

(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
2018年10月4日(04.10.2018)



(10) 国際公開番号

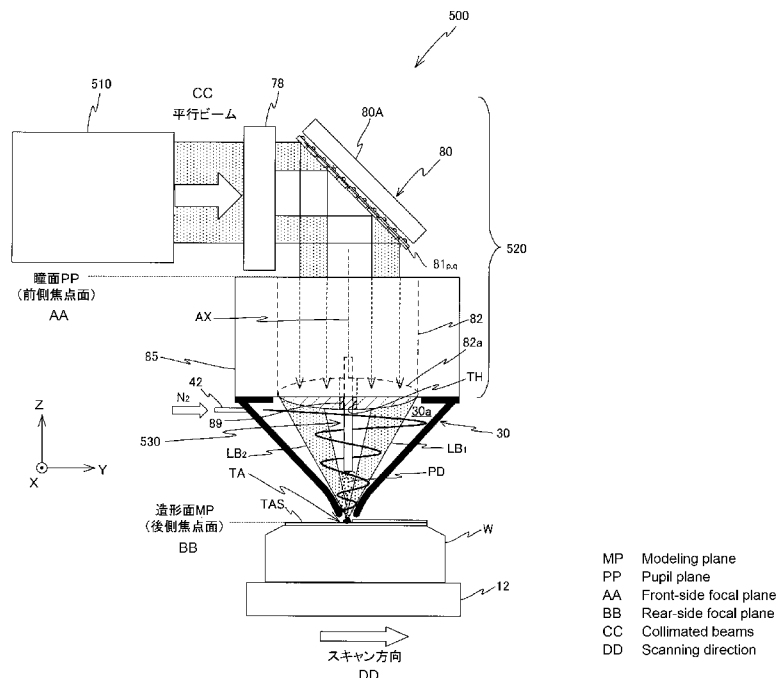
WO 2018/181334 A1

- (51) 国際特許分類:
B22F 3/105 (2006.01) B33Y 10/00 (2015.01)
B22F 3/16 (2006.01) B33Y 30/00 (2015.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/012465
- (22) 国際出願日: 2018年3月27日(27.03.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2017-069706 2017年3月31日(31.03.2017) JP
- (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: 柴崎 祐一 (SHIBAZAKI, Yuichi);
〒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: 立石 篤司 (TATEISHI, Atsuji);
〒2060035 東京都多摩市唐木田一丁目53番地9 唐木田センタービル 立石国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: MODELING SYSTEM AND MODELING METHOD

(54) 発明の名称: 造形システム及び造形方法

[図2]



MP Modeling plane
PP Pupil plane
AA Front-side focal plane
BB Rear-side focal plane
CC Collimated beams
DD Scanning direction

(57) Abstract: In the present invention, a modeling system for forming a three-dimensional model atop a target surface (TAS) using beams is provided with: a beam emission unit (520) for emitting beams (LB₁, LB₂) passing through optical paths inclined with respect to an axis (AX); a material supply part (530) having a material supply port and supplying along the axis (AX) a powdery modeling material (PD) to be irradiated with the beams from the beam emission unit; a cover member (30) having an inner surface which progressively converges from one end to the

MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

other end and an exit formed on the other end for the beams from the beam emission unit to pass therethrough; and a gas supply device (42) for supplying, via a gas supply port, an inert gas into a space (30a) enclosed by the cover member. The inert gas flows to the outside of the space via the exit in the cover member, and the modeling material is supplied to the outside of the space via the exit in the cover member.

(57) 要約: ビームを用いて対象面(TAS)上に三次元造形物を形成する造形システムは、軸(AX)に対して傾斜する光路を通るビーム(LB₁、LB₂)を射出するビーム照射部(520)と、材料供給口を有し、ビーム照射部からのビームで照射される粉状の造形材料(PD)を軸(AX)に沿って供給する材料供給部(530)と、一端側から他端側に徐々に収束する内面を有し、他端にビーム照射部からのビームが通過する出口が形成されたカバー部材(30)と、カバー部材内部の空間(30a)内にガス供給口を介して不活性ガスを供給するガス供給装置(42)と、を備え、不活性ガスが、カバー部材の出口を介して空間の外に流れ、造形材料は、カバー部材の出口を介して前記空間の外に供給される。

明 細 書

発明の名称：造形システム及び造形方法

技術分野

[0001] 本発明は、造形システム及び造形方法に係り、さらに詳しくは、ビームを用いて対象面上に三次元造形物を形成する造形システム及び造形方法に関する。本発明に係る造形システム及び造形方法は、ラピッドプロトタイピング（３Ｄプリンティング、あるいは付加製造、あるいはダイレクトデジタル製造と呼ばれることもある）による三次元造形物の形成に好適に用いることができる。

背景技術

[0002] ＣＡＤデータから直接３Ｄ（三次元）形状を生成する技術は、ラピッドプロトタイピング（３Ｄプリンティング、あるいは付加製造、あるいはダイレクトデジタル製造と呼ばれることもあるが、以下、ラピッドプロトタイピングを総称として用いる）と呼ばれる。３Ｄプリンタ等のラピッドプロトタイピングにより三次元造形物を形成する造形装置を、扱う材料で分類すると、樹脂を扱うものと金属を扱うものに大別できる。ラピッドプロトタイピングで製作される金属製の三次元造形物は、実際の機械構造物の一部（それが量産品にせよ試作品にせよ）として用いられることになる。既存の金属用３Ｄプリンタ（以下、Ｍ３ＤＰ（Metal 3D Printer）と略記する）として、ＰＢＦ（Powder Bed Fusion）とＤＥＤ（Directed Energy Deposition）の２種類がよく知られている。

[0003] ＤＥＤでは、溶解させた金属材料を、加工対象に付着させる方法をとっている。例えば、集光レンズで絞ったレーザビームの焦点付近に、粉末金属を噴射する（例えば、特許文献１参照）。

[0004] ＤＥＤでは、粉末材料は加工ヘッドから必要に応じて必要な量だけ供給されるため、無駄が少ない。

[0005] 上述したように、ＤＥＤは、ＰＢＦに比べて、原材料となる粉末金属の扱

いなどにおいて改善が図られているが、改善すべき点が多い。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：米国特許出願公開第2003/0206820号明細書

発明の概要

[0007] 本発明の第1の態様によれば、ビームを用いて対象面上に三次元造形物を形成する造形システムであって、軸に対して傾斜する光路を通るビームを射出するビーム照射部と、材料供給口を有し、前記ビーム照射部からのビームで照射される粉状の造形材料を前記軸に沿って供給する材料供給部と、一端側から他端側に徐々に収束する内面を有し、前記他端に前記ビーム照射部からのビームが通過する出口が形成されたカバー部材と、前記カバー部材内部の空間内にガス供給口を介して不活性ガスを供給するガス供給装置と、を備え、前記不活性ガスが、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外に流れ、前記造形材料は、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外に供給される造形システムが、提供される。

[0008] 本明細書において、対象面は、造形の目標部位が設定される面である。

[0009] 本発明の第2の態様によれば、ビームを用いて対象面上に三次元造形物を形成する造形システムであって、軸に対して傾斜する光路を通るビームを射出するビーム照射部と、材料供給口を有し、前記ビーム照射部からのビームで照射される粉状の造形材料を前記軸に沿って供給する材料供給部と、前記光路の少なくとも一部を囲むように配置された内面を有し、前記ビーム照射部からのビームが通過する出口が形成されたカバー部材と、前記カバー部材内部の空間内にガス供給口を介して不活性ガスを供給するガス供給装置と、を備え、前記不活性ガスは、旋回流となって、前記カバー部材の内面に沿って前記出口に向かって流れ、前記不活性ガスが、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外に流れ、前記造形材料は、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外に供給される造形システムが、提供される。

[0010] 本発明の第3の態様によれば、ビームを用いて対象面上に三次元造形物を

形成する造形システムであって、軸に対して傾斜する光路を通るビームを射出するビーム照射部と、材料供給口を有し、前記ビーム照射部からのビームで照射される粉状の造形材料を前記軸に沿って供給する材料供給部と、前記光路の少なくとも一部を囲むように配置された内面を有し、前記ビーム照射部からのビームが通過する出口が形成されたカバー部材と、前記カバー部材内部の空間内にガス供給口を介して不活性ガスを供給するガス供給装置と、を備え、前記不活性ガスは、前記軸の周りを旋回流となって、前記出口に向かって流れ、前記不活性ガスが、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外に流れ、前記造形材料は、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外に供給される造形システムが、提供される。

[0011] 本発明の第4の態様によれば、ビームを用いて対象面上に三次元造形物を形成する造形システムであって、軸に対して傾斜する光路を通るビームを射出するビーム照射部と、材料供給口を有し、造形材料としての粉体を前記軸に沿って供給する材料供給部と、前記ビーム照射部からのビームが通過する出口が形成されたカバー部材と、前記カバー部材内部の空間内にガス供給口を介して不活性ガスを供給するガス供給装置と、を備え、前記不活性ガスが、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外に流れ、前記造形材料は、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外の前記対象面に供給される造形システムが、提供される。

[0012] 本発明の第5の態様によれば、ビームを用いて対象面上に三次元造形物を形成する造形方法であって、ビーム照射部から軸に対して傾斜する光路を通るビームを射出することと、前記ビームで照射される粉状の造形材料を前記軸に沿って供給することと、一端側から他端側に徐々に収束する内面を有し、前記他端に前記ビーム照射部からのビームが通過する出口が形成されたカバー部材の内部の空間内にガス供給口を介して不活性ガスを供給することと、を含み、前記不活性ガスは、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外に流れ、前記造形材料は、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外の前記対象面に供給される造形方法が、提供される。

[0013] 本発明の第6の態様によれば、ビームを用いて対象面上に三次元造形物を形成する造形方法であって、ビーム照射部から軸に対して傾斜する光路を通るビームを射出することと、前記ビームで照射される粉状の造形材料を前記軸に沿って供給することと、前記光路の少なくとも一部を囲むように配置された内面を有し、前記ビーム照射部からのビームが通過する出口が形成されたカバー部材の内部の空間内にガス供給口を介して不活性ガスを供給することと、を含み、前記不活性ガスは、旋回流となって、前記カバー部材の内面に沿って前記出口に向かって流れ、前記不活性ガスは、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外に流れ、前記造形材料は、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外の前記対象面に供給される造形方法が、提供される。

[0014] 本発明の第7の態様によれば、ビームを用いて対象面上に三次元造形物を形成する造形方法であって、ビーム照射部から軸に対して傾斜する光路を通るビームを射出することと、前記ビームで照射される粉状の造形材料を前記軸に沿って供給することと、前記光路の少なくとも一部を囲むように配置された内面を有し、前記ビーム照射部からのビームが通過する出口が形成されたカバー部材の内部の空間内にガス供給口を介して不活性ガスを供給することと、を含み、前記不活性ガスは、前記軸の周りを旋回流となって、前記出口に向かって流れ、前記不活性ガスは、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外に流れ、前記造形材料は、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外の前記対象面に供給される造形方法が、提供される。

[0015] 本発明の第8の態様によれば、ビームを用いて対象面上に三次元造形物を形成する造形方法であって、ビーム照射部から軸に対して傾斜する光路を通るビームを射出することと、前記ビームで照射される粉状の造形材料を前記軸に沿って供給することと、一端側から他端側に徐々に収束する内面を有し、前記他端に前記ビーム照射部からのビームが通過する出口が形成されたカバー部材の内部の空間内にガス供給口を介して不活性ガスを供給することと、を含み、前記不活性ガスは、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間

の外に流れ、前記造形材料は、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外の前記対象面に供給される造形方法が、提供される。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]一実施形態に係る造形システムの全体構成を示すブロック図である。

[図2]造形システムをワークが搭載されたテーブルとともに示す図である。

[図3]光源系からの平行ビームがミラーアレイに照射され、複数のミラー素子それぞれからの反射ビームの集光光学系に対する入射角度が個別に制御される状態を示す図である。

[図4]造形システムが備える材料供給部を集光光学系等とともに示す図である。

[図5]図2における鏡筒85及びその下方の部分、ワークWの目標部位TA近傍部分とともに拡大して示す図である。

[図6]造形装置の制御系を中心的に構成する制御装置の入出力関係を示すブロック図である。

[図7]複数の供給口を介して、不活性ガスをカバー部材の内部に供給し、上下に流れるガスの流れを生じさせる変形例について説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、一実施形態について、図1～図6に基づいて説明する。図1には、一実施形態に係る造形システム100の全体構成が、ブロック図にて示されている。

[0018] 造形システム100は、DED方式のM3DPである。造形システム100は、ラピッドプロトタイピングにより、後述するテーブル上で三次元造形物を形成するのにも用いることができるが、ワーク（例えば、既存の部品）に対して三次元造形による付加加工を行うのにも用いることもできる。本実施形態では、後者のワークに対する付加加工を行う場合を中心として説明を行う。

[0019] 造形システム100は、移動装置200、計測装置400及び造形ヘッド部500と、これら各部を含む造形システム100の全体を制御する制御装置600とを備えている。このうち、計測装置400と、造形ヘッド部500

0とは、所定方向、に離れて配置されている。以下の説明では、便宜上、計測装置400と、造形ヘッド部500とは、後述するX軸方向（図2参照）に離れて配置されているものとする。

