリブデン（Mo）であってもよい。

[0027] ノズル部材266には、3～6 μmの孔径のノズル孔267が形成されていてもよい。ノズル部材266の材質は、錫との反応性が低い材質（たとえばMo）であってもよい。ノズル部材266は、ノズルホルダ（第1部材）265によってタンク部260の底部に固定されてもよい。ノズルホルダ265の材質は、錫との反応性が低い材質（たとえばMo）であってもよい。ノズル部材266とノズルホルダ265との間、および、タンク部260とノズル部材266との間は、それぞれ面シールされていてもよい。

[0028] 圧力調節器120には、不活性ガスのボンベ130が接続されてもよい。ボンベ130と圧力調整器120との間のガス配管上には、圧力調整器120によって制御可能なバルブ134が設けられてもよい。圧力調節器120は、導入管131を介してタンク部260内に連通していてもよい。圧力調節器120は、ボンベ130から供給された不活性ガスを、導入管131を介してタンク部260内に導入してもよい。

[0029] 温度コントローラ144は、温度センサ142とヒータ電源143とに接続されてもよい。温度センサ142は、タンク部260またはノズルホルダ

265の温度を計測するように配置されていてもよい。ヒータ電源143は、ヒータ141に電氣的に接続されていてもよい。ヒータ電源143は、温度コントローラ144からの制御に従って、ヒータ141に電流を供給してもよい。ヒータ141は、タンク部260内のターゲット材料271を加熱するように配置されていてもよい。たとえば、ヒータ141は、タンク部260の外側面に配置されていてもよい。

[0030] 温度センサ142と温度コントローラ144とは、チャンバ2の隔壁に設けられた導入端子142aを介して電氣的に接続されていてもよい。導入端子142aは、チャンバ2の気密性を維持しつつ、温度センサ142と温度コントローラ144との接続ラインをチャンバ2から電氣的に絶縁してもよい。

[0031] ピエゾ電源112は、ターゲット制御装置51と、加振ユニット111とに接続されていてもよい。ピエゾ電源112と加振ユニット111とは、同じくチャンバ2の隔壁に設けられた導入端子111aを介して電氣的に接続されていてもよい。導入端子111aは、チャンバ2の気密性を維持しつつ、ピエゾ電源112と加振ユニット111との接続ラインをチャンバ2から電氣的に絶縁してもよい。

[0032] 図2および図3に示すように、加振ユニット111は、ノズルホルダ265の側面に設けられてもよい。加振ユニット111が複数配置される場合、加振ユニット111は、ノズル孔267の中心を通る軸に対して線対称の関係となるように配置されてもよい。各加振ユニット111の詳細については、後述する。

[0033] また、図2に示すように、ターゲット制御装置51は、加振ユニット111と、温度コントローラ144と、圧力調節器120と、EUV光生成制御装置5とに接続されていてもよい。

[0034] タンク部260の内部は、タンク部260の底部に設けられたターゲット流路を介してノズル孔267に連通していてもよい。ターゲット流路には、流通するターゲット材料271を濾過するための不図示のフィルタが配置さ

れてもよい。

[0035] 4. 2 動作

図2に示すターゲット制御装置51は、EUV光生成制御装置5または外部装置の制御部からドロップレット出力準備信号が入ると以下の処理を実行してもよい。

[0036] すなわち、ターゲット制御装置51は、まず、タンク部260内のターゲット材料271が融点以上の温度となるように、温度コントローラ144を制御してもよい。これに対し、温度コントローラ144は、温度センサ142の検出値が所定の温度以上となるよう、ヒータ電源143を駆動してもよい。所定の温度は、たとえばターゲット材料271として錫(Sn)を使用した場合、錫の融点(温度232℃)以上の温度であってもよい。また、所定の温度は、温度範囲であってもよい。温度範囲は、たとえば240℃～290℃であってもよい。

[0037] つづいて、ターゲット制御装置51は、温度センサ142の検出値が所定時間、所定の温度以上を維持しているか否かを判定してもよい。所定の温度以上が所定時間維持されている場合、ターゲット制御装置51は、EUV光生成制御装置5または外部装置の制御部にドロップレットの出力準備が完了したことを通知してもよい。その後、ターゲット制御装置51は、ドロップレット27の出力を要求するドロップレット出力信号が入力されるまで待機してもよい。

[0038] つぎに、ターゲット制御装置51は、ドロップレット出力信号が入力されると、圧力調整器120を制御して、タンク部260内の圧力を所定圧力まで昇圧してもよい。所定圧力は、たとえば10MPa(メガパスカル)程度であってもよい。また、ターゲット制御装置51は、圧力調整器120を制御して、タンク部260内の圧力を所定圧力に維持してもよい。タンク部260内の圧力が所定圧力に維持された状態では、ノズル孔267からターゲット材料271のジェットが出力されてもよい。

[0039] つづいて、ターゲット制御装置51は、ノズル孔267から吐出するター

ゲット材料 271 のジェットが所定サイズおよび所定周期のドロップレットに変化するように、 piezo 電源 112 を制御してもよい。これにより、 piezo 電源 112 から加振ユニット 111 に、所定波形の電圧が印加されてもよい。所定波形の電圧が印加された加振ユニット 111 で発生した振動は、ノズルホルダ 265、ノズル部材 266 およびタンク部 260 を介してターゲット材料 271 に伝達してもよい。その結果、ターゲット材料 271 のジェットが分断され、所定サイズおよび所定周期のドロップレットに変化してもよい。

[0040] 5. 加振ユニット：比較例

つづいて、図 2 および図 3 に示す加振ユニット 111 の一例について、図面を参照して詳細に説明する。

[0041] 5. 1 構成

図 4 は、図 2 に示す加振ユニットの一例を示す斜視図である。図 5 は、図 4 に示す加振ユニットの 2 本の第 1 ボルト 308 の中心軸を含む面における断面図であり、図 6 は、図 5 の断面と垂直かつ、第 2 ボルト 306 の中心軸を含む面における断面図である。なお、図 5 は、図 6 に示す B-B 面の断面構造の一例を示し、図 6 は、図 5 に示す A-A 面の断面構造の一例を示す。

[0042] 図 4～図 6 に例示する加振ユニット 300 は、2 本の第 1 ボルト 308 と、第 2 ボルト 306 と、与圧用フレーム 307 と、押さえ部材 305 と、 piezo 素子 304 と、振動伝達部材 301 とを含んでもよい。

[0043] 与圧用フレーム 307 は、加振ユニット 300 のフレーム部材であってもよい。この与圧用フレーム 307 は、両側に位置する一方のアーム部 307b と、他方のアーム部 307b を連結する中央の梁部 307a とを含んでもよい。

[0044] 振動伝達部材 301 は、与圧用フレーム 307 とノズルホルダ 265 との間に配置されてもよい。振動伝達部材 301 の中央部には、先端側が細い円錐台状の突起部 302 が設けられてもよい。突起部 302 の先端は、ノズルホルダ 265 の側面に接触してもよい。突起部 302 の先端とノズルホルダ

265の側面との接触面積は、 piezo素子304の何れか1つの面の面積よりも小さくてもよい。

[0045] 2本の第1ボルト308は、与圧用フレーム307と振動伝達部材301とを、ノズルホルダ265の側面に固定してもよい。そこで、第1ボルト308の軸部の先端309には、ねじ部が形成されていてもよい。ノズルホルダ265の側面には、2つの第1ボルト308の軸部の先端309が螺合される2つのねじ穴が設けられていてもよい。与圧用フレーム307における2つのアーム部307bおよび振動伝達部材301には、2本の第1ボルト308をそれぞれ嵌挿するための2つの貫通孔が設けられていてもよい。

