

(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  
2023年11月30日(30.11.2023)

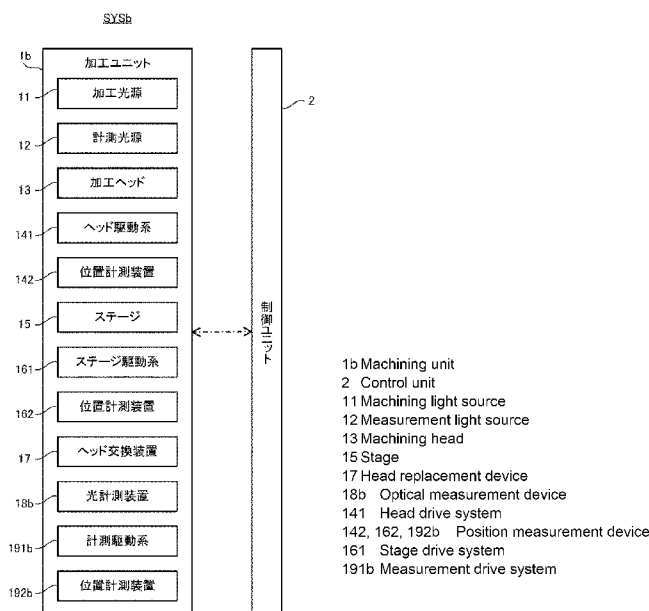


(10) 国際公開番号  
**WO 2023/228401 A1**

- (51) 国際特許分類:  
*B23K 26/00* (2014.01)    *B23K 26/70* (2014.01)  
*B23K 26/082* (2014.01)
- (21) 国際出願番号:                    PCT/JP2022/021729
- (22) 国際出願日:                    2022年5月27日(27.05.2022)
- (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: 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 松田 壮史 (MATSUDA, Takeshi); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 江上 達夫 (EGAMI, Tatsuo); 〒1040031 東京都中央区京橋一丁目16番10号 V P O 京橋3階 東京セントラル特許事務所内 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: MACHINING SYSTEM

(54) 発明の名称: 加工システム



(57) Abstract: This machining system comprises: an irradiation optical system capable of irradiating an object with an energy beam for machining the object; a mounting device that allows the object to be mounted on a mounting surface; a first changing device capable of changing at least one of a positional relationship and a posture relationship between the object mounted on the mounting device and the irradiation optical system; a light receiving device capable of receiving the energy beam emitted from the irradiation optical system; a second changing device capable of changing a positional

WO 2023/228401 A1

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,  
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VC, VN, WS, 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, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

---

relationship between the light receiving device and the irradiation optical system; and a control device. Under control of the control device, the position of the light receiving device is changed to a first position capable receiving the energy beam, from a second position different from the first position, by the second changing device.

(57) 要約 : 加工システムは、物体を加工するためのエネルギービームを物体に照射可能な照射光学系と、物体を載置面上に載置可能な載置装置と、載置装置に載置された物体と射光学系との位置関係及び姿勢関係のうちの少なくとも一方を変更可能な第1変更装置と、照射光学系から射出される前記エネルギービームを受光可能な受光装置と、受光装置と照射光学系との位置関係を変更可能な第2変更装置と、制御装置とを備え、制御装置の制御の下で、第2変更装置により、受光装置は、エネルギービームを受光可能な第1位置に、第1位置とは異なる第2位置から位置変更される。

## 明 細 書

**発明の名称**：加工システム

### 技術分野

[0001] 本発明は、例えば、物体を加工可能な加工システムの技術分野に関する。

### 背景技術

[0002] 特許文献1には、レーザ光を物体に照射することで物体を加工する加工システムが記載されている。この種の加工システムでは、物体を適切に加工することが要求されている。

### 先行技術文献

### 特許文献

[0003] 特許文献1：米国特許出願公開第2002/0017509号明細書

### 発明の概要

[0004] 第1の態様によれば、物体を加工するためのエネルギービームを前記物体に照射可能な照射光学系と、前記物体を載置面上に載置可能な載置装置と、前記載置装置に載置された前記物体と前記照射光学系との位置関係及び姿勢関係のうちの少なくとも一方を変更可能な第1変更装置と、前記照射光学系から射出される前記エネルギービームを受光可能な受光装置と、前記受光装置と前記照射光学系との位置関係を変更可能な第2変更装置と、制御装置とを備え、前記制御装置の制御の下で、前記第2変更装置により、前記受光装置は、前記エネルギービームを受光可能な第1位置に、前記第1位置とは異なる第2位置から位置変更される加工システムが提供される。

[0005] 第2の態様によれば、物体を加工するための加工ビームを前記物体に照射可能であって、且つ、前記物体を計測するための計測ビームを前記物体に照射可能であって、且つ、少なくとも対物光学系を含む照射光学系と、前記照射光学系から射出される前記加工ビーム及び前記計測ビームを受光可能な受光装置と、前記物体上での前記加工ビームの照射位置と前記物体上での前記計測ビームの照射位置との少なくとも一方を変更可能な位置変更装置と、制

御装置とを備え、前記制御装置は、前記受光装置による前記加工ビームの受光結果と前記受光装置による前記計測ビームの受光結果とに基づいて、前記位置変更装置を制御する加工システムが提供される。

[0006] 第3の態様によれば、物体を加工又は計測するためのエネルギービームを偏向して前記物体上での前記エネルギービームの照射位置を変更可能な偏向光学系と、前記偏向光学系から射出される前記エネルギービームを前記物体に照射可能な照射光学系と、前記照射光学系から射出される前記エネルギービームを受光可能な受光装置と、前記偏向光学系の位置又は姿勢を変更することにより、前記物体上での前記エネルギービームの照射位置を変更可能な位置変更装置と、前記受光装置による前記エネルギービームの受光結果に基づいて、前記位置変更装置を制御する制御装置とを備え、前記受光装置は、前記照射光学系から射出される前記エネルギービームが通過可能な通過領域が複数形成されたビーム通過部材と、前記複数の通過領域のそれぞれを通過した前記エネルギービームのそれぞれを受光可能な受光部とを備え、前記偏向光学系は、前記ビーム通過部材の表面に沿った一方向に沿って前記エネルギービームが前記複数の通過領域を走査するように前記エネルギービームを偏向し、前記制御装置は、前記受光装置による前記エネルギービームの受光結果に基づいて、前記位置変更装置を制御する加工システムが提供される。

[0007] 第4の態様によれば、物体を加工又は計測するためのエネルギービームを射出可能であって、且つ、前記エネルギービームの集光位置を調整可能であって且つ焦点距離が互いに異なる複数の集光位置調整光学系を含む射出光学系と、前記射出光学系から射出される前記エネルギービームを前記物体に照射可能であって、且つ、前記射出光学系に対して着脱可能であって、且つ、少なくとも対物光学系を含む複数の照射光学系と、前記射出光学系に取り付けられる前記照射光学系を交換可能な交換装置と、前記射出光学系に取り付けられている前記照射光学系の種類を特定し、前記特定した種類に基づいて、複数の集光位置調整光学系のうちの一の集光位置調整光学系を選択し、前記選択した一の集光位置調整光学系が前記エネルギービームの光路に位置するように

前記一の集光位置調整光学系を移動させる制御装置とを備える加工システムが提供される。

[0008] 第5の態様によれば、エネルギービームを物体に照射可能な照射光学系と、前記物体と前記照射光学系との位置関係及び姿勢関係のうちの少なくとも一方を変更可能な第1変更装置と、前記照射光学系から射出される前記エネルギービームを受光可能な受光装置と、前記受光装置と前記照射光学系との位置関係を変更可能な第2変更装置と、制御装置とを備え、前記制御装置の制御の下で、前記第2変更装置により、前記受光装置は、前記エネルギービームを受光可能な第1位置に、前記第1位置とは異なる第2位置から位置変更される加工システムが提供される。

[0009] 第6の態様によれば、第1ビームを物体に照射可能であって、且つ、前記第1ビームとは異なる第2ビームを前記物体に照射可能な照射光学系と、前記照射光学系から射出される前記第1ビーム及び前記第2ビームを受光可能な受光装置と、前記物体上での前記第1ビームの照射位置と前記物体上での前記第2ビームの照射位置との少なくとも一方を変更可能な位置変更装置と、制御装置とを備え、前記制御装置は、前記受光装置による前記第1ビームの受光結果と前記受光装置による前記第2ビームの受光結果とに基づいて、前記位置変更装置を制御する加工システムが提供される。

[0010] 第7の態様によれば、エネルギービームを偏向して物体上での前記エネルギービームの照射位置を変更可能な偏向光学系と、前記偏向光学系から射出される前記エネルギービームを前記物体に照射可能な照射光学系と、前記照射光学系から射出される前記エネルギービームを受光可能な受光装置と、前記偏向光学系の位置又は姿勢を変更することにより、前記物体上での前記エネルギービームの照射位置を変更可能な位置変更装置と、前記受光装置による前記エネルギービームの受光結果に基づいて、前記位置変更装置を制御する制御装置とを備え、前記受光装置は、前記照射光学系から射出される前記エネルギービームが通過可能な通過領域が複数形成されたビーム通過部材と、前記複数の通過領域のそれぞれを通過した前記エネルギービームのそれぞれを受光可能な受

光部とを備え、前記制御装置は、前記受光装置による前記エネルギービームの受光結果に基づいて、前記位置変更装置を制御する加工システムが提供される。

[0011] 第8の態様によれば、エネルギービームを射出可能であって、且つ、前記エネルギービームの集光位置を調整可能であって且つ焦点距離が互いに異なる複数の集光位置調整光学系を含む射出光学系と、前記射出光学系から射出される前記エネルギービームを前記物体に照射可能であって、且つ、前記射出光学系に対して着脱可能であって、且つ、少なくとも対物光学系を含む複数の照射光学系と、前記射出光学系に取り付けられる前記照射光学系を交換可能な交換装置と、前記射出光学系に取り付けられている前記照射光学系の種類を特定し、前記特定した種類に基づいて、複数の集光位置調整光学系のうちの一の集光位置調整光学系を選択し、前記選択した一の集光位置調整光学系が前記エネルギービームの光路に位置するように前記一の集光位置調整光学系を移動させる制御装置とを備える加工システムが提供される。

[0012] 本発明の作用及び他の利得は次に説明する実施するための形態から明らかにされる。

### 図面の簡単な説明

[0013] [図1]図1は、第1実施形態における加工システムの構成の一例を模式的に示す断面図である。

[図2]図2は、第1実施形態における加工システムの構成の一例を示すブロック図である。

[図3]図3は、第1実施形態における加工ヘッドの構成を示す断面図である。

[図4]図4は、加工ショット領域を示す斜視図である。

[図5]図5は、計測ショット領域を示す斜視図である。

[図6]図6は、照射光学系を射出光学系に取り付けるために用いられる取付アダプタの構成の一例を示す断面図である。

[図7]図7(a)から図7(c)のそれぞれは、照射光学系を射出光学系に取り付ける工程を示す断面図である。

[図8]図8は、ヘッド交換装置の構成の一例を概念的に示す断面図である。

[図9]図9(a)から図9(g)のそれぞれは、照射光学系の一例を示す断面図である。

[図10]図10は、第2実施形態における加工システムの構成の一例を示すブロック図である。

[図11]図11(a)は、キャリブレーション動作が行われる場合に光計測装置が位置するキャリブレーション位置を示す断面図であり、図11(b)は、キャリブレーション動作が行われない場合に光計測装置が位置する非キャリブレーション位置を示す断面図である。

[図12]図12は、光計測装置の構成を示す断面図である。

[図13]図13は、光通過領域が形成するサーチマークを示す平面図である。

[図14]図14は、複数のサーチマークが形成されたビーム通過部材を示す平面図である。

[図15]図15は、複数のサーチマークが形成されたビーム通過部材を示す平面図である。

[図16]図16は、加工光が照射される複数のサーチマークを示す平面図である。

[図17]図17は、受光素子が出力する受光情報を示す。

[図18]図18は、加工ショット領域内での加工光の基準照射位置と加工光の実照射位置とを示す平面図である。

[図19]図19(a)から図19(c)のそれぞれは、受光素子が出力する受光情報を示す。

[図20]図20は、計測ショット領域内での計測光の基準照射位置と計測光の実照射位置とを示す平面図である。

[図21]図21は、加工ショット領域及び計測ショット領域内での加工光の実照射位置と計測光の実照射位置とを示す平面図である。

[図22]図22(a)から図22(c)のそれぞれは、受光素子が出力する受光情報を示す。

[図23]図23は、第3実施形態における加工ヘッドの構成を示す断面図である。

[図24]図24は、第4実施形態における加工ヘッドの構成を示す断面図である。

[図25]図25は、第5実施形態における加工ヘッドの構成を示す断面図である。

[図26]図26は、第5実施形態における加工ヘッドの構成を示す断面図である。

### 発明を実施するための形態

[0014] 以下、図面を参照しながら、加工システムの実施形態について説明する。以下では、物体の一例であるワークWを加工可能な加工システムSYSを用いて、加工システムの実施形態を説明する。但し、本発明が以下に説明する実施形態に限定されることはない。

[0015] また、以下の説明では、互いに直交するX軸、Y軸及びZ軸から定義されるXYZ直交座標系を用いて、加工システムSYSを構成する各種構成要素の位置関係について説明する。尚、以下の説明では、説明の便宜上、X軸方向及びY軸方向のそれぞれが水平方向（つまり、水平面内の所定方向）であり、Z軸方向が鉛直方向（つまり、水平面に直交する方向であり、実質的には上下方向）であるものとする。また、X軸、Y軸及びZ軸周りの回転方向（言い換えれば、傾斜方向）を、それぞれ、 $\theta$ X方向、 $\theta$ Y方向及び $\theta$ Z方向と称する。ここで、Z軸方向を重力方向としてもよい。また、XY平面を水平方向としてもよい。

#### [0016] (1) 第1実施形態の加工システムSYS

初めに、第1実施形態における加工システムSYSについて説明する。尚、以下の説明では、第1実施形態における加工システムSYSを、“加工システムSYSa”と称する。

#### [0017] (1-1) 加工システムSYSaの全体構成

初めに、図1及び図2を参照しながら、第1実施形態における加工システ

ムSY Saの構成について説明する。図1は、第1実施形態における加工システムSY Saの構成の一例を模式的に示す断面図である。図2は、第1実施形態における加工システムSY Saの構成の一例を示すブロック図である。

[0018] 図1及び図2に示すように、加工システムSY Saは、加工ユニット1と、制御ユニット2とを備えている。尚、加工ユニット1は、加工装置と称されてもよいし、制御ユニット2は、制御装置と称されてもよい。加工ユニット1の少なくとも一部は、筐体3の内部空間SPに收容されていてもよい。筐体3の内部空間SPは、窒素ガス等のパージガス（つまり、気体）でパージされていてもよいし、パージガスでパージされていなくてもよい。筐体3の内部空間SPは、真空引きされてもよいし、真空引きされていなくてもよい。但し、加工ユニット1は、筐体3の内部空間SPに收容されていなくてもよい。加工ユニット1の一部のみを囲う局所空間が、パージガスでパージされていてもよいし、真空引きされていてもよい。

[0019] 加工ユニット1は、制御ユニット2の制御下で、加工対象物（母材と称されてもよい）であるワークWを加工可能である。ワークWは、例えば、金属であってもよいし、合金（例えば、ジュラルミン等）であってもよいし、半導体（例えば、シリコン）であってもよいし、樹脂であってもよいし、CFRP（Carbon Fiber Reinforced Plastic）等の複合材料であってもよいし、塗料（一例として基材に塗布された塗料層）であってもよいし、ガラスであってもよいし、それ以外の任意の材料から構成される物体であってもよい。

[0020] 加工ユニット1は、ワークWを加工するために、ワークWに対して加工光ELを照射する。加工光ELは、ワークWに照射されることでワークWを加工可能である限りは、どのような種類の光であってもよい。第1実施形態では、加工光ELがレーザ光である例を用いて説明を進めるが、加工光ELは、レーザ光とは異なる種類の光であってもよい。更に、加工光ELの波長は、ワークWに照射されることでワークWを加工可能である限りは、どのよう

な波長であってもよい。例えば、加工光E Lは、可視光であってもよいし、不可視光（例えば、赤外光、紫外光及び極端紫外光等の少なくとも一つ）であってもよい。加工光E Lは、パルス光を含んでいてもよい。或いは、加工光E Lは、パルス光を含んでいなくてもよい。言い換えると、加工光E Lは、連続光であってもよい。尚、光は、エネルギービームの一例であるがゆえに、加工光E Lは、加工ビームと称されてもよい。

[0021] 加工ユニット1は、ワークWに対して付加加工を行ってもよい。つまり、加工ユニット1は、ワークWに造形物を造形する付加加工を行ってもよい。加工ユニット1は、ワークWに対して除去加工を行ってもよい。つまり、加工ユニット1は、ワークWの一部を除去する除去加工を行ってもよい。加工ユニット1は、ワークWの表面に所望のマークを形成するマーキング加工を行ってもよい。加工ユニット1は、ワークWの表面の特性を変更するピーニング加工を行ってもよい。加工ユニット1は、ワークWの表面を剥離する剥離加工を行ってもよい。加工ユニット1は、一のワークWと他のワークWとを接合する溶接加工を行ってもよい。加工ユニット1は、ワークWを切断する切断加工を行ってもよい。加工ユニット1は、ワークWの表面を溶融する共に溶融させた表面を固化させることで表面を平面に近づけるための平面加工（言い換えれば、リメルト加工）を行ってもよい。

[0022] 加工ユニット1は、ワークWを加工することで、ワークWの表面に所望構造を形成してもよい。但し、加工ユニット1は、ワークWの表面に所望構造を形成するための加工とは異なる加工を行ってもよい。

[0023] 所望構造の一例として、リブレット構造があげられる。リブレット構造は、ワークWの表面の流体に対する抵抗（特に、摩擦抵抗及び乱流摩擦抵抗の少なくとも一方）を低減可能な構造を含んでいてもよい。このため、リブレット構造は、流体中に設置される（言い換えれば、位置する）部材を有するワークWに形成されてもよい。尚、ここでいう「流体」とは、ワークWの表面に対して流れている媒質（例えば、気体及び液体の少なくとも一方）を意味する。例えば、媒質自体が静止している状況下でワークWの表面が媒質に

対して移動する場合には、この媒質を流体と称してもよい。尚、媒質が静止している状態は、所定の基準物（例えば、地表面）に対して媒質が移動していない状態を意味していてもよい。

[0024] リブレット構造が形成されるワークWの一例として、航空機、風車、エンジン用タービン、及び、発電用タービンのうちの少なくとも一つがあげられる。このようなリブレット構造がワークWに形成される場合には、ワークWは、流体に対して相対的に移動しやすくなる。このため、流体に対するワークWの移動を妨げる抵抗が低減されるがゆえに、省エネルギー化につながる。つまり、環境にやさしいワークWの製造が可能となる。例えば、ワークWが、航空機の機体表面に露出する部材である（例えば、航空機の少なくとも一部である）場合には、航空機の移動を妨げる抵抗が低減されるがゆえに、航空機の省燃費化につながる。例えば、ワークWが風車である（例えば、風車の少なくとも一部である）場合には、風車の移動（典型的には、回転）を妨げる抵抗が低減されるがゆえに、風車の高効率化につながる。例えば、ワークWがエンジン用タービンである（例えば、エンジン用タービンの少なくとも一部である）場合には、エンジン用タービンの移動（典型的には、回転）を妨げる抵抗が低減されるがゆえに、エンジン用タービンの高効率化又は省エネルギー化につながる。例えば、ワークWが発電用タービンである（例えば、発電用タービンの少なくとも一部である）場合には、発電用タービンの移動（典型的には、回転）を妨げる抵抗が低減されるがゆえに、発電用タービンの高効率化（つまり、発電効率の向上）につながる。このため、加工ユニット1は、国連が主導する持続可能な開発目標（SDGs）の目標13（Goal 13）「気候変動及びその影響を軽減するための緊急対策を講じる（Take urgent action to combat climate change and its impact）」に掲げられている目標の中の「13.2.2 年間温室効果ガス総排出量（Total Greenhouse gas emissions per year）の削減」に貢献できる可能性がある。

[0025] 加工ユニット1は更に、制御ユニット2の制御下で、計測対象物Mを計測可能である。加工ユニット1は、計測対象物Mを計測するために、計測対象物Mに対して、計測対象物Mを計測するための計測光MLを照射する。具体的には、加工ユニット1は、計測光MLを計測対象物Mに照射し、且つ、計測光MLが照射された計測対象物Mから戻ってくる戻り光RLの少なくとも一部を検出する（つまり、受光する）ことで、計測対象物Mを計測する。計測光MLが照射された計測対象物Mから戻ってくる光は、計測光MLの照射によって生じる計測対象物Mからの光である。

[0026] 計測光MLは、計測対象物Mに照射されることで計測対象物Mを計測可能である限りは、どのような種類の光であってもよい。第1実施形態では、計測光MLがレーザ光である例を用いて説明を進める。但し、計測光MLは、レーザ光とは異なる種類の光であってもよい。更に、計測光MLの波長は、計測対象物Mに照射されることで計測対象物Mを計測可能である限りは、どのような波長であってもよい。例えば、計測光MLは、可視光であってもよいし、不可視光（例えば、赤外光、紫外光及び極端紫外光等の少なくとも一つ）であってもよい。計測光MLは、パルス光（例えば、発光時間がピコ秒以下のパルス光）を含んでいてもよい。或いは、計測光MLは、パルス光を含んでいなくてもよい。言い換えると、計測光MLは、連続光であってもよい。尚、光は、エネルギービームの一例であるがゆえに、計測光MLは、計測ビームと称されてもよい。

[0027] 加工ユニット1は、計測光MLを用いて、計測対象物Mの特性を計測可能であってもよい。計測対象物Mの特性は、例えば、計測対象物Mの位置、計測対象物Mの形状、計測対象物Mの反射率、計測対象物Mの透過率、計測対象物Mの温度、及び、計測対象物Mの表面粗さの少なくとも一つを含んでいてもよい。

[0028] 以下の説明では、加工ユニット1が計測対象物Mの位置を少なくとも計測する例について説明する。計測対象物Mの位置は、計測対象物Mの表面の位置を含んでいてもよい。計測対象物Mの表面の位置は、計測対象物Mの表面

の少なくとも一部の位置を含んでいてもよい。また、計測対象物Mの位置は、加工ヘッド13に対する計測対象物Mの位置（つまり、相対位置）を意味していてもよい。つまり、計測対象物Mの位置は、加工ヘッド13を基準とする計測座標系における計測対象物Mの位置を意味していてもよい。また、後述するように、計測対象物Mの位置を計測する動作は、計測対象物Mの形状を計測する動作を含んでいてもよい。なぜならば、計測対象物Mの位置から、計測対象物Mの形状を算出可能であるからである。

[0029] 計測対象物Mは、例えば、加工ユニット1が加工するワークWを含んでいてもよい。計測対象物Mは、例えば、後述するステージ15に載置される任意の物体を含んでいてもよい。計測対象物Mは、例えば、ステージ15を含んでいてもよい。計測対象物Mは、例えば、第2実施形態で後述するキャリブレーション動作に用いられる光計測装置18bを含んでいてもよい。

[0030] ワークWを加工し且つ計測対象物Mを計測するために、加工ユニット1は、加工光源11と、計測光源12と、加工ヘッド13と、ヘッド駆動系141と、位置計測装置142と、ステージ15と、ステージ駆動系161と、位置計測装置162と、ヘッド交換装置17とを備える。

[0031] 加工光源11は、加工光ELを生成する。加工光ELがレーザ光である場合には、加工光源11は、例えば、レーザダイオードを含んでいてもよい。更に、加工光源11は、パルス発振可能な光源であってもよい。この場合、加工光源11は、パルス光を加工光ELとして生成可能である。尚、加工光源11は、CW（連続波）を生成するCW光源であってもよい。

[0032] 計測光源12は、計測光MLを生成する。計測光MLがレーザ光である場合には、計測光源12は、例えば、レーザダイオードを含んでいてもよい。更に、計測光源12は、パルス発振可能な光源であってもよい。この場合、計測光源12は、パルス光を加工光ELとして生成可能である。尚、計測光源12は、CW（連続波）を生成するCW光源であってもよい。

[0033] 加工ヘッド13は、加工光源11が生成した加工光ELをワークWに照射し且つ計測光源12が生成した計測光MLを計測対象物Mに照射する。加工

光ELをワークWに照射し且つ計測光MLを計測対象物Mに照射するために、加工ヘッド13は、加工光学系131と、計測光学系132と、合成光学系133と、偏向光学系134と、照射光学系135とを備える。加工ヘッド13は、加工光学系131、合成光学系133、偏向光学系134及び照射光学系135を介して、加工光ELをワークWに照射する。また、加工ヘッド13は、計測光学系132、合成光学系133、偏向光学系134及び照射光学系135を介して、計測光MLを計測対象物Mに照射する。尚、加工ヘッド13の構成の詳細については、図3を参照しながら、後に詳述する。

[0034] ヘッド駆動系141は、加工ヘッド13を移動させる。つまり、ヘッド駆動系141は、加工ヘッド13の位置を動かす。このため、ヘッド駆動系141は、移動装置と称されてもよい。ヘッド駆動系141は、例えば、X軸方向、Y軸方向、Z軸方向のうちの少なくとも一つに沿った移動軸に沿って加工ヘッド13を移動（つまり、直線移動）させてもよい。ヘッド駆動系141は、例えば、X軸方向、Y軸方向及びZ軸方向のうちの少なくとも一つに加えて又は代えて、 $\theta$ X方向、 $\theta$ Y方向及び $\theta$ Z方向の少なくとも一つに沿って加工ヘッド13を移動させてもよい。つまり、ヘッド駆動系141は、X軸方向に沿った回転軸（つまり、A軸）、Y軸方向に沿った回転軸（つまり、B軸）及びZ軸方向に沿った回転軸（つまり、C軸）のうちの少なくとも一つの軸の周りに加工ヘッド13を回転（つまり、回転移動）させてもよい。

[0035] ヘッド駆動系141が加工ヘッド13を移動させると、加工ヘッド13とステージ15（更には、ステージ15に載置されるワークW）との相対的な位置関係が変わる。このため、加工ヘッド13が加工を行う加工ショット領域PSA（後述する図4参照）とワークWとの相対的な位置関係が変わる。つまり、ワークWに対して加工ショット領域PSAが移動する。加工ユニット1は、加工ヘッド13を移動させつつワークWを加工してもよい。具体的には、加工ユニット1は、加工ヘッド13を移動させることでワークWの所

望位置に加工ショット領域P S Aを設定し、ワークWの所望位置を加工してもよい。

[0036] 更に、ヘッド駆動系141が加工ヘッド13を移動させると、加工ヘッド13が計測を行う計測ショット領域M S A（後述する図5参照）と計測対象物Mとの相対的な位置関係が変わる。つまり、計測対象物Mに対して計測ショット領域M S Aが移動する。加工ユニット1は、加工ヘッド13を移動させつつ計測対象物Mを計測してもよい。具体的には、加工ユニット1は、加工ヘッド13を移動させることで計測対象物Mの所望位置に計測ショット領域M S Aを設定し、計測対象物Mの所望位置を計測してもよい。

[0037] 更に、ヘッド駆動系141が加工ヘッド13を移動させると、加工ヘッド13（特に、加工ヘッド13が備える照射光学系135）とステージ15に載置されたワークWとの位置関係が変わる。例えば、X軸方向、Y軸方向及びZ軸方向の少なくとも一つに沿った加工ヘッド13（特に、照射光学系135）とワークWとの位置関係が変わってもよい。例えば、 $\theta$ X方向、 $\theta$ Y方向及び $\theta$ Z方向の少なくとも一つに沿った加工ヘッド13（特に、照射光学系135）とワークWとの位置関係が変わってもよい。尚、 $\theta$ X方向、 $\theta$ Y方向及び $\theta$ Z方向の少なくとも一つに沿った加工ヘッド13（特に、照射光学系135）とワークWとの位置関係は、加工ヘッド13（特に、照射光学系135）とワークWとの姿勢関係であるとみなしてもよい。このため、ヘッド駆動系141は、加工ヘッド13（特に、照射光学系135）とワークWとの位置関係及び姿勢関係の少なくとも一方を変更可能な変更装置として機能しているとみなしてもよい。

[0038] 位置計測装置142は、加工ヘッド13の位置を計測可能である。位置計測装置142は、例えば、干渉計（例えば、レーザ干渉計）を含んでもよい。位置計測装置142は、例えば、エンコーダ（一例として、リニアエンコーダ及びロータリエンコーダの少なくとも一つ）を含んでもよい。位置計測装置142は、例えば、ポテンショメータを含んでもよい。ヘッド駆動系141がステッピングモータを駆動源として用いている場合には

、位置計測装置142は、例えば、オープンループ制御方式の位置検出装置を含んでいてもよい。オープンループ制御方式の位置検出装置は、ステップモータを駆動するためのパルス数の積算値から、加工ヘッド13の移動量を推定することで、加工ヘッド13の位置を計測する位置検出装置である。

[0039] 尚、加工ヘッド13が照射光学系135を備えているがゆえに、加工ヘッド13の位置を計測する動作は、加工ヘッド13が備える照射光学系135の位置を計測する動作と等価であるとみなしてもよい。つまり、位置計測装置142は、加工ヘッド13が備える照射光学系135の位置を計測しているとみなしてもよい。

[0040] ステージ15には、ワークWが載置される。このため、ステージ15は、載置装置と称されてもよい。具体的には、ステージ15の上面の少なくとも一部である載置面151に、ワークWが載置される。ステージ15は、ステージ15に載置されたワークWを支持可能である。ステージ15は、ステージ15に載置されたワークWを保持可能であってもよい。この場合、ステージ15は、ワークWを保持するために、機械的なチャック、静電チャック及び真空吸着チャック等の少なくとも一つを備えていてもよい。或いは、ワークWを保持するための治具がワークWを保持し、ステージ15は、ワークWを保持した治具を保持してもよい。或いは、ステージ15は、ステージ15に載置されたワークWを保持しなくてもよい。この場合、ワークWは、クランプレスでステージ15に載置されていてもよい。

[0041] ステージ駆動系161は、ステージ15を移動させる。つまり、ステージ駆動系161は、ステージ15の位置を動かす。このため、ステージ駆動系161は、移動装置と称されてもよい。ステージ駆動系161は、例えば、X軸方向、Y軸方向、Z軸方向のうちの少なくとも一つに沿った移動軸に沿ってステージ15を移動（つまり、直線移動）させてもよい。ステージ駆動系161は、例えば、X軸方向、Y軸方向及びZ軸方向のうちの少なくとも一つに加えて又は代えて、 $\theta$ X方向、 $\theta$ Y方向及び $\theta$ Z方向の少なくとも一

つに沿ってステージ15を移動させてもよい。つまり、ステージ駆動系161は、X軸方向に沿った回転軸（つまり、A軸）、Y軸方向に沿った回転軸（つまり、B軸）及びZ軸方向に沿った回転軸（つまり、C軸）のうち少なくとも一つの軸の周りにステージ15を回転（つまり、回転移動）させてもよい。

[0042] ステージ駆動系161がステージ15を移動させると、加工ヘッド13とステージ15（更には、ステージ15に載置されるワークW）との相対的な位置関係が変わる。このため、加工ヘッド13が加工を行う加工ショット領域PSA（後述する図4参照）とワークWとの相対的な位置関係が変わる。つまり、ワークWに対して加工ショット領域PSAが移動する。加工ユニット1は、ステージ15を移動させつつワークWを加工してもよい。具体的には、加工ユニット1は、ステージ15を移動させることでワークWの所望位置に加工ショット領域PSAを設定し、ワークWの所望位置を加工してもよい。

[0043] 更に、ステージ駆動系161がステージ15を移動させると、加工ヘッド13が計測を行う計測ショット領域MSA（後述する図5参照）と計測対象物Mとの相対的な位置関係が変わる。つまり、計測対象物Mに対して計測ショット領域MSAが移動する。加工ユニット1は、ステージ15を移動させつつ計測対象物Mを計測してもよい。具体的には、加工ユニット1は、ステージ15を移動させることで計測対象物Mの所望位置に計測ショット領域MSAを設定し、計測対象物Mの所望位置を計測してもよい。

[0044] 更に、ステージ駆動系161がステージ15を移動させると、加工ヘッド13（特に、加工ヘッド13が備える照射光学系135）とステージ15に載置されたワークWとの位置関係が変わる。例えば、X軸方向、Y軸方向及びZ軸方向の少なくとも一つに沿った加工ヘッド13（特に、照射光学系135）とワークWとの位置関係が変わってもよい。例えば、 $\theta$ X方向、 $\theta$ Y方向及び $\theta$ Z方向の少なくとも一つに沿った加工ヘッド13（特に、照射光学系135）とワークWとの位置関係が変わってもよい。尚、上述したよう

に、 $\theta X$ 方向、 $\theta Y$ 方向及び $\theta Z$ 方向の少なくとも一つに沿った加工ヘッド13（特に、照射光学系135）とワークWとの位置関係は、加工ヘッド13（特に、照射光学系135）とワークWとの姿勢関係であるとみなしてもよい。このため、ステージ駆動系161は、加工ヘッド13（特に、照射光学系135）とワークWとの位置関係及び姿勢関係の少なくとも一方を変更可能な変更装置として機能しているとみなしてもよい。

[0045] 位置計測装置162は、ステージ15の位置を計測可能である。位置計測装置162は、例えば、干渉計（例えば、レーザ干渉計）を含んでいてもよい。位置計測装置162は、例えば、エンコーダ（一例として、リニアエンコーダ及びロータリエンコーダの少なくとも一つ）を含んでいてもよい。位置計測装置162は、例えば、ポテンシオメータを含んでいてもよい。ステージ駆動系161がステッピングモータを駆動源として用いている場合には、位置計測装置162は、例えば、オープンループ制御方式の位置検出装置を含んでいてもよい。オープンループ制御方式の位置検出装置は、ステッピングモータを駆動するためのパルス数の積算値から、ステージ15の移動量を推定することで、ステージ15の位置を計測する位置検出装置である。

[0046] ヘッド交換装置17は、加工ヘッド13が備える照射光学系135を交換可能な装置である。例えば、ヘッド交換装置17は、加工ヘッド13に取り付けられている照射光学系135を取り外してもよい。例えば、ヘッド交換装置17は、照射光学系135が取り付けられていない加工ヘッド13に、照射光学系135を取り付けてもよい。一例として、ヘッド交換装置17は、加工ヘッド13に取り付けられている第1の照射光学系135を取り外し、その後、加工ヘッド13に、第1の照射光学系135とは異なる第2の照射光学系135を取り付けてもよい。つまり、ヘッド交換装置17は、加工ヘッド13に取り付けられている第1の照射光学系135を、第2の照射光学系135に交換してもよい。このため、照射光学系135は、加工ヘッド13に対して着脱可能であってもよい。尚、加工ヘッド13に対して着脱可能な照射光学系135の構成及びヘッド交換装置17の構成については、後

に図6から図9を参照しながら詳述する。

- [0047] 制御ユニット2は、加工ユニット1の動作を制御する。例えば、制御ユニット2は、加工ユニット1が備える加工ヘッド13の動作を制御してもよい。例えば、制御ユニット2は、加工ヘッド13が備える加工光学系131、計測光学系132、合成光学系133、偏向光学系134及び照射光学系135の少なくとも一つの動作を制御してもよい。例えば、制御ユニット2は、加工ユニット1が備えるヘッド駆動系141の動作（例えば、加工ヘッド13の移動）を制御してもよい。例えば、制御ユニット2は、加工ユニット1が備えるステージ駆動系161の動作（例えば、ステージ15の移動）を制御してもよい。例えば、制御ユニット2は、加工ユニット1が備えるヘッド交換装置17の動作を制御してもよい。
- [0048] 制御ユニット2は、加工ユニット1による計測対象物Mの計測結果に基づいて、加工ユニット1の動作を制御してもよい。具体的には、制御ユニット2は、計測対象物Mの計測結果に基づいて、計測対象物Mの計測データ（例えば、計測対象物Mの位置及び形状の少なくとも一方に関するデータ）を生成し、生成した計測データに基づいて、加工ユニット1の動作を制御してもよい。例えば、制御ユニット2は、計測対象物Mの一例であるワークWの計測結果に基づいて、ワークWの少なくとも一部の計測データを生成し（例えば、ワークWの少なくとも一部の位置及び形状の少なくとも一方を算出し）、計測データに基づいて、ワークWを加工するように加工ユニット1の動作を制御してもよい。
- [0049] 制御ユニット2は、例えば、演算装置と、記憶装置とを備えていてもよい。演算装置は、例えば、CPU（Central Processing Unit）及びGPU（Graphics Processing Unit）の少なくとも一方を含んでもよい。記憶装置は、例えば、メモリを含んでもよい。制御ユニット2は、演算装置がコンピュータプログラムを実行することで、加工ユニット1の動作を制御する装置として機能する。このコンピュータプログラムは、制御ユニット2が行うべき後述する動作を

演算装置に行わせる（つまり、実行させる）ためのコンピュータプログラムである。つまり、このコンピュータプログラムは、加工ユニット1に後述する動作を行わせるように制御ユニット2を機能させるためのコンピュータプログラムである。演算装置が実行するコンピュータプログラムは、制御ユニット2が備える記憶装置（つまり、記録媒体）に記録されていてもよいし、制御ユニット2に内蔵された又は制御ユニット2に外付け可能な任意の記憶媒体（例えば、ハードディスクや半導体メモリ）に記録されていてもよい。或いは、演算装置は、実行するべきコンピュータプログラムを、ネットワークインタフェースを介して、制御ユニット2の外部の装置からダウンロードしてもよい。

[0050] 制御ユニット2は、加工ユニット1の内部に設けられていなくてもよい。例えば、制御ユニット2は、加工ユニット1外にサーバ等として設けられていてもよい。この場合、制御ユニット2と加工ユニット1とは、有線及び／又は無線のネットワーク（或いは、データバス及び／又は通信回線）で接続されていてもよい。有線のネットワークとして、例えばIEEE1394、RS-232x、RS-422、RS-423、RS-485及びUSBの少なくとも一つに代表されるシリアルバス方式のインタフェースを用いるネットワークが用いられてもよい。有線のネットワークとして、パラレルバス方式のインタフェースを用いるネットワークが用いられてもよい。有線のネットワークとして、10BASE-T、100BASE-TX及び1000BASE-Tの少なくとも一つに代表されるイーサネット（登録商標）に準拠したインタフェースを用いるネットワークが用いられてもよい。無線のネットワークとして、電波を用いたネットワークが用いられてもよい。電波を用いたネットワークの一例として、IEEE802.1xに準拠したネットワーク（例えば、無線LAN及びBluetooth（登録商標）の少なくとも一方）があげられる。無線のネットワークとして、赤外線を用いたネットワークが用いられてもよい。無線のネットワークとして、光通信を用いたネットワークが用いられてもよい。この場合、制御ユニット2と加工ユニッ

ト1とはネットワークを介して各種の情報の送受信が可能となるように構成されていてもよい。また、制御ユニット2は、ネットワークを介して加工ユニット1にコマンドや制御パラメータ等の情報を送信可能であってもよい。加工ユニット1は、制御ユニット2からのコマンドや制御パラメータ等の情報を、上記ネットワークを介して受信する受信装置を備えていてもよい。加工ユニット1は、制御ユニット2に対してコマンドや制御パラメータ等の情報を、上記ネットワークを介して送信する送信装置（つまり、制御ユニット2に対して情報を出力する出力装置）を備えていてもよい。或いは、制御ユニット2が行う処理のうちの一部を行う第1制御装置が加工ユニット1の内部に設けられている一方で、制御ユニット2が行う処理のうちの一部を行う第2制御装置が加工ユニット1の外部に設けられていてもよい。

[0051] 制御ユニット2内には、演算装置がコンピュータプログラムを実行することで、機械学習によって構築可能な演算モデルが実装されてもよい。機械学習によって構築可能な演算モデルの一例として、例えば、ニューラルネットワークを含む演算モデル（いわゆる、人工知能（Artificial Intelligence））があげられる。この場合、演算モデルの学習は、ニューラルネットワークのパラメータ（例えば、重み及びバイアスの少なくとも一つ）の学習を含んでいてもよい。制御ユニット2は、演算モデルを用いて、加工ユニット1の動作を制御してもよい。つまり、加工ユニット1の動作を制御する動作は、演算モデルを用いて加工ユニット1の動作を制御する動作を含んでいてもよい。尚、制御ユニット2には、教師データを用いたオフラインでの機械学習により構築済みの演算モデルが実装されてもよい。また、制御ユニット2に実装された演算モデルは、制御ユニット2上においてオンラインでの機械学習によって更新されてもよい。或いは、制御ユニット2は、制御ユニット2に実装されている演算モデルに加えて又は代えて、制御ユニット2の外部の装置（つまり、加工ユニット1の外部に設けられる装置）に実装された演算モデルを用いて、加工ユニット1の動作を制御してもよい。

[0052] 尚、制御ユニット2が実行するコンピュータプログラムを記録する記録媒体としては、CD-ROM、CD-R、CD-RWやフレキシブルディスク、MO、DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-R、DVD+R、DVD-RW、DVD+RW及びBlu-ray（登録商標）等の光ディスク、磁気テープ等の磁気媒体、光磁気ディスク、USBメモリ等の半導体メモリ、及び、その他プログラムを格納可能な任意の媒体の少なくとも一つが用いられてもよい。記録媒体には、コンピュータプログラムを記録可能な機器（例えば、コンピュータプログラムがソフトウェア及びファームウェア等の少なくとも一方の形態で実行可能な状態に実装された汎用機器又は専用機器）が含まれていてもよい。更に、コンピュータプログラムに含まれる各処理や機能は、制御ユニット2（つまり、コンピュータ）がコンピュータプログラムを実行することで制御ユニット2内に実現される論理的な処理ブロックによって実現されてもよいし、制御ユニット2が備える所定のゲートアレイ（FPGA（Field Programmable Gate Array）、ASIC（Application Specific Integrated Circuit））等のハードウェアによって実現されてもよいし、論理的な処理ブロックとハードウェアの一部の要素を実現する部分的ハードウェアモジュールとが混在する形式で実現してもよい。

[0053] （1-2）加工ヘッド13の構成

続いて、図3を参照しながら、加工ヘッド13の構成の一例について説明する。図3は、加工ヘッド13の構成の一例を示す断面図である。

[0054] 図3に示すように、加工ヘッド13には、光ファイバ等の光伝送部材111を介して、加工光源11が生成した加工光ELが入射する。加工光源11は、加工ヘッド13の外部に配置されていてもよい。加工光源11は、加工ヘッド13の内部に配置されていてもよい。

[0055] 加工ヘッド13は、上述したように、加工光学系131と、計測光学系132と、合成光学系133と、偏向光学系134と、照射光学系135とを備える。

- [0056] 加工光学系131は、加工光源11からの加工光ELが入射する光学系である。加工光学系131は、加工光学系131に入射した加工光ELを、合成光学系133に向けて射出する光学系である。加工光学系131が射出した加工光ELは、合成光学系133、偏向光学系134及び照射光学系135を介してワークWに照射される。
- [0057] 加工光学系131は、例えば、位置調整光学系1311と、角度調整光学系1312と、ガルバノミラー1313とを含んでいてもよい。但し、加工光学系131は、位置調整光学系1311、角度調整光学系1312及びガルバノミラー1313の少なくとも一つを含んでいなくてもよい。
- [0058] 位置調整光学系1311は、加工光学系131からの加工光ELの射出位置を調整可能である。位置調整光学系1311は、例えば、加工光ELの進行方向に対して傾斜可能な平行平板を備え、平行平板の傾斜角を変えることで加工光ELの射出位置を変更してもよい。
- [0059] 角度調整光学系1312は、加工光学系131からの加工光ELの射出角度（つまり、射出方向）を調整可能である。角度調整光学系1312は、例えば、加工光ELの進行方向に対して傾斜可能なミラーを備え、このミラーの傾斜角を変えることで加工光ELの射出角度を変更してもよい。
- [0060] ガルバノミラー1313は、加工光ELを偏向する（つまり、加工光ELの射出角度を変更する）。ガルバノミラー1313は、加工光ELを偏向することで、照射光学系135の光軸EXに交差する面内（つまり、XY平面に沿った面内）における加工光ELの集光位置を変更する。通常、図3に示すように、加工ヘッド13は、光軸EXとワークWの表面とが交差する状態で、ワークWに加工光ELを照射する。このため、光軸EXに交差する面内における加工光ELの集光位置が変更されると、ワークWの表面における加工光ELの照射位置PAが、ワークWの表面に沿った方向において変更される（つまり、移動する）。つまり、X軸方向及びY軸方向の少なくとも一方に沿って、加工光ELの照射位置PAが変更される。このように、ガルバノミラー1341は、加工光ELの照射位置PAを変更可能であるがゆえに、

位置変更光学系又は位置変更装置と称されてもよい。

[0061] ガルバノミラー1313は、X走査ミラー1313Xと、Y走査ミラー1313Yとを含む。X走査ミラー1313X及びY走査ミラー1313Yのそれぞれは、ガルバノミラー1313に入射する加工光ELの光路に対する角度が変更される傾斜角可変ミラーである。X走査ミラー1313Xは、ワークW上での加工光ELの照射位置PAをX軸方向に沿って変更するよう、加工光ELを偏向する。この場合、X走査ミラー1313Xは、Y軸廻りに回転又は揺動可能であってもよい。つまり、ガルバノミラー1313は、X走査ミラー1313Xの $\theta$  Y方向の位置（或いは、Y軸周りの姿勢）を変更することで、ワークW上での加工光ELの照射位置PAをX軸方向に沿って変更可能であってもよい。Y走査ミラー1313Yは、ワークW上での加工光ELの照射位置PAをY軸方向に沿って変更するよう、加工光ELを偏向する。この場合、Y走査ミラー1313Yは、X軸廻りに回転又は揺動可能であってもよい。つまり、ガルバノミラー1313は、Y走査ミラー1313Yの $\theta$  X方向の位置（或いは、X軸周りの姿勢）を変更することで、ワークW上での加工光ELの照射位置PAをY軸方向に沿って変更可能であってもよい。

[0062] 加工光学系131から射出された加工光EL（この場合、ガルバノミラー1313から射出された加工光EL）は、合成光学系133に入射する。合成光学系133は、ビームスプリッタ（例えば、偏光ビームスプリッタ）1331を含む。ビームスプリッタ1331は、ビームスプリッタ1331に入射した加工光ELを、偏向光学系134に向けて射出する。図3に示す例では、ビームスプリッタ1331に入射した加工光ELは、ビームスプリッタ1331の偏光分離面を通過することで偏向光学系134に向けて射出される。このため、図3に示す例では、加工光ELは、偏光分離面を通過可能な偏光方向（例えば、偏光分離面に対してp偏光となる偏光方向）を有する状態でビームスプリッタ1331の偏光分離面に入射する。

[0063] 合成光学系133から射出された加工光ELは、偏向光学系134に入射

する。偏向光学系134は、偏向光学系134に入射した加工光ELを、照射光学系135に向けて射出する。

[0064] 偏向光学系134は、ガルバノミラー1341を備える。偏向光学系134に入射した加工光ELは、ガルバノミラー1341に入射する。ガルバノミラー1341は、加工光ELを偏向する（つまり、加工光ELの射出角度を変更する）。ガルバノミラー1341は、加工光ELを偏向することで、照射光学系135の光軸EXに交差する面内（つまり、XY平面に沿った面内）における加工光ELの集光位置を変更する。通常、図3に示すように、加工ヘッド13は、光軸EXとワークWの表面とが交差する状態で、ワークWに加工光ELを照射する。このため、光軸EXに交差する面内における加工光ELの集光位置が変更されると、ワークWの表面における加工光ELの照射位置PAが、ワークWの表面に沿った方向において変更される（つまり、移動する）。つまり、X軸方向及びY軸方向の少なくとも一方に沿って、加工光ELの照射位置PAが変更される。このように、ガルバノミラー1341は、加工光ELの照射位置PAを変更可能であるがゆえに、位置変更装置と称されてもよい。

[0065] ガルバノミラー1341は、X走査ミラー1341Xと、Y走査ミラー1341Yとを含む。X走査ミラー1341X及びY走査ミラー1341Yのそれぞれは、ガルバノミラー1341に入射する加工光ELの光路に対する角度が変更される傾斜角可変ミラーである。X走査ミラー1341Xは、ワークW上での加工光ELの照射位置PAをX軸方向に沿って変更するよう、加工光ELを偏向する。この場合、X走査ミラー1341Xは、Y軸廻りに回転又は揺動可能であってもよい。つまり、ガルバノミラー1341は、X走査ミラー1341Xの $\theta$  Y方向の位置（或いは、Y軸周りの姿勢）を変更することで、ワークW上での加工光ELの照射位置PAをX軸方向に沿って変更可能であってもよい。Y走査ミラー1341Yは、ワークW上での加工光ELの照射位置PAをY軸方向に沿って変更するよう、加工光ELを偏向する。この場合、Y走査ミラー1341Yは、X軸廻りに回転又は揺動可能