[0020] 図2には、造形ヘッド部500が、ワークWが搭載されたテーブル12とともに示されている。以下では、図2における紙面に直交する方向をX軸方向、紙面内の左右方向をY軸方向、X軸及びY軸に直交する方向をZ軸方向とし、X軸、Y軸及びZ軸回りの回転（傾斜）方向を、それぞれ θ_x 、 θ_y 及び θ_z 方向として説明を行う。

[0021] 移動装置200は、造形の対象面（ここではワークW上の目標部位TAが設定される面）TAS（例えば図2及び図5参照）の位置及び姿勢を変更する。具体的には、対象面TASを有するワークWが搭載されるテーブル12を6自由度方向（X軸、Y軸、Z軸、 θ_x 、 θ_y 及び θ_z の各方向）に移動することで、対象面の6自由度方向の位置の変更を行う。本明細書においては、テーブル、ワーク又は対象面などについて、 θ_x 、 θ_y 及び θ_z 方向の3自由度方向の位置を適宜「姿勢」と総称し、これに対応して残りの3自由度方向（X軸、Y軸及びZ軸方向）の位置を適宜「位置」と総称する。

[0022] 移動装置200は、ワークWが載置されるテーブル12と、XY平面に平行な床面上に配置され、テーブル12の位置及び姿勢を変更する駆動機構11（図2では不図示、図6参照）と、テーブル12、ワークW及び駆動機構11の全体を床面に沿って2次元方向に移動するための平面モータ26（図2では不図示、図6参照）とを備えている。ここで、移動装置200は、テーブル12の駆動機構11として、一例としてベースプラットフォームを構成するスライダと、エンドエフェクタを構成するテーブル12と、を備え、例えば米国特許第6,940,582号明細書に開示されるのと同様に構成されたスチュワートプラットフォーム型の6自由度パラレルリンク機構を備えている。移動装置200は、テーブル12の駆動機構11として、スチュワートプラットフォーム型の6自由度パラレルリンク機構を備えているので、高精度、高剛性、支持力が大きい、逆運動学計算が容易などの特徴がある。なお

、移動装置200は、テーブルを6自由度方向に移動できるものに限定されない。

[0023] 本実施形態に係る造形システム100では、ワークに対する付加加工時等において、ワークに対して所望の形状の造形物を形成する等のため、造形ヘッド部500に対し、より具体的には後述するビーム照射部からのビームに対してワーク（テーブル12）の位置及び姿勢が制御される。原理的には、この逆にビーム照射部からのビームの方が可動であっても良いし、ビームとワーク（テーブル）の両方が可動であっても良い。

[0024] テーブル12は、その上面に付加加工対象のワークWが搭載される。テーブル12には、ワークWを固定するためのチャック機構13（図2では不図示、図6参照）が設けられている。チャック機構13としては、例えばメカニカルチャックあるいは真空チャックなどが用いられる。なお、テーブル12の形状は、矩形板状、円盤状など如何なる形状でも良い。制御装置600は米国特許第6,940,582号明細書に開示されているのと同様の方法により、逆運動学計算を用いて駆動機構11（パラレルリンク機構）を介してテーブル12の位置及び姿勢を制御する。なお、パラレルリンク機構は、6本の伸縮可能なロッド（リンク）を備えており、各ロッドを個別に伸縮させる6つの伸縮機構を介して各ロッドの長さが制御装置600により制御され、各ロッドの長さ情報（基準状態からの長さの変化量）がリニアエンコーダ24₁～24₆（図6参照）によってそれぞれ計測される。なお、リニアエンコーダは、実際には、パラレルリンク機構を構成する6本の伸縮可能なロッドに設けられるが、図6では、便宜上、駆動機構11とは別に示されている。

[0025] 平面モータ26としては、ムービングマグネット型（又はムービングコイル型）のエア浮上方式の平面モータが用いられている。すなわち、テーブル12を含む駆動機構11の全体は、スライダの底面に前述の平面モータ26の可動子とともに設けられた複数のエアベアリングによって、平面モータ26の固定子が設けられた床面（又はベース）上で浮上支持されている。平面

モータ 26 によって、テーブル 12 を含む駆動機構 11 の全体は、床面（又はベース）上で移動される。本実施形態では、移動装置 200 は、図 1 に示される計測装置 400 及び造形ヘッド部 500、並びにワーク搬送系 300（図 1 では不図示、図 6 参照）の相互間で、テーブル 12 を自在に移動可能である。なお、移動装置 200 が、それぞれにワーク W を搭載する複数のテーブル 12 を備えていても良い。例えば複数のテーブルの 1 つに保持されたワークに対して造形ヘッド部 500 を用いた加工を行っている間に、別のテーブルに保持されたワークに対して計測装置 400 を用いた計測を行っても良い。かかる場合においても、計測装置 400 及び造形ヘッド部 500、並びにワーク搬送系 300（図 1 では不図示、図 6 参照）の相互間で、それぞれのテーブルが自在に移動可能にすれば良い。あるいは、もっぱら計測装置 400 を用いた計測のときにワークを保持するテーブルと、もっぱら造形ヘッド部 500 を用いた加工のときにワークを保持するテーブルとを設けるとともに、その 2 つのテーブルに対するワークの搬入及び搬出がワーク搬送系 300 等によって可能となる構成を採用した場合には、それぞれの平行リンク機構のベースプラットフォームを構成するスライダは、床面（又はベース）上に固定されていても良い。複数のテーブル 12 を設ける場合であっても、それぞれのテーブル 12 は、6 自由度方向に可動であり、その 6 自由度方向の位置の制御が可能である。

[0026] なお、平面モータ 26 としては、エア浮上方式に限らず、磁気浮上方式の平面モータを用いても良い。後者の場合、スライダには、エアベアリングを設ける必要はない。

[0027] 制御装置 600 では、平面モータ 26 を構成するコイルユニットの各コイルに供給される電流の大きさ及び方向の少なくとも一方を制御することで、スライダを、床面（又はベース）上で X、Y 2 次元方向に自在に移動することができる。

[0028] 本実施形態では、移動装置 200 は、スライダの X 軸方向及び Y 軸方向に関する位置情報を計測する位置計測系 28（図 6 参照）を備えている。位置

計測系 28 は、例えばエンコーダシステムあるいは干渉計システムなどによって構成することができる。

[0029] 本実施形態では、後述するように、計測装置 400 により、テーブル 12 上に搭載されたワーク W 上の対象面（例えば上面）の少なくとも一部の三次元空間内の位置情報（本実施形態では形状情報）が計測され、その計測後にワーク W に対する付加加工（造形）が行われる。したがって、制御装置 600 は、ワーク W 上の対象面の少なくとも一部の形状情報を計測したときに、その計測結果と、リニアエンコーダ 24₁～24₆によって計測される、その計測時における平行リンク機構の 6 本のロッドそれぞれの長さの計測情報と、位置計測系 28 の計測結果と、を対応づけることで、テーブル 12 に搭載されたワーク W 上の対象面の位置及び姿勢を、造形システム 100 の基準座標系（以下、テーブル座標系と呼ぶ）と関連付けることができる。これにより、それ以後は、平行リンク機構の 6 本のロッドそれぞれの長さの計測情報及び位置計測系 28 の計測結果に基づくテーブル 12 の 6 自由度方向の位置のオープンループの制御により、ワーク W 上の対象面 T A S の目標値に対する 6 自由度方向に関する位置制御が可能になっている。なお、テーブル 12 の 6 自由度方向の位置のオープンループの制御によるワーク W 上の対象面の目標値に対する 6 自由度方向に関する位置制御を可能にするために用いられる、計測装置 400 で計測すべき前述の三次元空間内の位置情報は、形状に限らず、対象面の形状に応じた少なくとも 3 点の三次元位置情報であれば足りる。

[0030] なお、本実施形態では、スライダを X Y 平面内で動かす駆動装置として、平面モータ 26 に代えてリニアモータを用いても良い。

[0031] また、テーブル 12 を移動するための機構を、前述のスチュワートプラットフォーム型の 6 自由度平行リンク機構以外のタイプの平行リンク機構、あるいは平行リンク機構以外の機構を用いて構成しても良い。移動装置 200 のテーブルを移動するための機構の構成は、要は、ワークが載置されるテーブル（可動部材）を X Y 平面内の 3 自由度方向、及び Z 軸方向、

並びにXY平面に対する傾斜方向（ θ_x 又は θ_y ）の少なくとも5自由度方向に移動できる構成であれば良い。この場合において、テーブル12そのものを、エア浮上又は磁気浮上によって、ベースなどの支持部材の上面上に所定のクリアランス（ギャップ又は隙間）を介して浮上支持（非接触支持）しても良い。このような構成を採用すると、テーブルは、これを支持する部材に対して非接触で移動するので、位置決め精度上極めて有利であり、造形精度向上に大きく寄与する。なお、テーブル12は、X軸、Y軸、Z軸の3自由度方向にだけ可動であっても良い。

[0032] なお、テーブル12を移動するための機構は、XY平面内で移動するスライダを備えていなくても良い。例えばテーブルとこのテーブルを移動するロボットによって移動システムを構成しても良い。

[0033] 計測装置400は、テーブル12に搭載されたワークの位置及び姿勢をテーブル座標系と関連付けるためのワークの三次元位置情報、一例として形状の計測を行う。計測装置400は、図6に示されるように、例えばレーザ非接触式の三次元計測機401を備えている。三次元計測機401は、例えば米国特許出願公開第2012/0105867号明細書に開示されている形状測定装置と同様に構成されている。

[0034] 本実施形態に係る三次元計測機401を用いる計測方法では、例えば光切断法を用いることで、被検物の表面に一本のライン光からなるライン状投影パターンを投影し、ライン状投影パターンを被検物表面の全域を走査させる毎に、被検物に投影されたライン状投影パターンを投影方向と異なる角度から撮像する。そして、撮像された被検物表面の撮像画像よりライン状投影パターンの長手方向の画素毎に三角測量の原理等を用いて被検物表面の基準平面からの高さを算出し、被検物表面の三次元形状を求める。ただし、ライン光の被検物に対するX、Y平面に平行な方向の走査は、米国特許出願公開第2012/0105867号明細書に記載されている装置では、センサ部の移動によって行われるのに対し、本実施形態では、テーブル12の移動によって行われる点が相違する。もちろん、センサ部の移動によって、あるいは

センサ部とテーブル 1 2 の両方の移動によって前述の走査が行われても良い。

[0035] 計測装置 4 0 0 は、上述の三次元計測機 4 0 1 の代わりに、あるいは上述の三次元計測機に加えて、アライメントマークを光学的に検出するマーク検出系 5 6（図 6 参照）を備えていても良い。マーク検出系 5 6 は、例えばワークに形成されたアライメントマークを検出することができる。制御装置 6 0 0 は、マーク検出系 5 6 を用いて少なくとも 3 つのアライメントマークの中心位置（三次元座標）をそれぞれ正確に検出することで、ワーク（又はテーブル 1 2）の位置及び姿勢を算出する。かかるマーク検出系 5 6 は、例えばステレオカメラを含んで構成することができる。マーク検出系 5 6 により、テーブル 1 2 上に予め形成された最低三か所のアライメントマークを光学的に検出することとしても良い。

[0036] 本実施形態では、制御装置 6 0 0 は、上述したようにして三次元計測機 4 0 1 を用いて、ワーク W の表面（対象面）を走査し、その表面形状データを取得する。そして、制御装置 6 0 0 は、その表面形状データを用いて最小自乗的処理を行いワーク上の対象面の三次元的位置及び姿勢をテーブル座標系に対して関連付けを行う。ここで、被検物（ワーク W）に対する上述した計測中を含み、テーブル 1 2 の 6 自由度方向の位置は、制御装置 6 0 0 によってテーブル座標系上で管理されているので、ワークの三次元的位置及び姿勢がテーブル座標系に対して関連付けられた後は、三次元造形による付加加工時を含み、ワーク W の 6 自由度方向の位置（すなわち位置及び姿勢）の制御は全てテーブル座標系に従ったテーブル 1 2 のオープンループの制御により行うことができる。

[0037] なお、計測装置 4 0 0 を備えていなくても良い。

[0038] 図 2 に示されるように、造形ヘッド部 5 0 0 は、光源系 5 1 0 及び集光光学系 8 2 を含み、集光光学系 8 2（終端レンズ 8 2 a）を介して光軸 A X に対して Y Z 面内で傾斜する光路を通るビーム $L B_1$ 、 $L B_2$ を射出するビーム照射部 5 2 0 と、粉状の造形材料 P D を供給する材料供給部 5 3 0 と、集光

光学系 82 を保持する鏡筒 85 の下端に接続されたカバー部材 30 と、カバー部材 30 の内部の第 1 空間 30 a 内に後述するガス供給口を介して不活性ガス、例えば窒素 (N_2) を供給するガス供給装置 40 (図 6 参照) と、を備えている。

[0039] 光源系 510 は、例えば複数のレーザユニットを含む光源ユニット 60 (図 2 では不図示、図 6 参照) と、ダブルフライアイ光学系及びコンデンサレンズ系等を備えた照度均一化光学系 (不図示) とを備え、照度均一化光学系を用いて、複数のレーザユニットからそれぞれ射出されるビームを混合し、断面照度分布が均一化された平行ビームを生成する。

