

(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
2022年1月27日(27.01.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/018853 A1

(51) 国際特許分類:

B22F 3/105 (2006.01) B29C 64/153 (2017.01)
B22F 3/16 (2006.01) B29C 64/336 (2017.01)
B23K 26/342 (2014.01) B29C 64/393 (2017.01)
B29C 64/135 (2017.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/028425

(22) 国際出願日: 2020年7月22日(22.07.2020)

(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).

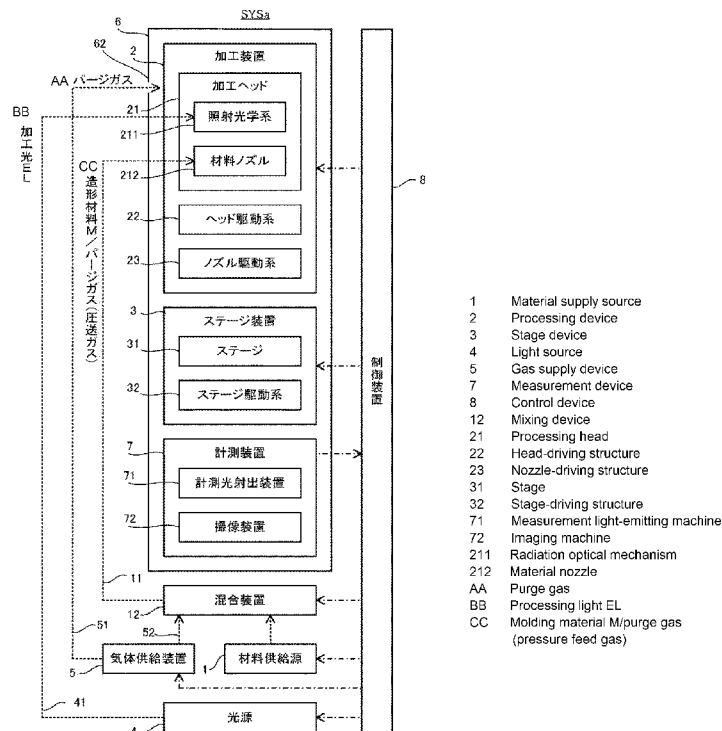
(72) 発明者: 倉見 俊光 (KURAMI, Toshimitsu); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株

式会社ニコン内 Tokyo (JP). チー ウェイ リン (ZHI-WEI LIN); 94002 カリフォルニア州ベルモントショアウェイロード1399 ニコン・リサーチ・コーポレーション・オブ・アメリカ内 California (US). ユン ジュン ジョン (Yoon Jung Jeong); 94002 カリフォルニア州ベルモントショアウェイロード1399 ニコン・リサーチ・コーポレーション・オブ・アメリカ内 California (US). マイケルバークビナード (Michael Birk Binnard); 94002 カリフォルニア州ベルモントショアウェイロード1399 ニコン・リサーチ・コーポレーション・オブ・アメリカ内 California (US).

(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

(54) Title: PROCESSING SYSTEM

(54) 発明の名称: 加工システム



(57) Abstract: A processing system provided with: a radiation structure for radiating energy beams on an object; a material-supplying member for supplying a molding material to be radiated with energy beams; a measurement device for obtaining information relating to the height of the surface of the object; and a distance-modifying device for modifying the distance between the material-supplying member and the surface of the object on the basis of the results measured by the measurement device.

[続葉有]

オークビル京橋 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, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, 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, 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))

(57) 要約: 加工システムは、物体にエネルギービームを照射する照射系と、エネルギービームで照射される造形材料を供給する材料供給部材と、物体の表面の高さに関する情報を取得する計測装置と、計測装置の計測結果に基づいて、材料供給部材と物体の表面との間の距離を変更する距離変更装置とを備える。

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、物体を加工する加工システムの技術分野に関する。

背景技術

[0002] 物体を加工する加工システムの一例が、特許文献1に記載されている。このような加工システムが有する技術的課題の一つとして、物体を適切に加工することがあげられる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：米国特許公開第2016／0375521A1号

発明の概要

[0004] 第1の態様によれば、物体にエネルギービームを照射する照射系と、前記エネルギービームで照射される造形材料を供給する材料供給部材と、前記物体の表面の高さに関する情報を取得する計測装置と、前記計測装置の計測結果に基づいて、前記材料供給部材と前記表面との間の距離を変更する距離変更装置とを備え、前記距離変更装置は、前記表面の高さが所望の高さより低い場合には、前記材料供給部材と前記表面との間の距離を長くするよう変更し、前記表面の高さが所望の高さより高い場合には、前記材料供給部材と前記表面との間の距離を短くするよう変更する加工システムが提供される。

[0005] 第2の態様によれば、物体にエネルギービームを照射する照射系と、前記エネルギービームで照射される造形材料を供給する材料供給部材と、前記物体の表面の高さに関する情報を取得する計測装置と、前記計測装置の計測結果に基づいて、前記材料供給部材と前記表面との間の距離を変更する距離変更装置とを備える加工システムが提供される。

[0006] 第3の態様によれば、物体にエネルギービームを照射する照射系と、前記エネルギービームで照射される造形材料を供給する材料供給部材と、前記物

体の表面の高さに関する情報を取得する計測装置と、前記計測装置の計測結果に基づいて、前記材料供給部材の方向を変化させる方向変更装置とを備える加工システムが提供される。

[0007] 第4の態様によれば、物体にエネルギービームを照射する照射系と、前記エネルギービームで照射される造形材料を供給する材料供給部材と、前記物体の表面の高さに関する情報を取得する計測装置と、前記計測装置の計測結果に基づいて、前記造形材料の供給量を変更する材料供給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、物体にエネルギービームを照射する照射系と、前記エネルギービームが照射される造形材料を供給する材料供給部材と、前記物体の表面の位置に関する情報を取得する計測装置と、前記計測装置の計測結果に基づいて、前記材料供給部材を制御する材料供給制御装置とを備える加工システムが提供される。

[0009] 第6の態様によれば、物体にエネルギービームを照射する照射系と、前記エネルギービームが照射される造形材料を供給する材料供給部材と、前記物体の表面の高さが所望の高さよりも低い場合に、前記材料供給部材と前記表面との間の距離を長くするよう変更する距離変更装置とを備える加工システムが提供される。

[0010] 第7の態様によれば、物体にエネルギービームを照射する照射系と、前記エネルギービームが照射される造形材料を供給する材料供給部材と、前記物体の表面の高さが所望の高さよりも低い場合に、前記材料供給部材によって供給される前記造形材料の集中領域と前記表面との間の距離を短くするよう変更する集中領域変更装置とを備える加工システムが提供される。

[0011] 第8の態様によれば、物体にエネルギービームを照射する照射系と、前記エネルギービームが照射される造形材料を供給する材料供給部材と、前記物体の表面の高さが所望の高さよりも低い場合の前記造形材料の集中領域が、前記表面の高さが前記所望の高さよりも高い場合の前記集中領域よりも上に位置するように制御する制御装置とを備える加工システムが提供される。

- [0012] 第9の態様によれば、物体にエネルギービームを照射する照射系と、前記エネルギービームが照射される造形材料を供給する材料供給部材と、前記物体の表面の位置に関する情報を取得する計測装置と、前記計測装置の計測結果に基づいて、前記照射系を制御して前記エネルギービームの収斂位置を変更する制御装置とを備える加工システムが提供される。
- [0013] 第10の態様によれば、物体にエネルギービームを照射する照射系と、前記エネルギービームで照射される造形材料を供給する材料供給部材と、前記物体の表面の高さに関する情報を取得する計測装置とを備え、前記照射系の最終光学要素と前記材料供給部材の相対位置が可変である加工システムが提供される。
- [0014] 第11の態様によれば、物体にエネルギービームを照射する照射系と、前記エネルギービームで照射される造形材料を供給する材料供給部材と、前記物体の表面の高さに関する情報を取得する計測装置とを備え、前記計測装置と前記材料供給部材との相対位置が可変である加工システムが提供される。
- [0015] 第12の態様によれば、物体にエネルギービームを照射する照射系と、前記エネルギービームで照射される造形材料を供給する材料供給部材と、前記物体の表面の高さに関する情報を取得する計測装置と、前記照射系の最終光学要素と前記材料供給部材との相対的な方向関係を可変とする加工システムが提供される。
- [0016] 第13の態様によれば、物体にエネルギービームを照射する照射系と、前記エネルギービームで照射される造形材料を供給する材料供給部材と、前記物体の表面の高さに関する情報を取得するための計測光を照射する計測光照射装置とを備え、前記計測光照射装置と前記材料供給部材のとの相対的な方向関係を可変である加工システムが提供される。
- [0017] 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

- [0018] [図1]図1は、第1実施形態の加工システムの構造を示す断面図である。

[図2]図2は、第1実施形態の加工システムのシステム構成を示すシステム構成図である。

[図3]図3は、材料ノズルから供給される造形材料Mの供給経路を示す断面図である。

[図4]図4は、高さが異なる複数の表面を備える計測対象物に照射される複数の計測光を示す断面図である。

[図5]図5(a)から図5(c)のそれぞれは、計測対象物の表面に複数の計測光が形成するスポットを示す平面図である。

[図6]図6(a)から図6(e)のそれぞれは、ワーク上のある領域に加工光を照射し且つ造形材料を供給した場合の様子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、3次元構造物を形成する過程を示す断面図である。

[図8]図8は、材料ノズルと造形面との間の距離（集中領域と造形面との間の距離）が基準距離となるように位置している材料ノズルを示す断面図である。

[図9]図9は、材料ノズルと造形面との間の距離（集中領域と造形面との間の距離）が基準距離よりも長くなるように位置している材料ノズルを示す断面図である。

[図10]図10は、材料ノズルと造形面との間の距離（集中領域と造形面との間の距離）が基準距離よりも短くなるように位置している材料ノズルを示す断面図である。

[図11]図11は、造形物の高さ（造形量）と、材料ノズル及び造形面との間の距離（集中領域と造形面との間の距離）との間の関係を示すグラフである。

[図12]図12は、凹凸のある表面を有する構造層の上に形成される新たな構造層を、その造形量と共に示す。

[図13]図13(a)及び図13(b)のそれぞれは、造形面上に構造層を形成する期間中に当該造形面の高さに関する情報を取得するための計測光を示す断面図である。してもよい。

[図14]図14(a)及び図14(b)のそれぞれは、構造層を形成する期間中に、当該構造層の高さに関する情報を取得するための計測光を示す断面図である。

[図15]図15は、造形面MS上の複数の異なる位置に照射される計測光を示す平面図である。

[図16]図16は、第2実施形態の加工システムのシステム構成を示すシステム構成図である。

[図17]図17は、ディスプレイが表示する画像の一例を示す平面図である。

[図18]図18(a)は、X軸及びY軸の少なくとも一方に沿った回転軸廻りに回転する前の材料ノズルを示す断面図であり、図18(b)は、X軸及びY軸の少なくとも一方に沿った回転軸廻りに回転した後の材料ノズルを示す断面図である。

[図19]図19は、第4実施形態の加工システムのシステム構成を示すシステム構成図である。

[図20]図20は、造形物の高さ（造形量）と材料ノズルからの造形材料の供給量との間の関係を示すグラフである。

[図21]図21は、凹凸のある表面を有する構造層の上に形成される新たな構造層を、その造形量と共に示す。

[図22]図22は、第5実施形態の加工システムの構造を示す断面図である。

[図23]図23は、第5実施形態の加工システムのシステム構成を示すシステム構成図である。

[図24]図24は、第6実施形態の加工システムの構造を示す断面図である。

[図25]図25は、造形物の高さ（造形量）と、材料ノズル及び造形面の間の距離との間の関係を示すグラフである。

[図26]図26は、凹凸のある表面を有する構造層の上に形成される新たな構造層を、その造形量と共に示す。

[図27]図27は、第7実施形態の加工システムのシステム構成を示すシステム構成図である。

[図28]図28は、造形面と加工光の収斂位置との間の距離に相当するデフォーカス量を示す断面図である。

[図29]図29は、造形物の高さ（造形量）とデフォーカス量との間の関係を示すグラフである。

[図30]図30は、凹凸のある表面を有する構造層の上に形成される新たな構造層を、その造形量と共に示す。

[図31]図31は、第8実施形態の加工システムのシステム構成を示すシステム構成図である。

[図32]図32は、一部が欠損、破損又は摩耗した物体（図32に示す例では、配管）に相当するワークを示す斜視図である。

[図33]図33は、欠損、破損又は摩耗していない元の物体W2（図33に示す例では、配管）を示す斜視図である。

[図34]図34は、図32に示す物体の3次元形状と図33に示す元の物体の3次元形状との差分を算出することで算出された付加加工によって形成すべき3次元構造物STの3次元形状（つまり、欠損、破損又は摩耗した部分の3次元形状）を示す斜視図である。

[図35]図35は、欠損、破損又は摩耗した部分が、付加加工によって新たに形成された3次元構造物によって補われた物体を示す斜視図である。

[図36]図36は、欠損、破損又は摩耗した部位を加工（図36に示す例では、除去加工）した物体に相当するワークを示す斜視図である。

[図37]図37は、欠損、破損又は摩耗した部分が除去加工された部分が、付加加工によって新たに形成された3次元構造物によって補われた物体を示す斜視図である。

[図38]図38は、欠損、破損又は摩耗した部分が除去加工された部分が、付加加工によって新たに形成された3次元構造物によって補われるとともに、新たな構造が付加された物体を示す斜視図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、図面を参照しながら、加工システムの一実施形態である加工システ

ムシステムについて説明する。本実施形態の加工システムは、付加加工を行うことで3次元構造物を形成可能な加工システムである。加工システムは、例えば、レーザ肉盛溶接法（LMD: Laser Metal Deposition）に基づく付加加工を行うことで3次元構造物を形成可能である。尚、レーザ肉盛溶接法（LMD）は、ダイレクト・メタル・デポジション、ダイレクト・エナジー・デポジション、レーザクラディング、レーザ・エンジニアード・ネット・シェイピング、ダイレクト・ライト・ファブリケーション、レーザ・コンソリデーション、シェイプ・デポジション・マニファクチャリング、ワイヤーフィード・レーザ・デポジション、ガス・スルー・ワイヤ、レーザ・パウダー・フュージョン、レーザ・メタル・フォーミング、セレクトティブ・レーザ・パウダー・リメルティング、レーザ・ダイレクト・キャスティング、レーザ・パウダー・デポジション、レーザ・アディティブ・マニファクチャリング、レーザ・ラピッド・フォーミングと称してもよい。

[0020] 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或いは重力方向）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、 θ X方向、 θ Y方向及び θ 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。

[0021] （１）第１実施形態の加工システムの構造

初めに、第１実施形態の加工システム（以降、“加工システムS a”と称する）について説明する。

[0022] （１－１）加工システムS aの構造

初めに、図１及び図２を参照しながら、第１実施形態の加工システムS

S a の構造について説明する。図 1 は、第 1 実施形態の加工システム S Y S a の構造の一例を示す断面図である。図 2 は、第 1 実施形態の加工システム S Y S a のシステム構成の一例を示すシステム構成図である。

[0023] 加工システム S Y S a は、3 次元構造物（つまり、3 次元方向のいずれの方向においても大きさ（サイズ）を持つ 3 次元の物体であり、立体物、言い換えると、X 軸方向、Y 軸方向及び Z 軸方向において大きさ（サイズ）を持つ物体）S T を形成するための造形動作を行うことが可能である。加工システム S Y S a は、3 次元構造物 S T を形成するための基礎（つまり、母材）となるワーク W 上に、3 次元構造物 S T を形成可能である。加工システム S Y S a は、ワーク W に付加加工を行うことで、3 次元構造物 S T を形成可能である。ワーク W が後述するステージ 3 1 である場合には、加工システム S Y S a は、ステージ 3 1 上に、3 次元構造物 S T を形成可能である。ワーク W がステージ 3 1 に載置されている（或いは、ステージ 3 1 に載置されている）既存構造物である場合には、加工システム S Y S a は、既存構造物上に、3 次元構造物 S T を形成可能であってもよい。この場合、加工システム S Y S a は、既存構造物と一体化された 3 次元構造物 S T を形成してもよい。既存構造物と一体化された 3 次元構造物 S T を形成する動作は、既存構造物に新たな構造物を付加する動作と等価とみなせる。尚、既存構造物は例えば欠損箇所がある要修理品であってもよい。加工システム S Y S a は、要修理品の欠損箇所を埋めるように、要修理品に 3 次元構造物 S T を形成してもよい。或いは、加工システム S Y S a は、既存構造物と分離可能な 3 次元構造物 S T を形成してもよい。尚、図 1 は、ワーク W が、ステージ 3 1 によって保持されている既存構造物である例を示している。また、以下でも、ワーク W がステージ 3 1 によって保持されている既存構造物である例を用いて説明を進める。

[0024] 上述したように、加工システム S Y S a は、レーザ肉盛溶接法により 3 次元構造物 S T を形成可能である。つまり、加工システム S Y S a は、積層造形技術を用いて物体を形成する 3 D プリンタであるとも言える。尚、積層造

形技術は、ラピッドプロトタイピング（Rapid Prototyping）、ラピッドマニファクチャリング（Rapid Manufacturing）、又は、アディティブマニファクチャリング（Additive Manufacturing）とも称されてもよい。

[0025] 加工システムSYSaは、造形材料Mを加工光ELで加工して3次元構造物STを形成する。造形材料Mは、所定強度以上の加工光ELの照射によって溶融可能な材料である。このような造形材料Mとして、例えば、金属性の材料及び樹脂性の材料の少なくとも一方が使用可能である。但し、造形材料Mとして、金属性の材料及び樹脂性の材料とは異なるその他の材料が用いられてもよい。造形材料Mは、粉状の又は粒状の材料である。つまり、造形材料Mは、粉粒体である。但し、造形材料Mは、粉粒体でなくてもよい。例えば、造形材料Mとして、ワイヤ状の造形材料及びガス状の造形材料の少なくとも一方が用いられてもよい。

[0026] 3次元構造物STを形成するための造形動作を行うために、加工システムSYSaは、図1及び図2に示すように、材料供給源1と、加工装置2と、ステージ装置3と、光源4と、気体供給装置5と、筐体6と、計測装置7と、制御装置8とを備える。加工装置2とステージ装置3と計測装置7とのそれぞれの少なくとも一部は、筐体6の内部のチャンバ空間631N内に収容されている。

[0027] 材料供給源1は、加工装置2に造形材料Mを供給する。材料供給源1は、3次元構造物STを形成するために単位時間あたりに必要とする分量の造形材料Mが加工装置2に供給されるように、当該必要な分量に応じた所望量の造形材料Mを供給する。

[0028] 加工装置2は、材料供給源1から供給される造形材料Mを加工して3次元構造物STを形成する。3次元構造物STを形成するために、加工装置2は、加工ヘッド21と、ヘッド駆動系22と、ノズル駆動系23とを備える。更に、加工ヘッド21は、照射光学系（照射系）211と、材料ノズル（つまり造形材料Mを供給する供給系であり、材料供給部材と称されてもよい）

212と、ヘッド筐体213とを備えている。加工ヘッド21と、ヘッド駆動系22と、ノズル駆動系23とは、チャンバ空間631N内に收容されている。但し、加工ヘッド21、ヘッド駆動系22及び／又はノズル駆動系23の少なくとも一部が、筐体6の外部の空間である外部空間64OUTに配置されていてもよい。尚、外部空間64OUTは、加工システムSYSaのオペレータが立ち入り可能な空間であってもよい。

[0029] 照射光学系211は、加工光ELを射出するための光学系である。具体的には、照射光学系211は、加工光ELを発する光源4と、光ファイバ及びライトパイプ等の少なくとも一つを含む光伝送部材41を介して光学的に接続されている。照射光学系211は、光伝送部材41を介して光源4から伝搬してくる加工光ELを射出する。より具体的には、照射光学系211は、照射光学系211が備える最終光学要素（言い換えれば、終端光学素子）2112から、加工光ELを射出する。最終光学要素2112は、照射光学系211が備える、最もワークWに近い（図1に示す例では、最も-Z側に位置する）光学要素（つまり、光学部材）である。照射光学系211は、照射光学系211から下方（つまり、-Z側）に向けて加工光ELを照射する。このため、照射光学系211の光軸AXは、Z軸に沿った軸であってもよい。照射光学系211の下方には、ステージ31が配置されている。ステージ31にワークWが載置されている場合には、照射光学系211は、物体であるワークWに加工光ELを照射する。具体的には、照射光学系211は、加工光ELが照射される（典型的には、集光される）領域としてワークW上に又はワークWの近傍に設定される目標照射領域EAに加工光ELを照射可能である。つまり、照射光学系211は、目標照射領域EAが設定された位置に加工光ELを照射する。更に、照射光学系211の状態は、制御装置8の制御下で、目標照射領域EAに加工光ELを照射する状態と、目標照射領域EAに加工光ELを照射しない状態との間で切替可能である。尚、照射光学系211から射出される加工光ELの方向は真下（つまり、-Z軸方向と一致）には限定されず、例えば、Z軸に対して所定の角度だけ傾いた方向であ

ってもよい。

[0030] 照射光学系 2 1 1 は、ヘッド筐体 2 1 3 に收容されている。照射光学系 2 1 1 は、少なくとも加工光 E L が射出される射出口 2 1 1 1 がヘッド筐体 2 1 3 の外部に露出するように、ヘッド筐体 2 1 3 に收容されている。

[0031] ヘッド筐体 2 1 3 には、材料ノズル 2 1 2 が取り付けられている。第 1 実施形態では、ヘッド筐体 2 1 3 には、三つの材料ノズル 2 1 2（但し、図 1 では、二つの材料ノズル 2 1 2 のみが図示されている）が取り付けられている。三つの材料ノズル 2 1 2 は、照射光学系 2 1 1 の光軸 A X を取り囲むように、ヘッド筐体 2 1 3 に取り付けられている。但し、ヘッド筐体 2 1 3 には、二つ以下又は四つ以上の材料ノズル 2 1 2 が取り付けられていてもよい。

[0032] 材料ノズル 2 1 2 には、材料供給口 2 1 2 1 が形成されている。材料ノズル 2 1 2 は、材料供給口 2 1 2 1 から造形材料 M を供給する（例えば、射出する、噴射する、噴出する、又は、吹き付ける）。材料ノズル 2 1 2 は、供給管 1 1 及び混合装置 1 2 を介して造形材料 M の供給源である材料供給源 1 と物理的に接続されている。材料ノズル 2 1 2 は、供給管 1 1 及び混合装置 1 2 を介して材料供給源 1 から供給される造形材料 M を供給する。材料ノズル 2 1 2 は、供給管 1 1 を介して材料供給源 1 から供給される造形材料 M を圧送してもよい。即ち、材料供給源 1 からの造形材料 M と搬送用の気体（つまり、圧送ガスであり、例えば、窒素及びアルゴン等の少なくとも一つを含む不活性ガス）とは、混合装置 1 2 で混合された後に供給管 1 1 を介して材料ノズル 2 1 2 に圧送されてもよい。その結果、材料ノズル 2 1 2 は、搬送用の気体と共に造形材料 M を供給する。搬送用の気体として、例えば、気体供給装置 5 から供給されるページガスが用いられる。但し、搬送用の気体として、気体供給装置 5 とは異なる気体供給装置から供給される気体が用いられてもよい。尚、図 1 において材料ノズル 2 1 2 は、チューブ状に描かれているが、材料ノズル 2 1 2 の形状は、この形状に限定されない。

[0033] 三つの材料ノズル 2 1 2 の材料供給口 2 1 2 1 は、下方を向いている。三

つの材料ノズル212の材料供給口2121は、それぞれ異なる方向を向いている。例えば、第1の材料ノズル212の材料供給口2121は、第1の方向を向いており、第2の材料ノズル212の材料供給口2121は、第2の方向を向いており、第3の材料ノズル212の材料供給口2121は、第3の方向を向いていてもよい。三つの材料ノズル212は、材料ノズル212から供給される造形材料Mの供給経路を示す断面図である図3に示すように、それぞれ異なる方向を向いている三つの材料供給口2121からの造形材料Mの供給経路が集中領域CPにおいて交差するように位置合わせされている。つまり、三つの材料ノズル212は、それぞれ異なる方向を向いている三つの材料供給口2121から供給される造形材料Mが集中領域CPに向かって供給されるように位置合わせされている。

[0034] 図3に示す例では、集中領域CPは、ワークWの表面（特に、上面、以下この段落において同じ）の下方（つまり、ワークWの表面から-Z側に離れた位置）に位置している。つまり、本実施形態では、加工システムSYSaは、材料ノズル212から供給される造形材料Mが集中領域CPに実際に到達する前にワークWの表面（或いは、後述する造形面MS）に到達する状態で、ワークWを加工するものとする。本実施形態では、加工システムSYSaは、集中領域CPがワークWの表面（或いは、後述する造形面MS）よりも下方に位置する（つまり、集中領域CPと材料ノズル212との間に造形面MSが位置する）状態で、ワークWを加工するものとする。但し、集中領域CPは、ワークWの表面に位置していてもよい。つまり、加工システムSYSaは、材料ノズル212から供給される造形材料Mが集中領域CPに到達すると同時にワークWの表面（或いは、後述する造形面MS）に到達する状態で、ワークWを加工してもよい。本実施形態では、加工システムSYSaは、集中領域CPがワークWの表面（或いは、後述する造形面MS）に位置する状態で、ワークWを加工してもよい。或いは、集中領域CPは、ワークWの表面の上方（つまり、ワークWの表面から+Z側に離れた位置）に位置していてもよい。つまり、加工システムSYSaは、材料ノズル212か

ら供給される造形材料Mが集中領域C Pに実際に到達した後に造形面MSに到達する状態で、ワークWを加工してもよい。つまり、本実施形態では、加工システムSYS aは、集中領域C Pが造形面MSよりも上方に位置する（つまり、造形面MSと材料ノズル2 1 2との間に集中領域C Pが位置する）状態で、ワークWを加工してもよい。

[0035] 材料ノズル2 1 2は、材料ノズル2 1 2から下方（つまり、 $-Z$ 側）に向けて造形材料Mを供給する。材料ノズル2 1 2の下方には、ステージ3 1が配置されている。ステージ3 1にワークWが搭載されている場合には、材料ノズル2 1 2は、ワークW又はワークWの近傍に向けて造形材料Mを供給する。尚、材料ノズル2 1 2から供給される造形材料Mの進行方向はZ軸方向に対して所定の角度（一例として鋭角）だけ傾いた方向であるが、 $-Z$ 側（つまり、真下）であってもよい。

[0036] 尚、加工システムSYS aは、三つの材料ノズル2 1 2の材料供給口2 1 2 1から、同じ種類の造形材料Mを供給してもよい。加工システムSYS aは、三つの材料ノズル2 1 2の材料供給口2 1 2 1、それぞれ、互いに異なる種類の造形材料Mを供給してもよい。

[0037] 材料ノズル2 1 2から供給された造形材料Mには、照射光学系2 1 1が射出した加工光ELが照射される。その結果、造形材料Mが溶融する。加工システムSYS aは、溶融した造形材料Mを用いてワークWを付加加工する。

[0038] ヘッド駆動系2 2は、加工ヘッド2 1（具体的には、ヘッド筐体2 1 3）を移動させる（つまり、動かす）。このため、ヘッド駆動系2 2は、移動装置と称されてもよい。ヘッド駆動系2 2は、例えば、X軸、Y軸、Z軸、 θX 方向、 θY 方向及び θZ 方向の少なくとも一つに沿ってヘッド筐体2 1 3を移動させる。ヘッド筐体2 1 3には照射光学系2 1 1が収容されており且つ材料ノズル2 1 2が取り付けられているため、ヘッド駆動系2 2がヘッド筐体2 1 3を移動させると、照射光学系2 1 1及び材料ノズル2 1 2もまた移動する。このため、ヘッド駆動系2 2は、照射光学系2 1 1及び材料ノズル2 1 2を同時に移動させる駆動系であるとみなしてもよい。