であってもよい。つまり、ガルバノミラー1341は、Y走査ミラー1341 Yの $\theta$ X方向の位置（或いは、X軸周りの姿勢）を変更することで、ワークW上での加工光ELの照射位置PAをY軸方向に沿って変更可能であってもよい。

[0066] このようなガルバノミラー1341及び1313の少なくとも一方により、加工光ELは、加工ヘッド13を基準に定まる加工ショット領域PSAを走査可能となる。つまり、ガルバノミラー1341及び1313の少なくとも一方により、照射位置PAは、加工ヘッド13を基準に定まる加工ショット領域PSA内で移動可能となる。加工ショット領域PSAの一例が、図4に示されている。図4に示すように、加工ショット領域PSAは、加工ヘッド13とワークWとの位置関係を固定した状態で（つまり、変更することなく）加工ヘッド13による加工が行われる領域（言い換えれば、範囲）を示す。典型的には、加工ショット領域PSAは、加工ヘッド13とワークWとの位置関係を固定した状態でガルバノミラー1341及び1313の少なくとも一方によって偏向される加工光ELの走査範囲と一致する又は当該走査範囲よりも狭い領域になるように設定される。更に、上述したヘッド駆動系141により加工ヘッド13が移動することで及び／又はステージ駆動系161によりステージ15が移動することで、加工ショット領域PSA（照射位置PA）がワークWの表面上を相対的に移動可能である。尚、上述した加工光ELの走査範囲は、加工光ELが走査される範囲のうち最大範囲であってもよい。

[0067] 再び図3において、偏向光学系134から射出された加工光ELは、照射光学系135に入射する。上述したように偏向光学系134が備えるガルバノミラー1341及び加工光学系131が備えるガルバノミラー1313の少なくとも一方が加工光ELを偏向すると、加工光ELの照射光学系135への入射位置が変わる。このため、ガルバノミラー1341及び1313のそれぞれは、加工光ELを偏向することで、加工光ELの照射光学系135への入射位置を変更可能な位置変更装置として機能しているとみなしてもよ

い。

[0068] 尚、偏向光学系134のガルバノミラー1341及び加工光学系131のガルバノミラー1313のうち少なくとも一方による加工光ELの偏向によって変わる加工光ELの照射光学系135への入射位置は、照射光学系135を構成する光学部材のうち最も偏向光学系134側（最も入射側）の光学部材に入射する加工光ELの入射位置であってもよい。また、偏向光学系134のガルバノミラー1341及び加工光学系131のガルバノミラー1313のうち少なくとも一方による加工光ELの偏向によって、照射光学系135へ入射する加工光ELの入射角度（典型的には照射光学系135の光軸EXに対する入射角度）が変わってもよい。

[0069] 照射光学系135は、加工光ELをワークWに照射可能な光学系である。加工光ELをワークWに照射するために、照射光学系135は、対物光学系として機能可能なf $\theta$ レンズ1351を備えている。f $\theta$ レンズ1351には、偏向光学系134から射出された加工光ELが入射する。f $\theta$ レンズ1351は、偏向光学系134から射出された加工光ELを、ワークWに照射する。具体的には、f $\theta$ レンズ1351は、照射光学系135の光軸EXに沿った方向に向けて加工光ELを射出する。その結果、f $\theta$ レンズ1351が射出した加工光ELは、光軸EXに沿った方向に沿って進行することでワークWに入射する。尚、照射光学系135の光軸EXは、f $\theta$ レンズ1351の光軸であってもよい。

[0070] f $\theta$ レンズ1351は、ガルバノミラー1341からの加工光ELを、ワークW上に集光してもよい。この場合、f $\theta$ レンズ1351から射出された加工光ELは、パワーを有する他の光学要素（言い換えれば、光学部材であって、例えばレンズ等）を介することなく、ワークWに照射されてもよい。この場合、f $\theta$ レンズ1351は、加工光ELの光路上に配置される複数の光学要素のうちの最終段のパワーを有する光学要素（つまり、最もワークWに近い光学要素）であるため、最終光学要素と称されてもよい。尚、光学要素のパワーは、光学要素の焦点距離の逆数であってもよい。また、この場合

、ガルバノミラー1341からの加工光ELは、平行光束であってもよい。尚、照射光学系135は、 $f\theta$ とは異なる射影特性を有する対物光学系を備えていてもよい。

[0071] 尚、ガルバノミラー1341を構成するX走査ミラー1341X及びY走査ミラー1341Y、並びに、ガルバノミラー1313を構成するX走査ミラー1313X及びY走査ミラー1313Yのうちの少なくとも一つは、照射光学系としての $f\theta$ レンズ1351の入射瞳位置及び／又はその共役位置に配置されていてもよい。ガルバノミラー1341及び1313を構成する走査ミラーが複数の場合、各走査ミラーを互いに光学的に共役にするためのリレー光学系が走査ミラー間に配置されていてもよい。

[0072] 加工ヘッド13には更に、光ファイバ等の光伝送部材121を介して、計測光源12が生成した計測光MLが入射する。計測光源12は、加工ヘッド13の外部に配置されていてもよい。計測光源12は、加工ヘッド13の内部に配置されていてもよい。

[0073] 計測光源12は、光コム光源を含んでいてもよい。光コム光源は、周波数軸上で等間隔に並んだ周波数成分を含む光（以降、“光周波数コム”と称する）をパルス光として生成可能な光源である。この場合、計測光源12は、周波数軸上で等間隔に並んだ周波数成分を含むパルス光を、計測光MLとして射出する。但し、計測光源12は、光コム光源とは異なる光源を含んでいてもよい。

[0074] 図3に示す例では、加工システムSYSaは、複数の計測光源12を備えている。例えば、加工システムSYSaは、計測光源12#1と、計測光源12#2とを備えていてもよい。複数の計測光源12は、互いに位相同期され且つ干渉性のある複数の計測光MLをそれぞれ射出してもよい。例えば、複数の計測光源12は、発振周波数が異なってもよい。このため、複数の計測光源12がそれぞれ射出する複数の計測光MLは、パルス周波数（例えば、単位時間当たりのパルス光の数であり、パルス光の発光周期の逆数）が異なる複数の計測光MLとなってもよい。但し、加工システムSYS

aは、単一の計測光源12を備えていてもよい。

[0075] 計測光源12から射出された計測光MLは、計測光学系132に入射する。計測光学系132は、計測光学系132に入射した計測光MLを、合成光学系133に向けて射出する光学系である。計測光学系132が射出した計測光MLは、合成光学系133、偏向光学系134及び照射光学系135を介して計測対象物Mに照射される。

[0076] 計測光学系132は、例えば、ミラー1320と、ビームスプリッタ1321と、ビームスプリッタ1322と、検出器1323と、ビームスプリッタ1324と、ミラー1325と、検出器1326と、ミラー1327と、ガルバノミラー1328とを備える。

[0077] 計測光源12から射出された計測光MLは、ビームスプリッタ1321に入射する。具体的には、計測光源12#1から射出された計測光ML（以降、“計測光ML#1”と称する）は、ビームスプリッタ1321に入射する。計測光源12#2から射出された計測光ML（以降、“計測光ML#2”と称する）は、ミラー1320を介して、ビームスプリッタ1321に入射する。ビームスプリッタ1321は、ビームスプリッタ1321に入射した計測光ML#1及びML#2を、ビームスプリッタ1322に向けて射出する。つまり、ビームスプリッタ1321は、それぞれ異なる方向からビームスプリッタ1321に入射した計測光ML#1及びML#2を、同じ方向（つまり、ビームスプリッタ1322が配置されている方向）に向けて射出する。

[0078] ビームスプリッタ1322は、ビームスプリッタ1322に入射した計測光ML#1の一部である計測光ML#1-1を、検出器1323に向けて反射する。ビームスプリッタ1322は、ビームスプリッタ1322に入射した計測光ML#1の他の一部である計測光ML#1-2を、ビームスプリッタ1324に向けて射出する。ビームスプリッタ1322は、ビームスプリッタ1322に入射した計測光ML#2の一部である計測光ML#2-1を、検出器1323に向けて反射する。ビームスプリッタ1322は、ビーム

スプリッタ 1 3 2 2 に入射した計測光 ML # 2 の他の一部である計測光 ML # 2 - 2 を、ビームスプリッタ 1 3 2 4 に向けて射出する。

[0079] ビームスプリッタ 1 3 2 2 から射出された計測光 ML # 1 - 1 及び ML # 2 - 1 は、検出器 1 3 2 3 に入射する。検出器 1 3 2 3 は、計測光 ML # 1 - 1 と計測光 ML # 2 - 1 とを受光する（つまり、検出する）。特に、検出器 1 3 2 3 は、計測光 ML # 1 - 1 と計測光 ML # 2 - 1 とが干渉することで生成される干渉光を受光する。尚、計測光 ML # 1 - 1 と計測光 ML # 2 - 1 とが干渉することで生成される干渉光を受光する動作は、計測光 ML # 1 - 1 と計測光 ML # 2 - 1 とを受光する動作と等価であるとみなしてもよい。検出器 1 3 2 3 の検出結果は、制御ユニット 2 に出力される。

[0080] ビームスプリッタ 1 3 2 2 から射出された計測光 ML # 1 - 2 及び ML # 2 - 2 は、ビームスプリッタ 1 3 2 4 に入射する。ビームスプリッタ 1 3 2 4 は、ビームスプリッタ 1 3 2 4 に入射した計測光 ML # 1 - 2 の少なくとも一部を、ミラー 1 3 2 5 に向けて射出する。ビームスプリッタ 1 3 2 4 は、ビームスプリッタ 1 3 2 4 に入射した計測光 ML # 2 - 2 の少なくとも一部を、ミラー 1 3 2 7 に向けて射出する。

[0081] ビームスプリッタ 1 3 2 4 から射出された計測光 ML # 1 - 2 は、ミラー 1 3 2 5 に入射する。ミラー 1 3 2 5 に入射した計測光 ML # 1 - 2 は、ミラー 1 3 2 5 の反射面（反射面は、参照面と称されてもよい）によって反射される。具体的には、ミラー 1 3 2 5 は、ミラー 1 3 2 5 に入射した計測光 ML # 1 - 2 をビームスプリッタ 1 3 2 4 に向けて反射する。つまり、ミラー 1 3 2 5 は、ミラー 1 3 2 5 に入射した計測光 ML # 1 - 2 を、その反射光である計測光 ML # 1 - 3 としてビームスプリッタ 1 3 2 4 に向けて射出する。この場合、計測光 ML # 1 - 3 は、参照光と称されてもよい。ミラー 1 3 2 5 から射出された計測光 ML # 1 - 3 は、ビームスプリッタ 1 3 2 4 に入射する。ビームスプリッタ 1 3 2 4 は、ビームスプリッタ 1 3 2 4 に入射した計測光 ML # 1 - 3 をビームスプリッタ 1 3 2 2 に向けて射出する。ビームスプリッタ 1 3 2 4 から射出された計測光 ML # 1 - 3 は、ビームス

プリッタ1322に入射する。ビームスプリッタ1322は、ビームスプリッタ1322に入射した計測光ML#1-3を、検出器1326に向けて射出する。

[0082] 一方で、ビームスプリッタ1324から射出された計測光ML#2-2は、ミラー1327に入射する。ミラー1327は、ミラー1327に入射した計測光ML#2-2をガルバノミラー1328に向けて反射する。つまり、ミラー1327は、ミラー1327に入射した計測光ML#2-2をガルバノミラー1328に向けて射出する。

[0083] ガルバノミラー1328は、計測光ML#2-2を偏向する（つまり、計測光ML#2-2の射出角度を変更する）。ガルバノミラー1328は、計測光ML#2-2を偏向することで、照射光学系135の光軸EXに交差する面内（つまり、XY平面に沿った面内）における計測光ML#2-2の集光位置を変更する。通常、図3に示すように、加工ヘッド13は、光軸EXと計測対象物M（図3に示す例では、ワークW）の表面とが交差する状態で、計測対象物Mに計測光ML#2-2を照射する。このため、光軸EXに交差する面内における計測光ML#2-2の集光位置が変更されると、計測対象物Mの表面における計測光ML#2-2の照射位置MAが、計測対象物Mの表面に沿った方向において変更される（つまり、移動する）。つまり、X軸方向及びY軸方向の少なくとも一方に沿って、計測光ML#2-2の照射位置MAが変更される。このように、ガルバノミラー1328は、計測光ML#2-2の照射位置MAを変更可能であるがゆえに、位置変更光学系又は位置変更装置と称されてもよい。

[0084] ガルバノミラー1328は、X走査ミラー1328Xと、Y走査ミラー1328Yとを含む。X走査ミラー1328X及びY走査ミラー1328Yのそれぞれは、ガルバノミラー1328に入射する計測光ML#2-2の光路に対する角度が変更される傾斜角可変ミラーである。X走査ミラー1328Xは、計測対象物M上での計測光ML#2-2の照射位置MAをX軸方向に沿って変更するよう、計測光ML#2-2を偏向する。この場合、X走査ミ

ラー 1328X は、Y 軸廻りに回転又は揺動可能であってもよい。つまり、ガルバノミラー 1328 は、X 走査ミラー 1328X の  $\theta$  Y 方向の位置（或いは、Y 軸周りの姿勢）を変更することで、計測対象物 M 上での計測光 ML # 2-2 の照射位置 MA を X 軸方向に沿って変更可能であってもよい。Y 走査ミラー 1328Y は、計測対象物 M 上での計測光 ML # 2-2 の照射位置 MA を Y 軸方向に沿って変更するよう、加工光 EL を偏向する。この場合、Y 走査ミラー 1328Y は、X 軸廻りに回転又は揺動可能であってもよい。つまり、ガルバノミラー 1328 は、Y 走査ミラー 1328Y の  $\theta$  X 方向の位置（或いは、X 軸周りの姿勢）を変更することで、計測対象物 M 上での計測光 ML # 2-2 の照射位置 MA を Y 軸方向に沿って変更可能であってもよい。

[0085] 計測光学系 132 から射出された計測光 ML # 2-2（この場合、ガルバノミラー 1328 から射出された計測光 ML # 2-2）は、合成光学系 133 に入射する。合成光学系 133 のビームスプリッタ 1331 は、ビームスプリッタ 1331 に入射した計測光 ML # 2-2 を、偏向光学系 134 に向けて射出する。図 3 に示す例では、合成光学系 133 に入射した計測光 ML # 2-2 は、偏光分離面において反射されることで偏向光学系 134 に向けて射出される。このため、図 3 に示す例では、計測光 ML # 2-2 は、偏光分離面で反射可能な偏光方向（例えば、偏光分離面に対して s 偏光となる偏光方向）を有する状態でビームスプリッタ 1331 の偏光分離面に入射する。

[0086] ここで、上述したように、ビームスプリッタ 1331 には、計測光 ML # 2-2 に加えて加工光 EL が入射する。つまり、計測光 ML # 2-2 及び加工光 EL の双方がビームスプリッタ 1331 を通過する。ビームスプリッタ 1331 は、ビームスプリッタ 1331 に異なる方向からそれぞれ入射してきた加工光 EL 及び計測光 ML # 2-2 を、同じ方向に向けて（つまり、同じ偏向光学系 134 に向けて）射出する。従って、ビームスプリッタ 1331 は、実質的には、加工光 EL 及び計測光 ML # 2-2 を合成する合成光学

部材として機能する。

- [0087] 尚、加工光ELの波長と計測光MLの波長とが異なる場合には、合成光学系133は、合成光学部材として、ビームスプリッタ1331に代えて、ダイクロミックミラーを備えていてもよい。この場合であっても、合成光学系133は、ダイクロミックミラーを用いて、加工光EL及び計測光ML#2-2を合成する（つまり、加工光ELの光路と計測光ML#2-2の光路とを合成する）ことができる。
- [0088] 合成光学系133から射出された計測光ML#2-2は、偏向光学系134に入射する。偏向光学系134は、偏向光学系134に入射した計測光ML#2-2を、照射光学系135に向けて射出する。
- [0089] 偏向光学系134に入射した計測光ML#2-2は、ガルバノミラー1341に入射する。ガルバノミラー1341は、加工光ELを偏向する場合と同様に、計測光ML#2-2を偏向する。このため、ガルバノミラー1341は、計測対象物Mの表面における計測光ML#2-2の照射位置MAを、計測対象物Mの表面に沿った方向において変更可能である。つまり、ガルバノミラー1341は、X走査ミラー1341Xの $\theta$ Y方向の位置（或いは、Y軸周りの姿勢）を変更することで、計測対象物M上での計測光ML#2-2の照射位置MAをX軸方向に沿って変更可能であってもよい。ガルバノミラー1341は、Y走査ミラー1341Yの $\theta$ X方向の位置（或いは、X軸周りの姿勢）を変更することで、計測対象物M上での計測光ML#2-2の照射位置MAをY軸方向に沿って変更可能であってもよい。このように、ガルバノミラー1341は、計測光ML#2-2の照射位置MAを変更可能であるがゆえに、位置変更光学系又は位置変更装置と称されてもよい。
- [0090] 上述したように、ガルバノミラー1341には、計測光ML#2-2に加えて加工光ELが入射する。つまり、ガルバノミラー1341には、ビームスプリッタ1331が合成した加工光EL及び計測光ML#2-2が入射する。従って、計測光ML#2-2及び加工光ELの双方が同じガルバノミラー1341を通過する。このため、ガルバノミラー1341は、加工光EL

の照射位置PAと計測光ML # 2-2の照射位置MAとを同期して変更可能である。つまり、ガルバノミラー1341は、加工光ELの照射位置PAと計測光ML # 2-2の照射位置MAとを連動して変更可能である。

[0091] 一方で、上述したように、計測光ML # 2-2は、ガルバノミラー1328を介して計測対象物Mに照射される一方で、加工光ELは、ガルバノミラー1328を介することなくワークWに照射される。このため、加工システムSYS aは、ガルバノミラー1328を用いて、加工光ELの照射位置PAに対して、計測光ML # 2-2の照射位置MAを独立して移動させることができる。つまり、加工システムSYS aは、ガルバノミラー1328を用いて、加工光ELの照射位置PAと計測光ML # 2-2の照射位置MAとの相対的な位置関係を変更することができる。特に、加工システムSYS aは、ガルバノミラー1328を用いて、加工光ELの照射位置PAと計測光ML # 2-2の照射位置MAとの相対的な位置関係を、計測光ML # 2-2の照射方向と交差する方向（図3に示す例では、X軸方向及びY軸方向の少なくとも一方）に沿って変更することができる。

[0092] 同様に、上述したように、加工光ELは、ガルバノミラー1313を介して計測対象物Mに照射される一方で、計測光ML # 2-2は、ガルバノミラー1313を介することなくワークWに照射される。このため、加工システムSYS aは、ガルバノミラー1313を用いて、計測光ML # 2-2の照射位置MAに対して、加工光ELの照射位置PAを独立して移動させることができる。つまり、加工システムSYS aは、ガルバノミラー1313を用いて、加工光ELの照射位置PAと計測光ML # 2-2の照射位置MAとの相対的な位置関係を変更することができる。特に、加工システムSYS aは、ガルバノミラー1328を用いて、加工光ELの照射位置PAと計測光ML # 2-2の照射位置MAとの相対的な位置関係を、加工光ELの照射方向と交差する方向（図3に示す例では、X軸方向及びY軸方向の少なくとも一方）に沿って変更することができる。

[0093] このようなガルバノミラー1341及び1328の少なくとも一方により

、計測光ML # 2-2は、加工ヘッド13を基準に定まる計測ショット領域MSAを走査可能となる。つまり、ガルバノミラー1341及び1328の少なくとも一方により、照射位置MAは、加工ヘッド13を基準に定まる計測ショット領域MSA内で移動可能となる。計測ショット領域MSAの一例が、図5に示されている。図5に示すように、計測ショット領域MSAは、加工ヘッド13と計測対象物Mとの位置関係を固定した状態で（つまり、変更することなく）加工ヘッド13による計測が行われる領域（言い換えれば、範囲）を示す。典型的には、計測ショット領域MSAは、加工ヘッド13と計測対象物Mとの位置関係を固定した状態でガルバノミラー1341及び1328の少なくとも一方によって偏向される計測光MLの走査範囲と一致する又は当該走査範囲よりも狭い領域になるように設定される。更に、上述したヘッド駆動系141により加工ヘッド13が移動することで及び／又はステージ駆動系161によりステージ15が移動することで、計測ショット領域MSA（照射位置MA）が計測対象物Mの表面上を相対的に移動可能である。尚、上述した計測光MLの走査範囲は、計測光MLが走査される範囲のうち最大範囲であってもよい。

[0094] 再び図3において、偏向光学系134から射出された計測光ML # 2-2は、照射光学系135に入射する。上述したように偏向光学系134が備えるガルバノミラー1341及び計測光学系132が備えるガルバノミラー1328の少なくとも一方が計測光ML # 2-2を偏向すると、計測光ML # 2-2の照射光学系135への入射位置が変わる。このため、ガルバノミラー1341及び1328のそれぞれは、計測光ML # 2-2を偏向することで、計測光ML # 2-2の照射光学系135への入射位置を変更可能な位置変更装置として機能しているとみなしてもよい。

[0095] 照射光学系135は、計測光ML # 2-2を計測対象物M（図3に示す例では、ワークW）に照射可能な光学系である。具体的には、f $\theta$ レンズ1351は、偏向光学系134から射出された計測光ML # 2-2を、計測対象物Mに照射する。具体的には、f $\theta$ レンズ1351は、照射光学系135の

光軸E Xに沿った方向に向けて計測光ML # 2-2を射出する。その結果、 $f\theta$ レンズ1351が射出した計測光ML # 2-2は、光軸E Xに沿った方向に沿って進行することで計測対象物Mに入射する。

[0096]  $f\theta$ レンズ1351は、偏向光学系134から射出された計測光ML # 2-2を、計測対象物M上に集光してもよい。この場合、 $f\theta$ レンズ1351から射出された計測光ML # 2-2は、パワーを有する他の光学要素（言い換えれば、光学部材であって、例えばレンズ等）を介することなく、計測対象物Mに照射されてもよい。この場合、 $f\theta$ レンズ1351は、計測光ML # 2-2の光路上に配置される複数の光学要素のうちの最終段のパワーを有する光学要素（つまり、最もワークWに近い光学要素）であるため、最終光学要素と称されてもよい。この場合、偏向光学系134から射出されて $f\theta$ レンズ1351に入射する計測光ML # 2-2は、平行光束であってもよい。

[0097] 計測対象物Mに計測光ML # 2-2が照射されると、計測光ML # 2-2の照射に起因した光が計測対象物Mから発生する。つまり、計測対象物Mに計測光ML # 2-2が照射されると、計測光ML # 2-2の照射に起因した光が計測対象物Mから射出される。計測光ML # 2-2の照射に起因した光（言い換えれば、計測光ML # 2-2の照射に起因して計測対象物Mから射出される光）は、計測対象物Mで反射された計測光ML # 2-2（つまり、反射光）、計測対象物Mで散乱された計測光ML # 2-2（つまり、散乱光）、計測対象物Mで回折された計測光ML # 2-2（つまり、回折光）、及び計測対象物Mを透過した計測光ML # 2-2（つまり、透過光）のうちの少なくとも一つを含んでいてもよい。

[0098] 計測光ML # 2-2の照射に起因して計測対象物Mから射出される光の少なくとも一部は、戻り光RLとして照射光学系135に入射する。具体的には、計測光ML # 2-2の照射に起因して計測対象物Mから射出される光のうち、計測対象物Mに入射する計測光ML # 2-2の光路に沿って進行する光が、戻り光RLとして照射光学系135に入射する。この場合、照射光

学系 1 3 5 から射出されて計測対象物 M に入射する計測光 ML # 2 - 2 の光路と、計測対象物 M から射出されて照射光学系 1 3 5 に入射する戻り光 RL の光路とは同じであってもよい。照射光学系 1 3 5 に入射した戻り光 RL は、 $f \theta$  レンズ 1 3 5 1 を介して、偏向光学系 1 3 4 に入射する。偏向光学系 1 3 4 に入射した戻り光 RL は、ガルバノミラー 1 3 4 1 を介して、合成光学系 1 3 3 に入射する。合成光学系 1 3 3 のビームスプリッタ 1 3 3 1 は、ビームスプリッタ 1 3 3 1 に入射した戻り光 RL を、計測光学系 1 3 2 に向けて射出する。図 3 に示す例では、ビームスプリッタ 1 3 3 1 に入射した戻り光 RL は、偏光分離面において反射されることで計測光学系 1 3 2 に向けて射出される。このため、図 3 に示す例では、戻り光 RL は、偏光分離面で反射可能な偏光方向を有する状態でビームスプリッタ 1 3 3 1 の偏光分離面に入射する。

[0099] ビームスプリッタ 1 3 3 1 から射出された戻り光 RL は、計測光学系 1 3 2 のガルバノミラー 1 3 2 8 に入射する。ガルバノミラー 1 3 2 8 は、ガルバノミラー 1 3 2 8 に入射した戻り光 RL をミラー 1 3 2 7 に向けて射出する。ミラー 1 3 2 7 は、ミラー 1 3 2 7 に入射した戻り光 RL をビームスプリッタ 1 3 2 4 に向けて反射する。ビームスプリッタ 1 3 2 4 は、ビームスプリッタ 1 3 2 4 に入射した戻り光 RL の少なくとも一部をビームスプリッタ 1 3 2 2 に向けて射出する。ビームスプリッタ 1 3 2 2 は、ビームスプリッタ 1 3 2 2 に入射した戻り光 RL の少なくとも一部を検出器 1 3 2 6 に向けて射出する。

[0100] 上述したように、検出器 1 3 2 6 には、戻り光 RL に加えて、計測光 ML # 1 - 3 が入射する。つまり、検出器 1 3 2 6 には、計測対象物 M を介して検出器 1 3 2 6 に向かう戻り光 RL と、計測対象物 M を介することなく検出器 1 3 2 6 に向かう計測光 ML # 1 - 3 とが入射する。検出器 1 3 2 6 は、計測光 ML # 1 - 3 と戻り光 RL とを受光する（つまり、検出する）。特に、検出器 1 3 2 6 は、計測光 ML # 1 - 3 と戻り光 RL とが干渉することで生成される干渉光を受光する。尚、計測光 ML # 1 - 3 と戻り光 RL とが干

渉することで生成される干渉光を受光する動作は、計測光ML # 1 - 3と戻り光RLとを受光する動作と等価であるとみなしてもよい。検出器1326の検出結果は、制御ユニット2に出力される。

[0101] 制御ユニット2は、検出器1323の検出結果及び検出器1326の検出結果を取得する。制御ユニット2は、検出器1323の検出結果及び検出器1326の検出結果に基づいて、計測対象物Mの計測データ（例えば、計測対象物Mの位置及び形状の少なくとも一方に関する計測データ）を生成してもよい。

[0102] 具体的には、計測光ML # 1のパルス周波数と計測光ML # 2のパルス周波数が異なるため、計測光ML # 1 - 1のパルス周波数と計測光ML # 2 - 1のパルス周波数が異なる。従って、計測光ML # 1 - 1と計測光ML # 2 - 1との干渉光は、計測光ML # 1 - 1を構成するパルス光と計測光ML # 2 - 1を構成するパルス光とが同時に検出器1323に入射したタイミングに同期してパルス光が現れる干渉光となる。同様に、計測光ML # 1 - 3のパルス周波数と戻り光RLのパルス周波数が異なる。従って、計測光ML # 1 - 3と戻り光RLとの干渉光は、計測光ML # 1 - 3を構成するパルス光と戻り光RLを構成するパルス光とが同時に検出器1326に入射したタイミングに同期してパルス光が現れる干渉光となる。ここで、検出器1326が検出する干渉光のパルス光の位置（時間軸上の位置）は、加工ヘッド13と計測対象物Mとの位置関係に応じて変動する。なぜならば、検出器1326が検出する干渉光は、計測対象物Mを介して検出器1326に向かう戻り光RLと、計測対象物Mを介することなく検出器1326に向かう計測光ML # 1 - 3との干渉光であるからである。一方で、検出器1323が検出する干渉光のパルス光の位置（時間軸上の位置）は、加工ヘッド13と計測対象物Mとの位置関係（つまり、実質的には、加工ヘッド13と計測対象物Mとの位置関係）に応じて変動することはない。このため、検出器1326が検出する干渉光のパルス光と検出器1323が検出する干渉光のパルス光との時間差は、加工ヘッド13と計測対象物Mとの位置関係を間接的に

示していると言える。具体的には、検出器1326が検出する干渉光のパルス光と検出器1323が検出する干渉光のパルス光との時間差は、計測光MLの光路に沿った方向（つまり、計測光MLの進行方向に沿った方向）における加工ヘッド13と計測対象物Mとの間の距離を間接的に示していると言える。このため、制御ユニット2は、検出器1326が検出する干渉光のパルス光と検出器1323が検出する干渉光のパルス光との時間差に基づいて、計測光MLの光路に沿った方向（例えば、Z軸方向）における加工ヘッド13と計測対象物Mとの間の距離を算出することができる。言い換えれば、制御ユニット2は、計測光MLの光路に沿った方向（例えば、Z軸方向）における計測対象物Mの位置を算出することができる。より具体的には、制御ユニット2は、計測対象物Mのうち計測光ML#2-2が照射された被照射部分と加工ヘッド13との間の距離を算出することができる。制御ユニット2は、計測光MLの光路に沿った方向（例えば、Z軸方向）における被照射部分の位置を算出することができる。更には、計測対象物M上での計測光ML#2-2の照射位置がガルバノミラー1341及び1328の駆動状態によって決定されるがゆえに、制御ユニット2は、ガルバノミラー1341及び1328の駆動状態に基づいて、計測光MLの光路に交差する方向（例えば、X軸方向及びY軸方向の少なくとも一つ）における被照射部分の位置を算出することができる。その結果、制御ユニット2は、加工ヘッド13を基準とする計測座標系における被照射部分の位置（例えば、三次元座標空間内の位置）を示す計測データを生成することができる。

[0103] 加工ヘッド13は、計測対象物Mの複数の部位に計測光ML#2-2を照射してもよい。例えば、加工ヘッド13が計測対象物Mの複数の部位に計測光ML#2-2を照射するように、ガルバノミラー1341及び1328の少なくとも一方は、計測対象物M上での計測光ML#2-2の照射位置を変更してもよい。例えば、加工ヘッド13が計測対象物Mの複数の部位に計測光ML#2-2を照射するように、加工ヘッド13及びステージ15の少なくとも一方が移動してもよい。計測光ML#2-2が計測対象物Mの複数の

部位に照射されると、制御ユニット2は、計測対象物Mの複数の部位の位置を示す計測データを生成することができる。その結果、制御ユニット2は、複数の部位の位置を示す計測データに基づいて、計測対象物Mの形状を示す計測データを生成することができる。例えば、制御ユニット2は、位置が特定された複数の部位を結ぶ仮想的な平面（或いは、曲面）から構成される三次元形状を、計測対象物Mの形状として算出することで、計測対象物Mの形状を示す計測データを生成することができる。

[0104] （1-3）照射光学系135が交換可能な加工ヘッド13の構成

第1実施形態では、上述したように、加工光ELをワークWに照射し且つ計測光MLを計測対象物Mに照射する照射光学系135は交換可能である。以下、図3を参照しながら、照射光学系135が交換可能な加工ヘッド13の構成について更に説明する。

[0105] 図3に示すように、加工光学系131、計測光学系132、合成光学系133及び偏向光学系134は、加工ヘッド13のヘッド筐体136に收容されていてもよい。一方で、照射光学系135は、ヘッド筐体136とは異なる加工ヘッド13のヘッド筐体137に收容されていてもよい。尚、ヘッド筐体136及び137の少なくとも一方は、鏡筒と称されてもよい。

[0106] この場合、ヘッド筐体136に收容される加工光学系131、計測光学系132、合成光学系133及び偏向光学系134を介して、ヘッド筐体137に收容される照射光学系135に加工光EL及び計測光MLのそれぞれが入射する。つまり、ヘッド筐体136に收容される加工光学系131、計測光学系132、合成光学系133及び偏向光学系134を含む光学系は、照射光学系135に加工光EL及び計測光MLを射出する。このため、以下の説明では、説明の便宜上、加工光学系131、計測光学系132、合成光学系133及び偏向光学系134を含む光学系を、照射光学系135に加工光EL及び計測光MLを射出する射出光学系130と称する。

[0107] ヘッド筐体137は、ヘッド筐体136に取り付け可能である。ヘッド筐体136に取り付けられたヘッド筐体137は、ヘッド筐体136から取り

外し可能である。つまり、ヘッド筐体137は、ヘッド筐体136に対して着脱可能である。この場合、ヘッド筐体137に收容されている照射光学系135は、ヘッド筐体136に收容されている射出光学系130に取り付け可能であるとみなしてもよい。射出光学系130に取り付けられた照射光学系135は、射出光学系130から取り外し可能であるとみなしてもよい。つまり、照射光学系135は、射出光学系130に対して着脱可能であるとみなしてもよい。

[0108] 第1実施形態では、ヘッド筐体137は、取付アダプタ138を介して、ヘッド筐体136に対して着脱可能であってもよい。つまり、照射光学系135は、取付アダプタ138を介して、射出光学系130に対して着脱可能であってもよい。但し、ヘッド筐体137は、取付アダプタ138を用いることなく、ヘッド筐体136に対して着脱可能であってもよい。つまり、照射光学系135は、取付アダプタ138を用いることなく、射出光学系130に対して着脱可能であってもよい。

[0109] 取付アダプタ138の一例が、図6に示されている。図6に示すように、取付アダプタ138は、ヘッド筐体136に取り付けられていてもよい。図6に示す例では、取付アダプタ138は、取付アダプタ138の上面（具体的には、+Z側を向いた面）が、ヘッド筐体136の下面（具体的には、-Z側を向いた面）に対向するように、ヘッド筐体136に取り付けられていてもよい。

[0110] 取付アダプタ138の下面（具体的には、-Z側を向いた面）は、ヘッド筐体137が取り付けられる取付面1380として用いられてもよい。つまり、ヘッド筐体137は、ヘッド筐体137の上面である取付面1370が取付アダプタ138の取付面1380に対向するように、取付アダプタ138に取り付けられてもよい。その結果、ヘッド筐体137が、取付アダプタ138を介してヘッド筐体136に取り付けられる。

[0111] ヘッド筐体137を取付アダプタ138に取り付けるために、取付アダプタ138の取付面1380には、少なくとも一つの取付ピン1381が形成

されていてもよい。各取付ピン1381の側面には、少なくとも一つの取付ピン1382が形成されていてもよい。各取付ピン1382の状態は、図6の右側における取付ピン1381の拡大図に示すように、各取付ピン1382が取付ピン1381の内部に收容されている（その結果、各取付ピン1382が取付ピン1381の側面から突き出ていない）状態と、各取付ピン1382が取付ピン1381の内部に收容されていない（その結果、各取付ピン1382が取付ピン1381の側面から突き出ている）状態との間で切り替え可能であってもよい。例えば、各取付ピン1382の状態は、取付ピン1382を動かす力を用いて、各取付ピン1382が取付ピン1381の内部に收容されている状態と、各取付ピン1382が取付ピン1381の内部に收容されていない状態との間で切り替え可能である。

[0112] 取付ピン1382を動かす力は、ヘッド筐体137から取付ピン1382に加わる力であってもよい。例えば、ヘッド筐体137が取付アダプタ138に取り付けられる過程で、取付ピン1382がヘッド筐体137の表面（例えば、後述する取付穴1371を形成する面）に接触する可能性がある。この場合、ヘッド筐体137の表面から取付ピン1382を押し出す力が取付ピン1382に加わる。取付ピン1382は、ヘッド筐体137の表面からの取付ピン1382を押し出す力によって動いてもよい。つまり、取付ピン1382は、ヘッド筐体137の表面からの取付ピン1382を押し出す力によって取付ピン1381の内部に收容されてもよい。尚、この場合、ヘッド筐体137の表面から取付ピン1382に力が適切に加わるように、取付ピン1382の表面の少なくとも一部の曲率が、適切な曲率に設定されていてもよい。取付ピン1382の表面の少なくとも一部が曲面になっていてもよい。

[0113] 取付ピン1382を動かす力は、例えば、気体（例えば、空気）に起因した力であってもよい。取付ピン1382を動かす力は、例えば、気体（例えば、空気）の圧力に起因した力であってもよい。この場合、気体を供給する空圧装置が、取付ピン1382を動かしてもよい。取付ピン1382を動か

すための気体として、パージガスが用いられてもよいし、パージガスとは異なる気体が用いられてもよい。

[0114] 尚、図6及び図7に示した例では、2つの取付ピン1381が照射光学系135の光軸EXと交差する直線上に配置されている。しかしながら、取付ピン1381の数は二つには限定されない。単一の取付ピン1381が形成されていてもよい。三つ以上の取付ピン1381が形成されていてもよい。

[0115] 更に、ヘッド筐体137を取付アダプタ138に取り付けるために、ヘッド筐体137の取付面1370には、取付アダプタ138の取付ピン1381が挿入可能な取付穴1371が形成されていてもよい。ヘッド筐体137に形成される取付穴1371の数は、取付アダプタ138に形成される取付ピン1381の数と同一であってもよい。更に、取付穴1371には、取付アダプタ138の取付ピン1382が挿入可能な取付穴1372がつながっていてもよい。各取付穴1371につながる取付穴1372の数は、各取付ピン1381に形成される取付ピン1382の数と同一であってもよい。

[0116] この場合、取付アダプタ138にヘッド筐体137を取り付けるために、図7(a)に示すように、各取付ピン1382の状態が、各取付ピン1382が取付ピン1381の内部に収容されている状態に切り替えられてもよい。その後、図7(b)に示すように、各取付ピン1381が各取付穴1371に挿入されるように、ヘッド筐体137が取付アダプタ138に対して位置合わせされてもよい。その後、図7(c)に示すように、各取付ピン1382の状態が、各取付ピン1382が取付ピン1381の内部に収容されていない状態に切り替えられてもよい。その結果、図7(c)に示すように、取付ピン1382が取付穴1372に挿入され、ヘッド筐体137が取付アダプタ138に固定される。つまり、ヘッド筐体137がヘッド筐体136に取り付けられる。言い換えれば、照射光学系135が射出光学系130に取り付けられる。

[0117] 一方で、取付アダプタ138に取り付けられたヘッド筐体137を取り外すために、図7(b)に示すように、各取付ピン1382の状態が、各取付

ピン1382が取付ピン1381の内部に收容されている状態に切り替えられてもよい。その後、図7(a)に示すように、各取付ピン1381が各取付穴1371から取り外されてもよい。その結果、図7(a)に示すように、ヘッド筐体137が取付アダプタ138から取り外される。つまり、ヘッド筐体137がヘッド筐体136から取り外される。言い換えれば、照射光学系135が射出光学系130から取り外される。

[0118] 取付アダプタ138の取付面1380及びヘッド筐体137の取付面1370の少なくとも一方には、溝が形成されていてもよい。ヘッド筐体137が取付アダプタ138に取り付けられた後、溝が真空引きされてもよい。この場合、ヘッド筐体137が取付アダプタ138に適切に取り付けられている場合には、取付面1370が取付面1380に適切に密着しているがゆえに、溝の気圧が一定値以下にまで低くなると想定される。一方で、ヘッド筐体137が取付アダプタ138に適切に取り付けられていない場合には、取付面1370が取付面1380に適切に密着していないがゆえに、溝の気圧が一定値以下にまで低くならないと想定される。このため、制御ユニット2は、真空引きされた溝の気圧に基づいて、ヘッド筐体137が取付アダプタ138に適切に取り付けられているか否かを判定してもよい。

[0119] 取付ピン1382を動かす力は、上述した気体に起因した力に加えて、バネ（或いは、任意の弾性体）に起因した力を含んでいてもよい。例えば、取付ピン1382の状態は、バネから取付ピン1382に加わる力によって、取付ピン1382が取付ピン1381の側面から突き出ている状態に設定されていてもよい。この状態において気体に起因した力によって、取付ピン1382の状態が、取付ピン1382が取付ピン1381の内部に收容されている状態に切り替えられてもよい。つまり、空圧装置の状態がオフ状態となっている場合に、取付ピン1382が取付ピン1381の側面から突き出ている一方で、空圧装置の状態がオン状態となっている場合に、取付ピン1382が取付ピン1381の内部に收容されていてもよい。この場合、不測の事態によって空圧装置が故障してしまった場合であっても（つまり、空圧装

置がオフ状態になってしまった場合であっても)、ヘッド筐体137が取付アダプタ138から外れることはない。従って、落下に起因した照射光学系135の破損が防止可能となる。このため、取付ピン1381及び取付穴1371は、ヘッド筐体137が取付アダプタ138から落下することを防止する落下防止機構として機能可能である。取付ピン1381及び取付穴1371は、ヘッド筐体137が取付アダプタ138から脱落することを防止する脱落防止機構として機能可能である。但し、加工ヘッド13は、取付ピン1381及び取付穴1371を含む落下防止機構(脱落防止機構)に加えて、その他の落下防止機構(脱落防止機構)を備えていてもよい。

[0120] また、上述の例では、取付アダプタ138がヘッド筐体136に取り付けられている。しかしながら、取付アダプタ138は、ヘッド筐体137に取り付けられていてもよい。照射光学系135が交換可能である場合には、後述するように、複数のヘッド筐体137が選択的にヘッド筐体136に取り付けられる。この場合、複数のヘッド筐体137のそれぞれに取付アダプタ138が取り付けられていてもよい。

[0121] (1-4) ヘッド交換装置17の構成

続いて、図8を参照しながら、照射光学系135を交換するヘッド交換装置17の構成について説明する。図8は、ヘッド交換装置17の構成の一例を概念的に示す断面図である。

[0122] 図8に示すように、ヘッド交換装置17は、収容装置171と、搬送装置172と、筐体173とを備えている。

[0123] 収容装置171は、加工ヘッド13に取り付け可能な照射光学系135を収容可能である。典型的には、収容装置171は、それぞれが加工ヘッド13に取り付け可能な複数の照射光学系135を収容可能であってもよい。図8に示す例では、収容装置171は、N(尚、Nは、2以上の整数を示す変数)個の照射光学系135(具体的には、照射光学系135#1から照射光学系135#N)を収容している。

[0124] 上述したように、照射光学系135は、照射光学系135がヘッド筐体1

37に收容された状態で、加工ヘッド13（特に、射出光学系130）に取り付けられる。このため、收容装置171は、ヘッド筐体137に收容された照射光学系135を收容可能であってもよい。言い換えれば、收容装置171は、照射光学系135が收容されたヘッド筐体137を收容可能であってもよい。

[0125] 收容装置171には、光学特性が互いに異なる複数の照射光学系135が收容されていてもよい。光学特性が互いに異なる複数の照射光学系135の一例が、図9（a）から図9（g）に示されている。図9（a）から図9（g）は、それぞれ、光学特性が互いに異なる七つの照射光学系135を示している。

[0126] 例えば、図9（a）から図9（c）に示すように、收容装置171には、開口数NA（Numerical Aperture）が互いに異なる複数の照射光学系135が收容されていてもよい。具体的には、照射光学系135の開口数NAが大きくなるほど、加工精度及び計測精度が高くなるものの、照射光学系135とワークW（或いは、計測対象物M）との間のワーキングディスタンスが短くなる。このため、照射光学系135の開口数NAが大きくなるほど、加工精度及び計測精度が高くなるものの、照射光学系135がワークW（或いは、計測対象物M）に衝突する可能性が高くなる。一方で、照射光学系135の開口数NAが小さくなるほど、照射光学系135とワークW（或いは、計測対象物M）との間のワーキングディスタンスが長くなるものの、加工精度及び計測精度が低下する。このため、照射光学系135の開口数NAが小さくなるほど、照射光学系135がワークW（或いは、計測対象物M）に衝突する可能性が低くなるものの、加工精度及び計測精度が低下する。従って、收容装置171には、加工精度及び計測精度の向上という効果（以下、精度向上効果と称する）と、照射光学系135とワークW（或いは、計測対象物M）との衝突の防止という効果（以下、衝突防止効果と称する）との間のトレードオフを考慮した上で、開口数NAが互いに異なる複数の照射光学系135が收容されていてもよい。

- [0127] 別の言い方をすると、ワーキングディスタンス（作動距離）が互いに異なる複数の照射光学系135が收容されていてもよい。ここで、ワーキングディスタンスは、照射光学系135の最終光学要素から加工光ELの集光位置までの光軸EXに沿った距離であってもよい。ワーキングディスタンスは、照射光学系135を構成する一つ以上の光学要素のうち最も射出側に配置される光学要素から加工光ELの集光位置までの光軸EXに沿った距離であってもよい。ワーキングディスタンスは、照射光学系135を收容するヘッド筐体137のうち最もワークW側に位置する箇所から加工光ELの集光位置までの光軸EXと平行な方向に沿った距離であってもよい。ここで、加工光ELの集光位置は、照射光学系135の後側焦点位置であってもよい。
- [0128] 一例として、收容装置171には、精度向上効果と衝突防止効果との両立を図るために開口数NAが第1の開口数NA1に設定された照射光学系135-1が收容されていてもよい。他の一例として、收容装置171には、照射光学系135-1に加えて又は代えて、衝突防止効果よりも精度向上効果を優先するために開口数NAが第1の開口数NA1よりも大きい第2の開口数NA2に設定された照射光学系135-2が收容されていてもよい。他の一例として、收容装置171には、照射光学系135-1及び135-2の少なくとも一方に加えて又は代えて、精度向上効果よりも衝突防止効果を優先するために開口数NAが第1の開口数NA1よりも小さい第3の開口数NA3に設定された照射光学系135-3が收容されていてもよい。
- [0129] この場合、照射光学系135-1が加工ヘッド13に取り付けられている場合には、加工システムSYSaは、照射光学系135とワークW（或いは、計測対象物M）との衝突の可能性を低減させつつ、第1の加工精度でワークWを加工し且つ第1の計測精度で計測対象物Mを計測することができる。また、照射光学系135-2が加工ヘッド13に取り付けられている場合には、加工システムSYSaは、第1の加工精度よりも高い第2の加工精度でワークWを加工し、且つ、第1の計測精度よりも高い第2の計測精度で計測対象物Mを計測することができる。また、照射光学系135-3が加工ヘッ

ド13に取り付けられている場合には、照射光学系135-1が加工ヘッド13に取り付けられている場合と比較して、加工システムSYSaは、照射光学系135とワークW（或いは、計測対象物M）との衝突をより一層防止することができる。更には、ワーキングディスタンスが長くなるがゆえに、図9（c）に示すように、加工システムSYSaは、ワークWに深い穴を形成するようにワークWを適切に加工し、且つ、計測対象物Mに形成されている深い穴の内部を適切に計測することができる。

[0130] 例えば、図9（d）に示すように、收容装置171には、加工光ELを用いたワークWの加工に特化した照射光学系135-4が收容されていてもよい。例えば、收容装置171には、計測精度の向上よりも加工精度の向上を優先した照射光学系135-4が收容されていてもよい。例えば、收容装置171には、計測精度の向上を何ら考慮することなく、加工精度の向上のみを目指して設計された照射光学系135-4が收容されていてもよい。この場合、照射光学系135-4が加工ヘッド13に取り付けられている場合には、加工システムSYSaは、ワークWをより適切に加工することができる。

[0131] 例えば、図9（e）に示すように、收容装置171には、計測光MLを用いた計測対象物Mの計測に特化した照射光学系135-5が收容されていてもよい。例えば、收容装置171には、加工精度の向上よりも計測精度の向上を優先した照射光学系135-5が收容されていてもよい。例えば、收容装置171には、加工精度の向上を何ら考慮することなく、計測精度の向上のみを目指して設計された照射光学系135-5が收容されていてもよい。この場合、照射光学系135-5が加工ヘッド13に取り付けられている場合には、加工システムSYSaは、計測対象物Mをより適切に計測することができる。

[0132] 例えば、図9（f）に示すように、收容装置171には、加工光EL及び計測光MLの照射方向に交差する方向におけるサイズ（いわゆる、幅）が一定サイズ以下に制限された照射光学系135-6が收容されていてもよい。

照射光学系135-6がヘッド筐体137に收容されているため、收容装置171には、加工光EL及び計測光MLの照射方向に交差する方向におけるサイズ（いわゆる、幅）が一定サイズ以下に制限されたヘッド筐体137に收容された照射光学系135-6が收容されていてもよい。この場合、照射光学系135-6が加工ヘッド13に取り付けられている場合には、加工システムSYSaは、ワークW又は計測対象物Mに形成された一定サイズ以下の幅を有する穴の内部に、照射光学系135-6を進入させることができる。このため、加工システムSYSaは、ワークWに深い穴を形成するようにワークWを適切に加工し、且つ、計測対象物Mに形成されている深い穴の内部を適切に計測することができる。