[0046] 第2ボルト306は、piezo素子304および振動伝達部材301をノズルホルダ265に押し付ける圧力を調整する調整部材であってもよい。そこで、与圧用フレーム307における中央の梁部307aには、第2ボルト306を螺合するためのねじ穴が設けられていてもよい。

[0047] 振動伝達部材301は、与圧用フレーム307に螺合された第2ボルト306によってノズルホルダ302側へ付勢されてもよい。第2ボルト306振動伝達部材301との間には、piezo素子304および押さえ部材305が配置されてもよい。第2ボルト306は、押さえ部材305を介してpiezo素子304を振動伝達部材301へ押し付けつつ、振動伝達部材301の突起部302をノズルホルダ265へ押し付けてもよい。

[0048] piezo素子304は、外部からの電気信号に応じて振動する圧電部材であってもよい。このpiezo素子304は、図示しない配線によってpiezo電源112（図2参照）に接続されてもよい。piezo素子304は、チタン酸ジルコン酸鉛を用いた圧電素子であってもよい。また、振動伝達部材301には、冷却水配管303が設けられてもよい。冷却水配管303は、図示しない冷却水温度調節装置に接続されてもよい。

[0049] なお、加振ユニット300の取り付け位置は、ノズルホルダ265の側面に限られない。たとえば、加振ユニット300がタンク部260の側面に取り付けられてもよい。すなわち、加振ユニット300は、タンク部260内

からノズル孔 267 までのターゲット流路 FL 内に存在するターゲット材料 271 に振動を与えられる位置であれば、いかなる場所に取り付けられてもよい。

[0050] 5. 2 動作

図 4～図 6 に示す加振ユニット 300 では、振動伝達部材 301 の突起部 302 をノズルホルダ 265 へ押し付ける与圧、および、 piezo 素子 304 を押さえ部材 305 と振動伝達部材 301 とで挟み込む与圧（piezo 素子 304 への与圧）が、第 2 ボルト 306 によって与えられてもよい。

[0051] 具体的には、与圧用フレーム 307 におけるアーム部 307b の貫通孔および振動伝達部材 301 の貫通孔に嵌挿された状態の第 1 ボルト 308 をノズルホルダ 265 のねじ穴にねじ込むことで、振動伝達部材 301 をノズルホルダ 265 へ押し付ける与圧が振動伝達部材 301 の両側端に与えられてもよい。

[0052] また、第 2 ボルト 306 を与圧用フレーム 307 の梁部 307a にねじ込むことで、突起部 302 をノズルホルダ 265 へ押し付ける与圧が押さえ部材 305 および piezo 素子 304 を介して振動伝達部材 301 の中央付近に与えられてもよい。また、同様にして、piezo 素子 304 を押さえ部材 305 と振動伝達部材 301 とで挟み込む与圧が与えられてもよい。なお、第 2 ボルト 306 によって与えられる与圧は、振動伝達部材 301 の突起部 302 をノズルホルダ 265 に押し付ける与圧であってもよい。

[0053] 上記した与圧は、第 1 ボルト 308 および第 2 ボルト 306 のねじ込みトルクを調整することによって、調節され得る。その際、piezo 素子 304 で発生した振動が振動伝達部材 301 の突起部 302 を介してタンク部 260 内のターゲット材料 271 に到達するように、第 1 ボルト 308 および第 2 ボルト 306 のねじ込みトルクが調整されてもよい。

[0054] piezo 素子 304 は、piezo 電源 112 から印加された所定波形の電圧に基づいて伸縮することで、振動を発生してもよい。発生した振動は、振動伝達部材 301 の突起部 302、ノズルホルダ 265、ノズル部材 266、タ

ンク部 260 等を介して、ターゲット流路 FL 内のターゲット材料 271 に伝達してもよい。それにより、ノズル孔 267 から吐出するターゲット材料 271 のジェットが所定サイズおよび所定周期のドロップレットに変化し得る。

[0055] 振動伝達部材 301 は、冷却水配管 303 を流れる冷却水で冷却されてもよい。それにより、タンク部 260、ノズルホルダ 265 等を介して伝達するヒータ 141 からの熱によって piezo 素子 304 の温度がキュリー点以上になることが抑制されてもよい。なお、piezo 素子 304 のキュリー点は、150℃から350℃の範囲であってもよい。

[0056] 5. 3 課題

ここで、EUV 光生成装置 1 のチャンバ 2 内において発生するターゲット材料 271 のデブリを低減するためには、ドロップレット状に出力されるターゲット 27 の体積を小さくするとよい。微小なドロップレットを出力するためには、ノズル孔 267 の孔径（以下、ノズル径という）を小さくするとよい。

[0057] ただし、たとえば加振ユニット 300 を含むターゲット供給装置においてノズル径を小さくすると、ドロップレットの生成周期が不安定になる可能性が存在する。これは、ノズル径を小さくした場合、ドロップレットを安定して生成するためにターゲット材料 271 に伝達されるべき振動周波数が上昇するためと考えられる。

[0058] たとえば、ノズル径が $\Phi 10 \mu\text{m}$ の場合に安定したドロップレット生成に必要な振動周波数が 1.5 MHz（メガヘルツ）であるとする、ノズル径が $\Phi 6 \mu\text{m}$ の場合に必要な振動周波数は 3 MHz となり得る。

[0059] 周波数 1.5 MHz の振動は、ターゲット材料 271 まで比較的良好に伝達され得る。しかしながら、ノズル径を小さくした場合に必要な高周波の振動は、十分な振幅でターゲット材料 271 に伝達できない場合が存在し得る。その場合、ターゲット材料 271 のジェットを分断する力が弱くなるため、ドロップレットの生成が外乱の影響を受け易く、その結果、ドロップ

レットの生成周期が不安定になり得る。

[0060] そこで以下の実施形態では、比較的高周波の振動を十分な振幅で伝達し得る加振ユニットを例示する。

[0061] 6. 加振ユニット：実施形態 1

まず、実施形態 1 にかかる加振ユニットについて、図面を参照して詳細に説明する。

[0062] 上述したように、ノズルホルダ 265 やタンク部 260 など、ターゲット材料 271 と接触する部材は、ターゲット材料 271 との反応性が低いことが望ましい。そのため、それらの材質の選択に制限がかかり、必ずしも効率的に振動を伝達し得る最良の材料を選択できるとは限らない。そこで実施形態 1 では、発生した振動をターゲット材料 271 まで伝達する経路上に位置する部材であってターゲット材料 271 と接触しない部材に、比較的振動減衰率が低い材質が用いられてもよい。

[0063] ここで、比較的振動減衰率が低い材質とは、発生した振動をターゲット材料 271 まで伝達する経路上に位置する部材であってターゲット材料 271 に接触する部材の材質よりも振動減衰率が低い材質であってもよい。発生した振動をターゲット材料 271 まで伝達する経路上に位置する部材であってターゲット材料 271 に接触する部材とは、たとえばノズルホルダ 265、ノズル部材 266、タンク部 260 であってもよい。一方、発生した振動をターゲット材料 271 まで伝達する経路上に位置する部材であってターゲット材料 271 と接触しない部材とは、たとえば振動伝達部材であってもよい。