[0039] ノズル駆動系 2 3 は、材料ノズル 2 1 2 を移動させる（つまり、動かす）。一方で、ノズル駆動系 2 3 は、照射光学系 2 1 1 を移動させない。つまり、ノズル駆動系 2 3 は、照射光学系 2 1 1 に対して材料ノズル 2 1 2 を移動させる。ノズル駆動系 2 3 は、照射光学系 2 1 1 とは別に材料ノズル 2 1 2 を移動させる。ノズル駆動系 2 3 は、照射光学系 2 1 1 から独立して材料ノズル 2 1 2 を移動させる。このため、ノズル駆動系 2 3 は、照射光学系 2 1 1 を移動させることなく材料ノズル 2 1 2 を移動させることができるという点で、照射光学系 2 1 1 及び材料ノズル 2 1 2 を同時に移動させるヘッド駆動系 2 2 とは異なる。ノズル駆動系 2 3 が材料ノズル 2 1 2 を移動させるため、材料ノズル 2 1 2 は、ヘッド筐体 2 1 3 に対して移動可能に取り付けられている。

[0040] ノズル駆動系 2 3 は、例えば、X 軸、Y 軸、Z 軸、 θ X 方向、 θ Y 方向及び θ Z 方向の少なくとも一つに沿って材料ノズル 2 1 2 を移動させる。第 1 実施形態では、ノズル駆動系 2 3 は、Z 軸に沿って材料ノズル 2 1 2 を移動させる。Z 軸に沿って材料ノズル 2 1 2 が移動すると、材料ノズル 2 1 2 とワーク W の上面との間の距離（具体的には、Z 軸に沿った距離）が変わる。このため、ノズル駆動系 2 3 は、材料ノズル 2 1 2 とワーク W の上面との間の距離を変更する距離変更装置として機能しているとみなしてもよい。更に、材料ノズル 2 1 2 とワーク W の上面との間の距離が変わると、材料ノズル 2 1 2 から供給される造形材料 M が集中する集中領域 C P とワーク W の上面との間の距離（具体的には、Z 軸に沿った距離）が変わる。このため、ノズル駆動系 2 3 は、集中領域 C P を変更する（具体的には、集中領域 C P の位置を変更する、言い換えれば、集中領域 C P とワーク W の上面との間の距離を変更する）集中領域変更装置として機能しているとみなしてもよい。尚、集中領域 C P を集中空間と称してもよい。また、Z 軸に沿って材料ノズル 2 1 2 が移動すると、材料ノズル 2 1 2 と照射光学系 2 1 1（特に、最終光学要素 2 1 1 2）との相対位置（例えば、Z 軸に沿った相対位置）が変わる。このため、ノズル駆動系 2 3 は、材料ノズル 2 1 2 と照射光学系 2 1 1（特

に、最終光学要素 2 1 1 2) との相対位置を変更する装置として機能しているとみなしてもよい。

[0041] 加工ヘッド 2 1 が複数の材料ノズル 2 1 2 を備えている場合には、ノズル駆動系 2 3 は、複数の材料ノズル 2 1 2 をまとめて移動させてもよい。つまり、ノズル駆動系 2 3 は、複数の材料ノズル 2 1 2 を同じ移動態様で移動させてもよい。或いは、ノズル駆動系 2 3 は、複数の材料ノズル 2 1 2 の少なくとも一つを移動させる一方で、複数の材料ノズル 2 1 2 の少なくとも他の一つを移動させなくてもよい。或いは、ノズル駆動系 2 3 は、複数の材料ノズル 2 1 2 の少なくとも一つを、第 1 の移動態様で移動させる一方で、複数の材料ノズル 2 1 2 の少なくとも他の一つを、第 1 の移動態様とは異なる第 2 の移動態様で移動させてもよい。

[0042] ステージ装置 3 は、ステージ 3 1 を備えている。ステージ 3 1 は、チャンバ空間 6 3 1 N に收容される。ステージ 3 1 には、ワーク W が載置可能である。ステージ 3 1 は、ステージ 3 1 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 3 1 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、ステージ 3 1 は、ステージ 3 1 に載置されたワーク W を保持可能でなくてもよい。この場合、ワーク W は、クランプレスでステージ 3 1 に載置されていてもよい。ステージ 3 1 がチャンバ空間 6 3 1 N に收容されるため、ステージ 3 1 が支持するワーク W もまた、チャンバ空間 6 3 1 N に收容される。更に、ステージ 3 1 は、ワーク W が保持されている場合には、保持したワーク W をリリース可能である。上述した照射光学系 2 1 1 は、ステージ 3 1 にワーク W が載置されている期間の少なくとも一部において加工光 E L を照射する。更に、上述した材料ノズル 2 1 2 は、ステージ 3 1 にワーク W が載置されている期間の少なくとも一部において造形材料 M を供給する。

[0043] ステージ駆動系 3 2 は、ステージ 3 1 を移動させる（つまり、動かす）。ステージ駆動系 3 2 は、例えば、X 軸、Y 軸、Z 軸、 θ X 方向、 θ Y 方向及

び θ Z方向の少なくとも一つに沿ってステージ31を移動させる。ステージ駆動系32がステージ31を移動させると、加工ヘッド21とステージ31との相対位置が変わる。

[0044] 光源4は、例えば、赤外光、可視光及び紫外光のうちの少なくとも一つを、加工光ELとして射出する。但し、加工光ELとして、その他の種類の光が用いられてもよい。加工光ELは、複数のパルス光（つまり、複数のパルスビーム）を含んでいてもよい。加工光ELは、連続光（CW: Continuous Wave）を含んでいてもよい。加工光ELは、レーザ光であってもよい。この場合、光源4は、レーザ光源（例えば、レーザダイオード（LD: Laser Diode）等の半導体レーザを含んでいてもよい。レーザ光源は、ファイバ・レーザ、CO₂レーザ、YAGレーザ及びエキシマレーザ等のうちの少なくとも一つを含んでいてもよい。但し、加工光ELは、レーザ光でなくてもよい。光源4は、任意の光源（例えば、LED（Light Emitting Diode）及び放電ランプ等の少なくとも一つ）を含んでいてもよい。

[0045] 気体供給装置5は、チャンバ空間63INをパージするためのパージガスの供給源である。パージガスは、不活性ガスを含む。不活性ガスの一例として、窒素ガス及びアルゴンガスの少なくとも一方があげられる。気体供給装置5は、筐体6の隔壁部材61に形成された供給口62及び気体供給装置5と供給口62とを接続する供給管51を介して、チャンバ空間63INに接続されている。気体供給装置5は、供給管51及び供給口62を介して、チャンバ空間63INにパージガスを供給する。その結果、チャンバ空間63INは、パージガスによってパージされた空間となる。チャンバ空間63INに供給されたパージガスは、隔壁部材61に形成された不図示の排出口から排出されてもよい。尚、気体供給装置5は、不活性ガスが格納されたボンベであってもよい。不活性ガスが窒素ガスである場合には、気体供給装置5は、大気を原料として窒素ガスを発生する窒素ガス発生装置であってもよい。

[0046] 上述したように、材料ノズル 2 1 2 がパージガスと共に造形材料 M を供給する場合には、気体供給装置 5 は、チャンバ空間 6 3 I N に加えて材料供給源 1 からの造形材料 M が供給される混合装置 1 2 にパージガスを供給してもよい。具体的には、気体供給装置 5 は、気体供給装置 5 と混合装置 1 2 とを接続する供給管 5 2 を介して混合装置 1 2 と接続されていてもよい。その結果、気体供給装置 5 は、供給管 5 2 を介して、混合装置 1 2 にパージガスを供給する。この場合、材料供給源 1 からの造形材料 M は、供給管 5 2 を介して気体供給装置 5 から供給されたパージガスによって、供給管 1 1 内を通過して材料ノズル 2 1 2 に向けて供給（具体的には、圧送）されてもよい。つまり、気体供給装置 5 は、供給管 5 2、混合装置 1 2 及び供給管 1 1 を介して、材料ノズル 2 1 2 に接続されていてもよい。その場合、材料ノズル 2 1 2 は、材料供給口 2 1 2 1 から、造形材料 M を圧送するためのパージガスと共に造形材料 M を供給することになる。

[0047] 筐体 6 は、筐体 6 の内部空間であるチャンバ空間 6 3 I N に少なくとも加工装置 2 及びステージ装置 3 のそれぞれの少なくとも一部を収容する収容装置である。筐体 6 は、チャンバ空間 6 3 I N を規定する隔壁部材 6 1 を含む。隔壁部材 6 1 は、チャンバ空間 6 3 I N と、筐体 6 の外部空間 6 4 O U T とを隔てる部材である。隔壁部材 6 1 は、その内壁面 6 1 1 を介してチャンバ空間 6 3 I N に面し、その外壁面 6 1 2 を介して外部空間 6 4 O U T に面する。この場合、隔壁部材 6 1 によって囲まれた空間（より具体的には、隔壁部材 6 1 の内壁面 6 1 1 によって囲まれた空間）が、チャンバ空間 6 3 I N となる。尚、隔壁部材 6 1 には、開閉可能な扉が設けられていてもよい。この扉は、ワーク W をステージ 3 1 に載置する際に開かれてもよい。扉は、ステージ 3 1 からワーク W 及び／又は 3 次元構造物 S T を取り出す際に開かれてもよい。扉は、造形動作及び加工動作の夫々が行われている期間中には閉じられていてもよい。なお、筐体 6 の外部空間 6 4 O U T からチャンバ空間 6 3 I N を視認するための観察窓（不図示）が、隔壁部材 6 1 に形成されていてもよい。

- [0048] 計測装置 7 は、ステージ 3 1 に載置された計測対象物を計測可能である。具体的には、計測装置 7 は、計測対象物の表面の位置を計測可能である。つまり、計測装置 7 は、計測対象物の表面の位置に関する情報を取得可能である。第 1 実施形態では特に、計測装置 7 は、計測対象物の表面の Z 軸方向における位置（いわゆる、高さ）を計測可能である。計測装置 7 は、計測対象物の表面の Z 軸方向における位置（いわゆる、高さ）に関する情報を取得可能である。計測対象物の一例として、ワーク W があげられる。計測対象物の一例として、ワーク W に形成された 3 次元構造物 S T があげられる。計測対象物の一例として、形成途中の 3 次元構造物 S T（つまり、3 次元構造物 S T の一部を構成する造形物）があげられる。
- [0049] 計測装置 7 は、チャンバ空間 6 3 I N を規定する隔壁部材 6 1 に取り付けられていてもよい。計測装置 7 は、隔壁部材 6 1 とは独立したチャンバ空間 6 3 I N 内の構造体に取り付けられていてもよい。計測装置 7 は、ヘッド筐体 2 1 3 に取り付けられていてもよい。計測装置 7 がヘッド筐体 2 1 3 に取り付けられている場合には、計測装置 7 は、照射光学系 2 1 1（例えば、その最終光学要素 2 1 1 2）に対して固定された位置に配置されていると言える。このように計測装置 7 がヘッド筐体 2 1 3 に取り付けられている場合、上述したノズル駆動系 2 3 によって材料ノズル 2 1 2 が Z 軸に沿って移動すると、計測装置 7 に対する材料ノズル 2 1 2 の位置が変わる。つまり、計測装置 7 と材料ノズル 2 1 2 との相対位置は、可変であってもよい。
- [0050] 計測装置 7 は、計測対象物の位置を計測可能である限りは、どのような種類の計測装置であってもよい。例えば、計測装置 7 は、計測対象物を 3 次元計測可能な 3 D スキャナを備えていてもよい。例えば、計測装置 7 は、計測対象物を 3 次元計測可能なステレオカメラを備えていてもよい。例えば、計測装置 7 は、ワーク W に加工光 E L を照射するための照射光学系 2 1 1 を介して計測対象物に計測光を照射し、計測対象物からの計測光の戻り光（例えば、反射光及び散乱光の少なくとも一つ）を、照射光学系 2 1 1 を介して検出する（つまり、受光する）ことで計測対象物を計測可能な計測装置を備え

ていてもよい。例えば、計測装置 7 は、計測対象物に計測光を照射し、計測対象物からの計測光の戻り光（例えば、反射光及び散乱光の少なくとも一つ）を検出する（つまり、受光する）ことで計測対象物を計測可能な計測装置を備えていてもよい。例えば、計測装置 7 は、計測対象物から任意の光（例えば、環境光の反射光及び散乱光の少なくとも一つ）を検出する（つまり、受光する）ことで計測対象物を計測可能な計測装置を備えていてもよい。例えば、計測対象物がワーク W である場合には、計測装置 7 は、ワーク W から任意の光（例えば、環境光の反射光、環境光の散乱光及び後述する溶融池 M P からの光の少なくとも一つ）を検出する（つまり、受光する）ことで計測対象物を計測可能な計測装置を備えていてもよい。図 1 及び図 2 に示す例では、計測装置 7 は、計測対象物の表面に複数の計測光計測光 G L を照射し、計測対象物の表面で複数の計測光 G L がそれぞれ形成する複数のスポットの状態に基づいて、計測対象物の位置を計測する。この場合、計測装置 7 は、複数の計測光射出装置 7 1 と、撮像装置 7 2 とを備えていてもよい。

[0051] 複数の計測光射出装置 7 1 は、ヘッド筐体 2 1 3 に取り付けられている。つまり、複数の計測光射出装置 7 1 は、ヘッド筐体 2 1 3 に収容されている照射光学系 2 1 1（特に、その最終光学要素 2 1 1 2）に対して固定された位置に配置されていてもよい。この場合、上述したノズル駆動系 2 3 によって材料ノズル 2 1 2 が Z 軸に沿って移動すると、各計測光射出装置 7 1 に対する材料ノズル 2 1 2 の位置が変わる。つまり、各計測光射出装置 7 1 と材料ノズル 2 1 2 との相対位置は、可変であってもよい。各計測光射出装置 7 1 は、ステージ 3 1 に載置された計測対象物に向けて計測光 G L を射出する。つまり、各計測光射出装置 7 1 は、加工ヘッド 2 1 から下方に向けて計測光 G L を射出する。複数の計測光射出装置 7 1 は、複数の計測光 G L が加工ヘッド 2 1 の下方のある位置において交差するように位置合わせされている。尚、計測光射出装置 7 1 は、計測対象物に計測光 G L を照射するため、照射装置又は計測光照射装置と称されてもよい。

[0052] 撮像装置 7 2 は、計測対象物からの光（例えば、複数の計測光 G L の戻り

光)を受光する光学要素である受光素子721(言い換えれば、撮像素子)を用いて、計測対象物の表面で複数の計測光GLがそれぞれ形成する複数のスポットを撮像する。複数のスポットの状態は、計測対象物の表面の位置(高さ)に応じて変わる。具体的には、図4に示すように、高さが異なる複数の表面CS(図4に示す例では、三つの表面CS#1、CS#2及びCS#3)を備える計測対象物に複数の計測光GLが照射された例を想定する。この場合、表面CS#1における複数のスポットの状態(図5(a)参照)と、表面CS#2における複数のスポットの状態(図5(b)参照)と、表面CS#3における複数のスポットの状態(図5(c)参照)とは互いに異なる。具体的には、図5(a)から図5(c)に示すように、複数のスポットの位置関係が異なる。例えば、図5(a)から図5(c)に示す例では、複数の計測光GLは、表面CS#1において交差する。この場合、図5(a)に示すように、複数のスポットが重なり合うことで、表面CS#1には、実質的に一つのスポットが形成される。一方で、複数の計測光GLが表面CS#1において交差する場合には、表面CS#1とは異なる高さに位置する表面CS#2及びCS#3では、複数の計測光GLが交差することはない。その結果、図5(b)から図5(c)に示すように、表面CS#2及びCS#3のそれぞれには、複数のスポットが形成される。更に、複数のスポットの間の距離は、表面CS#1を基準とする表面CSの高さが高くなるほど長くなる。図5(a)から図5(c)に示す例では、表面CS#3に形成される複数のスポットの間の距離は、表面CS#3よりも低い表面CS#2に形成される複数のスポットの間の距離よりも長くなる。このため、撮像装置72が撮像した複数のスポットの状態(特に、位置関係)を示す画像は、計測対象物の表面の位置(高さ)に関する情報を含んでいる。従って、制御装置8は、撮像装置72が撮像した画像に基づいて、計測対象物の表面の高さを算出することができる。例えば、制御装置8は、撮像装置72が撮像した画像に基づいて、計測対象物の高さを算出してもよい。この場合、撮像装置72が撮像した複数のスポットの状態を示す画像は、計測対象物の位置(高さ)

に関する情報を含んでいるとみなしてもよい。例えば、制御装置 8 は、撮像装置 7 2 が撮像した画像に基づいて、計測対象物の理想的な高さ（例えば、基準となる表面 C S # 1 の高さ）を算出してもよい。この場合、撮像装置 7 2 が撮像した複数のスポットの状態を示す画像は、計測対象物の理想的な高さに関する情報を含んでいるとみなしてもよい。例えば、制御装置 8 は、撮像装置 7 2 が撮像した画像に基づいて、計測対象物の理想的な高さ（例えば、基準となる表面 C S # 1 の高さ）と計測対象物の実際の高さ（例えば、表面 C S # 2 又は # 3 の高さ）との差を算出してもよい。この場合、撮像装置 7 2 が撮像した複数のスポットの状態を示す画像は、計測対象物の理想的な高さ（例えば、基準となる表面 C S # 1 の高さ）と計測対象物の実際の高さ（例えば、表面 C S # 2 又は # 3 の高さ）との差に関する情報を含んでいるとみなしてもよい。

[0053] 撮像装置 7 2 は、ヘッド筐体 2 1 3 に取り付けられていてもよい。つまり、撮像装置 7 2 は、ヘッド筐体 2 1 3 に收容されている照射光学系 2 1 1（特に、その最終光学要素 2 1 1 2）に対して固定された位置に配置されていてもよい。この場合、上述したノズル駆動系 2 3 によって材料ノズル 2 1 2 が Z 軸に沿って移動すると、撮像装置 7 2（例えば、その受光素子 7 2 1）に対する材料ノズル 2 1 2 の位置が変わる。つまり、撮像装置 7 2（例えば、その受光素子 7 2 1）と材料ノズル 2 1 2 との相対位置は、可変であってもよい。尚、上述したように、ノズル駆動系 2 3 によって材料ノズル 2 1 2 が Z 軸に沿って移動すると、材料ノズル 2 1 2 と照射光学系 2 1 1（特に、最終光学要素 2 1 1 2）との相対位置が変わる。このため、材料ノズル 2 1 2 と照射光学系 2 1 1（特に、最終光学要素 2 1 1 2）との相対位置が変化することによって、撮像装置 7 2（例えば、その受光素子 7 2 1）と材料ノズル 2 1 2 との相対位置が変化するとみなしてもよい。

[0054] 制御装置 8 は、加工システム S Y S a の動作を制御する。制御装置 8 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いてもよい。記憶装置は、例えば、メモリを含んでいてもよい。制御装置 8 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、加工システム S Y S a 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、制御装置 8 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、加工システム S Y S a に後述する動作を行わせるように制御装置 8 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、制御装置 8 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、制御装置 8 に内蔵された又は制御装置 8 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、制御装置 8 の外部の装置からダウンロードしてもよい。

[0055] 例えば、制御装置 8 は、照射光学系 2 1 1 による加工光 E L の射出態様を制御してもよい。射出態様は、例えば、加工光 E L の強度及び加工光 E L の射出タイミングの少なくとも一方を含んでいてもよい。加工光 E L が複数のパルス光を含む場合には、射出態様は、例えば、パルス光の発光時間、パルス光の発光周期、及び、パルス光の発光時間の長さとはパルス光の発光周期との比（いわゆる、デューティ比）の少なくとも一つを含んでいてもよい。更に、制御装置 8 は、ヘッド駆動系 2 2 による加工ヘッド 2 1 の移動態様を制御してもよい。更に、制御装置 8 は、ノズル駆動系 2 3 による材料ノズル 2 1 2 の移動態様を制御してもよい。制御装置 8 は、ステージ駆動系 3 2 によるステージ 3 1 の移動態様を制御してもよい。移動態様は、例えば、移動量、移動速度、移動方向及び移動タイミング（移動時期）の少なくとも一つを含んでいてもよい。更に、制御装置 8 は、材料ノズル 2 1 2 による造形材料 M の供給態様を制御してもよい。供給態様は、例えば、供給量（特に、単位時間当たりの供給量）及び供給タイミング（供給時期）の少なくとも一方を

含んでいてもよい。

[0056] 制御装置8は、加工システムSYSaの内部に設けられていなくてもよい。例えば、制御装置8は、加工システムSYSa外にサーバ等として設けられていてもよい。この場合、制御装置8と加工システムSYSa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、制御装置8と加工システムSYSa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、制御装置8は、ネットワークを介して加工システムSYSa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。加工システムSYSaは、制御装置8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。加工システムSYSaは、制御装置8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、制御装置8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、制御装置8が行う処理のうちの一部を行う第1制御装置が加工システム

S Y S a の内部に設けられている一方で、制御装置 8 が行う処理のうちの他の一部を行う第 2 制御装置が加工システム S Y S a の外部に設けられていてもよい。

[0057] 尚、制御装置 8 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、C D - R O M、C D - R、C D - R W やフレキシブルディスク、M O、D V D - R O M、D V D - R A M、D V D - R、D V D + R、D V D - R W、D V D + R W 及び B l u - r a y（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、U S B 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、制御装置 8（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装置 8 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、制御装置 8 が備える所定のゲートアレイ（F P G A、A S I C）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。

[0058] （１－２）第 1 実施形態の加工システム S Y S a の動作

続いて、加工システム S Y S a の動作について説明する。上述したように、加工システム S Y S a は、ワーク W に対して付加加工を行うことで 3 次元構造物 S T を形成するための造形動作を行う。更に、加工システム S Y S a は、造形動作を行う期間の少なくとも一部において、計測装置 7 の計測結果に基づいてノズル駆動系 2 3 を制御することで、材料ノズル 2 1 2 を移動させるためのノズル移動動作を行う。このため、以下では、造形動作と、ノズル移動動作とについて順に説明する。

[0059] （１－２－１）造形動作

初めに、3次元構造物STの造形動作について説明する。上述したように、加工システムSYSaは、レーザ肉盛溶接法により3次元構造物STを形成する。このため、加工システムSYSaは、レーザ肉盛溶接法に準拠した既存の造形動作を行うことで、3次元構造物STを形成してもよい。以下、レーザ肉盛溶接法を用いて3次元構造物STを形成する造形動作の一例について簡単に説明する。

[0060] 加工システムSYSaは、形成すべき3次元構造物STの3次元モデルデータ（例えば、CAD（Computer Aided Design）データ）等に基づいて、ワークW上に3次元構造物STを形成する。3次元モデルデータとして、加工システムSYSa内に設けられた不図示の計測装置及び加工システムSYSaとは別に設けられた3次元形状計測機の少なくとも一方で計測された立体物の計測データが用いられてもよい。加工システムSYSaは、3次元構造物STを形成するために、例えば、Z軸方向に沿って並ぶ複数の層状の部分構造物（以下、“構造層”と称する）SLを順に形成していく。例えば、加工システムSYSaは、3次元構造物STのモデルをZ軸方向に沿って輪切りにすることで得られる複数の層のデータに基づいて複数の構造層SLを1層ずつ順に形成していく。その結果、複数の構造層SLが積層された積層構造体である3次元構造物STが形成される。以下、複数の構造層SLを1層ずつ順に形成していくことで3次元構造物STを形成する動作の流れについて説明する。

[0061] まず、各構造層SLを形成する動作について図6（a）から図6（e）を参照して説明する。加工システムSYSaは、制御装置8の制御下で、ワークWの表面又は形成済みの構造層SLの表面に相当する造形面MS上の所望領域に目標照射領域EAが設定されるように、加工ヘッド21及びステージ31の少なくとも一方を移動させる。その後、加工システムSYSaは、目標照射領域EAに対して照射光学系211から加工光ELを照射する。この際、Z軸方向において加工光ELが集光される集光面は、造形面MSに一致していてもよい。或いは、Z軸方向において集光面は、造形面MSから外れ

ていてもよい。その結果、図6（a）に示すように、加工光E Lが照射された造形面M S上に熔融池（つまり、加工光E Lによって熔融した金属等のプール）M Pが形成される。更に、加工システムS Y S aは、制御装置8の制御下で、材料ノズル2 1 2から造形材料Mを供給する。その結果、熔融池M Pに造形材料Mが供給される。熔融池M Pに供給された造形材料Mは、熔融池M Pに照射されている加工光E Lによって熔融する。或いは、材料ノズル2 1 2から供給された造形材料Mは、熔融池M Pに到達する前に加工光E Lによって熔融し、熔融した造形材料Mが熔融池M Pに供給されてもよい。その後、加工ヘッド2 1及びステージ3 1の少なくとも一方の移動に伴って熔融池M Pに加工光E Lが照射されなくなると、熔融池M Pにおいて熔融した造形材料Mは、冷却されて固化（つまり、凝固）する。その結果、図6（c）に示すように、固化した造形材料Mが造形面M S上に堆積される。

[0062] 加工システムS Y S aは、このような加工光E Lの照射による熔融池M Pの形成、熔融池M Pへの造形材料Mの供給、供給された造形材料Mの熔融及び熔融した造形材料Mの固化を含む一連の造形処理を、図6（d）に示すように、造形面M Sに対して加工ヘッド2 1を、X軸方向及びY軸方向の少なくとも一方に沿って移動させながら繰り返す。この際、加工システムS Y S aは、造形面M S上において造形物を形成したい領域に加工光E Lを照射する一方で、造形面M S上において造形物を形成したくない領域に加工光E Lを照射しない。つまり、加工システムS Y S aは、造形面M S上を所定の移動軌跡に沿って目標照射領域E Aを移動させながら、造形物を形成したい領域の分布の態様に応じたタイミングで加工光E Lを造形面M Sに照射する。その結果、熔融池M Pもまた、目標照射領域E Aの移動軌跡に応じた移動軌跡に沿って造形面M S上を移動することになる。具体的には、熔融池M Pは、造形面M S上において、目標照射領域E Aの移動軌跡に沿った領域のうち加工光が照射された部分に順次形成される。その結果、図6（e）に示すように、造形面M S上に、熔融した後に固化した造形材料Mによる造形物の集合体に相当する構造層S Lが形成される。つまり、熔融池M Pの移動軌跡に

応じたパターンで造形面MS上に形成された造形物の集合体に相当する構造層SL（つまり、平面視において、熔融池MPの移動軌跡に応じた形状を有する構造層SL）が形成される。尚、造形物を形成したくない領域に目標照射領域EAが設定されている場合、加工システムSYSaは、加工光ELを目標照射領域EAに照射するとともに、造形材料Mの供給を停止してもよい。また、造形物を形成したくない領域に目標照射領域EAが設定されている場合に、加工システムSYSaは、造形材料Mを目標照射領域EAに供給するとともに、熔融池MPができない強度の加工光ELを目標照射領域EAに照射してもよい。

[0063] 加工システムSYSaは、このような構造層SLを形成するための動作を、制御装置8の制御下で、3次元モデルデータに基づいて繰り返し行う。具体的には、まず、制御装置8は、構造層SLを形成するための動作を行う前に、3次元モデルデータを積層ピッチでスライス処理してスライスデータを作成する。その後、制御装置8は、スライスデータに基づいて、3次元構造物STを形成するための加工システムSYSaの動作内容を示すレシピ情報を生成する。レシピ情報は、例えば、ヘッド駆動系22による加工ヘッド21の移動経路に関する情報（いわゆる加工パス情報であり、加工光ELを射出する照射光学系211の移動を制御するための情報）を含んでいてもよい。レシピ情報は、例えば、照射光学系211が加工光ELを射出するタイミングに関する情報（つまり、加工光ELを射出する光源4及び／又は照射光学系211の動作を制御するための情報）を含んでいてもよい。レシピ情報は、例えば、照射光学系211が射出する加工光ELの強度に関する情報（つまり、加工光ELを射出する光源4及び／又は照射光学系211の動作を制御するための情報）を含んでいてもよい。レシピ情報は、これらの情報を組み合わせた情報であってもよい。或いは、制御装置8は、レシピ情報を生成することに加えて又は代えて、加工システムSYSaの外部の装置が生成したレシピ情報を取得してもよい。加工システムSYSaは、ワークWの表面に相当する造形面MS上に1層目の構造層SL#1を形成するための動作