[0133] 例えば、図9（g）に示すように、收容装置171には、照射光学系135の光軸EX（例えば、 $f\theta$ レンズ1351の光軸）に交差する方向に向けて加工光EL及び計測光MLの少なくとも一方を射出可能な照射光学系135-7が收容されていてもよい。この場合、照射光学系135-7は、 $f\theta$ レンズ1351から射出される加工光EL及び計測光MLの少なくとも一方の進行方向を変更するように、 $f\theta$ レンズ1351から射出される加工光EL及び計測光MLの少なくとも一方を反射可能なミラー1352を備えていてもよい。更に、ミラー1352は、照射光学系135の光軸EX（例えば、 $f\theta$ レンズ1351の光軸）の周りに回転可能であってもよい。このような照射光学系135-7が加工ヘッド13に取り付けられている場合には、加工システムSYSaは、照射光学系135の光軸EXに沿ったワークW又は計測対象物Mの表面に加工光EL又は計測光MLを照射することができる。

[0134] 再び図8において、搬送装置172は、照射光学系135をヘッド交換装置17と加工ヘッド13との間で搬送可能である。具体的には、搬送装置172は、收容装置171に收容された照射光学系135を收容装置171から取り出してもよい。その後、搬送装置172は、收容装置171から取り出した照射光学系135を、收容装置171から加工ヘッド13に搬送して

もよい。その後、搬送装置 172 は、加工ヘッド 13 に搬送した照射光学系 135 を、加工ヘッド 13 に取り付けてもよい。更に、搬送装置 172 は、加工ヘッド 13 に取り付けられた照射光学系 135 を、加工ヘッド 13 から取り外してもよい。その後、搬送装置 172 は、加工ヘッド 13 から取り外した照射光学系 135 を、加工ヘッド 13 から收容装置 171 に搬送してもよい。その後、搬送装置 172 は、收容装置 171 に搬送した照射光学系 135 を、收容装置 171 に收容してもよい。

[0135] 收容装置 171 に複数の照射光学系 135 が收容されている場合には、制御ユニット 2 は、複数の照射光学系 135 のうちのいずれか一つの照射光学系 135 を、加工ヘッド 13 に取り付けるべき一の照射光学系 135 として選択してもよい。例えば、制御ユニット 2 は、加工システム SYS a のユーザの指示に基づいて、複数の照射光学系 135 のうちのいずれか一つの照射光学系 135 を、加工ヘッド 13 に取り付けるべき一の照射光学系 135 として選択してもよい。例えば、制御ユニット 2 は、加工システム SYS a が行う加工態様に基づいて、複数の照射光学系 135 のうちのいずれか一つの照射光学系 135 を、加工ヘッド 13 に取り付けるべき一の照射光学系 135 として選択してもよい。例えば、制御ユニット 2 は、加工システム SYS a が行う計測態様に基づいて、複数の照射光学系 135 のうちのいずれか一つの照射光学系 135 を、加工ヘッド 13 に取り付けるべき一の照射光学系 135 として選択してもよい。その後、搬送装置 172 は、制御ユニット 2 が選択した一の照射光学系 135 を、收容装置 171 から加工ヘッド 13 に搬送してもよい。

[0136] 搬送装置 172 は、照射光学系 135 を搬送するために、照射光学系 135 を掴む又は一時的に保持することが可能な搬送アーム 1721 を備えていてもよい。この場合、搬送装置 172 は、搬送アーム 1721 を用いて、照射光学系 135 をヘッド交換装置 17 と加工ヘッド 13 との間で搬送してもよい。

[0137] 搬送装置 172 が搬送アーム 1721 を用いて照射光学系 135 を搬送す

る場合には、工作機械で用いられるマガジン式のオートツールチェンジャー（ATC: Auto Tool Changer）が、ヘッド交換装置17として用いられてもよい。この場合、収容装置171は、マガジンと称されてもよい。言い換えれば、オートツールチェンジャーのマガジンが、収容装置171として用いられてもよい。この場合、通常はマガジンに収容されている切削工具は、複数の照射光学系135を収容するための収容装置171として機能するマガジンには収容されていなくてもよい。

[0138] 或いは、工作機械で用いられるタレット式のオートツールチェンジャーが、ヘッド交換装置17として用いられてもよい。この場合、収容装置171は、ドラム形状を有するツールポットとして機能してもよい。言い換えれば、オートツールチェンジャーのツールポットが、収容装置171として用いられてもよい。この場合、通常はツールポットに収容されている切削工具は、複数の照射光学系135を収容するための収容装置171として機能するツールポットには収容されていなくてもよい。この場合、搬送装置172は、所望の照射光学系135が搬送装置172に最も近い位置に位置するように、収容装置171として用いられるツールポットを直接的に回転させ、搬送装置172に最も近い位置に位置している照射光学系135を把持又は一時的に保持してもよい。或いは、収容装置171として用いられるツールポットが、搬送装置172の力を用いることなく、所望の照射光学系135が所望位置に位置するように、回転してもよい。一例として、図8に示す例において、収容装置171として用いられるツールポットは、加工ヘッド13に取り付けられるべき所望の照射光学系135が、最も+Y側に位置するように、回転してもよい。その後、所望の照射光学系135が搬送口1731から+Y側に向かって飛び出すように移動し、搬送口1731から飛び出した照射光学系135が加工ヘッド13に取り付け可能となるように、加工ヘッド13が搬送口1731から飛び出した照射光学系135に近づいてもよい。

[0139] 工作機械のオートツールチェンジャーがヘッド交換装置17として用いら

れる場合には、当該工作機械を用いて加工システムS Y S aが製造されてもよい。例えば、工作機械の主軸に加工ヘッド13が取り付けられることで、工作機械を用いて加工システムS Y S aが製造されてもよい。この場合、既に設計、開発又は量産済みの工作機械の筐体の内部の装置が、加工システムS Y S aの構成要素として用いられてもよい。例えば、工作機械のステージが、加工システムS Y S aのステージ15として用いられてもよい。例えば、工作機械のガイド機構が、加工システムS Y S aのヘッド駆動系141及びステージ駆動系161の少なくとも一方として用いられてもよい。或いは、工作機械の筐体の内部の装置が少なくとも部分的に改良され、部分的に改良された装置が加工システムS Y S aの構成要素として用いられてもよい。その結果、加工システムS Y S aの構成要素を一から新たに設計する場合と比較して、加工システムS Y S aのコストが低減可能となる。

加工システムS Y Sは、既に設計、開発又は量産済みの工作機械の筐体の内部の装置（例えば、オートツールチェンジャー、ステージ及びヘッドのガイド機構）を、加工システムS Y Sの構成要素として用いてもよい。

[0140] 筐体173は、收容装置171及び搬送装置172の少なくとも一部を收容する。具体的には、收容装置171及び搬送装置172の少なくとも一部は、筐体173の内部の收容空間1730に收容される。

[0141] 筐体173には、搬送口1731が形成されていてもよい。この場合、搬送装置172は、搬送口1731を介して、照射光学系135をヘッド交換装置17と加工ヘッド13との間で搬送してもよい。

[0142] 筐体173には、気体供給口1732が形成されていてもよい。筐体173の内部の收容空間1730には、気体供給口1732を介して、窒素ガス等のパージガス（つまり、気体）が供給されてもよい。つまり、加工システムS Y Sは、不図示の気体供給装置を用いて、気体供給口1732を介して、筐体173の内部の收容空間1730にパージガスを供給してもよい。

[0143] 收容空間1730には、気体供給口1732を介して、收容空間1730の気圧が、筐体173の外部の空間（具体的には、加工ユニット1を收容す

る筐体3の内部の内部空間SP)の気圧よりも高くなるように、パージガスが供給されてもよい。つまり、收容空間1730には、気体供給口1732を介して、收容空間1730の気圧が、ワークWがステージ15に載置される内部空間SPの気圧よりも高くなるように、パージガスが供給されてもよい。言い換えれば、收容空間1730には、気体供給口1732を介して、收容空間1730の気圧が、ワークWが加工される内部空間SPの気圧よりも高くなるように、パージガスが供給されてもよい。その結果、ワークWの加工に伴って発生する不要物質が、ワークWが存在する内部空間SPから、ヘッド交換装置17の收容空間1730に進入する可能性が低くなる。このため、ヘッド交換装置17は、收容空間1730に收容されている照射光学系135に不要物質が付着することを防止することができる。尚、不要物質の一例として、ワークWの加工に伴って発生するヒュームがあげられる。

[0144] パージガスは、気体供給口1732を介して、收容空間1730に收容されている照射光学系135に向けて供給されてもよい。例えば、パージガスは、気体供給口1732を介して、收容空間1730に收容されている複数の照射光学系135のうちの少なくとも一つに向けて供給されてもよい。この場合、仮に收容空間1730に收容されている照射光学系135に不要物質が付着してしまった場合であっても、照射光学系135に向けて供給されたパージガスによって、照射光学系135に付着した不要物質が除去される。このため、ヘッド交換装置17は、收容空間1730に收容されている照射光学系135に不要物質が付着することを防止することができる。

[0145] 尚、ヘッド筐体137が取付アダプタ138(ヘッド筐体136)から取り外されている期間の少なくとも一部において、取付アダプタ138の取付面1380にパージガスが供給されていてもよい。この場合、取付面1380に不要物質が付着することを防止することができる。ここで、取付アダプタ138の取付面1380にパージガスが供給される期間は、ヘッド筐体137が取付アダプタ138(ヘッド筐体136)から外されている全期間であってもよい。

[0146] (1-5) 加工システムS Y S aの技術的効果

以上説明したように、第1実施形態の加工システムS Y S aは、加工ヘッド13に取り付けられる照射光学系135を交換することができる。このため、加工ヘッド13に取り付けられる照射光学系135を交換することができない場合と比較して、加工システムS Y S aは、加工目的に合致した一の照射光学系135を用いて、ワークWをより適切に加工することができる。更に、加工ヘッド13に取り付けられる照射光学系135を交換することができない場合と比較して、加工システムS Y S aは、計測目的に合致した一の照射光学系135を用いて、計測対象物Mをより適切に計測することができる。

[0147] (2) 第2実施形態の加工システムS Y S b

続いて、第2実施形態における加工システムS Y Sについて説明する。尚、以下の説明では、第2実施形態における加工システムS Y Sを、“加工システムS Y S b”と称する。

[0148] (2-1) 加工システムS Y S bの構成

初めに、図10を参照しながら、第2実施形態における加工システムS Y S bの構成について説明する。図10は、第2実施形態における加工システムS Y S bの構成の一例を示すブロック図である。尚、以下の説明では、既に説明済みの構成要素と同一の構成要素については、同一の参照符号を付することで、その詳細な説明を省略する。

[0149] 図10に示すように、第2実施形態における加工システムS Y S bは、上述した第1実施形態における加工システムS Y S aと比較して、上述した加工ユニット1に代えて、加工ユニット1bを備えているという点で異なる。加工システムS Y S bのその他の特徴は、加工システムS Y S aのその他の特徴と同一であってもよい。

[0150] 加工ユニット1bは、加工ユニット1と比較して、光計測装置18bと、計測駆動系191bと、位置計測装置192bとを更に備えているという点で異なる。加工ユニット1bのその他の特徴は、加工ユニット1のその他の

特徴と同一であってもよい。

[0151] 光計測装置18bは、キャリブレーション動作に用いられる部材である。キャリブレーション動作は、加工光ELの照射位置PA及び計測光MLの照射位置MAの少なくとも一方を較正する（言い換えれば、制御する又は調整する）ための動作である。キャリブレーション動作は、制御ユニット2の制御下で行われる。つまり、加工システムSYSbは、制御ユニット2の制御下でキャリブレーション動作を行う。尚、キャリブレーション動作の詳細及び光計測装置18bの詳細については後に詳述するが、以下にその概要について簡単に説明する。

[0152] キャリブレーション動作を行うために、加工ヘッド13は、制御ユニット2の制御下で、加工光EL及び計測光MLの少なくとも一方を光計測装置18bに照射する。つまり、加工ヘッド13は、照射光学系135を介して、加工光EL及び計測光MLの少なくとも一方を光計測装置18bに向けて射出する。光計測装置18bは、制御ユニット2の制御下で、光計測装置18bに照射された加工光EL及び計測光MLの少なくとも一方を計測する。つまり、光計測装置18bは、照射光学系135から射出された加工光EL及び計測光MLの少なくとも一方を計測する。具体的には、光計測装置18bは、光計測装置18bに照射された加工光EL及び計測光MLの少なくとも一方を受光する。つまり、光計測装置18bは、照射光学系135から射出された加工光EL及び計測光MLの少なくとも一方を受光する。このため、光計測装置18bは、受光装置と称されてもよい。光計測装置18bによる加工光EL及び計測光MLの少なくとも一方の受光結果を示す受光情報は、光計測装置18bから制御ユニット2に出力される。

[0153] 制御ユニット2は、受光情報に基づいて、加工光ELの照射位置PAと計測光MLの照射位置MAとの少なくとも一方を較正する。具体的には、制御ユニット2は、受光情報に基づいて、加工光ELの照射位置PA及び計測光MLの照射位置MAの少なくとも一方を算出（言い換えれば、取得）する。つまり、制御ユニット2は、受光情報に基づいて、加工光ELの照射位置P

A及び計測光MLの照射位置MAの少なくとも一方に関する照射位置情報を取得する。その後、制御ユニット2は、照射位置情報に基づいて、加工光ELの照射位置PAと計測光MLの照射位置MAとの少なくとも一方を校正する。

[0154] 計測駆動系191bは、制御ユニット2の制御下で、光計測装置18bを移動させる。つまり、計測駆動系191bは、光計測装置18bの位置を動かす。このため、計測駆動系191bは、移動装置と称されてもよい。計測駆動系191bは、例えば、X軸方向、Y軸方向、Z軸方向のうちの少なくとも一つに沿った移動軸に沿って光計測装置18bを移動（つまり、直線移動）させてもよい。計測駆動系191bは、例えば、X軸方向、Y軸方向及びZ軸方向のうちの少なくとも一つに加えて又は代えて、 $\theta$ X方向、 $\theta$ Y方向及び $\theta$ Z方向の少なくとも一つに沿って光計測装置18bを移動させてもよい。つまり、計測駆動系191bは、X軸方向に沿った回転軸（つまり、A軸）、Y軸方向に沿った回転軸（つまり、B軸）及びZ軸方向に沿った回転軸（つまり、C軸）のうちの少なくとも一つの軸の周りに光計測装置18bを回転（つまり、回転移動）させてもよい。

[0155] 計測駆動系191bが光計測装置18bを移動させると、加工ヘッド13（特に、加工ヘッド13が備える照射光学系135）と光計測装置18bとの位置関係が変わる。例えば、X軸方向、Y軸方向及びZ軸方向の少なくとも一つに沿った加工ヘッド13（特に、照射光学系135）と光計測装置18bとの位置関係が変わってもよい。例えば、 $\theta$ X方向、 $\theta$ Y方向及び $\theta$ Z方向の少なくとも一つに沿った加工ヘッド13（特に、照射光学系135）と光計測装置18bとの位置関係が変わってもよい。尚、 $\theta$ X方向、 $\theta$ Y方向及び $\theta$ Z方向の少なくとも一つに沿った加工ヘッド13（特に、照射光学系135）と光計測装置18bとの位置関係は、加工ヘッド13（特に、照射光学系135）と光計測装置18bとの姿勢関係であるとみなしてもよい。このため、計測駆動系191bは、加工ヘッド13（特に、照射光学系135）と光計測装置18bとの位置関係及び姿勢関係の少なくとも一方を変

更可能な変更装置として機能しているとみなしてもよい。

[0156] 計測駆動系 191b は、キャリブレーション動作が行われるキャリブレーション期間の少なくとも一部において、図 11 (a) に示すように、光計測装置 18b がキャリブレーション位置 CP1 に位置するように、光計測装置 18b を移動させてもよい。キャリブレーション位置 CP1 は、光計測装置 18b が加工光 EL 及び計測光 ML の少なくとも一方を受光可能な位置である。一方で、計測駆動系 191b は、加工ユニット 1 がワーク W を加工する加工期間の少なくとも一部において、図 11 (b) に示すように、光計測装置 18b が非キャリブレーション位置 CP2 に位置するように、光計測装置 18b を移動させてもよい。非キャリブレーション位置 CP2 は、光計測装置 18b が加工光 EL 及び計測光 ML の少なくとも一方を受光可能でない位置である。同様に、計測駆動系 191b は、加工ユニット 1 が計測対象物 M を計測する計測期間の少なくとも一部において、光計測装置 18b が非キャリブレーション位置 CP2 に位置するように、光計測装置 18b を移動させてもよい。つまり、計測駆動系 191b は、加工期間及び計測期間の少なくとも一部において、光計測装置 18b が、キャリブレーション位置 CP1 とは異なる非キャリブレーション位置 CP2 に位置するように、光計測装置 18b を移動させてもよい。つまり、計測駆動系 191b は、光計測装置 18b を、キャリブレーション位置 CP1 と非キャリブレーション位置 CP2 との間で移動させてもよい。

[0157] この場合、加工期間中において、非キャリブレーション位置 CP2 に位置している光計測装置 18b が加工光 EL を受光することはない。このため、ワーク W を加工するためにワーク W に向けて射出された加工光 EL が、光計測装置 18b によって遮られることがない。このため、加工ユニット 1b が光計測装置 18b を備える場合であっても、加工ユニット 1b は、ワーク W を適切に加工することができる。同様に、計測期間中において、非キャリブレーション位置 CP2 に位置している光計測装置 18b が計測光 ML を受光することはない。計測対象物 M を計測するために計測対象物 M に向けて射出

された計測光MLが、光計測装置18bによって遮られることがない。このため、加工ユニット1bが光計測装置18bを備える場合であっても、加工ユニット1bは、計測対象物Mを適切に計測することができる。また、典型的には、光計測装置18bが受光する加工光ELの光強度は、ワークWを加工する際の加工光ELの光強度よりも低くなる。加工期間中において高い光強度の加工光ELが光計測装置18bに照射されないため、光計測装置18bの劣化や破損を防止することができる。一方で、キャリブレーション期間において、キャリブレーション位置CP1に位置している光計測装置18bは、加工光EL及び計測光MLの少なくとも一方を受光可能である。つまり、加工ユニット1bは、光計測装置18bに加工光EL及び計測光MLの少なくとも一方を照射することができる。このため、キャリブレーション期間において、加工システムSYSbは、キャリブレーション動作を適切に行うことができる。

[0158] 計測駆動系191bは、加工光EL及び計測光MLの少なくとも一方が照射される方向と交差する方向に沿って光計測装置18bを移動させることで、光計測装置18bを、キャリブレーション位置CP1と非キャリブレーション位置CP2との間で移動させてもよい。つまり、計測駆動系191bは、加工光EL及び計測光MLの少なくとも一方が照射される方向と交差する方向に沿って光計測装置18bと加工ヘッド13（特に、照射光学系135）との相対的な位置関係を変更することで、光計測装置18bを、キャリブレーション位置CP1と非キャリブレーション位置CP2との間で移動させてもよい。尚、図11（a）に示す例では、加工光EL及び計測光MLの少なくとも一方が照射される方向は、Z軸方向である。このため、計測駆動系191bは、Z軸方向と交差する方向に沿って光計測装置18bを移動させてもよい。この場合、キャリブレーション位置CP1と非キャリブレーション位置CP2とは、加工光EL及び計測光MLの少なくとも一方が照射される方向と交差する方向に沿って互いに離れていてもよい。

[0159] 図11（a）に示すように、キャリブレーション位置CP1は、加工光E

L及び計測光MLの少なくとも一方の光路上の位置であってもよい。キャリブレーション位置CP1は、加工ヘッド13（特に、照射光学系135）が加工光EL及び計測光MLの少なくとも一方を照射可能な位置であってもよい。一方で、図11（b）に示すように、非キャリブレーション位置CP2は、加工光EL及び計測光MLのそれぞれの光路から離れた位置であってもよい。非キャリブレーション位置CP2は、加工ヘッド13（特に、照射光学系135）が加工光EL及び計測光MLのそれぞれを照射できない位置であってもよい。非キャリブレーション位置CP2は、加工ヘッド13（特に、照射光学系135）が加工光EL及び計測光MLのそれぞれを照射することが禁止されている位置であってもよい。非キャリブレーション位置CP2は、加工ユニット1bが加工可能な領域（例えば、上述した加工ショット領域PSA）の外の位置であってもよい。非キャリブレーション位置CP2は、加工ユニット1bが計測可能な領域（例えば、上述した計測ショット領域MSA）の外の位置であってもよい。

[0160] キャリブレーション位置CP1は、ステージ15上の位置であってもよい。この場合に、キャリブレーション位置CP1に位置する光計測装置18bは、ステージ15上に載置されていてもよい。ステージ15は、光計測装置18bを保持してもよい。或いは、ステージ15は、光計測装置18bを保持しなくてもよい。一方で、非キャリブレーション位置CP2は、ステージ15から離れた位置であってもよい。特に、非キャリブレーション位置CP2は、ステージ15から、加工光EL及び計測光MLの少なくとも一方が照射される方向と交差する方向に沿って離れた位置であってもよい。

[0161] 非キャリブレーション位置CP2は、上述したヘッド交換装置17の收容装置171の中の位置であってもよい。つまり、非キャリブレーション位置CP2は、收容装置171を收容する筐体173の中の位置（つまり、收容空間1730内の位置）であってもよい。この場合、非キャリブレーション位置CP2に位置する光計測装置18bは、收容装置171に收容されていてもよい。非キャリブレーション位置CP2に位置する光計測装置18bは

、收容空間1730に收容されていてもよい。非キャリブレーション位置CP2に位置する光計測装置18bは、收容空間1730とは異なる收容空間に收容されていてもよい。一方で、キャリブレーション位置CP1は、收容装置171の外の位置であってもよい。つまり、キャリブレーション位置CP1は、筐体173の外の位置（つまり、收容空間1730の外の位置）であってもよい。

[0162] 尚、上述したヘッド駆動系141が加工ヘッド13を移動させた場合においても、加工ヘッド13（特に、加工ヘッド13が備える照射光学系135）と光計測装置18bとの位置関係が変わる。このため、ヘッド駆動系141は、加工ヘッド13（特に、照射光学系135）と光計測装置18bとの位置関係及び姿勢関係の少なくとも一方を変更可能な変更装置として機能しているとみなしてもよい。この場合、加工システムSYSbは、計測駆動系191bを用いて光計測装置18bを移動させることに加えて又は代えて、ヘッド駆動系141を用いて加工ヘッド13を移動させることで、光計測装置18bを、キャリブレーション位置CP1と非キャリブレーション位置CP2との間で相対的に移動させてもよい。

[0163] 再び図10において、位置計測装置192bは、制御ユニット2の制御下で、光計測装置18bの位置を計測可能である。位置計測装置192bは、例えば、干渉計（例えば、レーザ干渉計）を含んでいてもよい。位置計測装置192bは、例えば、エンコーダ（一例として、リニアエンコーダ及びロータリエンコーダの少なくとも一つ）を含んでいてもよい。位置計測装置192bは、例えば、ポテンシオメータを含んでいてもよい。計測駆動系191bがステッピングモータを駆動源として用いている場合には、位置計測装置192bは、例えば、オープンループ制御方式の位置検出装置を含んでいてもよい。オープンループ制御方式の位置検出装置は、ステッピングモータを駆動するためのパルス数の積算値から、光計測装置18bの移動量を推定することで、光計測装置18bの位置を計測する位置検出装置である。

[0164] (2-2) 光計測装置18bの構成

続いて、図12を参照しながら、光計測装置18bの構成について説明する。図12は、光計測装置18bの構成を示す断面図である。

[0165] 図12に示すように、光計測装置18bは、ビーム通過部材181bと、受光素子182bと、受光光学系183bとを備える。ビーム通過部材181bは、加工光EL及び計測光MLの少なくとも一方が通過可能な光通過領域184bが形成された部材である。受光素子182bは、ビーム通過部材181bの光通過領域184bを通過した加工光EL及び計測光MLの少なくとも一方を受光可能である。受光素子182bは、加工光ELの波長と計測光MLの波長とに対応したセンサである。受光素子182bの一例として、フォトディテクタ、CCD (Charge Coupled Device) センサ及びCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) センサ、InGaAs (インジウム・ガリウム・ヒ素) 素子を使用したセンサのうちの少なくとも一つがあげられる。第2実施形態では特に、受光素子182bは、ビーム通過部材181bの光通過領域184bを通過した加工光EL及び計測光MLの少なくとも一方を、受光光学系183bを介して受光可能であってもよい。このため、ビーム通過部材181bは、受光光学系183bの上方に配置され、受光光学系183bは、受光素子182bの上方に配置されていてもよい。ビーム通過部材181bは、加工ヘッド13と受光光学系183bとの間に配置され、受光光学系183bは、ビーム通過部材181bと受光素子182bとの間に配置されていてもよい。

[0166] ビーム通過部材181b、受光素子182b及び受光光学系183bは、光計測装置18bのベース部材180bに形成された窪み1801b (つまり、凹部) の内部に配置されていてもよい。但し、ビーム通過部材181b、受光素子182b及び受光光学系183bの少なくとも一つは、窪み1801bとは異なる任意の位置に配置されていてもよい。

[0167] ビーム通過部材181bは、ガラス基板1811bと、ガラス基板1811bの表面の少なくとも一部に形成された減衰膜1812bとを含む。減衰

膜1812bは、減衰膜1812bに入射する加工光EL及び計測光MLを減衰可能な部材である。減衰膜1812bは、例えば、クロム膜又は酸化クロム膜を含んでいてもよい。尚、第2実施形態における「減衰膜1812bによる加工光ELの減衰」は、減衰膜1812bを通過した加工光ELの強度を減衰膜1812bに入射した加工光ELの強度よりも小さくすることのみならず、減衰膜1812bに入射した加工光ELを遮光する（つまり、遮蔽する）ことを含んでいてもよい。同様に、第2実施形態における「減衰膜1812bによる計測光MLの減衰」は、減衰膜1812bを通過した計測光MLの強度を減衰膜1812bに入射した計測光MLの強度よりも小さくすることのみならず、減衰膜1812bに入射した計測光MLを遮光する（つまり、遮蔽する）ことを含んでいてもよい。従って、加工光ELが減衰膜1812bに入射した場合には、減衰膜1812bによって減衰された加工光ELが減衰膜1812bを介して受光素子182bに入射してもよいし、加工光ELが減衰膜1812bによって遮光されることで加工光ELが受光素子182bに入射しなくてもよい。同様に、計測光MLが減衰膜1812bに入射した場合には、減衰膜1812bによって減衰された計測光MLが減衰膜1812bを介して受光素子182bに入射してもよいし、計測光MLが減衰膜1812bによって遮光されることで計測光MLが受光素子182bに入射しなくてもよい。このため、減衰膜1812bは、遮光膜と称されてもよい。

[0168] 減衰膜1812bには、少なくとも一つの開口1813bが形成されている。図12に示す例では、減衰膜1812bには、複数の開口1813bが形成されている。開口1813bは、減衰膜1812bをZ軸方向において貫通する貫通孔である。このため、加工光ELが減衰膜1812bに形成された開口1813bに入射した場合には、加工光ELは、開口1813bを介してビーム通過部材181bを通過する。つまり、加工光ELは、減衰膜1812bによって減衰又は遮光されることなく、開口1813bを介して受光素子182bに入射する。同様に、計測光MLが減衰膜1812bに形

成された開口1813bに入射した場合には、計測光MLは、開口1813bを介してビーム通過部材181bを通過する。つまり、計測光MLは、減衰膜1812bによって減衰又は遮光されることなく、開口1813bを介して受光素子182bに入射する。

[0169] このように、ビーム通過部材181bのうち減衰膜1812bが形成されていない部分（つまり、開口1813bが形成されている部分）は、加工光EL及び計測光MLのそれぞれを通過させる光通過領域184bとして機能する。このため、ビーム通過部材181bには、開口1813bによって光通過領域184bが形成される。開口1813bが複数形成されている場合には、ビーム通過部材181bには、複数の開口1813bによって複数の光通過領域184bがそれぞれ形成されていてもよい。

[0170] 光通過領域184bは、ビーム通過部材181bの表面に沿った平面（典型的には、XY平面）内において、所定形状を有していてもよい。つまり、光通過領域184bを形成する開口1813bは、ビーム通過部材181bの表面に沿った平面（典型的には、XY平面）内において、所定形状を有していてもよい。この場合、光通過領域184bは、ビーム通過部材181bの表面に沿った平面（典型的には、XY平面）内において、光通過領域184bの形状に対応する所定の形状を有するマーク（つまり、パターン）を形成していてもよい。つまり、ビーム通過部材181bには、所定形状の開口1813bによって形成される光通過領域184bによって、所定の形状を有するマーク（つまり、パターン）が形成されていてもよい。例えば、図13に示すように、ビーム通過部材181bには、マークの一例であるサーチマーク185bを形成する光通過領域184bが形成されていてもよい。サーチマーク185bを形成する光通過領域184bは、二つの第1の線状の光通過領域184b-1と、一つの第2の線状の光通過領域184b-2とを含んでいてもよい。二つの第1の線状の光通過領域184b-1のそれぞれは、第1の方向に沿って延びていてもよい。二つの第1の線状の光通過領域184b-1は、第1の方向に直交する第3の方向に沿って離れていても

よい。一つの第2の線状の光通過領域184b-2は、二つの第1の線状の光通過領域184b-1の間に位置していてもよい。一つの第2の線状の光通過領域184b-2は、第1の方向に対して傾斜した（つまり、斜めに交差する）第2の方向に沿って延びていてもよい。つまり、サーチマーク185bを形成する光通過領域184bは、それぞれが第1の方向に沿って延び且つ第1の方向に直交する第3の方向に沿って離れた二つの第1の線状の開口1813b-1と、二つの第1の線状の開口1813b-1の間に位置し且つ第1の方向に対して傾斜した（つまり、斜めに交差する）第2の方向に沿って延びる第2の線状の開口1813b-2とによって形成されていてもよい。図13に示す例では、サーチマーク185bを形成する光通過領域184bは、それぞれがY軸方向に沿って延び且つY軸方向に直交するX軸方向に沿って離れた二つの第1の線状の光通過領域184b-1と、X軸方向に対して傾斜した（つまり、斜めに交差する）方向に沿って延びる第2の線状の光通過領域184b-2とを含んでいる。つまり、図13に示す例では、サーチマーク185bを形成する光通過領域184bは、それぞれがY軸方向に沿って延び且つY軸方向に直交するX軸方向に沿って離れた二つの第1の線状の開口1813b-1と、X軸方向に対して傾斜した（つまり、斜めに交差する）方向に沿って延びる第2の線状の開口1813b-2とによって形成されている。

[0171] 尚、第2の線状の開口1813b-2とX軸とがなす角度の一例として、75度、60度、45度、30度及び15度の少なくとも一つがあげられる。第2の線状の開口1813b-2とX軸とがなす角度は、ここで例示した角度とは異なる角度であってもよい。更に、X軸方向に対して傾斜した（つまり、斜めに交差する）方向に沿って延びる第2の線状の開口1813b-2は、Y軸方向に対しても傾斜している。

[0172] 第2の線状の開口1813b-2とY軸とがなす角度の一例として、75度、60度、45度、30度及び15度の少なくとも一つがあげられる。第2の線状の開口1813b-2とY軸とがなす角度は、ここで例示した角度

とは異なる角度であってもよい。第2の線状の開口1813b-2とY軸とがなす角度は、第2の線状の開口1813b-2とX軸とがなす角度と同一であってもよい。第2の線状の開口1813b-2とY軸とがなす角度は、第2の線状の開口1813b-2とX軸とがなす角度と異なってもよい。

[0173] サーチマーク185bを形成する光通過領域184bは更に、二つの第1の線状の光通過領域184b-1が並ぶ方向と交差する方向に沿って並ぶ二つの第3の線状の光通過領域184b-3を含んでいてもよい。つまり、光通過領域184bは更に、二つの第3の線状の光通過領域184b-3を形成する二つの線状の開口1813b-3を含んでいてもよい。二つの第3の線状の光通過領域184b-3のそれぞれは、第1の線状の光通過領域184b-1が延びる方向に交差する方向に沿って延びていてもよい。二つの第3の線状の光通過領域184b-3は、第1の線状の光通過領域184b-1が延びる方向に沿って離れていてもよい。第2の線状の光通過領域184b-2は、二つの第3の線状の光通過領域184b-3の間に位置していてもよい。

[0174] サーチマーク185bを形成する第1の線状の光通過領域184b-1の長さ（つまり、長手方向のサイズ）は、例えば0.1mmから1.0mmであるが、その他の長さであってもよい。サーチマーク185bを形成する第1の線状の光通過領域184b-1の幅（つまり、短手方向のサイズ）は、例えば数 $\mu\text{m}$ であるが、その他の幅であってもよい。サーチマーク185bを形成する第2の線状の光通過領域184b-1の幅（つまり、短手方向のサイズ）は、例えば数 $\mu\text{m}$ であるが、その他の幅であってもよい。サーチマーク185bのサイズ（例えば、X軸方向及びY軸方向の少なくとも一方におけるサイズ）は、例えば、0.1mmから数mmであるが、その他のサイズであってもよい。サーチマーク185bを形成する二つの第1の線状の光通過領域184b-1の間の距離は、例えば0.1mmから数mmであるが、その他の距離であってもよい。第1の線状の光通過領域184b-1と当

該第1の線状の光通過領域184b-1に対して傾斜する第2の線状の光通過領域184b-2とがなす角度は、10度から20度（例えば、15度）であるが、その他の角度であってもよい。

[0175] ビーム通過部材181bには、複数のサーチマーク185b（或いは、複数の任意のマーク、以下同じ）が形成されていてもよい。つまり、ビーム通過部材181bには、複数のサーチマーク185b（或いは、複数の任意のマーク）を形成する複数の光通過領域184bが形成されていてもよい。例えば、図14に示すように、ビーム通過部材181bには、マトリクス状に分布する複数のサーチマーク185bが形成されていてもよい。図14に示す例では、ビーム通過部材181bには、X軸方向及びY軸方向のそれぞれに沿って規則的に並ぶ複数のサーチマーク185bが形成されている。

[0176] 複数のサーチマーク185bは、第2の線状の開口1813b-2とX軸とがなす角度が異なる少なくとも二つのサーチマーク185bを含んでいてもよい。複数のサーチマーク185bは、第2の線状の開口1813b-2とY軸とがなす角度が異なる少なくとも二つのサーチマーク185bを含んでいてもよい。複数のサーチマーク185bは、第2の線状の開口1813b-2とX軸とがなす角度が同じになる少なくとも二つのサーチマーク185bを含んでいてもよい。複数のサーチマーク185bは、第2の線状の開口1813b-2とY軸とがなす角度が同じになる少なくとも二つのサーチマーク185bを含んでいてもよい。

[0177] ビーム通過部材181bに複数の（つまり、二つ又は三つ以上）サーチマーク185bが形成されている場合には、キャリブレーション期間中に、加工ユニット1bは、互いに異なる少なくとも二つのサーチマーク185bに順に加工光ELを照射してもよい。同様に、キャリブレーション期間中に、加工ユニット1bは、互いに異なる少なくとも二つのサーチマーク185bに順に計測光MLを照射してもよい。

[0178] ビーム通過部材181b上で複数のサーチマーク185bが形成されるマーク形成領域186bのサイズは、加工ショット領域PSA及び計測ショッ

ト領域MSAの少なくとも一方のサイズよりも小さい又は同一である。その結果、加工ユニット1bは、加工ヘッド13（特に、照射光学系135）と光計測装置18bとの位置関係を固定したまま、ガルバノミラー1313及び1341の少なくとも一方を用いて、複数のサーチマーク185bに順に加工光ELを照射することができる。つまり、加工ユニット1bは、ビーム通過部材181b上に設定された加工ショット領域PSA内で加工光ELの照射位置PAを変更することで、ガルバノミラー1313及び1341の少なくとも一方を用いて加工光ELの照射位置PAが設定可能なマーク形成領域186bに分布する複数のサーチマーク185bに順に加工光ELを照射することができる。同様に、加工ユニット1bは、加工ヘッド13（特に、照射光学系135）と光計測装置18bとの位置関係を固定したまま、ガルバノミラー1328及び1341の少なくとも一方を用いて、複数のサーチマーク185bに順に計測光MLを照射することができる。つまり、加工ユニット1bは、ビーム通過部材181b上に設定された計測ショット領域MSA内で計測光MLの照射位置MAを変更することで、ガルバノミラー1328及び1341の少なくとも一方を用いて計測光MLの照射位置MAが設定可能なマーク形成領域186bに分布する複数のサーチマーク185bに順に計測光MLを照射することができる。但し、ビーム通過部材181b上で複数のサーチマーク185bが形成されるマーク形成領域186bのサイズは、加工ショット領域PSA及び計測ショット領域MSAの少なくとも一方のサイズよりも大きくてもよい。

[0179] 尚、加工ショット領域PSA及び計測ショット領域MSAの少なくとも一方とマーク形成領域186bとの少なくとも一部同士が重なる場合の光計測装置18bの位置を、キャリブレーション位置CP1と称してもよい。加工ショット領域PSA及び計測ショット領域MSAとマーク形成領域186bとが重ならない場合の光計測装置18bの位置を、非キャリブレーション位置CP2と称してもよい。

[0180] 加工ユニット1bが少なくとも二つのサーチマーク185bに順に加工光

E Lを照射する場合には、受光素子182bは、少なくとも二つのサーチマーク185bのそれぞれを通過した加工光E Lを受光してもよい。例えば、図15は、図14のA-A'断面図であって、加工ユニット1bが加工光E Lを順に照射する五つのサーチマーク185b（具体的には、サーチマーク185b#1から185b#5）を示す断面図である。図15に示すように、受光素子182bは、サーチマーク185b#1を通過した加工光E Lを受光し、サーチマーク185b#2を通過した加工光E Lを受光し、サーチマーク185b#3を通過した加工光E Lを受光し、サーチマーク185b#4を通過した加工光E Lを受光し、サーチマーク185b#5を通過した加工光E Lを受光してもよい。

[0181] 重複する説明を省略するために詳細な説明は省略するが、加工ユニット1bが少なくとも二つのサーチマーク185bに順に計測光M Lを照射する場合においても同様に、受光素子182bは、少なくとも二つのサーチマーク185bのそれぞれを通過した計測光M Lを受光してもよい。

[0182] この場合、受光光学系183bは、ビーム通過部材181b上で異なる位置にそれぞれ形成された少なくとも二つのサーチマーク185bのそれぞれを通過した加工光E Lが同じ受光素子182bに向かうように、少なくとも二つのサーチマーク185bのそれぞれを通過した加工光E Lの進行方向を変更してもよい。例えば、図15に示すように、受光光学系183bは、サーチマーク185b#1を通過した加工光E Lを、受光光学系183bの第1射出部分R P #1から受光素子182bに向けて射出してもよい。その結果、受光光学系183bの第1射出部分R P #1から射出された加工光E Lは、第1射出部分R P #1から受光素子182bに向かう光路を通過して受光素子182bに入射してもよい。また、受光光学系183bは、サーチマーク185b#2を通過した加工光E Lを、第1射出部分R P #1とは異なる受光光学系183bの第2射出部分R P #2から受光素子182bに向けて射出してもよい。その結果、受光光学系183bの第2射出部分R P #2から射出された加工光E Lは、第2射出部分R P #2から受光素子182b

に向かう光路を通過して受光素子182bに入射してもよい。また、受光光学系183bは、サーチマーク185b#3を通過した加工光ELを、第1射出部分RP#1から第2射出部分RP#2とは異なる受光光学系183bの第3射出部分RP#3から受光素子182bに向けて射出してもよい。その結果、受光光学系183bの第3射出部分RP#3から射出された加工光ELは、第3射出部分RP#3から受光素子182bに向かう光路を通過して受光素子182bに入射してもよい。また、受光光学系183bは、サーチマーク185b#4を通過した加工光ELを、第1射出部分RP#1から第3射出部分RP#3とは異なる受光光学系183bの第4射出部分RP#4から受光素子182bに向けて射出してもよい。その結果、受光光学系183bの第4射出部分RP#4から射出された加工光ELは、第4射出部分RP#4から受光素子182bに向かう光路を通過して受光素子182bに入射してもよい。また、受光光学系183bは、サーチマーク185b#5を通過した加工光ELを、第1射出部分RP#1から第4射出部分RP#4とは異なる受光光学系183bの第5射出部分RP#5から受光素子182bに向けて射出してもよい。その結果、受光光学系183bの第5射出部分RP#5から射出された加工光ELは、第5射出部分RP#5から受光素子182bに向かう光路を通過して受光素子182bに入射してもよい。その結果、受光素子182bは、少なくとも二つのサーチマーク185bのそれぞれを通過した加工光ELを、受光光学系183bを介して適切に受光することができる。このため、光計測装置18bは、少なくとも二つのサーチマーク185bを通過した加工光ELをそれぞれ受光するための少なくとも二つの受光素子182bを備えていなくてもよくなる。つまり、光計測装置18bは、少なくとも二つのサーチマーク185bそれぞれを通過した加工光ELを受光するための単一の受光素子182bを備えていればよい。尚、この場合には、受光光学系183bは、ビーム通過部材181bを通過した加工光ELを受光素子182bに集光する集光光学系として機能しているとみなしてもよい。このように、空間的な位置が異なる複数のサーチマーク18

5 bからの光（加工光E L、計測光M L）を受光光学系1 8 3 bで受光素子1 8 2 b上の同じ位置に導いているため、受光素子1 8 2 bの感度の面内差等の影響を受けにくくなる。

[0183] 重複する説明を省略するために詳細な説明は省略するが、加工ユニット1 bが少なくとも二つのサーチマーク1 8 5 bに順に計測光M Lを照射する場合においても同様に、受光光学系1 8 3 bは、ビーム通過部材1 8 1 b上で異なる位置にそれぞれ形成された少なくとも二つのサーチマーク1 8 5 bのそれぞれを通過した計測光M Lが同じ受光素子1 8 2 bに向かうように、少なくとも二つのサーチマーク1 8 5 bのそれぞれを通過した計測光M Lの進行方向を変更してもよい。

[0184] 加工光E L及び計測光M Lの双方が受光光学系1 8 3 bを介して受光素子1 8 2 bに入射する場合には、色収差の影響が生ずる可能性がある。このため、光計測装置1 8 bは、色収差の影響を低減するための光学部材を備えていてもよい。色収差の影響を低減するための光学部材の一例として、色消しレンズがあげられる。色収差の影響を低減するための光学部材の一例として、ダイクロイックミラーがあげられる。ダイクロイックミラーが用いられる場合には、ダイクロイックミラーは、受光光学系1 8 3 bを通過した加工光E Lと、受光光学系1 8 3 bを通過した計測光M Lとを分離してもよい。ダイクロイックミラーが分離した加工光E L及び計測光M Lは、異なる二つの受光素子1 8 2 bによってそれぞれ受光されてもよい。

[0185] 尚、光計測装置1 8 bは、受光素子1 8 2 bとして、単一の受光素子を備えていてなくてもよい。光計測装置1 8 bは、加工光E L及び計測光M Lのそれぞれが照射された一のサーチマーク1 8 5 bを、受光素子1 8 2 bによる受光結果から特定することができる限りは、どのような受光素子1 8 2 bを備えていてもよい。例えば、光計測装置1 8 bは、二次元センサを受光素子1 8 2 bとして備えていてもよい。例えば、光計測装置1 8 bは、複数の受光素子がマトリクス状に配置された二次元センサを受光素子1 8 2 bとして備えていてもよい。例えば、光計測装置1 8 bは、二次元状に広がる受光

面を含む二次元センサを受光素子182bとして備えていてもよい。

[0186] 加工光ELの照射によってワークWが加工されることを考慮すれば、加工光ELの照射によって光計測装置18bの少なくとも一部もまた加工（実質的には、破壊）されてしまう可能性がある。このため、制御ユニット2は、光計測装置18bに照射される加工光ELの強度（例えば、受光素子182bの受光面における単位面積あたりのエネルギー量）が、ワークWを加工するためにワークWに照射される加工光ELの強度（例えば、ワークWの表面における単位面積あたりのエネルギー量）よりも小さくなるように、加工光ELの強度（例えば、加工光ELの進行方向に交差する面内で単位面積あたりのエネルギー量）を制御してもよい。このとき、制御ユニット2は、加工光源11自体を制御して、加工光ELの強度を制御してもよい。或いは、制御ユニット2は、加工光源11の射出側に配置される減光部材（不図示）を制御して、加工光ELの強度を制御してもよい。その結果、加工光ELの照射によって光計測装置18bが破壊される可能性が低くなる又はなくなる。

[0187] （2-3）光計測装置18bを用いて行われるキャリブレーション動作

続いて、光計測装置18bを用いて行われるキャリブレーション動作について説明する。特に、以下では、キャリブレーション動作の流れについて説明する。

[0188] （2-3-1）光計測装置18bの移動

まず、上述した図11（a）に示すように、計測駆動系191bは、光計測装置18bが、加工光EL及び計測光MLの少なくとも一方を光計測装置18bが受光可能なキャリブレーション位置CP1に位置するように、光計測装置18bを移動させる。つまり、計測駆動系191bは、光計測装置18bが、非キャリブレーション位置CP2からキャリブレーション位置CP1に位置変更されるように、光計測装置18bを移動させる。

[0189] ここで、Z軸方向において、キャリブレーション位置CP1は、ワークWを加工するために加工光ELが照射されるワークWの表面である加工面又はその近傍に設定されていてもよい。例えば、ステージ15の載置面151上

に載置されたワークWに加工光ELが照射されることでワークWが加工されることを考慮すれば、ワークWの加工面は、載置面151よりも上方（つまり、+Z側）に位置する。このため、光計測装置18bが位置するキャリブレーション位置CP1は、ステージ15の載置面151よりも上方の位置であってもよい。つまり、キャリブレーション位置CP1は、ステージ15の載置面151と加工ヘッド13（特に、照射光学系135）との間の位置であってもよい。

[0190] 但し、Z軸方向において、キャリブレーション位置CP1は、ステージ15の載置面151と同じ位置であってもよい。或いは、Z軸方向において、キャリブレーション位置CP1は、ステージ15の載置面151よりも下方（つまり、-Z側）の位置であってもよい。この場合であっても、加工システムSYSbは、X軸方向に沿った回転軸（つまり、A軸）及びY軸方向に沿った回転軸（つまり、B軸）のうちの少なくとも一つの軸の周りにステージ15を回転させることで、光計測装置18bが位置するキャリブレーション位置CP1を、Z軸方向に沿って変更することができる。或いは、加工システムSYSbは、Z軸方向に沿ってステージ15を移動させることで、光計測装置18bが位置するキャリブレーション位置CP1を、Z軸方向に沿って変更することができる。このため、加工システムSYSbは、キャリブレーション期間の少なくとも一部において、キャリブレーション位置CP1をワークWの加工面に近づけることができる。

[0191] 尚、X軸方向及びY軸方向の少なくとも一方において、キャリブレーション位置CP1は、ステージ15の基準位置と同じ位置であってもよい。或いは、キャリブレーション位置CP1は、ステージ15の基準位置と異なる位置であってもよい。ステージ15の基準位置は、ステージ15の移動ストロークの中心位置であってもよい。ステージ15がZ軸方向に沿った回転軸（つまり、C軸）周りに回転する場合には、ステージ15の基準位置は、C軸上の位置であってもよい。ステージ15の基準位置は、加工ヘッド13の加工原点の位置であってもよい。