[0064] 6. 1 構成

図 7 は、実施形態 1 にかかる加振ユニットの概略構成例を示す断面図である。なお、図 7 は、図 5 に対応する断面の構造例を示している。また、以下の説明において、加振ユニット 300 と同様の構成については、同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

[0065] 図 7 に示すように、実施形態 1 にかかる加振ユニット 310 は、加振ユニ

ット３００と同様の構成において、振動伝達部材３０１が振動伝達部材３１１に置き換えられてもよい。

[0066] 振動伝達部材３１１は、振動伝達部材３０１と同様の構成において、突起部３０２が加振ピン３１２に置き換えられてもよい。この加振ピン３１２は、振動伝達部材３１１の他の構成と一体であってもよいし、別々の部材であってもよい。

[0067] 加振ピン３１２は、円柱形状であってもよい。加振ピン３１２の円形の断面積は、ピエゾ素子３０４の何れか１つの面の面積よりも小さくてもよい。

[0068] 加振ピン３１２は、ノズルホルダ２６５やタンク部２６０等の材質よりも振動減衰率の低い材質で形成されてもよい。ノズルホルダ２６５やタンク部２６０等の材料としてモリブデンが用いられた場合、その対数振動減衰率は０．０３であり得る。その場合、加振ピン３１２の材料には、たとえば対数振動減衰率が０．０１（＜０．０３）であるステンレス等が用いられてもよい。また、振動伝達部材３１１の他の構成の材質もノズルホルダ２６５やタンク部２６０等の材質よりも振動減衰率の低い材質で形成されてもよい。

[0069] また、ノズルホルダ２６５における振動伝達部材３１１との接触部分には、加振穴３１３が設けられていてもよい。加振ピン３１２の先端は、加振穴３１３の底と接触してもよい。加振穴３１３は、ノズルホルダ２６５の側面からターゲット流路ＦＬに向かう凹形状であってもよい。すなわち、加振穴３１３は、加振ピン３１２とノズルホルダ２６５との接触位置をターゲット流路ＦＬに近づける形状であってもよい。接触面（すなわち、加振穴３１３の底）とターゲット流路ＦＬとの最短距離は、たとえば２～５ｍｍであってもよい。より好ましくは、最短距離は３ｍｍであってもよい。

[0070] 加振穴３１２の開口形状には、円形に限らず、三角形や四角形など、種々の形状を適用することができる。また、加振穴３１２は、ノズルホルダ２６５の１つの側面に形成された溝であってもよい。

[0071] なお、加振ユニット３００と同様、加振ユニット３１０の取り付け位置は、ノズルホルダ２６５の側面に限られない。たとえば、加振ユニット３１０

がタンク部２６０の側面に取り付けられてもよい。その場合、加振穴３１３もタンク部２６０の側面に形成されるとよい。すなわち、加振ユニット３１０は、ターゲット流路ＦＬ内に存在するターゲット材料２７１に振動を与えられる位置であれば、いかなる場所に取り付けられてもよい。加振穴３１３は、加振ユニット３１０の取り付け位置に対応して形成されるとよい。

[0072] ６．２ 動作

図７に示す加振ユニット３１０では、図４～図６に示す加振ユニット３００と同様に、 piezo素子３０４で発生した振動が、振動伝達部材３１１の加振ピン３１２、ノズルホルダ２６５、ノズル部材２６６、タンク部２６０等を介して、ターゲット流路ＦＬ内のターゲット材料２７１に伝達されてもよい。それにより、ノズル孔２６７から噴出するターゲット材料２７１のジェットが分断され、所定サイズおよび所定周期のドロップレットに変化してもよい。

[0073] ６．３ 作用

以上のように、実施形態１にかかる加振ユニット３１０では、発生した振動のターゲット材料２７１までの伝達経路の一部である振動伝達部材３１１に、ノズルホルダ２６５やタンク部２６０等の振動減衰率よりも低い振動減衰率の材質が用いられてもよい。それにより、piezo素子３０４で発生した振動がターゲット流路ＦＬ内のターゲット物質２７１に効率的に伝達され得る。

[0074] また、加振ピン３１２とノズルホルダ２６５との接触面をターゲット流路ＦＬに近づける加振穴３１３を設けることで、piezo素子３０４からターゲット材料２７１までの振動伝達経路における振動伝達部材３１１よりも振動減衰率の大きい区間が短縮され得る。それにより、振動がより効率的にターゲット材料２７１まで伝達され得る。

[0075] さらに、加振ピン３１２が振動伝達部材３１１の他の構成と一体である場合には、振動伝達経路上の部品点数を削減することができるため、部品接合部で生じる振動減衰が低減され得る。それにより、振動がより効率的にター

ゲット材料 271 まで伝達され得る。

[0076] 以上の結果、ノズル径を小さくした場合でも、高周波の振動を十分な振幅でターゲット材料 271 に伝達し得る。それにより、ドロップレットを安定して生成し得る。

[0077] なお、その他の構成、動作および作用は、上述した加振ユニット 300 と同様であってよい。

[0078] 7. 加振ユニット：実施形態 2

つぎに、実施形態 2 にかかる加振ユニットについて、図面を用いて詳細に説明する。

[0079] たとえば図 4～図 6 に示す構成において、ターゲット 27 の出力のためにタンク部 260 やノズルホルダ 265 等を加熱する場合、その熱によって加振ユニット 300 における第 1 ボルト 308 の温度も上昇し得る。その結果、第 1 ボルト 308 がタンク部 260 等とほぼ同じ温度となり得る。一方で、振動伝達部材 301 は冷却水流路 303 を流れる冷却水によって冷却されるため、その温度は数十度であり得る。

[0080] このように大きな温度差が発生し得る構成では、室温で組み立てた加振ユニット 300 をノズルホルダ 265 やタンク部 260 等に組み付けた状態で加熱すると、熱によって第 1 ボルト 308 が延在方向に膨張することで各部材間の接触面圧が低下し得る。そして、振動伝達部材 301 をノズルホルダ 265 やタンク部 260 等に押し付ける与圧や piezo 素子 304 を挟み込む与圧が低下または変動する場合があります。

[0081] 具体的には、温度上昇する第 1 ボルト 308 が熱膨張によって延在方向に伸びるのに対して、冷却されている振動伝達部材 301 および与圧用フレーム 307 の熱膨張は抑制され得る。それにより、第 1 ボルト 308 が与圧用フレーム 307 および振動伝達部材 301 をノズルホルダ 265 やタンク部 260 等に押し付ける力が低下し得る。このため、与圧用フレーム 307 が振動伝達部材 301 に与える与圧が低下し得る。また、同様に、第 2 ボルト 306 が押さえ部材 305 および piezo 素子 304 を介して振動伝達部材 3

０１に与える与圧も低下し得る。さらに、 piezo素子３０４を押さえ部材３０５と振動伝達部材３０１とで挟み込む与圧も低下し得る。それらの要因により、 piezo素子３０４で発生した振動がターゲット材料２７１へ伝達する際の振動伝達効率が低下し得る。

[0082] このような熱膨張による緩みは、第１ボルト３０８や第２ボルト３０６のねじ込みトルクを調整することで解消し得る。しかしながら、各ボルトを回すトルクレンチ等の工具の精度や、ねじ部とねじ穴との摩擦力等には、ばらつきが存在し得る。そのため、第１ボルト３０８によって振動伝達部材３０１に与えられる与圧と、第２ボルト３０６によって振動伝達部材３０１や piezo素子３０４に与えられる与圧とが、加振ユニット３００ごとにばらつく可能性がある。その結果、 piezo素子３０４で発生した振動の伝達効率に、加振ユニット３００ごとの機差が生じる場合がある。