[0040] なお、照度均一化光学系の構成は、特に問わない。例えば、ロッドインテグレータ、コリメーターレンズ系などを用いて照度均一化光学系を構成しても良い。

[0041] 光源系 510 の光源ユニット 60 (複数のレーザユニット) は、制御装置 600 (図 6 参照) に接続されており、制御装置 600 によって、複数のレーザユニットのオンオフが、個別に制御される。これにより、ビーム照射部 520 からワーク W (上の対象面) に照射されるレーザビームの光量 (レーザ出力) が調整可能である。

[0042] なお、造形システム 100 が、光源、あるいは光源と照度均一化光学系を備えていなくても良い。例えば、所望の光量 (エネルギー) と所望の照度均一性を有する平行ビームを、外部装置から造形システム 100 に供給しても良い。

[0043] ビーム照射部 520 は、図 2 に示されるように、光源系 510 の他、光源系 510 からの平行ビームの光路上に順次配置されたビーム断面強度変換光学系 78 及び空間光変調器 (SLM: Spatial Light Modulator) の一種であるミラーアレイ 80 と、ミラーアレイ 80 からの光を集光する集光光学系 82 とを有する。ここで、空間光変調器とは、所定方向へ進行する光の振幅 (強度)、位相あるいは偏光の状態を空間的に変調する素子の総称である。

[0044] ビーム断面強度変換光学系 78 は、光源系 510 からの平行ビームの断面

の強度分布を変換する。本実施形態では、ビーム断面強度変換光学系 78 は、光源系 510 からの平行ビームを、その断面の中心を含む領域の強度がほぼ零となるドーナツ状（輪帯状）の平行ビームに変換する。ビーム断面強度変換光学系 78 は、本実施形態では、例えば光源系 510 からの平行ビームの光路上に順次配置された凸型円錐反射鏡及び凹型円錐反射鏡によって構成されている。光源系 510 からの平行ビームは、凸型円錐反射鏡の反射面により放射状に反射され、この反射ビームが凹型円錐反射鏡の反射面で反射されることで、輪帯状の平行ビームに変換される。

[0045] 本実施形態では、ビーム断面強度変換光学系 78 を経由した平行ビームは、後述するようにミラーアレイ 80 及び集光光学系 82 を介してワークに照射される。ビーム断面強度変換光学系 78 を用いて光源系 510 からの平行ビームの断面強度分布を変換することによって、ミラーアレイ 80 から集光光学系 82 の瞳面（入射瞳）PP に入射するビームの強度分布を変更することが可能である。また、ビーム断面強度変換光学系 78 を用いて光源系 510 からの平行ビームの断面強度分布を変換することによって、実質的に集光光学系 82 から射出されるビームの集光光学系 82 の射出面における強度分布を変更することも可能である。

[0046] なお、ビーム断面強度変換光学系 78 は、凸型円錐反射鏡と凹型円錐反射鏡との組み合わせに限らず、例えば米国特許出願公開第 2008/0030852 号明細書に開示される、回折光学素子、アフォーカルレンズ、及び円錐アキシコン系の組み合わせを用いて構成しても良い。ビーム断面強度変換光学系 78 は、ビームの断面強度分布を変換するものであれば良く、種々の構成が考えられる。ビーム断面強度変換光学系 78 の構成によっては、光源系 510 からの平行ビームを、その断面の中心（集光光学系 82 の光軸）を含む領域での強度をほぼ零でなく、その外側の領域での強度よりも小さくすることも可能である。

[0047] ミラーアレイ 80 は、本実施形態では、XY 平面及び XZ 平面に対して 45 度（ $\pi/4$ ）を成す面（以下、便宜上基準面と呼ぶ）を一面に有するベース

部材 80A と、ベース部材 80A の基準面上に例えば P 行 Q 列のマトリクス状に配置された例えば M ($= P \times Q$) 個のミラー素子 81_{p,q} ($p = 1 \sim P$, $q = 1 \sim Q$) と、各ミラー素子 81_{p,q} を個別に動かす M 個のアクチュエータ (不図示) を含む駆動部 87 (図 2 では不図示、図 6 参照) とを有している。ミラーアレイ 80 は、多数のミラー素子 81_{p,q} の基準面に対する傾きを調整することにより (例えば、すべてのミラー素子 81_{p,q} の反射面を基準面とほぼ平行にすることにより)、基準面と平行な大きな反射面を実質的に形成可能である。

[0048] ミラーアレイ 80 の各ミラー素子 81_{p,q} の反射面は、例えば矩形である。ミラーアレイ 80 の各ミラー素子 81_{p,q} は、例えば各ミラー素子 81_{p,q} の反射面の一方の対角線に平行な回転軸回りに回転可能に構成され、その反射面の基準面に対する傾斜角度を所定角度範囲内の任意の角度に設定可能である。各ミラー素子の反射面の角度は、回転軸の回転角度を検出するセンサ、例えばロータリエンコーダ 83_{p,q} (図 2 では不図示、図 6 参照) によって計測される。

[0049] 駆動部 87 は、例えばアクチュエータとして電磁石あるいはボイスコイルモータを含み、個々のミラー素子 81_{p,q} は、アクチュエータによって動かされて非常に高応答で動作する。

[0050] ミラーアレイ 80 を構成する複数のミラー素子のうち、光源系 510 からの輪帯状の平行ビームによって照明されたミラー素子 81_{p,q} のそれぞれは、その反射面の傾斜角度に応じた方向に反射ビーム (平行ビーム) を射出し、集光光学系 82 に入射させる (図 3 参照)。なお、本実施形態において、ミラーアレイ 80 に入射する平行ビームの断面形状 (断面強度分布) を輪帯形状とは異ならせても良い。例えば、集光光学系 82 の瞳面 PP において、光軸 AX の周囲の輪帯状の領域の一部 (例えば、光軸 AX に対して一側の第 1 部分と他側の第 2 部分) だけにビームが照射されるようにしても良い。またビーム断面強度変換光学系 78 を設けなくても良い。

[0051] 集光光学系 82 は、開口数 N. A. が例えば 0.5 以上、好ましくは 0.

6以上の高NAで、低収差の光学系である。集光光学系82は、図2に示されるように、円筒状の鏡筒85によって保持された終端レンズ82aを含む1又は複数枚の大口径のレンズ（図2等では、終端レンズ82aを代表的に図示）によって構成される。本実施形態では、終端レンズ82aとして、光軸AXを含む中心部に光軸AX方向に貫通する中空部THを有するレンズ（便宜上、中抜けレンズと呼ぶ）が用いられている。集光光学系82が複数枚のレンズを有する場合、終端レンズ82a以外のレンズは、中抜けレンズであっても良いし、中抜けレンズでなくても良い。集光光学系82は、大口径、低収差かつ高NAであるため、ミラーアレイ80からの複数の平行ビームを後側焦点面上に集光することができる。ビーム照射部520は、集光光学系82（終端レンズ82a）から射出されるビームを、例えば、スポット状に集光することができる。また、集光光学系82は、1又は複数枚の大口径のレンズによって構成されるので、入射光の面積を大きくすることができ、これにより、開口数NAが小さい集光光学系を用いる場合に比べてより多量の光エネルギーを取り込むことができる。したがって、本実施形態に係る集光光学系82によって集光されたビームは、極めてシャープで高エネルギー密度を有することとなり、これにより、付加加工の加工精度を高めることが可能となる。

[0052] 本実施形態では、後述するように、テーブル12をXY平面に平行な走査方向（図2では、一例としてY軸方向）に移動することにより、ビームと造形の対象面TASを上端に有するワークWとを走査方向（スキャン方向）に相対走査しながら造形（加工処理）を行う場合を説明する。なお、造形の際に、テーブル12のY軸方向への移動中に、X軸方向、Z軸方向、 θ_x 方向、 θ_y 方向、及び θ_z 方向の少なくとも1つの方向にテーブル12を移動しても良いことは言うまでもない。また、本実施形態では、後述するように、材料供給部530によって供給された粉状の造形材料（金属材料）をレーザービームのエネルギーにより溶融するようになっている。したがって、前述したように、集光光学系82が取り込むエネルギーの総量が大きくなれば、集光光

学系 82 から射出されるビームのエネルギーが大きくなり、単位時間に溶解できる金属の量が増える。その分、造形材料の供給量とテーブル 12 の速度とを上げれば、造形のスループットが向上する。

[0053] 本実施形態に係る造形システム 100 では、造形の対象面 T A S が所定面（以下、造形面 M P と呼ぶ）に位置合わせされる（例えば図 2 及び図 5 参照）。造形システム 100 では、例えばスポット状のビームの照射領域（ビームスポット）を、造形面 M P 上に形成し、そのビームスポットを形成するビーム（スポットビーム）に対してワーク W（対象面 T A S）を相対走査しながら造形（加工処理）を行うことができる。

[0054] なお、本実施形態において、上述の造形面 M P は、集光光学系 82 の後側焦点面である（例えば図 2 及び図 5 参照）が、造形面は、後側焦点面の近傍の面でも良い。また、本実施形態において、造形面 M P は、集光光学系 82 の射出側の光軸 A X に垂直であるが、垂直でなくても良い。

[0055] 造形面 M P 上におけるビームの強度分布を設定する、あるいは変更する方法（例えば、上述したようなビームスポットを形成する方法）としては、例えば集光光学系 82 に入射する複数の平行ビームの入射角度分布を制御する手法を採用することができる。

[0056] なお、本実施形態の集光光学系 82 は、その瞳面（入射瞳）P P と前側焦点面とが一致する構成となっているため、ミラーアレイ 80 を用いた複数の平行ビーム L B の入射角度の変更により、その複数の平行ビーム L B の集光位置を正確に、簡便に制御することができるが、集光光学系 82 の瞳面（入射瞳）と前側焦点面とが一致する構成でなくても良い。

[0057] 本実施形態では、ミラーアレイ 80 を採用し、制御装置 600 が、各ミラー素子 81_{p,q} を非常に高応答で動作させることで、集光光学系 82 の瞳面 P P に入射する複数の平行ビーム L B の入射角度をそれぞれ制御する。これにより、造形面 M P 上におけるビームの強度分布を設定又は変更することができる。この場合、制御装置 600 は、ビームと対象面 T A S（造形の目標部位 T A が設定される面であり、本実施形態ではワーク W 上の面である）との

相対移動中に造形面MP上におけるビームの強度分布、例えばビームの照射領域の形状、大きさ、個数の少なくとも1つを変化させることが可能である。この場合において、制御装置600は、造形面MP上におけるビームの強度分布を連続的、あるいは断続的に変更することができる。制御装置600は、ビームと対象面TASとの相対位置に応じて造形面MP上におけるビームの強度分布を変化させることもできる。制御装置600は、要求される造形精度とスループットとに応じて、造形面MPにおけるビームの強度分布を変化させることもできる。

[0058] また、本実施形態では、制御装置600が、前述したロータリエンコーダ83_{p,q}を用いて、各ミラー素子の状態（ここでは反射面の傾斜角度）を検出し、これにより各ミラー素子の状態を、リアルタイムでモニタしているので、ミラーアレイ80の各ミラー素子の反射面の傾斜角度を正確に制御できる。

[0059] なお、造形面に形成される照射領域の形状、及び大きさを可変にしないのであれば、ミラーアレイ80に代えて、所望の形状のソリッドなミラーを用いて、集光光学系82の瞳面に入射する1つの平行ビームの入射角度を制御して、照射領域の位置を変更することもできる。

[0060] 図4には、図2の集光光学系82（鏡筒85）及びその下方の部分が-Y方向から見て示されている。また、図5には、図2における鏡筒85及びその下方の部分が、ワークW上の対象部位TA近傍部分とともに拡大して示されている。材料供給部530は、図4に示されるように、集光光学系82の終端レンズ82aの中空部TH内に光軸AXに沿って配置されたZ軸方向に延びる供給管84と、供給管84の一端（上端）に配管90aを介して接続された材料供給装置86と、を有している。供給管84の他端（下端）には、材料供給口84aが形成され、材料供給口84aは、カバー部材30内部の第1空間30a内に配置されている。

[0061] 供給管84は、図4に示されるように、終端レンズ82aの中空部内に配置され、供給管84の外周面と終端レンズ82aの中空部TH内面との間の

隙間が、シール部材 8 9 によってシールされている。このため、図 5 に示されるように、終端レンズ 8 2 a 下方のカバー部材 3 0 内部の第 1 空間 3 0 a は、終端レンズ 8 2 a 上方の鏡筒 8 5 内部の空間（第 2 空間） 8 5 a とは、分離されており、第 1 空間 3 0 a から第 2 空間 8 5 a への気体の流入が阻止されている。

[0062] カバー部材 3 0 は、図 5 に拡大して示されるように、中空の円錐状の部材（外面及び内面に円錐面を有するほぼ均一な厚さの板部材）から成り、その底面（図 5 における上側の面）に平面視円環状の取付部 3 1 が設けられている。取付部 3 1 は、内径がカバー部材 3 0 の底面より小さく（終端レンズ 8 2 a の外径より僅かに大きく）、外径がカバー部材 3 0 の底面より僅かに大きい円環状の板部材から成る。カバー部材 3 0 は、取付部 3 1 を介して鏡筒 8 5 の下端面に固定されている。すなわち、カバー部材 3 0 は、鏡筒 8 5 に吊り下げ支持されている。カバー部材 3 0 の先端部（図 5 における下端部）には、その先端に、対象面 T A S に照射されるビーム（ $L B_1$ 、 $L B_2$ ）の出口 3 0 b が形成されている。なお、カバー部材 3 0 の外面は、円錐面でなくとも良く、厚さが均一な板部材でなくとも良い。