- [0192] 但し、照射光学系135がミラーを用いて加工光ELを反射することで加工光ELを射出する場合には、ガルバノミラー1313及び1341の少なくとも一つを介して照射光学系135から射出された加工光ELの照射位置PAが、加工ヘッド13（特に、照射光学系135）とワークWとの間の位置関係に依存して変動する可能性がある。同様に、照射光学系135がミラーを用いて計測光MLを反射することで計測光MLを射出する場合には、ガルバノミラー1328及び1341の少なくとも一つを介して照射光学系135から射出された計測光MLの照射位置MAが、加工ヘッド13（特に、照射光学系135）とワークWとの間の位置関係に依存して変動する可能性がある。この場合には、X軸方向及びY軸方向の少なくとも一方において、キャリブレーション位置CP1は、ステージ15の基準位置と同じ位置であってもよい。その結果、加工ヘッド13（特に、照射光学系135）とワークWとの間の位置関係に依存して加工光ELの照射位置PA及び計測光MLの照射位置MAが変動する可能性がある場合であっても、加工システムSYSbは、適切にキャリブレーション動作を行うことができる。
- [0193] 尚、加工システムSYSbは、図11に示すように、光計測装置18bがキャリブレーション位置CP1に位置するように光計測装置18bを規制する規制部材4bを備えていてもよい。規制部材4bの一例として、キャリブレーション位置CP1に位置する光計測装置18bに接触することで光計測装置18bの移動を制限するストッパがあげられる。この場合、計測駆動系191bは、光計測装置18bがキャリブレーション位置CP1に位置するように、光計測装置18bを適切に移動させることができる。
- [0194] 更に、ヘッド駆動系141は、加工ヘッド13が、キャリブレーション位置CP1に位置する光計測装置18bに対して加工ヘッド13が加工光ELを照射することが可能な位置に位置するように、加工ヘッド13を移動させる。この場合、制御ユニット2は、位置計測装置192bの計測結果に基づいて光計測装置18bの位置を算出し、算出した位置に位置する光計測装置18bに対して加工ヘッド13が加工光ELを照射することが可能な位置に

向かって加工ヘッド13が移動するように、ヘッド駆動系141を制御してもよい。

[0195] 光計測装置18bは、ステージ15の下方の空間に移動してもよい。光計測装置18bは、ステージ15の下方の空間に配置されていてもよい。この場合、加工ヘッド13が光計測装置18bに加工光EL及び計測光MLの少なくとも一方を照射するタイミングで、ステージ15が移動してもよい。具体的には、ステージ15は、光計測装置18bの上方の位置から、別の位置へと移動してもよい。例えば、ステージ15は、X軸方向及びY軸方向の少なくとも一方に沿って移動することで、光計測装置18bの上方の位置から、別の位置へと移動してもよい。例えば、ステージ15は、X軸方向及びY軸方向の少なくとも一方に沿った回転軸周りに回転することで、光計測装置18bの上方の位置から、別の位置へと移動してもよい。その結果、ステージ15に隠れていた光計測装置18bが露出する。このため、加工ヘッド13は、光計測装置18bに加工光EL及び計測光MLの少なくとも一方を照射することができる。

[0196] (2-3-2) 光計測装置18bに対する加工光EL及び計測光MLの照射

その後、加工ヘッド13は、制御ユニット2の制御下で、光計測装置18bに加工光ELを照射してもよい。具体的には、加工ヘッド13は、光計測装置18bに形成された少なくとも一つのサーチマーク185bに加工光ELを照射してもよい。

[0197] 第2実施形態では特に、加工ヘッド13は、加工ヘッド13（特に、照射光学系135）と光計測装置18bとの位置関係が固定された状態で、少なくとも一つのサーチマーク185bに加工光ELを照射してもよい。この場合、加工ヘッド13は、ガルバノミラー1313及び1341の少なくとも一方を用いて加工光ELの照射位置PAをビーム通過部材181b上で移動させることで、所望のサーチマーク185bに加工光ELを照射してもよい。具体的には、制御ユニット2は、所望のサーチマーク185bに加工光E

Lを照射するようにガルバノミラー1313及び1341の少なくとも一方を制御するためのガルバノ制御信号を生成してもよい。その後、加工ヘッド13は、ガルバノ制御信号に基づいてガルバノミラー1313及び1341の少なくとも一方を制御することで、所望のサーチマーク185bに加工光ELを照射してもよい。

[0198] 加工ヘッド13は、図16に示すように、サーチマーク185bを構成する二つの第1の線状の光通過領域184b-1及び一つの第2の線状の光通過領域184b-2が並ぶ第1の走査方向に沿って、サーチマーク185bに加工光ELを照射してもよい。つまり、加工ヘッド13は、第1の走査方向に沿って加工光ELの照射位置PAを移動させることで、第1の走査方向に沿ってサーチマーク185bに加工光ELを照射してもよい。図16に示す例では、第1の走査方向は、X軸方向である。このため、加工ヘッド13は、X軸方向に沿って加工光ELの照射位置PAを移動させることで、サーチマーク185bに加工光ELを照射してもよい。

[0199] 加工ヘッド13は、サーチマーク185bを構成する二つの第3の線状の光通過領域184b-3及び一つの第2の線状の光通過領域184b-2が並ぶ第2の走査方向に沿って、サーチマーク185bに加工光ELを照射してもよい。つまり、加工ヘッド13は、第2の走査方向に沿って加工光ELの照射位置PAを移動させることで、第2の走査方向に沿ってサーチマーク185bに加工光ELを照射してもよい。図16に示す例では、第2の走査方向は、Y軸方向である。このため、加工ヘッド13は、Y軸方向に沿って加工光ELの照射位置PAを移動させることで、サーチマーク185bに加工光ELを照射してもよい。

[0200] 第1の走査方向における照射位置PAの移動精度と、第2の走査方向における照射位置PAの移動精度との違いが許容量未満である場合には、加工ヘッド13は、第1及び第2の走査方向のいずれか一方に沿って照射位置PAを移動させる一方で、第1及び第2の走査方向のいずれか他方に沿って照射位置PAを移動させなくてもよい。この場合、第1及び第2の走査方向のい

ずれか一方に沿って照射位置 P A を移動させる場合に生成される後述の照射位置情報は、第 1 の走査方向に沿って移動する照射位置 P A に関する情報として利用されてもよいし、第 2 の走査方向に沿って移動する照射位置 P A に関する情報として利用されてもよい。尚、加工ヘッド 1 3 が第 1 の走査方向（X 軸方向）に沿って照射位置 P A を移動させる場合には、第 2 の線状の開口 1 8 1 3 b - 2 と Y 軸とがなす角度は、4 5 度よりも小さくてもよい。加工ヘッド 1 3 が第 2 の走査方向（Y 軸方向）に沿って照射位置 P A を移動させる場合には、第 2 の線状の開口 1 8 1 3 b - 2 と X 軸とがなす角度は、4 5 度よりも小さくてもよい。

[0201] 第 1 の走査方向における照射位置 P A の移動精度と、第 2 の走査方向における照射位置 P A の移動精度との違いが許容量を超える場合には、加工ヘッド 1 3 は、第 1 及び第 2 の走査方向のそれぞれに沿って照射位置 P A を移動させてもよい。この場合、第 1 の走査方向に沿って照射位置 P A を移動させる場合に生成される後述の照射位置情報は、第 1 の走査方向に沿って移動する照射位置 P A に関する情報として利用されてもよいが、第 2 の走査方向に沿って移動する照射位置 P A に関する情報として利用されなくてもよい。第 2 の走査方向に沿って照射位置 P A を移動させる場合に生成される後述の照射位置情報は、第 2 の走査方向に沿って移動する照射位置 P A に関する情報として利用されてもよいが、第 1 の走査方向に沿って移動する照射位置 P A に関する情報として利用されなくてもよい。尚、第 1 の走査方向における照射位置 P A の移動精度と、第 2 の走査方向における照射位置 P A の移動精度との違いが許容量未満である場合には、第 2 の線状の開口 1 8 1 3 b - 2 と Y 軸とがなす角度は、第 2 の線状の開口 1 8 1 3 b - 2 と X 軸とがなす角度と同じであってもよい。例えば、第 2 の線状の開口 1 8 1 3 b - 2 と Y 軸とがなす角度と、第 2 の線状の開口 1 8 1 3 b - 2 と X 軸とがなす角度とは、4 5 度であってもよい。

[0202] 上述したように第 2 の線状の開口 1 8 1 3 b - 2 と X 軸とがなす角度が異なる少なくとも二つのサーチマーク 1 8 5 b が形成されている場合には、第

1の走査方向における照射位置PAの移動精度と、第2の走査方向における照射位置PAの移動精度との違いが許容量を超える場合であっても、加工ヘッド13は、第1及び第2の走査方向のいずれか一方に沿って照射位置PAを移動させる一方で、第1及び第2の走査方向のいずれか他方に沿って照射位置PAを移動させなくてもよい。この場合、第1及び第2の走査方向のいずれか一方に沿って照射位置PAを移動させる場合に生成される後述の照射位置情報は、第1の走査方向に沿って移動する照射位置PAに関する情報として利用されてもよいし、第2の走査方向に沿って移動する照射位置PAに関する情報として利用されてもよい。

[0203] 制御ユニット2は、ガルバノミラー1313及び1341の少なくとも一方を用いて照射位置PAを一の走査方向に沿って移動させつつ、光計測装置18bを同じ一の走査方向に沿って移動させてもよい。制御ユニット2は、ガルバノミラー1313及び1341の少なくとも一方を用いて照射位置PAを一の移動方向に向かって移動させつつ、光計測装置18bを同じ一の移動方向に向かって移動させてもよい。この場合、制御ユニット2は、ガルバノミラー1313及び1341の少なくとも一方によるビーム通過部材181b上での照射位置PAの移動速度が、光計測装置18bの移動によるビーム通過部材181b上での照射位置PAの移動速度よりも速くなるように、ガルバノミラー1313及び1341の少なくとも一方と光計測装置18bとを制御してもよい。その結果、光計測装置18bが移動しない場合と比較して、受光素子182bが加工光ELを受光可能な受光時間が長くなる。このため、受光素子182bのSN比が改善可能となる。例えば、ガルバノミラー1313及び1341の少なくとも一方に速度依存性があることに起因してガルバノミラー1313及び1341の少なくとも一方が備える走査ミラーを相対的に高速に回転させる必要がある場合には、受光時間が短くなってしまう。このような場合であっても、加工システムSYSbは、光計測装置18bを移動させることで、受光時間を長くすることができる。このため、受光素子182bのSN比が改善可能となる。

- [0204] 制御ユニット2は、ビーム通過部材181b上での照射位置PAの移動速度（つまり、加工光ELの走査速度）を制御してもよい。例えば、制御ユニット2は、ビーム通過部材181b上での照射位置PAの移動速度を第2速度よりも速い第1速度に設定することで、照射位置PAの移動速度が第2速度に設定されている場合と比較して、加工光ELの計測に要する時間を短くしてもよい。例えば、制御ユニット2は、ビーム通過部材181b上での照射位置PAの移動速度を第1速度よりも遅い第2速度に設定することで、照射位置PAの移動速度が第1速度に設定されている場合と比較して、加工光ELの計測精度を向上させてもよい。
- [0205] 上述したように光計測装置18bに複数のサーチマーク185bが形成されている場合には、加工ヘッド13は、複数のサーチマーク185bに加工光ELを順に照射してもよい。つまり、加工ヘッド13は、複数のサーチマーク185bが形成されたビーム通過部材181bの表面に沿った方向に沿って、複数のサーチマーク185bに加工光ELを順に照射してもよい。言い換えれば、加工ヘッド13は、複数のサーチマーク185bを加工光ELで順に走査してもよい。つまり、加工ヘッド13は、複数のサーチマーク185bが形成されたビーム通過部材181bの表面に沿った方向に沿って、複数のサーチマーク185bを加工光ELで順に走査してもよい。
- [0206] 加工ヘッド13は、図16に示すように、走査方向に沿って、複数のサーチマーク185bに加工光ELを順に照射してもよい。つまり、加工ヘッド13は、走査方向に沿って加工光ELの照射位置PAを移動させることで、走査方向に沿って複数のサーチマーク185bに加工光ELを順に照射してもよい。図16に示す例では、走査方向は、X軸方向である。このため、加工ヘッド13は、X軸方向に沿って加工光ELの照射位置PAを移動させることで、複数のサーチマーク185bに加工光ELを順に照射してもよい。
- [0207] 図16に示すように、走査方向（例えば、X軸方向）に沿って並ぶ複数のサーチマーク185bを含むマーク群MGが、走査方向に交差する方向（例えば、Y軸方向）に沿って複数形成されている場合には、加工ヘッド13は

、各マーク群MGに含まれる複数のサーチマーク185bに加工光ELを順に照射する動作を、複数のマーク群MGを対象に繰り返してもよい。例えば、加工ヘッド13は、第1のマーク群MG#1に含まれる複数のサーチマーク185bに加工光ELを順に照射し、第2のマーク群MG#2に含まれる複数のサーチマーク185bに加工光ELを順に照射し、第3のマーク群MG#3に含まれる複数のサーチマーク185bに加工光ELを順に照射し、第4のマーク群MG#4に含まれる複数のサーチマーク185bに加工光ELを順に照射してもよい。

[0208] 加工光ELがサーチマーク185bに照射されると、受光素子182bは、サーチマーク185bを形成する光通過領域184bを通過した加工光ELを受光する。つまり、受光素子182bは、サーチマーク185bを介した加工光ELを受光する。受光素子182bは、サーチマーク185bを通過した加工光ELを受光する。その結果、受光素子182bは、サーチマーク185bを構成する二つの第1の線状の光通過領域184b-1の一方を通過した加工光ELを受光し、その後、サーチマーク185bを構成する第2の線状の光通過領域184b-2を通過した加工光ELを受光し、その後、サーチマーク185bを構成する二つの第1の線状の光通過領域184b-1の他方を通過した加工光ELを受光する。このため、受光素子182bによる加工光ELの受光結果を示すグラフである図17に示すように、受光素子182bは、二つの第1の線状の光通過領域184b-1の一方を通過した加工光ELに対応するパルス波形P1と、第2の線状の光通過領域184b-2を通過した加工光ELに対応するパルス波形P2と、二つの第1の線状の光通過領域184b-1の他方を通過した加工光ELに対応するパルス波形P3とが順に現れるパルス信号を含む受光信号を受光結果として示す受光情報を出力する。加工光ELが複数のサーチマーク185bに順に照射された場合には、受光素子182bは、パルス波形P1からP3が順に現れるパルス信号を複数含む受光信号を受光結果として示す受光情報を出力する。

- [0209] 更に、加工ヘッド13は、制御ユニット2の制御下で、光計測装置18bに加工光ELを照射することに加えて又は代えて、光計測装置18bに計測光MLを照射してもよい。具体的には、加工ヘッド13は、光計測装置18bに形成された少なくとも一つのサーチマーク185bに計測光MLを照射してもよい。
- [0210] 第2実施形態では特に、加工ヘッド13は、加工ヘッド13（特に、照射光学系135）と光計測装置18bとの位置関係が固定された状態で、少なくとも一つのサーチマーク185bに計測光MLを照射してもよい。この場合、加工ヘッド13は、ガルバノミラー1328及び1341の少なくとも一方を用いて計測光MLの照射位置PAをビーム通過部材181b上で移動させることで、所望のサーチマーク185bに計測光MLを照射してもよい。具体的には、制御ユニット2は、所望のサーチマーク185bに計測光MLを照射するようにガルバノミラー1328及び1341の少なくとも一方を制御するためのガルバノ制御信号を生成してもよい。その後、加工ヘッド13は、ガルバノ制御信号に基づいてガルバノミラー1328及び1341の少なくとも一方を制御することで、所望のサーチマーク185bに計測光MLを照射してもよい。
- [0211] 加工ヘッド13は、図16に示すように、サーチマーク185bを構成する二つの第1の線状の光通過領域184b-1及び一つの第2の線状の光通過領域184b-2が並ぶ第1の走査方向に沿って、サーチマーク185bに計測光MLを照射してもよい。つまり、加工ヘッド13は、第1の走査方向に沿って計測光MLの照射位置MAを移動させることで、第1の走査方向に沿ってサーチマーク185bに計測光MLを照射してもよい。図16に示す例では、第1の走査方向は、X軸方向である。このため、加工ヘッド13は、第1のX軸方向に沿って計測光MLの照射位置MAを移動させることで、サーチマーク185bに計測光MLを照射してもよい。
- [0212] 加工ヘッド13は、サーチマーク185bを構成する二つの第3の線状の光通過領域184b-3及び一つの第2の線状の光通過領域184b-2が

並ぶ第2の走査方向に沿って、サーチマーク185bに計測光MLを照射してもよい。つまり、加工ヘッド13は、第2の走査方向に沿って計測光MLの照射位置MAを移動させることで、第2の走査方向に沿ってサーチマーク185bに計測光MLを照射してもよい。図16に示す例では、第3の走査方向は、Y軸方向である。このため、加工ヘッド13は、Y軸方向に沿って計測光MLの照射位置MAを移動させることで、サーチマーク185bに計測光MLを照射してもよい。

[0213] 第1の走査方向における照射位置MAの移動精度と、第2の走査方向における照射位置MAの移動精度との違いが許容量未満である場合には、加工ヘッド13は、第1及び第2の走査方向のいずれか一方に沿って照射位置MAを移動させる一方で、第1及び第2の走査方向のいずれか他方に沿って照射位置MAを移動させなくてもよい。この場合、第1及び第2の走査方向のいずれか一方に沿って照射位置MAを移動させる場合に生成される後述の照射位置情報は、第1の走査方向に沿って移動する照射位置MAに関する情報として利用されてもよいし、第2の走査方向に沿って移動する照射位置MAに関する情報として利用されてもよい。尚、加工ヘッド13が第1の走査方向（X軸方向）に沿って照射位置MAを移動させる場合には、第2の線状の開口1813b-2とY軸とがなす角度は、45度よりも小さくてもよい。加工ヘッド13が第2の走査方向（Y軸方向）に沿って照射位置MAを移動させる場合には、第2の線状の開口1813b-2とX軸とがなす角度は、45度よりも小さくてもよい。

[0214] 第1の走査方向における照射位置MAの移動精度と、第2の走査方向における照射位置MAの移動精度との違いが許容量を超える場合には、加工ヘッド13は、第1及び第2の走査方向のそれぞれに沿って照射位置MAを移動させてもよい。この場合、第1の走査方向に沿って照射位置MAを移動させる場合に生成される後述の照射位置情報は、第1の走査方向に沿って移動する照射位置MAに関する情報として利用されてもよいが、第2の走査方向に沿って移動する照射位置MAに関する情報として利用されなくてもよい。第

2の走査方向に沿って照射位置MAを移動させる場合に生成される後述の照射位置情報は、第2の走査方向に沿って移動する照射位置MAに関する情報として利用されてもよいが、第1の走査方向に沿って移動する照射位置MAに関する情報として利用されなくてもよい。尚、第1の走査方向における照射位置MAの移動精度と、第2の走査方向における照射位置MAの移動精度との違いが許容量未満である場合には、第2の線状の開口1813b-2とY軸とがなす角度は、第2の線状の開口1813b-2とX軸とがなす角度と同じであってもよい。例えば、第2の線状の開口1813b-2とY軸とがなす角度と、第2の線状の開口1813b-2とX軸とがなす角度とは、45度であってもよい。

[0215] 上述したように第2の線状の開口1813b-2とX軸とがなす角度が異なる少なくとも二つのサーチマーク185bが形成されている場合には、第1の走査方向における照射位置MAの移動精度と、第2の走査方向における照射位置MAの移動精度との違いが許容量を超える場合であっても、加工ヘッド13は、第1及び第2の走査方向のいずれか一方に沿って照射位置MAを移動させる一方で、第1及び第2の走査方向のいずれか他方に沿って照射位置MAを移動させなくてもよい。この場合、第1及び第2の走査方向のいずれか一方に沿って照射位置MAを移動させる場合に生成される後述の照射位置情報は、第1の走査方向に沿って移動する照射位置MAに関する情報として利用されてもよいし、第2の走査方向に沿って移動する照射位置MAに関する情報として利用されてもよい。

[0216] 制御ユニット2は、ガルバノミラー1328及び1341の少なくとも一方を用いて照射位置MAを一の走査方向に沿って移動させつつ、光計測装置18bを同じ一の走査方向に沿って移動させてもよい。制御ユニット2は、ガルバノミラー1313及び1341の少なくとも一方を用いて照射位置MAを一の移動方向に向かって移動させつつ、光計測装置18bを同じ一の移動方向に向かって移動させてもよい。この場合、制御ユニット2は、ガルバノミラー1328及び1341の少なくとも一方によるビーム通過部材18

1 b 上での照射位置MAの移動速度が、光計測装置18 bの移動によるビーム通過部材181 b上での照射位置MAの移動速度よりも速くなるように、ガルバノミラー1313及び1341の少なくとも一方と光計測装置18 bとを制御してもよい。その結果、光計測装置18 bが移動しない場合と比較して、受光素子182 bが計測光MLを受光可能な受光時間が長くなる。このため、受光素子182 bのSN比が改善可能となる。例えば、ガルバノミラー1328及び1341の少なくとも一方に速度依存性があることに起因してガルバノミラー1328及び1341の少なくとも一方が備える走査ミラーを相対的に高速に回転させる必要がある場合には、受光時間が短くなってしまう。このような場合であっても、加工システムSYS bは、光計測装置18 bを移動させることで、受光時間を長くすることができる。このため、受光素子182 bのSN比が改善可能となる。

[0217] 制御ユニット2は、ビーム通過部材181 b上での照射位置MAの移動速度（つまり、加工光ELの走査速度）を制御してもよい。例えば、制御ユニット2は、ビーム通過部材181 b上での照射位置MAの移動速度を第2速度よりも速い第1速度に設定することで、照射位置MAの移動速度が第2速度に設定されている場合と比較して、計測光MLの計測に要する時間を短くしてもよい。例えば、制御ユニット2は、ビーム通過部材181 b上での照射位置MAの移動速度を第1速度よりも遅い第2速度に設定することで、照射位置MAの移動速度が第1速度に設定されている場合と比較して、計測光MLの計測精度を向上させてもよい。

[0218] 上述したように光計測装置18 bに複数のサーチマーク185 bが形成されている場合には、加工ヘッド13は、複数のサーチマーク185 bに計測光MLを順に照射してもよい。つまり、加工ヘッド13は、複数のサーチマーク185 bが形成されたビーム通過部材181 bの表面に沿った方向に沿って、複数のサーチマーク185 bに計測光MLを順に照射してもよい。言い換えれば、加工ヘッド13は、複数のサーチマーク185 bを計測光MLで順に走査してもよい。つまり、加工ヘッド13は、複数のサーチマーク1

85bが形成されたビーム通過部材181bの表面に沿った方向に沿って、複数のサーチマーク185bを計測光MLで順に走査してもよい。

[0219] 加工ヘッド13は、図16に示すように、走査方向に沿って、複数のサーチマーク185bに計測光MLを順に照射してもよい。つまり、加工ヘッド13は、走査方向に沿って計測光MLの照射位置MAを移動させることで、走査方向に沿って複数のサーチマーク185bに計測光MLを順に照射してもよい。図16に示す例では、走査方向は、X軸方向である。このため、加工ヘッド13は、X軸方向に沿って計測光MLの照射位置MAを移動させることで、複数のサーチマーク185bに計測光MLを順に照射してもよい。

[0220] 図16に示すように、走査方向（例えば、X軸方向）に沿って並ぶ複数のサーチマーク185bを含むマーク群MGが、走査方向に交差する方向（例えば、Y軸方向）に沿って複数形成されている場合には、加工ヘッド13は、各マーク群MGに含まれる複数のサーチマーク185bに計測光MLを順に照射する動作を、複数のマーク群MGを対象に繰り返してもよい。例えば、加工ヘッド13は、第1のマーク群MG#1に含まれる複数のサーチマーク185bに計測光MLを順に照射し、第2のマーク群MG#2に含まれる複数のサーチマーク185bに計測光MLを順に照射し、第3のマーク群MG#3に含まれる複数のサーチマーク185bに計測光MLを順に照射し、第4のマーク群MG#4に含まれる複数のサーチマーク185bに計測光MLを順に照射してもよい。

[0221] 計測光MLがサーチマーク185bに照射されると、受光素子182bは、サーチマーク185bを形成する光通過領域184bを通過した計測光MLを受光する。つまり、受光素子182bは、サーチマーク185bを介した計測光MLを受光する。受光素子182bは、サーチマーク185bを通過した計測光MLを受光する。その結果、受光素子182bは、サーチマーク185bを構成する二つの第1の線状の光通過領域184b-1の一方を通過した計測光MLを受光し、その後、サーチマーク185bを構成する第2の線状の光通過領域184b-2を通過した計測光MLを受光し、その後

、サーチマーク185bを構成する二つの第1の線状の光通過領域184b-1の他方を通過した計測光MLを受光する。このため、受光素子182bによる計測光MLの受光結果を示すグラフである図17に示すように、受光素子182bは、二つの第1の線状の光通過領域184b-1の一方を通過した計測光MLに対応するパルス波形P1と、第2の線状の光通過領域184b-2を通過した計測光MLに対応するパルス波形P2と、二つの第1の線状の光通過領域184b-1の他方を通過した計測光MLに対応するパルス波形P3とが順に現れるパルス信号を含む受光信号を受光結果として示す受光情報を出力する。計測光MLが複数のサーチマーク185bに順に照射された場合には、受光素子182bは、パルス波形P1からP3が順に現れるパルス信号を複数含む受光信号を受光結果として示す受光情報を出力する。

[0222] 尚、図17は、グラフの横軸が加工光EL及び計測光MLのそれぞれの受光タイミング（つまり、時間）を示す例を示しているが、グラフの横軸は、加工光EL及び計測光MLのそれぞれの位置を示しているとみなしてもよい。つまり、図17に示すグラフの横軸が加工光EL及び計測光MLのそれぞれの位置を示しているという前提で、上述した説明を展開することも可能である。

[0223] 加工ヘッド13は、加工光ELと計測光MLとを同時に光計測装置18bに照射しない。この場合、加工ヘッド13は、光計測装置18bに加工光ELが照射されている期間において、光計測装置18bに計測光MLを照射しなくてもよい。加工ヘッド13は、光計測装置18bに計測光MLが照射されている期間において、光計測装置18bに加工光ELを照射しなくてもよい。この場合、光計測装置18bが単一の受光素子182bを備えている場合であっても、受光素子182bは、サーチマーク185bを通過した加工光ELと、サーチマーク185bを通過した計測光MLとを適切に受光することができる。つまり、受光素子182bは、サーチマーク185bを通過した加工光ELの受光結果を示す受光情報と、サーチマーク185bを通過

した計測光MLの受光結果を示す受光情報とを、互いに区別可能な出力態様で出力することができる。

[0224] 但し、加工ヘッド13は、加工光ELと計測光MLとを同時に光計測装置18bに照射してもよい。この場合、加工ヘッド13は、一のサーチマーク185bに加工光ELが照射されている期間の少なくとも一部において、同じ一のサーチマーク185bに計測光MLを照射してもよい。或いは、加工ヘッド13は、一のサーチマーク185bに加工光ELが照射されている期間の少なくとも一部において、一のサーチマーク185bとは異なる他のサーチマーク185bに計測光MLを照射してもよい。

[0225] 加工ヘッド13が加工光ELと計測光MLとを同時に光計測装置18bに照射する場合には、光計測装置18bは、複数の受光素子182bを備えていてもよい。例えば、光計測装置18bは、サーチマーク185bを通過した加工光ELを受光するための受光素子182bと、サーチマーク185bを通過した計測光MLを受光するための受光素子182bとを、別々に備えていてもよい。その結果、加工ヘッド13が加工光ELと計測光MLとを同時に光計測装置18bに照射する場合であっても、光計測装置18bは、サーチマーク185bを通過した加工光ELの受光結果を示す受光情報と、サーチマーク185bを通過した計測光MLの受光結果を示す受光情報とを、互いに区別可能な出力態様で出力することができる。

[0226] 光計測装置18bが加工光ELを受光するための受光素子182bと計測光MLを受光するための受光素子182bとを別々に備えている場合において、加工ヘッド13は、加工光ELと計測光MLとを同時に光計測装置18bに照射してもよい。或いは、加工ヘッド13は、加工光ELと計測光MLとを同時に光計測装置18bに照射しなくてもよい。

[0227] (2-3-3) 照射位置情報の生成(取得)

その後、制御ユニット2は、受光素子182bから出力される受光情報に基づいて、加工光ELの照射位置PA及び計測光MLの照射位置MAの少なくとも一方を算出(言い換えれば、取得)する。つまり、制御ユニット2は

、受光情報に基づいて、加工光E Lの照射位置P A及び計測光M Lの照射位置M Aの少なくとも一方に関する照射位置情報を生成（取得）する。

[0228] （2-3-3-1）照射位置情報の第1具体例

制御ユニット2は、照射位置情報として、加工光E Lの基準照射位置B P Aと加工光E Lの実際の照射位置P A（以降、“実照射位置A P A”と称する）との相対的な位置関係に関する情報を生成してもよい。具体的には、上述したように、キャリブレーション動作を行うために、加工ヘッド1 3は、一のサーチマーク1 8 5 bに加工光E Lを照射するようにガルバノミラー1 3 1 3及び1 3 4 1の少なくとも一方を制御するためのガルバノ制御信号に基づいて、当該一のサーチマーク1 8 5 bに加工光E Lを照射する。基準照射位置B P Aは、一のサーチマーク1 8 5 bに加工光E Lを照射するためのガルバノ制御信号に基づいて加工ヘッド1 3が一のサーチマーク1 8 5 bに加工光E Lを照射した場合の、加工光E Lの理想的な照射位置P A（言い換えれば、設計上の又は目標とする照射位置P A）であってもよい。一方で、実照射位置A P Aは、同じ一のサーチマーク1 8 5 bに加工光E Lを照射するための同じガルバノ制御信号に基づいて加工ヘッド1 3が同じ一のサーチマーク1 8 5 bに加工光E Lを照射した場合の、加工光E Lの実際の照射位置P Aであってもよい。キャリブレーション動作によって得られる受光情報は、この実照射位置A P Aに関する情報を含んでいる。このため、制御ユニット2は、受光情報に基づいて、実照射位置A P Aを算出してもよい。一方で、基準照射位置B P Aに関する情報は、制御ユニット2にとって既知の情報であってもよい。その結果、制御ユニット2は、受光情報と基準照射位置B P Aに関する情報とに基づいて、基準照射位置B P Aと実照射位置A P Aとの相対的な位置関係に関する情報を含む照射位置情報を生成することができる。

[0229] 上述したようにキャリブレーション動作によって加工ショット領域P S A内に分布する複数のサーチマーク1 8 5 bに加工光E Lが順に照射される場合には、制御ユニット2は、照射位置情報として、加工ショット領域P S A

内の複数の異なる位置のそれぞれにおける基準照射位置 B P A と実照射位置 A P A との相対的な位置関係に関する情報を生成してもよい。具体的には、制御ユニット 2 は、照射位置情報として、加工ショット領域 P S A 内に分布する複数のサーチマーク 1 8 5 b のそれぞれの位置における基準照射位置 B P A と実照射位置 A P A との相対的な位置関係に関する情報を生成してもよい。

[0230] 基準照射位置 B P A に関する情報は、キャリブレーション動作が行われる前に、初期加工状態にある加工ユニット 1 b が光計測装置 1 8 b に加工光 E L を照射することで得られる受光情報に基づいて予め生成されていてもよい。このため、加工システム S Y S b は、キャリブレーション動作を行う前に、基準照射位置 B P A に関する情報を生成するための初期動作を行ってもよい。

[0231] 具体的には、まず、加工ユニット 1 b の状態が初期加工状態に設定される。加工ユニット 1 b の初期加工状態は、加工ショット領域 P S A 内の一の位置に加工光 E L を照射するようにガルバノミラー 1 3 1 3 及び 1 3 4 1 を制御するためのガルバノ制御信号がガルバノミラー 1 3 1 3 及び 1 3 4 1 に入力された場合に、加工ユニット 1 b が、加工ショット領域 P S A 内の一の位置に加工光 E L を実際に照射することができる状態であってもよい。つまり、加工ユニット 1 b の初期加工状態は、ガルバノ制御信号が示す加工光 E L の理想的な照射位置 P A と、ガルバノ制御信号に基づいて動作する加工ユニット 1 b が射出した加工光 E L の実際の照射位置 P A とが一致する状態であってもよい。

[0232] この場合、加工ユニット 1 b の状態を初期加工状態に設定するために、制御ユニット 2 は、ガルバノ制御信号に対するガルバノミラー 1 3 1 3 及び 1 3 4 1 の少なくとも一方の感度（駆動量）を調整してもよい。尚、上述したように照射光学系 1 3 5 が交換可能である場合には、制御ユニット 2 は、照射光学系 1 3 5 毎に、ガルバノ制御信号に対するガルバノミラー 1 3 1 3 及び 1 3 4 1 の少なくとも一方の感度を調整してもよい。例えば、第 1 の照射

光学系 135 が加工ヘッド 13 に取り付けられている場合には、制御ユニット 2 は、ガルバノミラー 1313 及び 1341 の少なくとも一方の感度を、第 1 の照射光学系 135 に対応する第 1 の感度に設定してもよい。例えば、第 1 の照射光学系 135 とは異なる第 2 の照射光学系 135 が加工ヘッド 13 に取り付けられている場合には、制御ユニット 2 は、ガルバノミラー 1313 及び 1341 の少なくとも一方の感度を、第 2 の照射光学系 135 に対応する第 2 の感度に設定してもよい。或いは、上述したように照射光学系 135 が交換可能である場合であっても、制御ユニット 2 は、ガルバノ制御信号に対するガルバノミラー 1313 及び 1341 の少なくとも一方の感度を、複数の照射光学系 135 に共通する所定感度に調整してもよい。

[0233] 合わせて、計測駆動系 191b は、制御ユニット 2 の制御下で、光計測装置 18b をキャリブレーション位置 CP1 に移動させる。更に、ヘッド駆動系 141 は、制御ユニット 2 の制御下で、加工ヘッド 13 を、キャリブレーション位置 CP1 に位置する光計測装置 18b に対して加工ヘッド 13 が加工光 EL を照射することが可能な位置に移動させる。この場合、制御ユニット 2 は、加工ヘッド 13 及びステージ 15 の少なくとも一方と光計測装置 18b との相対的な位置関係に関する初期位置情報を取得してもよい。具体的には、制御ユニット 2 は、位置計測装置 142 及び 162 の少なくとも一方の計測結果と位置計測装置 192b の計測結果とに基づいて、加工ヘッド 13 及びステージ 15 の少なくとも一方と光計測装置 18b との相対的な位置関係を算出してもよい。例えば、制御ユニット 2 は、位置計測装置 142 及び位置計測装置 192b のそれぞれの計測結果に基づいて、キャリブレーション位置 CP1 に位置している光計測装置 18b と、キャリブレーション位置 CP1 に位置している光計測装置 18b に対して加工ヘッド 13 が加工光 EL を照射可能な位置に位置している加工ヘッド 13 との相対的な位置関係を算出してもよい。制御ユニット 2 は、位置計測装置 162 及び位置計測装置 192b のそれぞれの計測結果に基づいて、キャリブレーション位置 CP1 に位置している光計測装置 18b と、ステージ 15 との相対的な位置関係

を算出してもよい。ここで取得された初期位置情報は、キャリブレーション動作において光計測装置18bをキャリブレーション位置CP1に移動させるために用いられてもよい。初期位置情報は、キャリブレーション動作において加工ヘッド13bを、キャリブレーション位置CP1に位置している光計測装置18bに対して加工ヘッド13が加工光ELを照射可能な位置に移動させるために用いられてもよい。初期位置情報は、キャリブレーション動作においてステージ15を移動させるために用いられてもよい。つまり、加工システムSYSbは、初期動作において取得された初期位置情報に基づいて、キャリブレーション動作を行ってもよい。

[0234] その後、加工ユニット1bは、光計測装置18bに加工光ELを照射する。具体的には、加工ユニット1bは、光計測装置18bに形成された所望のサーチマーク185bに加工光ELを照射する。その結果、光計測装置18bから、所望のサーチマーク185bを通過した加工光ELの受光結果を示す受光情報が出力される。この受光情報は、加工ショット領域PSA内で所望のサーチマーク185bが位置している所望の位置での加工光ELの実際の照射位置PAに関する情報を含んでいる。初期加工状態の加工ユニット1bでは加工光ELの実際の照射位置PAと加工光ELの理想的な照射位置PAとが一致することは、上述したとおりである。このため、受光情報は、加工ショット領域PSA内で所望のサーチマーク185bが位置している所望の位置での加工光ELの理想的な照射位置PA（つまり、基準照射位置BPA）に関する情報を含んでいる。従って、制御ユニット2は、初期動作によって取得された受光情報に基づいて、基準照射位置BPAに関する情報を生成することができる。或いは、制御ユニット2は、初期動作によって取得された受光情報を、基準照射位置BPAに関する情報として用いてもよい。

[0235] 初期動作においても、加工ユニット1bは、光計測装置18bに形成された複数のサーチマーク185bに加工光ELを照射してもよい。この場合、制御ユニット2は、初期動作によって取得された受光情報に基づいて、加工ショット領域PSA内に分布している複数のサーチマーク185bがそれぞれ

れ位置している複数の位置での加工光ELの理想的な照射位置PA（つまり、基準照射位置BPA）に関する情報を生成することができる。

[0236] 制御ユニット2は、基準照射位置BPAと実照射位置APAとの相対的な位置関係として、ビーム通過部材181bの表面に沿った方向における基準照射位置BPAと実照射位置APAとの距離（言い換えれば、位置ズレ）を算出してもよい。特に、制御ユニット2は、加工ショット領域PSA内の複数の位置のそれぞれにおける基準照射位置BPAと実照射位置APAとの距離を算出してもよい。例えば、図18は、加工ショット領域PSA内の複数の位置のそれぞれにおける基準照射位置BPAと実照射位置APAとの相対的な位置関係を示している。ビーム通過部材181bの表面がXY平面に沿った面であることを考慮すると、図18に示すように、制御ユニット2は、X軸方向における基準照射位置BPAと実照射位置APAとの距離 $\Delta P_x$ を、基準照射位置BPAと実照射位置APAとの相対的な位置関係として算出してもよい。特に、制御ユニット2は、加工ショット領域PSA内の複数の位置のそれぞれにおける距離 $\Delta P_x$ を算出してもよい。更に、制御ユニット2は、Y軸方向における基準照射位置BPAと実照射位置APAとの距離 $\Delta P_y$ を、基準照射位置BPAと実照射位置APAとの相対的な位置関係として算出してもよい。特に、制御ユニット2は、加工ショット領域PSA内の複数の位置のそれぞれにおける距離 $\Delta P_y$ を算出してもよい。

[0237] 以下、図19（a）から図19（b）を参照しながら、所望のサーチマーク185bに照射された加工光ELの受光結果を示す受光情報に基づいて距離 $\Delta P_x$ 及び $\Delta P_y$ を算出するための動作の一例について説明する。但し、制御ユニット2は、以下に示す動作とは異なる動作を行うことで、距離 $\Delta P_x$ 及び $\Delta P_y$ を算出してもよい。

[0238] 図19（a）は、実照射位置APAと基準照射位置BPAとが一致する場合における受光情報（特に、パルス波形P1からP3が順に現れるパルス信号）を示している。特に、図19（a）の上側の図面は、初期動作で所望のサーチマーク185bに加工光ELが照射された場合に取得された受光情報

を示しており、図19(a)の下側の図面は、キャリブレーション動作で同じ所望のサーチマーク185bに加工光ELが照射された場合に取得された受光情報を示している。実照射位置APAと基準照射位置BPAとが一致する場合には、初期動作でパルス波形P1からP3が現れるタイミングは、それぞれ、キャリブレーション動作でパルス波形P1からP3が現れるタイミングと一致する。

[0239] 図19(b)は、実照射位置APAと基準照射位置BPAとがX軸方向に沿って離れている場合における受光情報（特に、パルス波形P1からP3が順に現れるパルス信号）を示している。特に、図19(b)の上側の図面は、初期動作で所望のサーチマーク185bに加工光ELが照射された場合に取得された受光情報を示しており、図19(b)の下側の図面は、キャリブレーション動作で同じ所望のサーチマーク185bに加工光ELが照射された場合に取得された受光情報を示している。実照射位置APAと基準照射位置BPAとがX軸方向に沿って離れている場合には、初期動作でパルス波形P1からP3が現れるタイミングは、それぞれ、キャリブレーション動作でパルス波形P1からP3が現れるタイミングから、距離 $\Delta P_x$ に応じた時間 $\Delta t_x$ だけ進む又は遅れる。

[0240] 図19(c)は、実照射位置APAと基準照射位置BPAとがY軸方向に沿って離れている場合における受光情報（特に、パルス波形P1からP3が順に現れるパルス信号）を示している。特に、図19(c)の上側の図面は、初期動作で所望のサーチマーク185bに加工光ELが照射された場合に取得された受光情報を示しており、図19(c)の下側の図面は、キャリブレーション動作で同じ所望のサーチマーク185bに加工光ELが照射された場合に取得された受光情報を示している。実照射位置APAと基準照射位置BPAとがY軸方向に沿って離れている場合には、初期動作でパルス波形P2が現れるタイミングとキャリブレーション動作でパルス波形P2が現れるタイミングとの差分は、初期動作でパルス波形P1及びP3が現れるタイミングとキャリブレーション動作でパルス波形P1及びP3が現れるタイミ

ングとの差分と比較して、距離 $\Delta P_y$ に応じた時間 $\Delta t_y$ だけ進む又は遅れる。

[0241] このため、制御ユニット2は、初期動作でパルス波形P1からP3が現れるタイミングとキャリブレーション動作でパルス波形P1からP3が現れるタイミングとの違いに相当する時間 $\Delta t_x$ に基づいて、距離 $\Delta P_x$ を算出してもよい。制御ユニット2は、初期動作でパルス波形P2が現れるタイミングとキャリブレーション動作でパルス波形P2が現れるタイミングとの差分と、初期動作でパルス波形P1及びP3が現れるタイミングとキャリブレーション動作でパルス波形P1及びP3が現れるタイミングとの差分との違いに相当する時間 $\Delta t_y$ に基づいて、距離 $\Delta P_y$ を算出してもよい。

[0242] 尚、図19は、グラフの横軸が加工光EL及び計測光MLのそれぞれの受光タイミング（つまり、時間）を示す例を示しているが、グラフの横軸は、加工光EL及び計測光MLのそれぞれの位置を示しているとみなしてもよい。つまり、図19に示すグラフの横軸が加工光EL及び計測光MLのそれぞれの位置を示しているという前提で、上述した説明を展開することも可能である。

[0243] (2-3-3-2) 照射位置情報の第2具体例

制御ユニット2は、照射位置情報として、計測光MLの基準照射位置BMAと計測光MLの実際の照射位置MA（以降、“実照射位置AMA”と称する）との相対的な位置関係に関する情報を生成してもよい。具体的には、上述したように、キャリブレーション動作を行うために、加工ヘッド13は、一のサーチマーク185bに計測光MLを照射するようにガルバノミラー1328及び1341の少なくとも一方を制御するためのガルバノ制御信号に基づいて、当該一のサーチマーク185bに計測光MLを照射する。基準照射位置BMAは、一のサーチマーク185bに計測光MLを照射するためのガルバノ制御信号に基づいて加工ヘッド13が一のサーチマーク185bに計測光MLを照射した場合の、計測光MLの理想的な照射位置MA（言い換えれば、設計上の又は目標とする照射位置MA）であってもよい。一方で、

実照射位置AMAは、同じのサーチマーク185bに計測光MLを照射するための同じガルバノ制御信号に基づいて加工ヘッド13が同じのサーチマーク185bに計測光MLを照射した場合の、計測光MLの実際の照射位置MAであってもよい。キャリブレーション動作によって得られる受光情報は、この実照射位置AMAに関する情報を含んでいる。このため、制御ユニット2は、受光情報に基づいて、実照射位置AMAを算出してもよい。一方で、基準照射位置BMAに関する情報は、制御ユニット2にとって既知の情報であってもよい。その結果、制御ユニット2は、受光情報と基準照射位置BMAに関する情報とに基づいて、基準照射位置BMAと実照射位置AMAとの相対的な位置関係に関する情報を含む照射位置情報を生成することができる。

[0244] 上述したようにキャリブレーション動作によって計測ショット領域MSA内に分布する複数のサーチマーク185bに計測光MLが順に照射される場合には、制御ユニット2は、照射位置情報として、計測ショット領域MSA内の複数の異なる位置のそれぞれにおける基準照射位置BMAと実照射位置AMAとの相対的な位置関係に関する情報を生成してもよい。具体的には、制御ユニット2は、照射位置情報として、計測ショット領域MSA内に分布する複数のサーチマーク185bのそれぞれの位置における基準照射位置BMAと実照射位置AMAとの相対的な位置関係に関する情報を生成してもよい。

[0245] 基準照射位置BMAに関する情報は、キャリブレーション動作が行われる前に、初期計測状態にある加工ユニット1bが光計測装置18bに計測光MLを照射することで得られる受光情報に基づいて予め生成されていてもよい。このため、加工システムSYSbは、キャリブレーション動作を行う前に、基準照射位置BMAに関する情報を生成するための初期動作を行ってもよい。

[0246] 具体的には、まず、加工ユニット1bの状態が初期計測状態に設定される。加工ユニット1bの初期計測状態は、計測ショット領域MSA内の一の位

置に計測光MLを照射するようにガルバノミラー1328及び1341を制御するためのガルバノ制御信号がガルバノミラー1328及び1341に入力された場合に、加工ユニット1bが、計測ショット領域MSA内の一の位置に計測光MLを実際に照射することができる状態であってもよい。つまり、加工ユニット1bの初期計測状態は、ガルバノ制御信号が示す計測光MLの理想的な照射位置MAと、ガルバノ制御信号に基づいて動作する加工ユニット1bが射出した計測光MLの実際の照射位置MAとが一致する状態であってもよい。

[0247] この場合、加工ユニット1bの状態を初期計測状態に設定するために、制御ユニット2は、ガルバノ制御信号に対するガルバノミラー1328及び1341の少なくとも一方の感度（駆動量）を調整してもよい。尚、上述したように照射光学系135が交換可能である場合には、制御ユニット2は、照射光学系135毎に、ガルバノ制御信号に対するガルバノミラー1328及び1341の少なくとも一方の感度を調整してもよい。例えば、第1の照射光学系135が加工ヘッド13に取り付けられている場合には、制御ユニット2は、ガルバノミラー1328及び1341の少なくとも一方の感度を、第1の照射光学系135に対応する第3の感度に設定してもよい。例えば、第1の照射光学系135とは異なる第2の照射光学系135が加工ヘッド13に取り付けられている場合には、制御ユニット2は、ガルバノミラー1328及び1341の少なくとも一方の感度を、第2の照射光学系135に対応する第4の感度に設定してもよい。或いは、上述したように照射光学系135が交換可能である場合であっても、制御ユニット2は、ガルバノ制御信号に対するガルバノミラー1328及び1341の少なくとも一方の感度を、複数の照射光学系135に共通する所定感度に調整してもよい。

[0248] 合わせて、計測駆動系191bは、制御ユニット2の制御下で、光計測装置18bをキャリブレーション位置CP1に移動させる。更に、ヘッド駆動系141は、制御ユニット2の制御下で、加工ヘッド13を、キャリブレーション位置CP1に位置する光計測装置18bに対して加工ヘッド13が計

測光MLを照射することが可能な位置に移動させる。この場合、制御ユニット2は、加工ヘッド13及びステージ15の少なくとも一方と光計測装置18bとの相対的な位置関係に関する初期位置情報を取得してもよい。具体的には、制御ユニット2は、位置計測装置142及び162の少なくとも一方の計測結果と位置計測装置192bの計測結果とに基づいて、加工ヘッド13及びステージ15の少なくとも一方と光計測装置18bとの相対的な位置関係を算出してもよい。例えば、制御ユニット2は、位置計測装置142及び位置計測装置192bのそれぞれの計測結果に基づいて、キャリブレーション位置CP1に位置している光計測装置18bと、キャリブレーション位置CP1に位置している光計測装置18bに対して加工ヘッド13が計測光MLを照射可能な位置に位置している加工ヘッド13との相対的な位置関係を算出してもよい。制御ユニット2は、位置計測装置162及び位置計測装置192bのそれぞれの計測結果に基づいて、キャリブレーション位置CP1に位置している光計測装置18bと、ステージ15との相対的な位置関係を算出してもよい。ここで取得された初期位置情報は、キャリブレーション動作において光計測装置18bをキャリブレーション位置CP1に移動させるために用いられてもよい。初期位置情報は、キャリブレーション動作において加工ヘッド13bを、キャリブレーション位置CP1に位置している光計測装置18bに対して加工ヘッド13が計測光MLを照射可能な位置に移動させるために用いられてもよい。初期位置情報は、キャリブレーション動作においてステージ15を移動させるために用いられてもよい。つまり、加工システムSYSbは、初期動作において取得された初期位置情報に基づいて、キャリブレーション動作を行ってもよい。

[0249] その後、加工ユニット1bは、光計測装置18bに計測光MLを照射する。具体的には、加工ユニット1bは、光計測装置18bに形成された所望のサーチマーク185bに計測光MLを照射する。その結果、光計測装置18bから、所望のサーチマーク185bを通過した計測光MLの受光結果を示す受光情報が出力される。この受光情報は、計測ショット領域MSA内で所