を、構造層SL # 1に対応するレシピ情報に基づいて行う。つまり、加工システムSYSaは、レシピ情報に基づいてヘッド駆動系22を制御することで照射光学系211を移動させ、且つ、レシピ情報に基づいて定まる所望の強度を有する加工光ELをレシピ情報に基づいて定まる所望のタイミングで射出するように照射光学系211を制御する。その結果、造形面MS上には、図7(a)に示すように、構造層SL # 1が形成される。その後、加工システムSYSaは、構造層SL # 1の表面（つまり、上面）を新たな造形面MSに設定した上で、当該新たな造形面MS上に2層目の構造層SL # 2を形成する。構造層SL # 2を形成するために、制御装置8は、まず、ステージ31に対して加工ヘッド21がZ軸に沿って移動するように、ヘッド駆動系22及びステージ駆動系32の少なくとも一方を制御する。具体的には、制御装置8は、ヘッド駆動系22及びステージ駆動系32の少なくとも一方を制御して、目標照射領域EAが構造層SL # 1の表面（つまり、新たな造形面MS）に設定されるように、+Z側に向かって加工ヘッド21を移動させる及び／又は−Z側に向かってステージ31を移動させる。その後、加工システムSYSaは、制御装置8の制御下で、構造層SL # 1を形成する動作と同様の動作で、構造層SL # 2に対応するレシピ情報に基づいて、構造層SL # 1上に構造層SL # 2を形成する。その結果、図7(b)に示すように、構造層SL # 2が形成される。以降、同様の動作が、ワークW上に形成すべき3次元構造物STを構成する全ての構造層SLが形成されるまで繰り返される。その結果、図7(c)に示すように、複数の構造層SLが積層された積層構造物によって、3次元構造物STが形成される。

[0064] (1-2-2) ノズル移動動作

続いて、ノズル移動動作について説明する。上述したように、ノズル移動動作は、上述した造形動作が行われている期間の少なくとも一部において、計測装置7の計測結果に基づいてノズル駆動系23を制御することで、材料ノズル212を移動させる（つまり、計測装置7の計測結果に基づいて材料ノズル212を制御する）動作である。上述したよう、材料ノズル212が

移動すると、材料ノズル 2 1 2 とワーク W の上面との間の距離（具体的には、Z 軸に沿った距離）が変わる。このため、ノズル移動動作は、計測装置 7 の計測結果に基づいて、材料ノズル 2 1 2 とワーク W の上面との間の距離（具体的には、Z 軸に沿った距離）を変更する動作であるとみなしてもよい。

また、上述したよう、材料ノズル 2 1 2 が移動すると、材料ノズル 2 1 2 から供給される造形材料 M が集中する集中領域 C P とワーク W の上面との間の距離（具体的には、Z 軸に沿った距離）及び集中領域 C P の位置が変わる。このため、ノズル移動動作は、計測装置 7 の計測結果に基づいて、集中領域 C P とワーク W の上面との間の距離（具体的には、Z 軸に沿った距離）及び集中領域 C P の位置を変更する動作であるとみなしてもよい。

また、上述したよう、材料ノズル 2 1 2 が移動すると、材料ノズル 2 1 2 と照射光学系 2 1 1（特に、最終光学要素 2 1 1 2）との相対位置（例えば、Z 軸に沿った相対位置）が変わる。このため、ノズル移動動作は、計測装置 7 の計測結果に基づいて、材料ノズル 2 1 2 と照射光学系 2 1 1（特に、最終光学要素 2 1 1 2）との相対位置（例えば、Z 軸に沿った相対位置）を変更する動作であるとみなしてもよい。

また、上述したよう、材料ノズル 2 1 2 が移動すると、計測装置 7 と材料ノズル 2 1 2 との相対位置（例えば、Z 軸に沿った相対位置）が変わる。このため、ノズル移動動作は、計測装置 7 の計測結果に基づいて、計測装置 7 と材料ノズル 2 1 2 との相対位置（例えば、Z 軸に沿った相対位置）を変更する動作であるとみなしてもよい。

具体的には、ノズル移動動作は、計測装置 7 の計測結果に基づいて、複数の計測光射出装置 7 1 のうちの少なくとも一つと材料ノズル 2 1 2 との相対位置（例えば、Z 軸に沿った相対位置）を変更する動作であるとみなしてもよい。

ノズル移動動作は、計測装置 7 の計測結果に基づいて、撮像装置 7 2（例えば、その受光素子 7 2 1）と材料ノズル 2 1 2 との相対位置（例えば、Z 軸に沿った相対位置）を変更する動作であるとみなしてもよい。

[0065] 第 1 実施形態では、加工システム S Y S a は、制御装置 8 の制御下で、ノズル移動動作を行うことで、造形動作によって形成される造形物の高さを制

御する。以下、ノズル移動動作を行うことで造形物の高さを制御することができる技術的理由について説明する。

[0066] 具体的には、上述したように、ノズル駆動系23は、Z軸に沿って材料ノズル212を移動させる。その結果、材料ノズル212が移動すると、材料ノズル212と造形面MSとの間の距離（具体的には、Z軸に沿った距離）D1が変わる。尚、材料ノズル212と造形面MSとの間の距離は、材料ノズル212の材料供給口2121と造形面MSとの間の距離を意味してもよい。更には、材料ノズル212がZ軸に沿って移動すると、材料ノズル212から供給される造形材料Mが集中する集中領域CPもまたZ軸に沿って移動する。このため、ノズル駆動系23は、材料ノズル212を移動させることで集中領域CPを変更している（具体的には、集中領域CPの位置を変更している）とも言える。その結果、集中領域CPと造形面MSとの間の距離（具体的には、Z軸に沿った距離）D2が変わる。例えば、図8は、距離D1及びD2の夫々が基準距離D10及びD20となるように位置している材料ノズル212を示している。

[0067] 図8に示す状態にある材料ノズル212が+Z側に向かって移動すると、図9に示すように、距離D1は、基準距離D10よりも長い距離D11に変わり、距離D2は、基準距離D20よりも短い距離D21に変わる。一方で、図8に示す状態にある材料ノズル212が-Z側に向かって移動すると、図10に示すように、距離D1は、基準距離D10よりも短い距離D12に変わり、距離D2は、基準距離D20よりも長い距離D22に変わる。

[0068] ここで、距離D2が短くなるほど（つまり、距離D1が長くなるほど）、溶融池MPに供給される造形材料Mの分量が多くなる。なぜならば、距離D2が短くなるほど、造形材料Mが集中する集中領域CPが造形面MSに近づくからである。溶融池MPに供給される造形材料Mの分量が多くなるほど、溶融池MPにおいて溶融する造形材料Mの分量が多くなる。溶融池MPにおいて溶融する造形材料Mの分量が多くなるほど、造形面MSで固化する造形材料Mの分量が多くなる。その結果、固化した造形材料Mによる造形物の高

さ（つまり、Z軸方向に沿ったサイズであり、以降、“造形量”と称する）が高くなる。このため、図11に示すように、距離D2と造形量との間には、距離D2が短くなるほど造形量が多くなるという関係がある。つまり、距離D2と造形量との間には、距離D2が長くなるほど造形量が少なくなるという関係がある。同様に、図11に示すように、距離D1と造形量との間には、距離D1が長くなるほど造形量が多くなるという関係がある。つまり、距離D1と造形量との間には、距離D1が短くなるほど造形量が少なくなるという関係がある。

[0069] 尚、図11は、集中領域CPが造形面MSの上方に位置する場合の距離D2を正の距離とし且つ集中領域CPが造形面MSの下方に位置する場合の距離D2を負の距離とするグラフを示している。上述したように、本実施形態では、加工システムSYSaは、集中領域CPが造形面MSよりも下方に位置する（つまり、集中領域CPと材料ノズル212との間に造形面MSが位置する）状態で、ワークWを加工する。このため、距離D2は、ゼロよりも小さい領域（使用領域と称する）の範囲の値を有する。この場合、距離D2が短くなるほど造形量が多くなるという関係は、距離D2の絶対値が小さくなるほど造形量が多くなるという関係を意味する。同様に、距離D2が長くなるほど造形量が少なくなるという関係は、距離D2の絶対値が大きくなるほど造形量が少なくなるという関係を意味する。このため、以下の説明では、特段の説明がない場合には、距離D2は、距離D2の絶対値を意味するものとする。

[0070] 加工システムSYSaは、制御装置8の制御下で、このような距離D2（更には、距離D1）と造形量との間に成立する関係を用いてノズル移動動作を行うことで、造形物の造形量を制御する。つまり、加工システムSYSaは、距離D2を変更するように材料ノズル212を移動させることで、造形物の造形量を制御する。

[0071] 例えば、加工システムSYSaは、距離D2が基準距離D20となる場合の造形量（以降、“基準造形量”と称する）と比較して実際の造形量を増加

させたい場合には、距離 D_2 を基準距離 D_{20} よりも短くするように材料ノズル212を移動させてもよい。つまり、加工システムSYSaは、距離 D_1 が基準距離 D_{10} となる場合の基準造形量と比較して実際の造形量を増加させたい場合には、距離 D_1 を基準距離 D_{10} よりも長くするように材料ノズル212を移動させてもよい。言い換えれば、加工システムSYSaは、距離 D_2 を基準距離 D_{20} よりも短くする（つまり、距離 D_1 を基準距離 D_{10} よりも長くする）ように材料ノズル212を移動させることで、実際の造形量を基準造形量よりも多くしてもよい。

[0072] 例えば、加工システムSYSaは、距離 D_2 が基準距離 D_{20} となる場合の基準造形量と比較して実際の造形量を減少させたい場合には、距離 D_2 を基準距離 D_{20} よりも長くするように材料ノズル212を移動させてもよい。つまり、加工システムSYSaは、距離 D_1 が基準距離 D_{10} となる場合の基準造形量と比較して実際の造形量を減少させたい場合には、距離 D_1 を基準距離 D_{10} よりも短くするように材料ノズル212を移動させてもよい。言い換えれば、加工システムSYSaは、距離 D_2 を基準距離 D_{20} よりも長くする（つまり、距離 D_1 を基準距離 D_{10} よりも短くする）ように材料ノズル212を移動させることで、実際の造形量を基準造形量よりも少なくしてもよい。

[0073] 尚、図9及び図10は、複数の材料ノズル212が同じ方向に同じ移動量だけ移動している例を示している。つまり、図9及び図10は、複数の材料ノズル212が同じ移動態様で移動している例を示している。しかしながら、ノズル駆動系23は、複数の材料ノズル212の少なくとも一つを移動させる一方で、複数の材料ノズル212の少なくとも他の一つを移動させなくてもよい。この場合であっても、少なくとも一つの材料ノズル212が移動しているがゆえに、距離 D_2 が変わることに変わりはない。或いは、ノズル駆動系23は、複数の材料ノズル212の少なくとも一つを第1の移動態様で移動させる一方で、複数の材料ノズル212の少なくとも他の一つを第1の移動態様とは異なる第2の移動態様で移動させてもよい。例えば、ノズル

駆動系 23 は、複数の材料ノズル 212 の少なくとも一つを第 1 の移動量だけ移動させる一方で、複数の材料ノズル 212 の少なくとも他の一つを第 1 の移動量とは異なる第 2 の移動量だけ移動させてもよい。つまり、ノズル駆動系 23 は、複数の材料ノズル 212 の移動量が異なるものとなるように複数の材料ノズル 212 を移動させてもよい。この場合であっても、少なくとも一つの材料ノズル 212 が移動しているがゆえに、距離 D2 が変わることには変わりはない。

[0074] 基準造形量から造形量を変化させる場面の一例として、凹凸のある造形面 MS 上に、平坦な表面を有する新たな構造層 SL を形成する場面があげられる。例えば、図 12 の 1 段目（最も上の図）には、凹凸のある表面を有する構造層 SL # n（尚、n は 1 以上の整数）が示されている。このような構造層 SL # n の上に新たな構造層 SL # n + 1 が形成される場合には、構造層 SL # n の表面が造形面 MS に設定される。その結果、造形面 MS は、凹凸のある面となる。図 12 に示す例では、造形面 MS は、造形面 MS # 1 と、造形面 MS # 1 よりも高い位置（つまり、+Z 側、以下同じ）に位置する造形面 MS # 2 と、造形面 MS # 1 よりも低い位置（つまり、-Z 側、以下同じ）に位置する造形面 MS # 3 と、造形面 MS # 1 と同じ高さに位置する造形面 MS # 4 とを含んでいる。この場合、新たに形成される構造層 SL # n + 1 の表面を平坦にするためには、加工システム SYS a は、ノズル移動動作を行うことで、造形面 MS # 2 に形成される造形物の高さを、造形面 MS # 1 及び MS # 4 に形成される造形物の高さよりも低くし、且つ、造形面 MS # 3 に形成される造形物の高さを、造形面 MS # 1 及び MS # 4 に形成される造形物の高さよりも高くしてもよい。つまり、加工システム SYS a は、ノズル移動動作を行うことで、造形面 MS # 2 における造形量を、造形面 MS # 1 及び MS # 4 における造形量よりも少なくし、造形面 MS # 3 における造形量を、造形面 MS # 1 及び MS # 4 における造形量よりも多くしてもよい。

[0075] 具体的には、加工システム SYS a は、図 12 の 2 段目に示すように、造

造形面MS # 2に対して造形物を形成する期間中の造形面MS # 2と材料ノズル212との間の距離D1が、造形面MS # 1及び# 4に対して造形物を形成する期間中の造形面MS # 1及び# 4と材料ノズル212との間の距離D1よりも短くなるように、材料ノズル212を移動させてもよい。つまり、加工システムSYS aは、図12の3段目に示すように、造形面MS # 2に対して造形物を形成する期間中の造形面MS # 2と集中領域CPとの間の距離D2が、造形面MS # 1及び# 4に対して造形物を形成する期間中の造形面MS # 1及び# 4と集中領域CPとの間の距離D2よりも長くなるように、材料ノズル212を移動させてもよい。言い換えれば、加工システムSYS aは造形面MS # 2に対して造形物を形成する期間中の集中領域CPが、造形面MS # 1及び# 4に対して造形物を形成する期間中の集中領域CP（更には、造形面MS # 3に対して造形物を形成する期間中の集中領域CP）よりも下に位置するように、材料ノズル212を移動させてもよい。その結果、図12の4段目のグラフに示すように、造形面MS # 2における造形量は、造形面MS # 1及びMS # 4における造形量よりも少なくなる。

[0076] 加工システムSYS aは、図12の2段目に示すように、造形面MS # 3に対して造形物を形成する期間中の造形面MS # 3と材料ノズル212との間の距離D1が、造形面MS # 1及び# 4に対して造形物を形成する期間中の造形面MS # 1及び# 4と材料ノズル212との間の距離D1よりも長くなるように、材料ノズル212を移動させてもよい。つまり、加工システムSYS aは、図12の3段目に示すように、造形面MS # 3に対して造形物を形成する期間中の造形面MS # 3と集中領域CPとの間の距離D2が、造形面MS # 1及び# 4に対して造形物を形成する期間中の造形面MS # 1及び# 4と集中領域CPとの間の距離D2よりも短くなるように、材料ノズル212を移動させてもよい。言い換えれば、加工システムSYS aは造形面MS # 3に対して造形物を形成する期間中の集中領域CPが、造形面MS # 1及び# 4に対して造形物を形成する期間中の集中領域CP（更には、造形面MS # 2に対して造形物を形成する期間中の集中領域CP）よりも上に位

置するように、材料ノズル 212 を移動させてもよい。その結果、図 12 の 4 段目のグラフに示すように、造形面 MS # 3 における造形量は、造形面 MS # 1 及び MS # 4 における造形量よりも多くなる。

[0077] その結果、図 12 の 5 段目に示すように、凹凸のある造形面 MS に新たに形成された構造層 SL # $n + 1$ の表面（特に、上面）は、平坦な面となる。より具体的には、凹凸のある造形面 MS に新たに形成された構造層 SL # $n + 1$ の表面（特に、上面）の平坦度は、ノズル移動動作が行われなかった場合に形成される構造層 SL # $n + 1$ の表面（特に、上面）の平坦度よりも大きくなる。

[0078] 凹凸のある造形面 MS に新たな構造層 SL # $n + 1$ を形成する際にノズル移動動作を行う場合には、加工システム SYS a は、計測装置 7 を用いて、造形面 MS（つまり、構造層 SL # n の表面）の高さに関する情報を取得する。この場合、加工システム SYS a は、構造層 SL # $n + 1$ を形成する期間中に、構造層 SL # n の表面に相当する造形面 MS の高さに関する情報を取得してもよい。具体的には、図 13（a）に示すように、加工システム SYS a は、造形面 MS 上の第 1 部分 MSA # 11 に加工光 EL が照射されている期間中に、造形面 MS 上において第 1 部分 MSA # 11 とは異なる第 2 部分 MSA # 12 に計測光 GL を照射してもよい。第 2 部分 MSA # 12 は、造形動作における照射光学系 211 の移動方向（つまり、レシピ情報が定める移動方向であって、X 軸方向及び Y 軸方向の少なくとも一方に沿った移動方向）において、第 1 部分 MSA # 11 よりも前方（つまり、熔融池 MP 及び目標照射領域 EA よりも前方）に位置する部分であってもよい。この場合、第 2 部分 MSA # 12 は、構造層 SL # $n + 1$ の一部を構成する造形物が第 1 部分 MSA # 11 に形成された後に、構造層 SL # $n + 1$ の他の一部を構成する造形物が形成される部分に相当する。その結果、加工システム SYS a は、第 1 部分 MSA # 11 に造形物を形成しながら、後に造形物を形成する予定の第 2 部分 MSA # 12 の高さに関する情報を取得することができる。

[0079] その後、図13(b)に示すように、加工システムSYS aは、第2部分MSA # 12に造形物を形成するために第2部分MSA # 12に加工光ELを照射する期間中に、予め取得しておいた第2部分MSA # 12の高さに関する情報に基づいて、ノズル移動動作を行う。つまり、加工システムSYS aは、第2部分MSA # 12に加工光ELを照射する期間中に、第2部分MSA # 12における造形量が、第2部分MSA # 12の高さに応じて定まる所望量になるように、第2部分MSA # 12の高さに関する情報に基づいて材料ノズル212を移動させる。尚、造形面MS上の第2部分MSA # 12に加工光ELが照射されている期間中は、加工システムSYS aは、造形面MS上において第2部分MSA # 12とは異なる第3部分MSA # 13（例えば、照射光学系211の移動方向において第2部分MSA # 12よりも前方に位置する部分）に計測光GLを照射してもよい。

[0080] 或いは、加工システムSYS aは、造形面MS上の第1部分MSA # 11に加工光ELが照射されている期間中に、第1部分MSA # 11に計測光GLを照射してもよい。つまり、加工システムSYS aは、溶融池MPが形成されている部分に計測光GLを照射してもよい。この場合、加工システムSYS aは、第1部分MSA # 11に加工光ELを照射しながら、第1部分MSA # 11の高さに関する情報を取得し且つ取得した第1部分MSA # 11の高さに関する情報に基づいて材料ノズル212を移動させてもよい。

[0081] 或いは、加工システムSYS aは、構造層SL # n + 1を形成する際に表面が造形面MSに設定される構造層SL # nを形成している期間中に、構造層SL # n + 1を形成する際に表面が造形面MSに設定される構造層SL # nの表面の高さに関する情報を取得してもよい。具体的には、図14(a)に示すように、加工システムSYS aは、構造層SL # nを形成するために、構造層SL # n - 1の表面に相当する造形面MSに加工光ELを照射する。この場合、加工システムSYS aは、造形面MS上の第1部分MSA # 21に加工光ELが照射されている期間中に、造形面MS上において第1部分MSA # 21とは異なる第2部分MSA # 22に構造層SL # nの一部とし

て形成済みの造形物SM#22に計測光GLを照射してもよい。第2部分MSA#22は、造形動作における照射光学系211の移動方向において、第1部分MSA#21よりも後方（つまり、溶融池MP及び目標照射領域EAよりも後方）に位置する部分であってもよい。この場合、第2部分MSA#22は、構造層SL#nの一部を構成する造形物が第1部分MSA#21に形成される前に、構造層SL#nの他の一部を構成する造形物SM#22が形成済みとなっている部分に相当する。その結果、加工システムSYSaは、第1部分MSA#21に造形物を形成しながら、後に構造層SL#n+1を形成する際に造形面MSとなる予定の造形物SM#22の高さに関する情報を取得することができる。

[0082] その後、図14（b）に示すように、加工システムSYSaは、構造層SL#nの形成を完了した後に、構造層SL#nの表面を新たな造形面MSに設定した上で構造層SL#n+1の形成を開始する。この場合、加工システムSYSaは、新たな造形面MSのうちの造形物SM#22の表面に相当する第3部分MSA#23に造形物を形成するために第3部分MSA#23に加工光ELを照射する期間中に、予め取得しておいた造形物SM#22の高さに関する情報（つまり、第3部分MSA#23の高さに関する情報）に基づいて、ノズル移動動作を行う。つまり、加工システムSYSaは、第3部分MSA#23に加工光ELを照射する場合に、第3部分MSA#23における造形量が、第3部分MSA#23の高さに応じて定まる所望量になるように、第3部分MSA#23の高さに関する情報に基づいて材料ノズル212を移動させる。

[0083] 上述したように、照射光学系211の移動方向において加工光ELが照射されている部分（つまり、溶融池MP及び目標照射領域EA）よりも前方又は後方に位置する部分に計測光GLを照射する場合において、照射光学系211の移動方向が変わる可能性がある。この場合、XY平面に沿った面内において計測光GLの照射位置と加工光ELの照射位置とが固定されていると、加工システムSYSaは、照射光学系211の移動方向において溶融池M

P 及び目標照射領域 E A よりも前方又は後方に位置する部分に計測光 G L を照射することができない可能性がある。具体的には、照射光学系 2 1 1 が第 1 の移動方向に沿って移動している場合には、加工システム S Y S a は、照射光学系 2 1 1 の移動方向において溶融池 M P 及び目標照射領域 E A よりも前方又は後方に位置する部分に計測光 G L を照射することができる一方で、照射光学系 2 1 1 が第 1 の移動方向に交差する第 2 の移動方向に沿って移動している場合には、加工システム S Y S a は、照射光学系 2 1 1 の移動方向において溶融池 M P 及び目標照射領域 E A よりも前方又は後方に位置する部分に計測光 G L を照射することができない可能性がある。そこで、加工システム S Y S a は、交差する複数の計測光 G L をそれぞれ照射する複数の計測光射出装置 7 1 を含む射出装置群を、複数備えていてもよい。複数の射出装置群は、一の射出装置群から射出される計測光 G L が交差する位置と他の射出装置群から射出される計測光 G L が交差する位置とが X 軸方向及び Y 軸方向の少なくとも一方に沿って異なるものとなるように、配置される。例えば、図 1 5 に示すように、加工システム S Y S a は、(i) 溶融池 M P 及び目標照射領域 E A よりも - Y 側及び - X 側に向かって離れた位置において交差する複数の計測光 G L # 1 をそれぞれ射出する複数の計測光射出装置 7 1 を含む第 1 の射出装置群と、(i i) 溶融池 M P 及び目標照射領域 E A よりも - X 側に向かって離れた位置において交差する複数の計測光 G L # 2 をそれぞれ射出する複数の計測光射出装置 7 1 を含む第 2 の射出装置群と、(i i i) 溶融池 M P 及び目標照射領域 E A よりも - Y 側及び + X 側に向かって離れた位置において交差する複数の計測光 G L # 3 をそれぞれ射出する複数の計測光射出装置 7 1 を含む第 3 の射出装置群と、(i v) 溶融池 M P 及び目標照射領域 E A よりも - X 側に向かって離れた位置において交差する複数の計測光 G L # 4 をそれぞれ射出する複数の計測光射出装置 7 1 を含む第 4 の射出装置群と、(v) 溶融池 M P 及び目標照射領域 E A よりも + X 側に向かって離れた位置において交差する複数の計測光 G L # 5 をそれぞれ射出する複数の計測光射出装置 7 1 を含む第 5 の射出装置群と、(v i) 溶融池 M P

及び目標照射領域E Aよりも+ Y側及び- X側に向かって離れた位置において交差する複数の計測光G L # 6をそれぞれ射出する複数の計測光射出装置7 1を含む第6の射出装置群と、(v i i) 溶融池M P及び目標照射領域E Aよりも+ Y側に向かって離れた位置において交差する複数の計測光G L # 7をそれぞれ射出する複数の計測光射出装置7 1を含む第7の射出装置群と、(v i i i) 溶融池M P及び目標照射領域E Aよりも+ Y側及び+ X側に向かって離れた位置において交差する複数の計測光G L # 8をそれぞれ射出する複数の計測光射出装置7 1を含む第8の射出装置群とを備えていてもよい。この場合、加工システムS Y S aは、照射光学系2 1 1の移動方向が変わったとしても、当該移動方向において溶融池M P及び目標照射領域E Aよりも前方又は後方に位置する部分に計測光G Lを照射することができる。或いは、計測光射出装置7 1は、計測光G Lの照射位置を変更してもよい。例えば、計測光射出装置7 1は、照射光学系2 1 1の移動方向において溶融池M P及び目標照射領域E Aよりも前方又は後方に位置する部分に計測光G Lが照射されるように、計測光G Lの照射位置を変更してもよい。

[0084] (1-3) 第1実施形態の加工システムS Y S aの技術的効果

以上説明したように、加工システムS Y S aは、ノズル移動動作を行うことで、造形量（ひいては、構造層S Lの高さ）を制御することができる。このため、加工システムS Y S aは、所望の形状及びサイズを有する3次元構造物S Tを適切に形成することができる。

[0085] 特に、加工システムS Y S aは、照射光学系2 1 1とは独立して材料ノズル2 1 2を移動させることで、造形量（ひいては、構造層S Lの高さ）を制御することができる。このため、加工システムS Y S aは、造形動作を行う期間の少なくとも一部においてノズル移動動作を行う場合であっても、レシピ情報を変更することなく造形動作を行うことができる。このため、加工システムS Y S aは、造形動作に影響を与えることなく、ノズル移動動作を行うことで、造形量（ひいては、構造層S Lの高さ）を制御することができる。

[0086] (2) 第2実施形態の加工システムS Y S

続いて、図16を参照しながら、第2実施形態の加工システムS Y S（以降、“加工システムS Y S b”と称する）について説明する。図16は、第2実施形態の加工システムS Y S bのシステム構成を示すシステム構成図である。

[0087] 図16に示すように、第2実施形態の加工システムS Y S bは、上述した第1実施形態の加工システムS Y S aと比較して、ディスプレイ9 bを備えているという点で異なっている。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。

[0088] ディスプレイ9 bは、制御装置8の制御下で、所望の画像を表示可能な表示装置である。第2実施形態では、ディスプレイ9 bは、造形動作に関する情報を含む画像を表示してもよい。例えば、ディスプレイ9 bが表示する画像の一例を示す平面図である図17に示すように、ディスプレイ9 bは、構造層S L # nの上に構造層S L # n + 1を形成するための造形動作が行われた場合には、付加加工によって形成された構造層S L # n + 1の位置に関する情報を含む画像を表示してもよい。つまり、ディスプレイ9 bは、構造層S L # n + 1を形成するために造形面M S上で付加加工を行った位置に関する情報を含む画像を表示してもよい。図17に示す例では、ディスプレイ9 bは、付加加工を行った位置に関する情報（つまり、構造層S L # n + 1の位置に関する情報）を含む画像として、形成された構造層S L # n + 1をハッチングされた領域で示す画像を表示している。