[0063] 図 4 に戻り、材料供給装置 8 6 は、内部に、造形材料 P D が収容されたカートリッジを有し、カートリッジ内の造形材料 P D を、配管 9 0 a 及び供給管 8 4 を介して材料供給口 8 4 a から出口 3 0 b に向かって例えば自由落下させたり、あるいは所定の圧力で押し出すことで落下させたりして、光軸 A X に沿って対象面上に供給する。このように造形材料 P D を自由落下させる場合、通常、造形材料は、下に行くほど（カバー部材 3 0 の先端に近づくほど）拡散し、供給管 8 4 の下端から対象面 T A S までの距離が所定距離以上あると、出口 3 0 b より広い面積の領域にまで拡散する。これでは、造形材料 P D をビーム $L B_1$ 、 $L B_2$ で溶融させても、対象面上で微細な造形は困難となる。

[0064] そこで、本実施形態では、カバー部材 3 0 の内面 3 0 c の円錐形状を利用し、その円錐状の内面 3 0 c に沿って図 5 中に符号 S F で示される螺旋状の

旋回流を生じさせるように、不活性ガスの一種である窒素 N_2 をカバー部材30の内部空間（第1空間）30aに供給する前述のガス供給装置40（図6参照）が設けられている。なお、ガス供給装置40は、窒素に代えて、不活性ガスの一種である希ガス（例えばヘリウム、ネオン、アルゴンなど）、窒素と少なくとも1種類の希ガスとの混合ガス、あるいは複数種類の希ガスの混合ガスを第1空間30a内に供給しても良い。

[0065] カバー部材30の上端部近傍には、図5に示されるガス供給管42を接続するための開口30dが形成されている。開口30dには、ガス供給管42の一端が接続されている。これをさらに詳述すると、ガス供給管42の一端は、カバー部材30の壁に対して平面視（上方から見て）鋭角で交差するように、例えばカバー部材30の周壁の接線方向にカバー部材30に形成された開口30dに外側から挿入され、ガス供給管42の先端のガス供給口42aがカバー部材30内部の第1空間30a内に露出している。この場合、ガス供給口42aは、カバー部材30の高さ方向の中央より上部に位置している。また、ガス供給口42aは、材料供給口84aよりも高い位置に位置している。

[0066] また、ガス供給管42の一端部は、開口30dに挿入された状態で一端側が他端側に比べて低くなるようにXY平面に対して僅かに傾斜している。すなわち、上述の開口30dは、平面視でカバー部材30の周壁に対して鋭角で交差し、かつXY平面に対して僅かに傾斜する向きで、カバー部材30に形成されている。

[0067] ガス供給管42の他端は、ガス供給装置40（図6参照）に接続されている。このため、ガス供給装置40の作動状態では、ガス供給管42のガス供給口42aを介して、カバー部材30の円錐状の内面30cに実質的に沿って、例えばカバー部材30の内面30cの接線方向に実質的に沿って、窒素 N_2 （不活性ガス）が第1空間内30a内に送り込まれ、その送り込まれた窒素 N_2 は、図5に符号SFで示されるようなカバー部材30の内面30cに沿った光軸AXの周りの螺旋状の旋回流（循環による旋回流）となってカバー

部材 30 の出口 30 b に向かって流れ、出口 30 b から第 1 空間 30 a の外部に流出する。この場合の旋回流 S F は、流速が中心に近づくほど速くなるので、（粘性影響が強くなる中心の極近傍を除いて）ベルヌーイの定理により中心に近づくほど静圧は低くなる。また、カバー部材 30 の内面 30 c の直径は、下に行くほど（カバー部材 30 の出口 30 b に近づくほど）小さい。従って、カバー部材 30 は、流体を加速させる収束ノズル（コンバージェント・ノズル）として機能し、狭い部分（カバー部材 30 の先端部）に近づく程、カバー部材 30 の内部を流れるガスの流速は速く、圧力は低くなる。従って、旋回流 S F における静圧は、カバー部材 30 の出口 30 b の位置の中心部で最も低くなる。このため、供給管 84 から真下に落下する粉状の造形材料 P D は、下に行くほど（カバー部材 30 の出口 30 b に近づくほど）、窒素 N₂（不活性ガス）の旋回流によってカバー部材 30 の内面 30 c の形状に対応して細く絞られる。したがって、ガス供給装置 40 の作動状態では、供給管 84 から供給される粉状の造形材料 P D をほぼ一点（ここでは、光軸 A X 上の点）に収束させることができ、造形材料 P D をビーム L B₁、L B₂ で溶かすことによって、優れた造形精度、高分解能を確保した 3 次元造形物の作製が可能となる。本実施形態に係るガス供給装置 40 は、第 1 空間 30 a 内に送り込む不活性ガスの温度、流速等を調整可能である。

[0068] なお、カバー部材 30 に設けられた開口 30 d をガス供給口としても良い。この場合、ガス供給管 42 の先端は、第 1 空間 30 a に露出しないようにカバー部材 30 の開口 30 d に接続すれば良い。

[0069] また、ガス供給口 42 a（開口 30 d）を、カバー部材 30 の高さ方向の中央より下方に配置しても良い。また、ガス供給口 42 a（開口 30 d）を、材料供給口 84 a よりも下方に配置しても良い。

[0070] なお、上述の説明から明らかなように、本実施形態では、出口 30 b を介して射出されたビーム L B₁、L B₂ によって、造形面 M P におけるビームの照射領域が形成されるので、造形面に形成される照射領域の形状、大きさ、あるいは位置の変更ができる範囲は、出口 30 b の形状及び大きさで制限さ

れる。

[0071] また、本実施形態では、図5から明らかなように、ガス供給口42aが、終端レンズ82aの下面とほぼおなじ高さの位置に設けられているので、高速の不活性ガス流によって終端レンズ82aの下面がガスパージされ、終端レンズ82aを汚染（材料供給口84aからの造形材料の付着を含む）から守ることが可能になる。加えて、終端レンズ82aは、カバー部材30によって物理的に保護されているので、カバー部材30外部雰囲気中の汚染物質による汚染から守られている。

[0072] 説明が前後したが、ここで材料供給装置86について説明する。材料供給装置86は、例えば2つの粉末カートリッジを有し、2つの粉末カートリッジのそれぞれには、第1の造形材料（例えばチタン）、第2の造形材料（例えばステンレス）の粉末が収容されている。なお、本実施形態では、材料供給装置86は、2種類の造形材料を供給するために2つの粉末カートリッジを備えているが、材料供給装置86が備える粉末カートリッジは1つでも良い。

[0073] 本実施形態では、材料供給装置86は、制御装置600に接続されており（図6参照）、造形時に、制御装置600からの指示に応じ、材料供給装置86（内部のコントロールユニット）によって、2つの粉末カートリッジの一方が選択され、その選択された粉末カートリッジからの造形材料が、配管90aを介して供給管84に供給される。なお、材料供給装置86の構成を変更することで、必要な場合に一方の粉末カートリッジからの第1の造形材料と他方の粉末カートリッジからの第2の造形材料との混合物を、配管90aを介して供給管84に供給できる構成としても良い。

[0074] 制御装置600は、材料供給装置86によって選択された粉末カートリッジから供給管84に供給される造形材料の単位時間あたりの供給量を調整可能である。供給管84に供給される造形材料の単位時間あたりの供給量の調整は、粉末カートリッジからの粉末の取得に際し、粉末カートリッジの外部を内部に対して負圧にするが、その負圧のレベルを調整すること、あるいは

材料供給装置 86 から配管 90a に供給される粉末の量を調整するバルブを設け、そのバルブの開度を調整すること、等により行うことができる。

[0075] 本実施形態では、輪帯状の平行ビームがミラーアレイ 80 に照射されるので、ミラーアレイ 80 からの反射ビームは、集光光学系 82 の周縁近傍の部分領域（N. A. が大きな部分領域）に入射し、集光光学系 82 の射出端、すなわちビーム照射部 520 の射出端に位置する終端レンズ 82a の光軸 AX から離れた周縁部の領域を介して集光光学系 82 の造形面 MP（本実施形態では集光光学系 82 の後側焦点面に一致）に集光される（図 2 参照）。すなわち、同一の集光光学系 82 の周縁近傍の部分を通る光のみによって、例えばビームスポットが形成される。このため、別々の光学系を介した光を同一領域に集光してビームスポット（レーザスポット）を形成する場合に比べて、高品質なビームスポットの形成が可能である。また、本実施形態では、集光光学系 82 の終端レンズ 82a の中空部 TH 内に配置された供給管 84 及び供給管 84 の上端に一端が接続された配管 90a へのビームの照射を制限することができる。このため、本実施形態では、ミラーアレイ 80 からの反射ビームを全てスポットの形成に利用することが可能になるとともに、集光光学系 82 の入射面側の供給管 84 に対応する部分にビームが供給管 84 に照射されるのを制限するための遮光部材等を設ける必要がなくなる。かかる理由により、輪帯状の平行ビームによりミラーアレイ 80 を照明することとしている。

[0076] なお、集光光学系 82 から供給管 84 に入射するビームを制限するために、例えば図 4 に二点鎖線で示される制限部材 92 を集光光学系 82 の入射面側（例えば瞳面 PP）に設けても良い。制限部材 92 によって、集光光学系 82 からのビームの供給管 84 への入射を制限する。制限部材 92 としては、遮光部材を用いても良いが、減光フィルタ等を用いても良い。かかる場合において、集光光学系 82 に入射する平行ビームは、断面円形の平行ビームであっても良いし、輪帯状の平行ビームであっても良い。後者では、ビームが制限部材 92 に照射されることがないので、ミラーアレイ 80 からの反射

ビームを全てスポットの形成に利用することが可能になる。

[0077] 本実施形態では、ワークに対する付加加工時等には、図2及び図5に示されるように、集光光学系82（終端レンズ82a）の周縁部近傍を通過し供給管84の+Y側及び-Y側（ワークW（テーブル12））のスキャン方向の前方及び後方）の光路を通るビーム（図2、図5に便宜上ビームLB₁₁、LB₁₂として示されている）が供給管84の真下に集光されて、ビームスポットが造形面上に形成され、そのビームスポットを形成するスポットビームに対して供給管84を介して粉末状の造形材料PDが光軸AXに沿ってカバー部材30の出口30bを通して供給される。これにより、供給管84の真下に溶融池WPが形成される。そして、かかる溶融池WPの形成がテーブル12をスキャン方向（図5では+Y方向）に走査しながら行われる。これにより、所定幅（ビームスポットの幅）で所定長さのビード（溶融凝固した金属）BEを形成することが可能である。なお、図5に示されるビームLB₁₁、LB₁₂は、ミラーアレイ80の異なるミラー素子81_{p, q}でそれぞれ反射され集光光学系82の瞳面PPに異なる入射角度で入射した別々の平行ビームであっても良いし、同一の平行ビーム、例えば断面輪帯状の平行ビームの一部であっても良い。

[0078] 複数の平行ビームを集光光学系82の瞳面PPに入射させる場合において、例えば集光光学系82に入射する平行ビームLBの数を減らさずに、ビームのX軸方向の幅、又はY軸方向の幅、又はX軸方向の幅及びY軸方向の幅が徐々に狭まるように、集光光学系82に入射する複数の平行ビームLBの入射角度の調整を行った場合、ビームの集光密度（エネルギー密度）が高くなる。したがって、それに応じて、単位時間当たりの粉末（造形材料）の供給量を増やし、かつ対象面TASのスキャン速度を上げることで、形成されるビードBEの層の厚さを一定に保つとともに、スループットを高いレベルで保つことが可能になる。ただし、かかる調整方法に限らず、他の調整方法を用いて、形成されるビードBEの層の厚さを一定に保つこともできる。例えば、ビームのX軸方向の幅、又はY軸方向の幅、又はX軸方向の幅及びY

軸方向の幅に応じて複数のレーザユニットのうちの少なくとも１つのレーザ出力（レーザビームのエネルギー量）を調節しても良いし、ミラーアレイ 80 から集光光学系 82 に入射する平行ビーム L B の数を変更しても良い。この場合、上述した調整方法に比べて、スループットは幾分低下するが、調整が簡便である。

[0079] 図 6 には、造形システム 100 の制御系を中心的に構成する制御装置 600 の入出力関係を示すブロック図が示されている。制御装置 600 は、ワークステーション（又はマイクロコンピュータ）等を含み、造形システム 100 の構成各部を統括制御する。

[0080] 上述のようにして構成された本実施形態に係る造形システム 100 の基本的機能は、既存の部品（ワーク）に対し、三次元造形により所望の形状を付け加えることである。ワークは造形システム 100 に投入され、所望の形状を正確に付け加えられた後に造形システム 100 から搬出される。このとき、その付け加えられた形状の実際の形状データは、制御装置 600 から外部の装置、例えば上位装置に送られる。造形システム 100 で行われる一連の動作は、大略次の通りである。

[0081] まず、テーブル 12 が、所定のローディング／アンローディングポジションにあるときに、ワーク搬送系 300 によってワークがテーブル 12 に搭載される。このとき、テーブル 12 は、基準状態（ Z 、 θ_x 、 θ_y 、 θ_z ）＝（ Z_0 、0、0、0）にあり、その XY 位置は、位置計測系 28 によって計測されている駆動機構 11 のスライダの X、Y 位置と一致している。