望のサーチマーク185bが位置している所望の位置での計測光MLの実際の照射位置MAに関する情報を含んでいる。初期計測状態の加工ユニット1bでは計測光MLの実際の照射位置MAと計測光MLの理想的な照射位置MAとが一致することは、上述したとおりである。このため、受光情報は、計測ショット領域MSA内で所望のサーチマーク185bが位置している所望の位置での計測光MLの理想的な照射位置MA（つまり、基準照射位置BMA）に関する情報を含んでいる。従って、制御ユニット2は、初期動作によって取得された受光情報に基づいて、基準照射位置BMAに関する情報を生成することができる。或いは、制御ユニット2は、初期動作によって取得された受光情報を、基準照射位置BMAに関する情報として用いてもよい。

[0250] 初期動作においても、加工ユニット1bは、光計測装置18bに形成された複数のサーチマーク185bに計測光MLを照射してもよい。この場合、制御ユニット2は、初期動作によって取得された受光情報に基づいて、計測ショット領域MSA内に分布している複数のサーチマーク185bがそれぞれ位置している複数の位置での計測光MLの理想的な照射位置MA（つまり、基準照射位置BMA）に関する情報を生成することができる。

[0251] 制御ユニット2は、基準照射位置BMAと実照射位置AMAとの相対的な位置関係として、ビーム通過部材181bの表面に沿った方向における基準照射位置BMAと実照射位置AMAとの距離（言い換えれば、位置ズレ）を算出してもよい。特に、制御ユニット2は、計測ショット領域MSA内の複数の位置のそれぞれにおける基準照射位置BMAと実照射位置AMAとの距離を算出してもよい。例えば、図20は、計測ショット領域MSA内の複数の位置のそれぞれにおける基準照射位置BMAと実照射位置AMAとの相対的な位置関係を示している。ビーム通過部材181bの表面がXY平面に沿った面であることを考慮すると、図20に示すように、制御ユニット2は、X軸方向における基準照射位置BMAと実照射位置AMAとの距離 $\Delta M_x$ を、基準照射位置BMAと実照射位置AMAとの相対的な位置関係として算出してもよい。特に、制御ユニット2は、計測ショット領域MSA内の複数の

位置のそれぞれにおける距離 $\Delta M_x$ を算出してもよい。更に、制御ユニット2は、Y軸方向における基準照射位置BMAと実照射位置AMAとの距離 $\Delta M_y$ を、基準照射位置BMAと実照射位置AMAとの相対的な位置関係として算出してもよい。特に、制御ユニット2は、計測ショット領域MSA内の複数の位置のそれぞれにおける距離 $\Delta M_y$ を算出してもよい。

[0252] 制御ユニット2は、加工光ELの受光結果を示す受光情報に基づいて距離 $\Delta P_x$ 及び $\Delta P_y$ を算出する動作と同様の動作を行うことで、計測光MLの受光結果を示す受光情報に基づいて距離 $\Delta M_x$ 及び $\Delta M_y$ を算出してもよい。つまり、上述した加工光ELの受光結果を示す受光情報に基づいて距離 $\Delta P_x$ 及び $\Delta P_y$ を算出する動作の一例の説明は、「実照射位置APA」、「基準照射位置BPA」、「加工光EL」、「距離 $\Delta P_x$ 」及び「距離 $\Delta P_y$ 」という文言を、「実照射位置AMA」、「基準照射位置BMA」、「計測光ML」、「距離 $\Delta M_x$ 」及び「距離 $\Delta M_y$ 」という文言にそれぞれ置き換えることで、計測光MLの受光結果を示す受光情報に基づいて距離 $\Delta M_x$ 及び $\Delta M_y$ を算出する動作の一例の説明として流用可能である。このため、計測光MLの受光結果を示す受光情報に基づいて距離 $\Delta M_x$ 及び $\Delta M_y$ を算出する動作の一例の説明は省略する。

[0253] (2-3-3-3) 照射位置情報の第3具体例

加工ヘッド13が同じサーチマーク185bに加工光EL及び計測光MLを照射する場合には、制御ユニット2は、照射位置情報として、加工光ELの実照射位置APAと計測光MLの実照射位置AMAとの相対的な位置関係に関する情報を生成してもよい。具体的には、加工ヘッド13が一のサーチマーク185bに加工光ELを照射することで得られる受光情報は、一のサーチマーク185bに照射された加工光ELの実照射位置APAに関する情報を含んでいる。同様に、加工ヘッド13が一のサーチマーク185bに計測光MLを照射することで得られる受光情報は、一のサーチマーク185bに照射された計測光MLの実照射位置AMAに関する情報を含んでいる。このため、制御ユニット2は、受光情報に基づいて、実照射位置APAと実照

射位置AMAとの相対的な位置関係に関する情報を含む照射位置情報を生成することができる。

[0254] 上述したようにキャリブレーション動作によって複数のサーチマーク185bに加工光EL及び計測光MLのそれぞれが順に照射される場合には、制御ユニット2は、照射位置情報は、加工ショット領域PSA及び計測ショット領域MSAの少なくとも一方の中の複数の異なる位置のそれぞれにおける実照射位置APAと実照射位置AMAとの相対的な位置関係に関する情報を生成してもよい。具体的には、制御ユニット2は、照射位置情報として、加工ショット領域PSA及び計測ショット領域MSAの少なくとも一方の中に分布する複数のサーチマーク185bのそれぞれの位置における実照射位置APAと実照射位置AMAとの相対的な位置関係に関する情報を含んでもよい。

[0255] 制御ユニット2は、実照射位置APAと実照射位置AMAとの相対的な位置関係として、ビーム通過部材181bの表面に沿った方向における実照射位置APAと実照射位置APAとの距離（言い換えれば、位置ズレ）を算出してもよい。特に、制御ユニット2は、加工ショット領域PSA及び計測ショット領域MSAの少なくとも一方の中の複数の位置のそれぞれにおける実照射位置APAと実照射位置AMAとの距離を算出してもよい。例えば、図21は、加工ショット領域PSA及び計測ショット領域MSAの少なくとも一方の中の複数の位置のそれぞれにおける実照射位置APAと実照射位置AMAとの相対的な位置関係を示している。ビーム通過部材181bの表面がXY平面に沿った面であることを考慮すると、図21に示すように、制御ユニット2は、X軸方向における実照射位置APAと実照射位置AMAとの距離 $\Delta PM_x$ を、実照射位置APAと実照射位置AMAとの相対的な位置関係として算出してもよい。特に、制御ユニット2は、加工ショット領域PSA及び計測ショット領域MSAの少なくとも一方の中の複数の位置のそれぞれにおける距離 $\Delta PM_x$ を算出してもよい。更に、制御ユニット2は、Y軸方向における実照射位置APAと実照射位置AMAとの距離 $\Delta PM_y$ を、実照

射位置 A P A と実照射位置 A M A との相対的な位置関係として算出してもよい。特に、制御ユニット 2 は、加工ショット領域 P S A 及び計測ショット領域 M S A の少なくとも一方の中の複数の位置のそれぞれにおける距離  $\Delta P M_y$  を算出してもよい。

[0256] 以下、図 2 2 ( a ) から図 2 2 ( b ) を参照しながら、所望のサーチマーク 1 8 5 b に照射された加工光 E L 及び計測光 M L のそれぞれの受光結果を示す受光情報に基づいて距離  $\Delta P M_x$  及び  $\Delta P M_y$  を算出するための動作の一例について説明する。

[0257] 図 2 2 ( a ) は、実照射位置 A P A と実照射位置 A M A とが一致する場合における受光情報（特に、パルス波形 P 1 から P 3 が順に現れるパルス信号）を示している。特に、図 2 2 ( a ) の上側の図面は、所望のサーチマーク 1 8 5 b に加工光 E L が照射された場合に取得された受光情報を示しており、図 2 2 ( a ) の下側の図面は、同じ所望のサーチマーク 1 8 5 b に計測光 M L が照射された場合に取得された受光情報を示している。実照射位置 A P A と実照射位置 A M A とが一致する場合には、加工光 E L の受光結果でパルス波形 P 1 から P 3 が現れるタイミングは、それぞれ、計測光 M L の受光結果でパルス波形 P 1 から P 3 が現れるタイミングと一致する。

[0258] 図 2 2 ( b ) は、実照射位置 A P A と実照射位置 A M A とが X 軸方向に沿って離れている場合における受光情報（特に、パルス波形 P 1 から P 3 が順に現れるパルス信号）を示している。特に、図 2 2 ( b ) の上側の図面は、所望のサーチマーク 1 8 5 b に加工光 E L が照射された場合に取得された受光情報を示しており、図 2 2 ( b ) の下側の図面は、同じ所望のサーチマーク 1 8 5 b に計測光 M L が照射された場合に取得された受光情報を示している。実照射位置 A P A と実照射位置 A M A とが X 軸方向に沿って離れている場合には、加工光 E L の受光結果でパルス波形 P 1 から P 3 が現れるタイミングは、それぞれ、計測光 M L の受光結果でパルス波形 P 1 から P 3 が現れるタイミングから、距離  $\Delta P M_x$  に応じた時間  $\Delta t_x$  だけ進む又は遅れる。

[0259] 図 2 2 ( c ) は、実照射位置 A P A と実照射位置 A M A とが Y 軸方向に沿

って離れている場合における受光情報（特に、パルス波形P1からP3が順に現れるパルス信号）を示している。特に、図22(c)の上側の図面は、所望のサーチマーク185bに加工光ELが照射された場合に取得された受光情報を示しており、図22(c)の下側の図面は、同じ所望のサーチマーク185bに計測光MLが照射された場合に取得された受光情報を示している。実照射位置APAと実照射位置AMAとがY軸方向に沿って離れている場合には、加工光ELの受光結果でパルス波形P2が現れるタイミングと計測光MLの受光結果でパルス波形P2が現れるタイミングとの差分は、加工光ELの受光結果でパルス波形P1及びP3が現れるタイミングと計測光MLの受光結果でパルス波形P1及びP3が現れるタイミングとの差分と比較して、距離 $\Delta PM_y$ に応じた時間 $\Delta t_y$ だけ進む又は遅れる。

[0260] このため、制御ユニット2は、加工光ELの受光結果でパルス波形P1からP3が現れるタイミングと計測光MLの受光結果でパルス波形P1からP3が現れるタイミングとの違いに相当する時間 $\Delta t_x$ に基づいて、距離 $\Delta PM_x$ を算出してもよい。制御ユニット2は、加工光ELの受光結果でパルス波形P2が現れるタイミングと計測光MLの受光結果でパルス波形P2が現れるタイミングとの差分と、加工光ELの受光結果でパルス波形P1及びP3が現れるタイミングと計測光MLの受光結果でパルス波形P1及びP3が現れるタイミングとの差分との違いに相当する時間 $\Delta t_y$ に基づいて、距離 $\Delta PM_y$ を算出してもよい。

[0261] (2-3-4) 照射位置情報に基づく加工光ELの照射位置PA及び計測光MLの照射位置の較正

その後、制御ユニット2は、照射位置情報に基づいて、加工光ELの照射位置PAと計測光MLの照射位置MAとの少なくとも一方を較正する（言い換えれば、制御又は調整する）。

[0262] (2-3-4-1) 加工光ELの基準照射位置BPAと加工光ELの実照射位置APAとの相対的な位置関係に関する照射位置情報に基づく加工光ELの照射位置PAの較正

例えば、照射位置情報が、加工光E Lの基準照射位置B P Aと加工光E Lの実照射位置A P Aとの相対的な位置関係に関する情報を含んでいる場合には、制御ユニット2は、照射位置情報に基づいて、加工光E Lの照射位置P Aを較正してもよい。具体的には、制御ユニット2は、照射位置情報に基づいて、加工光E Lの照射位置P Aが所望の第1照射位置となるように、加工光E Lの照射位置P Aを変更可能な位置変更装置を制御してもよい。尚、加工光E Lの照射位置P Aを変更可能な位置変更装置の一例として、加工光E Lの照射位置P Aを変更可能なガルバノミラー1313及び1341のうちの少なくとも一つがあげられる。このため、制御ユニット2は、照射位置情報に基づいて、加工光E Lの照射位置P Aが所望の第1照射位置となるように、ガルバノミラー1313及び1341のうちの少なくとも一つを制御してもよい。

[0263] 一例として、制御ユニット2は、加工光E Lの照射位置P Aを較正する前と比較して、実照射位置A P Aが基準照射位置B P Aに近づくように、加工光E Lの照射位置P Aを較正してもよい。つまり、制御ユニット2は、加工光E Lの照射位置P Aを較正する前と比較して、実照射位置A P Aが基準照射位置B P Aに近づくように、ガルバノミラー1313及び1341のうちの少なくとも一つを制御してもよい。具体的には、制御ユニット2は、基準照射位置B P Aに加工光E Lを照射するようにガルバノミラー1313及び1341の少なくとも一方を制御するためのガルバノ制御信号に基づいて加工光E Lが実際に照射される実照射位置A P Aが、基準照射位置B P Aに近づくように、加工光E Lの照射位置P Aを較正してもよい。言い換えれば、制御ユニット2は、所望の位置に加工光E Lを照射するようにガルバノミラー1313及び1341の少なくとも一方を制御するためのガルバノ制御信号に基づいて加工光E Lが実際に照射される実照射位置A P Aが、所望の位置に近づくように、加工光E Lの照射位置P Aを較正してもよい。

[0264] この場合、制御ユニット2は、加工ショット領域P S A内の複数の位置のそれぞれにおける基準照射位置B P Aと実照射位置A P Aとの相対的な位置

関係に関する情報に基づいて、加工ショット領域 P S A 内の複数の位置のそれぞれにおいて実照射位置 A P A が基準照射位置 B P A に近づくように、加工ショット領域 P S A 内の複数の位置のそれぞれにおける加工光 E L の照射位置 P A を校正してもよい。つまり、制御ユニット 2 は、加工ショット領域 P S A 内の一の位置における基準照射位置 B P A と実照射位置 A P A との相対的な位置関係に関する情報に基づいて、加工ショット領域 P S A 内の一の位置において実照射位置 A P A が基準照射位置 B P A に近づくように、加工ショット領域 P S A 内の一の位置における加工光 E L の照射位置 P A を校正してもよい。

[0265] 他の一例として、制御ユニット 2 は、実照射位置 A P A が基準照射位置 B P A に一致するように、加工光 E L の照射位置 P A を校正してもよい。つまり、制御ユニット 2 は、実照射位置 A P A が基準照射位置 B P A に一致するように、ガルバノミラー 1 3 1 3 及び 1 3 4 1 のうちの少なくとも一つを制御してもよい。具体的には、制御ユニット 2 は、基準照射位置 B P A に加工光 E L を照射するようにガルバノミラー 1 3 1 3 及び 1 3 4 1 の少なくとも一方を制御するためのガルバノ制御信号に基づいて、基準照射位置 B P A に加工光 E L が実際に照射されるように、加工光 E L の照射位置 P A を校正してもよい。言い換えれば、制御ユニット 2 は、所望の位置に加工光 E L を照射するようにガルバノミラー 1 3 1 3 及び 1 3 4 1 の少なくとも一方を制御するためのガルバノ制御信号に基づいて、当該所望の位置に加工光 E L が実際に照射されるように、加工光 E L の照射位置 P A を校正してもよい。

[0266] この場合、制御ユニット 2 は、加工ショット領域 P S A 内の複数の位置のそれぞれにおける基準照射位置 B P A と実照射位置 A P A との相対的な位置関係に関する情報に基づいて、加工ショット領域 P S A 内の複数の位置のそれぞれにおいて実照射位置 A P A が基準照射位置 B P A に一致するように、加工ショット領域 P S A 内の複数の位置のそれぞれにおける加工光 E L の照射位置 P A を校正してもよい。つまり、制御ユニット 2 は、加工ショット領域 P S A 内の一の位置における基準照射位置 B P A と実照射位置 A P A との

相対的な位置関係に関する情報に基づいて、加工ショット領域P S A内の一の位置において実照射位置A P Aが基準照射位置B P Aに一致するように、加工ショット領域P S A内の一の位置における加工光E Lの照射位置P Aを較正してもよい。

[0267] (2-3-4-2) 計測光M Lの基準照射位置B M Aと計測光M Lの実照射位置A M Aとの相対的な位置関係に関する照射位置情報に基づく計測光M Lの照射位置M Aの較正

例えば、照射位置情報が、計測光M Lの基準照射位置B M Aと計測光M Lの実照射位置A M Aとの相対的な位置関係に関する情報を含んでいる場合には、制御ユニット2は、照射位置情報に基づいて、計測光M Lの照射位置M Aを較正してもよい。具体的には、制御ユニット2は、照射位置情報に基づいて、計測光M Lの照射位置M Aが所望の第2照射位置となるように、計測光M Lの照射位置M Aを変更可能な位置変更装置を制御してもよい。尚、計測光M Lの照射位置M Aを変更可能な位置変更装置の一例として、計測光M Lの照射位置M Aを変更可能なガルバノミラー1 3 2 8及び1 3 4 1のうちの少なくとも一つがあげられる。このため、制御ユニット2は、照射位置情報に基づいて、計測光M Lの照射位置M Aが所望の第2照射位置となるように、ガルバノミラー1 3 2 8及び1 3 4 1のうちの少なくとも一つを制御してもよい。

[0268] 一例として、制御ユニット2は、計測光M Lの照射位置M Aを較正する前と比較して、実照射位置A M Aが基準照射位置B M Aに近づくように、計測光M Lの照射位置M Aを較正してもよい。つまり、制御ユニット2は、計測光M Lの照射位置M Aを較正する前と比較して、実照射位置A M Aが基準照射位置B M Aに近づくように、ガルバノミラー1 3 2 8及び1 3 4 1のうちの少なくとも一つを制御してもよい。具体的には、制御ユニット2は、基準照射位置B M Aに計測光M Lを照射するようにガルバノミラー1 3 2 8及び1 3 4 1の少なくとも一方を制御するためのガルバノ制御信号に基づいて計測光M Lが実際に照射される実照射位置A M Aが、基準照射位置B M Aに近

づくように、計測光MLの照射位置MAを校正してもよい。言い換えれば、制御ユニット2は、所望の位置に計測光MLを照射するようにガルバノミラー1328及び1341の少なくとも一方を制御するためのガルバノ制御信号に基づいて計測光MLが実際に照射される実照射位置AMAが、所望の位置に近づくように、計測光MLの照射位置MAを校正してもよい。

[0269] この場合、制御ユニット2は、計測ショット領域MSA内の複数の位置のそれぞれにおける基準照射位置BMAと実照射位置AMAとの相対的な位置関係に関する情報に基づいて、計測ショット領域MSA内の複数の位置のそれぞれにおいて実照射位置AMAが基準照射位置BMAに近づくように、計測ショット領域MSA内の複数の位置のそれぞれにおける計測光MLの照射位置MAを校正してもよい。つまり、制御ユニット2は、計測ショット領域MSA内の一の位置における基準照射位置BMAと実照射位置AMAとの相対的な位置関係に関する情報に基づいて、計測ショット領域MSA内の一の位置において実照射位置AMAが基準照射位置BMAに近づくように、計測ショット領域MSA内の一の位置における計測光MLの照射位置MAを校正してもよい。

[0270] 他の一例として、制御ユニット2は、実照射位置AMAが基準照射位置BMAに一致するように、計測光MLの照射位置MAを校正してもよい。つまり、制御ユニット2は、実照射位置AMAが基準照射位置BMAに一致するように、ガルバノミラー1328及び1341のうちの少なくとも一つを制御してもよい。具体的には、制御ユニット2は、基準照射位置BMAに計測光MLを照射するようにガルバノミラー1328及び1341の少なくとも一方を制御するためのガルバノ制御信号に基づいて、基準照射位置BMAに計測光MLが実際に照射されるように、計測光MLの照射位置MAを校正してもよい。言い換えれば、制御ユニット2は、所望の位置に計測光MLを照射するようにガルバノミラー1328及び1341の少なくとも一方を制御するためのガルバノ制御信号に基づいて、当該所望の位置に計測光MLが実際に照射されるように、計測光MLの照射位置MAを校正してもよい。

[0271] この場合、制御ユニット2は、計測ショット領域MS A内の複数の位置のそれぞれにおける基準照射位置BMAと実照射位置AMAとの相対的な位置関係に関する情報に基づいて、計測ショット領域MS A内の複数の位置のそれぞれにおいて実照射位置AMAが基準照射位置BMAに一致するように、計測ショット領域MS A内の複数の位置のそれぞれにおける計測光MLの照射位置PAを校正してもよい。つまり、制御ユニット2は、計測ショット領域MS A内の一の位置における基準照射位置BMAと実照射位置AMAとの相対的な位置関係に関する情報に基づいて、計測ショット領域MS A内の一の位置において実照射位置AMAが基準照射位置BMAに一致するように、計測ショット領域MS A内の一の位置における計測光MLの照射位置MAを校正してもよい。

[0272] (2-3-4-3) 加工光ELの実照射位置APAと計測光MLの実照射位置AMAとの相対的な位置関係に関する照射位置情報に基づく加工光ELの照射位置PA及び計測光MLの照射位置MAの少なくとも一方の校正

例えば、照射位置情報が、加工光ELの実照射位置APAと計測光MLの実照射位置AMAとの相対的な位置関係に関する情報を含んでいる場合には、制御ユニット2は、照射位置情報に基づいて、加工光ELの照射位置PA及び計測光MLの照射位置MAの少なくとも一方を校正してもよい。具体的には、制御ユニット2は、照射位置情報に基づいて、加工光ELの照射位置PAと計測光MLの照射位置MAとの相対的な位置関係が所定の位置関係となるように、加工光ELの照射位置PA及び計測光MLの照射位置MAの少なくとも一方を変更可能な位置変更装置を制御してもよい。例えば、制御ユニット2は、照射位置情報に基づいて、加工光ELの照射位置PAと計測光MLの照射位置MAとの相対的な位置関係が所定の位置関係となるように、ガルバノミラー1313、1328及び1341のうちの少なくとも一つを制御してもよい。

[0273] 一例として、制御ユニット2は、加工光ELの照射位置PA及び計測光MLの照射位置MAの少なくとも一方を校正する前と比較して、加工光ELの

実照射位置A P Aが計測光M Lの実照射位置A M Aに近づくように、加工光E Lの照射位置P A及び計測光M Lの照射位置M Aの少なくとも一方を較正してもよい。つまり、制御ユニット2は、加工光E Lの照射位置P A及び計測光M Lの照射位置M Aの少なくとも一方を較正する前と比較して、加工光E Lの実照射位置A P Aが計測光M Lの実照射位置A M Aに近づくように、ガルバノミラー1 3 1 3、1 3 2 8及び1 3 4 1のうちの少なくとも一つを制御してもよい。具体的には、制御ユニット2は、所望の位置に加工光E Lを照射するようにガルバノミラー1 3 1 3及び1 3 4 1の少なくとも一方を制御するためのガルバノ制御信号に基づいて加工光E Lが実際に照射される実照射位置A P Aが、同じ所望の位置に計測光M Lを照射するようにガルバノミラー1 3 2 8及び1 3 4 1の少なくとも一方を制御するためのガルバノ制御信号に基づいて計測光M Lが実際に照射される実照射位置A M Aに近づくように、加工光E Lの照射位置P A及び計測光M Lの照射位置M Aの少なくとも一方を較正してもよい。

[0274] この場合、制御ユニット2は、加工ショット領域P S A及び計測ショット領域M S A内の複数の位置のそれぞれにおける実照射位置A P Aと実照射位置A M Aとの相対的な位置関係に関する情報に基づいて、加工ショット領域P S A及び計測ショット領域M S A内の複数の位置のそれぞれにおいて実照射位置A P Aが実照射位置A M Aに近づくように、加工ショット領域P S A内の複数の位置のそれぞれにおける加工光E Lの照射位置P A及び計測ショット領域M S A内の複数の位置のそれぞれにおける計測光M Lの照射位置M Aの少なくとも一方を較正してもよい。つまり、制御ユニット2は、加工ショット領域P S A及び計測ショット領域M S A内の一の位置における実照射位置A P Aと実照射位置A M Aとの相対的な位置関係に関する情報に基づいて、加工ショット領域P S A及び計測ショット領域M S A内の一の位置において実照射位置A P Aが実照射位置A M Aに近づくように、加工ショット領域P S A内の一の位置における加工光E Lの照射位置P A及び計測ショット領域M S A内の一の位置における計測光M Lの照射位置M Aの少なくとも一

方を較正してもよい。

[0275] 他の一例として、制御ユニット2は、加工光ELの実照射位置APAが計測光MLの実照射位置AMAに一致するように、加工光ELの照射位置PA及び計測光MLの照射位置MAの少なくとも一方を較正してもよい。つまり、制御ユニット2は、加工光ELの実照射位置APAが計測光MLの実照射位置AMAと一致するように、ガルバノミラー1313、1328及び1341のうちの少なくとも一つを制御してもよい。具体的には、制御ユニット2は、所望の位置に加工光ELを照射するようにガルバノミラー1313及び1341の少なくとも一方を制御するためのガルバノ制御信号に基づいて加工光ELが実際に照射される実照射位置APAが、同じ所望の位置に計測光MLを照射するようにガルバノミラー1328及び1341の少なくとも一方を制御するためのガルバノ制御信号に基づいて計測光MLが実際に照射される実照射位置AMAと一致するように、加工光ELの照射位置PA及び計測光MLの照射位置MAの少なくとも一方を較正してもよい。

[0276] この場合、制御ユニット2は、加工ショット領域PSA及び計測ショット領域MSA内の複数の位置のそれぞれにおける実照射位置APAと実照射位置AMAとの相対的な位置関係に関する情報に基づいて、加工ショット領域PSA及び計測ショット領域MSA内の複数の位置のそれぞれにおいて実照射位置APAが実照射位置AMAに一致するように、加工ショット領域PSA内の複数の位置のそれぞれにおける加工光ELの照射位置PA及び計測ショット領域MSA内の複数の位置のそれぞれにおける計測光MLの照射位置MAの少なくとも一方を較正してもよい。つまり、制御ユニット2は、加工ショット領域PSA及び計測ショット領域MSA内の一の位置における実照射位置APAと実照射位置AMAとの相対的な位置関係に関する情報に基づいて、加工ショット領域PSA及び計測ショット領域MSA内の一の位置において実照射位置APAが実照射位置AMAに一致するように、加工ショット領域PSA内の一の位置における加工光ELの照射位置PA及び計測ショット領域MSA内の一の位置における計測光MLの照射位置MAの少なくと

も一方を校正してもよい。

[0277] (2-3-5) キャリブレーション動作を行うタイミング

加工システムS Y S bは、ワークWの加工を開始する前に、キャリブレーション動作を行ってもよい。加工システムS Y S bは、計測対象物Mの計測を開始する前に、キャリブレーション動作を行ってもよい。加工システムS Y S bは、ワークWの加工を完了した後に、キャリブレーション動作を行ってもよい。加工システムS Y S bは、計測対象物Mの計測を完了した後に、キャリブレーション動作を行ってもよい。加工システムS Y S bは、ワークWの加工を開始した後であって、且つ、ワークWの加工を完了する前に、キャリブレーション動作を行ってもよい。つまり、加工システムS Y S bは、ワークWが加工されている加工期間の少なくとも一部において、キャリブレーション動作を行ってもよい。加工システムS Y S bは、計測対象物Mの計測を開始した後であって、且つ、計測対象物Mの計測を完了する前に、キャリブレーション動作を行ってもよい。つまり、加工システムS Y S bは、計測対象物Mが計測されている計測期間の少なくとも一部において、キャリブレーション動作を行ってもよい。

[0278] 加工光E Lの照射位置P Aが変化していなければ、加工光E Lの照射位置P Aを校正するために上述したキャリブレーション動作を行う必要性は必ずしも高くない。一方で、加工光E Lの照射位置P Aが変化している場合には、加工光E Lの照射位置P Aを校正するために上述したキャリブレーション動作を行う必要性は高い。このため、加工システムS Y S bは、加工光E Lの照射位置P Aが変化したと想定される場合に、加工光E Lの照射位置P Aを校正するためのキャリブレーション動作を行ってもよい。

[0279] 一例として、加工光E Lの照射位置P Aは、時間の経過に伴って変化する可能性がある。例えば、加工システムS Y S bが動作を開始すると、時間の経過に伴って、加工システムS Y S bが備える光学系（具体的には、加工光E LをワークWに照射するために用いられる、加工光学系131、合成光学系133、偏向光学系134及び照射光学系135の少なくとも一つ）の温

度が変動する可能性がある。その結果、加工システムSY S bの光学系の温度の変動に起因して、加工光E Lの照射位置P Aが変化する可能性がある。このため、加工システムSY S bは、加工光E Lの照射位置P Aを較正するためのキャリブレーション動作が前回行われてから所定時間以上経過した場合に、加工光E Lの照射位置P Aを較正するためのキャリブレーション動作を行ってもよい。

[0280] 他の一例として、加工システムSY S bは、加工システムSY S bの光学系（特に、加工光E Lを計測対象物Mに照射するために用いられる光学系）の温度を検出し、当該検出した温度の変動量が所定の温度閾値を超えた場合に、加工光E Lの照射位置P Aを較正するためのキャリブレーション動作を行ってもよい。この場合、加工システムSY S bは、加工システムSY S bの光学系の温度を検出するための温度センサを備えていてもよい。尚、照射光学系135が交換可能である場合には、照射光学系135の温度を検出する温度センサは、照射光学系135を収容するヘッド筐体137に配置されていてもよい。この場合、温度センサの検出結果は、ヘッド筐体137に形成される信号接点を介して、制御ユニット2に出力されてもよい。具体的には、温度センサの検出結果は、ヘッド筐体137に形成される第1の信号接点と、取付アダプタ138に形成され且つ当該第1の信号接点と電氣的に接触する第2の信号接点とによって形成される出力信号ラインを介して、制御ユニット2に出力されてもよい。

[0281] 他の一例として、照射光学系135が交換可能である場合には、加工光E Lの照射位置は、照射光学系135の交換に伴って変化する可能性がある。なぜならば、照射光学系135の交換によって加工ヘッド13から取り外された照射光学系135（つまり、交換前の照射光学系135）の光学特性と、照射光学系135の交換によって加工ヘッド13に新たに取り付けられた照射光学系135（つまり、交換後の照射光学系135）の光学特性とが同一であるとは限らないからである。このため、加工システムSY S bは、照射光学系135が交換された場合に、加工光E Lの照射位置P Aを較正する

ためのキャリブレーション動作を行ってもよい。

[0282] 尚、照射光学系135が交換された場合に行われるキャリブレーション動作では、加工光ELの基準照射位置BPAとして、照射光学系135が交換される前における加工光ELの実照射位置APAが用いられてもよい。この場合、制御ユニット2は、照射位置情報として、照射光学系135が交換される前における加工光ELの実照射位置APAと、照射光学系135が交換された後における加工光ELの実照射位置APAとの相対的な位置関係に関する情報を生成してもよい。制御ユニット2は、照射光学系135が交換された後における加工光ELの実照射位置APAが、照射光学系135が交換される前における加工光ELの実照射位置APAに近づくように、加工光ELの照射位置PAを校正してもよい。制御ユニット2は、照射光学系135が交換された後における加工光ELの実照射位置APAが、照射光学系135が交換される前における加工光ELの実照射位置APAと一致するように、加工光ELの照射位置PAを校正してもよい。

[0283] 尚、基準照射位置BPAと実照射位置APAとの相対的な位置関係に関する照射位置情報は、基準照射位置BPAに対する実照射位置APAの変化に関する情報と等価であるとみなしてもよい。この場合、制御ユニット2は、加工光ELの照射位置PAに関する照射位置情報として、加工光ELの照射位置PAの変化に関する情報を算出（取得）しているとみなしてもよい。

[0284] 同様に、計測光MLの照射位置MAが変化していなければ、計測光MLの照射位置MAを校正するために上述したキャリブレーション動作を行う必要性は必ずしも高くない。一方で、計測光MLの照射位置MAが変化している場合には、計測光MLの照射位置MAを校正するために上述したキャリブレーション動作を行う必要性は高い。このため、加工システムSYSbは、計測光MLの照射位置MAが変化したと想定される場合に、計測光MLの照射位置MAを校正するためのキャリブレーション動作を行ってもよい。

[0285] 一例として、計測光MLの照射位置MAは、時間の経過に伴って変化する可能性がある。例えば、加工システムSYSbが動作を開始すると、時間の

経過に伴って、加工システムSY S bが備える光学系（具体的には、計測光MLを計測対象物Mに照射するために用いられる、計測光学系132、合成光学系133、偏向光学系134及び照射光学系135の少なくとも一つ）の温度が変動する可能性がある。その結果、加工システムSY S bの光学系の温度の変動に起因して、計測光MLの照射位置MAが変化する可能性がある。このため、加工システムSY S bは、計測光MLの照射位置MAを較正するためのキャリブレーション動作が前回行われてから所定時間以上経過した場合に、計測光MLの照射位置MAを較正するためのキャリブレーション動作を行ってもよい。

[0286] 他の一例として、加工システムSY S bは、加工システムSY S bの光学系（特に、計測光MLを計測対象物Mに照射するために用いられる光学系）の温度を検出し、当該検出した温度の変動量が所定の温度閾値を超えた場合に、計測光MLの照射位置MAを較正するためのキャリブレーション動作を行ってもよい。この場合、加工システムSY S bは、加工システムSY S bの光学系の温度を検出するための温度センサを備えていてもよい。

[0287] 他の一例として、照射光学系135が交換可能である場合には、計測光MLの照射位置は、照射光学系135の交換に伴って変化する可能性がある。なぜならば、照射光学系135の交換によって加工ヘッド13から取り外された照射光学系135（つまり、交換前の照射光学系135）の光学特性と、照射光学系135の交換によって加工ヘッド13に新たに取り付けられた照射光学系135（つまり、交換後の照射光学系135）の光学特性とが同一であるとは限らないからである。このため、加工システムSY S bは、照射光学系135が交換された場合に、計測光MLの照射位置MAを較正するためのキャリブレーション動作を行ってもよい。

[0288] 尚、照射光学系135が交換された場合に行われるキャリブレーション動作では、計測光MLの基準照射位置BMAとして、照射光学系135が交換される前における計測光MLの実照射位置AMAが用いられてもよい。この場合、制御ユニット2は、照射位置情報として、照射光学系135が交換さ

れる前における計測光MLの実照射位置AMAと、照射光学系135が交換された後における計測光MLの実照射位置AMAとの相対的な位置関係に関する情報を生成してもよい。更に、制御ユニット2は、照射光学系135が交換された後における計測光MLの実照射位置AMAが、照射光学系135が交換される前における計測光MLの実照射位置AMAに近づくように、計測光MLの照射位置MAを校正してもよい。制御ユニット2は、照射光学系135が交換された後における計測光MLの実照射位置AMAが、照射光学系135が交換される前における計測光MLの実照射位置AMAと一致するように、計測光MLの照射位置MAを校正してもよい。

[0289] 尚、基準照射位置BMAと実照射位置AMAとの相対的な位置関係に関する照射位置情報は、基準照射位置BMAに対する実照射位置AMAの変化に関する情報と等価であるとみなしてもよい。この場合、制御ユニット2は、計測光MLの照射位置MAに関する照射位置情報として、計測光MLの照射位置MAの変化に関する情報を算出（取得）しているとみなしてもよい。

[0290] (2-4) 加工システムSYSbの技術的効果

以上説明したように、第2実施形態の加工システムSYSbは、光計測装置18bを用いて、キャリブレーション動作を行うことができる。つまり、加工システムSYSbは、加工光ELの照射位置PA及び計測光MLの照射位置MAの少なくとも一方を校正することができる。このため、加工システムSYSbは、適切な位置に加工光ELを適切に照射することができる。その結果、加工システムSYSbは、ワークWを適切に加工することができる。また、加工システムSYSbは、適切な位置に計測光MLを適切に照射することができる。その結果、加工システムSYSbは、計測対象物Mを適切に計測することができる。

[0291] (3) 第3実施形態の加工システムSYSc

続いて、第3実施形態における加工システムSYSについて説明する。尚、以下の説明では、第3実施形態における加工システムSYSを、“加工システムSYSc”と称する。第3実施形態における加工システムSYScは

、上述した第1実施形態における加工システムSYS aから第2実施形態における加工システムSYS bのそれぞれと比較して、上述した加工ユニット1又は1 bに代えて、加工ユニット1 cを備えているという点で異なる。加工システムSYS cのその他の特徴は、加工システムSYS aからSYS bのそれぞれのその他の特徴と同一であってもよい。加工ユニット1 cは、加工ユニット1又は1 bと比較して、加工ヘッド1 3に代えて、加工ヘッド1 3 cを備えているという点で異なる。加工ユニット1 cのその他の特徴は、加工ユニット1又は1 bのその他の特徴と同一であってもよい。このため、以下の説明では、図2 3を参照しながら、第3実施形態における加工ヘッド1 3 cの構成について説明する。図2 3は、第3実施形態における加工ヘッド1 3 cの構成を示す断面図である。

[0292] 図2 3に示すように、加工ヘッド1 3 cは、加工ヘッド1 3と比較して、加工光学系1 3 1に代えて、加工光学系1 3 1 cを備えているという点で異なる。加工ヘッド1 3 cのその他の特徴は、加工ヘッド1 3のその他の特徴と同一であってもよい。

[0293] 加工光学系1 3 1 cは、加工光学系1 3 1と比較して、フォーカス制御光学系1 3 1 4 cを更に備えているという点で異なる。加工光学系1 3 1 cのその他の特徴は、加工光学系1 3 1のその他の特徴と同一であってもよい

フォーカス制御光学系1 3 1 4 cは、加工光ELの集光位置を調整（言い換えれば、変更）可能な光学系である。具体的には、フォーカス制御光学系1 3 1 4 cは、加工光ELの照射方向（例えば、Z軸方向）に沿って加工光ELの集光位置を調整可能な光学系である。このため、フォーカス制御光学系1 3 1 4 cは、加工光ELの集光位置を変更可能なフォーカスレンズ1 3 1 5 cを備えている。尚、フォーカスレンズ1 3 1 5 cは、集光位置調整光学系と称されてもよい。

[0294] ここで、第3実施形態では、上述した第1又は第2実施形態と同様に、照射光学系1 3 5が交換可能である。この場合、照射光学系1 3 5の交換に伴って、加工光ELの集光位置と計測光MLの集光位置との相対的な位置関係

が変動してしまう可能性がある。特に、照射光学系135の交換に伴って、加工光ELの照射方向（或いは、計測光MLの照射方向）であるZ軸方向における加工光ELの集光位置と計測光MLの集光位置との相対的な位置関係が変動してしまう可能性がある。その結果、加工光ELの集光位置と計測光MLの集光位置との相対的な位置関係が、所望の位置関係とは異なる位置関係になる可能性がある。例えば、照射光学系135が交換される前は、加工光ELの集光位置と計測光MLの集光位置との相対的な位置関係が所望の位置関係になっていた一方で、照射光学系135が交換された後は、加工光ELの集光位置と計測光MLの集光位置との相対的な位置関係が所望の位置関係とは異なる位置関係になる可能性がある。つまり、加工ヘッド13に取り付けられている照射光学系135が第1の照射光学系135から第2の照射光学系135に交換された場合には、第1の照射光学系135から射出された加工光EL及び計測光MLの集光位置の相対的な位置関係が所望の位置関係になっていた一方で、第2の照射光学系135から射出された加工光EL及び計測光MLの集光位置の相対的な位置関係が所望の位置関係とは異なる位置関係になる可能性がある。尚、所望の位置関係の一例として、Z軸方向において加工光ELの集光位置と計測光MLの集光位置とが一致する位置関係があげられる。つまり、所望の位置関係の一例として、Z軸方向において加工光ELの集光位置と計測光MLの集光位置とが同じ位置に位置する位置関係があげられる。

[0295] 加工光EL及び計測光MLの集光位置の相対的な位置関係が所望の位置関係とは異なる位置関係になっている場合、例えば、加工システムSYS cは、集光位置がワークWの表面に位置する加工光ELを用いてワークWを加工しつつ、集光位置がワークWの表面に位置していない計測光ML（つまり、デフォーカス状態の計測光ML）を用いてワークWを計測する可能性がある。その結果、加工システムSYS cは、ワークW（或いは、任意の計測対象物M）を適切に計測することができないという技術的問題を有する。一例として、加工システムSYS cは、計測精度が悪化するという技術的問題を有

する。或いは、例えば、加工システムSYScは、集光位置がワークWの表面に位置していない加工光EL（つまり、デフォーカス状態の加工光EL）を用いてワークWを加工しつつ、集光位置がワークWの表面に位置している加工光ELを用いてワークWを計測する可能性がある。その結果、加工システムSYScは、ワークWを適切に加工することができないという技術的問題を有する。一例として、加工システムSYScは、加工精度が悪化するという技術的問題を有する。

[0296] そこで、第3実施形態では、このような技術的問題を解決するために、フォーカス制御光学系1314cは、フォーカスレンズ1315cを複数備える。特に、フォーカス制御光学系1314cは、焦点距離が互いに異なる複数のフォーカスレンズ1315cを備える。

[0297] 複数のフォーカスレンズ1315cのうちの第1のフォーカスレンズ1315cは、加工ヘッド13に取り付け可能な複数の照射光学系135のうちの第1の照射光学系135が加工ヘッド13に取り付けられている場合に、加工光ELの集光位置を実際に調整するための一のフォーカスレンズ1315cとして用いられる。このため、第1の照射光学系135が加工ヘッド13に取り付けられている場合に、第1のフォーカスレンズ1315cは、加工光ELの光路上に位置する。一方で、複数のフォーカスレンズ1315cのうちの第1のフォーカスレンズ1315cとは異なる他のフォーカスレンズ1315cは、加工光ELの光路上に位置しない。つまり、他のフォーカスレンズ1315cは、加工光ELの光路から退避する。

[0298] 第1のフォーカスレンズ1315cは、第1の照射光学系135が加工ヘッド13に取り付けられている状況下での加工光ELの集光位置と計測光MLの集光位置と相対的な位置関係が所望の位置関係となるように、加工光ELの集光位置を調整可能であってもよい。上述したように所望の位置関係がZ軸方向において加工光ELの集光位置と計測光MLの集光位置とが一致する位置関係である場合に、第1のフォーカスレンズ1315cは、第1のフォーカスレンズ1315cとは異なる他のフォーカスレンズ1315cが加

工光E Lの光路上に位置している場合と比較して、第1の照射光学系135が加工ヘッド13に取り付けられている状況下でのZ軸方向における加工光E Lの集光位置と計測光M Lの集光位置との距離（つまり、位置ずれ）が小さくなるように、加工光E Lの集光位置を調整可能であってもよい。或いは、第1のフォーカスレンズ1315cは、第1の照射光学系135が加工ヘッド13に取り付けられている状況下で、Z軸方向において加工光E Lの集光位置と計測光M Lの集光位置とが一致するように、加工光E Lの集光位置を調整可能であってもよい。

[0299] 一方で、複数のフォーカスレンズ1315cのうちの第1のフォーカスレンズ1315cとは異なる第2のフォーカスレンズ1315cは、加工ヘッド13に取り付け可能な複数の照射光学系135のうちの第1の照射光学系135とは異なる第2の照射光学系135が加工ヘッド13に取り付けられている場合に、加工光E Lの集光位置を実際に調整するための一のフォーカスレンズ1315cとして用いられる。このため、第2の照射光学系135が加工ヘッド13に取り付けられている場合に、第2のフォーカスレンズ1315cは、加工光E Lの光路上に位置する。一方で、複数のフォーカスレンズ1315cのうちの第2のフォーカスレンズ1315cとは異なる他のフォーカスレンズ1315cは、加工光E Lの光路上に位置しない。つまり、他のフォーカスレンズ1315cは、加工光E Lの光路から退避する。

[0300] 第2のフォーカスレンズ1315cは、第2の照射光学系135が加工ヘッド13に取り付けられている状況下での加工光E Lの集光位置と計測光M Lの集光位置と相対的な位置関係が所望の位置関係となるように、加工光E Lの集光位置を調整可能であってもよい。上述したように所望の位置関係がZ軸方向において加工光E Lの集光位置と計測光M Lの集光位置とが一致する位置関係である場合に、第2のフォーカスレンズ1315cは、第2のフォーカスレンズ1315cとは異なる他のフォーカスレンズ1315cが加工光E Lの光路上に位置している場合と比較して、第2の照射光学系135が加工ヘッド13に取り付けられている状況下でのZ軸方向における加工光

E Lの集光位置と計測光M Lの集光位置との距離（つまり、位置ずれ）が小さくなるように、加工光E Lの集光位置を調整可能であってもよい。第2のフォーカスレンズ1 3 1 5 cは、第2の照射光学系1 3 5が加工ヘッド1 3に取り付けられている状況下で、Z軸方向において加工光E Lの集光位置と計測光M Lの集光位置とが一致するように、加工光E Lの集光位置を調整可能であってもよい。

[0301] 複数のフォーカスレンズ1 3 1 5 cは、加工ヘッド1 3に取り付け可能な複数の照射光学系1 3 5にそれぞれ対応していてもよい。つまり、複数のフォーカスレンズ1 3 1 5 cと、加工ヘッド1 3に取り付け可能な複数の照射光学系1 3 5とは、1対1で対応していてもよい。言い換えれば、フォーカス制御光学系1 3 1 4 cが備えるフォーカスレンズ1 3 1 5 cの数は、加工ヘッド1 3に取り付け可能な照射光学系1 3 5の数と同一であってもよい。但し、フォーカス制御光学系1 3 1 4 cが備えるフォーカスレンズ1 3 1 5 cの数は、加工ヘッド1 3に取り付け可能な照射光学系1 3 5の数と同一でなくてもよい。

[0302] 制御ユニット2は、加工ヘッド1 3に取り付けられている照射光学系1 3 5の種類を特定し、特定した種類に基づいて、複数のフォーカスレンズ1 3 1 5 cの中から、加工光E Lの集光位置を実際に調整するための一のフォーカスレンズ1 3 1 5 cを選択してもよい。例えば、制御ユニット2は、加工ヘッド1 3に取り付けられている照射光学系1 3 5の種類が第1の照射光学系1 3 5であると特定した場合には、複数のフォーカスレンズ1 3 1 5 cの中から、第1の照射光学系1 3 5に対応する第1のフォーカスレンズ1 3 1 5 cを、加工光E Lの集光位置を実際に調整するための一のフォーカスレンズ1 3 1 5 cとして選択してもよい。例えば、制御ユニット2は、加工ヘッド1 3に取り付けられている照射光学系1 3 5の種類が第2の照射光学系1 3 5であると特定した場合には、複数のフォーカスレンズ1 3 1 5 cの中から、第2の照射光学系1 3 5に対応する第2のフォーカスレンズ1 3 1 5 cを、加工光E Lの集光位置を実際に調整するための一のフォーカスレンズ1

315cとして選択してもよい。その後、制御ユニット2は、選択した一のフォーカスレンズ1315cが加工光ELの光路上に位置する一方で、選択しなかった他のフォーカスレンズ1315cが加工光ELの光路から退避するように、フォーカス制御光学系1314を制御してもよい。

[0303] 加工ヘッド13に取り付けられている照射光学系135の種類を特定するために、照射光学系135は、照射光学系135の種類を特定可能な情報（例えば、型番等の情報）を制御ユニット2に出力してもよい。一例として、照射光学系135は、照射光学系135の種類を特定可能な情報を、ヘッド筐体137に形成される信号接点を介して、制御ユニット2に出力してもよい。具体的には、照射光学系135は、照射光学系135の種類を特定可能な情報を、ヘッド筐体137に形成される第1の信号接点と、取付アダプタ138に形成され且つ当該第1の信号接点と電氣的に接触する第2の信号接点とによって形成される出力信号ラインを介して、制御ユニット2に出力してもよい。この場合、制御ユニット2は、照射光学系135の種類を特定可能な情報に基づいて、照射光学系135の種類を特定してもよい。

[0304] 複数のフォーカスレンズ1315cのうちの一のフォーカスレンズ1315cを加工光ELの光路上に位置させるために、フォーカス制御光学系1314cは、レンズホルダ1316cと、アクチュエータ1317cとを備えていてもよい。レンズホルダ1316cは、複数のフォーカスレンズ1315cを保持可能な保持部材である。特に、レンズホルダ1316cは、加工光ELの光路に交差する方向に沿って複数のフォーカスレンズ1315cが並ぶように、複数のフォーカスレンズ1315cを保持してもよい。アクチュエータ1317cは、制御ユニット2の制御下で、レンズホルダ1316cを移動させることが可能な移動装置である。特に、アクチュエータ1317cは、加工光ELの光路に交差する方向に沿ってレンズホルダ1316cを移動させてもよい。この場合、制御ユニット2は、アクチュエータ1317cを用いて、加工ヘッド13に取り付けられている一の照射光学系135に対応する一のフォーカスレンズ1315cが加工光ELの光路上に位置す