[0089] ディスプレイ9 bは、ノズル移動動作に関する情報を含む画像を表示してもよい。例えば、ノズル移動動作によって、構造層S L # n + 1の各部分を形成するときの集中領域C Pと造形面M Sとの間の距離D 2（更には、材料ノズル2 1 2と造形面M Sとの間の距離D 1）が変更される。この場合、ディスプレイ9 bは、付加加工を行った位置に関する情報を、当該付加加工を行った場合の距離D 2（或いは、距離D 1）の違いに応じた表示態様で示す画像を表示してもよい。例えば、ディスプレイ9 bは、構造層S L # n + 1

のうち距離 D_2 が基準距離 D_{20} となる状態で形成された第1部分 $SLp1$ と、構造層 $SL\#n+1$ のうち距離 D_2 が距離 D_{21} となる状態で形成された第2部分 $SLp2$ と、構造層 $SL\#n+1$ のうち距離 D_2 が距離 D_{22} となる状態で形成された第3部分 $SLp3$ とを、異なる表示態様で表示してもよい。図17に示す例では、ディスプレイ9bは、第1部分 $SLp1$ を示すハッチングの種類と、第2部分 $SLp2$ を示すハッチングの種類と、第3部分 $SLp3$ を示すハッチングの種類とが異なるものとなるように、付加加工を行った位置に関する情報（つまり、構造層 $SL\#n+1$ の位置に関する情報）を含む画像を表示している。

[0090] 或いは、例えば、ディスプレイ9bは、構造層 $SL\#n+1$ の各部分を異なる表示態様で表示することに加えて又は代えて、構造層 $SL\#n+1$ の各部分と共に各部分を形成したときの距離 D_2 （或いは、距離 D_1 ）を示す情報を表示してもよい。具体的には、例えば、図17に示すように、ディスプレイ9bは、第1部分 $SLp1$ と共に第1部分 $SLp1$ を形成したときの距離 D_2 が基準距離 D_{20} であったことを示す数値情報を表示し、第2部分 $SLp2$ と共に第2部分 $SLp2$ を形成したときの距離 D_2 が距離 D_{21} であったことを示す数値情報を表示し、第3部分 $SLp3$ と共に第3部分 $SLp3$ を形成したときの距離 D_2 が距離 D_{22} であったことを示す数値情報を表示してもよい。

[0091] このような第2実施形態の加工システム $SY Sb$ は、上述した第1実施形態の加工システム $SY Sa$ が享受可能な効果と同様の効果を享受することができる。更に、加工システム $SY Sb$ は、造形動作に関する情報及びノズル移動動作に関する情報の少なくとも一方を含む画像を表示可能である。このため、加工システム $SY Sb$ は、加工システム $SY Sb$ のオペレータに対して、造形動作に関する情報及びノズル移動動作に関する情報の少なくとも一方を提示することができる。例えば、加工システム $SY Sb$ は、オペレータに対して、ノズル移動動作によって造形面 MS からの材料ノズル212の高さが変更された状態で造形物が形成された位置を提示することができる。

[0092] 尚、加工システムSY S bは、ディスプレイ9 bに加えて又は代えて、任意の情報を出力可能な出力装置を備えていてもよい。出力装置は、造形動作に関する情報及びノズル移動動作に関する情報の少なくとも一方を出力可能であってもよい。出力装置の一例として、任意の情報を音声として出力するスピーカ及び任意の情報が印刷された紙媒体を出力するプリンタの少なくとも一方があげられる。

[0093] (3) 第3実施形態の加工システムSY S

続いて、第3実施形態の加工システムSY S（以降、“加工システムSY S c”と称する）について説明する。第3実施形態の加工システムSY S cは、上述した第1実施形態の加工システムSY S aと比較して、ノズル駆動系2 3が、Z軸に沿って材料ノズル2 1 2を移動させることに加えて又は代えて、 θ X方向及び θ Y方向の少なくとも一つに沿って材料ノズル2 1 2を移動させるという点で異なっている。つまり、加工システムSY S cは、加工システムSY S aと比較して、ノズル駆動系2 3が、X軸及びY軸の少なくとも一方に沿った回転軸廻りに材料ノズル2 1 2を回転させるという点で異なっている。加工システムSY S cは、加工システムSY S aと比較して、材料ノズル2 1 2をZ軸に沿って移動させるノズル移動動作に加えて又は代えて、材料ノズル2 1 2をX軸及びY軸の少なくとも一方に沿った回転軸廻りに回転させるノズル移動動作を行うという点で異なっている。加工システムSY S cのその他の特徴は、加工システムSY S cのその他の特徴と同一であってもよい。尚、材料ノズル2 1 2を回転軸廻りに回転させるノズル移動動作は、ノズル回転移動動作と称されてもよい。

[0094] 材料ノズル2 1 2がX軸及びY軸の少なくとも一方に沿った回転軸廻りに回転すると、材料ノズル2 1 2がZ軸に沿って移動する場合と同様に、集中領域C Pと造形面M Sとの間の距離D 2が変わる。その技術的理由について、図1 8（a）及び図1 8（b）について説明する。図1 8（a）は、X軸及びY軸の少なくとも一方に沿った回転軸廻りに回転する前の材料ノズル2 1 2を示す断面図であり、図1 8（b）は、X軸及びY軸の少なくとも一方

(図18(b)に示す例では、X軸)に沿った回転軸廻りに回転した後の材料ノズル212を示す断面図である。

[0095] 図18(a)及び図18(b)に示すように、材料ノズル212がX軸及びY軸の少なくとも一方に沿った回転軸廻りに回転すると、材料ノズル212の方向(つまり、材料ノズル212が向いている方向であり、より具体的には、材料供給口2121が向いている方向)が変わる。例えば、照射光学系211(例えば、その最終光学要素2112)に対する材料ノズル212の方向が変わる。例えば、照射光学系211(例えば、その最終光学要素2112)と材料ノズル212との相対的な方向関係(つまり、照射光学系211(例えば、その最終光学要素2112)が向いている方向と材料ノズル212が向いている方向との相対関係)が変わる。例えば、計測装置7(例えば、計測光射出装置71及び撮像装置72の少なくとも一つ)に対する材料ノズル212の方向が変わる。例えば、計測装置7(例えば、計測光射出装置71及び撮像装置72の少なくとも一つ)と材料ノズル212との相対的な方向関係(つまり、計測装置7(例えば、計測光射出装置71及び撮像装置72の少なくとも一つ)が向いている方向と材料ノズル212が向いている方向との相対関係)が変わる。このため、第3実施形態では、ノズル駆動系23は、材料ノズル212の方向を変化させる方向変更装置として機能しているとみなしてもよい。材料ノズル212の方向が変わると、材料ノズル212からの造形材料Mの供給方向が変わる。材料ノズル212からの造形材料Mの供給方向が変わると、複数の材料ノズル212の材料供給口2121から供給される造形材料Mが集中する集中領域CPの位置が変わる。図18(a)及び図18(b)に示す例では、材料ノズル212からの造形材料Mの供給方向に沿った軸とZ軸とがなす角度 θ が大きくなるように、材料ノズル212が回転している。この場合、集中領域CPの位置は、造形面MSに近づくように変化する。つまり、集中領域CPと造形面MSとの間の距離D2は、図18(a)に示す距離D23から、距離D23よりも短い図18(b)に示す距離D24へと変化する。一方で、説明の簡略化のために図

示しないものの、図18(a)及び図18(b)に示す例において材料ノズル212からの造形材料Mの供給方向に沿った軸とZ軸とがなす角度 θ が小さくなるように材料ノズル212が回転すると、集中領域CPの位置は、造形面MSから遠ざかるように変化する。つまり、集中領域CPと造形面MSとの間の距離D2は、距離D23から、距離D23よりも長い距離へと変化する。

[0096] 距離D2と造形量との間には、距離D2が短くなるほど造形量が多くなるという関係があることは、第1実施形態において既に説明したとおりである。このため、第3実施形態の加工システムSYScは、第1実施形態の加工システムSYSaと同様に、距離D2を変更するように材料ノズル212の方向を変えることで、造形物の造形量を制御することができる。その結果、第2実施形態の加工システムSY Sbは、上述した第1実施形態の加工システムSY Sbが享受可能な効果と同様の効果を享受することができる。

[0097] 尚、図18(a)及び図18(b)は、複数の材料ノズル212が互いに逆の回転方向で同じ回転量（つまり、回転角度の符号が逆で絶対値が互いに等しい）だけ回転している例を示している。しかしながら、ノズル駆動系23は、複数の材料ノズル212の少なくとも一つの方角を変化させる一方で、複数の材料ノズル212の少なくとも他の一つの方角を変化させなくてもよい。この場合であっても、少なくとも一つの方角が変化するがゆえに、距離D2が変わることに変わりはない。或いは、ノズル駆動系23は、複数の材料ノズル212の少なくとも一つの方角を第1の変化態様で変化させる一方で、複数の材料ノズル212の少なくとも他の一つの方角を第1の変化態様とは異なる第2の変化態様で変化させてもよい。例えば、ノズル駆動系23は、複数の材料ノズル212の少なくとも一つを第1の回転量だけ回転させる一方で、複数の材料ノズル212の少なくとも他の一つを第1の回転量とは異なる第2の回転量だけ回転させてもよい。つまり、ノズル駆動系23は、複数の材料ノズル212の方角の変化量が異なるものとなるように複数の材料ノズル212の方角を変化させてもよい。こ

の場合であっても、少なくとも一つの材料ノズル 2 1 2 の方向が変化しているがゆえに、距離 D 2 が変わることに変わりはない。

[0098] また、上述した第 2 実施形態の加工システム S Y S b が、第 3 実施形態の加工システム S Y S c に特有の構成要件を備えていてもよい。第 3 実施形態の加工システム S Y S c に特有の構成要件は、例えば、材料ノズル 2 1 2 の方向を変更するノズル移動動作に関する構成要件を含んでいてもよい。

[0099] （４）第 4 実施形態の加工システム S Y S

続いて、第 4 実施形態の加工システム S Y S（以降、“加工システム S Y S d”と称する）について説明する。第 4 実施形態の加工システム S Y S d は、上述した第 1 実施形態の加工システム S Y S a と比較して、計測装置 7 の計測結果に基づいて材料ノズル 2 1 2 を移動させるノズル移動動作を行うことに加えて又は代えて、計測装置 7 の計測結果に基づいて材料ノズル 2 1 2 からの造形材料 M の供給量（具体的には、単位時間当たりの供給量）を制御する供給量制御動作を行うことで、造形量（ひいては、構造層 S L の高さ）を制御するという点で異なっている。加工システム S Y S d がノズル移動動作を行わない場合には、加工システム S Y S d のシステム構成の一例を示す図 1 9 に示すように、加工システム S Y S d は、ノズル駆動系 2 3 を備えていなくてもよい。加工システム S Y S d 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。

[0100] 材料ノズル 2 1 2 からの造形材料 M の供給量は、造形量に影響を与える。具体的には、材料ノズル 2 1 2 からの造形材料 M の供給量が多くなるほど、溶融池 M P に供給される造形材料 M の分量が多くなる。溶融池 M P に供給される造形材料 M の分量が多くなるほど、溶融池 M P において溶融する造形材料 M の分量が多くなる。溶融池 M P において溶融する造形材料 M の分量が多くなるほど、造形面 M S で固化する造形材料 M の分量が多くなる。その結果、固化した造形材料 M による造形物の高さ（つまり、Z 軸方向に沿ったサイズであり、造形量）が高くなる。このため、図 2 0 に示すように、造形材料 M の供給量と造形量との間には、造形材料 M の供給量が多くなるほど造形量

が多くなるという関係がある。つまり、造形材料Mの供給量と造形量との間には、造形材料Mの供給量が少なくなるほど造形量が少なくなるという関係がある。

[0101] 加工システムSYSDは、制御装置8の制御下で、このような造形材料Mの供給量と造形量との間に成立する関係を用いて供給量制御動作を行うことで、造形物の造形量を制御する。つまり、加工システムSYSDは、計測装置7の計測結果に基づいて造形材料Mの供給量を制御することで、造形物の造形量を制御する。

[0102] 一例として、凹凸のある造形面MS上に、平坦な表面を有する新たな構造層SLを形成する際に行われる供給量制御動作について説明する。例えば、図21の1段目（最も上の図）には、図12に示す造形面MS#1から#4を含む造形面MSが記載されている。この場合、新たに形成される構造層SL#n+1の表面を平坦にするためには、加工システムSYSDは、供給量制御動作を行うことで、造形面MS#2に形成される造形物の高さを、造形面MS#1及びMS#4に形成される造形物の高さよりも低くし、且つ、造形面MS#3に形成される造形物の高さを、造形面MS#1及びMS#4に形成される造形物の高さよりも高くしてもよい。つまり、加工システムSYSDは、供給量制御動作を行うことで、造形面MS#2における造形量を、造形面MS#1及びMS#4における造形量よりも少なくし、造形面MS#3における造形量を、造形面MS#1及びMS#4における造形量よりも多くしてもよい。

[0103] 具体的には、加工システムSYSDは、図21の2段目に示すように、造形面MS#2に対して造形物を形成する期間中に造形面MS#2に供給される造形材料Mの供給量が、造形面MS#1及び#4に対して造形物を形成する期間中に造形面MS#1及び#4に供給される造形材料Mの供給量よりも少なくなるように、造形材料Mの供給量を制御してもよい。その結果、図21の3段目のグラフに示すように、造形面MS#2における造形量は、造形面MS#1及びMS#4における造形量よりも少なくなる。一方で、加工シ

ステムSYSDは、図21の2段目に示すように、造形面MS#3に対して造形物を形成する期間中に造形面MS#3に供給される造形材料Mの供給量が、造形面MS#1及び#4に対して造形物を形成する期間中に造形面MS#1及び#4に供給される造形材料Mの供給量よりも多くなるように、造形材料Mの供給量を制御してもよい。その結果、図21の3段目のグラフに示すように、造形面MS#3における造形量は、造形面MS#1及びMS#4における造形量よりも多くなる。このため、計測装置7の計測結果が示す造形面MSの位置（高さ）に関する情報に基づいて供給量制御動作が行われることで、図21の4段目に示すように、凹凸のある造形面MSに新たに形成された構造層SL#n+1の表面（特に、上面）は、平坦な面となる。

[0104] 造形材料Mの供給量を制御するために、制御装置8は、材料供給源1を制御してもよい。具体的には、制御装置8は、材料供給源1が加工装置2（つまり、材料ノズル212）に供給する造形材料Mの供給量を制御することで、材料ノズル212からの造形材料Mの供給量を制御してもよい。例えば、制御装置8は、材料供給源1が加工装置2に供給する造形材料Mの供給量を減らすことで、材料ノズル212からの造形材料Mの供給量を減らしてもよい。例えば、制御装置8は、材料供給源1が加工装置2に供給する造形材料Mの供給量を減らすことで、材料ノズル212からの造形材料Mの供給量を減らしてもよい。

[0105] このように、第4実施形態の加工システムSYSDは、供給量制御動作を行うことで、造形量（ひいては、構造層SLの高さ）を制御することができる。このため、加工システムSYSDは、上述した加工システムSYSaと同様に、所望の形状及びサイズを有する3次元構造物STを適切に形成することができる。

[0106] 特に、加工システムSYSDは、照射光学系211とは独立して造形材料Mの供給量を制御することで、造形量（ひいては、構造層SLの高さ）を制御することができる。このため、加工システムSYSDは、造形動作を行う期間の少なくとも一部において供給量制御動作を行う場合であっても、レシ

ピ情報を変更することなく造形動作を行うことができる。このため、加工システムSYSDは、上述した加工システムSYSAと同様に、造形動作に影響を与えることなく、供給量制御動作を行うことで、造形量（ひいては、構造層SLの高さ）を制御することができる。

[0107] 尚、制御装置8は、複数の材料ノズル212からの造形材料Mの供給量を同じように変化させてもよい。例えば、制御装置8は、複数の材料ノズル212からの造形材料Mの供給量を、同じ変化量だけ変化させてもよい。或いは、制御装置8は、複数の材料ノズル212の少なくとも一つからの造形材料Mの供給量を変化させる一方で、複数の材料ノズル212の少なくとも他の一つからの造形材料Mの供給量を変化させなくてもよい。この場合であっても、少なくとも一つの材料ノズル212からの造形材料Mの供給量が増加しているがゆえに、造形量が変わることに変わりはない。或いは、制御装置8は、複数の材料ノズル212の少なくとも一つからの造形材料Mの供給量を第1の変化態様で変化させる一方で、複数の材料ノズル212の少なくとも他の一つからの造形材料Mの供給量を第1の変化態様とは異なる第2の変化態様で変化させてもよい。例えば、制御装置8は、複数の材料ノズル212の少なくとも一つからの造形材料Mの供給量を第1の変化量だけ変化させる一方で、複数の材料ノズル212の少なくとも他の一つからの造形材料Mの供給量を第1の変化量とは異なる第2の変化量だけ変化させてもよい。つまり、制御装置8は、複数の材料ノズル212からの造形材料Mの供給量の変化量が異なるものとなるように複数の材料ノズル212からの造形材料Mの供給量を変化させてもよい。この場合であっても、少なくとも一つの材料ノズル212からの造形材料Mの供給量が増加しているがゆえに、造形量が変わることに変わりはない。

[0108] また、上述した第2実施形態の加工システムSYSBから第3実施形態の加工システムSYSCの少なくとも一つが、第4実施形態の加工システムSYSDに特有の構成要件を備えていてもよい。第4実施形態の加工システムSYSDに特有の構成要件は、例えば、供給量制御動作に関する構成要件を

含んでいてもよい。

[0109] (5) 第5実施形態の加工システムS Y S

続いて、図22及び図23を参照しながら、第5実施形態の加工システムS Y S（以降、“加工システムS Y S e”と称する）について説明する。図22は、第5実施形態の加工システムS Y S eの構造を示す断面図である。図23は、第5実施形態の加工システムS Y S eのシステム構成を示すシステム構成図である。

[0110] 図22及び図23に示すように、第5実施形態の加工システムS Y S eは、上述した第4実施形態の加工システムS Y S dと比較して、供給量制御動作を行うという点で同じである。一方で、加工システムS Y S eは、加工システムS Y S dと比較して、粉粒体である造形材料Mに代えて、ワイヤ状の造形材料M eを用いて造形動作を行うという点で異なっている。

[0111] ワイヤ状の造形材料M eを用いて造形動作を行うために、加工システムS Y S eは、加工システムS Y S dと比較して、材料供給源1及び加工装置2に代えて、材料供給源1 e及び加工装置2 eを備えているという点で異なっている。更に、加工システムS Y S eは、加工システムS Y S dと比較して、混合装置12を備えていなくてもよいという点で異なっている。加工システムS Y S eのその他の特徴は、加工システムS Y S dのその他の特徴と同一であってもよい。

[0112] 材料供給源1 eは、ワイヤ状の造形材料M eを加工装置2 eに供給するという点で、粉粒体である造形材料Mを加工装置2に供給する材料供給源1とは異なっている。材料供給源1 eのその他の特徴は、材料供給源1のその他の特徴と同一であってもよい。

[0113] 加工装置2 eは、加工装置2と比較して、加工ヘッド21に代えて、加工ヘッド21 eを備えているという点で異なっている。加工装置2 eのその他の特徴は、加工装置2のその他の特徴と同一であってもよい。加工ヘッド21 eは、加工ヘッド21と比較して、材料ノズル212に代えて、材料ノズル212 eを備えているという点で異なっている。加工ヘッド21 eのその

他の特徴は、加工ヘッド21のその他の特徴と同一であってもよい。材料ノズル212eは、ワイヤ状の造形材料Meを材料供給口2121eから造形面MS（造形面MS上の熔融池MP）に供給するという点で、粉粒体である造形材料Mを材料供給口2121から造形面MS（造形面MS上の熔融池MP）に供給する材料ノズル212とは異なっている。材料ノズル212eのその他の特徴は、材料ノズル212のその他の特徴と同一であってもよい。

[0114] このような第5実施形態の加工システムSYSeであっても、上述した第4実施形態の加工システムSYScと同様に、計測装置7の計測結果に基づいて材料ノズル212eからの造形材料Meの供給量を制御する供給量制御動作を行ってもよい。例えば、加工システムSYSeは、材料供給源1eから加工装置2eに向けて送り出される造形材料Meの分量（送り出し量）を制御することで、造形量を制御してもよい。その結果、加工システムSYSeは、加工システムSYScが享受可能な効果と同様の効果を享受することができる。加えて、加工システムSYSeは、ワイヤ状の造形材料Meを供給するため、熔融池MPの外側に向かって供給される造形材料Me（つまり、造形物の形成に寄与しない無駄な造形材料Me）の分量を減らすことができる。このため、加工システムSYSeは、加工システムSYScと比較して、造形材料Meの利用効率を向上させることができる。

[0115] （6）第6実施形態の加工システムSYS

続いて、図24を参照しながら、第6実施形態の加工システムSYS（以降、“加工システムSYSf”と称する）について説明する。図24は、第6実施形態の加工システムSYSfの構造を示す断面図である。

[0116] 図24に示すように、第6実施形態の加工システムSYSfは、上述した第1実施形態の加工システムSYSaと比較して、加工装置2に代えて、加工装置2fを備えているという点で異なっている。加工システムSYSfのその他の特徴は、加工システムSYSaのその他の特徴と同一であってもよい。加工装置2fは、加工装置2と比較して、加工ヘッド21に代えて、加工ヘッド21fを備えているという点で異なっている。加工装置2fのその

他の特徴は、加工装置 2 のその他の特徴と同一であってもよい。加工ヘッド 2 1 f は、加工ヘッド 2 1 と比較して、照射光学系 2 1 1 及び材料ノズル 2 1 2 の数及び配置位置が異なるという点で異なっている。加工ヘッド 2 1 f のその他の特徴は、加工ヘッド 2 1 のその他の特徴と同一であってもよい。

[0117] 第 6 実施形態では、加工ヘッド 2 1 f は、単一の材料ノズル 2 1 2 と、複数の照射光学系 2 1 1 とを備えている。但し、加工ヘッド 2 1 f は、複数の材料ノズル 2 1 2 を備えていてもよい。加工ヘッド 2 1 f は、単一の照射光学系 2 1 1 を備えていてもよい。

[0118] 材料ノズル 2 1 2 は、材料ノズル 2 1 2 から真下に向かって（つまり、 $-Z$ 側に向かって）造形材料 M を供給するように、ヘッド筐体 2 1 3 に取り付けられている。つまり、材料ノズル 2 1 2 は、 Z 軸に沿った供給経路を介して造形材料 M を供給するように、ヘッド筐体 2 1 3 に取り付けられている。一方で、照射光学系 2 1 1 は、照射光学系 2 1 1 の光軸 A X が Z 軸に対して傾斜するように、ヘッド筐体 2 1 3 に取り付けられている。特に、複数の照射光学系 2 1 1 は、それぞれ異なる方向に向けて加工光 E L を射出するように、ヘッド筐体 2 1 3 に取り付けられている。複数の照射光学系 2 1 1 は、複数の照射光学系 2 1 1 からそれぞれ射出される複数の加工光 E L が、加工ヘッド 2 1 f の下方において交差するように、ヘッド筐体 2 1 3 に取り付けられている。

[0119] このように材料ノズル 2 1 2 及び照射光学系 2 1 1 が配置される加工システム S Y S f もまた、加工システム S Y S a と同様に、ノズル移動動作を行ってもよい。但し、第 6 実施形態は、材料ノズル 2 1 2 が真下に向かって（つまり、 $-Z$ 側に向かって）造形材料 M を供給するという点で、第 1 実施形態とは異なる。この場合、図 2 5 に示すように、材料ノズル 2 1 2 と造形面 M S との間の距離 D 1 と造形量との間には、距離 D 1 が長くなるほど造形量が少なくなるという関係がある。つまり、第 6 実施形態における距離 D 1 と造形量との間の関係は、第 1 実施形態における距離 D 1 と造形量との間の関係とは逆の関係になる。というのも、材料ノズル 2 1 2 が真下に向かって造

形材料Mを供給するがゆえに、材料ノズル212から供給された造形材料Mは、材料ノズル212から末広がり落下していく。つまり、材料ノズル212から供給された造形材料Mは、下方に向かうにつれて外側に徐々に広がるように落下していく。その結果、距離D1が長くなるほど（つまり、造形面MSが材料ノズル212から離れるほど）、造形面MS上での造形材料Mの分布密度が小さくなる。造形面MS上での造形材料Mの分布密度が小さくなると、溶融池MPに供給される造形材料Mの分量が少なくなる。溶融池MPに供給される造形材料Mの分量が少なくなるほど、溶融池MPにおいて溶融する造形材料Mの分量が少なくなる。溶融池MPにおいて溶融する造形材料Mの分量が少なくなるほど、造形面MSで固化する造形材料Mの分量が少なくなる。その結果、固化した造形材料Mによる造形物の高さ（つまり、造形量）が低くなる。このため、図25に示すように、距離D1と造形量との間には、距離D1が長くなるほど造形量が少なくなるという関係がある。

[0120] 加工システムSYSfは、制御装置8の制御下で、このような距離D1と造形量との間に成立する関係を用いてノズル移動動作を行うことで、造形物の造形量を制御する。つまり、加工システムSYSfは、距離D1を変更するように材料ノズル212を移動させることで、造形物の造形量を制御する。

[0121] 一例として、凹凸のある造形面MS上に、平坦な表面を有する新たな構造層SLを形成する際に行われるノズル移動動作について説明する。例えば、図26の1段目（最も上の図）には、図12に示す造形面MS#1から#4を含む造形面MSが記載されている。この場合、新たに形成される構造層SL#n+1の表面を平坦にするためには、加工システムSYSfは、ノズル移動動作を行うことで、造形面MS#2に形成される造形物の高さを、造形面MS#1及びMS#4に形成される造形物の高さよりも低くし、且つ、造形面MS#3に形成される造形物の高さを、造形面MS#1及びMS#4に形成される造形物の高さよりも高くしてもよい。つまり、加工システムSYSfは、ノズル移動動作を行うことで、造形面MS#2における造形量を、

造形面MS # 1 及びMS # 4 における造形量よりも少なくし、造形面MS # 3 における造形量を、造形面MS # 1 及びMS # 4 における造形量よりも多くしてもよい。

[0122] 具体的には、加工システムSYS f は、図26の2段目に示すように、造形面MS # 2 に対して造形物を形成する期間中の造形面MS # 2 と材料ノズル212との間の距離D1が、造形面MS # 1 及び# 4 に対して造形物を形成する期間中の造形面MS # 1 及び# 4 と材料ノズル212との間の距離D1よりも長くなるように、材料ノズル212を移動させてもよい。その結果、図26の3段目のグラフに示すように、造形面MS # 2 における造形量は、造形面MS # 1 及びMS # 4 における造形量よりも少なくなる。一方で、加工システムSYS f は、図26の2段目に示すように、造形面MS # 3 に対して造形物を形成する期間中の造形面MS # 3 と材料ノズル212との間の距離D1が、造形面MS # 1 及び# 4 に対して造形物を形成する期間中の造形面MS # 1 及び# 4 と材料ノズル212との間の距離D1よりも短くなるように、材料ノズル212を移動させてもよい。その結果、図26の3段目のグラフに示すように、造形面MS # 3 における造形量は、造形面MS # 1 及びMS # 4 における造形量よりも多くなる。このため、計測装置7の計測結果が示す造形面MSの位置（高さ）に関する情報に基づいてノズル移動動作が行われることで、図26の4段目に示すように、凹凸のある造形面MSに新たに形成された構造層SL # n + 1の表面（特に、上面）は、平坦な面となる。