[0082] 次いで、制御装置 600 により、ワーク W を搭載したテーブル 12 が計測装置 400 の下方に移動される。テーブル 12 の移動は、制御装置 600 が位置計測系 28 の計測情報に基づいて、平面モータ 26 を制御して、スライダを床面（又はベース）上で X 軸方向（及び Y 軸方向）に移動することで行われる。この移動中も、テーブル 12 は、前述した基準状態が維持されている。

[0083] 次に制御装置 600 により、計測装置 400 を用いて、基準状態にあるテ

ーブル 1 2 上のワークW上の対象面 T A S の少なくとも一部の三次元空間内の位置情報（本実施形態では形状情報）の計測が行われる。これ以後は、この計測結果に基づき、ワークW上の対象面 T A S の 6 自由度方向の位置は、テーブル座標系（基準座標系）上で、オープンループの制御により管理することが可能になる。

[0084] 次に制御装置 6 0 0 により、対象面 T A S の少なくとも一部の形状情報の計測が終了したワークWを搭載したテーブル 1 2 が、造形ヘッド部 5 0 0 （カバー部材 3 0 ）の下方に移動される。

[0085] 次に、テーブル 1 2 上のワークに 3 D データに対応する形状を付加する三次元造形による付加加工が行われる。この付加加工は、例えば次のようにして行われる。

[0086] すなわち、制御装置 6 0 0 は、付加加工により付加すべき形状（付加加工後に作られる物体の形状から付加加工の対象となるワークの形状を取り去った形状）の三次元 C A D データを三次元造形用のデータとして、例えば S T L （Stereo Lithography）データに変換し、更に、この三次元 S T L データから、Z 軸方向にスライスした各レイヤ（層）のデータを生成する。そして、制御装置 6 0 0 は、各レイヤのデータに基づき、ワークに対する各層の付加加工を行うべく、移動装置 2 0 0 及び造形ヘッド部 5 0 0 を制御して、前述したビームスポットの形成、及びスポットビームに対する供給管 8 4 からの造形材料 P D の供給による溶融池 W P の形成を、テーブル 1 2 をスキャン方向に走査しながら行うことを、各層について繰り返し行う。ここで、付加加工時におけるワーク上の対象面の位置及び姿勢の制御は、先に計測した対象面の形状情報を考慮して行われる。

[0087] ここで、上の説明では、ワークWの付加加工の目標部位 T A が設定される対象面（例えば上面） T A S が、テーブル 1 2 の傾きを調整することで、集光光学系 8 2 の光軸に垂直な面（X Y 平面に平行な面）に設定される平面であることを前提とし、テーブル 1 2 のスキャン動作を伴う造形が行われるものとしている。

- [0088] ワークWに対する付加加工の終了後、制御装置600により、付加加工済みのワークWを搭載したテーブル12が前述のローディング／アンローディングポジションに移動される。
- [0089] 次いで制御装置600により、ワーク搬送系300に対し、ワークのアンロードが指示される。この指示に応じ、ワーク搬送系300によって、付加加工済みのワークWがテーブル12上から取り出され、造形システム100の外部に搬送される。そして、制御装置600により、移動装置200のテーブル12が基準状態に設定される。これにより、移動装置200は、ローディング／アンローディングポジションにて、次のワークの搬入に備えて待機することとなる。
- [0090] 以上、詳細に説明したように、本実施形態に係る造形システム100では、スポット状のビームの照射領域（ビームスポット）を、造形の対象面TASを位置合わせすべき造形面MP（例えば図2及び図5参照）上に形成し、そのビームスポットを形成するビーム（スポットビーム）に対してワークWを相対走査しながら造形（加工処理）を行うことができる。造形システム100では、造形の際に、テーブル12のY軸方向への移動中に、X軸方向、Z軸方向、 θ_x 方向、 θ_y 方向、及び θ_z 方向の少なくとも1つの方向にテーブル12を移動することもできる。
- [0091] また、造形システム100では、材料供給部530によって供給された粉状の造形材料（金属材料）PDをレーザビームのエネルギーにより溶融する。造形システム100では、造形に際し、ガス供給装置40が、制御装置600によって作動され、ガス供給管42のガス供給口42aを介して、カバー部材30の内面30cに沿った螺旋状の旋回流（図5に符号SF参照）が生じるようにカバー部材30内に窒素（不活性ガス）が送り込まれる。この窒素（不活性ガス）の旋回流によって、供給管84から真下に向けて自然落下により供給される粉状の造形材料PDは、下に行くほど（カバー部材30の先端に近づくほど）、カバー部材30の内面30c（内壁面）の形状に対応して細く絞られる。これにより、供給管84から供給される粉状の造形材料

P Dをほぼ一点（ここでは、光軸A X上の点）に収束させることができ、造形材料P DをビームL B₁、L B₂で溶かすことによって、優れた造形精度、高分解能を確保した3次元造形物の作製が可能となる。

[0092] また、本実施形態に係る造形ヘッド部500では、高速の不活性ガス流によって終端レンズ82aの下面をガスパージすることができ、終端レンズ82aを汚染から守ることが可能になる。加えて、終端レンズ82aは、カバー部材30によって物理的に保護されているので、カバー部材30外部雰囲気中の汚染物質による汚染から守られる。この点において、造形精度の低下を防止することができる。

[0093] また、本実施形態に係る造形ヘッド部500では、集光光学系82が、1又は複数枚の大口径のレンズによって構成されるので、入射光の面積を大きくすることができ、これにより、開口数N.A.が小さい集光光学系を用いる場合に比べてより多量の光エネルギーを取り込むことができる。したがって、本実施形態に係る集光光学系82によって集光されたビームは、極めてシャープで高エネルギー密度を有することとなり、これにより、造形による加工精度を高めることができる。また、集光光学系82が取り込むエネルギーの総量が大きくなれば、集光光学系82から射出されるビームのエネルギーが大きくなり、単位時間に溶解できる金属の量が増える。その分、造形材料の供給量とテーブル12の速度とを上げれば、造形ヘッド部500による造形加工のスループットが向上する。

[0094] また、本実施形態に係る造形ヘッド部500では、例えば集光光学系82に入射する複数の平行ビームの入射角度分布を制御することで、造形面MP上におけるビームの強度分布を設定又は変更することができる。

[0095] したがって、本実施形態に係る造形システム100では、例えばラピッドプロトタイピングにより造形物をワークWの対象面TAS上に高い加工精度でかつ高スループットで形成することが可能になる。

[0096] また、本実施形態に係る造形システム100は、複数、例えば2つの粉末カートリッジを有し、2つの粉末カートリッジそれぞれの内部には、第1の

造形材料（例えばチタン）の粉末、第２の造形材料（例えばステンレス）の粉末が収容されている。そして、付加加工時（造形時）に、制御装置６００により、材料供給装置８６を用いた供給管８４に対する粉末の供給の切り換えが行われる。これにより、第１の造形材料（例えばチタン）の粉末と第２の造形材料（例えばステンレス）の粉末とが択一的に供給管８４に供給される。したがって、制御装置６００が供給する粉末材料を部位に応じて切り換えるだけで、異種材料の接合形状が容易に生成可能である。また、その切り換えはほぼ瞬時に行うことが可能である。更に異種材料を混合して供給することで「合金を」その場で作ってしまうことも、その組成を場所によって変えたりグラデーションにしたりすることも可能である。

[0097] なお、上記実施形態では、終端レンズ８２ａの中空部ＴＨ内に配置された供給管８４の外周面と終端レンズ８２ａの中空部ＴＨ内面との間の隙間を、シール部材８９によってシールすることで、終端レンズ８２ａ下方のカバー部材３０内の空間（第１空間３０ａ）と、終端レンズ８２ａ上方の鏡筒８５内部の空間（第２空間８５ａ）とを、分離するものとしたが、これに代えて、あるいはこれに加えて、第１空間３０ａの内部に比べて第２空間８５ａの内部を陽圧に設定することとしても良い。この場合、第１空間３０ａと第２空間８５ａとの圧力差が維持できる程度に両空間が分離されていても良いが、第２空間８５ａから第１空間３０ａに向かって常時気体（不活性ガスなど）を噴き出しているとしても良い。かかる場合にも、第１空間から第２空間内への気体の流入が阻止される。

[0098] なお、上記実施形態では、ガス供給管４２から、水平より下方に向けて不活性ガスがガス供給口４２ａを介してカバー部材３０（第１空間３０ａ）内に供給されるものとしたが、これに限らず、水平方向に向けて不活性ガスがガス供給口４２ａを介してカバー部材３０内に供給されることとしても良い。

[0099] また、カバー部材３０に開口を複数形成して、それぞれの開口にガス供給管４２を個別に接続しても良い。この場合、例えばカバー部材３０の円形の

底面（図5における上側の面）において、中心角が等角度間隔となる位置にそれぞれガス供給管42を接続可能となるように、複数の開口を形成しても良い。この場合、複数のガス供給管42のそれぞれのガス供給口42aからカバー部材30の内面30cの接線方向に窒素 N_2 を供給することで、同一回り方向（時計回り又は反時計回り）の1つの旋回流を生じさせることとしても良い。

[0100] また、カバー部材30に開口を複数形成して、それぞれの開口にガス供給管42を個別に接続する場合、少なくとも1つのガス供給管42のガス供給口42aの光軸AX方向（Z軸方向）の位置（高さ方向の位置）を残りの少なくとも1つのガス供給口と異ならせても良い。この場合において、少なくとも1つのガス供給管42のガス供給口42aから供給される不活性ガスは、温度、流速などが、残りの少なくとも1つのガス供給口から供給される不活性ガスと異なっても良いし、不活性ガスの成分又は種類が異なっても良い。不活性ガスの成分が異なるとは、不活性ガスが例えば複数種類の希ガスの混合ガスである場合に、その成分ガスが互いに異なるような場合を意味する。勿論、不活性ガスは、窒素と希ガスの混合ガスであっても良い。

[0101] また、上記実施形態では、カバー部材30の円錐状の内面30cの接線方向に沿って不活性ガスを第1空間30a内に供給することで、カバー部材30の内面30cに沿って螺旋状の旋回流（循環による旋回流）SFを生じさせ、中心に近づくほど静圧は低くなること及び内面30cの直径が出口30b側に向かって徐々に狭くなることを利用して、材料供給口84aから光軸AXに沿って出口30bに向かって供給される造形材料PDを光軸上に収束させる場合について説明した。しかしながら、これに限らず、例えば図7に示されるように、複数のガス供給口42aを、カバー部材30の全周に渡りほぼ等間隔で設け、この複数のガス供給口42aそれぞれから不活性ガスを供給することで、一端（上端）側から他端（下端）側に徐々に収束するカバー部材30の内面30cに沿って上側から下側に向かって流れる不活性ガスの流れLFを、複数、光軸の周囲全周に渡りほぼ等間隔で生じさせ、この複

数の不活性ガスの流れL Fによって、材料供給口84 aから光軸A Xに沿って出口30 bに向かって供給される造形材料P Dを光軸上に収束させることとしても良い。なお、図7では、作図の便宜上等の理由から流れL Fは2つのみ示されているが、複数のガス供給口42 aのそれぞれに対応して流れL Fは生じさせることができる。この場合、出口30 b付近では、不活性ガスの流れはその開口断面の全面を流れ、中心部ほど流速が速く（静圧が低く）なるので、造形材料P Dを光軸上に収束させることが可能になる。この場合、カバー部材30の内面30 cに、図7に示されるような複数のガイド部33を設けても良い。これに限らず、ガイド部として、例えば、前述の旋回流S Fと同様の螺旋状のガイド溝が形成されるような凹凸部をカバー部材の内面30 cに形成しても良い。

[0102] この他、ガス供給管42の一端部のカバー部材30に取付けられる部分が、XY平面に対してチルト可能となる構成を採用しても良い。

[0103] なお、上記実施形態では、カバー部材30が、中空円錐状の部材、すなわちフードのような部材である場合について例示したが、カバー部材は、Z軸方向（光軸A Xと平行な方向）に関して出口30 bとは反対側から出口30 b側に向かって収束する一部に曲面を含む形状、例えば円錐状又は楕円錐状の内面を有する部材であれば良く、その外観形状は特に問わない。

[0104] また、上記実施形態では、造形ヘッド部500が、集光光学系82を有し、集光光学系82の終端レンズ82 aとして、光軸A Xを含むように貫通孔が形成された中抜きレンズが用いられる場合について説明したが、これに限らず、集光光学系の終端の光学素子は、貫通孔を有しない通常のレンズであっても良いし、レンズ以外のミラーなどであっても良い。また、造形ヘッド部500が、集光光学系を有していなくても良い。集光光学系を有しない場合、ビーム照射部から、供給管からの造形材料の供給路に沿った軸（鉛直軸）に対して傾斜した光路を通るビームが射出されることとしても良い。

[0105] なお、上記実施形態及び図7の変形例では、ガス供給管42がカバー部材30の周壁に外側から接続される場合について説明したが、これに限らず、

カバー部材 30 を介することなく、ガス供給管 42 を第 1 空間 30 a 内に挿入しても良い。

[0106] また、上記実施形態では、カバー部材 30 を、取付部 31 を介して鏡筒 85 に取り付ける場合（鏡筒 85 にカバー部材 30 が吊り下げ支持される場合）について例示したが、カバー部材 30 からの集光光学系 82 の終端レンズ 82 a を含む高 N. A. の各光学素子への振動の伝達を抑制するため、鏡筒 85 とカバー部材 30 との間に防振部材（ゴムなど）を配置しても良いし、鏡筒 85 とは異なる別の部材によって、カバー部材を支持することとしても良い。