[0083] そこで実施形態２では、部材の熱膨張による与圧の低下を抑制し得る加振ユニットを例示する。なお、実施形態２では、図７に示す加振ユニット３１０をベースとした構成を例示するが、本開示で例示する他の実施形態も同様にベースとして用いることが可能である。

[0084] ７．１ 構成

図８は、実施形態２にかかる加振ユニットの概略構成例を示す断面図である。なお、図８は、図７に対応する断面の構造例を示している。また、以下の説明において、加振ユニット３１０と同様の構成については、同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

[0085] 図８に示すように、実施形態２にかかる加振ユニット３２０は、図７に示す加振ユニット３１０と同様の構成に加え、第１および第２弾性部材３２２および３２６、第１および第２台座３２１および３２７、ワッシャ３２３、およびシム３２４をさらに備えてもよい。また、加振ユニット３１０における押さえ部材３０５が押さえ部材３２５に置き換えられてもよい。

[0086] 第１弾性部材３２２は、第１ボルト３０８の頭部と与圧用フレーム３０７との間に配置されてもよい。弾性部材３２２と与圧用フレーム３０７との間

には、第1台座321が配置されてもよい。一方、弾性部材322と第1ボルト308の頭部との間には、ワッシャ323と1つ以上のシム324とが配置されてもよい。

[0087] 第2ボルト306の軸部の先端には、第2台座327が配置されてもよい。第2台座327と押さえ部材325とは、互いに嵌合する凸部および凹部を有してもよい。第2弾性部材326は、第2台座327と押さえ部材325との間に配置されてもよい。

[0088] 第1弾性部材322は、第1ボルト308の軸部に嵌挿可能なリング状の部材であってもよい。同様に、第2弾性部材326は、第2台座327または押さえ部材325の凸部に嵌挿可能なリング状の部材であってもよい。これら第1および第2弾性部材322および326は、たとえば皿ばねであってもよい。また、第1台座321および第2台座327は、それぞれ第1弾性部材322または第2弾性部材326を変形可能に保持してもよい。

[0089] 7. 2 動作

図8に示す加振ユニット320では、振動伝達部材311の両側端へ与えられる与圧の各部の熱膨張差に起因した変動（たとえば与圧の低下）が、第1弾性部材322の弾性力およびストロークによって緩和され得る。

[0090] また、振動伝達部材311の中央付近（すなわち、加振ピン312）へ与えられる与圧の変動（たとえば与圧力の低下）が、第1および第2弾性部材322および326の弾性力およびストロークによって緩和され得る。

[0091] さらに、 piezo素子304に与えられる与圧の変動が、第1および第2弾性部材322および326の弾性力およびストロークによって緩和され得る。

[0092] なお、第1弾性部材322および第2弾性部材326に皿ばねを用いた場合、その枚数、重ねる方向、硬さ等を調整することで、それぞれの弾性力およびストロークが調整されてもよい。

[0093] 第1弾性部材322および第2弾性部材326に予め与えておく負荷（プリロード）は、第1ボルト308および第2ボルト306のねじ込みトルク

を調整することで調節されてもよい。また、第1ボルト308および第1弾性部材322のように、それぞれの間にシム324が介在する場合、シム324の厚さや枚数を調整することで、第1弾性部材322に対するプリロードおよびそのストロークが調整されてもよい。

[0094] 振動伝達部材311（加振ピン312）への与圧と piezo 素子304への与圧とは、たとえば加振ピン312とノズルホルダ265との間の面圧が piezo 素子304と振動伝達部材311との間の面圧よりも大きくなるように、調整されてもよい。その際、piezo 素子304と振動伝達部材311との間の面圧は、たとえば30MPa程度に調整されてもよい。

[0095] 7. 3 作用

以上のような構成を備えることで、実施形態2にかかる加振ユニット320では、ターゲット27の出力のために加熱した際に、振動伝達部材311（加振ピン312）への与圧や piezo 素子304への与圧が変動することが抑制され得る。

[0096] また、変形（ストローク）可能な第1および第2弾性部材322および326やシム324等を用いることで、振動伝達部材311（加振ピン312）への与圧や piezo 素子304への与圧の調整自由度が大幅に向上し得る。それにより、振動伝達部材311（加振ピン312）への与圧や piezo 素子304への与圧を精度よく調整することが可能となる。このため、piezo 素子304で発生した振動の伝達効率が、加振ユニット300ごとに異なるという機差を低減し得る。

[0097] なお、加振ユニット320の各部（特に第1ボルト308および第2ボルト306）は、熱膨張係数の比較的小さな材質で構成されてもよい。熱膨張係数の比較的小さな材質の材料は、たとえばインバーやニッケルを主成分とした合金等であってもよい。

[0098] また、第1ボルト308および第2ボルト306が熱伝導率の比較的低い材質で構成されてもよい。熱伝導率の比較的低い材質の材料は、たとえば窒化アルミニウム、炭化ケイ素、窒化ホウ素等のセラミックであってもよい。

[0099] なお、その他の構成、動作および作用は、上述した実施形態と同様であってよい。

[0100] 8. 加振ユニット：実施形態3

つぎに、実施形態3にかかる加振ユニットについて、図面を用いて詳細に説明する。

[0101] 上述した実施形態では、加振ユニット310または320がノズルホルダ265またはタンク部260に取り付けられた構成が例示された。ただし、加振ユニットの取り付け位置は、ノズルホルダ265またはタンク部260に限られない。実施形態3では、加振ユニットの他の取り付け位置を例示する。なお、実施形態3では、図8に示す加振ユニット320をベースとした構成を例示するが、本開示で例示する他の実施形態も同様にベースとして用いることが可能である。

[0102] 8. 1 構成

図9は、実施形態3にかかる加振ユニットの取り付け例を示す断面図である。図9は、図8に相当する断面の構造例を示している。但し加振ユニットの取り付け位置が図8の場合と異なる。図10は、図9に示す取り付け例の断面図である。なお、図9は、図10に示すD-D面の断面構造の一例を示し、図10は、図9に示すC-C面の断面構造の一例を示す。なお、以下の説明において、図8に示す構成と同様の構成については、同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

[0103] 図9および図10に示すように、タンク部260とノズルホルダ265との間に、振動伝達部材（第1または第3部材）331が配置されてもよい。そこで、タンク部260の底部には、振動伝達部材331の凹部または凸部と嵌合する凸部または凹部が設けられてもよい。また、ノズルホルダ265には、振動伝達部材331の凸部または凹部と嵌合する凹部または凸部が設けられてもよい。タンク部260と振動伝達部材331との間、および、振動伝達部材331とノズルホルダ265との間は、面シールによって封止されてもよい。