[0123] このように、第6実施形態の加工システムSYS f もまた、第1実施形態の加工システムSYS aと同様に、ノズル移動動作を行うことで、造形量（ひいては、構造層SLの高さ）を制御することができる。このため、加工システムSYS f は、加工システムSYS aが享受可能な効果と同様の効果を享受することができる。

[0124] また、上述した第2実施形態の加工システムSYS bから第5実施形態の加工システムSYS eの少なくとも一つが、第6実施形態の加工システムS

YSfに特有の構成要件を備えていてもよい。第6実施形態の加工システムSYsfに特有の構成要件は、例えば、照射光学系211及び材料ノズル212の配置位置及び数に関する構成要件を含んでいてもよい。

[0125] (7) 第7実施形態の加工システムSYs

続いて、第7実施形態の加工システムSYs（以降、“加工システムSYsg”と称する）について説明する。第7実施形態の加工システムSYsgは、上述した第1実施形態の加工システムSYsaと比較して、計測装置7の計測結果に基づいて材料ノズル212を移動させるノズル移動動作を行うことに加えて又は代えて、計測装置7の計測結果に基づいて加工光ELの収斂位置FPを制御する収斂位置制御動作を行うことで、造形量（ひいては、構造層SLの高さ）を制御するという点で異なっている。尚、加工光ELの収斂位置FPは、加工光ELの進行方向における、加工光ELの進行方向と交差する断面の面積が最も小さくなる位置であってもよい。

[0126] 収斂位置制御動作を行うために、加工システムSYsgのシステム構成の一例を示す図27に示すように、照射光学系211は、加工光ELの収斂位置FPを制御可能なフォーカス調整素子2111gを備えていてもよい。フォーカス調整素子2111gは、照射光学系211の光軸AXに沿った方向（つまり、Z軸に沿った方向）において加工光ELの収斂位置FPを変更可能な光学部材である。フォーカス調整素子2111gの一例として、照射光学系211の光軸AXに沿って配置され且つその間の距離を変更可能な二つの光学素子を含む光学部材があげられる。尚、加工システムSYsgがノズル移動動作を行わない場合には、加工システムSYsgは、ノズル駆動系23を備えていなくてもよい。加工システムSYsgのその他の特徴は、加工システムSYsaのその他の特徴と同一であってもよい。

[0127] 加工光ELの収斂位置FPは、造形量に影響を与える。具体的には、収斂位置FPが変わると、造形面MSと収斂位置FPとの間の距離D3（具体的には、Z軸に沿った距離であり、図28参照）が変わる。尚、以下の説明では、造形面MSと収斂位置FPとの間の距離D3を、“デフォーカス量D3

”と称する。デフォーカス量 D_3 が変わると、造形面 MS 上での加工光 EL のフルエンス（例えば、単位面積当たりのエネルギー量）が変わる。具体的には、デフォーカス量 D_3 が大きくなるほど、造形面 MS 上で加工光 EL が形成するスポットのサイズが大きくなるがゆえに、造形面 MS 上での加工光 EL のフルエンスが小さくなる。一方で、デフォーカス量 D_3 が小さくなるほど、造形面 MS 上で加工光 EL が形成するスポットのサイズが小さくなるがゆえに、造形面 MS 上での加工光 EL のフルエンスが大きくなる。造形面 MS 上での加工光 EL のフルエンスが大きくなるほど、熔融池 MP において熔融する造形材料 M の分量が多くなる。熔融池 MP において熔融する造形材料 M の分量が多くなるほど、造形面 MS で固化する造形材料 M の分量が多くなる。その結果、固化した造形材料 M による造形物の高さ（つまり、 Z 軸方向に沿ったサイズであり、造形量）が高くなる。このため、図29に示すように、デフォーカス量 D_3 と造形量との間には、デフォーカス量 D_3 が大きくなるほど造形量が少なくなるという関係がある。つまり、デフォーカス量 D_3 と造形量との間には、デフォーカス量 D_3 が小さくなるほど造形量が多くなるという関係がある。

[0128] 加工システム $SYSG$ は、制御装置8の制御下で、このような収斂位置 FP （具体的には、収斂位置 FP に応じて定まるデフォーカス量 D_3 ）と造形量との間に成立する関係を用いて収斂位置制御動作を行うことで、造形物の造形量を制御する。つまり、加工システム $SYSG$ は、計測装置7の計測結果に基づいて収斂位置 FP を変更するようにフォーカス調整素子2111gを制御することで、造形物の造形量を制御する。より具体的には、加工システム $SYSG$ は、計測装置7の計測結果に基づいて造形面 MS と収斂位置 FP との相対的な位置関係を変更するようにフォーカス調整素子2111gを制御することで、造形物の造形量を制御する。言い換えれば、加工システム $SYSG$ は、計測装置7の計測結果に基づいて造形面 MS と収斂位置 FP との間の距離に相当するデフォーカス量 D_3 を変更するようにフォーカス調整素子2111gを制御することで、造形物の造形量を制御する。

[0129] 一例として、凹凸のある造形面MS上に、平坦な表面を有する新たな構造層SLを形成する際に行われる供給量制御動作について説明する。例えば、図30の1段目（最も上の図）には、図12に示す造形面MS#1から#4を含む造形面MSが記載されている。この場合、新たに形成される構造層SL#n+1の表面を平坦にするためには、加工システムSYSgは、収斂位置制御動作を行うことで、造形面MS#2に形成される造形物の高さを、造形面MS#1及びMS#4に形成される造形物の高さよりも低くし、且つ、造形面MS#3に形成される造形物の高さを、造形面MS#1及びMS#4に形成される造形物の高さよりも高くしてもよい。つまり、加工システムSYSgは、収斂位置制御動作を行うことで、造形面MS#2における造形量を、造形面MS#1及びMS#4における造形量よりも少なくし、造形面MS#3における造形量を、造形面MS#1及びMS#4における造形量よりも多くしてもよい。

[0130] 具体的には、加工システムSYSgは、図30の2段目に示すように、造形面MS#2に対して造形物を形成する期間中のデフォーカス量D3が、造形面MS#1及び#4に対して造形物を形成する期間中のデフォーカス量よりも大きくなるように、収斂位置FPを制御してもよい。その結果、図30の3段目のグラフに示すように、造形面MS#2における造形量は、造形面MS#1及びMS#4における造形量よりも少なくなる。一方で、加工システムSYSgは、図30の2段目に示すように、造形面MS#3に対して造形物を形成する期間中のデフォーカス量D3が、造形面MS#1及び#4に対して造形物を形成する期間中のデフォーカス量D3よりも小さくなるように、収斂位置FPを制御してもよい。その結果、図30の3段目のグラフに示すように、造形面MS#3における造形量は、造形面MS#1及びMS#4における造形量よりも多くなる。このため、計測装置7の計測結果が示す造形面MSの位置（高さ）に関する情報に基づいて収斂位置制御動作が行われることで、図30の4段目に示すように、凹凸のある造形面MSに新たに形成された構造層SL#n+1の表面（特に、上面）は、平坦な面となる。

[0131] このように、第7実施形態の加工システムSY S gは、収斂位置制御動作を行うことで、造形量（ひいては、構造層S Lの高さ）を制御することができる。このため、加工システムSY S gは、上述した加工システムSY S aと同様に、所望の形状及びサイズを有する3次元構造物S Tを適切に形成することができる。

[0132] 特に、加工システムSY S gは、レシピ情報に基づいて移動する照射光学系2 1 1とは独立して収斂位置F Pを制御することで、造形量（ひいては、構造層S Lの高さ）を制御することができる。このため、加工システムSY S gは、造形動作を行う期間の少なくとも一部において収斂位置制御動作を行う場合であっても、レシピ情報を変更することなく造形動作を行うことができる。このため、加工システムSY S gは、上述した加工システムSY S aと同様に、造形動作に影響を与えることなく、収斂位置制御動作を行うことで、造形量（ひいては、構造層S Lの高さ）を制御することができる。

[0133] 尚、上述した第2実施形態の加工システムSY S bから第6実施形態の加工システムSY S fの少なくとも一つが、第7実施形態の加工システムSY S gに特有の構成要件を備えていてもよい。第7実施形態の加工システムSY S gに特有の構成要件は、例えば、収斂位置制御動作に関する構成要件を含んでいてもよい。

[0134] また、上述した説明では、加工システムSY S gは、フォーカス調整素子2 1 1 1 gを制御することで、造形面M Sと加工光E Lの収斂位置F Pとの相対的な位置関係を変更している。しかしながら、加工システムSY S gは、フォーカス調整素子2 1 1 1 gを制御することに加えて又は代えて、加工ヘッド2 1及びステージ3 1の少なくとも一方を移動させることで、造形面M Sと加工光E Lの収斂位置F Pとの相対的な位置関係を変更してもよい。

[0135] （8）第8実施形態の加工システムSY S

続いて、図3 1を参照しながら、第8実施形態の加工システムSY S（以降、“加工システムSY S h”と称する）について説明する。図3 1は、第8実施形態の加工システムSY S hのシステム構成を示すシステム構成図で

ある。

[0136] 図31に示すように、第8実施形態の加工システムSYShは、上述した第1実施形態の加工システムSYSaと比較して、加工装置2に代えて、加工装置2hを備えているという点で異なっている。加工システムSYShのその他の特徴は、加工システムSYSのその他の特徴と同一であってもよい。加工装置2hは、加工装置2と比較して、3次元計測装置24hを備えているという点で異なっている。加工装置2hのその他の特徴は、加工装置2のその他の特徴と同一であってもよい。尚、3次元計測装置24hは、チャンバ空間631Nを規定する隔壁部材61に取り付けられていてもよい。3次元計測装置24hは、隔壁部材61とは独立したチャンバ空間631N内の構造体に取り付けられていてもよい。

[0137] 3次元計測装置24hは、計測対象物の3次元形状を計測可能な計測装置である。計測対象物は、例えば、付加加工が行われる対象物であるワークWを含んでいてもよい。3次元計測装置24hの計測結果は、制御装置8に出力される。第8実施形態では、制御装置8は、3次元計測装置24hの計測結果に基づいて、3次元構造物STを形成するための加工システムSYSaの動作内容を示す上述したレシピ情報を生成してもよい。その後、加工システムSYShは、3次元計測装置24hの計測結果に基づいて生成されたレシピ情報に基づいて、ワークWに対して付加加工を行ってもよい。

[0138] このような3次元計測装置24hの計測結果を用いてレシピ情報を生成する場面の一例として、一部が欠損、破損又は摩耗によって失われた物体W1に相当するワークWに対して、欠損、破損又は摩耗によって失われた部分（以降、“消失部分W11”と称する）に相当する3次元構造物STを形成する（具体的には、付加する）ことで、消失部分W11が修復された（つまり、復元された）元の物体W2を生成する場面があげられる。以下、図32から図35を参照しながら、消失部分W11が消失した物体W1に相当するワークWに対して、消失部分W11に相当する3次元構造物STを形成することで、元の物体W2を生成する動作の流れについて説明する。但し、任意の

物体W1'に相当するワークWに対して3次元構造物STを形成する（具体的には、付加する）ことで、物体W1'とは異なる3次元形状を有する任意の物体W2'を生成する場面においても、加工システムSYShは、3次元計測装置24hの計測結果を用いてレシピ情報を生成してもよい。このため、以下の説明において、「物体W1」及び「物体W2」という文言は、「物体W1'」及び「物体W2'」という文言に読み替えられてもよい。

[0139] 図32は、消失部分W11が消失した物体W1（図32に示す例では、配管）に相当するワークWを示す斜視図である。制御装置8は、このようなワークWの3次元形状を計測した3次元計測装置24hの計測結果から、物体W1の3次元形状を特定する。一方で、図33は、元の物体W2（図33に示す例では、配管）を示す斜視図である。制御装置8は、元の物体W2の3次元形状を示す3次元モデルデータから、元の物体W2の3次元形状を特定する。制御装置8は、3次元計測装置24hによる物体W1の計測結果と元の物体W2の3次元形状を示す3次元モデルデータとに基づいて、付加加工によって形成すべき3次元構造物STの3次元形状（つまり、消失部分W11の3次元形状）を算出する。具体的には、制御装置8は、3次元計測装置24hの計測結果が示す物体W1の3次元形状と3次元モデルデータが示す元の物体W2の3次元形状との差分を算出することで、付加加工によって形成すべき3次元構造物STの3次元形状（つまり、消失部分W11の3次元形状）を算出する。図34は、図32に示す物体W1の3次元形状と図33に示す元の物体W2の3次元形状との差分を算出することで算出された、付加加工によって形成すべき3次元構造物STの3次元形状（つまり、消失部分W11の3次元形状）を示している。

[0140] その後、制御装置8は、付加加工によって形成すべき3次元構造物STの3次元形状に基づいて、レシピ情報を生成する。具体的には、制御装置8は、付加加工によって形成すべき3次元構造物STの3次元形状を示す3次元モデルデータを積層ピッチでスライス処理してスライスデータを作成する。その後、制御装置8は、スライスデータに基づいて、3次元構造物ST

を形成するための加工システム S Y S a の動作内容を示すレシピ情報を生成する。尚、レシピ情報については既に第 1 実施形態で説明済みであるため、その詳細な説明は省略する。

[0141] その後、制御装置 8 は、生成したレシピ情報に基づいて付加加工を行うように、加工システム S Y S h を制御する。その結果、図 35 に示すように、消失部分 W 1 1 が、付加加工によって新たに形成された 3 次元構造物 S T によって補われた物体 W 3 が生成される。つまり、消失部分 W 1 1 が消失した物体 W 1 と新たに形成された 3 次元構造物 S T とが一体化された物体 W 3 が生成される。

[0142] 物体 W 3 は、レシピ情報に基づいた理想的な付加加工が行われた場合には、元の物体 W 2 と同じ 3 次元形状を有する物体となる。このため、物体 W 3 を生成することは、元の物体 W 2 を再生成することと等価であるとみなしてもよい。つまり、物体 W 3 を生成することは、一部が欠損、破損又は摩耗した物体 W 1 を修復して元の物体 W 2 を再生成することと等価であるとみなしてもよい。

[0143] 一方で、生成したレシピ情報に基づいた理想的な付加加工が行われない可能性もある。この場合、物体 W 3 は、元の物体 W 2 と異なる 3 次元形状を有する物体となる可能性がある。そこで、物体 W 3 が元の物体 W 2 を同じ 3 次元形状を有するか否かを判定するために、加工システム S Y S h は、3 次元計測装置 2 4 h を用いて、物体 W 3 の 3 次元形状を計測してもよい。この場合、加工装置 2 h 自身が 3 次元計測装置 2 4 h を備えているがゆえに、付加加工によってステージ 3 1 上で生成された物体 W 3 は、ステージ 3 1 上に載置されたままでよい。つまり、物体 W 3 をステージ 3 1 から移動させなくてもよい。その後、制御装置 8 は、3 次元計測装置 2 4 h による物体 W 3 の計測結果と元の物体 W 2 の 3 次元形状を示す 3 次元モデルデータとに基づいて、物体 W 3 が元の物体 W 2 と同じ 3 次元形状を有するか否かを判定してもよい。具体的には、制御装置 8 は、3 次元計測装置 2 4 h の計測結果が示す物体 W 3 の 3 次元形状と 3 次元モデルデータが示す元の物体 W 2 の 3 次元形状

との差分が許容閾値を下回っている場合には、物体W3が元の物体W2と同じ3次元形状を有すると判定してもよい。制御装置8は、3次元計測装置24hの計測結果が示す物体W3の3次元形状と3次元モデルデータが示す元の物体W2の3次元形状との差分が許容閾値を上回っている場合には、物体W3が元の物体W2と異なる3次元形状を有すると判定してもよい。

[0144] 物体W3が元の物体W2と異なる3次元形状を有すると判定された場合には、加工システムSYShは、物体W3の3次元形状を元の物体W2の3次元形状と同じにするための加工を行ってもよい。

[0145] 例えば、物体W3を形成するために行われた付加加工による造形量が理想的な量に対して不足していた場合（つまり、付加加工によって形成された3次元構造物STが、消失部分W11よりも小さかった場合）には、加工システムSYShは、物体W3の少なくとも一部に対して更に付加加工を行うことで、物体W3の3次元形状を物体W2の3次元形状と同じにしてもよい。この場合、制御装置8は、3次元計測装置24hの計測結果が示す物体W3の3次元形状と3次元モデルデータが示す元の物体W2の3次元形状との差分を算出することで、付加加工によって形成すべき3次元構造物STの3次元形状（つまり、物体W3の3次元形状を物体W2の3次元形状と同じにするために新たに形成すべき3次元構造物STの3次元形状）を算出してもよい。その後、制御装置8は、算出した3次元構造物STの3次元形状に基づいてレシピ情報を生成し、生成したレシピ情報に基づいて付加加工を行うように、加工システムSYShを制御してもよい。

[0146] 例えば、物体W3を形成するために行われた付加加工による造形量が理想的な量に対して過剰であった場合（つまり、付加加工によって形成された3次元構造物STが、消失部分W11よりも大きかった場合）には、加工システムSYShは、物体W3の少なくとも一部を除去する除去加工を行うことで、物体W3の3次元形状を物体W2の3次元形状と同じにしてもよい。この場合、制御装置8は、3次元計測装置24hの計測結果が示す物体W3の3次元形状と3次元モデルデータが示す元の物体W2の3次元形状との差分

を算出することで、物体W3のうち除去加工によって除去すべき除去加工部分の3次元形状（つまり、物体W3の3次元形状を物体W2の3次元形状と同じにするために除去すべき部分の3次元形状）を算出してもよい。その後、制御装置8は、算出した除去加工部分を除去するためのレシピ情報を生成し、生成したレシピ情報に基づいて除去加工を行うように、加工システムSYShを制御してもよい。尚、加工システムSYShは、材料ノズル212から造形材料Mを供給することなく、照射光学系211から物体W3に対して物体W3を溶融又は昇華可能な強度を有する加工光ELを照射することで、物体W3に対して除去加工を行ってもよい。

[0147] 物体W3を生成した後に、加工システムSYShは、物体W3に対して仕上げ加工を行ってもよい。仕上げ加工は、例えば、物体W3の表面の少なくとも一部である平滑化対象面を平滑化する平滑化加工を含んでいてもよい。尚、第8実施形態における「平滑化対象面を平滑化する平滑化加工」は、平滑化加工を行う前と比較して、平滑化対象面の表面を滑らかにする、平滑化対象面の平坦度を上げる（つまり、平坦にする）、及び／又は、平滑化対象面の表面粗さを細かくする（つまり、小さくする）加工を含んでいてもよい。一例として、加工システムSYShは、物体W3の表面に生じている意図しない凹凸等に対して加工光ELを照射することで当該凹凸等を除去する除去加工を、平滑化加工として行ってもよい。他の一例として、加工システムSYShは、物体W3の表面に生じている意図しない凹凸等に対して加工光ELを照射することで当該凹凸を構成する造形材料Mを溶融させ、溶融した造形材料Mの自重及び／又は表面張力を利用して溶融した造形材料Mの表面を平面に近づけ、その後、溶融した造形材料Mを冷却して固化させることで表面を平滑化するリメルト加工を、平滑化加工として行ってもよい。或いは、仕上げ加工は、上述した平滑化加工に加えて又は代えて、物体W3の表面に加工光ELを照射することで当該表面の色調を制御する（例えば、物体W3の表面の色調を、所望の色調に変更する）色調制御加工を含んでいてもよい。

[0148] 消失部分W 1 1 の3次元形状によっては、消失部分W 1 1 に相当する3次元構造物S Tを付加加工によって形成することが容易ではない可能性がある。そこで、加工システムS Y S hは、消失部分W 1 1 に相当する3次元構造物S Tを付加加工によって形成する前に、消失部分W 1 1 の3次元形状を、消失部分W 1 1 に相当する3次元構造物S Tを適切に形成することが可能となる所望の3次元形状に変更するための加工を行ってもよい。具体的には、加工システムS Y S hは、物体W 1 のうち消失部分W 1 1 が消失することで外部に露出してしまった露出面W S 1 1（つまり、消失部分W 1 1 に接続されていた部分であり、図3 2参照）に対して上述した除去加工を行うことで、物体W 1 の3次元形状を変え、その結果、消失部分W 1 1 の3次元形状を変えてもよい。例えば、加工システムS Y S hは、図3 2に示す物体W 1 の露出面W S 1 1に対して除去加工を行うことで、物体W 1 の3次元形状を変え、図3 2に示す3次元形状から、図3 6に示す3次元形状に変えてもよい。図3 2及び図3 6に示す例では、加工システムS Y S hは、物体W 1 の3次元形状を変えることで、消失部分W 1 1 の3次元形状を、相対的に複雑な3次元形状から、相対的にシンプルな3次元形状に変えている。

[0149] 物体W 1 の露出面W S 1 1の状態によっては、露出面W S 1 1に対して付加加工を行うことが容易ではない可能性がある。そこで、加工システムS Y S hは、消失部分W 1 1 に相当する3次元構造物S Tを付加加工によって形成する前に、露出面W S 1 1の状態を変えるための加工を行ってもよい。例えば、加工システムS Y S hは、露出面W S 1 1に対して上述した除去加工を行うことで、露出面W S 1 1の状態を変えてもよい。例えば、加工システムS Y S hは、露出面W S 1 1に対して上述した平滑化加工を行うことで、露出面W S 1 1の状態を変えてもよい。

[0150] このような第8実施形態の加工システムS Y S hは、上述した第1実施形態の加工システムS Y S aが享受可能な効果と同様の効果を享受しながら、3次元計測装置2 4 hの計測結果を用いて、理想的な3次元形状を有する物体を形成することができる。

- [0151] 尚、第8実施形態の加工システムSYShは、ノズル移動動作を行わなくてもよい。この場合、加工システムSYShは、ノズル駆動系23を備えていなくてもよい。
- [0152] 上述した説明では、加工システムSYShは、一部が欠損、破損又は摩耗によって失われた物体W1に相当するワークWに対して、元の物体W2の形状を理想的な3次元形状に設定した上で、理想的な3次元形状を有する物体を形成していた。しかしながら、加工システムSYShは、物体の性能を上げるために、理想的な3次元形状として、元の物体とは異なる形状の物体を形成してもよい。例えば、加工システムSYShは、元の物体と異なる形状の物体を形成してもよいし、元の物体と同等の形状に所望の形状を付加してもよい。図38は、ワークWとしての配管を通過する流体を整流するためのフィンW6を備える物体W5を示す図である。図38に示すように、整流するという新たな効果を達成するための構造（図38に示す例では、フィンW6）を付加加工によって付加してもよい。
- [0153] また、上述した説明では、加工システムSYShは、付加加工を行うための加工光ELを用いて、仕上げ加工、除去加工及び平滑化加工の少なくとも一つを行っている。しかしながら、加工システムSYShは、付加加工を行うための加工光ELとは異なる加工光を用いて、仕上げ加工、除去加工及び平滑化加工の少なくとも一つを行ってもよい。この場合、加工システムSYShは、仕上げ加工、除去加工及び平滑化加工の少なくとも一つを行うための加工光を照射するための照射光学系を備えていてもよい。或いは、加工システムSYShは、工具を用いて、仕上げ加工、除去加工及び平滑化加工の少なくとも一つを行ってもよい。つまり、加工システムSYShは、仕上げ加工、除去加工及び平滑化加工の少なくとも一つとして、機械加工を行ってもよい。
- [0154] また、上述した第2実施形態の加工システムSYSbから第7実施形態の加工システムSYSgの少なくとも一つが、第8実施形態の加工システムSYShに特有の構成要件を備えていてもよい。第8実施形態の加工システム

S Y S h に特有の構成要件は、例えば、3次元計測装置24hに関する構成要件を含んでいてもよい。

[0155] (9) 変形例

上述したノズル移動動作によって材料ノズル212とワークWとが接触する可能性がある場合には、ノズル駆動系23は、制御装置8の制御下で、材料ノズル212の移動を停止してもよい。その結果、材料ノズル212とワークWとの接触が防止される。

[0156] 上述した説明では、加工システムS Y Sは、造形材料Mに加工光E Lを照射することで、造形材料Mを溶融させている。しかしながら、加工システムS Y Sは、任意のエネルギービームを造形材料Mに照射することで、造形材料Mを溶融させてもよい。この場合、加工システムS Y Sは、照射光学系211に加えて又は代えて、任意のエネルギービームを照射可能なビーム照射装置を備えていてもよい。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等の少なくとも一つがあげられる。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等の少なくとも一つがあげられる。

[0157] 上述した説明では、加工システムS Y Sは、レーザ肉盛溶接法により付加加工を行っている。しかしながら、加工システムS Y Sは、造形材料Mに加工光E L（或いは、任意のエネルギービーム）を照射することで3次元構造物S Tを形成可能なその他の方式により造形材料Mから3次元構造物S Tを形成してもよい。或いは、加工システムS Y Sは、造形材料Mに加工光E L（或いは、任意のエネルギービーム）を照射する方式とは異なる、付加加工のための任意の方式により3次元構造物S Tを形成してもよい。

[0158] (10) 付記

以上説明した実施形態に対して、更に以下の付記を開示する。

[付記1]

物体にエネルギービームを照射することと、

材料供給部材から、前記エネルギービームで照射される造形材料を供給することと、

前記物体の表面の高さに関する情報を取得することと、
前記物体の表面の高さに関する情報に基づいて、前記材料供給部材と前記物体の表面との間の距離を変更することと
を含む加工方法。

[付記 2]

物体にエネルギービームを照射することと、
材料供給部材から、前記エネルギービームで照射される造形材料を供給することと、
前記物体の表面の高さに関する情報を取得することと、
前記物体の表面の高さに関する情報に基づいて、前記材料供給部材の方向を変化させることと
を含む加工方法。

[付記 3]

物体にエネルギービームを照射することと、
前記エネルギービームで照射される造形材料を供給することと、
前記物体の表面の高さに関する情報を取得することと、
前記物体の表面の高さに関する情報に基づいて、前記造形材料の供給量を変更する材料供給制御装置と
を含む加工方法。

[付記 4]

物体にエネルギービームを照射することと、
材料供給部材から、前記エネルギービームで照射される造形材料を供給することと、
前記物体の表面の位置に関する情報を取得することと、
前記物体の表面の位置に関する情報に基づいて、前記材料供給部材を制御することと
を含む加工方法。

[付記 5]

物体にエネルギービームを照射することと、
材料供給部材から、前記エネルギービームで照射される造形材料を供給することと、
前記物体の表面の高さが所望の高さよりも低い場合に、前記材料供給部材と前記物体の表面との間の距離を長くするよう変更することと
を含む加工方法。

[付記 6]

物体にエネルギービームを照射することと、
材料供給部材から、前記エネルギービームで照射される造形材料を供給することと、
前記物体の表面の高さが所望の高さよりも低い場合に、前記材料供給部材によって供給される前記造形材料の集中領域と前記物体の表面との間の距離を長くするよう変更することと
を含む加工方法。

[付記 7]

物体にエネルギービームを照射することと、
前記エネルギービームで照射される造形材料を供給することと、
前記物体の表面の高さが所望の高さよりも低い場合の前記造形材料の集中領域が、前記物体の表面の高さが前記所望の高さよりも高い場合の前記集中領域よりも上に位置するように制御することと
を含む加工方法。

[付記 8]

物体にエネルギービームを照射することと、
前記エネルギービームで照射される造形材料を供給することと、
前記物体の表面の位置に関する情報を取得することと、
前記物体の表面の位置に関する情報に基づいて、前記エネルギービームの収斂位置を変更することと
を含む加工方法。