[0107] また、カバー部材 30 が、鏡筒 85 に対して可動であっても良い。

[0108] なお、上記実施形態では、空間光変調器としてミラーアレイ 80 を用いる場合について説明したが、これに代えて、MEMS 技術によって作製されるデジタル・マイクロミラー・デバイス（Digital Micromirror Device : DMD（登録商標））を多数マトリクス状に配置して成る大面積のデジタル・ミラーデバイスを用いても良い。

[0109] なお、上記実施形態では、集光光学系 82 の瞳面に入射する複数の平行ビームの入射角度を個別に制御することにより造形面上でのビームの強度分布の変更を行う場合について説明したが、集光光学系 82 の瞳面に入射する複数の平行ビームの全ての入射角度が制御（変更）可能でなくても良い。したがって、上記実施形態と同様にミラーアレイを用いて集光光学系 82 に入射する平行ビームの入射角度を制御する場合などに、全てのミラー素子が反射面の状態（反射面の位置及び傾斜角度の少なくとも一方）を変更可能でなくても良い。また、上記実施形態の集光光学系 82 に入射する複数の平行ビームの入射角度の制御に用いることができる反射型空間光変調器は、上述のミラーアレイに限られない。使用可能な反射型空間光変調器としては、例えば、反射型液晶表示素子、電気泳動ディスプレイ（EPD : Electro Phonic Display）、電子ペーパー（又は電子インク）、光回折型ライトバルブ（Grating Light Valve）等が例として挙げられる。

- [0110] また、造形面上でのビームの強度分布の変更を、集光光学系（投影光学系）の入射面側に配置されるマスクの開口（大きさ、形状、数）を変更することによって行っても良い。この場合、集光光学系の物体面にマスクを配置し、像面、またはその近傍を造形面とすれば良い。また、この場合、集光光学系の瞳面におけるビーム強度分布を、例えば輪帯状にしたり、あるいは光軸を含む円形領域を遮光する遮光部材を瞳面に配置したりすることによって、その集光光学系の終端レンズを中抜けレンズとすることもできる。
- [0111] また、上述したように、集光光学系 82 は大口径であることが望ましいが、開口数 $N.A.$ が 0.5 より小さい集光光学系を用いても良い。
- [0112] また、上記実施形態において、ビームの強度分布を管理するために、集光光学系 82 の後側焦点面、又はその近傍に受光部を配置可能なセンサを造形システム 100 が備えていても良い。例えば、テーブル 12 上に CCD イメージセンサを搭載し、該 CCD イメージセンサにより、ビームの強度分布（造形面における照射領域内の強度分布）を適当な頻度でキャリブレーションすることが望ましい。このように、集光光学系 82 からのビームを受光するセンサでビームの強度分布を計測することで、集光光学系 82 の熱収差などの変動要因も加味されたビームの強度分布の管理が可能となる。また、その結果に基づいてミラーアレイ 80などを制御することによって、集光光学系 82 の後側焦点面などにおけるビームの強度分布を所望状態に精度良く設定することができる。また、このセンサを使って基準座標系におけるビームの位置を管理するようにしても良い。
- [0113] なお、上記実施形態では、造形材料としてチタン、ステンレスの粉末を用いる場合につて例示したが、鉄粉その他の金属の粉末は勿論、ナイロン、ポリプロピレン、ABS等の粉末など金属以外の粉末を用いることも可能である。
- [0114] なお、上記実施形態の造形システム 100 において、カバー部材 30 は、ビームの出口及び不活性ガスの出口、並びに造形材料の出口を兼ねる出口 30b とともに、溶融されなかった粉状の造形材料を回収する回収口（吸引口

）を有していても良い。

[0115] これまでは、既存のワークに形状を付け加える例について説明したが、本実施形態に係る造形ヘッド部500を備えた造形システム100の使用用途がこれに限られるものではなく、通常の3Dプリンタなどと同様に、テーブル12上で何も無いところから三次元形状を造形によって生成することも可能である。この場合は、「無」というワークに、付加加工を施すことに他ならない。かかるテーブル12上での三次元造形物の造形の際には、制御装置600は、計測装置400が備えるマーク検出系56（図6参照）により、テーブル12上に予め形成された最低三か所のアライメントマークを光学的に検出することで、テーブル12上に設定される造形の対象面の6自由度方向の位置情報を求め、この結果に基づいてビーム（の照射領域）に対するテーブル12上の対象面の位置及び姿勢を制御しつつ、三次元造形を行えば良い。

[0116] なお、上記実施形態では、一例として、制御装置600が、移動装置200、計測装置400及び造形ヘッド部500の構成各部を制御する場合について説明したが、これに限らず、造形システムの制御装置を、マイクロプロセッサ等の処理装置をそれぞれ含む複数のハードウェアにより構成しても良い。この場合において、移動装置200、計測装置400及び造形ヘッド部500のそれぞれが処理装置を備えていても良いし、移動装置200、計測装置400及び造形ヘッド部500のうちの2つを制御する第1処理装置と、残りの1つを制御する第2処理装置の組み合わせであっても良い。いずれの場合もそれぞれの処理装置が、上述した制御装置600の機能の一部を受け持つことになる。あるいは、複数のマイクロプロセッサ等の処理装置と、これらの処理装置を統括的に管理するホスト・コンピュータとによって、造形システムの制御装置を構成しても良い。

[0117] また、上述の各実施形態では、部材、開口、穴などの形状を、円形、矩形などを用いて説明している場合があるが、これらの形状に限られないことは言うまでもない。

[0118] なお、上記実施形態で引用した全ての米国特許出願公開明細書及び米国特許明細書などの開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

産業上の利用可能性

[0119] 以上説明したように、本発明に係る造形システム及び造形方法は、三次元造形物の形成に適している。

符号の説明

[0120] 30…カバー部材、30a…第1空間、30b…出口、30c…内面、33…ガイド部40…ガス供給装置、42a…ガス供給口、82…集光光学系、82a…終端レンズ、84…供給管、84a…材料供給口、85…鏡筒、85a…第2空間、89…シール部材、100…造形システム、200…移動装置、520…ビーム照射部、530…材料供給部、600…制御装置、AX…光軸、LB₁, LB₂…ビーム、PD…造形材料、SF…旋回流、TA…目標部位、TAS…対象面、TH…貫通孔。

請求の範囲

- [請求項1] ビームを用いて対象面上に三次元造形物を形成する造形システムであって、
- 軸に対して傾斜する光路を通るビームを射出するビーム照射部と、
- 材料供給口を有し、前記ビーム照射部からのビームで照射される粉状の造形材料を前記軸に沿って供給する材料供給部と、
- 一端側から他端側に徐々に収束する内面を有し、前記他端に前記ビーム照射部からのビームが通過する出口が形成されたカバー部材と、
- 前記カバー部材内部の空間内にガス供給口を介して不活性ガスを供給するガス供給装置と、を備え、
- 前記不活性ガスが、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外に流れ、
- 前記造形材料は、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外に供給される造形システム。
- [請求項2] 前記不活性ガスは、旋回流となって、前記カバー部材の内面に沿って前記出口に向かって流れる請求項1に記載の造形システム。
- [請求項3] ビームを用いて対象面上に三次元造形物を形成する造形システムであって、
- 軸に対して傾斜する光路を通るビームを射出するビーム照射部と、
- 材料供給口を有し、前記ビーム照射部からのビームで照射される粉状の造形材料を前記軸に沿って供給する材料供給部と、
- 前記光路の少なくとも一部を囲むように配置された内面を有し、前記ビーム照射部からのビームが通過する出口が形成されたカバー部材と、
- 前記カバー部材内部の空間内にガス供給口を介して不活性ガスを供給するガス供給装置と、を備え、
- 前記不活性ガスは、旋回流となって、前記カバー部材の内面に沿って前記出口に向かって流れ、

前記不活性ガスが、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外に流れ、

前記造形材料は、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外に供給される造形システム。

[請求項4] 前記不活性ガスは、前記軸の周りを旋回流となって、前記出口に向かって流れる請求項2又は3に記載の造形システム。

[請求項5] ビームを用いて対象面上に三次元造形物を形成する造形システムであって、

軸に対して傾斜する光路を通るビームを射出するビーム照射部と、
材料供給口を有し、前記ビーム照射部からのビームで照射される粉状の造形材料を前記軸に沿って供給する材料供給部と、

前記光路の少なくとも一部を囲むように配置された内面を有し、前記ビーム照射部からのビームが通過する出口が形成されたカバー部材と、

前記カバー部材内部の空間内にガス供給口を介して不活性ガスを供給するガス供給装置と、を備え、

前記不活性ガスは、前記軸の周りを旋回流となって、前記出口に向かって流れ、

前記不活性ガスが、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外に流れ、

前記造形材料は、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外に供給される造形システム。

[請求項6] 前記旋回流が形成されるように、前記ガス供給口から前記不活性ガスを供給する請求項2～5のいずれか一項に記載の造形システム。

[請求項7] ビームを用いて対象面上に三次元造形物を形成する造形システムであって、

軸に対して傾斜する光路を通るビームを射出するビーム照射部と、
材料供給口を有し、造形材料としての粉体を前記軸に沿って供給す

る材料供給部と、

前記ビーム照射部からのビームが通過する出口が形成されたカバー部材と、

前記カバー部材内部の空間内にガス供給口を介して不活性ガスを供給するガス供給装置と、を備え、

前記不活性ガスが、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外に流れ、

前記造形材料は、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外の前記対象面に供給される造形システム。

[請求項8] 前記ガス供給口は、前記カバー部材の高さ方向の中央より上部に位置する請求項 1 ～ 7 のいずれか一項に記載の造形システム。

[請求項9] 前記ガス供給装置は、前記カバー部材の前記内面に実質的に沿って前記不活性ガスを前記ガス供給口から前記空間内に供給する請求項 1 ～ 8 のいずれか一項に記載の造形システム。

[請求項10] 前記カバー部材の前記内面は、少なくとも一部に曲面を含み、
前記ガス供給装置は、前記曲面の接線方向に実質的に沿って前記不活性ガスを前記供給口から前記空間内に供給する請求項 9 に記載の造形システム。

[請求項11] 前記ガス供給装置は、水平より下方に向けて前記不活性ガスを前記ガス供給口を介して前記空間内に供給する請求項 9 又は 10 に記載の造形システム。

[請求項12] 前記ビーム照射部は、集光光学系を有する請求項 1 ～ 11 のいずれか一項に記載の造形システム。

[請求項13] 前記集光光学系は、前記軸に対して傾斜した光路を通過する前記ビームを射出する終端レンズを有し、

前記軸は、前記終端レンズの光軸とほぼ平行である請求項 12 に記載の造形システム。

[請求項14] 前記ガス供給口は、前記軸の方向において、前記終端レンズの射出

面とほぼ同じ位置にある請求項 13 に記載の造形システム。

[請求項15] 前記終端レンズには、前記光軸を含むように貫通孔が形成されている請求項 13 又は 14 に記載の造形システム。

[請求項16] 前記材料供給部は、前記終端レンズの前記貫通孔内に配置された、前記造形材料の供給管を有する請求項 15 に記載の造形システム。

[請求項17] 前記供給管と前記終端レンズとの間は、シール部材でシールされている請求項 16 に記載の造形システム。

[請求項18] 前記材料供給口は、前記カバー部材の前記出口と前記終端レンズとの間に配置されている請求項 13～17 のいずれか一項に記載の造形システム。

[請求項19] 前記終端レンズを保持する保持部材を有し、前記保持部材内部の空間は、前記カバー部材内部の空間に対して陽圧である請求項 13～18 のいずれか一項に記載の造形システム。

[請求項20] 前記終端レンズを保持する保持部材を有し、
前記カバー部材は、前記保持部材に保持されている請求項 13～18 のいずれか一項に記載の造形システム。

[請求項21] 前記材料供給口は、前記軸上に配置されている請求項 1～20 のいずれか一項に記載の造形システム。

[請求項22] 前記カバー部材の前記出口は前記軸上に配置されており、
前記材料供給口から供給された前記造形材料は、前記軸に沿って前記出口に向かって流れる請求項 21 に記載の造形システム。

[請求項23] 前記軸の方向において、前記ガス供給口は、前記材料供給口と異なる位置に配置されている請求項 1～22 のいずれか一項に記載の造形システム。

[請求項24] 前記軸の方向において、前記ガス供給口は、前記材料供給口よりも前記出口から離れている請求項 23 に記載の造形システム。

[請求項25] 前記ガス供給装置は、第 1 ガス供給口としての前記ガス供給口を有し、

前記ガス供給装置は、前記カバー部材内部の空間内に不活性ガスを供給可能な第2ガス供給口を有する請求項1～24のいずれか一項に記載の造形システム。

[請求項26] 前記第2ガス供給口の前記軸の方向の位置は、前記第1ガス供給口の前記軸の方向の位置と異なる請求項25に記載の造形システム。

[請求項27] 前記第2ガス供給口の前記軸周りの方向の位置は、前記第1ガス供給口の前記軸周りの方向の位置と異なる請求項25又は26に記載の造形システム。

[請求項28] 前記カバー部材の前記内面には、前記不活性ガスの流れをガイドするガイド部が設けられている請求項1～27のいずれか一項に記載の造形システム。

[請求項29] 前記カバー部材の前記内面は、前記軸と平行な方向に関して前記出口とは反対側から前記出口側に向かって収束する円錐状又は楕円錐状の面である請求項1～28のいずれか一項に記載の造形システム。