- [0104] 振動伝達部材 331 には、タンク部 260 のターゲット流路 FL と連通し、ターゲット流路 FL をノズルホルダ 265 のノズル部材 266 まで延長する流路が設けられてもよい。以下、当該流路をターゲット流路 FL と区別せずターゲット流路 FL と呼称する。
- [0105] 振動伝達部材 331 とターゲット材料 271 との接触面積、すなわち、振動伝達部材 331 内のターゲット流路 FL の内表面積は、タンク部 260 内におけるターゲット材料 271 との接触面積よりも小さくてもよい。そこで、振動伝達部材 331 は、タンク部 260 よりも体積の小さな部材であってもよい。
- [0106] 振動伝達部材 331 の材質は、ターゲット材料 271 と反応性が低い材質であってもよい。また、振動伝達部材 331 の材質は、タンク部 260 等の材質と熱膨張率が近い材質であってもよい。そこで、たとえばタンク部 260 の材料をモリブデンとした場合、振動伝達部材 331 の材料にモリブデンが用いられてもよい。
- [0107] また、振動伝達部材 331 の材質は、タンク部 260 またはノズルホルダ 265 の材質よりも振動減衰率の低い材質であってもよい。振動伝達部材 331 の材料として選択し得る材料の例を図 11 の表に示す。図 11 に列挙する材料のうち、モリブデン、炭化ケイ素、炭化タングステン、窒化アルミニウム、ホウ化ジルコニウムおよび炭化ホウ素は、振動伝達部材 331 の材料として特に有効である可能性を有する。
- [0108] 振動伝達部材 331 の側面には、加振ユニット 320 における 2 つの第 1 ボルト 308 の先端 309 が螺合する 2 つのねじ穴が設けられてもよい。加振ユニット 320 は、これら 2 つのねじ穴に 2 つの第 1 ボルト 308 の先端 309 を螺合することで、振動伝達部材 331 に固定されてもよい。また、振動伝達部材 331 の側面には、加振ピン 312 に対応する加振穴 313 が設けられてもよい。
- [0109] 8. 2 動作

図 9 および図 10 に示す構成では、 piezo 素子 304 で発生した振動が、

振動伝達部材 3 1 1 の加振ピン 3 1 2 から振動伝達部材 3 3 1 を経て、ターゲット流路 F L 内のターゲット材料 2 7 1 に伝達されてもよい。それにより、ノズル孔 2 6 7 から噴出するターゲット材料 2 7 1 のジェットが分断され、所定サイズおよび所定周期のドロップレットに変化してもよい。

[0110] 8. 3 作用

以上のように、実施形態 3 にかかる構成では、加振ユニット 3 2 0 で発生した振動が、ターゲット流路 F L 内のターゲット材料 2 7 1 に直接接触する振動伝達部材 3 3 1 に直接伝達され得る。それにより、より効率的に振動をターゲット流路 F L 内のターゲット材料 2 7 1 に伝達し得る。

[0111] また、振動伝達部材 3 3 1 を振動減衰率の低い材質とすることでも、より効率的に振動をターゲット流路 F L 内のターゲット材料 2 7 1 に伝達し得る。

[0112] さらに、振動伝達部材 3 3 1 は、タンク部 2 6 0 よりも小さな部材とすることで部材全体が振動することで振動エネルギーを消費してしまうことを抑制し得る。また、ターゲット材料 2 7 1 との接触面積を小さく構成可能なので、ターゲット材料 2 7 1 との接触面に伝達される振動エネルギーの密度を高くなり得る。それにより、より効率的に振動をターゲット流路 F L 内のターゲット材料 2 7 1 に伝達し得る。

[0113] なお、その他の構成、動作および作用は、上述した実施形態と同様であってよい。

[0114] 9. 加振ピンの変形例

つづいて、上記の実施形態において例示した加振ピン 3 1 2 の変形例について、以下に図面を参照して詳細に説明する。

[0115] 加振ピン 3 1 2 の先端部分は、根元側の断面積と比較して小さい断面積となるような、先細りの形状を有してもよい。この際の断面積とは、加振ピン 3 1 2 の延在方向に対して垂直な面における断面積であってもよい。また、加振ピン 3 1 2 が略円筒である場合、円筒の断面積であってもよい。

[0116] 9. 1 第 1 変形例

図 1 2 は、第 1 変形例にかかる加振ピンの概略形状を示す断面図である。
図 1 2 に示すように、加振ピン 3 4 2 の先端部 3 4 3 は、テーパ形状を有することで、その断面積が縮小されていてもよい。

[0117] 9. 2 第 2 変形例

図 1 3 は、第 2 変形例にかかる加振ピンの概略形状を示す断面図である。
図 1 3 に示すように、先細りのテーパ形状は、先端部分に限らず、加振ピン 3 5 2 の全体に対する形状であってもよい。

[0118] 9. 3 第 3 変形例

図 1 4 は、第 3 変形例にかかる加振ピンの概略形状を示す断面図である。
図 1 4 に示すように、加振ピン 3 6 2 は、根元側の胴体部分よりも細い先端部 3 6 3 を備えてもよい。たとえば加振ピン 3 6 2 が略円筒である場合、階段状の段差を経てより細い略円筒の先端部 3 6 3 が設けられてもよい。

[0119] 9. 4 第 4 変形例

図 1 5 は、第 4 変形例にかかる加振ピンの概略形状を示す断面図である。
図 1 5 に示すように、加振ピン 3 7 2 の先端部 3 7 3 は、凸状曲面形状であってもよい。凸状曲面は、球面、回転楕円面、双曲面等、種々の曲面であってもよい。この場合、加振穴 3 1 3 と先端部 3 7 3 との接触は、実質的に点接触であってもよい。

[0120] 9. 5 変形例による作用

以上で例示した変形例によれば、振動伝達部である振動伝達部材 3 1 1 とノズルホルダ 2 6 5 またはタンク部 2 6 0（あるいは振動伝達部材 3 3 1）との接触面積を縮小することが可能となるため、より効率的に振動を伝達することが可能となる。

[0121] なお、単純に加振ピンを細くした場合、加振ピン自体の剛性が低下し、それにより、加振ピン 3 1 2 において振動が減衰してしまう場合がある。そこで、上述した変形例のように、加振ピンの胴体部分の剛性を維持しつつ、接触部分近傍の断面積を縮小した構成とすることで、加振ピンの剛性低下を抑制しつつ、より効率的な振動伝達が可能となる。

[0122] 10. 加振ピンと加振穴との接触形態の変形例

つづいて、上記の実施形態において例示した加振ピン312と加振穴313との接触形態の変形例について、以下に図面を参照して詳細に説明する。

[0123] 上述した実施形態では、加振ピン312の先端面および加振穴313の底面が平面であってもよい。その場合、加振ピン312の先端と加振穴313の底面とは、実質的に面接触を形成し得る。ただし、これに限定されるものではない。たとえば図15に示す第4変形例で例示したように、加振ピンの先端と加振穴の底面とは、点接触あるいは線接触を形成してもよい。

[0124] 10. 1 第1変形例

図16は、第1変形例にかかる加振ピンと加振穴との接触形態の一例を示す断面図である。図16に示すように、加振ピン372の先端部373が凸状曲面形状である場合、それを受ける加振穴391の底面の形状は、凹状曲面形状であってもよい。凸状曲面および凹状曲面は、球面、回転楕円面、双曲面等、種々の曲面であってもよい。

[0125] 加振穴391の底面の凹状曲面は、先端部373の凸状曲面よりも平面に近い形状であってもよい。たとえば先端部373の凸状曲面および加振穴391の底面の凹状曲面がともに球面である場合、先端部373の凸状球面の曲率半径が加振穴391の底面の凹状球面の曲率半径よりも小さくてもよい。