[0159] 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。

[0160] 本発明は、上述した実施例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

[0161] S Y S 加工システム

1 材料供給源

2 加工装置

2 1 加工ヘッド

2 1 1 照射光学系

2 1 2 材料ノズル

2 2 ヘッド駆動系

2 3 ノズル駆動系

3 ステージ装置

3 1 ステージ

7 計測装置

8 制御装置

W ワーク

M 造形材料

S L 構造層

M S 造形面

M P 熔融池

E L 加工光

請求の範囲

- [請求項1] 物体にエネルギービームを照射する照射系と、
前記エネルギービームで照射される造形材料を供給する材料供給部材と、
前記物体の表面の高さに関する情報を取得する計測装置と、
前記計測装置の計測結果に基づいて、前記材料供給部材と前記表面との間の距離を変更する距離変更装置と
を備え、
前記距離変更装置は、前記表面の高さが所望の高さより低い場合には、前記材料供給部材と前記表面との間の距離を長くするよう変更し、
前記表面の高さが所望の高さより高い場合には、前記材料供給部材と前記表面との間の距離を短くするよう変更する加工システム。
- [請求項2] 前記物体の表面の高さに関する情報は、前記物体の高さを示す情報及び前記物体の理想的な高さを示す情報の少なくとも一つを含む
請求項1に記載の加工システム。
- [請求項3] 前記物体の表面の高さに関する情報は、前記物体の高さと前記物体の理想的な高さとの差に関する情報を含む
請求項1又は2に記載の加工システム。
- [請求項4] 物体にエネルギービームを照射する照射系と、
前記エネルギービームで照射される造形材料を供給する材料供給部材と、
前記物体の表面の高さに関する情報を取得する計測装置と、
前記計測装置の計測結果に基づいて、前記材料供給部材と前記表面との間の距離を変更する距離変更装置と
を備える加工システム。
- [請求項5] 前記物体の表面の高さに関する情報は、前記物体の高さを示す情報及び前記物体の理想的な高さを示す情報の少なくとも一つを含む
請求項4に記載の加工システム。

- [請求項6] 前記物体の表面の高さに関する情報は、前記物体の高さと前記物体の理想的な高さとの差に関する情報を含む
請求項4又は5に記載の加工システム。
- [請求項7] 前記照射系を第1の移動方向に移動させる移動装置を更に備え、
前記計測装置は、前記第1の移動方向における前方における前記表面の高さに関する情報を取得する
請求項1から6のいずれか一項に記載の加工システム。
- [請求項8] 前記物体の加工前に、前記照射系を制御するための照射系制御情報を取得する取得部と、
前記取得部によって取得された前記照射系制御情報に基づいて前記照射系を制御する制御部と
を更に備え、
前記物体の加工開始後に、前記照射系制御情報を変更することなしに、前記距離変更装置によって前記材料供給部材と前記表面との間の距離を変更することにより、造形量を制御する
請求項1から7のいずれか一項に記載の加工システム。
- [請求項9] 前記距離変更装置は、前記材料供給部材を制御して前記材料供給部材を動かす
請求項1から8のいずれか一項に記載の加工システム。
- [請求項10] 前記材料供給部材は、異なる方向を向いた複数の材料供給口から前記造形材料を供給し、
前記距離変更装置によって前記材料供給部材を動かすことにより、前記複数の材料供給口から供給される前記造形材料の集中領域を変更する
請求項9に記載の加工システム。
- [請求項11] 前記材料供給部材は、異なる方向を向いた複数の材料供給口から前記造形材料を供給し、
前記距離変更装置によって前記材料供給部材を動かすことにより、

前記複数の材料供給口から供給される前記造形材料の集中領域と前記物体との間の距離を変更する

請求項 9 又は 10 に記載の加工システム。

[請求項12] 前記材料供給部材は、第1の方向を向いた第1材料供給口を有する第1材料供給部材と、前記第1の方向とは異なる第2の方向を向いた第2材料供給口を有する第2材料供給部材とを含み、

前記距離変更装置によって前記第1及び第2材料供給部材の一方のみを動かすことにより、前記第1及び第2材料供給口から供給される前記造形材料の集中領域を変更する

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] 前記材料供給部材は、第1の方向を向いた第1材料供給口を有する第1材料供給部材と、前記第1の方向とは異なる第2の方向を向いた第2材料供給口を有する第2材料供給部材とを含み、

前記距離変更装置によって前記第1材料供給部材と前記第2材料供給部材の移動量を異ならせて移動させることにより、前記第1及び第2材料供給口から供給される前記造形材料の集中領域を変更する

請求項 9 から 12 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項14] 前記エネルギービームを前記造形材料に照射して前記物体を付加加工した位置に関する情報を出力する出力装置を更に備え、

前記出力装置は、前記付加加工がされた際の前記材料供給部材と前記表面との間の距離の違いに応じて、前記付加加工された前記物体の位置に関する情報を出力する

請求項 1 から 13 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項15] 前記出力装置は、表示装置を含む

請求項 14 に記載の加工システム。

[請求項16] 物体にエネルギービームを照射する照射系と、

前記エネルギービームで照射される造形材料を供給する材料供給部材と、

前記物体の表面の高さに関する情報を取得する計測装置と、
前記計測装置の計測結果に基づいて、前記材料供給部材の方向を変化させる方向変更装置と
を備える加工システム。

[請求項17] 前記材料供給部材は、異なる方向を向いた複数の材料供給口から前記造形材料を供給し、

前記方向変更装置によって前記材料供給部材の方向を変えることにより、前記複数の材料供給口から供給される前記造形材料の集中領域を変更する

請求項16に記載の加工システム。

[請求項18] 前記材料供給部材は、異なる方向を向いた複数の材料供給口から前記造形材料を供給し、

前記方向変更装置によって前記材料供給部材の方向を変えることにより、前記複数の材料供給口から供給される前記造形材料の集中領域と前記物体との間の距離を変更する

請求項16又は17に記載の加工システム。

[請求項19] 前記材料供給部材は、第1の方向を向いた第1材料供給口を有する第1材料供給部材と、前記第1の方向とは異なる第2の方向を向いた第2材料供給口を有する第2材料供給部材とを含み、

前記方向変更装置によって前記第1及び第2材料供給部材の一方の方向のみを変更することにより、前記第1及び第2材料供給口から供給される前記造形材料の集中領域を変更する

請求項16から18のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項20] 前記材料供給部材は、第1の方向を向いた第1材料供給口を有する第1材料供給部材と、前記第1の方向とは異なる第2の方向を向いた第2材料供給口を有する第2材料供給部材とを含み、

前記方向変更装置によって前記第1材料供給部材と前記第2材料供給部材の方向の変化量を異ならせて変更することにより、前記第1及

び第2材料供給口から供給される前記造形材料の集中領域を変更する
請求項16から19のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項21] 物体にエネルギービームを照射する照射系と、
前記エネルギービームで照射される造形材料を供給する材料供給部材と、
前記物体の表面の高さに関する情報を取得する計測装置と、
前記計測装置の計測結果に基づいて、前記造形材料の供給量を変更する材料供給制御装置と
を備える加工システム。

[請求項22] 前記材料供給部材は、第1の方向を向いた第1材料供給口を有する第1材料供給部材と、前記第1の方向とは異なる第2の方向を向いた第2材料供給口を有する第2材料供給部材とを含み、
前記材料供給制御装置によって、前記第1及び第2材料供給部材の一方のみの供給量を変更する
請求項21に記載の加工システム。

[請求項23] 前記材料供給部材は、第1の方向を向いた第1材料供給口を有する第1材料供給部材と、前記第1の方向とは異なる第2の方向を向いた第2材料供給口を有する第2材料供給部材とを含み、
前記材料供給制御装置によって、前記第1材料供給部材と前記第2材料供給部材の供給量を異ならせて変更する
請求項21に記載の加工システム。

[請求項24] 物体にエネルギービームを照射する照射系と、
前記エネルギービームが照射される造形材料を供給する材料供給部材と、
前記物体の表面の位置に関する情報を取得する計測装置と、
前記計測装置の計測結果に基づいて、前記材料供給部材を制御する材料供給制御装置と
を備える加工システム。

- [請求項25] 物体にエネルギービームを照射する照射系と、
 前記エネルギービームが照射される造形材料を供給する材料供給部材と、
 前記物体の表面の高さが所望の高さよりも低い場合に、前記材料供給部材と前記表面との間の距離を長くするように変更する距離変更装置と
 を備える加工システム。
- [請求項26] 前記材料供給部材は、第1の方向を向いた第1材料供給口を有する第1材料供給部材と、前記第1の方向とは異なる第2の方向を向いた第2材料供給口を有する第2材料供給部材とを含み、
 前記距離変更装置によって前記第1及び第2材料供給部材の一方のみを動かすことにより、前記第1及び第2材料供給口から供給される前記造形材料の集中領域を変更する
 請求項25に記載の加工システム。
- [請求項27] 前記材料供給部材は、第1の方向を向いた第1材料供給口を有する第1材料供給部材と、前記第1の方向とは異なる第2の方向を向いた第2材料供給口を有する第2材料供給部材とを含み、
 前記距離変更装置によって前記第1材料供給部材と前記第2材料供給部材の移動量を異ならせて移動させることにより、前記第1及び第2材料供給口から供給される前記造形材料の集中領域を変更する
 請求項25又は26に記載の加工システム。
- [請求項28] 物体にエネルギービームを照射する照射系と、
 前記エネルギービームが照射される造形材料を供給する材料供給部材と、
 前記物体の表面の高さが所望の高さよりも低い場合に、前記材料供給部材によって供給される前記造形材料の集中領域と前記表面との間の距離を短くするように変更する集中領域変更装置と
 を備える加工システム。

- [請求項29] 物体にエネルギービームを照射する照射系と、
 前記エネルギービームが照射される造形材料を供給する材料供給部材と、
 前記物体の表面の高さが所望の高さよりも低い場合の前記造形材料の集中領域が、前記表面の高さが前記所望の高さよりも高い場合の前記集中領域よりも上に位置するように制御する制御装置と
 を備える加工システム。
- [請求項30] 物体にエネルギービームを照射する照射系と、
 前記エネルギービームが照射される造形材料を供給する材料供給部材と、
 前記物体の表面の位置に関する情報を取得する計測装置と、
 前記計測装置の計測結果に基づいて、前記照射系を制御して前記エネルギービームの収斂位置を変更する制御装置と
 を備える加工システム。
- [請求項31] 前記制御装置は、第1面に照射される前記エネルギービームの収斂位置と前記第1面との間の距離が、第2面に照射される前記エネルギービームの収斂位置と前記第2面との間の距離と異なるものとなるように、前記エネルギービームの収斂位置を変更する
 請求項30に記載の加工システム。
- [請求項32] 前記第2面は、前記第1面よりも高い位置に位置しており、
 前記制御装置は、前記第1面に照射される前記エネルギービームの収斂位置と前記第1面との間の距離が、前記第2面に照射される前記エネルギービームの収斂位置と前記第2面との間の距離よりも小さくなるように、前記エネルギービームの収斂位置を変更する
 請求項31に記載の加工システム。
- [請求項33] 物体にエネルギービームを照射する照射系と、
 前記エネルギービームで照射される造形材料を供給する材料供給部材と、

前記物体の表面の高さに関する情報を取得する計測装置と
を備え、

前記照射系の最終光学要素と前記材料供給部材の相対位置が可変である

加工システム。

[請求項34] 前記物体の表面の高さに関する情報は、前記物体の高さを示す情報及び前記物体の高さと前記物体の理想的な高さとの関係を示す情報の少なくとも一つを含む

請求項33に記載の加工システム。

[請求項35] 前記物体の表面の高さに関する情報は、前記物体の高さと前記物体の理想的な高さとの差に関する情報を含む

請求項33又は34に記載の加工システム。

[請求項36] 前記計測装置を用いて取得された情報に基づいて、前記照射系の最終光学要素と前記材料供給部材の相対位置を変更する

請求項33から35のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項37] 前記計測装置は、前記物体の表面の高さに関する情報を取得するために前記物体からの光を受光し、

前記最終光学要素と前記材料供給部材の相対位置が変化することによって、前記物体からの光を受光する光学要素と前記材料供給部材との相対位置が変化する

請求項33から36のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項38] 物体にエネルギービームを照射する照射系と、
前記エネルギービームで照射される造形材料を供給する材料供給部材と、

前記物体の表面の高さに関する情報を取得する計測装置と
を備え、

前記計測装置と前記材料供給部材との相対位置が可変である
加工システム。

- [請求項39] 前記物体の表面の高さに関する情報は、前記物体の高さを示す情報及び前記物体の高さと前記物体の理想的な高さとの関係を示す情報の少なくとも一つを含む
請求項38に記載の加工システム。
- [請求項40] 前記物体の表面の高さに関する情報は、前記物体の高さと前記物体の理想的な高さとの差に関する情報を含む
請求項38又は39に記載の加工システム。
- [請求項41] 前記計測装置は、前記照射系の最終光学要素に対して固定された位置に配置される
請求項38から40のいずれか一項に記載の加工システム。
- [請求項42] 前記計測装置は、前記物体に光を照射する照射装置及び前記物体からの光を受光する光学要素の少なくとも一方を含み、
前記照射装置及び前記光学要素の少なくとも一方に対して、前記材料供給部材の位置が可変である
請求項38から41のいずれか一項に記載の加工システム。
- [請求項43] 物体にエネルギービームを照射する照射系と、
前記エネルギービームで照射される造形材料を供給する材料供給部材と、
前記物体の表面の高さに関する情報を取得する計測装置と、
前記照射系の最終光学要素と前記材料供給部材との相対的な方向関係を可変とする
加工システム。
- [請求項44] 前記物体の表面の高さに関する情報は、前記物体の高さを示す情報及び前記物体の高さと前記物体の理想的な高さとの関係を示す情報の少なくとも一つを含む
請求項43に記載の加工システム。
- [請求項45] 前記物体の表面の高さに関する情報は、前記物体の高さと前記物体の理想的な高さとの差に関する情報を含む

請求項 4 3 又は 4 4 に記載の加工システム。

[請求項46]

物体にエネルギービームを照射する照射系と、

前記エネルギービームで照射される造形材料を供給する材料供給部材と、

前記物体の表面の高さに関する情報を取得するための計測光を照射する計測光照射装置と

を備え、

前記計測光照射装置と前記材料供給部材のとの相対的な方向関係を可変である

加工システム。

[請求項47]

前記物体の表面の高さに関する情報は、前記物体の高さを示す情報及び前記物体の高さと前記物体の理想的な高さとの関係を示す情報の少なくとも一つを含む

請求項 4 6 に記載の加工システム。

[請求項48]

前記物体の表面の高さに関する情報は、前記物体の高さと前記物体の理想的な高さとの差に関する情報を含む

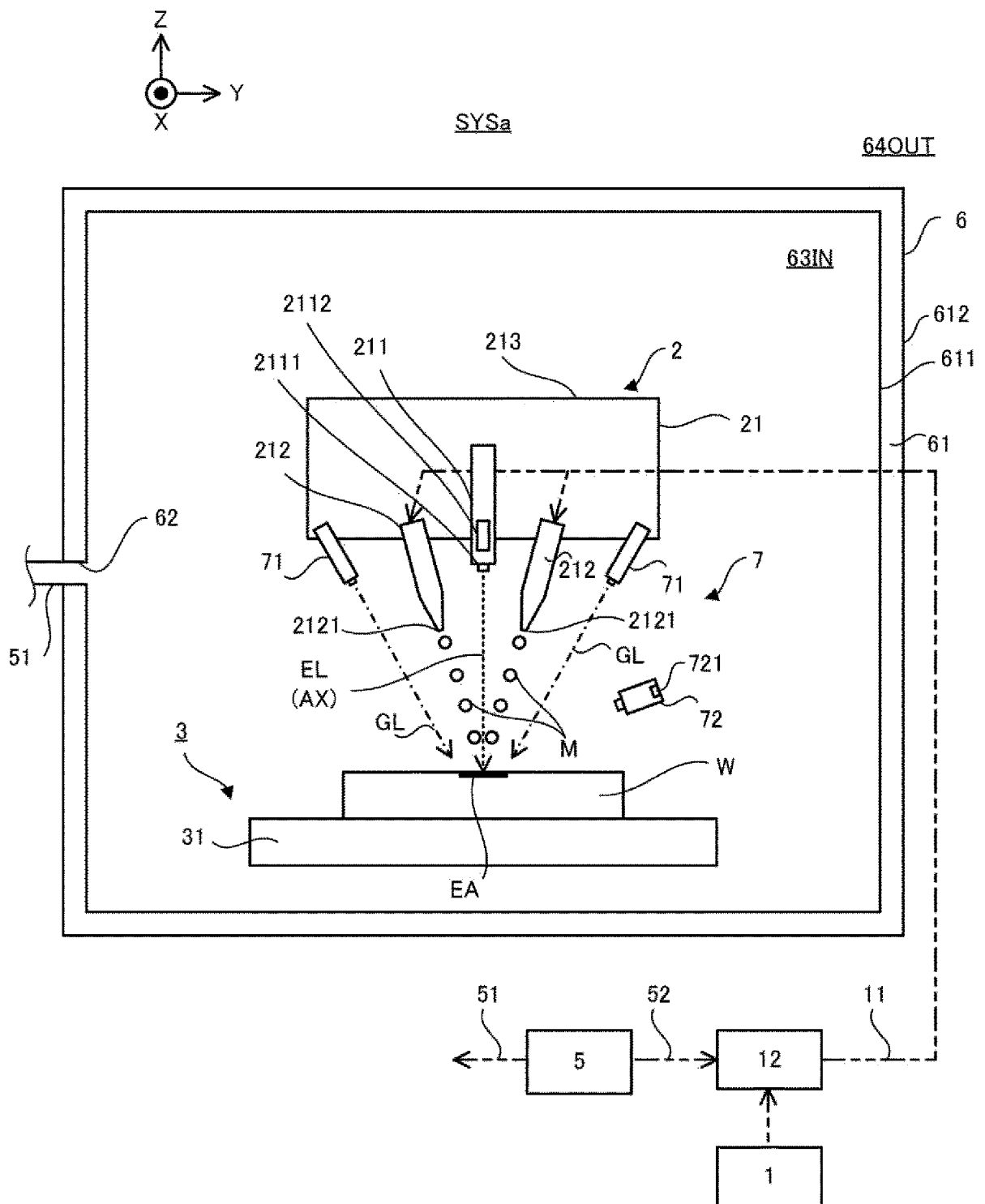
請求項 4 6 又は 4 7 に記載の加工システム。

[請求項49]

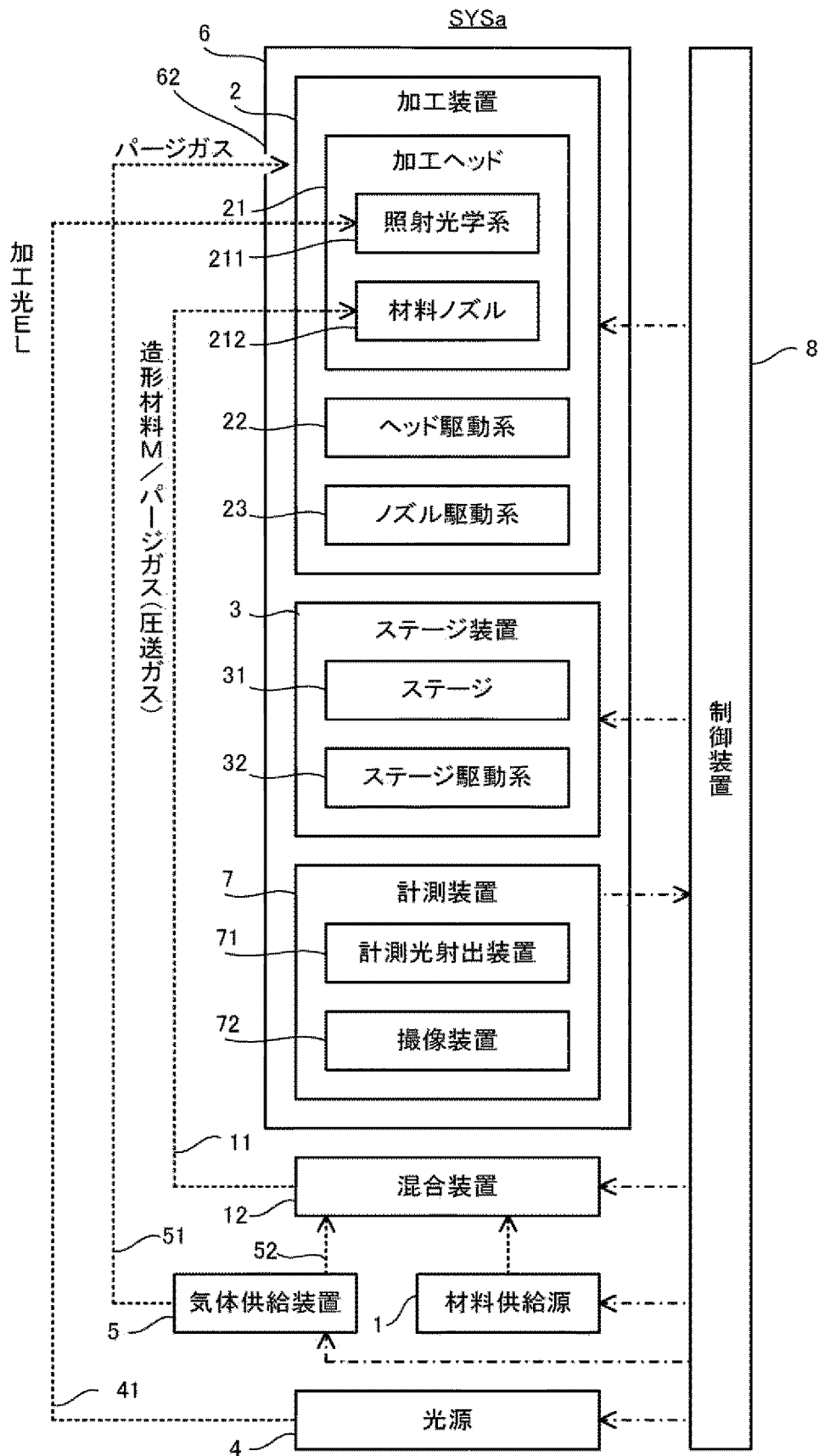
前記計測光照射装置は、前記照射系の最終光学要素に対して固定された位置に配置される

請求項 4 6 から 4 8 のいずれか一項に記載の加工システム。

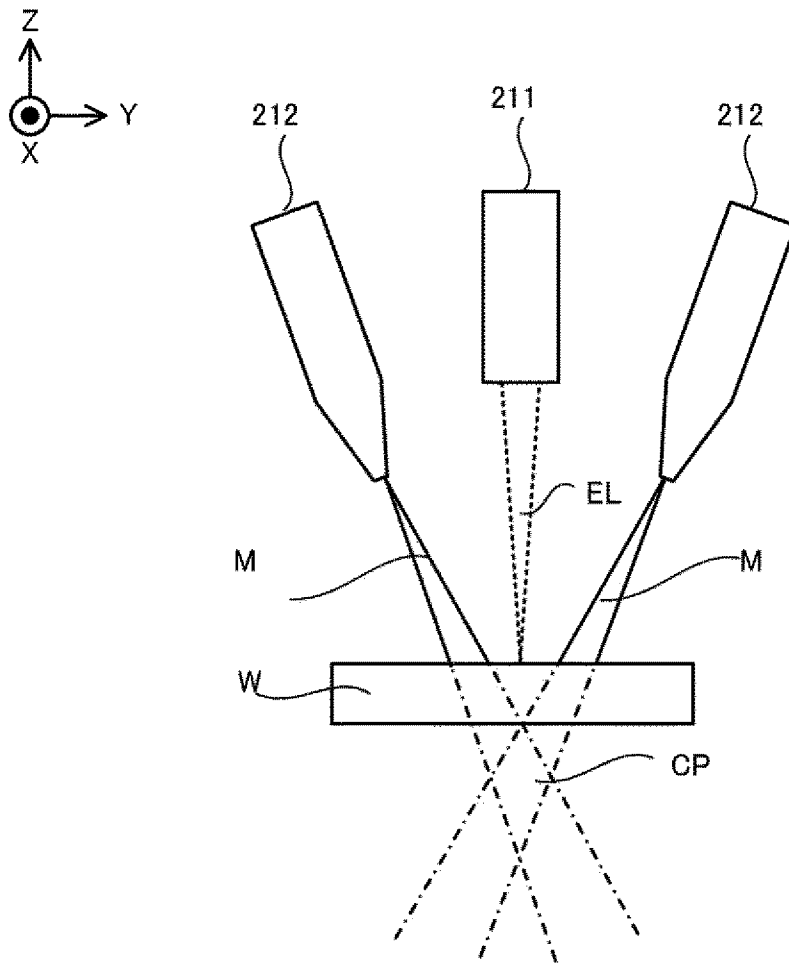
[図1]



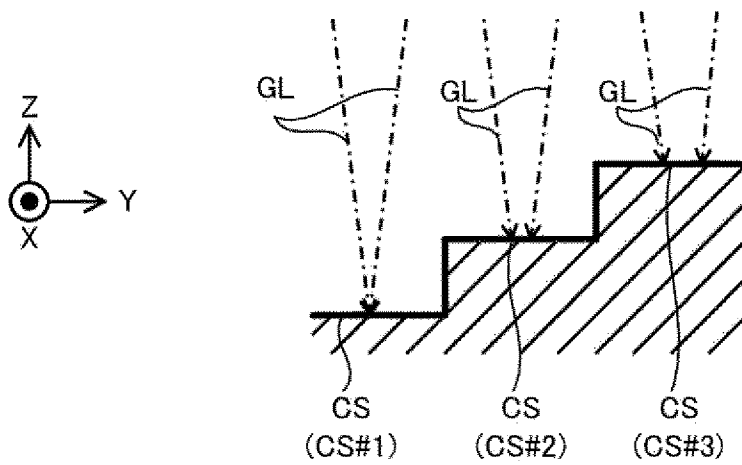
[図2]



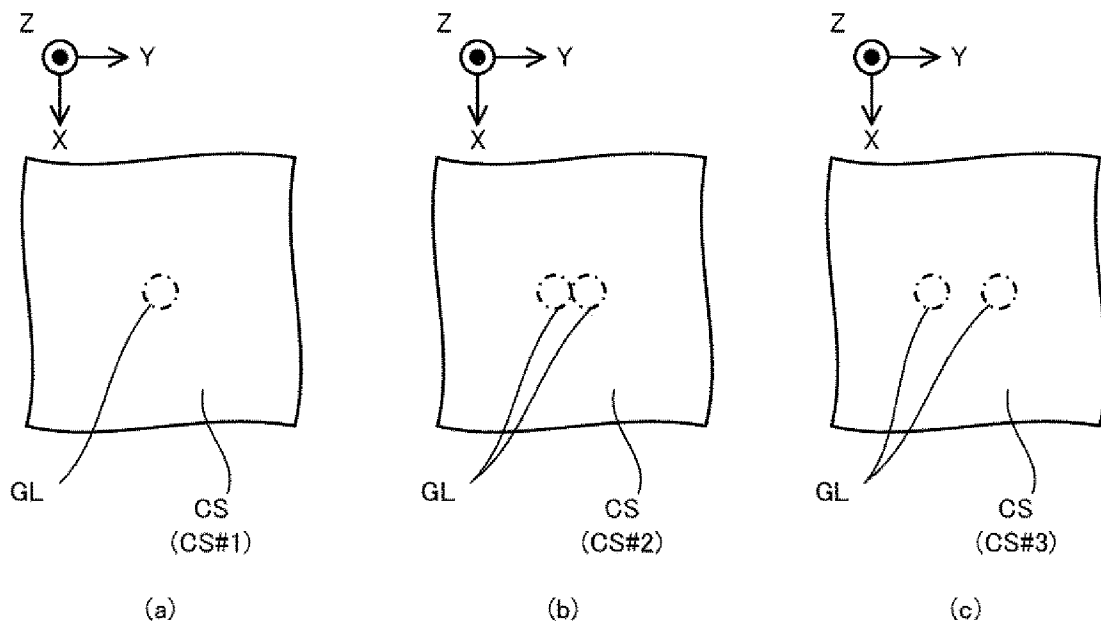
[図3]