る一方で、他のフォーカスレンズ1315cが加工光ELの光路から退避するように、レンズホルダ1316cを移動させてもよい。

[0305] 以上説明したように、第3実施形態の加工システムSYS cは、加工ヘッド13に取り付けられている照射光学系135の交換に合わせて、加工光ELの集光位置を調整するフォーカスレンズ1315cを交換することができる。このため、加工システムSYS cは、照射光学系135が交換可能である場合であっても、加工光ELの集光位置と計測光MLの集光位置との相対的な位置関係を、所望の位置関係のまま維持することができる。このため、フォーカスレンズ1315cが交換されない場合と比較して、加工システムSYS cは、ワークWを適切に加工することができる。また、フォーカスレンズ1315cが交換されない場合と比較して、加工システムSYS cは、計測対象物Mを適切に計測することができる。

[0306] 尚、上述した説明では、加工光学系131がフォーカス制御光学系1314cを備えている。しかしながら、加工光学系131に加えて又は代えて、計測光学系132がフォーカス制御光学系1314cを備えていてもよい。この場合、加工システムSYS cは、加工ヘッド13に取り付けられている照射光学系135の交換に合わせて、計測光MLの集光位置を調整するフォーカスレンズ1315cを交換してもよい。

[0307] 加工光学系131が加工光ELの集光位置を変更可能なフォーカス可変ビームエキスパンダを備えている場合には、加工光学系131は、フォーカス制御光学系1314cを備えていなくてもよい。この場合、加工システムSYS cは、加工ヘッド13に取り付けられている照射光学系135の交換に合わせて、加工光ELの集光位置が所望位置に位置するように、フォーカス可変ビームエキスパンダを制御してもよい。

[0308] 計測光学系132が加工光ELの集光位置を変更可能なフォーカス可変ビームエキスパンダを備えている場合には、計測光学系132は、フォーカス制御光学系を備えていなくてもよい。この場合、加工システムSYS cは、加工ヘッド13に取り付けられている照射光学系135の交換に合わせて、

計測光MLの集光位置が所望位置に位置するように、フォーカス可変ビームエキスパンダを制御してもよい。

[0309] また、上述した説明では、フォーカス制御光学系1314cが互いに異なる焦点距離を有する複数のフォーカスレンズ1315cを備えている。しかしながら、フォーカス制御光学系1314cは、その焦点距離を連続的に変更することができる可変焦点距離光学系（典型的にはズーム光学系）であってもよい。この場合には、加工ヘッド13に取り付けられている照射光学系135の交換に合わせて、フォーカス制御光学系1314cの焦点距離が変更されてもよい。

[0310] (4) 第4実施形態の加工システムSYSd

続いて、第4実施形態における加工システムSYSについて説明する。尚、以下の説明では、第4実施形態における加工システムSYSを、“加工システムSYSd”と称する。第4実施形態における加工システムSYSdは、上述した第1実施形態における加工システムSYSaから第3実施形態における加工システムSYScのそれぞれと比較して、上述した加工ユニット1、1b又は1cに代えて、加工ユニット1dを備えているという点で異なる。加工システムSYSdのその他の特徴は、加工システムSYSaからSYScのそれぞれのその他の特徴と同一であってもよい。加工ユニット1dは、加工ユニット1、1b又は1cと比較して、加工ヘッド13又は13cに代えて、加工ヘッド13dを備えているという点で異なる。加工ユニット1dのその他の特徴は、加工ユニット1、1b又は1cのその他の特徴と同一であってもよい。このため、以下の説明では、図24を参照しながら、第4実施形態における加工ヘッド13dの構成について説明する。図24は、第4実施形態における加工ヘッド13dの構成を示す断面図である。

[0311] 図24に示すように、加工ヘッド13dは、加工ヘッド13又は13cと比較して、加工光学系131に代えて、ヘッド筐体137に接触センサ1370dが取り付けられているという点で異なる。加工ヘッド13dのその他の特徴は、加工ヘッド13又は13cのその他の特徴と同一であってもよい。

- 。
- [0312] 接触センサ1370dは、接触センサ1370dと他の物体との接触を検出するための検出装置である。接触センサ1370dがヘッド筐体137に取り付けられているため、接触センサ1370dは、ヘッド筐体137と他の物体との接触を検出しているとみなしてもよい。ヘッド筐体137が加工ヘッド13の一部であるため、接触センサ1370dは、加工ヘッド13と他の物体との接触を検出しているとみなしてもよい。尚、接触センサ1370dが接触する他の物体の一例として、ワークW、計測対象物M及びステージ15の少なくとも一つがあげられる。
- [0313] 接触センサ1370dが接触センサ1370dと他の物体との接触を検出した場合には、ヘッド筐体137（或いは、加工ヘッド13）が他の物体と接触している可能性がある。或いは、ヘッド筐体137（或いは、加工ヘッド13）が他の物体に近接しすぎている可能性がある。このため、この場合には、制御ユニット2は、ヘッド筐体137（或いは、加工ヘッド13）が他の物体から離れるように、ヘッド駆動系141を制御してもよい。
- [0314] 接触センサ1370dは、接触センサ1370dと他の物体との接触を検出することができる限りは、どのような構成を有していてもよい。図24は、接触センサ1370dの構成の一例を示している。図24に示す例では、接触センサ1370dは、支持部材1371dと、保護バンパー1372dとを備えている。支持部材1371dは、ヘッド筐体137に取り付けられている。支持部材1371dは、加圧導電性部材（例えば、加圧導電性ゴム）である。支持部材1371dは、保護バンパー1372dを支持する。保護バンパー1372dは、ヘッド筐体137を保護するための部材である。尚、保護バンパー1372dには、加工光EL及び計測光MLのそれぞれが通過可能な開口1373dが形成されていてもよい。
- [0315] この場合、保護バンパー1372dが他の物体に接触すると、他の物体から保護バンパー1372dに加わる力によって、支持部材1371dが加圧される。その結果、支持部材1371dに導通経路が形成される。一方で、

保護バンパー 1 3 7 2 d が他の物体に接触していない場合には、支持部材 1 3 7 1 d に導通経路が形成されることはない。このため、接触センサ 1 3 7 0 d は、支持部材 1 3 7 1 d の導通経路の有無を用いて、接触センサ 1 3 7 0 d と他の物体との接触を検出する。この場合、制御ユニット 2 は、支持部材 1 3 7 1 d に導通経路が形成されているか否かを判定することで、接触センサ 1 3 7 0 d と他の物体とが接触しているか否かを判定してもよい。

[0316] 制御ユニット 2 は、ヘッド筐体 1 3 7 に形成される信号接点を介して、支持部材 1 3 7 1 d の導通経路の有無に関する情報を取得してもよい。具体的には、制御ユニット 2 は、支持部材 1 3 7 1 d の導通経路の有無に関する情報を、ヘッド筐体 1 3 7 に形成される第 1 の信号接点と、取付アダプタ 1 3 8 に形成され且つ当該第 1 の信号接点と電気的に接触する第 2 の信号接点とによって形成される出力信号ラインを介して取得してもよい。

[0317] 以上説明したように、第 4 実施形態の加工システム S Y S d は、接触センサ 1 3 7 0 d を備えている。このため、加工システム S Y S d は、ヘッド筐体 1 3 7 ( 或いは、加工ヘッド 1 3 ) が他の物体と接触しているか否かを判定することができる。或いは、加工システム S Y S d は、ヘッド筐体 1 3 7 ( 或いは、加工ヘッド 1 3 ) が他の物体に近接しすぎているか否かを判定することができる。このため、加工システム S Y S d は、ヘッド筐体 1 3 7 ( 或いは、加工ヘッド 1 3 ) と他の物体との接触に起因した加工ヘッド 1 3 の損傷を防止することができる。

[0318] 尚、加工システム S Y S は、接触センサ 1 3 7 0 d に加えて又は代えて、近接センサ等の非接触センサを備えていてもよい。この場合、非接触センサが非接触センサと他の物体との近接を検出した場合には、ヘッド筐体 1 3 7 ( 或いは、加工ヘッド 1 3 ) が他の物体と接触する可能性がある。或いは、ヘッド筐体 1 3 7 ( 或いは、加工ヘッド 1 3 ) が他の物体に近接しすぎている可能性がある。このため、この場合には、制御ユニット 2 は、ヘッド筐体 1 3 7 ( 或いは、加工ヘッド 1 3 ) が他の物体から離れるように、ヘッド駆動系 1 4 1 を制御してもよい。

[0319] (5) 第5実施形態の加工システムSYSe

続いて、第5実施形態における加工システムSYSeについて説明する。尚、以下の説明では、第5実施形態における加工システムSYSeを、“加工システムSYSe”と称する。第5実施形態における加工システムSYSeは、上述した第1実施形態における加工システムSYSaから第4実施形態における加工システムSYSdのそれぞれと比較して、上述した加工ユニット1、1b、1c又は1dに代えて、加工ユニット1eを備えているという点で異なる。加工システムSYSeのその他の特徴は、加工システムSYSaからSYSdのそれぞれのその他の特徴と同一であってもよい。加工ユニット1eは、加工ユニット1、1b、1c又は1dと比較して、加工ヘッド13、13c又は13dに代えて、加工ヘッド13eを備えているという点で異なる。加工ユニット1eのその他の特徴は、加工ユニット1、1b、1c又は1dのその他の特徴と同一であってもよい。このため、以下の説明では、図25を参照しながら、第5実施形態における加工ヘッド13eの構成について説明する。図25は、第5実施形態における加工ヘッド13eの構成を示す断面図である。

[0320] 図25に示すように、加工ヘッド13eは、加工ヘッド13、13c又は13dと比較して、パージガスがヘッド筐体136及び137のそれぞれの内部空間に供給されるという点で異なる。加工ヘッド13eのその他の特徴は、加工ヘッド13、13c又は13dのその他の特徴と同一であってもよい。

[0321] 具体的には、ヘッド筐体136には、ガス供給口1368eと、ガス供給口1369eとが形成されていてもよい。ガス供給口1368eは、ヘッド筐体136の上面に形成されていてもよい。ガス供給口1369eは、ヘッド筐体136の下面に形成されていてもよい。パージガスは、ガス供給口1368e及び1369eの少なくとも一方から、ヘッド筐体136の内部空間に供給されてもよい。その結果、ヘッド筐体136の内部空間（つまり、加工光学系131、計測光学系132、合成光学系133及び偏向光学系1

34が收容されている空間)が、パージガスによってパージされる。この場合、パージガスは、加工光学系131、計測光学系132、合成光学系133及び偏向光学系134の少なくとも一つを冷却するために用いられてもよい。パージガスは、ヘッド筐体136の内部空間への不要物質の進入を防ぐために用いられてもよい。ヘッド筐体136の内部に供給されたパージガスは、ガス供給口1368e及び1369eの少なくとも一方から、ヘッド筐体136の外部に流出してもよい。

[0322] 尚、ヘッド筐体136には、加工光EL及び計測光MLのそれぞれが通過可能な不図示の開口が形成されている。この場合、この開口が、ガス供給口1368e及び1369eの少なくとも一方として用いられてもよい。

[0323] 更に、ヘッド筐体137には、ガス供給口1378eと、ガス供給口1379eとが形成されていてもよい。ガス供給口1378eは、ヘッド筐体137の上面に形成されていてもよい。ガス供給口1379eは、ヘッド筐体137の下面に形成されていてもよい。パージガスは、ガス供給口1378e及び1379eの少なくとも一方から、ヘッド筐体137の内部空間に供給されてもよい。その結果、ヘッド筐体137の内部空間(つまり、照射光学系135が收容されている空間)が、パージガスによってパージされる。この場合、パージガスは、照射光学系135を冷却するために用いられてもよい。パージガスは、ヘッド筐体137の内部空間への不要物質の進入を防ぐために用いられてもよい。ヘッド筐体137の内部に供給されたパージガスは、ガス供給口1378e及び1379eの少なくとも一方から、ヘッド筐体137の外部に流出してもよい。

[0324] 尚、ヘッド筐体137には、加工光EL及び計測光MLのそれぞれが通過可能な不図示の開口が形成されている。この場合、この開口が、ガス供給口1368e及び1369eの少なくとも一方として用いられてもよい。

[0325] 図25に示す例では、パージガスは、ガス供給口1368eを介して、ヘッド筐体136の内部空間に供給されている。ヘッド筐体136の内部に供給されたパージガスは、ガス供給口1369eを介して、ヘッド筐体136

の外部に流出する。より具体的には、ヘッド筐体136の内部に供給されたパーティガスは、ガス供給口1369e及び1378eを介して、ヘッド筐体137の内部空間に供給されている。このため、ヘッド筐体136及び137は、ガス供給口1369e及び1378eを介したパーティガスの流路が形成されるように、互いに位置合わせされていてもよい。ヘッド筐体137の内部空間に供給されたパーティガスは、ガス供給口1379eを介してヘッド筐体137の外部に流出する。このように、ヘッド筐体136からヘッド筐体137に至るパーティガスの経路が形成されていてもよい。

[0326] ガス供給口1379eを介してヘッド筐体137の外部に流出したパーティガスは、ワークWの加工に伴って発生する不要物質が加工ヘッド13に付着することを防止するために用いられてもよい。例えば、ガス供給口1379eを介してヘッド筐体137の外部に流出したパーティガスは、不要物質が加工ヘッド13に付着することを防止するエアカーテンを形成するために用いられてもよい。

[0327] 上述したようにヘッド筐体137が取付アダプタ138を介してヘッド筐体136に取り付けられている場合には、取付アダプタ138には、ヘッド筐体136からヘッド筐体137へと向かうパーティガスの経路が形成されていてもよい。例えば、取付アダプタ138には、ガス供給口1388eとガス供給口1388eとが形成されていてもよい。この場合、ヘッド筐体136の内部に供給されたパーティガスは、ガス供給口1369e及び1388eを介して、取付アダプタ138の内部空間に供給されてもよい。取付アダプタ138の内部に供給されたパーティガスは、ガス供給口1389e及び1378eを介して、ヘッド筐体137の内部空間に供給されてもよい。その結果、ヘッド筐体137が取付アダプタ138を介してヘッド筐体136に取り付けられている場合であっても、ヘッド筐体136からヘッド筐体137に至るパーティガスの経路が形成可能となる。

[0328] 上述したように照射光学系135が交換可能である場合には、図26に示すように、加工ヘッド13から照射光学系135が取り外された（つまり、

ヘッド筐体137が取り外された)場合においても、パージガスが供給されてもよい。例えば、図26に示すように、パージガスは、ガス供給口1368eを介して、ヘッド筐体136の内部空間に供給されてもよい。ヘッド筐体136の内部に供給されたパージガスは、ガス供給口1369eを介して、ヘッド筐体136の外部に流出する。より具体的には、ヘッド筐体136の内部に供給されたパージガスは、ガス供給口1369e及び1388eを介して、取付アダプタ138の内部空間に供給されてもよい。取付アダプタ138の内部空間に供給されたパージガスは、ガス供給口1389eを介して取付アダプタ138の外部に流出してもよい。この場合、加工ヘッド13から照射光学系135が取り外された(つまり、ヘッド筐体137が取り外された)場合においても、パージガスは、ワークWの加工に伴って発生する不要物質が加工ヘッド13に付着することを防止するために用いられてもよい。

[0329] 図25及び図26では、図示を簡単にするためパージガスの経路を直線的に描いたが、パージガスの経路は直線的なものでもなくともよい。

[0330] (6) その他の変形例

上述した説明では、加工ユニット1は、ヘッド駆動系141を備えている。しかしながら、加工ユニット1は、ヘッド駆動系141を備えていなくてもよい。つまり、加工ヘッド13は、移動可能でなくともよい。また、上述した説明では、加工ユニット1は、ステージ駆動系161を備えている。しかしながら、加工ユニット1は、ステージ駆動系161を備えていなくてもよい。つまり、ステージ15は、移動可能でなくともよい。

[0331] 上述した説明では、加工システムSYSは、ワークWに加工光ELを照射することで、ワークWを加工している。つまり、加工システムSYSは、光という形態のエネルギービームをワークWに照射することで、ワークWを加工している。しかしながら、加工システムSYSは、光とは異なる任意のエネルギービームをワークWに照射して、ワークWを加工させてもよい。任意のエネルギービームの一例として、荷電粒子ビーム及び電磁波の少なくとも一方が

あげられる。荷電粒子ビームの一例として、電子ビーム及びイオンビームの少なくとも一方があげられる。また、上述した説明では、加工システム S Y S は、ワーク W に計測光 M L を照射することで、ワーク W を加工している。しかしながら、加工システム S Y S は、光とは異なる任意のエネルギービームをワーク W に照射して、ワーク W を計測させてもよい。

[0332] (7) 付記

以上説明した実施形態に関して、更に以下の付記を開示する。

[付記 1]

物体を加工するためのエネルギービームを前記物体に照射可能な照射光学系と、

前記物体を載置面上に載置可能な載置装置と、

前記載置装置に載置された前記物体と前記照射光学系との位置関係及び姿勢関係のうちの少なくとも一方を変更可能な第 1 変更装置と、

前記照射光学系から射出される前記エネルギービームを受光可能な受光装置と、

前記受光装置と前記照射光学系との位置関係を変更可能な第 2 変更装置と

、  
制御装置と

を備え、

前記制御装置の制御の下で、前記第 2 変更装置により、前記受光装置は、前記エネルギービームを受光可能な第 1 位置に、前記第 1 位置とは異なる第 2 位置から位置変更される

加工システム。

[付記 2]

前記第 2 位置は、前記加工システムが加工可能な領域の外の位置である  
付記 1 に記載の加工システム。

[付記 3]

前記第 1 位置は、前記エネルギービームが照射可能な位置であり、

前記第2位置は、前記エネルギービームの照射が禁止されている位置である  
付記1又は2に記載の加工システム。

[付記4]

前記第2変更装置は、前記エネルギービームが照射される方向と交差する方向に前記受光装置と前記照射光学系との位置関係を変更可能である

付記1から3のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記5]

前記加工システムは、前記受光装置を収容可能な収容装置を備え、

前記第1位置は、前記収容装置の外の位置であり、

前記第2位置は、前記収容装置の中の位置である

付記1から4のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記6]

前記照射光学系は、第1照射光学系であり、

前記第1照射光学系は、前記第1照射光学系とは異なる第2照射光学系に交換可能であり、

前記第2変更装置は、前記第1照射光学系が前記第2照射光学系に交換された場合に、前記受光装置と前記照射光学系との位置関係を変更する

付記1から4のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記7]

前記照射光学系は、第1照射光学系であり、

前記第1照射光学系は、前記第1照射光学系とは異なる第2照射光学系に交換可能であり、

前記第2変更装置は、前記第1照射光学系が前記第2照射光学系に交換された場合に、前記受光装置と前記照射光学系との位置関係を変更する

付記5に記載の加工システム。

[付記8]

前記収容装置は、前記第1照射光学系、及び、前記第2照射光学系を収容可能である

付記 7 に記載の加工システム。

[付記 9]

前記加工システムは、前記第 1 照射光学系を前記第 2 照射光学系と交換可能な交換装置を備え、

前記交換装置は、前記收容装置が配置される收容空間が形成された筐体を備えており、

前記筐体には、前記收容空間に気体を供給可能な気体供給口が形成されている

付記 7 又は 8 のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記 10]

前記気体供給口から、前記收容装置に收容されている前記第 1 及び第 2 照射光学系の少なくとも一つに向けて、前記気体が供給される

付記 9 に記載の加工システム。

[付記 11]

前記気体供給口から前記收容空間に供給される前記気体により、前記收容空間の気圧が、前記物体が載置されている空間の気圧よりも高くなる

付記 9 又は 10 に記載の加工システム。

[付記 12]

前記加工システムは、前記照射光学系に前記エネルギービームを射出する射出光学系を備え、

前記交換装置は、前記射出光学系に取り付けられている前記照射光学系を前記射出光学系から取り外すことで、前記照射光学系を交換する

付記 9 から 11 のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記 13]

前記制御装置は、前記受光装置による受光結果に基づいて、前記エネルギービームの照射位置に関する情報を取得する

付記 1 から 12 のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記 14]

前記照射位置に関する情報は、前記エネルギービームの照射位置の変化に関する情報を含む

付記 13 記載の加工システム。

[付記 15]

前記エネルギービームは、加工ビームであり、

前記照射光学系は、前記加工ビームとは異なり且つ前記物体を計測するための計測ビームを前記物体に照射可能であり、

前記第 1 位置に配置された前記受光装置は、前記照射光学系から射出される前記計測ビームを受光可能である

付記 1 から 14 のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記 16]

前記制御装置は、前記受光装置の受光結果に基づいて、前記計測ビームの照射位置に関する情報を取得する

付記 15 に記載の加工システム。

[付記 17]

前記計測ビームの照射位置に関する情報は、前記計測ビームの照射位置の変化に関する情報を含む

付記 16 に記載の加工システム。

[付記 18]

前記受光装置は、前記受光装置が前記加工ビーム及び前記計測ビームを受光する期間の少なくとも一部において、前記加工ビーム及び前記計測ビームの少なくとも一方の光路上に位置し、前記物体が前記加工ビームによって加工される期間及び前記物体が前記計測ビームによって計測される期間のそれぞれの少なくとも一部において、前記加工ビーム及び前記計測ビームのそれぞれの光路から離れた位置に位置する

付記 15 から 17 のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記 19]

前記加工システムは、前記エネルギービームの前記照射光学系への入射位置

を変更可能な位置変更装置を備え、

前記制御装置は、前記受光装置の受光結果に基づいて、前記位置変更装置を制御する

付記 1 から 1 4 のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記 2 0]

前記位置変更装置は、前記エネルギービームを偏向して前記物体上での前記エネルギービームの照射位置を変更可能な第 1 位置変更光学系を備える

付記 1 9 に記載の加工システム。

[付記 2 1]

前記加工システムは、前記エネルギービームの前記照射光学系への入射位置を変更可能な位置変更装置を備え、

前記制御装置は、前記受光装置の受光結果に基づいて、前記位置変更装置を制御する

付記 1 5 から 1 7 のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記 2 2]

前記制御装置は、前記位置変更装置を制御する前と比較して、前記物体上での前記加工ビームの照射位置と前記物体上での前記計測ビームの照射位置とのずれが小さくなるように、前記位置変更装置を制御する

付記 2 1 に記載の加工システム。

[付記 2 3]

前記制御装置は、前記物体上での前記加工ビームの照射位置と前記物体上での前記計測ビームの照射位置とが一致するように、前記位置変更装置を制御する

付記 2 1 又は 2 2 に記載の加工システム。

[付記 2 4]

前記位置変更装置は、前記エネルギービームを偏向して前記物体上での前記エネルギービームの照射位置を変更可能な第 1 位置変更光学系を備える

付記 2 1 から 2 3 のいずれか一項に記載の加工システム。

## [付記 25]

前記位置変更装置は、前記計測ビームを偏向して前記物体上での前記計測ビームの照射位置を変更可能な第2位置変更光学系を備える

付記 21 から 24 のいずれか一項に記載の加工システム。

## [付記 26]

前記受光装置は、

前記照射光学系から射出される前記加工ビーム及び前記計測ビームのそれぞれが通過可能な通過領域が形成されたビーム通過部材と、

前記通過領域を通過した前記加工ビーム及び前記計測ビームのそれぞれを受光可能な受光部と

を備え、

前記制御装置は、前記第1位置に配置された前記受光装置の前記受光部による、前記加工ビームの受光結果と前記計測ビームの受光結果とに基づいて、前記位置変更装置を制御する

付記 21 から 25 のいずれか一項に記載の加工システム。

## [付記 27]

前記ビーム通過部材には、前記通過領域が複数されており、

前記受光部は、前記複数の通過領域のそれぞれを通過した前記加工ビームを受光し、且つ、前記複数の通過領域のそれぞれを通過した前記計測ビームを受光する

付記 26 に記載の加工システム。

## [付記 28]

前記位置変更装置は、前記加工ビームを偏向して前記物体上での前記加工ビームの照射位置を変更可能であって、且つ、前記計測ビームを偏向して前記物体上での前記計測ビームの照射位置を変更可能な偏向光学系を更に備え、

前記偏向光学系は、前記加工ビーム及び前記計測ビームのそれぞれが前記複数の通過領域を走査するように、前記加工ビーム及び前記計測ビームのそ

れぞれを偏向し、

前記制御装置は、前記加工ビームが前記複数の通過領域を走査する期間中の前記受光装置による前記加工ビームの受光結果と、前記計測ビームが前記複数の通過領域を走査する期間中の前記受光装置による前記計測ビームの受光結果とに基づいて、前記位置変更装置を制御する

付記 27 に記載の加工システム。

[付記 29]

前記複数の通過領域のそれぞれは、前記複数の通過領域が並ぶ方向と交差する第 1 方向に延び且つ前記加工ビーム及び前記計測ビームのそれぞれが通過可能な線状の第 1 領域と、前記第 1 方向と斜めに交差する第 2 方向に延び且つ前記加工ビーム及び前記計測ビームのそれぞれが通過可能な線状の第 2 領域とを含み、

前記制御装置は、

前記受光装置による前記加工ビームの受光結果に基づいて、前記加工ビームが前記第 1 領域を通過した第 1 タイミングと、前記加工ビームが前記第 2 領域を通過した第 2 タイミングとを算出し、

前記受光装置による前記計測ビームの受光結果に基づいて、前記計測ビームが前記第 1 領域を通過した第 3 タイミングと、前記計測ビームが前記第 2 領域を通過した第 4 タイミングとを算出し、

前記第 1 タイミングと前記第 3 タイミングとの差分及び前記第 2 タイミングと前記第 4 タイミングとの差分の少なくとも一方に基づいて、前記位置変更装置を制御する

付記 28 に記載の加工システム。

[付記 30]

前記位置変更装置は、前記物体上での前記加工ビームの照射位置と前記物体上での前記計測ビームの照射位置との相対的な位置関係を、前記計測ビームの照射方向と交差する第 1 方向に変更可能である

付記 21 から 29 のいずれか一項に記載の加工システム。

## [付記 3 1]

前記第 1 変更装置は、前記載置装置の位置を動かすことにより、前記物体と前記照射光学系との位置関係及び姿勢関係のうちの少なくとも一方を変更する

付記 1 から 3 0 のいずれか一項に記載の加工システム。

## [付記 3 2]

前記第 2 変更装置は、前記受光装置の位置を動かすことにより、前記受光装置と前記照射光学系との位置関係を変更可能である

付記 1 から 3 1 のいずれか一項に記載の加工システム。

## [付記 3 3]

前記制御装置の制御の下で、前記第 2 変更装置により、前記受光装置は、前記載置面と前記照射光学系との間の前記第 1 位置に、前記第 2 位置から位置変更される

付記 1 から 3 2 のいずれか一項に記載の加工システム。

## [付記 3 4]

前記加工システムは、前記第 2 変更装置によって前記受光装置が所定位置に位置するように規制する規制部材を備える

付記 1 から 3 3 のいずれか一項に記載の加工システム。

## [付記 3 5]

前記加工システムは、前記第 2 変更装置によって変更された前記受光装置の位置を計測する位置計測装置を備える

付記 1 から 3 4 のいずれか一項に記載の加工システム。

## [付記 3 6]

前記位置計測装置は、第 1 位置計測装置であって、  
前記加工システムは、前記照射光学系の位置を計測する第 2 位置計測装置を備える

付記 3 5 に記載の加工システム。

## [付記 3 7]

前記制御装置は、前記位置計測装置の計測結果に基づいて前記エネルギービームが照射される位置を制御する

付記 35 又は 36 に記載の加工システム。

[付記 38]

前記位置計測装置は、エンコーダ、干渉計測装置、及び、ポテンショメータの少なくとも一つを含む

付記 35 から 37 のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記 39]

前記制御装置は、前記載置装置と前記受光装置との位置関係に関する情報を取得可能である

付記 1 から 38 のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記 40]

前記制御装置は、前記載置装置と前記受光装置との位置関係に関する情報に基づいて前記エネルギービームが照射される位置を制御する

付記 39 に記載の加工システム。

[付記 41]

物体を加工するための加工ビームを前記物体に照射可能であって、且つ、前記物体を計測するための計測ビームを前記物体に照射可能であって、且つ、少なくとも対物光学系を含む照射光学系と、

前記照射光学系から射出される前記加工ビーム及び前記計測ビームを受光可能な受光装置と、

前記物体上での前記加工ビームの照射位置と前記物体上での前記計測ビームの照射位置との少なくとも一方を変更可能な位置変更装置と、

制御装置と

を備え、

前記制御装置は、前記受光装置による前記加工ビームの受光結果と前記受光装置による前記計測ビームの受光結果とに基づいて、前記位置変更装置を制御する

加工システム。

[付記 4 2]

前記制御装置は、前記受光装置による受光結果に基づいて、前記加工ビームの照射位置、及び、前記計測ビームの照射位置を取得し、

前記制御装置は、取得された前記加工ビームの照射位置、及び、前記計測ビームの照射位置に基づいて、前記位置変更装置を制御する

付記 4 1 に記載の加工システム。

[付記 4 3]

前記制御装置は、前記位置変更装置を制御する前と比較して、前記物体上での前記加工ビームの照射位置と前記物体上での前記計測ビームの照射位置とのずれが小さくなるように、前記位置変更装置を制御する

付記 4 1 又は 4 2 に記載の加工システム。

[付記 4 4]

前記制御装置は、前記物体上での前記加工ビームの照射位置と前記物体上での前記計測ビームの照射位置とが一致するように、前記位置変更装置を制御する

付記 4 1 から 4 3 のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記 4 5]

前記位置変更装置は、前記加工ビームを偏向して前記物体上での前記加工ビームの照射位置を変更可能な第 1 位置変更光学系を備える

付記 4 1 から 4 4 のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記 4 6]

前記位置変更装置は、前記計測ビームを偏向して前記物体上での前記計測ビームの照射位置を変更可能な第 2 位置変更光学系を備える

付記 4 1 から 4 5 のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記 4 7]

前記受光装置は、

前記照射光学系から射出される前記加工ビーム及び前記計測ビームのそれ

それぞれが通過可能な通過領域が形成されたビーム通過部材と、

前記通過領域を通過した前記加工ビーム及び前記計測ビームのそれぞれを受光可能な受光部と

を備え、

前記制御装置は、前記受光部による前記加工ビームの受光結果と前記受光部による前記計測ビームの受光結果とに基づいて、前記位置変更装置を制御する

付記 4 1 から 4 6 のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記 4 8]

前記ビーム通過部材には、前記通過領域が複数されており、

前記受光部は、前記複数の通過領域のそれぞれを通過した前記加工ビームを受光し、且つ、前記複数の通過領域のそれぞれを通過した前記計測ビームを受光する

付記 4 7 に記載の加工システム。

[付記 4 9]

前記加工システムは、前記加工ビームを偏向して前記物体上での前記加工ビームの照射位置を変更可能であって、且つ、前記計測ビームを偏向して前記物体上での前記計測ビームの照射位置を変更可能な偏向光学系を更に備え、

前記偏向光学系は、前記ビーム通過部材の表面に沿った一の方向に沿って前記加工ビーム及び前記計測ビームのそれぞれが前記複数の通過領域を走査するように、前記加工ビーム及び前記計測ビームのそれぞれを偏向し、

前記制御装置は、前記加工ビームが前記複数の通過領域を走査する期間中の前記受光装置による前記加工ビームの受光結果と、前記計測ビームが前記複数の通過領域を走査する期間中の前記受光装置による前記計測ビームの受光結果とに基づいて、前記位置変更装置を制御する

付記 4 8 に記載の加工システム。

[付記 5 0]

前記複数の通過領域のそれぞれは、前記複数の通過領域が並ぶ方向と交差する第1方向に延び且つ前記加工ビーム及び前記計測ビームのそれぞれが通過可能な線状の第1領域と、前記第1方向と斜めに交差する第2方向に延び且つ前記加工ビーム及び前記計測ビームのそれぞれが通過可能な線状の第2領域とを含み、

前記制御装置は、

前記受光装置による前記加工ビームの受光結果に基づいて、前記加工ビームが前記第1領域を通過した第1タイミングと、前記加工ビームが前記第2領域を通過した第2タイミングとを算出し、

前記受光装置による前記計測ビームの受光結果に基づいて、前記計測ビームが前記第1領域を通過した第3タイミングと、前記計測ビームが前記第2領域を通過した第4タイミングとを算出し、

前記第1タイミングと前記第3タイミングとの差分及び前記第2タイミングと前記第4タイミングとの差分の少なくとも一方に基づいて、前記位置変更装置を制御する

付記49に記載の加工システム。

[付記51]

前記照射光学系は、第1照射光学系であり、

前記第1照射光学系は、前記第1照射光学系とは異なる第2照射光学系に交換可能であり、

前記第1照射光学系が前記第2照射光学系に交換された場合に、前記受光装置は、前記第2照射光学系から射出される前記加工ビーム及び前記計測ビームのそれぞれを受光する

付記41から50のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記52]

前記受光装置は、前記受光装置が前記加工ビーム及び前記計測ビームを受光する期間の少なくとも一部において、前記加工ビーム及び前記計測ビームの少なくとも一方の光路上に位置し、前記物体が前記加工ビームによって加

工される期間及び前記物体が前記計測ビームによって計測される期間のそれぞれの少なくとも一部において、前記加工ビーム及び前記計測ビームのそれぞれの光路から離れた位置に位置する

付記 4 1 から 5 1 のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記 5 3]

前記位置変更装置は、前記物体上での前記加工ビームの照射位置と前記物体上での前記計測ビームの照射位置との相対的な位置関係を、前記計測ビームの照射方向と交差する第 1 方向に変更可能である

付記 4 1 から 5 2 のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記 5 4]

前記位置変更装置は、前記物体上での前記加工ビームの照射位置と前記物体上での前記計測ビームの照射位置との相対的な位置関係を変更可能である

付記 4 1 から 5 3 のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記 5 5]

物体を加工又は計測するためのエネルギービームを偏向して前記物体上での前記エネルギービームの照射位置を変更可能な偏向光学系と、

前記偏向光学系から射出される前記エネルギービームを前記物体に照射可能な照射光学系と、

前記照射光学系から射出される前記エネルギービームを受光可能な受光装置と、

前記偏向光学系の位置又は姿勢を変更することにより、前記物体上での前記エネルギービームの照射位置を変更可能な位置変更装置と、

前記受光装置による前記エネルギービームの受光結果に基づいて、前記位置変更装置を制御する制御装置と

を備え、

前記受光装置は、

前記照射光学系から射出される前記エネルギービームが通過可能な通過領域が複数形成されたビーム通過部材と、

前記複数の通過領域のそれぞれを通過した前記エネルギービームのそれぞれを受光可能な受光部と

を備え、

前記偏向光学系は、前記ビーム通過部材の表面に沿った一方向に沿って前記エネルギービームが前記複数の通過領域を走査するように前記エネルギービームを偏向し、

前記制御装置は、前記受光装置による前記エネルギービームの受光結果に基づいて、前記位置変更装置を制御する

加工システム。

[付記 5 6]

前記受光部は、受光光学系を介して、前記複数の通過領域のそれぞれを通過した前記エネルギービームを受光する

付記 5 5 に記載の加工システム。

[付記 5 7]

前記受光光学系は、前記複数の通過領域のうちの第 1 の通過領域を通過した前記エネルギービームを、前記受光光学系の第 1 部分から射出し、

前記受光光学系は、前記複数の通過領域のうちの前記第 1 の通過領域とは異なる第 2 の通過領域を通過した前記エネルギービームを、前記第 1 部分と異なる前記受光光学系の第 2 部分から射出し、

前記第 1 部分から射出された前記エネルギービームは、前記第 1 部分から前記受光部に向かう第 1 光路を通過して、前記受光部に入射し、

前記第 2 部分から射出された前記エネルギービームは、前記第 1 部分から前記受光部に向かい且つ前記第 1 光路とは異なる第 2 光路を通過して、前記受光部に入射する

付記 5 6 に記載の加工システム。

[付記 5 8]

前記受光装置は、前記受光部を一つ備える

付記 5 5 から 5 7 のいずれか一項に記載の加工システム。

## [付記 5 9]

前記複数の通過領域は、前記ビーム通過部材の表面上において、前記偏向光学系が前記エネルギービームを偏向することで前記エネルギービームの照射位置が設定可能な走査領域内に分布するように、前記ビーム通過部材に形成されている

付記 5 5 から 5 8 のいずれか一項に記載の加工システム。

## [付記 6 0]

前記偏向光学系は、前記受光装置と前記照射光学系との位置関係が固定された状態で、前記一方向に沿って前記エネルギービームが前記複数の通過領域を走査するように前記エネルギービームを偏向する

付記 5 5 から 5 9 のいずれか一項に記載の加工システム。

## [付記 6 1]

前記複数の通過領域のそれぞれは、前記複数の通過領域が並ぶ方向と交差する第 1 方向に延び且つ前記エネルギービームが通過可能な線状の第 1 領域と、前記第 1 方向と斜めに交差する第 2 方向に延び且つ前記エネルギービームが通過可能な線状の第 2 領域とを含む

付記 5 5 から 6 0 のいずれか一項に記載の加工システム。

## [付記 6 2]

前記制御装置は、前記受光装置による前記エネルギービームの受光結果に基づいて、前記エネルギービームが前記第 1 領域を通過した第 1 タイミングと、前記エネルギービームが前記第 2 領域を通過した第 2 タイミングとを算出し、前記第 1 及び第 2 タイミングに基づいて、前記位置変更装置を制御する

付記 6 1 に記載の加工システム。

## [付記 6 3]

前記位置変更装置は、前記エネルギービームを偏向して前記物体上での前記エネルギービームの照射位置を変更可能な位置変更光学系を備える

付記 5 5 から 6 2 のいずれか一項に記載の加工システム。

## [付記 6 4]

前記照射光学系は、第 1 照射光学系であり、

前記第 1 照射光学系は、前記第 1 照射光学系とは異なる第 2 照射光学系に交換可能であり、

前記第 1 照射光学系が前記第 2 照射光学系に交換された場合に、前記受光装置は、前記第 2 照射光学系から射出される前記エネルギービームを受光する付記 5 5 から 6 3 のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記 6 5]

前記受光装置は、前記受光装置が前記エネルギービームを受光する期間の少なくとも一部において、前記エネルギービームの少なくとも一方の光路上に位置し、前記物体が前記エネルギービームによって加工又は計測される期間の少なくとも一部において、前記エネルギービームの光路から離れた位置に位置する

付記 5 5 から 6 4 のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記 6 6]

物体を加工又は計測するためのエネルギービームを射出可能であって、且つ、前記エネルギービームの集光位置を調整可能であって且つ焦点距離が互いに異なる複数の集光位置調整光学系を含む射出光学系と、

前記射出光学系から射出される前記エネルギービームを前記物体に照射可能であって、且つ、前記射出光学系に対して着脱可能であって、且つ、少なくとも対物光学系を含む複数の照射光学系と、

前記射出光学系に取り付けられる前記照射光学系を交換可能な交換装置と、

前記射出光学系に取り付けられている前記照射光学系の種類を特定し、前記特定した種類に基づいて、複数の集光位置調整光学系のうちの一の集光位置調整光学系を選択し、前記選択した一の集光位置調整光学系が前記エネルギービームの光路に位置するように前記一の集光位置調整光学系を移動させる制御装置と

を備える加工システム。

## [付記 6 7]

前記照射光学系として利用可能な第 1 の交換光学系が前記照射光学系として前記射出光学系に取り付けられている場合には、前記制御装置は、前記複数の集光位置調整光学系のうちの第 1 の集光位置調整光学系を前記一の集光位置調整光学系として選択し、

前記照射光学系として利用可能であって且つ前記第 1 の交換光学系とは異なる第 2 の交換光学系が前記照射光学系として前記射出光学系に取り付けられている場合には、前記制御装置は、前記複数の集光位置調整光学系のうちの前記第 1 の集光位置調整光学系とは異なる第 2 の集光位置調整光学系を前記一の集光位置調整光学系として選択する

付記 6 6 に記載の加工システム。

## [付記 6 8]

前記交換装置は、それぞれが前記照射光学系として利用可能な複数の交換光学系のうちの一つを前記照射光学系として前記射出光学系に取り付けることで、前記照射光学系を交換し、

前記複数の集光位置調整光学系と、前記複数の交換光学系とは、1 対 1 で対応する

付記 6 6 又は 6 7 に記載の加工システム。

## [付記 6 9]

前記射出光学系は、前記エネルギービームとして、前記物体を加工するための加工ビームと、前記物体を計測するための計測ビームとを射出可能であり、

前記制御装置は、複数の集光位置調整光学系のうちの前記一の集光位置調整光学系とは異なる他の集光位置調整光学系が選択された場合と比較して、前記照射光学系の光軸に沿った方向において、前記加工ビームの集光位置と前記計測ビームの集光位置とのずれが小さくなるように、複数の集光位置調整光学系のうちの一の集光位置調整光学系を選択する

付記 6 6 から 6 8 のいずれか一項に記載の加工システム。

## [付記 7 0]

前記射出光学系は、前記エネルギービームとして、前記物体を加工するための加工ビームと、前記物体を計測するための計測ビームとを射出可能であり

、  
前記制御装置は、前記照射光学系の光軸に沿った方向において、前記加工ビームの集光位置と前記計測ビームの集光位置とが一致するように、複数の集光位置調整光学系のうちの一の集光位置調整光学系を選択する

付記 6 6 から 6 9 のいずれか一項に記載の加工システム。

## [付記 7 1]

前記制御装置は、前記選択した一の集光位置調整光学系が前記加工ビーム及び前記計測ビームのいずれか一方の光路に位置するように前記一の集光位置調整光学系を移動させる

付記 6 9 又は 7 0 に記載の加工システム。

## [付記 7 2]

エネルギービームを物体に照射可能な照射光学系と、  
前記物体と前記照射光学系との位置関係及び姿勢関係のうち少なくとも一方を変更可能な第 1 変更装置と、

前記照射光学系から射出される前記エネルギービームを受光可能な受光装置と、

前記受光装置と前記照射光学系との位置関係を変更可能な第 2 変更装置と

、  
制御装置と

を備え、

前記制御装置の制御の下で、前記第 2 変更装置により、前記受光装置は、前記エネルギービームを受光可能な第 1 位置に、前記第 1 位置とは異なる第 2 位置から位置変更される

加工システム。

## [付記 7 3]

第1ビームを物体に照射可能であって、且つ、前記第1ビームとは異なる第2ビームを前記物体に照射可能な照射光学系と、

前記照射光学系から射出される前記第1ビーム及び前記第2ビームを受光可能な受光装置と、

前記物体上での前記第1ビームの照射位置と前記物体上での前記第2ビームの照射位置との少なくとも一方を変更可能な位置変更装置と、

制御装置と

を備え、

前記制御装置は、前記受光装置による前記第1ビームの受光結果と前記受光装置による前記第2ビームの受光結果とに基づいて、前記位置変更装置を制御する

加工システム。

[付記74]

エネルギービームを偏向して物体上での前記エネルギービームの照射位置を変更可能な偏向光学系と、

前記偏向光学系から射出される前記エネルギービームを前記物体に照射可能な照射光学系と、

前記照射光学系から射出される前記エネルギービームを受光可能な受光装置と、

前記偏向光学系の位置又は姿勢を変更することにより、前記物体上での前記エネルギービームの照射位置を変更可能な位置変更装置と、

前記受光装置による前記エネルギービームの受光結果に基づいて、前記位置変更装置を制御する制御装置と

を備え、

前記受光装置は、

前記照射光学系から射出される前記エネルギービームが通過可能な通過領域が複数形成されたビーム通過部材と、

前記複数の通過領域のそれぞれを通過した前記エネルギービームのそれぞれ

を受光可能な受光部と

を備え、

前記制御装置は、前記受光装置による前記エネルギービームの受光結果に基づいて、前記位置変更装置を制御する

加工システム。

[付記 7 5]

エネルギービームを射出可能であって、且つ、前記エネルギービームの集光位置を調整可能であって且つ焦点距離が互いに異なる複数の集光位置調整光学系を含む射出光学系と、

前記射出光学系から射出される前記エネルギービームを前記物体に照射可能であって、且つ、前記射出光学系に対して着脱可能であって、且つ、少なくとも対物光学系を含む複数の照射光学系と、

前記射出光学系に取り付けられる前記照射光学系を交換可能な交換装置と

、  
前記射出光学系に取り付けられている前記照射光学系の種類を特定し、前記特定した種類に基づいて、複数の集光位置調整光学系のうちの一の集光位置調整光学系を選択し、前記選択した一の集光位置調整光学系が前記エネルギービームの光路に位置するように前記一の集光位置調整光学系を移動させる制御装置と

を備える加工システム。

[付記 7 6]

照射光学系を用いて、載置装置の載置面上に載置された物体を加工するためのエネルギービームを前記物体に照射することと

前記載置装置に載置された前記物体と前記照射光学系との位置関係及び姿勢関係のうちの一つを少なくとも一方を変更することと、

受光装置を用いて、前記照射光学系から射出される前記エネルギービームを受光することと、

前記受光装置と前記照射光学系との位置関係を変更することと

を含み、

前記受光装置と前記照射光学系との位置関係を変更することは、前記受光装置を、前記エネルギービームを受光可能な第1位置に、前記第1位置とは異なる第2位置から位置変更することを含む

加工方法。

[付記77]

照射光学系を用いて、物体を加工するための加工ビームを前記物体に照射することと、

前記照射光学系を用いて、前記物体を計測するための計測ビームを前記物体に照射することと、

受光装置を用いて、前記照射光学系から射出される前記加工ビーム及び前記計測ビームを受光することと、

前記物体上での前記加工ビームの照射位置と前記物体上での前記計測ビームの照射位置との少なくとも一方を変更することと

を含み、

前記加工ビームの照射位置と前記計測ビームの照射位置との少なくとも一方を変更することは、前記受光装置による前記加工ビームの受光結果と前記受光装置による前記計測ビームの受光結果とに基づいて、前記加工ビームの照射位置と前記計測ビームの照射位置との少なくとも一方を変更することを含む

加工方法。

[付記78]

物体を加工又は計測するためのエネルギービームを偏向可能な偏向光学系を用いて、前記物体上での前記エネルギービームの照射位置を変更することと、

前記偏向光学系から射出される前記エネルギービームを、照射光学系を介して前記物体に照射することと、

受光装置を用いて、前記照射光学系から射出される前記エネルギービームを受光することと

を含み、

前記エネルギービームの照射位置を変更することは、前記受光装置による前記エネルギービームの受光結果に基づいて、前記偏向光学系の位置又は姿勢を変更することにより、前記物体上での前記エネルギービームの照射位置を変更することを含み、

前記受光装置は、

前記照射光学系から射出される前記エネルギービームが通過可能な通過領域が複数形成されたビーム通過部材と、

前記複数の通過領域のそれぞれを通過した前記エネルギービームのそれぞれを受光可能な受光部と

を備え、

前記エネルギービームの照射位置を変更することは、前記偏向光学系を用いて、前記ビーム通過部材の表面に沿った一方向に沿って前記エネルギービームが前記複数の通過領域を走査するように前記エネルギービームを偏向することを含み

加工方法。

[付記 79]

物体を加工又は計測するためのエネルギービームを射出可能であって、且つ、前記エネルギービームの集光位置を調整可能であって且つ焦点距離が互いに異なる複数の集光位置調整光学系を含む射出光学系から、前記エネルギービームを射出することと、

前記射出光学系から射出される前記エネルギービームを前記物体に照射可能であって、且つ、前記射出光学系に対して着脱可能であって、且つ、少なくとも対物光学系を含む複数の照射光学系を用いて、前記射出光学系から射出される前記エネルギービームを前記物体に照射することと、

前記射出光学系に取り付けられる前記照射光学系を交換することと、

前記射出光学系に取り付けられている前記照射光学系の種類を特定し、前記特定した種類に基づいて、複数の集光位置調整光学系のうちの一の集光位

置調整光学系を選択し、前記選択した一の集光位置調整光学系が前記エネルギービームの光路に位置するように前記一の集光位置調整光学系を移動させることと

を含む加工方法。

[付記 80]

照射光学系を用いて、エネルギービームを物体に照射することと、  
前記物体と前記照射光学系との位置関係及び姿勢関係のうちの少なくとも一方を変更することと、

受光装置を用いて、前記照射光学系から射出される前記エネルギービームを受光することと

前記受光装置と前記照射光学系との位置関係を変更することと

を含み、

前記受光装置と前記照射光学系との位置関係を変更することは、前記受光装置を、前記エネルギービームを受光可能な第1位置に、前記第1位置とは異なる第2位置から位置変更することを含む

加工方法。

[付記 81]