[0126] 10. 2 第2変形例

図17は、第2変形例にかかる加振ピンと加振穴との接触形態の一例を示す断面図である。図17に示すように、加振ピン382の先端部383において、凸状曲面を有する部分は、その先端面の一部であってもよい。同様に、加振穴392の内面において、凹状曲面を有する部分は、その底面の一部であってもよい。図17に示す形態例においても、加振穴392の底面の凹状曲面は、先端部383の凸状曲面よりも平面に近い形状であってもよい。

[0127] 10. 3 第1および第2変形例による作用

加振ピンと加振穴との接触形態の第1および第2変形例によれば、加振ピ

ンと加振穴の底面との接触形態が実質的に点接触となるため、振動伝達部である振動伝達部材 3 1 1 とノズルホルダ 2 6 5 またはタンク部 2 6 0（あるいは振動伝達部材 3 3 1）との接触面積を大幅に縮小することが可能となる。その結果、より効率的に振動を伝達することが可能となる。

[0128] 1 0. 4 第 3 変形例

図 1 8 は、第 3 変形例にかかる加振ピンと加振穴との接触形態の一例を示す断面図である。図 1 8 に示すように、加振穴 3 9 3 の底面は、加振ピン 3 7 2 の先端部 3 7 3 における最先端の部分と点接触する面以外に、先端部 3 7 3 の周囲部分と多点接触または線接触を形成する位置決め部 3 9 4 を含んでもよい。その際、加振ピン 3 7 2 には、図 1 6 に例示した加振ピン 3 7 2 と同様の形状が用いられてもよい。

[0129] 位置決め部 3 9 4 は、加振穴 3 9 3 の底面の周囲に亘る階段状の段差であってもよい。この位置決め部 3 9 4 は、先端部 3 7 3 の周囲部分と接触することで、加振ピン 3 7 2 を加振穴 3 9 3 に対する正しい位置に保定してもよい。

[0130] 1 0. 5 第 4 変形例

図 1 9 は、第 4 変形例にかかる加振ピンと加振穴との接触形態の一例を示す断面図である。図 1 9 に示す加振穴 3 9 5 のように、図 1 8 に示す加振穴 3 9 3 において、加振ピン 3 7 2 の先端部 3 7 3 における最先の部分と点接触する面は、凹状曲面であってもよい。その際、加振ピン 3 8 2 には、図 1 7 に例示した加振ピン 3 8 2 と同様の形状が用いられてもよい。

[0131] 第 4 変形例における位置決め部 3 9 4 は、加振ピン 3 8 2 の胴体部分の周囲と多点接触、線接触または面接触を形成してもよい。

[0132] 1 0. 3 第 3 および第 4 変形例による作用

このように、加振ピンを加振穴に対して位置決めする位置決め部 3 9 4 を設けることで、加振ピンの位置ずれを抑制し、加振穴内面との接触部を一定範囲内に規制することが可能となる。それにより、加振ピンから加振穴内面への振動伝達位置が組み付けばらつきによって変動することを抑制し得る。

その結果、組み付けばらつきによる振動伝達の機差が低減され得る。

[0133] なお、位置決め部 394 の形状は、上記した段差に限られない。たとえば、対向する加振ピンの外形に対して所定のはめあい公差に基づいて、位置決め部 394 の形状が設計されてもよい。

[0134] 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。

[0135] 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不定冠詞「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

[0136] 2…チャンバ、26…ターゲット供給部、27…ドロップレット、51…ターゲット制御装置、112…ピエゾ電源、260…タンク部、265…ノズルホルダ、266…ノズル部材、267…ノズル孔、305、325…押さえ部材、306…第1ボルト、307…与圧用フレーム、307a…梁部、307b…アーム部、308…第2ボルト、310、320…加振ユニット、311、321…振動伝達部材、312、342、352、362、372、382…加振ピン、313、343、363、373、391、392、393、395…加振穴、321…第1台座、322…第1弾性部材、323…ワッシャ、324…シム、326…第2弾性部材、327…第2台座、331…振動伝達部材、394…位置決め部

請求の範囲

- [請求項1] ターゲット流路（FL）内に供給されたターゲット材料（271）に振動を与える加振ユニット（310，320）であって、
 前記ターゲット流路を内部に含む第1部材（265，260，331）に接触する振動伝達部材（311，321）と、
 前記振動伝達部材に接触し、外部からの電気信号に応じて振動する圧電部材（304）と、
 を備え、
 前記振動伝達部材の振動減衰率は、前記第1部材の振動減衰率よりも小さい
 加振ユニット。
- [請求項2] 前記圧電部材を前記振動伝達部材に押し付ける圧力を与える第1弾性部材（326）と、
 前記第1弾性部材が前記圧電部材に与える前記圧力を調整する調整部材（306）と、
 をさらに備える
 請求項1に記載の加振ユニット。
- [請求項3] 前記第1弾性部材は、皿ばね（326）を含み、
 前記調整部材は、前記圧電部材との間に前記第1弾性部材を介在させるボルト（306）を含む
 請求項2に記載の加振ユニット。
- [請求項4] 前記振動伝達部材は、前記第1部材と接触する加振ピン（342，352，362，372，382）を含み、
 前記加振ピンの少なくとも先端（343，352，363，373，383）は、縮径している
 請求項1に記載の加振ユニット。
- [請求項5] 前記加振ピンの少なくとも先端は、テーパ形状（343，352）または凸状球面形状（373，383）である

請求項4に記載の加振ユニット。

[請求項6]

ターゲット流路を内部に含む第1部材と、

前記第1部材に接触する振動伝達部材と、前記振動伝達部材に接触し、外部からの電気信号に応じて振動する圧電部材とを備える加振ユニットと、

を備え、

前記振動伝達部材の振動減衰率は、前記第1部材の振動減衰率よりも小さい

ターゲット供給装置。

[請求項7]

ターゲット流路を内部に含む第1部材と、

前記第1部材に接触する振動伝達部材と、前記振動伝達部材に接触し、外部からの電気信号に応じて振動する圧電部材とを備える加振ユニットと、

を備え、

前記第1部材における前記振動伝達部材との接触位置には、当該接触位置を前記ターゲット流路に近づける凹形状（313，343，363，373，391，392，393，395）が形成されているターゲット供給装置。

[請求項8]

前記振動伝達部材は、前記第1部材と接触する加振ピン（342，352，362，372，382）を含み、

前記加振ピンの少なくとも先端（343，352，363，373，383）は、前記凹形状内部に配置される。

請求項7に記載のターゲット供給装置。

[請求項9]

ターゲット流路を内部に含む第1部材（265，331）と、

前記ターゲット流路へ供給されるターゲット材料を貯留する第2部材（260）と、

前記第1部材に接触する振動伝達部材と、前記振動伝達部材に接触し、外部からの電気信号に応じて振動する圧電部材とを備える加振ユ

ニットと、

を備え、

前記第 1 部材と前記ターゲット材料との接触面積は、前記第 2 部材と前記ターゲット材料との接触面積よりも小さい
ターゲット供給装置。

[請求項10] 前記第 1 部材と前記振動伝達部材との前記接触位置から前記ターゲット流路までの最短距離は、2 mm 以上 5 mm 以下である
請求項 6 に記載のターゲット供給装置。

[請求項11] 前記第 1 部材は、前記ターゲット材料を貯留するタンク部（260）である
請求項 8 に記載のターゲット供給装置。

[請求項12] 前記第 1 部材は、前記ターゲット流路を通過した前記ターゲット材料を出力するノズル部材を保持するノズルホルダ（265）である
請求項 8 に記載のターゲット供給装置。