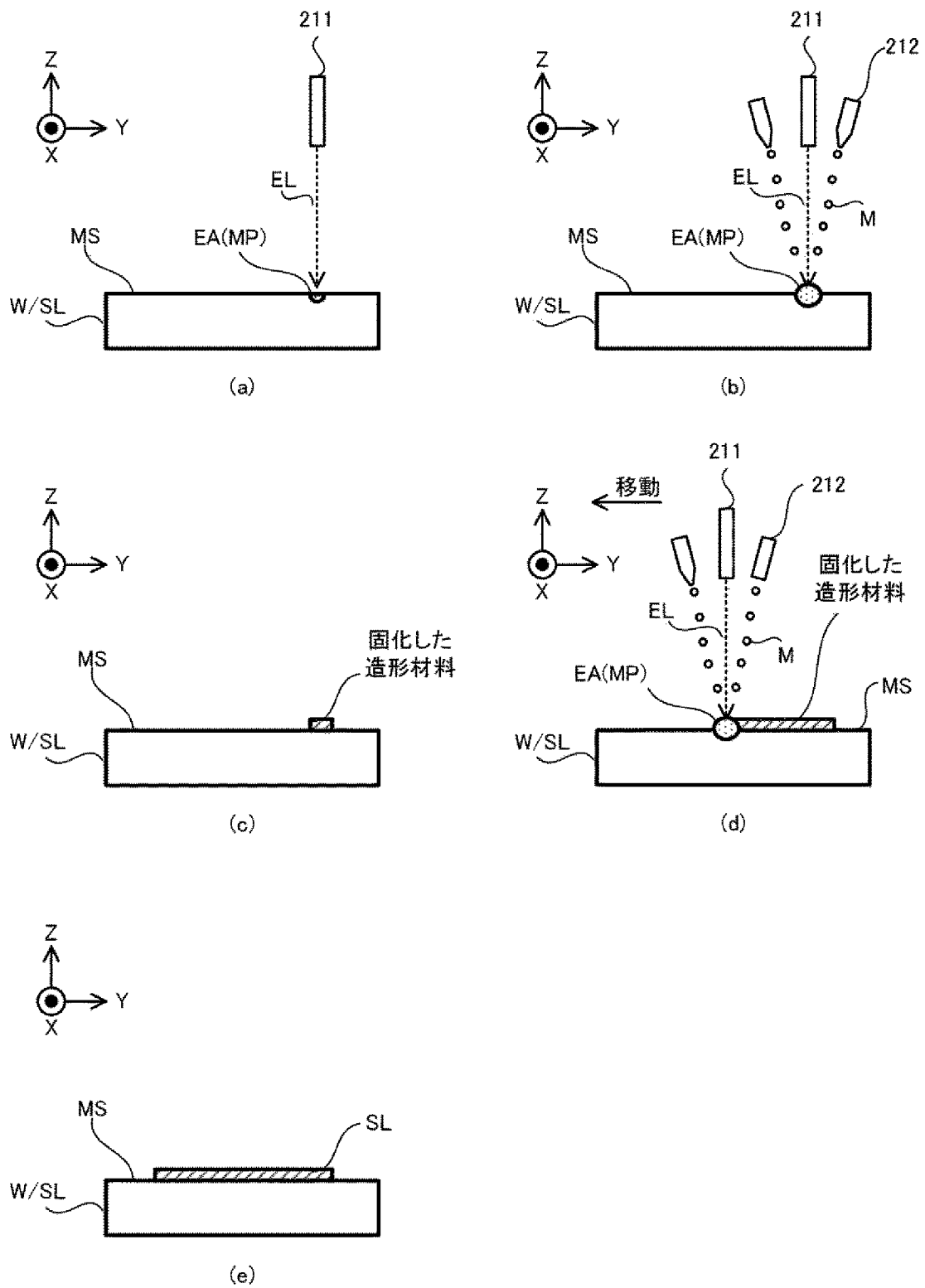
[図4]



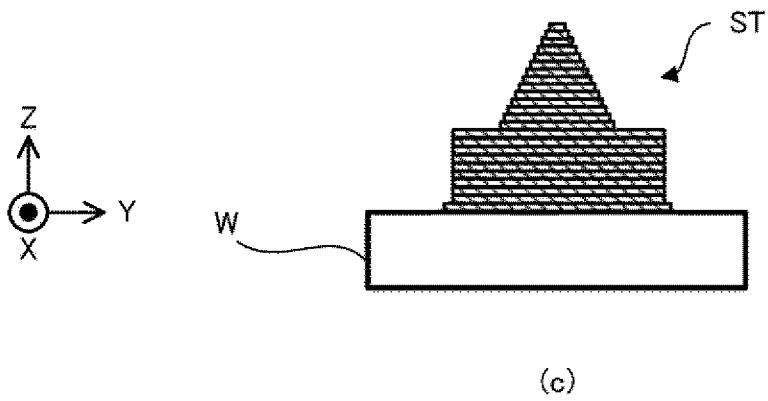
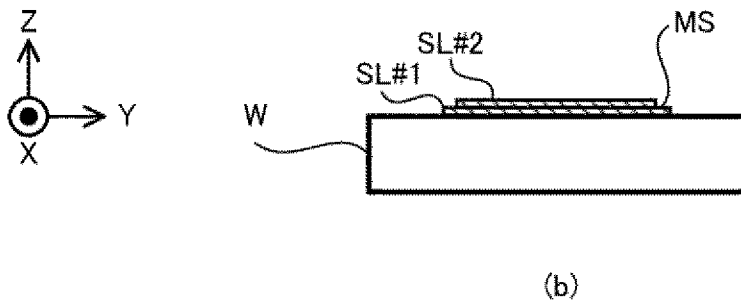
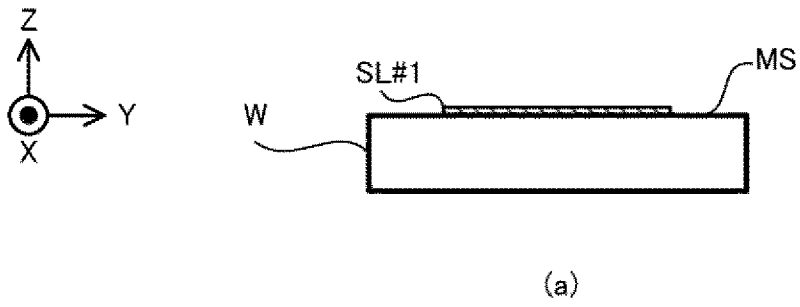
[図5]



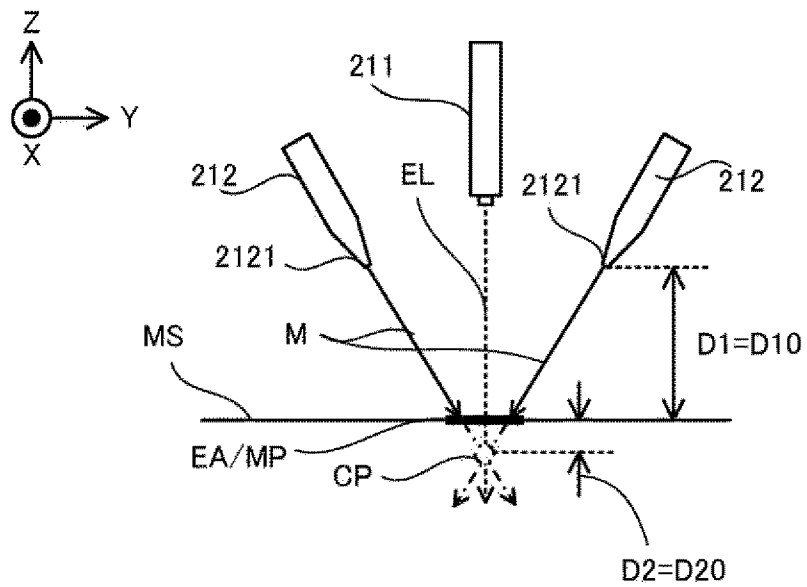
[図6]



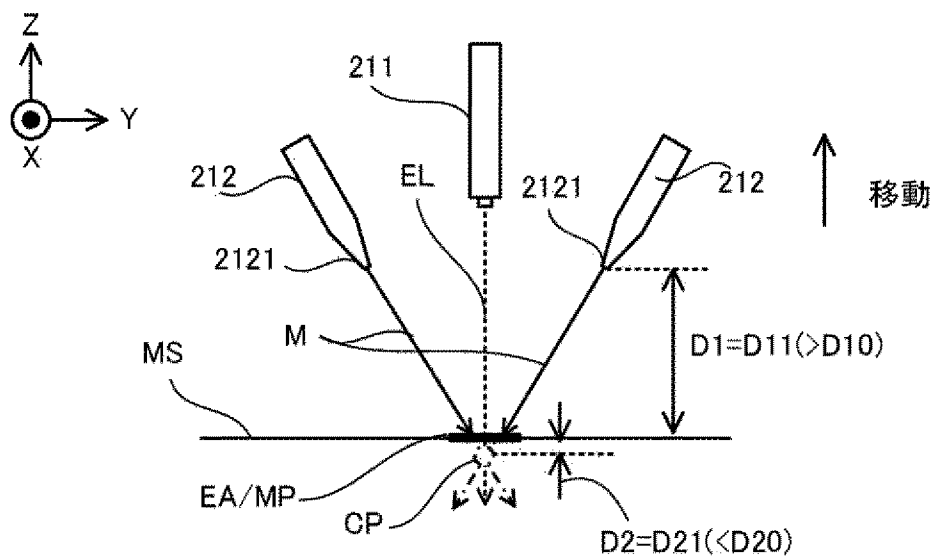
[図7]



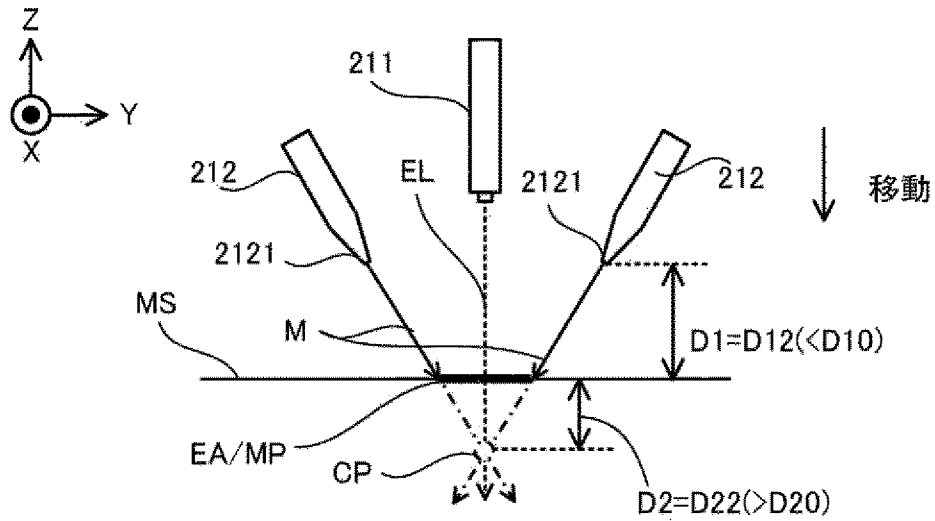
[図8]



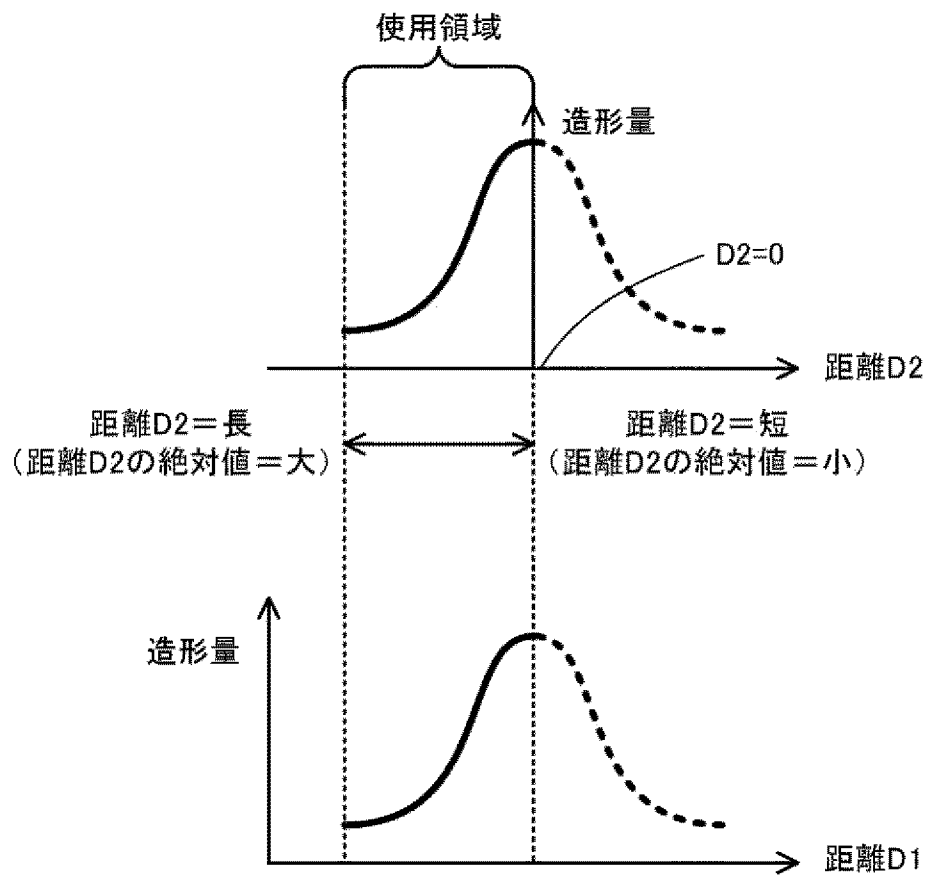
[図9]



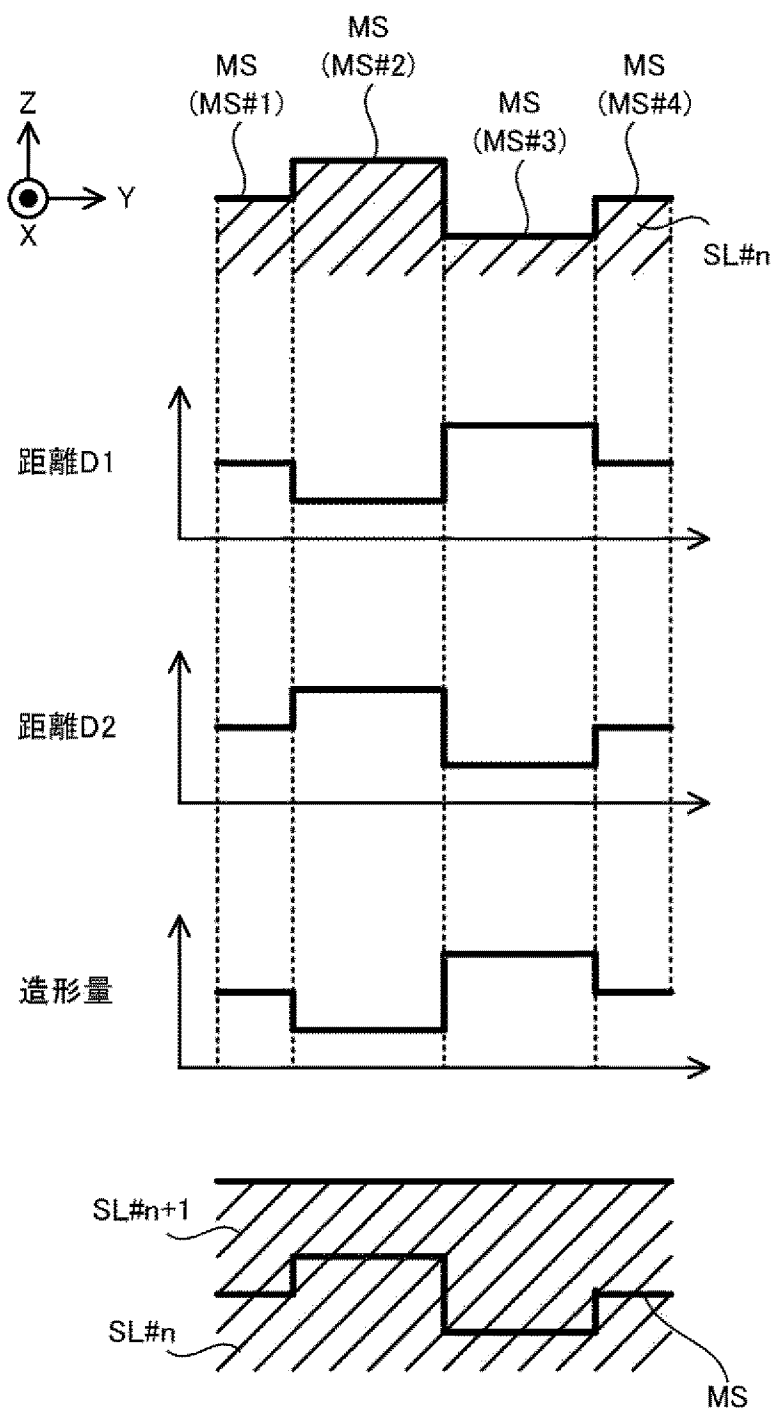
[図10]



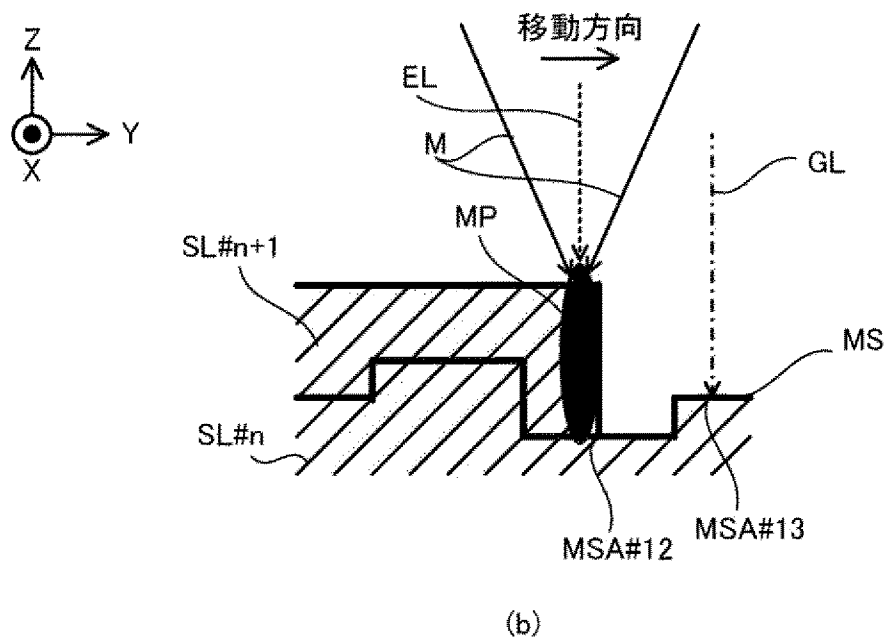
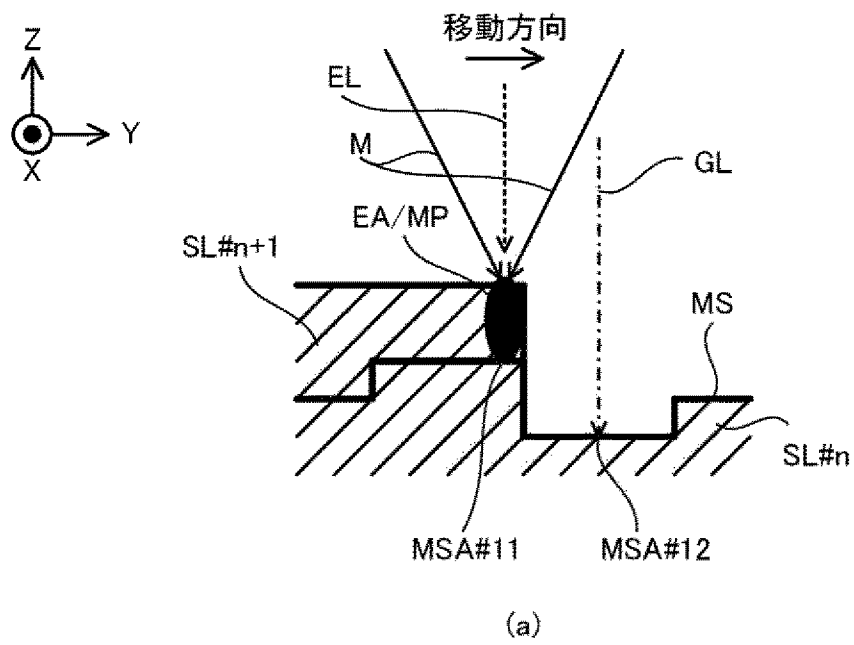
[図11]



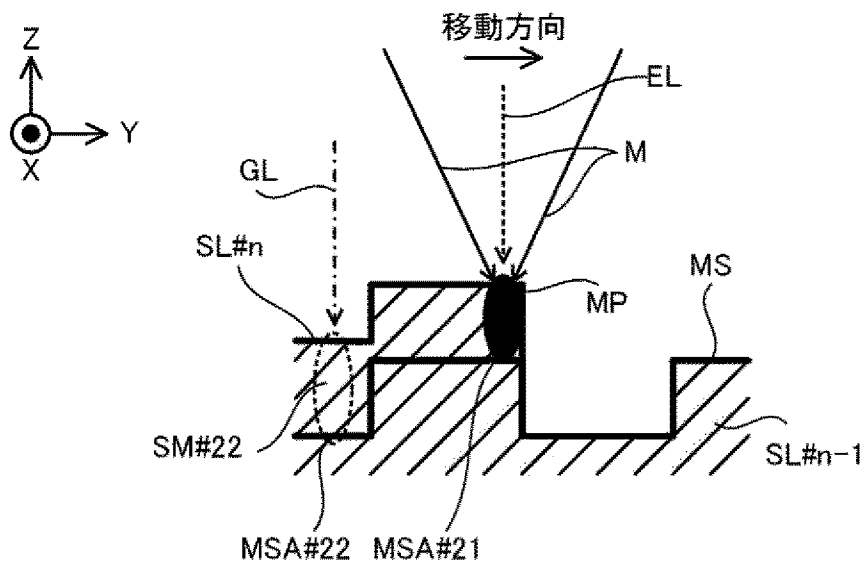
[図12]



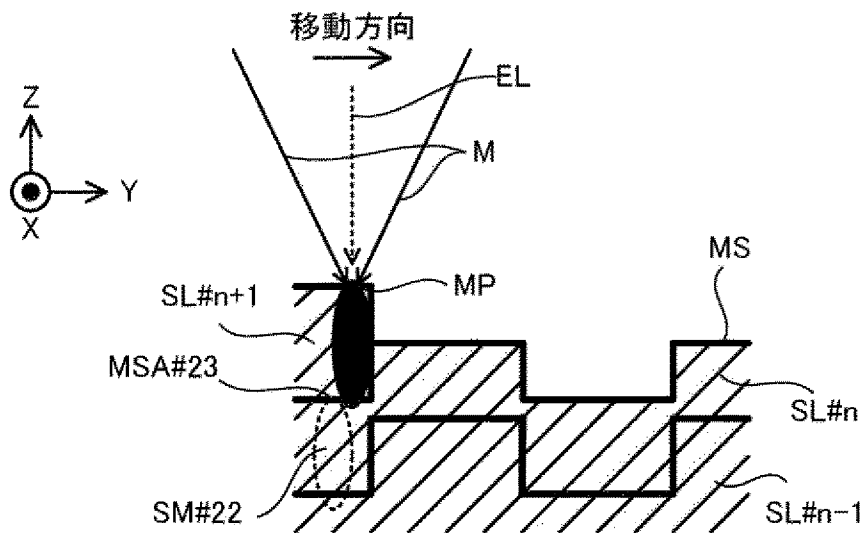
[図13]



[図14]

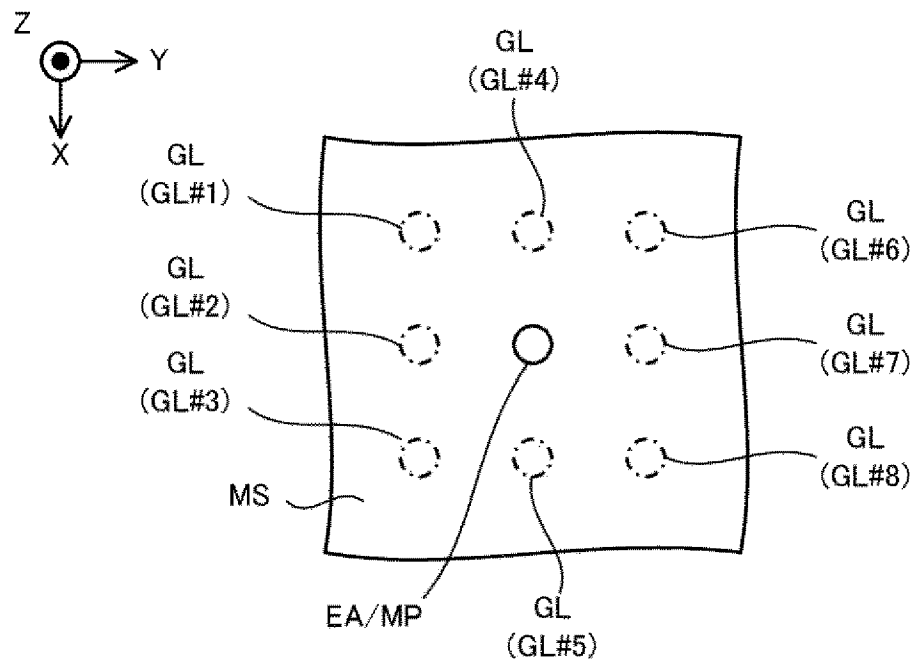


(a)

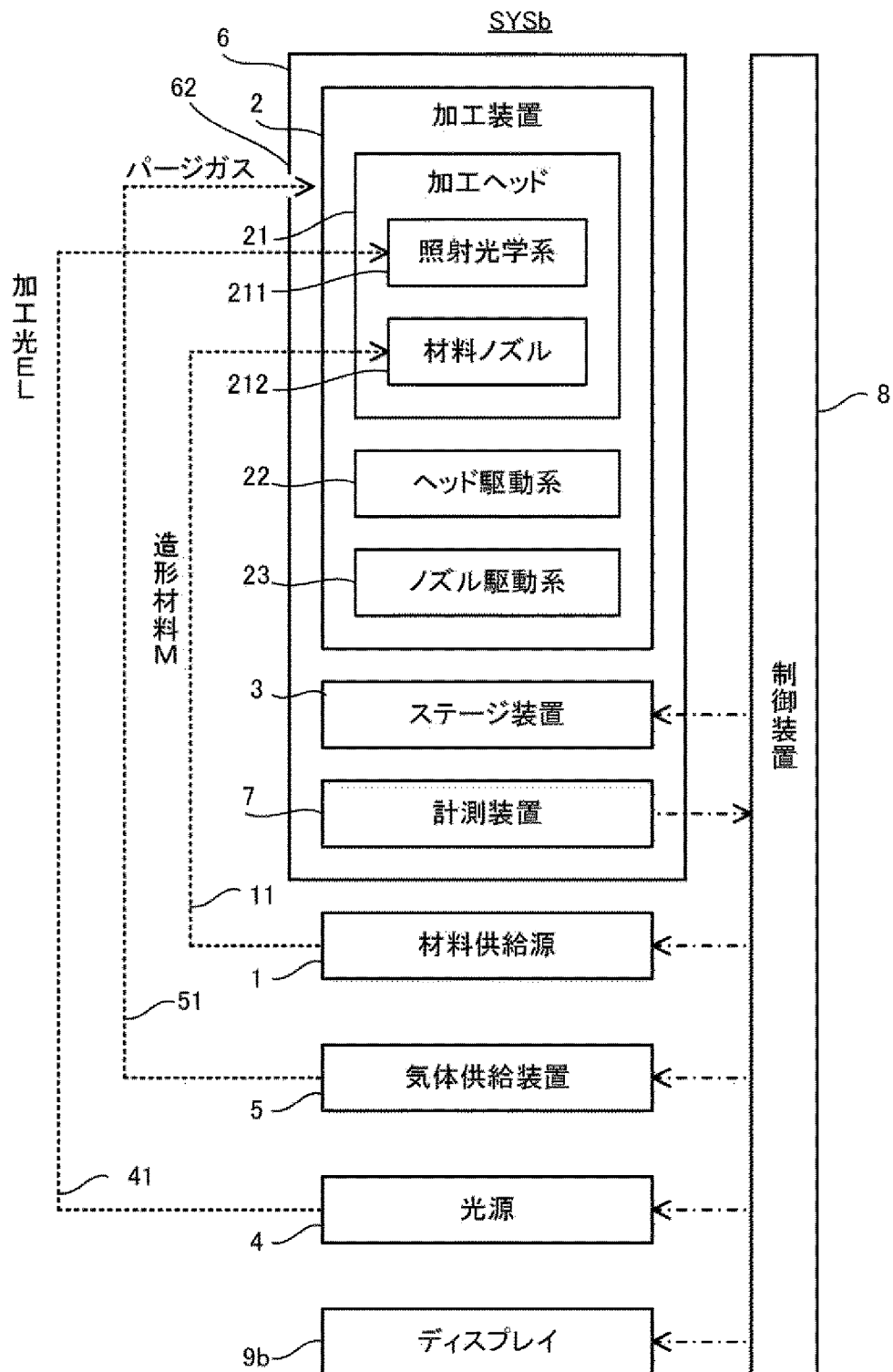


(b)