[請求項30] 前記対象面と前記ビームとを相対的に移動する移動装置と、
前記対象面と前記ビームとを相対移動させつつ前記造形材料を前記材料供給口から供給することにより前記対象面上の目標部位に造形が施されるように、前記対象面上に形成する三次元造形物の3Dデータに基づいて、前記移動装置と前記ビーム照射部からの前記ビームの照射状態とを制御する制御装置と、をさらに備える請求項1～29のいずれか一項に記載の造形システム。

[請求項31] ビームを用いて対象面上に三次元造形物を形成する造形方法であって、

ビーム照射部から軸に対して傾斜する光路を通るビームを射出することと、

前記ビームで照射される粉状の造形材料を前記軸に沿って供給することと、

一端側から他端側に徐々に収束する内面を有し、前記他端に前記ビ

ーム照射部からのビームが通過する出口が形成されたカバー部材の内部の空間内にガス供給口を介して不活性ガスを供給することと、を含み、

前記不活性ガスは、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外に流れ、

前記造形材料は、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外の前記対象面に供給される造形方法。

[請求項32] ビームを用いて対象面上に三次元造形物を形成する造形方法であって、

ビーム照射部から軸に対して傾斜する光路を通るビームを射出することと、

前記ビームで照射される粉状の造形材料を前記軸に沿って供給することと、

前記光路の少なくとも一部を囲むように配置された内面を有し、前記ビーム照射部からのビームが通過する出口が形成されたカバー部材の内部の空間内にガス供給口を介して不活性ガスを供給することと、を含み、

前記不活性ガスは、旋回流となって、前記カバー部材の内面に沿って前記出口に向かって流れ、

前記不活性ガスは、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外に流れ、

前記造形材料は、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外の前記対象面に供給される造形方法。

[請求項33] ビームを用いて対象面上に三次元造形物を形成する造形方法であって、

ビーム照射部から軸に対して傾斜する光路を通るビームを射出することと、

前記ビームで照射される粉状の造形材料を前記軸に沿って供給する

ことと、

前記光路の少なくとも一部を囲むように配置された内面を有し、前記ビーム照射部からのビームが通過する出口が形成されたカバー部材の内部の空間内にガス供給口を介して不活性ガスを供給することと、を含み、

前記不活性ガスは、前記軸の周りを旋回流となって、前記出口に向かって流れ、

前記不活性ガスは、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外に流れ、

前記造形材料は、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外の前記対象面に供給される造形方法。

[請求項34]

ビームを用いて対象面上に三次元造形物を形成する造形方法であって、

ビーム照射部から軸に対して傾斜する光路を通るビームを射出することと、

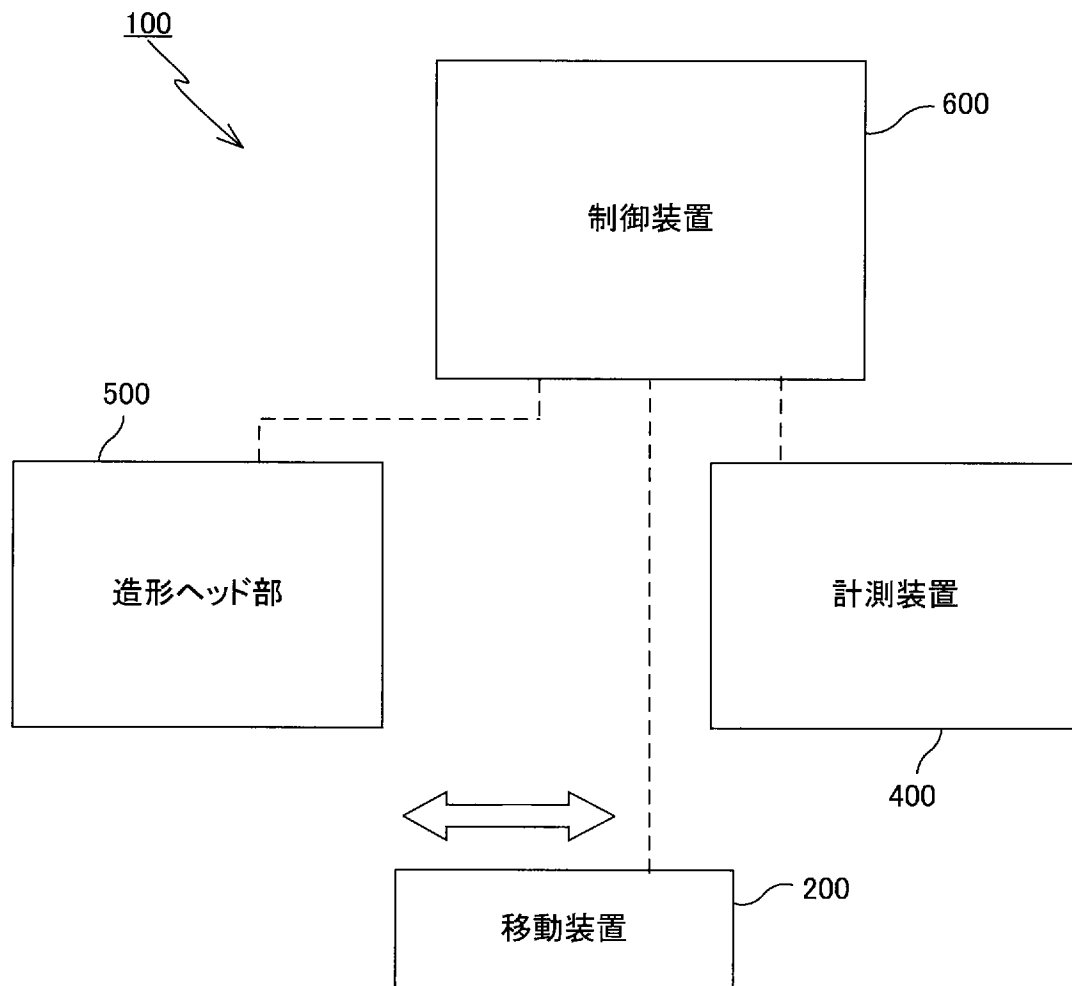
前記ビームで照射される粉状の造形材料を前記軸に沿って供給することと、

一端側から他端側に徐々に収束する内面を有し、前記他端に前記ビーム照射部からのビームが通過する出口が形成されたカバー部材の内部の空間内にガス供給口を介して不活性ガスを供給することと、を含み、

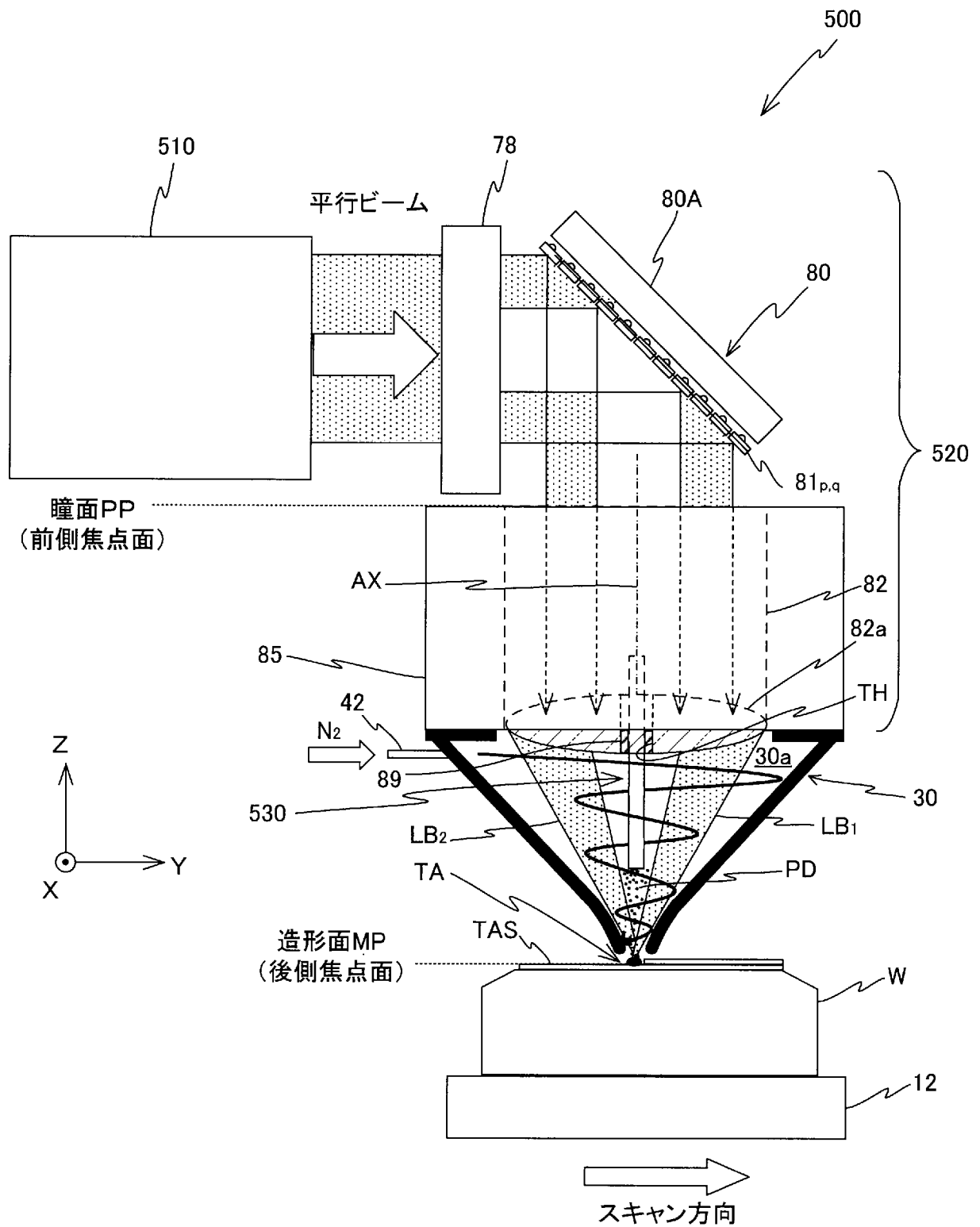
前記不活性ガスは、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外に流れ、

前記造形材料は、前記カバー部材の前記出口を介して前記空間の外の前記対象面に供給される造形方法。

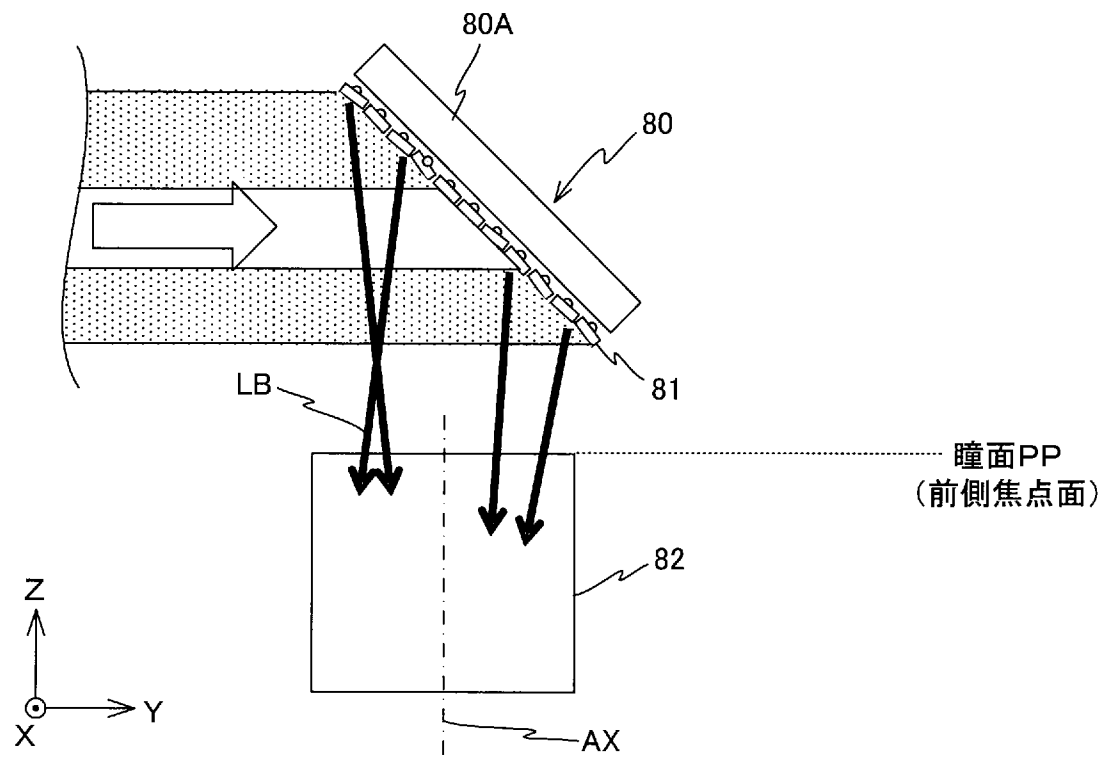
[図1]