照射光学系を用いて、第1ビームを物体に照射することと、  
前記照射光学系を用いて、前記第1ビームとは異なる第2ビームを前記物体に照射することと、

受光装置を用いて、前記照射光学系から射出される前記第1ビーム及び前記第2ビームを受光することと、

前記物体上での前記第1ビームの照射位置と前記物体上での前記第2ビームの照射位置との少なくとも一方を変更することと

を含み、

前記第1ビームの照射位置と前記第2ビームの照射位置との少なくとも一方を変更することは、前記受光装置による前記第1ビームの受光結果と前記受光装置による前記第2ビームの受光結果とに基づいて、前記第1ビームの

照射位置と前記第2ビームの照射位置との少なくとも一方を変更することを  
含む

加工方法。

[付記82]

エネルギービームを偏向可能な偏向光学系を用いて、物体上での前記エネルギービームの照射位置を変更することと、

前記偏向光学系から射出される前記エネルギービームを、照射光学系を介して前記物体に照射することと、

受光装置を用いて、前記照射光学系から射出される前記エネルギービームを受光することと

を含み、

前記エネルギービームの照射位置を変更することは、前記受光装置による前記エネルギービームの受光結果に基づいて、前記偏向光学系の位置又は姿勢を変更することにより、前記物体上での前記エネルギービームの照射位置を変更することを含み、

前記受光装置は、

前記照射光学系から射出される前記エネルギービームが通過可能な通過領域が複数形成されたビーム通過部材と、

前記複数の通過領域のそれぞれを通過した前記エネルギービームのそれぞれを受光可能な受光部と

を備える

加工方法。

[付記83]

エネルギービームを射出可能であって、且つ、前記エネルギービームの集光位置を調整可能であって且つ焦点距離が互いに異なる複数の集光位置調整光学系を含む射出光学系から、前記エネルギービームを射出することと、

前記射出光学系から射出される前記エネルギービームを前記物体に照射可能であって、且つ、前記射出光学系に対して着脱可能であって、且つ、少なく

とも対物光学系を含む複数の照射光学系を用いて、前記射出光学系から射出される前記エネルギービームを前記物体に照射することと、

前記射出光学系に取り付けられる前記照射光学系を交換することと、

前記射出光学系に取り付けられている前記照射光学系の種類を特定し、前記特定した種類に基づいて、複数の集光位置調整光学系のうちの一の集光位置調整光学系を選択し、前記選択した一の集光位置調整光学系が前記エネルギービームの光路に位置するように前記一の集光位置調整光学系を移動させることと

を含む加工方法。

[0333] 上述の各実施形態の構成要件の少なくとも一部は、上述の各実施形態の構成要件の少なくとも他の一部と適宜組み合わせることができる。上述の各実施形態の構成要件のうちの一部が用いられなくてもよい。また、法令で許容される限りにおいて、上述の各実施形態で引用した全ての公開公報及び米国特許の開示を援用して本文の記載の一部とする。

[0334] 本発明は、上述した実施形態に限られるものではなく、特許請求の範囲及び明細書全体から読み取れる発明の要旨或いは思想に反しない範囲で適宜変更可能であり、そのような変更を伴う加工システムもまた本発明の技術的範囲に含まれるものである。

## 符号の説明

- [0335] SYS 加工システム
- 1 加工ユニット
  - 1 3 加工ヘッド
  - 1 3 1 加工光学系
  - 1 3 1 3 ガルバノミラー
  - 1 3 2 計測光学系
  - 1 3 2 8 ガルバノミラー
  - 1 3 3 合成光学系
  - 1 3 4 偏向光学系

1 3 4 1 ガルバノミラー  
1 3 5 照射光学系  
1 3 5 1  $f\theta$ レンズ  
1 7 ヘッド交換装置  
1 8 b 光計測装置  
1 8 1 b ビーム通過部材  
1 8 2 b 受光素子  
1 8 3 b 受光光学系  
1 8 4 b 光通過領域  
2 制御ユニット  
W ワーク  
M 計測対象物  
E L 加工光  
M L 計測光  
P A、M A 照射位置  
P S A 加工ショット領域  
M S A 計測ショット領域

## 請求の範囲

- [請求項1] 物体を加工するためのエネルギービームを前記物体に照射可能な照射光学系と、  
前記物体を載置面上に載置可能な載置装置と、  
前記載置装置に載置された前記物体と前記照射光学系との位置関係及び姿勢関係のうちの少なくとも一方を変更可能な第1変更装置と、  
前記照射光学系から射出される前記エネルギービームを受光可能な受光装置と、  
前記受光装置と前記照射光学系との位置関係を変更可能な第2変更装置と、  
制御装置と  
を備え、  
前記制御装置の制御の下で、前記第2変更装置により、前記受光装置は、前記エネルギービームを受光可能な第1位置に、前記第1位置とは異なる第2位置から位置変更される  
加工システム。
- [請求項2] 前記第2位置は、前記加工システムが加工可能な領域の外の位置である  
請求項1に記載の加工システム。
- [請求項3] 前記第1位置は、前記エネルギービームが照射可能な位置であり、  
前記第2位置は、前記エネルギービームの照射が禁止されている位置である  
請求項1又は2に記載の加工システム。
- [請求項4] 前記第2変更装置は、前記エネルギービームが照射される方向と交差する方向に前記受光装置と前記照射光学系との位置関係を変更可能である  
請求項1から3のいずれか一項に記載の加工システム。
- [請求項5] 前記加工システムは、前記受光装置を収容可能な収容装置を備え、

前記第 1 位置は、前記収容装置の外の位置であり、  
前記第 2 位置は、前記収容装置の中の位置である  
請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項6]

前記照射光学系は、第 1 照射光学系であり、  
前記第 1 照射光学系は、前記第 1 照射光学系とは異なる第 2 照射光学系に交換可能であり、  
前記第 2 変更装置は、前記第 1 照射光学系が前記第 2 照射光学系に交換された場合に、前記受光装置と前記照射光学系との位置関係を変更する

請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項7]

前記照射光学系は、第 1 照射光学系であり、  
前記第 1 照射光学系は、前記第 1 照射光学系とは異なる第 2 照射光学系に交換可能であり、  
前記第 2 変更装置は、前記第 1 照射光学系が前記第 2 照射光学系に交換された場合に、前記受光装置と前記照射光学系との位置関係を変更する

請求項 5 に記載の加工システム。

[請求項8]

前記収容装置は、前記第 1 照射光学系、及び、前記第 2 照射光学系を収容可能である

請求項 7 に記載の加工システム。

[請求項9]

前記加工システムは、前記第 1 照射光学系を前記第 2 照射光学系と交換可能な交換装置を備え、

前記交換装置は、前記収容装置が配置される収容空間が形成された筐体を備えており、

前記筐体には、前記収容空間に気体を供給可能な気体供給口が形成されている

請求項 7 又は 8 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項10]

前記気体供給口から、前記収容装置に収容されている前記第 1 及び

第2照射光学系の少なくとも一つに向けて、前記気体が供給される  
請求項9に記載の加工システム。

[請求項11] 前記気体供給口から前記収容空間に供給される前記気体により、前記収容空間の気圧が、前記物体が載置されている空間の気圧よりも高くなる

請求項9又は10に記載の加工システム。

[請求項12] 前記加工システムは、前記照射光学系に前記エネルギービームを射出する射出光学系を備え、

前記交換装置は、前記射出光学系に取り付けられている前記照射光学系を前記射出光学系から取り外すことで、前記照射光学系を交換する

請求項9から11のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項13] 前記制御装置は、前記受光装置による受光結果に基づいて、前記エネルギービームの照射位置に関する情報を取得する

請求項1から12のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項14] 前記照射位置に関する情報は、前記エネルギービームの照射位置の変化に関する情報を含む

請求項13に記載の加工システム。

[請求項15] 前記エネルギービームは、加工ビームであり、

前記照射光学系は、前記加工ビームとは異なり且つ前記物体を計測するための計測ビームを前記物体に照射可能であり、

前記第1位置に配置された前記受光装置は、前記照射光学系から射出される前記計測ビームを受光可能である

請求項1から14のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項16] 前記制御装置は、前記受光装置の受光結果に基づいて、前記計測ビームの照射位置に関する情報を取得する

請求項15に記載の加工システム。

[請求項17] 前記計測ビームの照射位置に関する情報は、前記計測ビームの照射

位置の変化に関する情報を含む

請求項 16 に記載の加工システム。

[請求項18] 前記受光装置は、前記受光装置が前記加工ビーム及び前記計測ビームを受光する期間の少なくとも一部において、前記加工ビーム及び前記計測ビームの少なくとも一方の光路上に位置し、前記物体が前記加工ビームによって加工される期間及び前記物体が前記計測ビームによって計測される期間のそれぞれの少なくとも一部において、前記加工ビーム及び前記計測ビームのそれぞれの光路から離れた位置に位置する

請求項 15 から 17 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項19] 前記加工システムは、前記エネルギービームの前記照射光学系への入射位置を変更可能な位置変更装置を備え、

前記制御装置は、前記受光装置の受光結果に基づいて、前記位置変更装置を制御する

請求項 1 から 14 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項20] 前記位置変更装置は、前記エネルギービームを偏向して前記物体上での前記エネルギービームの照射位置を変更可能な第 1 位置変更光学系を備える

請求項 19 に記載の加工システム。

[請求項21] 前記加工システムは、前記エネルギービームの前記照射光学系への入射位置を変更可能な位置変更装置を備え、

前記制御装置は、前記受光装置の受光結果に基づいて、前記位置変更装置を制御する

請求項 15 から 17 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項22] 前記制御装置は、前記位置変更装置を制御する前と比較して、前記物体上での前記加工ビームの照射位置と前記物体上での前記計測ビームの照射位置とのずれが小さくなるように、前記位置変更装置を制御する

請求項 2 1 に記載の加工システム。

[請求項23] 前記制御装置は、前記物体上での前記加工ビームの照射位置と前記物体上での前記計測ビームの照射位置とが一致するように、前記位置変更装置を制御する

請求項 2 1 又は 2 2 に記載の加工システム。

[請求項24] 前記位置変更装置は、前記エネルギービームを偏向して前記物体上での前記エネルギービームの照射位置を変更可能な第 1 位置変更光学系を備える

請求項 2 1 から 2 3 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項25] 前記位置変更装置は、前記計測ビームを偏向して前記物体上での前記計測ビームの照射位置を変更可能な第 2 位置変更光学系を備える

請求項 2 1 から 2 4 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項26] 前記受光装置は、  
前記照射光学系から射出される前記加工ビーム及び前記計測ビームのそれぞれが通過可能な通過領域が形成されたビーム通過部材と、  
前記通過領域を通過した前記加工ビーム及び前記計測ビームのそれぞれを受光可能な受光部と

を備え、

前記制御装置は、前記第 1 位置に配置された前記受光装置の前記受光部による、前記加工ビームの受光結果と前記計測ビームの受光結果とに基づいて、前記位置変更装置を制御する

請求項 2 1 から 2 5 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項27] 前記ビーム通過部材には、前記通過領域が複数されており、  
前記受光部は、前記複数の通過領域のそれぞれを通過した前記加工ビームを受光し、且つ、前記複数の通過領域のそれぞれを通過した前記計測ビームを受光する

請求項 2 6 に記載の加工システム。

[請求項28] 前記位置変更装置は、前記加工ビームを偏向して前記物体上での前

記加工ビームの照射位置を変更可能であって、且つ、前記計測ビームを偏向して前記物体上での前記計測ビームの照射位置を変更可能な偏向光学系を更に備え、

前記偏向光学系は、前記加工ビーム及び前記計測ビームのそれぞれが前記複数の通過領域を走査するように、前記加工ビーム及び前記計測ビームのそれぞれを偏向し、

前記制御装置は、前記加工ビームが前記複数の通過領域を走査する期間中の前記受光装置による前記加工ビームの受光結果と、前記計測ビームが前記複数の通過領域を走査する期間中の前記受光装置による前記計測ビームの受光結果とに基づいて、前記位置変更装置を制御する

請求項 27 に記載の加工システム。

[請求項29]

前記複数の通過領域のそれぞれは、前記複数の通過領域が並ぶ方向と交差する第1方向に延び且つ前記加工ビーム及び前記計測ビームのそれぞれが通過可能な線状の第1領域と、前記第1方向と斜めに交差する第2方向に延び且つ前記加工ビーム及び前記計測ビームのそれぞれが通過可能な線状の第2領域とを含み、

前記制御装置は、

前記受光装置による前記加工ビームの受光結果に基づいて、前記加工ビームが前記第1領域を通過した第1タイミングと、前記加工ビームが前記第2領域を通過した第2タイミングとを算出し、

前記受光装置による前記計測ビームの受光結果に基づいて、前記計測ビームが前記第1領域を通過した第3タイミングと、前記計測ビームが前記第2領域を通過した第4タイミングとを算出し、

前記第1タイミングと前記第3タイミングとの差分及び前記第2タイミングと前記第4タイミングとの差分の少なくとも一方に基づいて、前記位置変更装置を制御する

請求項 28 に記載の加工システム。

- [請求項30] 前記位置変更装置は、前記物体上での前記加工ビームの照射位置と前記物体上での前記計測ビームの照射位置との相対的な位置関係を、前記計測ビームの照射方向と交差する第1方向に変更可能である  
請求項21から29のいずれか一項に記載の加工システム。
- [請求項31] 前記第1変更装置は、前記載置装置の位置を動かすことにより、前記物体と前記照射光学系との位置関係及び姿勢関係のうちの少なくとも一方を変更する  
請求項1から30のいずれか一項に記載の加工システム。
- [請求項32] 前記第2変更装置は、前記受光装置の位置を動かすことにより、前記受光装置と前記照射光学系との位置関係を変更可能である  
請求項1から31のいずれか一項に記載の加工システム。
- [請求項33] 前記制御装置の制御の下で、前記第2変更装置により、前記受光装置は、前記載置面と前記照射光学系との間の前記第1位置に、前記第2位置から位置変更される  
請求項1から32のいずれか一項に記載の加工システム。
- [請求項34] 前記加工システムは、前記第2変更装置によって前記受光装置が所定位置に位置するように規制する規制部材を備える  
請求項1から33のいずれか一項に記載の加工システム。
- [請求項35] 前記加工システムは、前記第2変更装置によって変更された前記受光装置の位置を計測する位置計測装置を備える  
請求項1から34のいずれか一項に記載の加工システム。
- [請求項36] 前記位置計測装置は、第1位置計測装置であって、  
前記加工システムは、前記照射光学系の位置を計測する第2位置計測装置を備える  
請求項35に記載の加工システム。
- [請求項37] 前記制御装置は、前記位置計測装置の計測結果に基づいて前記エネルギービームが照射される位置を制御する  
請求項35又は36に記載の加工システム。

- [請求項38] 前記位置計測装置は、エンコーダ、干渉計測装置、及び、ポテンシヨメータの少なくとも一つを含む  
請求項35から37のいずれか一項に記載の加工システム。
- [請求項39] 前記制御装置は、前記載置装置と前記受光装置との位置関係に関する情報を取得可能である  
請求項1から38のいずれか一項に記載の加工システム。
- [請求項40] 前記制御装置は、前記載置装置と前記受光装置との位置関係に関する情報に基づいて前記エネルギービームが照射される位置を制御する  
請求項39に記載の加工システム。
- [請求項41] 物体を加工するための加工ビームを前記物体に照射可能であって、且つ、前記物体を計測するための計測ビームを前記物体に照射可能であって、且つ、少なくとも対物光学系を含む照射光学系と、  
前記照射光学系から射出される前記加工ビーム及び前記計測ビームを受光可能な受光装置と、  
前記物体上での前記加工ビームの照射位置と前記物体上での前記計測ビームの照射位置との少なくとも一方を変更可能な位置変更装置と、  
制御装置と  
を備え、  
前記制御装置は、前記受光装置による前記加工ビームの受光結果と前記受光装置による前記計測ビームの受光結果とに基づいて、前記位置変更装置を制御する  
加工システム。
- [請求項42] 前記制御装置は、前記受光装置による受光結果に基づいて、前記加工ビームの照射位置、及び、前記計測ビームの照射位置を取得し、  
前記制御装置は、取得された前記加工ビームの照射位置、及び、前記計測ビームの照射位置に基づいて、前記位置変更装置を制御する  
請求項41に記載の加工システム。

[請求項43] 前記制御装置は、前記位置変更装置を制御する前と比較して、前記物体上での前記加工ビームの照射位置と前記物体上での前記計測ビームの照射位置とのずれが小さくなるように、前記位置変更装置を制御する

請求項41又は42に記載の加工システム。

[請求項44] 前記制御装置は、前記物体上での前記加工ビームの照射位置と前記物体上での前記計測ビームの照射位置とが一致するように、前記位置変更装置を制御する

請求項41から43のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項45] 前記位置変更装置は、前記加工ビームを偏向して前記物体上での前記加工ビームの照射位置を変更可能な第1位置変更光学系を備える

請求項41から44のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項46] 前記位置変更装置は、前記計測ビームを偏向して前記物体上での前記計測ビームの照射位置を変更可能な第2位置変更光学系を備える

請求項41から45のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項47] 前記受光装置は、

前記照射光学系から射出される前記加工ビーム及び前記計測ビームのそれぞれが通過可能な通過領域が形成されたビーム通過部材と、

前記通過領域を通過した前記加工ビーム及び前記計測ビームのそれぞれを受光可能な受光部と

を備え、

前記制御装置は、前記受光部による前記加工ビームの受光結果と前記受光部による前記計測ビームの受光結果とに基づいて、前記位置変更装置を制御する

請求項41から46のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項48] 前記ビーム通過部材には、前記通過領域が複数されており、

前記受光部は、前記複数の通過領域のそれぞれを通過した前記加工ビームを受光し、且つ、前記複数の通過領域のそれぞれを通過した前

記計測ビームを受光する

請求項47に記載の加工システム。

[請求項49]

前記加工システムは、前記加工ビームを偏向して前記物体上での前記加工ビームの照射位置を変更可能であって、且つ、前記計測ビームを偏向して前記物体上での前記計測ビームの照射位置を変更可能な偏向光学系を更に備え、

前記偏向光学系は、前記ビーム通過部材の表面に沿った一方向に沿って前記加工ビーム及び前記計測ビームのそれぞれが前記複数の通過領域を走査するように、前記加工ビーム及び前記計測ビームのそれぞれを偏向し、

前記制御装置は、前記加工ビームが前記複数の通過領域を走査する期間中の前記受光装置による前記加工ビームの受光結果と、前記計測ビームが前記複数の通過領域を走査する期間中の前記受光装置による前記計測ビームの受光結果とに基づいて、前記位置変更装置を制御する

請求項48に記載の加工システム。

[請求項50]

前記複数の通過領域のそれぞれは、前記複数の通過領域が並ぶ方向と交差する第1方向に延び且つ前記加工ビーム及び前記計測ビームのそれぞれが通過可能な線状の第1領域と、前記第1方向と斜めに交差する第2方向に延び且つ前記加工ビーム及び前記計測ビームのそれぞれが通過可能な線状の第2領域とを含み、

前記制御装置は、

前記受光装置による前記加工ビームの受光結果に基づいて、前記加工ビームが前記第1領域を通過した第1タイミングと、前記加工ビームが前記第2領域を通過した第2タイミングとを算出し、

前記受光装置による前記計測ビームの受光結果に基づいて、前記計測ビームが前記第1領域を通過した第3タイミングと、前記計測ビームが前記第2領域を通過した第4タイミングとを算出し、

前記第1タイミングと前記第3タイミングとの差分及び前記第2タイミングと前記第4タイミングとの差分の少なくとも一方に基づいて、前記位置変更装置を制御する

請求項49に記載の加工システム。

[請求項51]

前記照射光学系は、第1照射光学系であり、

前記第1照射光学系は、前記第1照射光学系とは異なる第2照射光学系に交換可能であり、

前記第1照射光学系が前記第2照射光学系に交換された場合に、前記受光装置は、前記第2照射光学系から射出される前記加工ビーム及び前記計測ビームのそれぞれを受光する

請求項41から50のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項52]

前記受光装置は、前記受光装置が前記加工ビーム及び前記計測ビームを受光する期間の少なくとも一部において、前記加工ビーム及び前記計測ビームの少なくとも一方の光路上に位置し、前記物体が前記加工ビームによって加工される期間及び前記物体が前記計測ビームによって計測される期間のそれぞれの少なくとも一部において、前記加工ビーム及び前記計測ビームのそれぞれの光路から離れた位置に位置する

請求項41から51のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項53]

前記位置変更装置は、前記物体上での前記加工ビームの照射位置と前記物体上での前記計測ビームの照射位置との相対的な位置関係を、前記計測ビームの照射方向と交差する第1方向に変更可能である

請求項41から52のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項54]

前記位置変更装置は、前記物体上での前記加工ビームの照射位置と前記物体上での前記計測ビームの照射位置との相対的な位置関係を変更可能である

請求項41から53のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項55]

物体を加工又は計測するためのエネルギービームを偏向して前記物体

上での前記エネルギービームの照射位置を変更可能な偏向光学系と、

前記偏向光学系から射出される前記エネルギービームを前記物体に照射可能な照射光学系と、

前記照射光学系から射出される前記エネルギービームを受光可能な受光装置と、

前記偏向光学系の位置又は姿勢を変更することにより、前記物体上での前記エネルギービームの照射位置を変更可能な位置変更装置と、

前記受光装置による前記エネルギービームの受光結果に基づいて、前記位置変更装置を制御する制御装置と

を備え、

前記受光装置は、

前記照射光学系から射出される前記エネルギービームが通過可能な通過領域が複数形成されたビーム通過部材と、

前記複数の通過領域のそれぞれを通過した前記エネルギービームのそれぞれを受光可能な受光部と

を備え、

前記偏向光学系は、前記ビーム通過部材の表面に沿った一の方向に沿って前記エネルギービームが前記複数の通過領域を走査するように前記エネルギービームを偏向し、

前記制御装置は、前記受光装置による前記エネルギービームの受光結果に基づいて、前記位置変更装置を制御する

加工システム。

[請求項56]

前記受光部は、受光光学系を介して、前記複数の通過領域のそれぞれを通過した前記エネルギービームを受光する

請求項55に記載の加工システム。

[請求項57]

前記受光光学系は、前記複数の通過領域のうちの第1の通過領域を通過した前記エネルギービームを、前記受光光学系の第1部分から射出し、

前記受光光学系は、前記複数の通過領域のうちの前記第1の通過領域とは異なる第2の通過領域を通過した前記エネルギービームを、前記第1部分と異なる前記受光光学系の第2部分から射出し、

前記第1部分から射出された前記エネルギービームは、前記第1部分から前記受光部に向かう第1光路を通過して、前記受光部に入射し、

前記第2部分から射出された前記エネルギービームは、前記第1部分から前記受光部に向かい且つ前記第1光路とは異なる第2光路を通過して、前記受光部に入射する

請求項56に記載の加工システム。

[請求項58] 前記受光装置は、前記受光部を一つ備える

請求項55から57のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項59] 前記複数の通過領域は、前記ビーム通過部材の表面上において、前記偏向光学系が前記エネルギービームを偏向することで前記エネルギービームの照射位置が設定可能な走査領域内に分布するように、前記ビーム通過部材に形成されている

請求項55から58のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項60] 前記偏向光学系は、前記受光装置と前記照射光学系との位置関係が固定された状態で、前記一方向に沿って前記エネルギービームが前記複数の通過領域を走査するように前記エネルギービームを偏向する

請求項55から59のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項61] 前記複数の通過領域のそれぞれは、前記複数の通過領域が並ぶ方向と交差する第1方向に延び且つ前記エネルギービームが通過可能な線状の第1領域と、前記第1方向と斜めに交差する第2方向に延び且つ前記エネルギービームが通過可能な線状の第2領域とを含む

請求項55から60のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項62] 前記制御装置は、前記受光装置による前記エネルギービームの受光結果に基づいて、前記エネルギービームが前記第1領域を通過した第1タイミングと、前記エネルギービームが前記第2領域を通過した第2タイ

ミングとを算出し、前記第1及び第2タイミングに基づいて、前記位置変更装置を制御する

請求項61に記載の加工システム。

[請求項63]

前記位置変更装置は、前記エネルギービームを偏向して前記物体上での前記エネルギービームの照射位置を変更可能な位置変更光学系を備える

請求項55から62のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項64]

前記照射光学系は、第1照射光学系であり、

前記第1照射光学系は、前記第1照射光学系とは異なる第2照射光学系に交換可能であり、

前記第1照射光学系が前記第2照射光学系に交換された場合に、前記受光装置は、前記第2照射光学系から射出される前記エネルギービームを受光する

請求項55から63のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項65]

前記受光装置は、前記受光装置が前記エネルギービームを受光する期間の少なくとも一部において、前記エネルギービームの少なくとも一方の光路上に位置し、前記物体が前記エネルギービームによって加工又は計測される期間の少なくとも一部において、前記エネルギービームの光路から離れた位置に位置する

請求項55から64のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項66]

物体を加工又は計測するためのエネルギービームを射出可能であって、且つ、前記エネルギービームの集光位置を調整可能であって且つ焦点距離が互いに異なる複数の集光位置調整光学系を含む射出光学系と、

前記射出光学系から射出される前記エネルギービームを前記物体に照射可能であって、且つ、前記射出光学系に対して着脱可能であって、且つ、少なくとも対物光学系を含む複数の照射光学系と、

前記射出光学系に取り付けられる前記照射光学系を交換可能な交換装置と、

前記射出光学系に取り付けられている前記照射光学系の種類を特定し、前記特定した種類に基づいて、複数の集光位置調整光学系のうちの一の集光位置調整光学系を選択し、前記選択した一の集光位置調整光学系が前記エネルギービームの光路に位置するように前記一の集光位置調整光学系を移動させる制御装置と

を備える加工システム。

[請求項67] 前記照射光学系として利用可能な第1の交換光学系が前記照射光学系として前記射出光学系に取り付けられている場合には、前記制御装置は、前記複数の集光位置調整光学系のうちの第1の集光位置調整光学系を前記一の集光位置調整光学系として選択し、

前記照射光学系として利用可能であって且つ前記第1の交換光学系とは異なる第2の交換光学系が前記照射光学系として前記射出光学系に取り付けられている場合には、前記制御装置は、前記複数の集光位置調整光学系のうちの前記第1の集光位置調整光学系とは異なる第2の集光位置調整光学系を前記一の集光位置調整光学系として選択する請求項66に記載の加工システム。

[請求項68] 前記交換装置は、それぞれが前記照射光学系として利用可能な複数の交換光学系のうちの一つを前記照射光学系として前記射出光学系に取り付けることで、前記照射光学系を交換し、

前記複数の集光位置調整光学系と、前記複数の交換光学系とは、1対1で対応する

請求項66又は67に記載の加工システム。

[請求項69] 前記射出光学系は、前記エネルギービームとして、前記物体を加工するための加工ビームと、前記物体を計測するための計測ビームとを射出可能であり、

前記制御装置は、複数の集光位置調整光学系のうちの前記一の集光位置調整光学系とは異なる他の集光位置調整光学系が選択された場合と比較して、前記照射光学系の光軸に沿った方向において、前記加工

ビームの集光位置と前記計測ビームの集光位置とのずれが小さくなるように、複数の集光位置調整光学系のうちの一の集光位置調整光学系を選択する

請求項 66 から 68 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項70]

前記射出光学系は、前記エネルギービームとして、前記物体を加工するための加工ビームと、前記物体を計測するための計測ビームとを射出可能であり、

前記制御装置は、前記照射光学系の光軸に沿った方向において、前記加工ビームの集光位置と前記計測ビームの集光位置とが一致するように、複数の集光位置調整光学系のうちの一の集光位置調整光学系を選択する

請求項 66 から 69 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項71]

前記制御装置は、前記選択した一の集光位置調整光学系が前記加工ビーム及び前記計測ビームのいずれか一方の光路に位置するように前記一の集光位置調整光学系を移動させる

請求項 69 又は 70 に記載の加工システム。

[請求項72]

エネルギービームを物体に照射可能な照射光学系と、

前記物体と前記照射光学系との位置関係及び姿勢関係のうち少なくとも一方を変更可能な第 1 変更装置と、

前記照射光学系から射出される前記エネルギービームを受光可能な受光装置と、

前記受光装置と前記照射光学系との位置関係を変更可能な第 2 変更装置と、

制御装置と

を備え、

前記制御装置の制御の下で、前記第 2 変更装置により、前記受光装置は、前記エネルギービームを受光可能な第 1 位置に、前記第 1 位置とは異なる第 2 位置から位置変更される

加工システム。

[請求項73]

第1ビームを物体に照射可能であって、且つ、前記第1ビームとは異なる第2ビームを前記物体に照射可能な照射光学系と、

前記照射光学系から射出される前記第1ビーム及び前記第2ビームを受光可能な受光装置と、

前記物体上での前記第1ビームの照射位置と前記物体上での前記第2ビームの照射位置との少なくとも一方を変更可能な位置変更装置と、

制御装置と

を備え、

前記制御装置は、前記受光装置による前記第1ビームの受光結果と前記受光装置による前記第2ビームの受光結果とに基づいて、前記位置変更装置を制御する

加工システム。

[請求項74]

エネルギービームを偏向して物体上での前記エネルギービームの照射位置を変更可能な偏向光学系と、

前記偏向光学系から射出される前記エネルギービームを前記物体に照射可能な照射光学系と、

前記照射光学系から射出される前記エネルギービームを受光可能な受光装置と、

前記偏向光学系の位置又は姿勢を変更することにより、前記物体上での前記エネルギービームの照射位置を変更可能な位置変更装置と、

前記受光装置による前記エネルギービームの受光結果に基づいて、前記位置変更装置を制御する制御装置と

を備え、

前記受光装置は、

前記照射光学系から射出される前記エネルギービームが通過可能な通過領域が複数形成されたビーム通過部材と、

前記複数の通過領域のそれぞれを通過した前記エネルギービームのそれぞれを受光可能な受光部と

を備え、

前記制御装置は、前記受光装置による前記エネルギービームの受光結果に基づいて、前記位置変更装置を制御する

加工システム。

[請求項75]

エネルギービームを射出可能であって、且つ、前記エネルギービームの集光位置を調整可能であって且つ焦点距離が互いに異なる複数の集光位置調整光学系を含む射出光学系と、

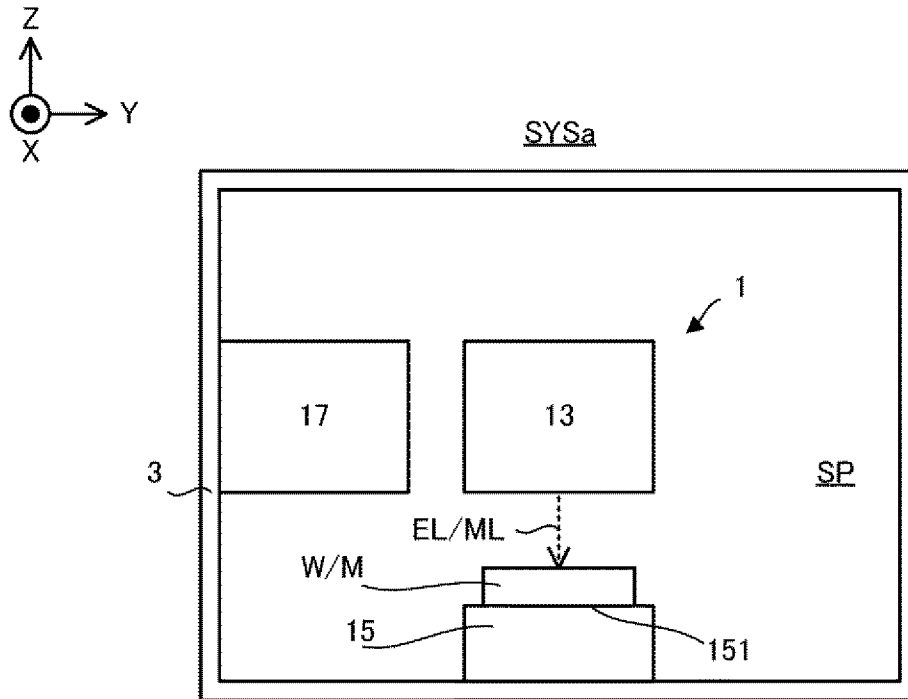
前記射出光学系から射出される前記エネルギービームを前記物体に照射可能であって、且つ、前記射出光学系に対して着脱可能であって、且つ、少なくとも対物光学系を含む複数の照射光学系と、

前記射出光学系に取り付けられる前記照射光学系を交換可能な交換装置と、

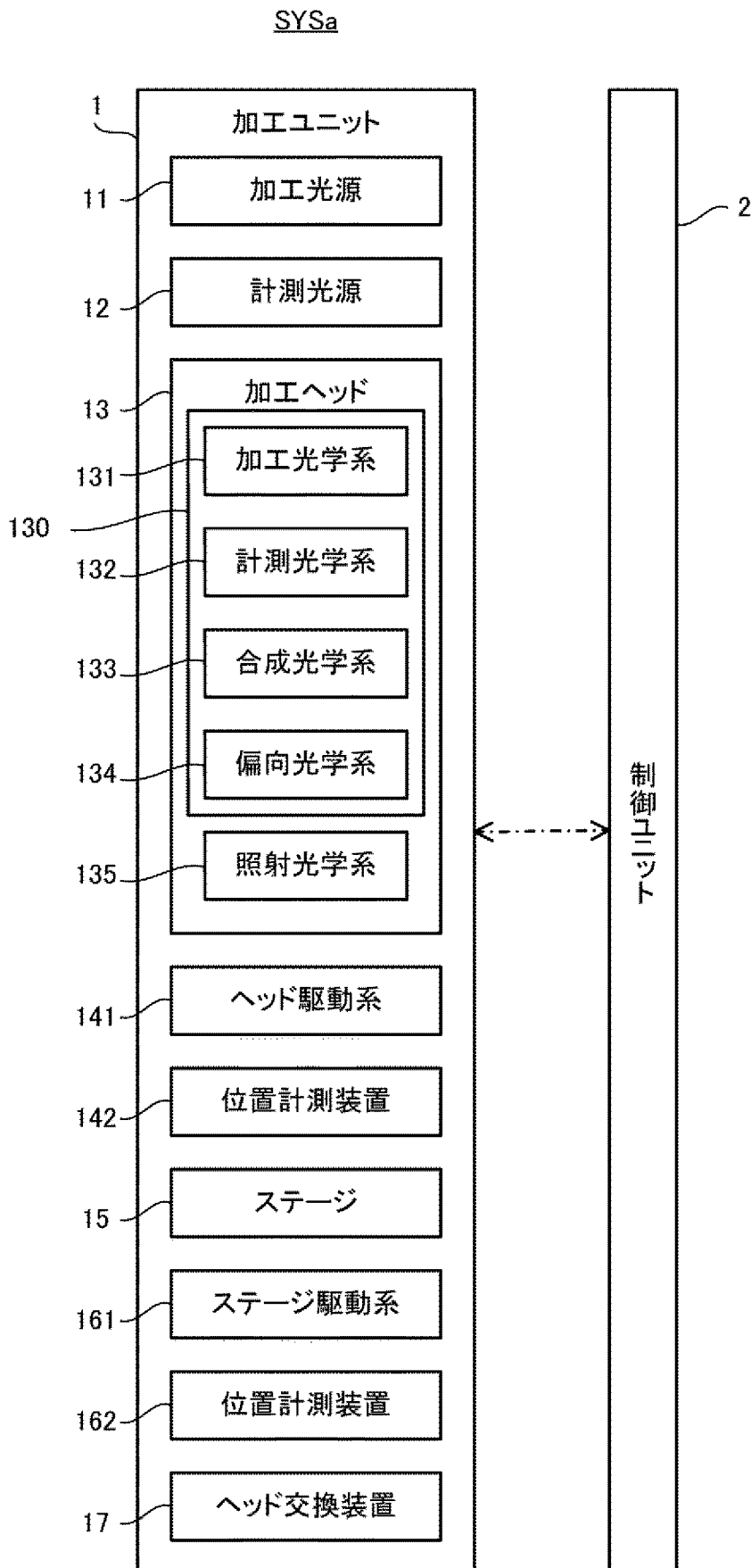
前記射出光学系に取り付けられている前記照射光学系の種類を特定し、前記特定した種類に基づいて、複数の集光位置調整光学系のうちの一の集光位置調整光学系を選択し、前記選択した一の集光位置調整光学系が前記エネルギービームの光路に位置するように前記一の集光位置調整光学系を移動させる制御装置と

を備える加工システム。

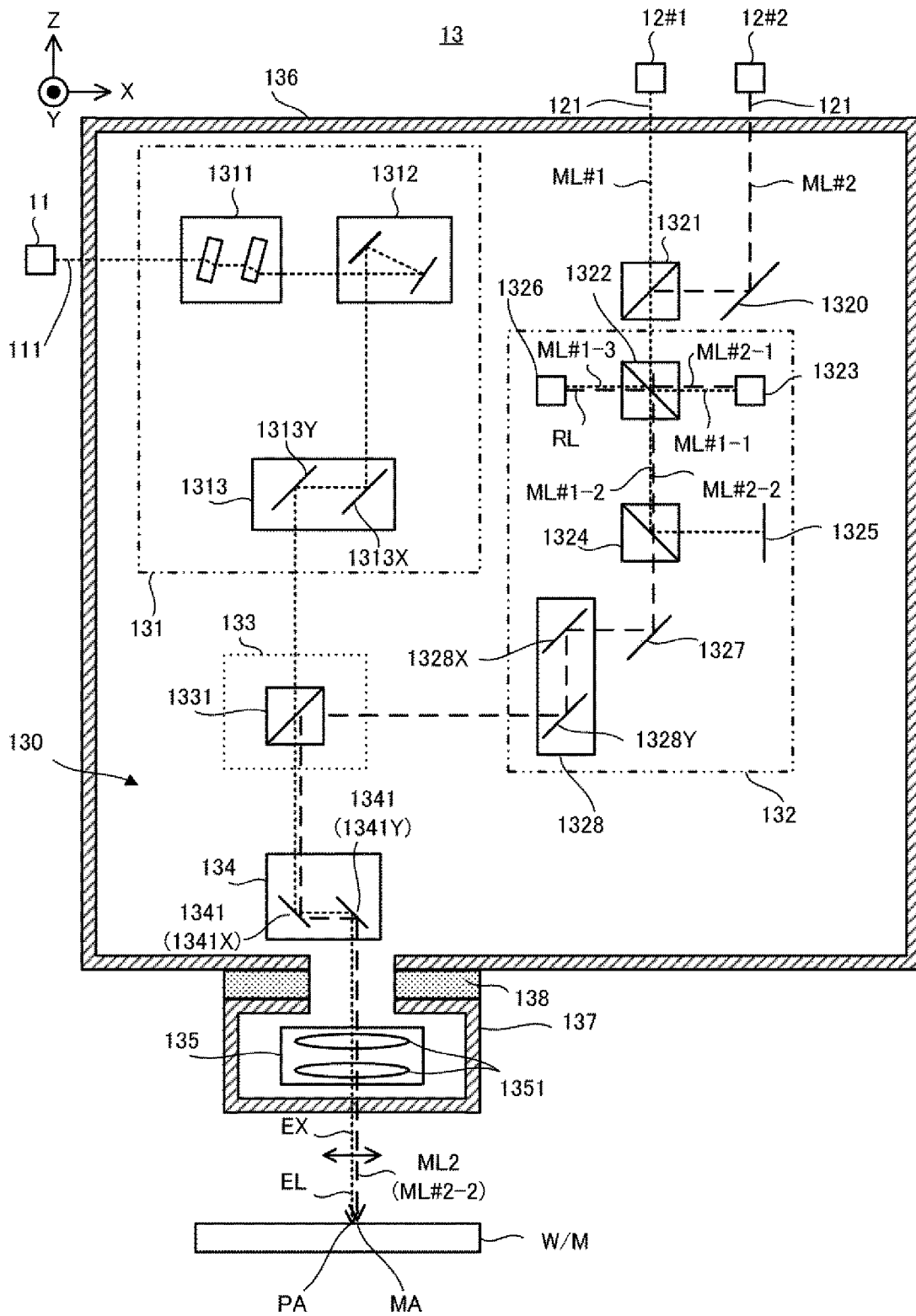
[図1]



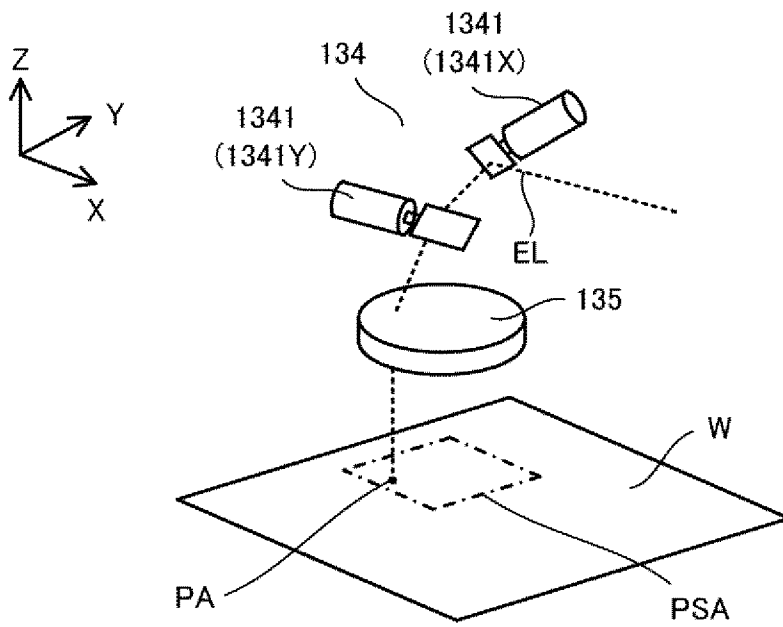
[図2]



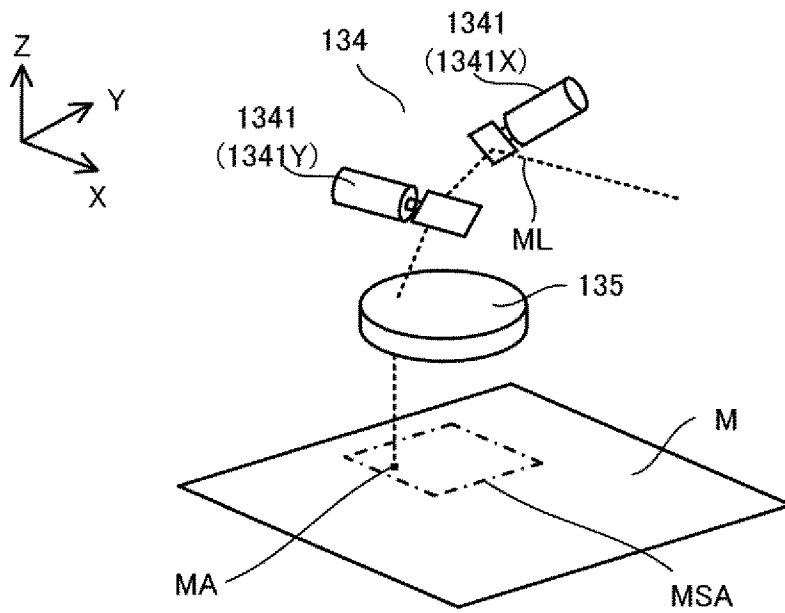
[図3]



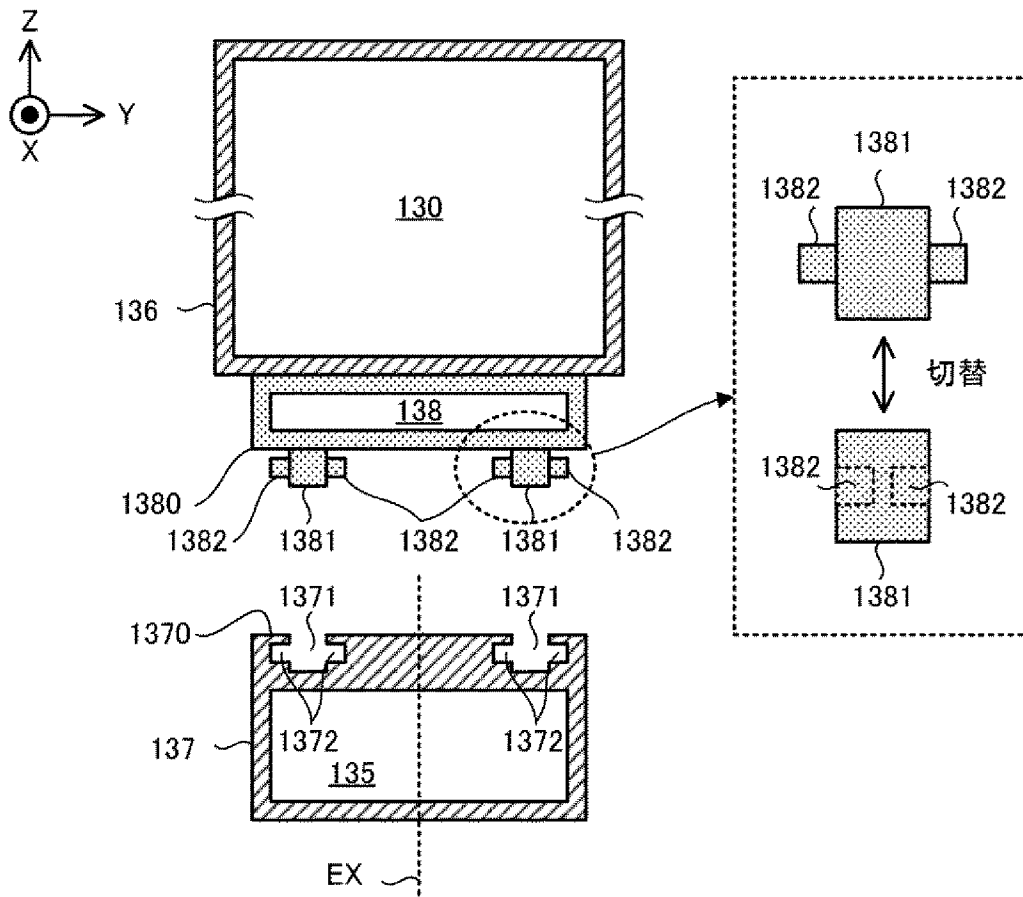
[図4]



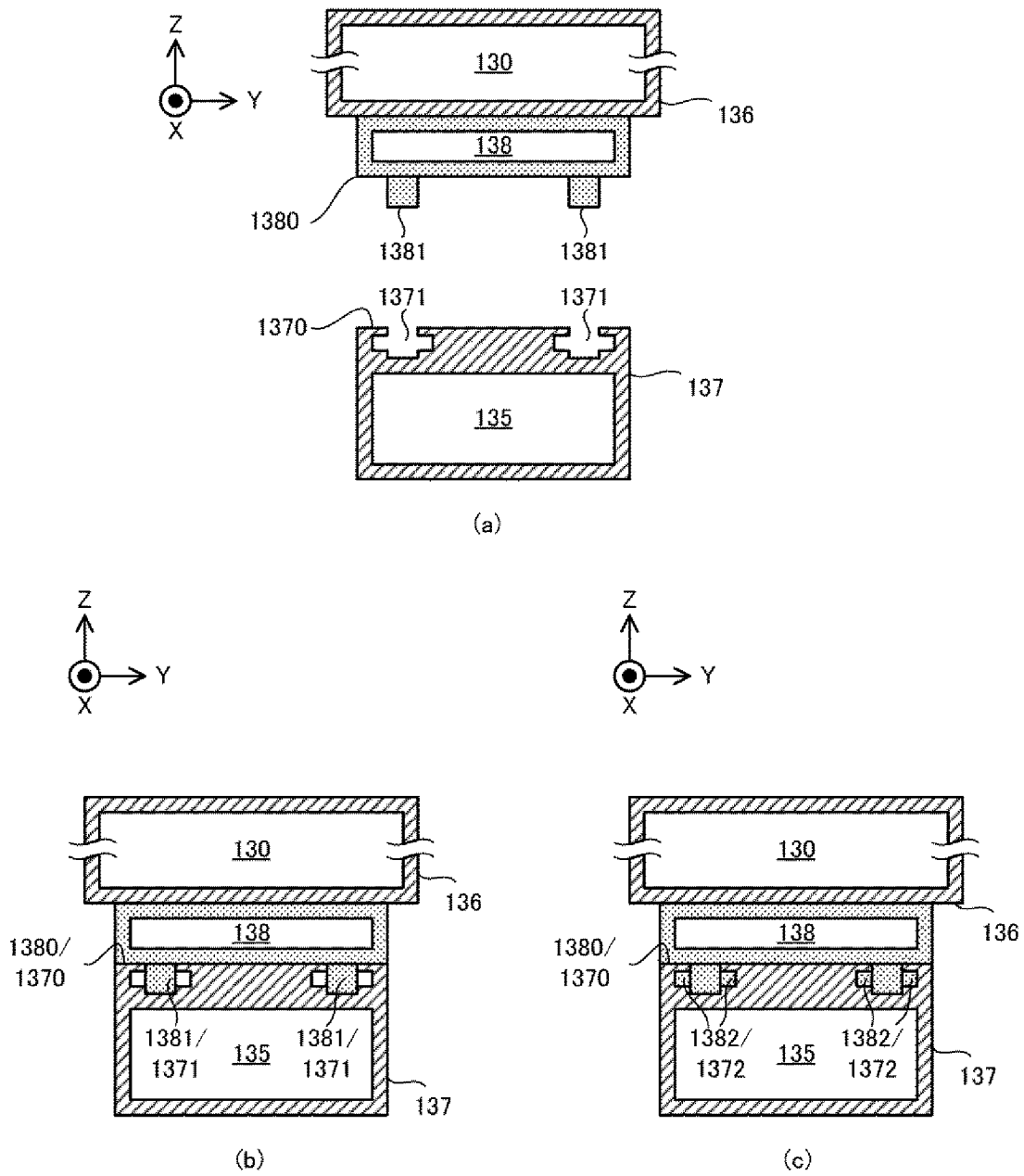
[図5]