[請求項13] 前記振動伝達部材の振動減衰率は、前記第 2 部材の振動減衰率よりも小さく、
前記第 1 部材の振動減衰率は、前記第 2 部材の振動減衰率よりも小さい
請求項 9 に記載のターゲット供給装置。

[請求項14] 前記ターゲット流路を通過した前記ターゲット材料を出力するノズル部材を保持する第 3 部材（331）をさらに備え、
前記第 3 部材は、前記第 2 部材と前記第 1 部材の間に配置され、前記第 2 部材から前記第 1 部材への前記ターゲット流路を形成する
請求項 9 に記載のターゲット供給装置。

[請求項15] 前記凹形状の底面の少なくとも一部は、凹状曲面形状（391, 392, 395）である
請求項 8 に記載のターゲット供給装置。

[請求項16] 前記振動伝達部材は、前記第 1 部材と接触する加振ピンを含み、

前記加振ピンの少なくとも先端は、凸状球面形状（３７３，３８３）であり、

前記凹状曲面形状は、前記凸状球面形状よりも平面に近い形状である

請求項１５に記載のターゲット供給装置。

[請求項17]

前記振動伝達部材は、前記第１部材と接触する加振ピンを含み、
前記凹形状の底面は、前記加振ピンの前記凹形状に対する位置を位置決めする位置決め部（３９４）を含む

請求項８に記載のターゲット供給装置。

[請求項18]

チャンバと、

前記チャンバ内へ前記ターゲット物質を供給する請求項８に記載のターゲット供給装置と、

前記チャンバ内へ供給された前記ターゲット物質へレーザ光を照射するレーザ装置と、

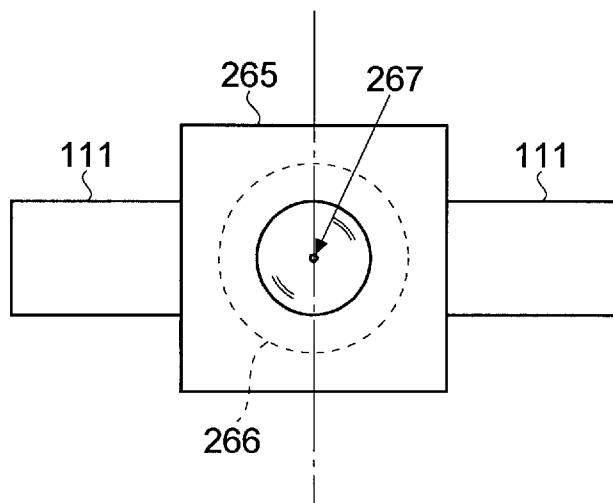
前記レーザ光が照射されることで生成された前記ターゲット物質のプラズマから放射した極端紫外光を集光して出力するコレクタミラーと、

を備える

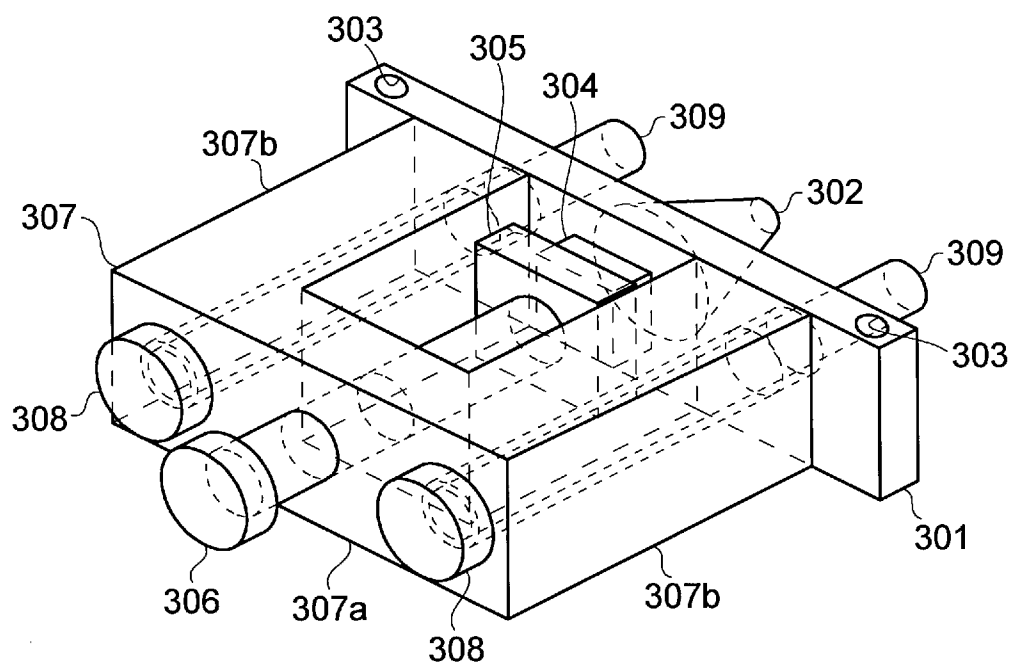
極端紫外光生成装置。

[illegible]

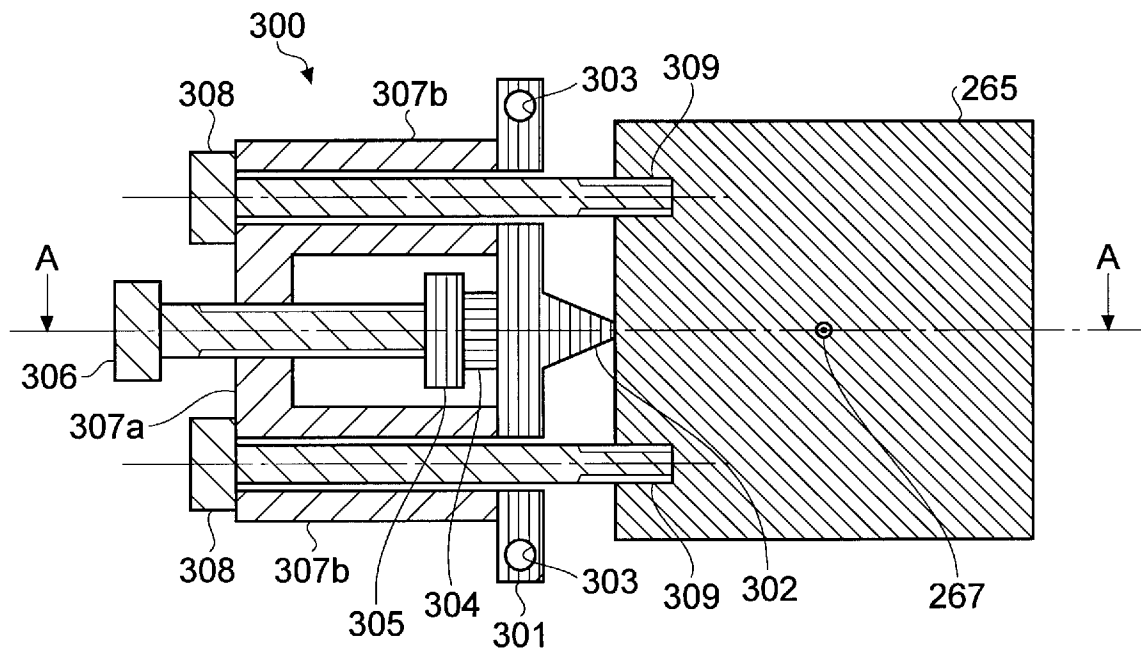
[図3]