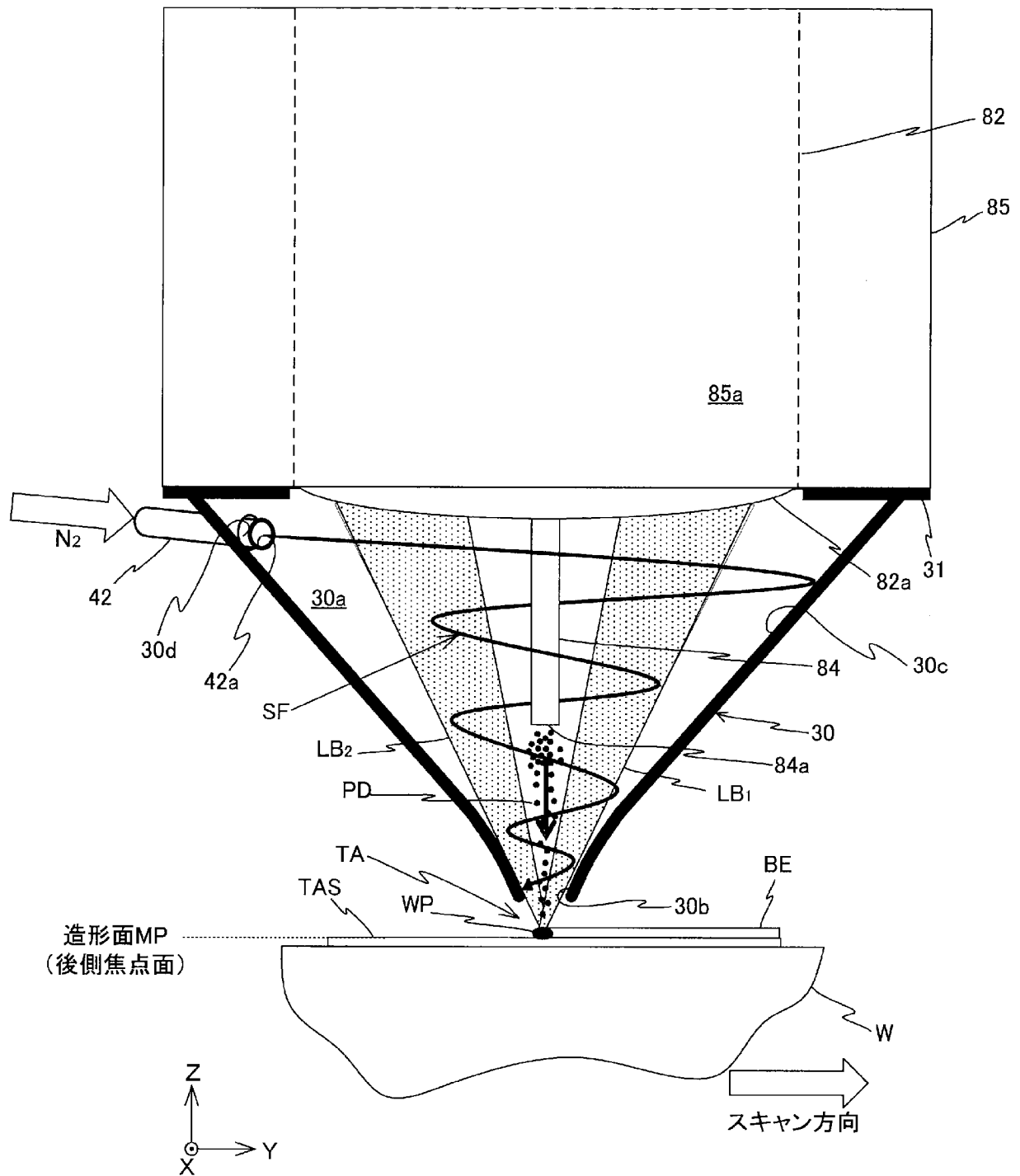
[図2]



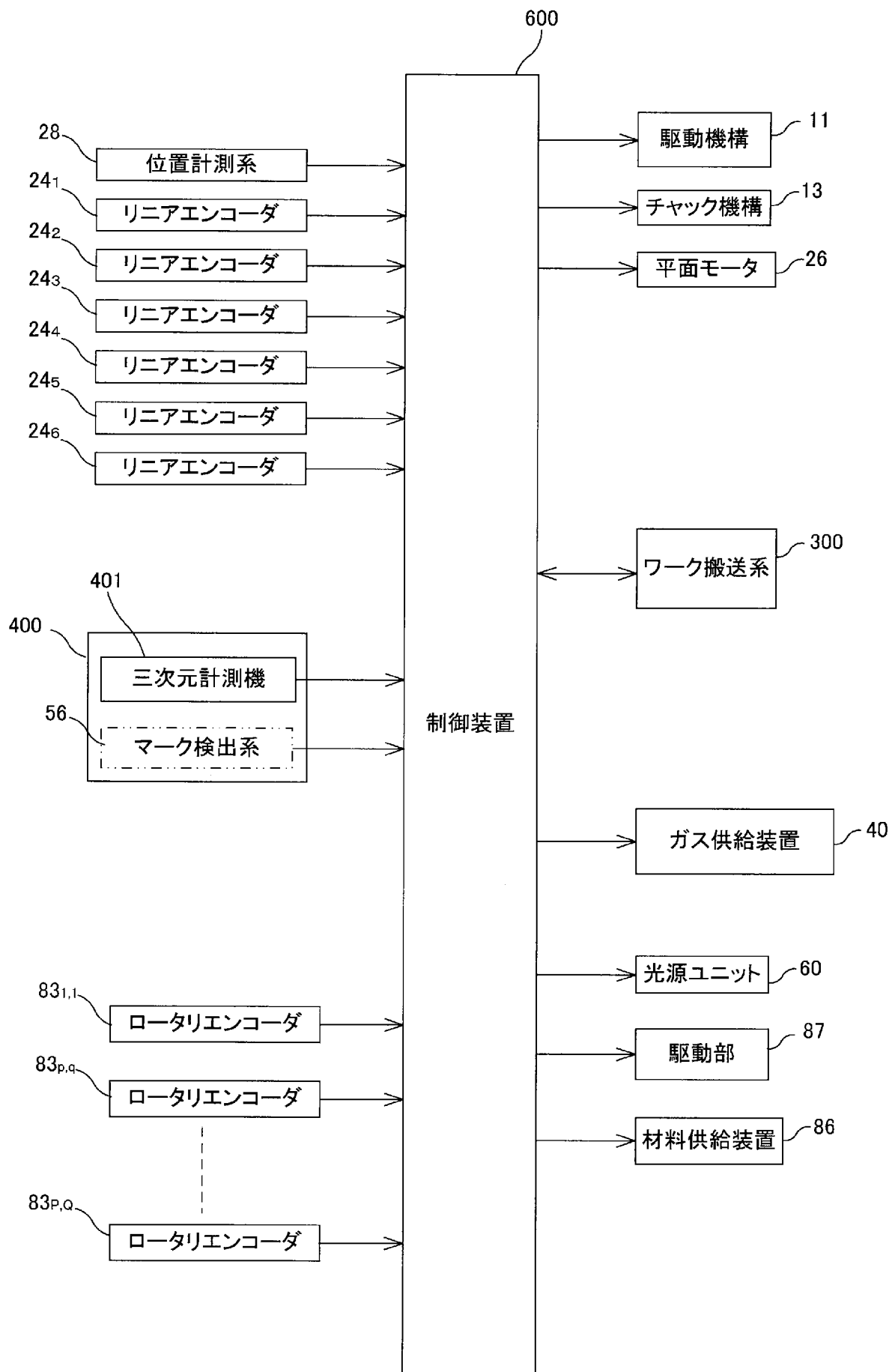
[図3]



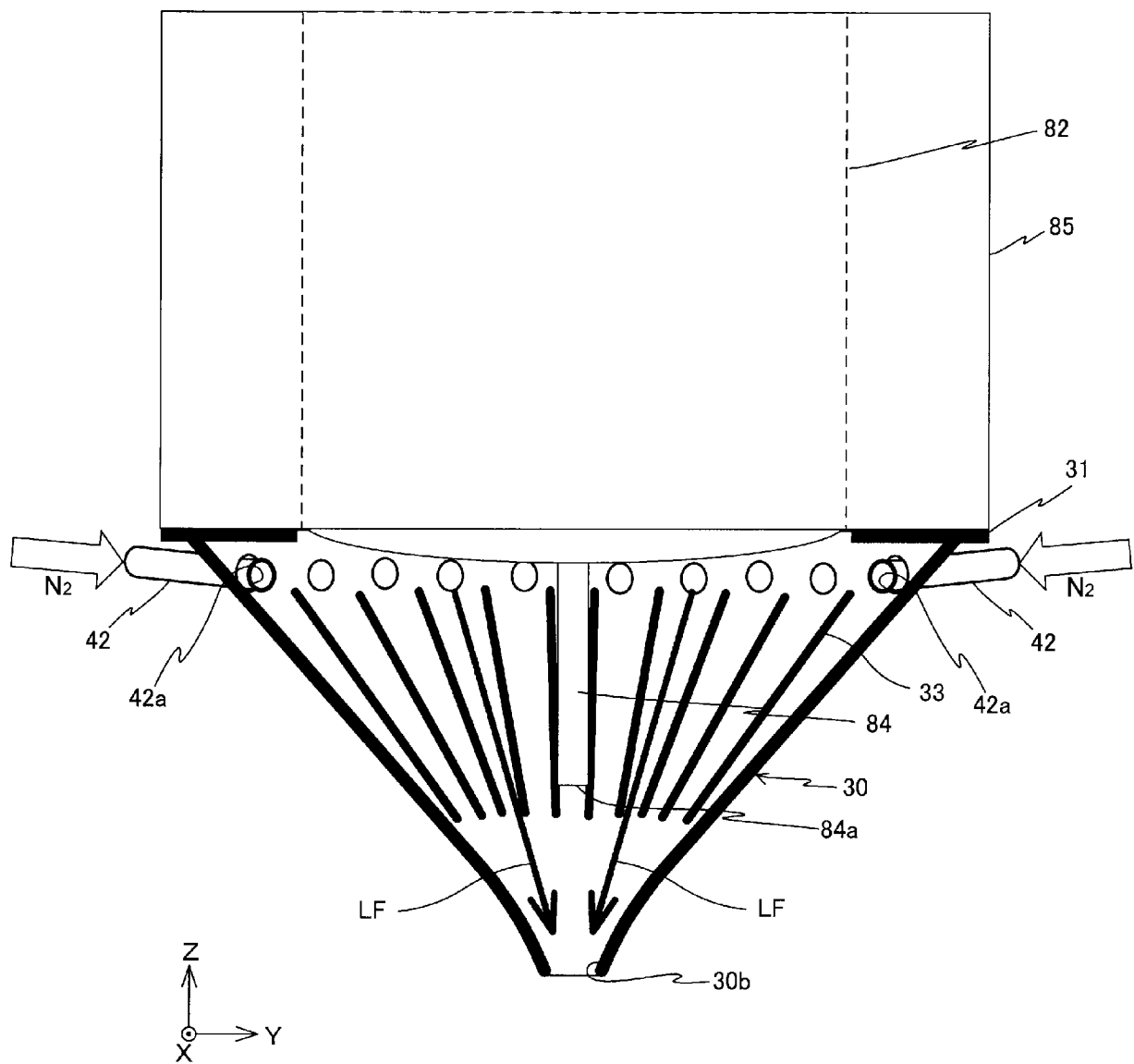
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/012465

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B22F3/105 (2006.01) i, B22F3/16 (2006.01) i, B33Y10/00 (2015.01) i,
B33Y30/00 (2015.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. B22F3/105, B22F3/16, B23K26/342, B33Y10/00-B33Y80/00

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	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 9-216083 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 19 August 1997, paragraphs [0029]-[0038], fig. 2 (Family: none)	1, 7-31, 34
Y	JP 2004-322183 A (DAIO CASTINGS CO., LTD) 18 November 2004, paragraphs [0007]-[0015], fig. 1-4 (Family: none)	1, 7-31, 34
Y	WO 2016/075803 A1 (NIKON CORP.) 19 May 2016, claim 1, paragraphs [0020]-[0163], fig. 1-15 (Family: none)	30
A	JP 2003-266189 A (LASERX CO., LTD.) 24 September 2003, paragraphs [0011]-[0026], fig. 1-2 (Family: none)	1-34

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.	☐ See patent family annex.
---	---

* Special categories of cited documents:	"I" 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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 17 May 2018 (17.05.2018)	Date of mailing of the international search report 29 May 2018 (29.05.2018)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B22F3/105(2006.01)i, B22F3/16(2006.01)i, B33Y10/00(2015.01)i, B33Y30/00(2015.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B22F3/105, B22F3/16, B23K26/342, B33Y10/00-B33Y80/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 9-216083 A（三菱重工業株式会社）1997.08.19, [0029]-[0038], 図2（ファミリーなし）	1, 7-31, 34
Y	JP 2004-322183 A（株式会社大同キャスティングス）2004.11.18, [0007]-[0015], 図1-4（ファミリーなし）	1, 7-31, 34
Y	WO 2016/075803 A1（株式会社ニコン）2016.05.19, 請求項1, [0020]-[0163], 図1-15（ファミリーなし）	30

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

17.05.2018

国際調査報告の発送日

29.05.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

酒井 英夫

4E

9631

電話番号 03-3581-1101 内線 3425

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2003-266189 A (株式会社 レーザックス) 2003. 09. 24, [0011]-[0026], 図 1-2 (ファミリーなし)	1-34