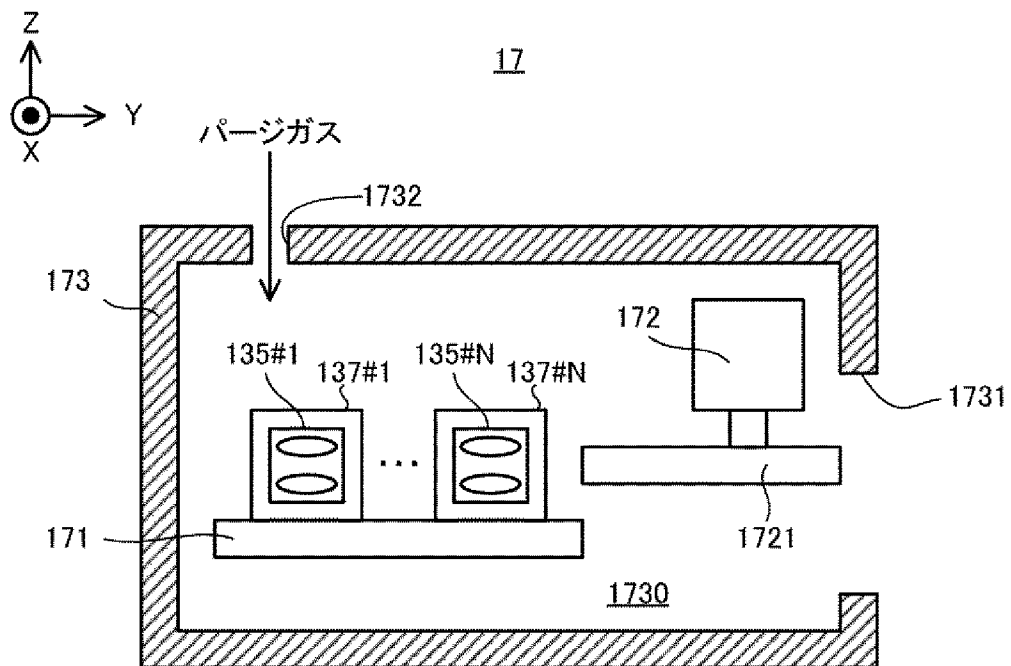
[図6]



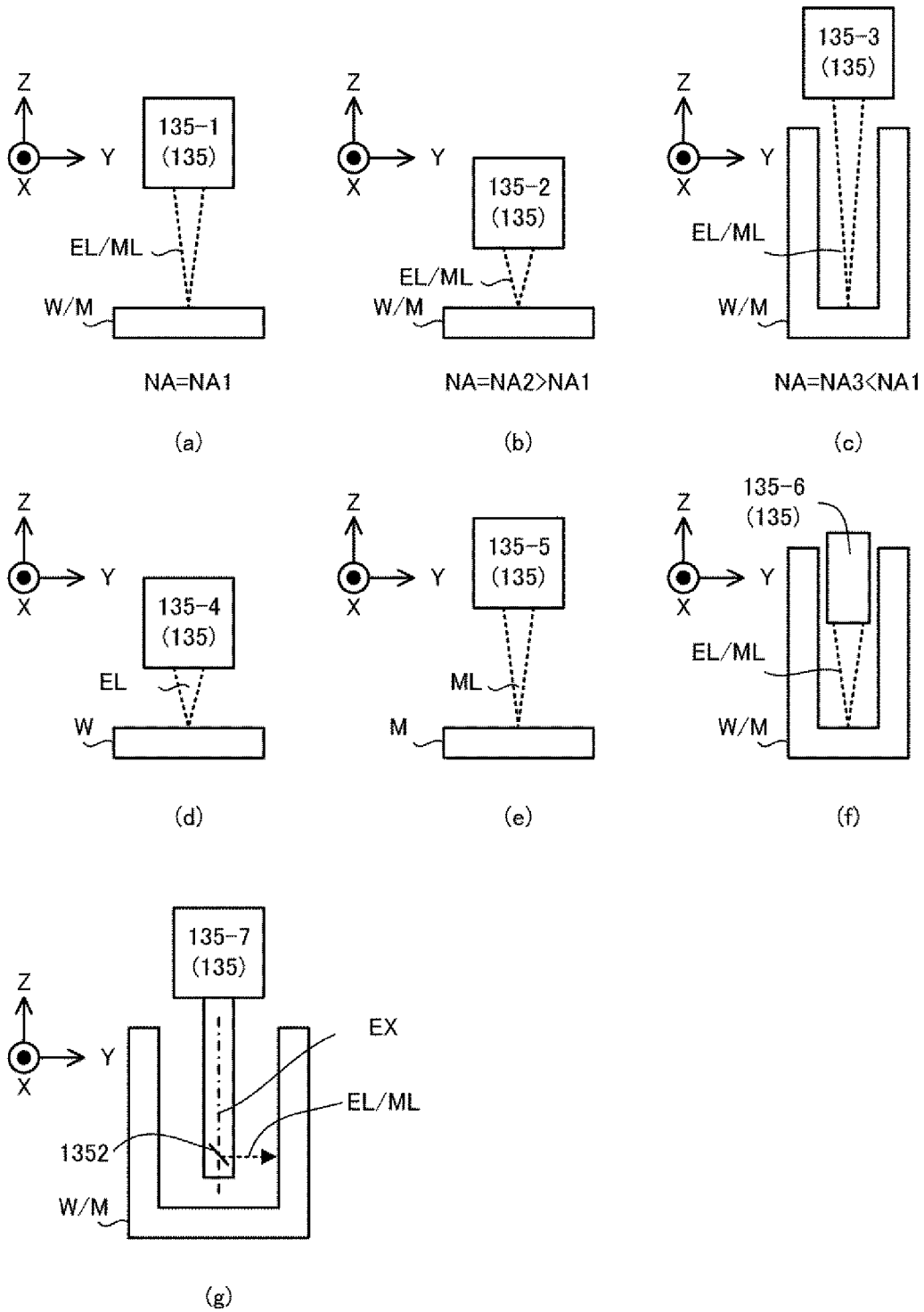
[図7]



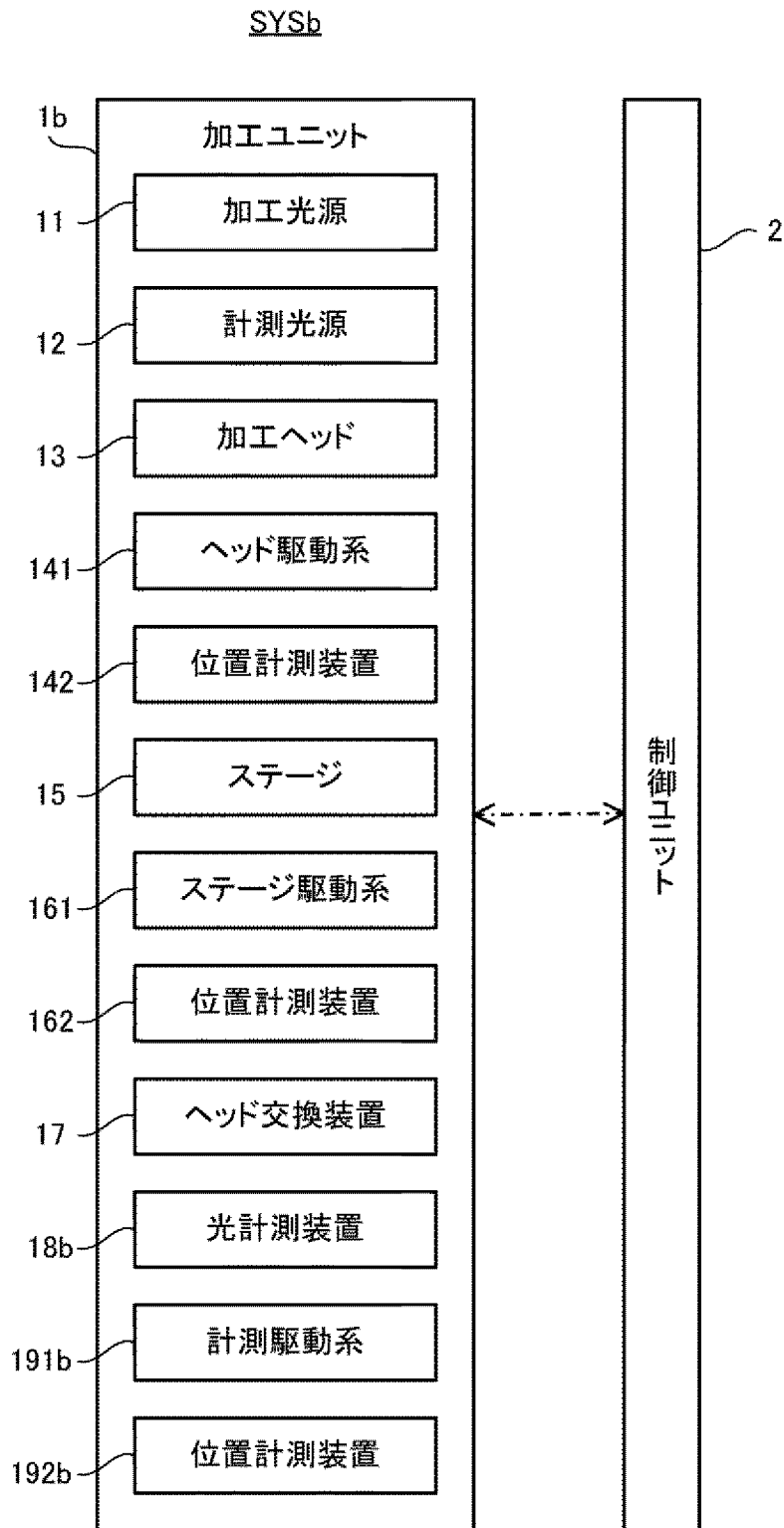
[図8]



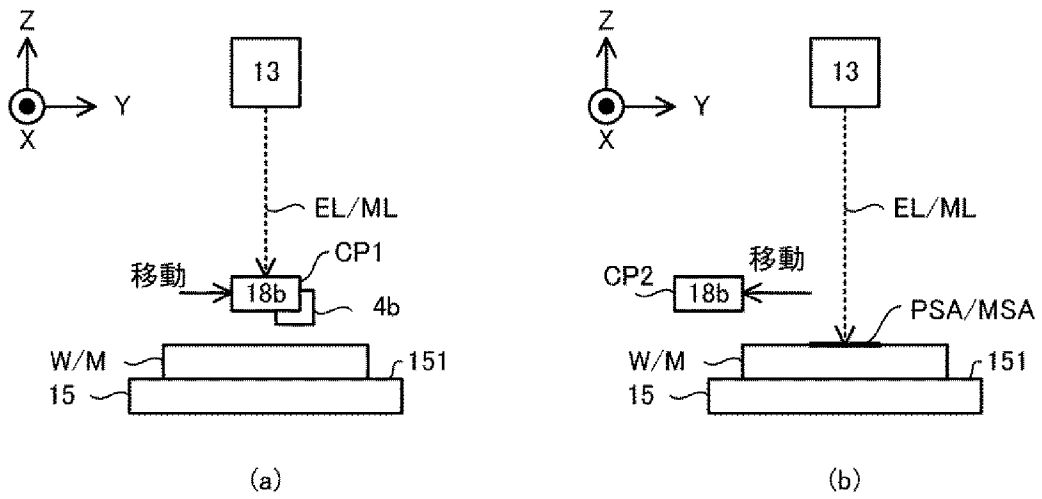
[図9]



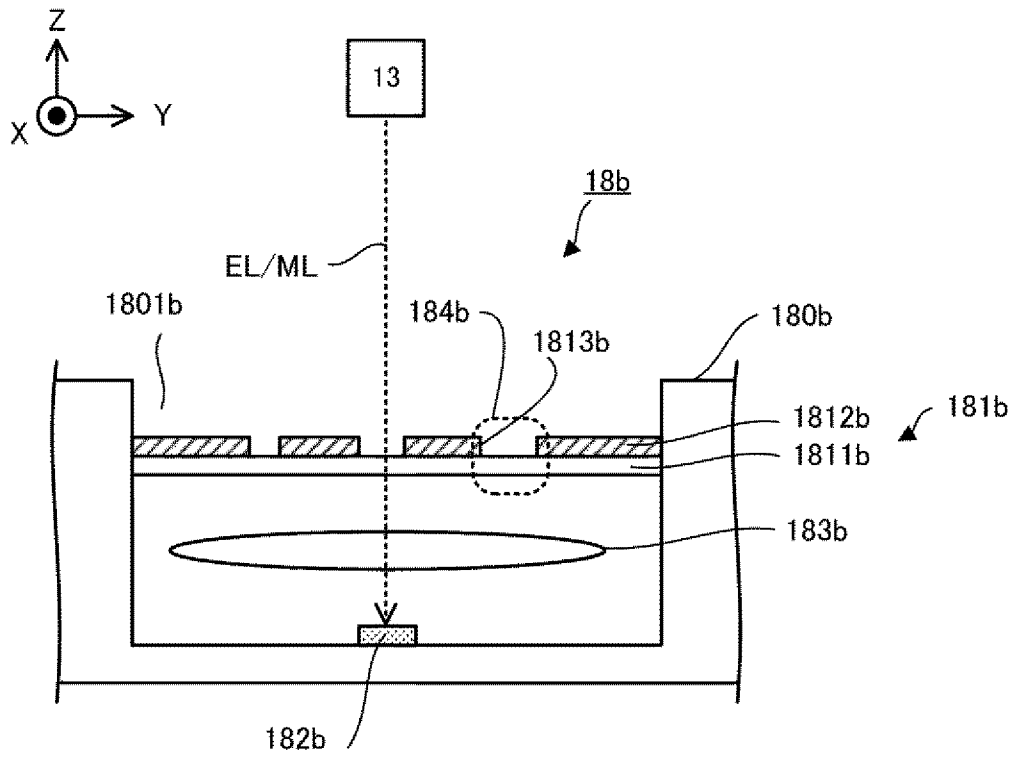
[図10]



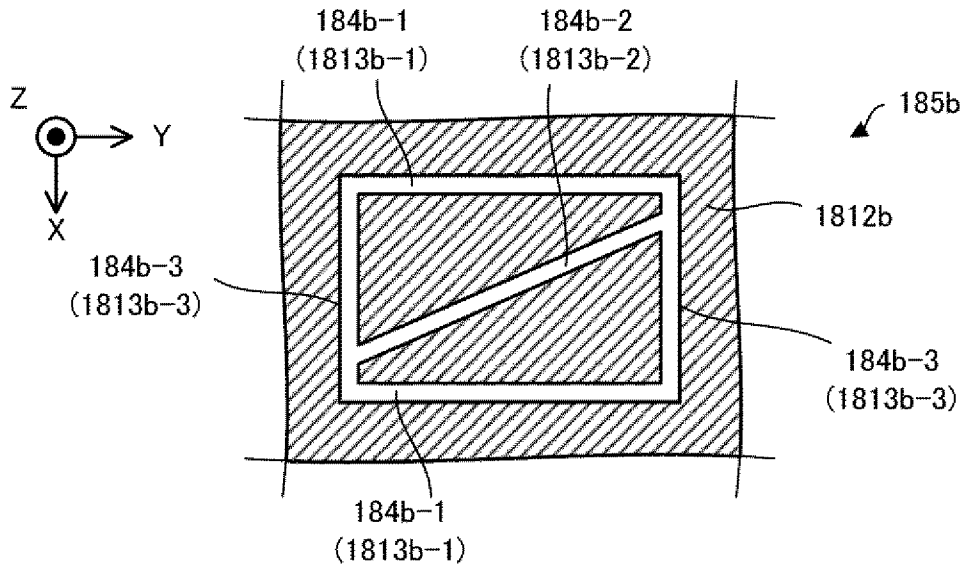
[図11]



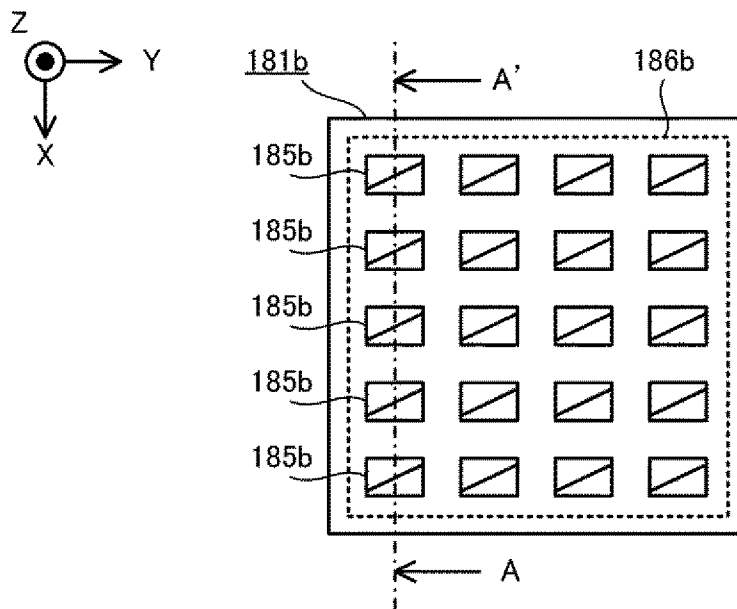
[図12]



[図13]

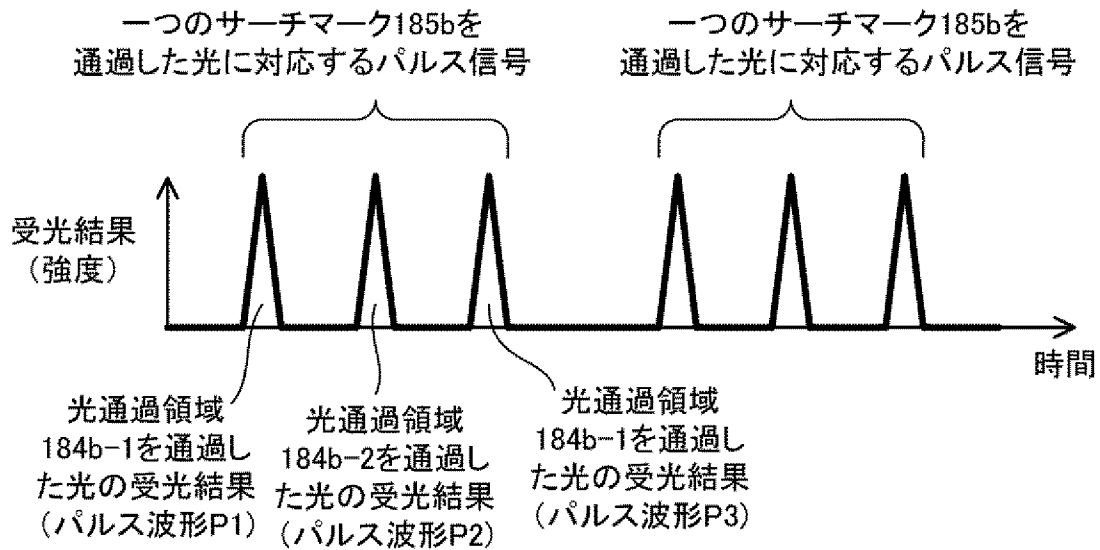


[図14]

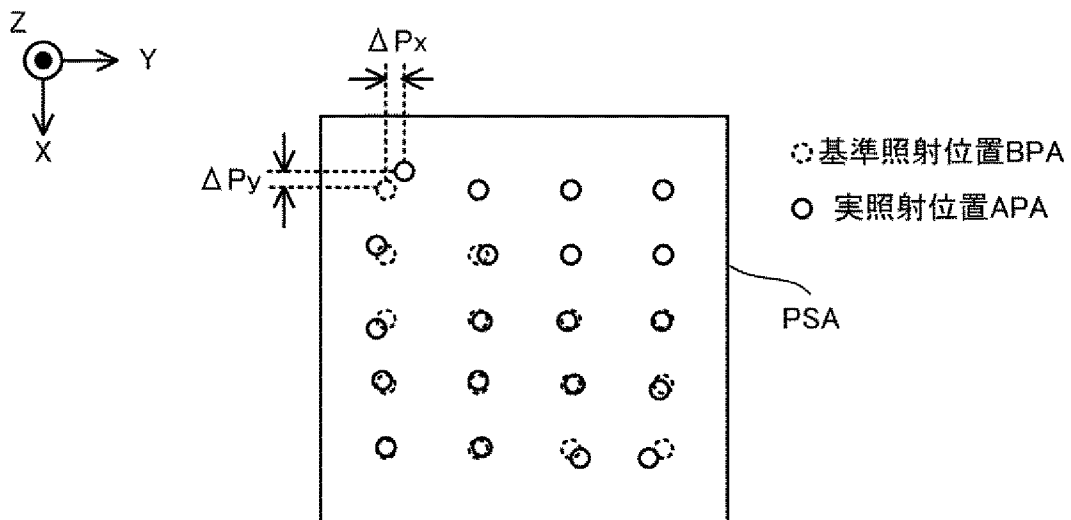




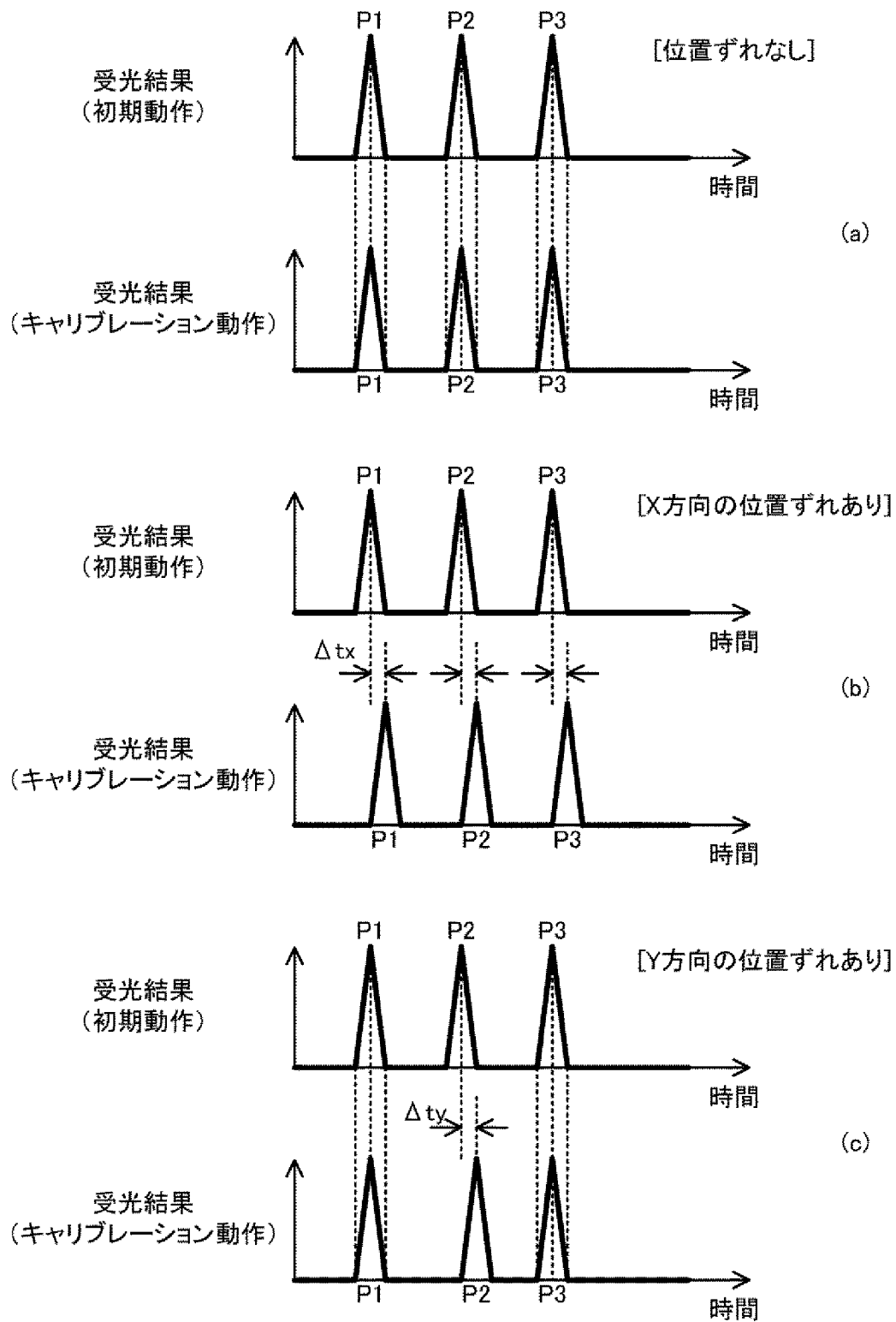
[図17]



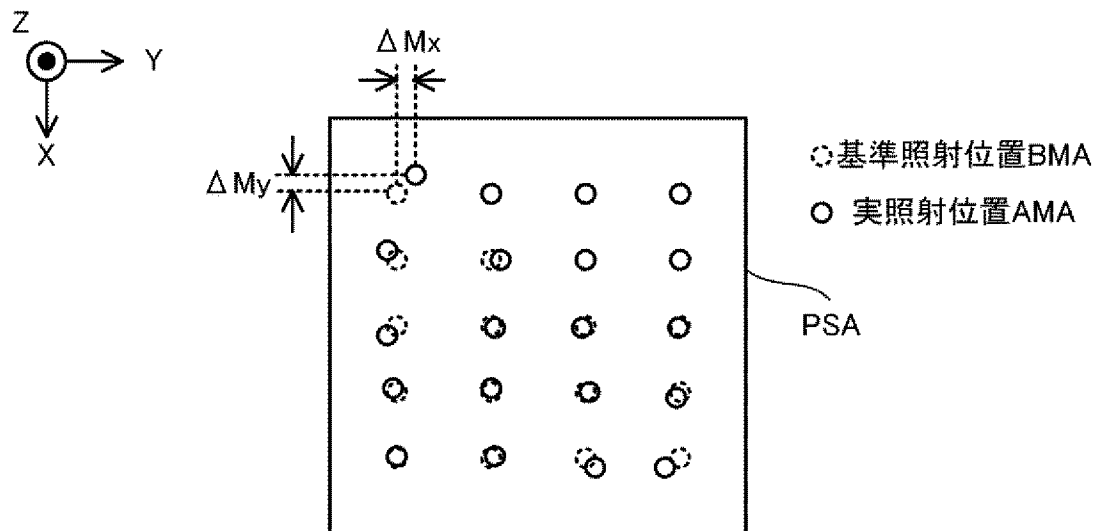
[図18]



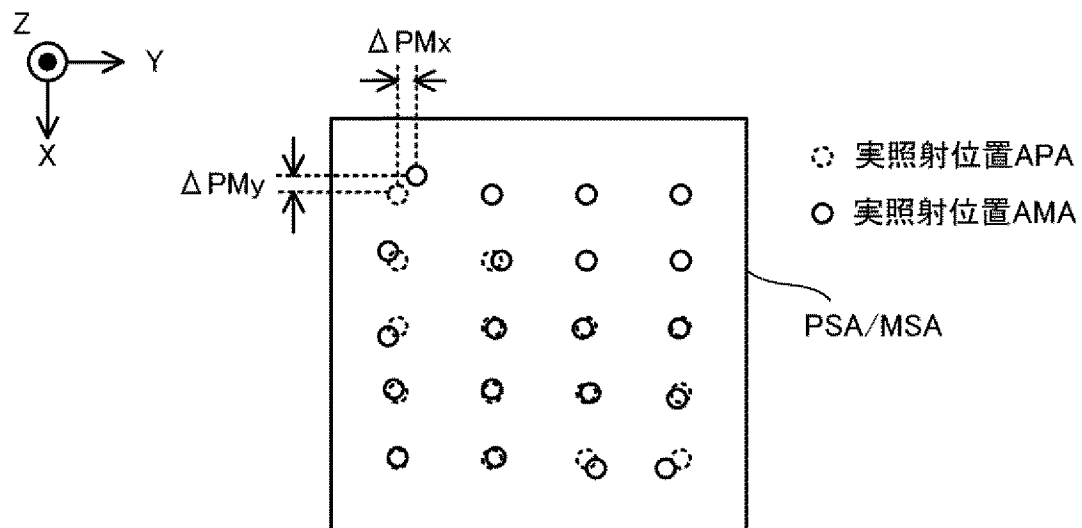
[図19]



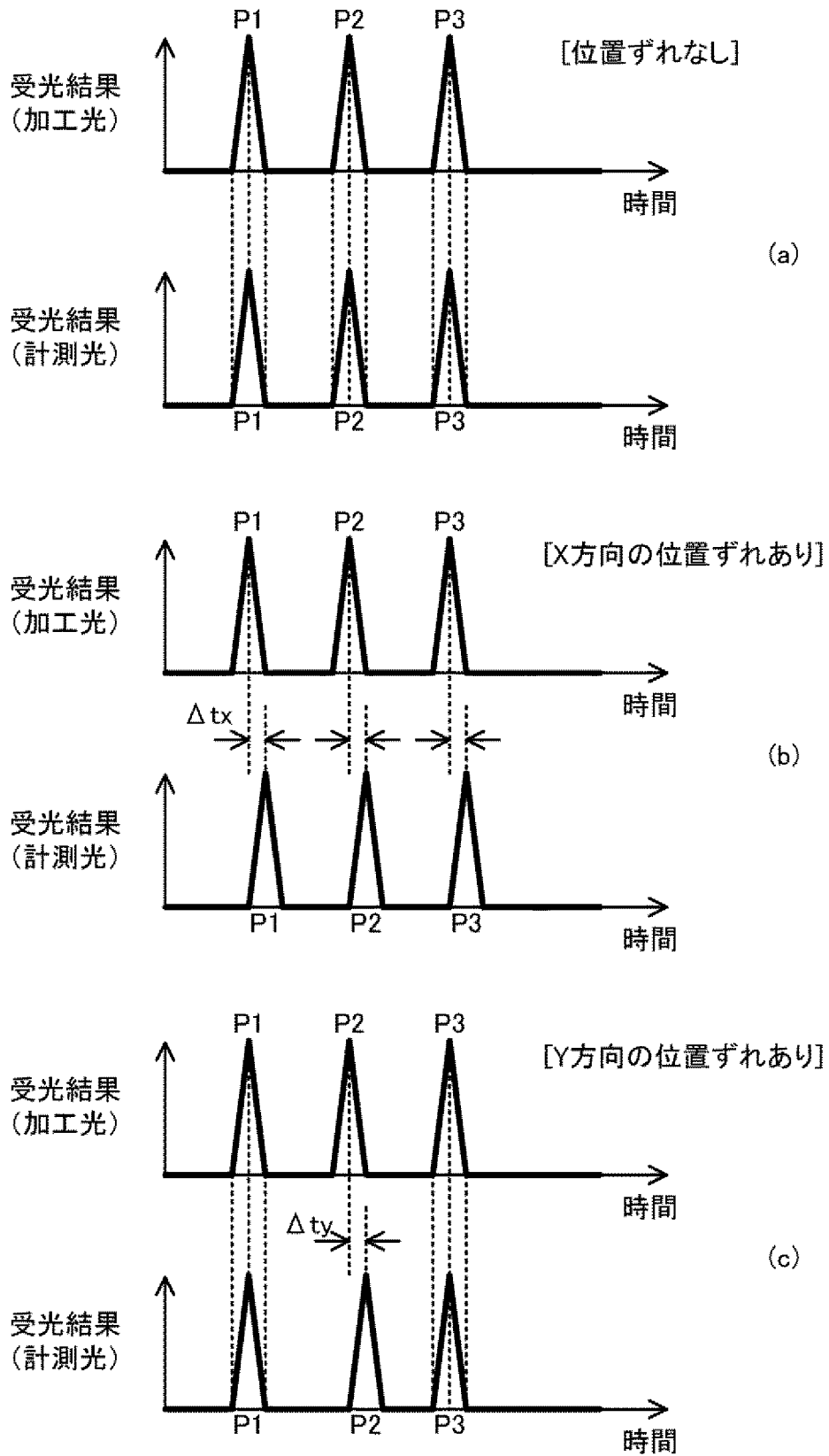
[図20]



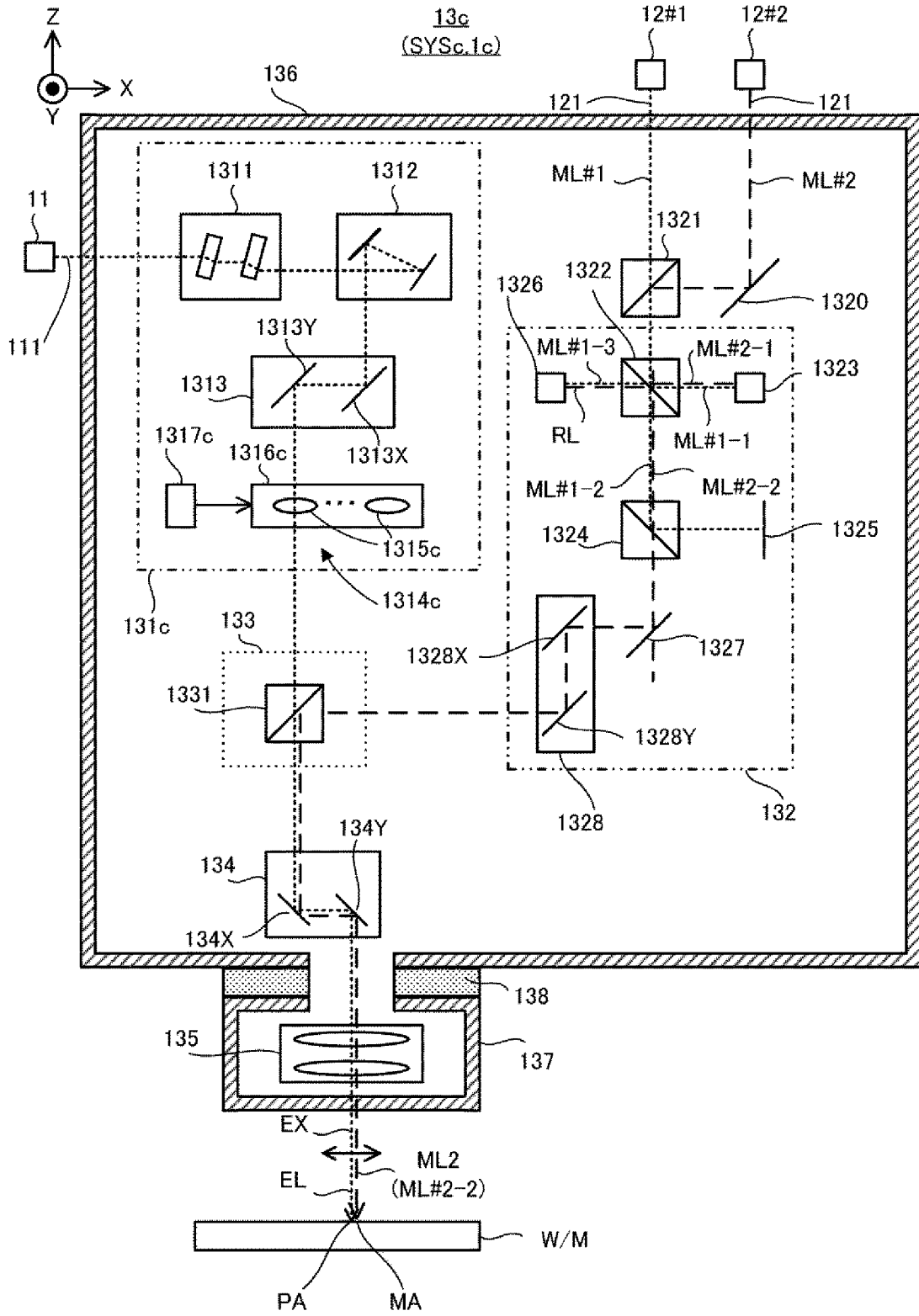
[図21]



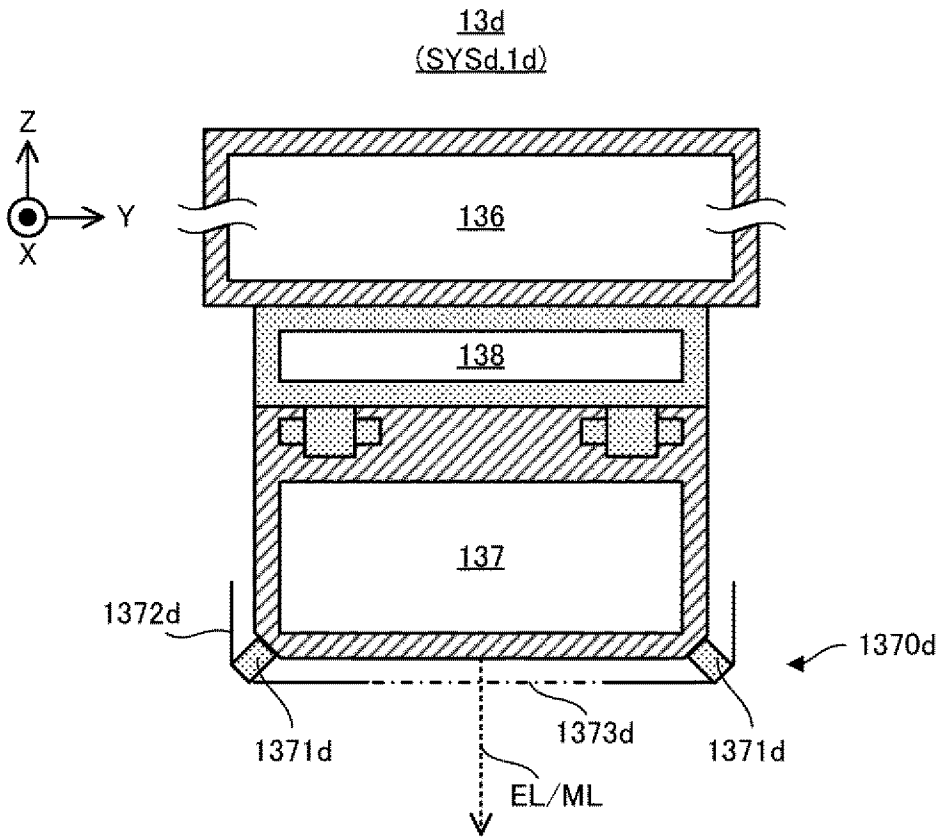
[図22]



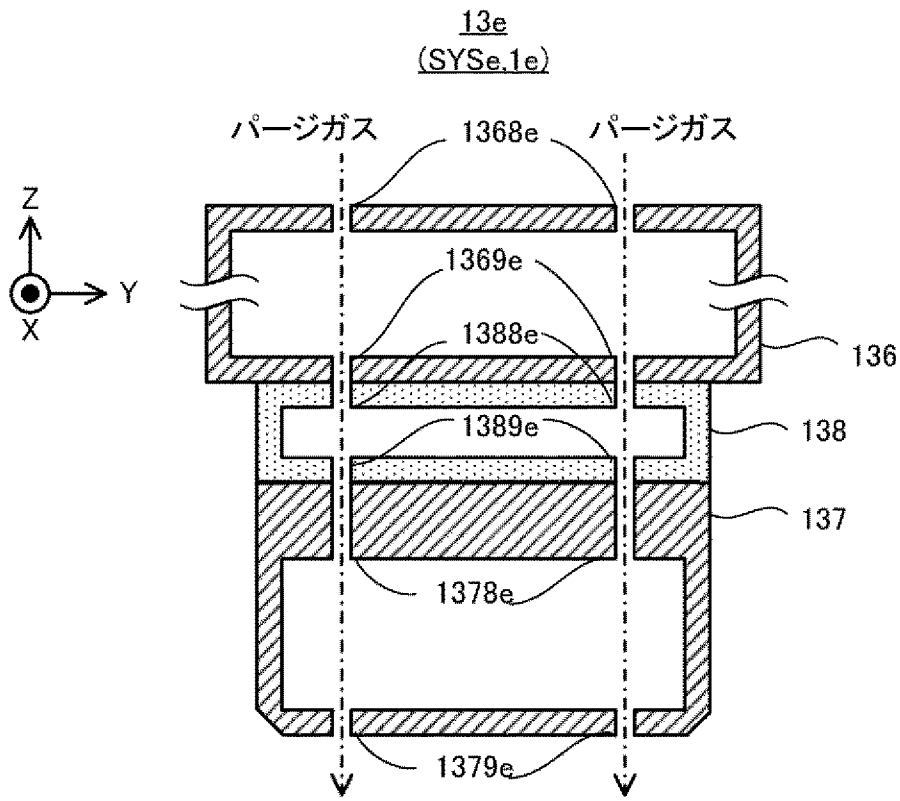
[図23]



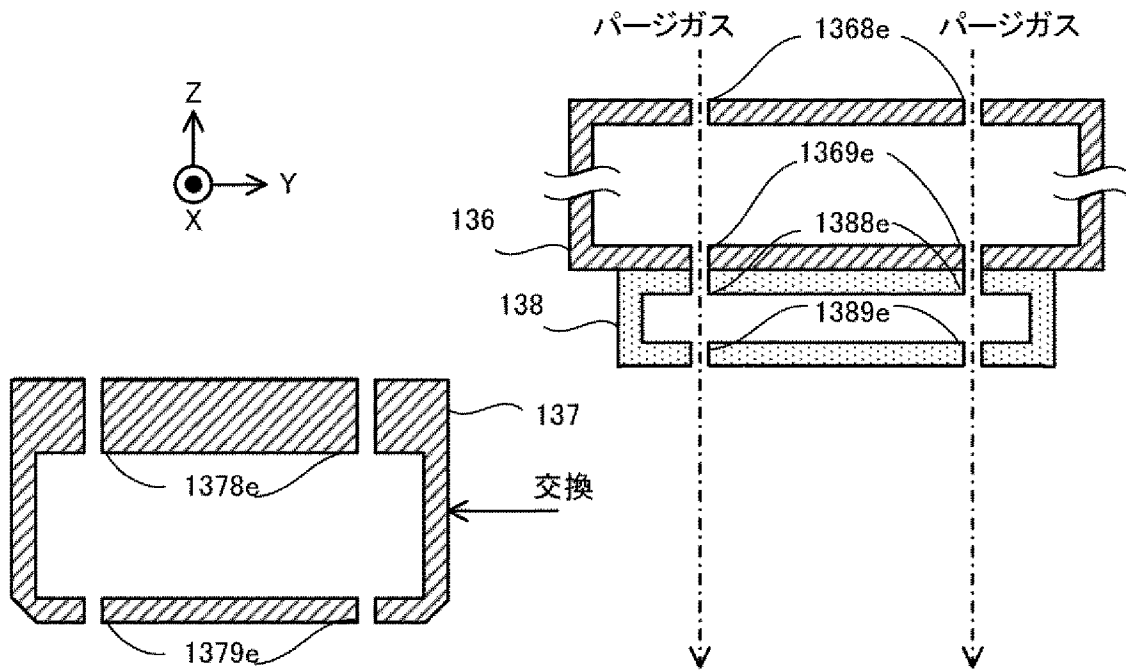
[図24]



[図25]



[図26]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/021729

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>B23K 26/00</i> (2014.01)i; <i>B23K 26/082</i> (2014.01)i; <i>B23K 26/70</i> (2014.01)i FI: B23K26/00 M; B23K26/082; B23K26/70		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B23K26/00; B23K26/082; B23K26/70		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2008-119716 A (MARUBUN CORP.) 29 May 2008 (2008-05-29) paragraphs [0017]-[0071], fig. 1-4	1-4, 72  5-14, 19-20, 31-40, 69-71  15-18, 21-30, 41-65, 73-74
Y	JP 2016-203232 A (PANASONIC IP MANAGEMENT CORP.) 08 December 2016 (2016-12-08) claim 1, paragraph [0012], fig. 1-11	5, 7-14, 19-20, 31-40
Y	WO 2016/203823 A1 (DMG MORI CO., LTD.) 22 December 2016 (2016-12-22) paragraphs [0067]-[0103], fig. 1-24	6-14, 19-20, 31-40
Y	JP 2010-82663 A (SUNX LTD.) 15 April 2010 (2010-04-15) claim 1, fig. 1	19-20, 31-40
Y	JP 4-55082 A (AMADA CO., LTD.) 21 February 1992 (1992-02-21) page 2, lower left column to page 6, lower right column, fig. 1-9	66-71, 75
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 <b>25 July 2022</b>		Date of mailing of the international search report <b>09 August 2022</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/JP2022/021729**

<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-181671 A (AMADA CO., LTD.) 02 July 2003 (2003-07-02) claim 1, fig. 1-10	66-71, 75
Y	JP 10-6061 A (AMADA CO., LTD.) 13 January 1998 (1998-01-13) claim 5, paragraph [0033], fig. 1-2	66-71, 75

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No. <b>PCT/JP2022/021729</b>
---

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2008-119716 A	29 May 2008	(Family: none)	
JP 2016-203232 A	08 December 2016	(Family: none)	
WO 2016/203823 A1	22 December 2016	US 2019/0151990 A1 paragraphs [0092]-[0129], fig. 1-24 CN 107735209 A	
JP 2010-82663 A	15 April 2010	(Family: none)	
JP 4-55082 A	21 February 1992	(Family: none)	
JP 2003-181671 A	02 July 2003	(Family: none)	
JP 10-6061 A	13 January 1998	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B23K 26/00(2014.01)i; B23K 26/082(2014.01)i; B23K 26/70(2014.01)i FI: B23K26/00 M; B23K26/082; B23K26/70		
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（IPC）） B23K26/00; B23K26/082; B23K26/70 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 - 2022年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2022年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2022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 Y A	JP 2008-119716 A（丸文株式会社）29.05.2008（2008 - 05 - 29） 段落0017 - 0071, 図1 - 4	1-4, 72  5-14, 19-20, 31-40, 69-71  15-18, 21-30, 41-65, 73-74
Y	JP 2016-203232 A（パナソニックIPマネジメント株式会社）08.12.2016（2016 - 12 - 08） 請求項1, 段落0012, 図1 - 11	5, 7-14, 19-20, 31-40
Y	WO 2016/203823 A1（DMG森精機株式会社）22.12.2016（2016 - 12 - 22） 段落0067 - 0103, 図1 - 24	6-14, 19-20, 31-40
Y	JP 2010-82663 A（サンクス株式会社）15.04.2010（2010 - 04 - 15） 請求項1, 図1	19-20, 31-40
Y	JP 4-55082 A（株式会社アマダ）21.02.1992（1992 - 02 - 21） 第2ページ左下欄 - 第6ページ右下欄, 第1図 - 第9図	66-71, 75
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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、一般的な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抵触するものではなく、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	国際調査報告の発送日	
25.07.2022	09.08.2022	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官）  黒石 孝志 3P 9527  電話番号 03-3581-1101 内線 3363	

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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	JP 2003-181671 A (株式会社アマダ) 02.07.2003 (2003 - 07 - 02) 請求項 1, 図 1 - 1 0	66-71, 75
Y	JP 10-6061 A (株式会社アマダ) 13.01.1998 (1998 - 01 - 13) 請求項 5, 段落 0 0 3 3, 図 1 - 2	66-71, 75

国際調査報告  
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号  
 PCT/JP2022/021729

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2008-119716 A	29.05.2008	(ファミリーなし)	
JP 2016-203232 A	08.12.2016	(ファミリーなし)	
WO 2016/203823 A1	22.12.2016	US 2019/0151990 A1 段落0092-0129, 図1-24 CN 107735209 A	
JP 2010-82663 A	15.04.2010	(ファミリーなし)	
JP 4-55082 A	21.02.1992	(ファミリーなし)	
JP 2003-181671 A	02.07.2003	(ファミリーなし)	
JP 10-6061 A	13.01.1998	(ファミリーなし)	