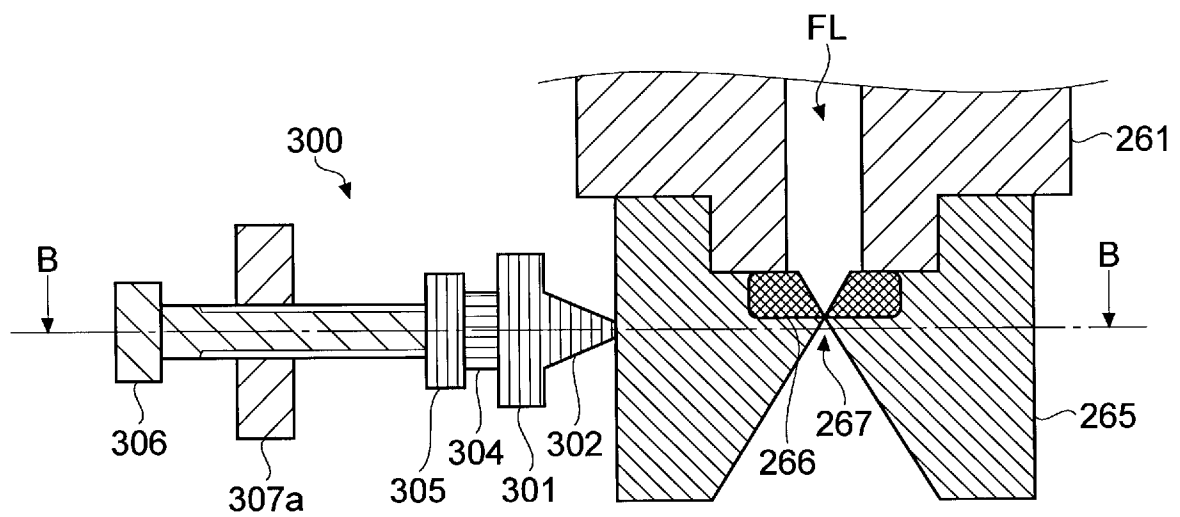
[図4]



[図5]



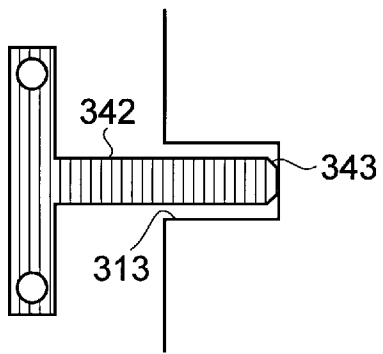
[図6]



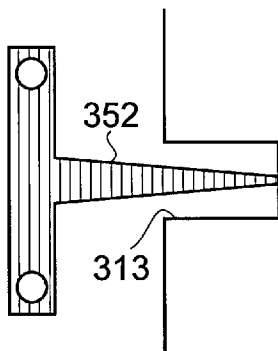
[図11]

材質	熱膨張係数 ($\times 10^{-6}/K$)
モリブデン	5.2
タングステン	4.6
酸化アルミニウム・ 二酸化ケイ素系ガラス	6
石英ガラス	0.59
ソーダガラス	8.5~9.0
ホウケイ酸ガラス	3.2
アルミナ	8.2
炭化ケイ素	4.1
炭化タングステン	5.2
窒化アルミニウム	4.8
ホウ化ジルコニウム	5.9
炭化ホウ素	5.4

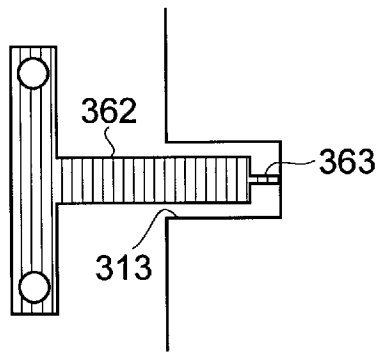
[図12]



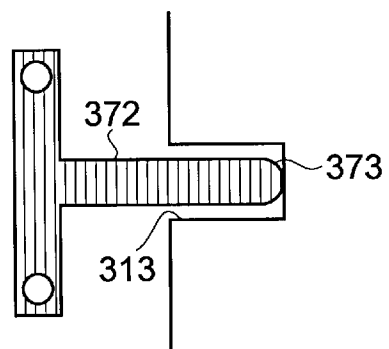
[図13]



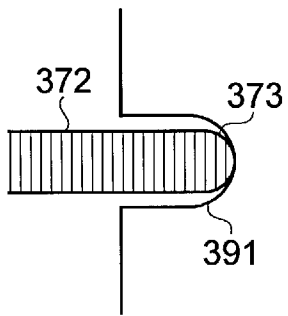
[図14]



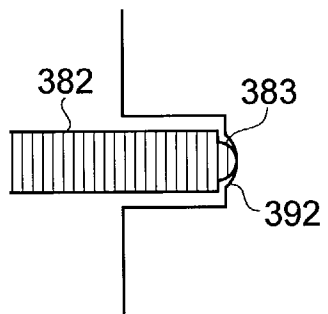
[図15]



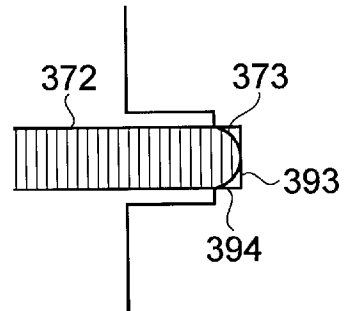
[図16]



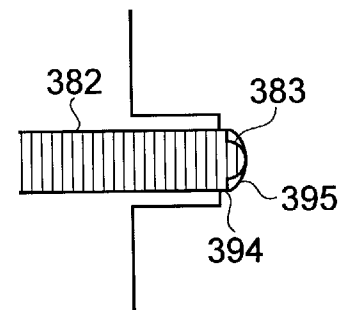
[図17]



[図18]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/079625

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)

H05G1/00-2/00

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.
Y A	JP 2013-168221 A (Gigaphoton Inc.), 29 August 2013 (29.08.2013), entire text; fig. 1 to 10 & US 2013/0206863 A1	1-12, 15-18 13, 14
Y	JP 2010-182555 A (Komatsu Ltd.), 19 August 2010 (19.08.2010), paragraph [0036]; fig. 3 (Family: none)	1-12, 15-18
Y	JP 2012-169359 A (Komatsu Ltd.), 06 September 2012 (06.09.2012), paragraphs [0023], [0024], [0045]; fig. 2 & US 2012/0205559 A1	1-12, 15-18

☐ 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
15 January 2015 (15.01.15)

Date of mailing of the international search report
03 February 2015 (03.02.15)

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. H05G1/00-2/00

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
Y A	JP 2013-168221 A（ギガフォトン株式会社）2013.08.29, 全文, 第1-10図 & US 2013/0206863 A1	1-12, 15-18 13, 14
Y	JP 2010-182555 A（株式会社小松製作所）2010.08.19, 段落【0036】, 第3図（ファミリーなし）	1-12, 15-18
Y	JP 2012-169359 A（株式会社小松製作所）2012.09.06, 段落【0023】, 【0024】, 【0045】, 第2図 & US 2012/0205559 A1	1-12, 15-18

☐ 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

1 5 . 0 1 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

0 3 . 0 2 . 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）

安田 明央

2 Q

9 3 0 9

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