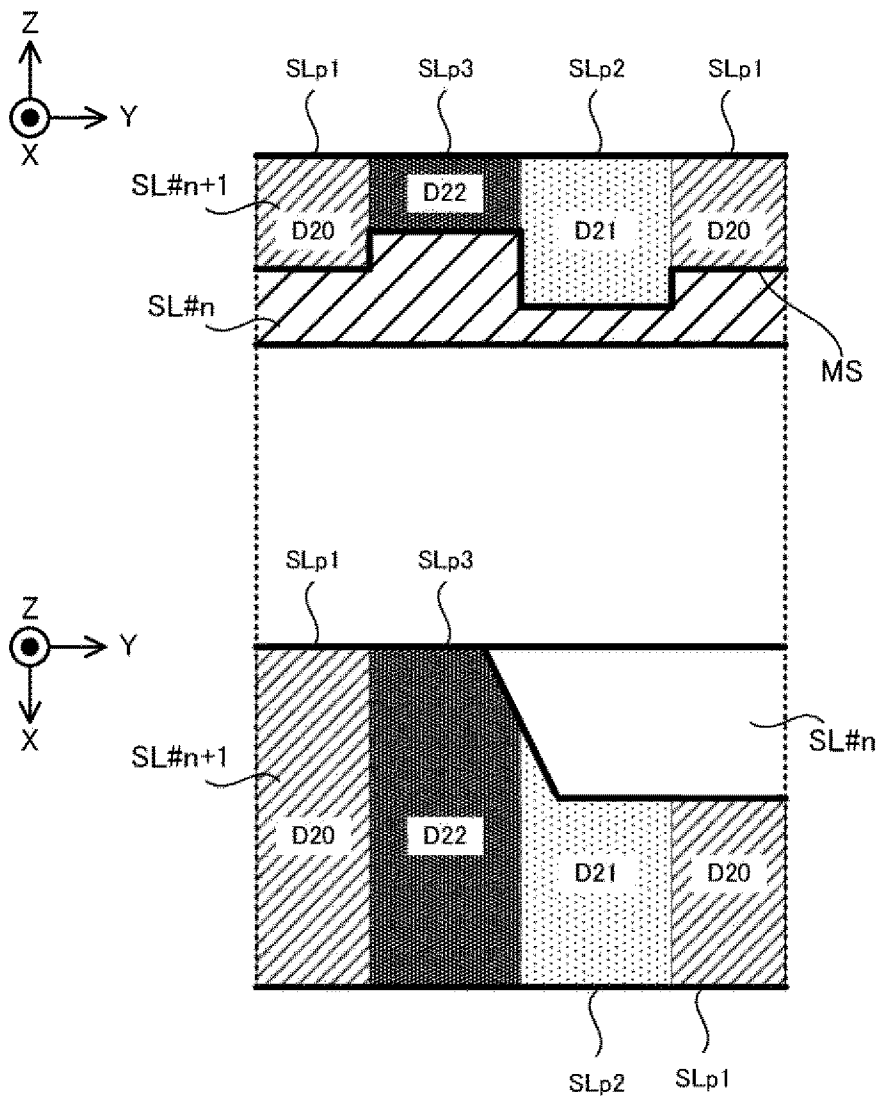
[図15]



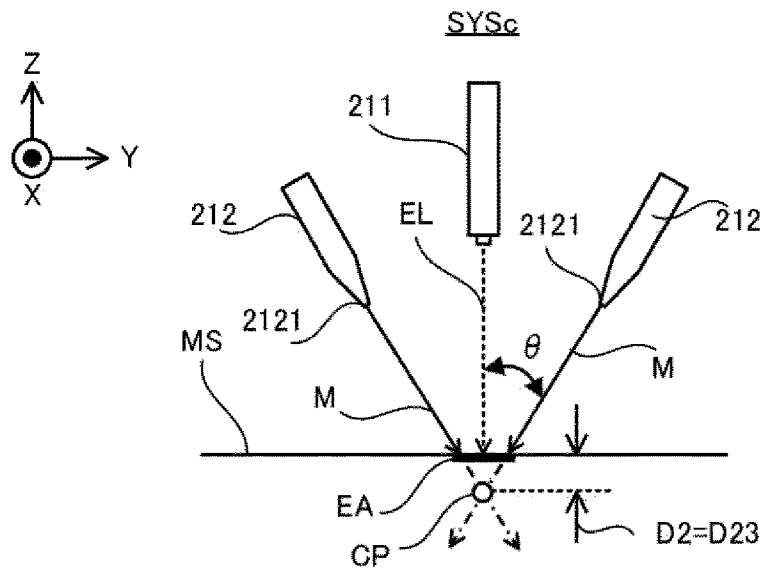
[図16]



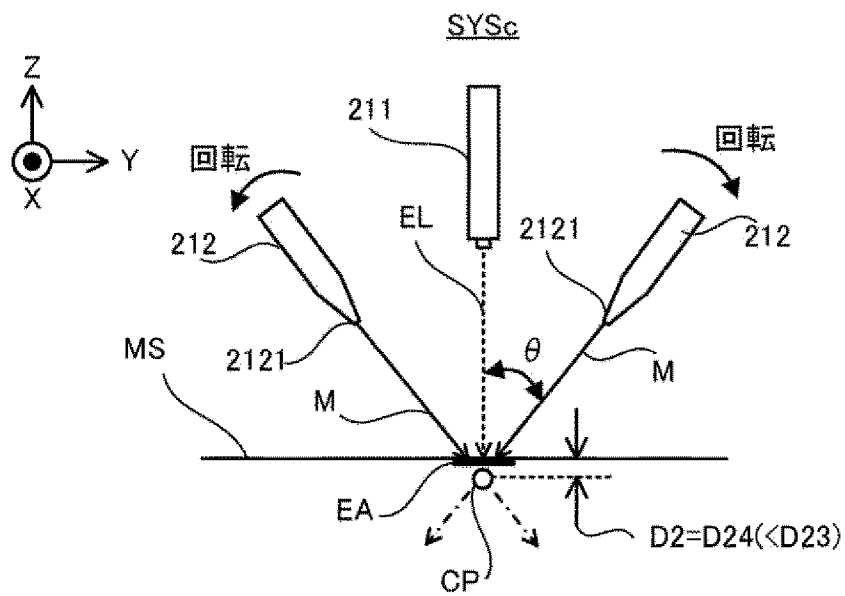
[図17]



[図18]

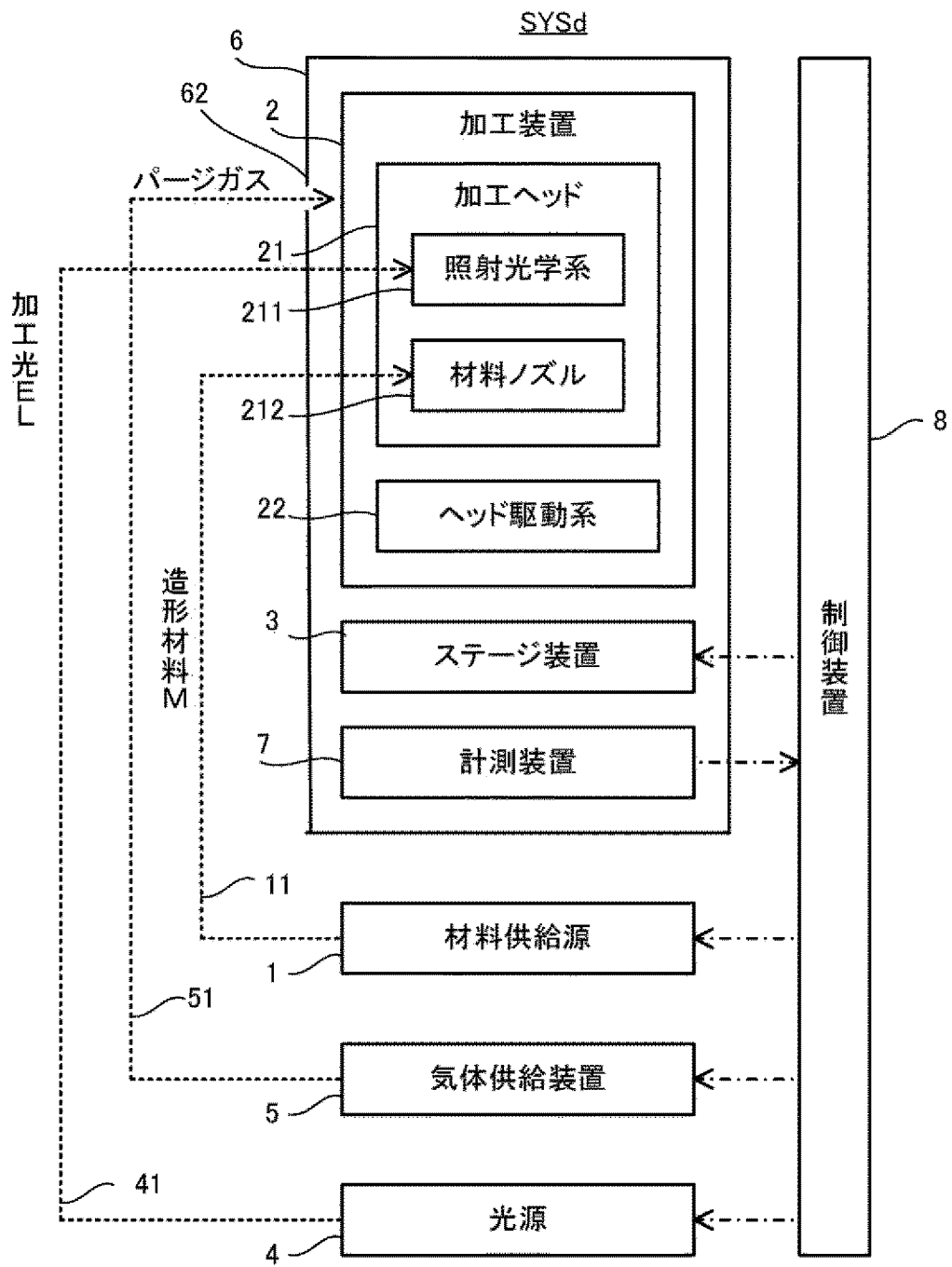


(a)

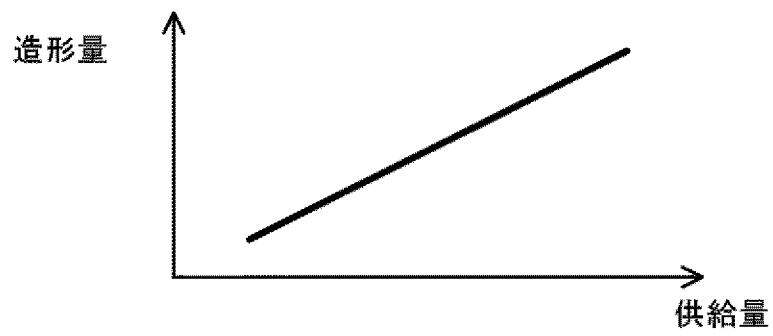


(b)

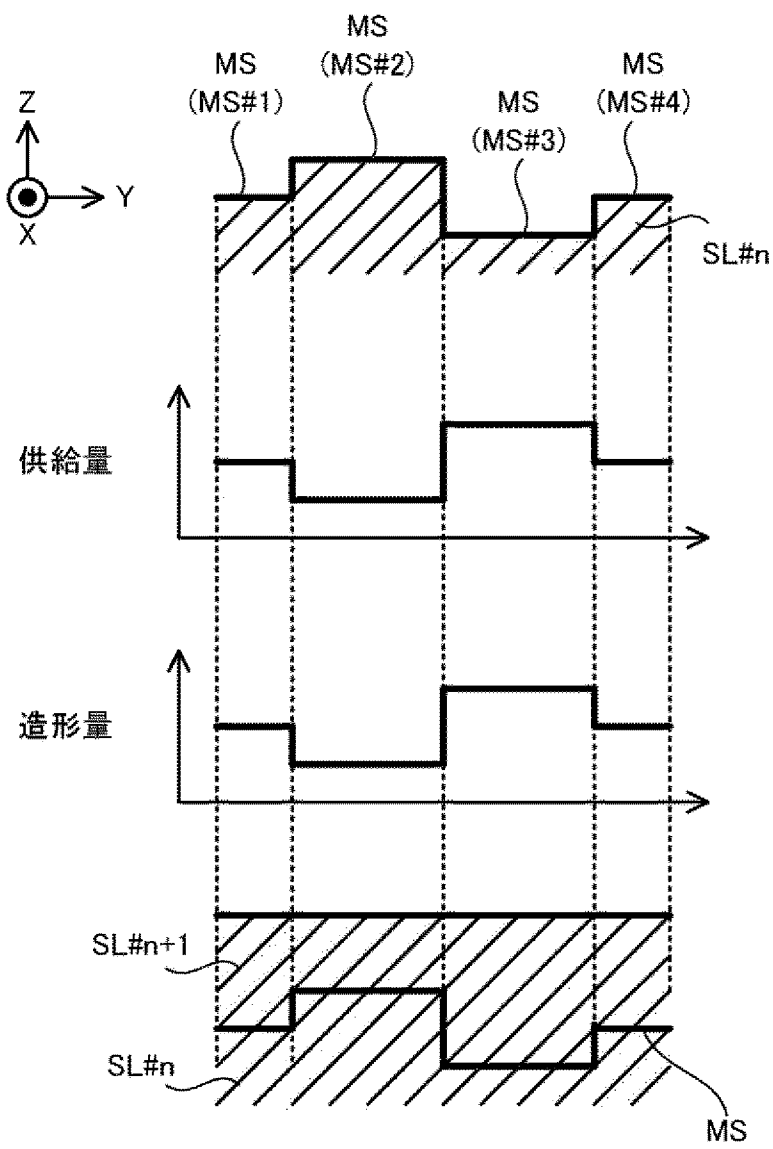
[図19]



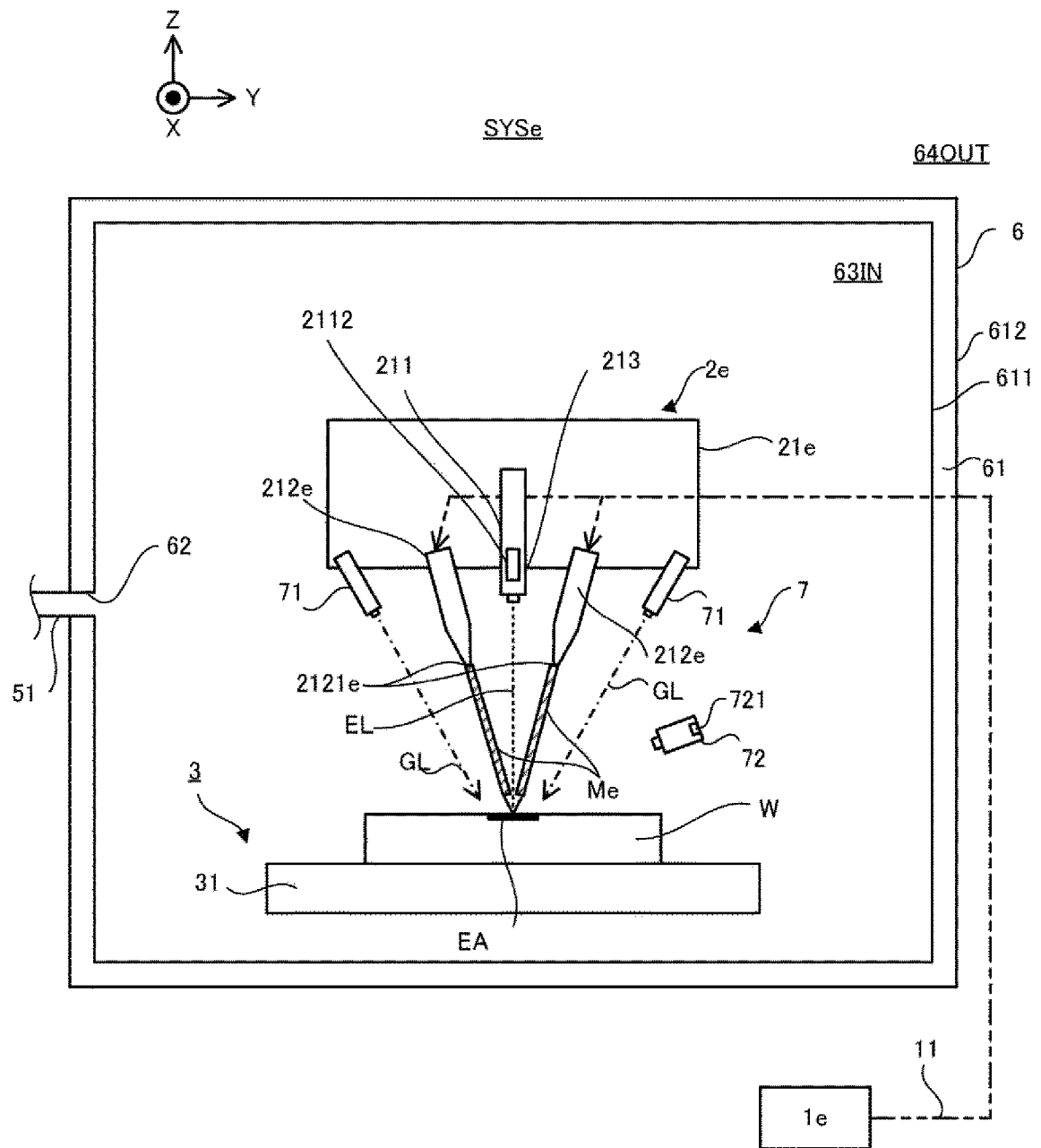
[図20]



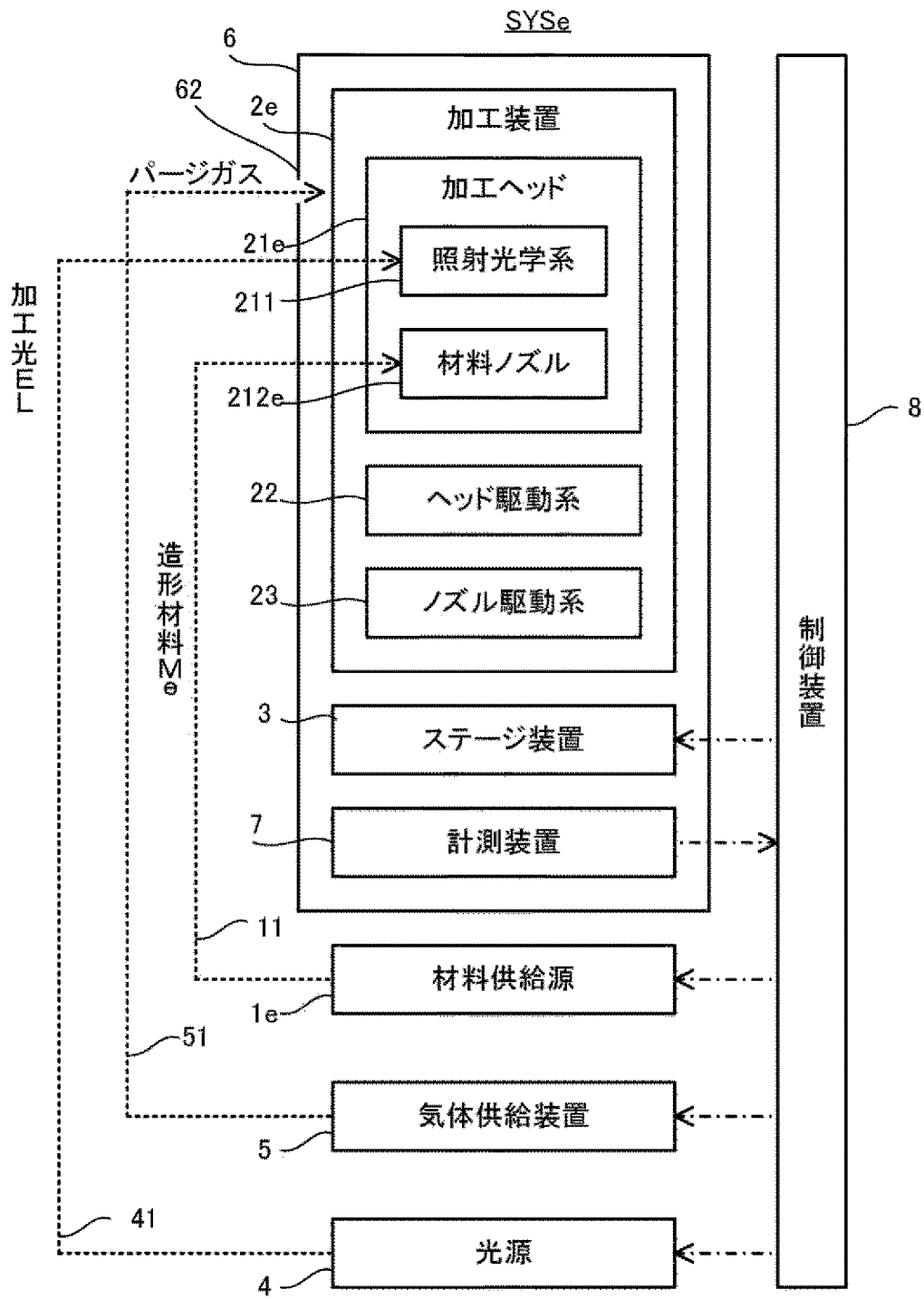
[図21]



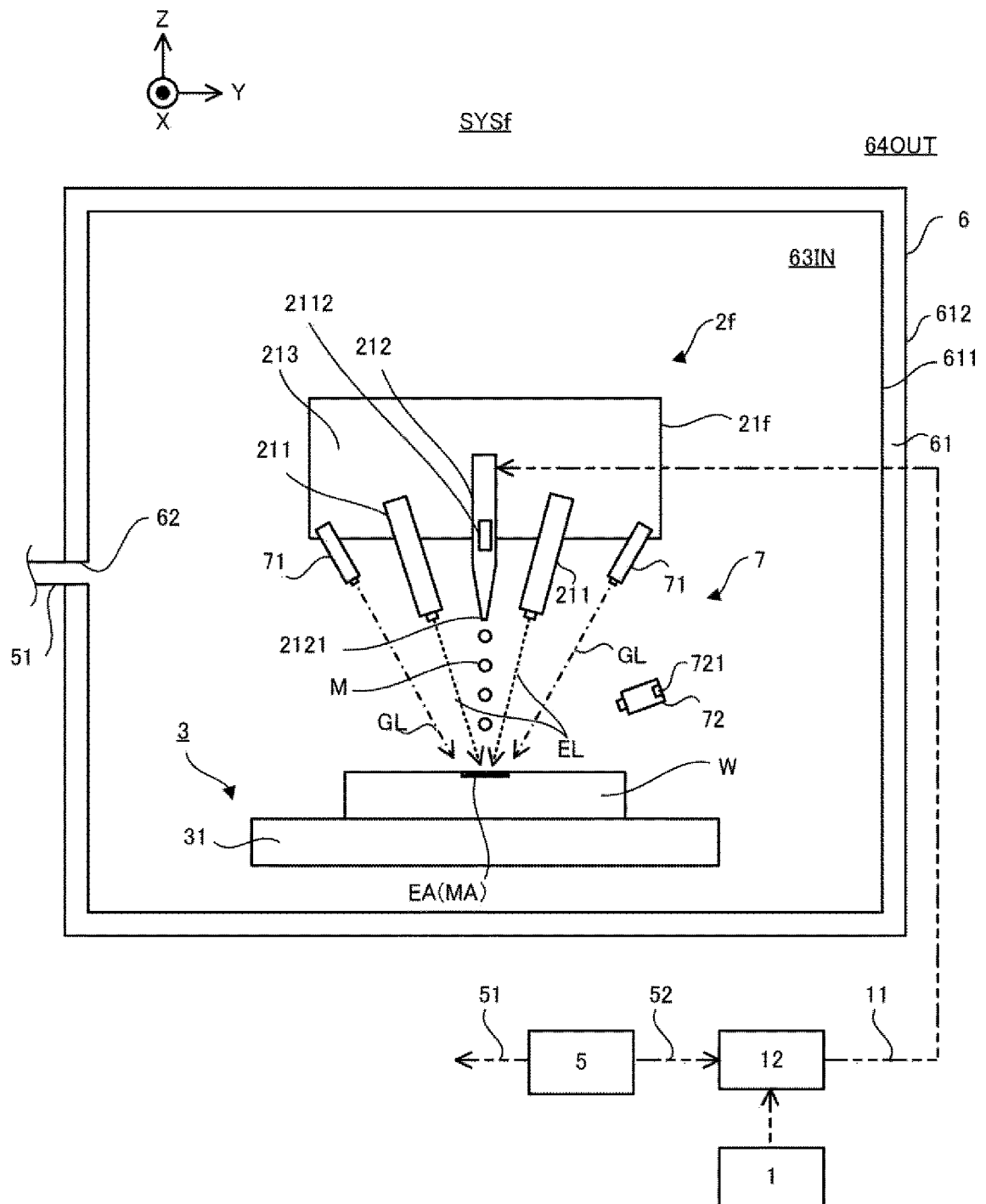
[図22]



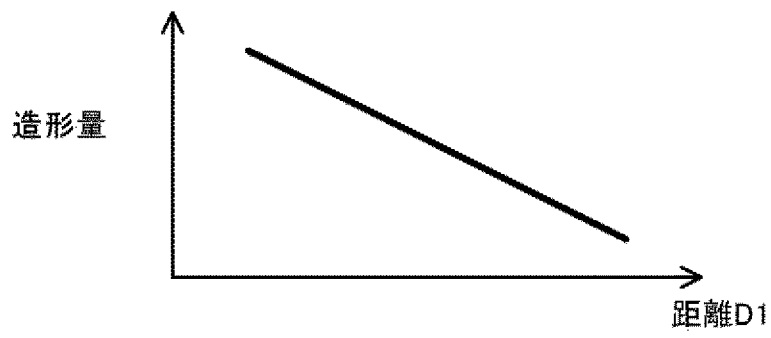
[図23]



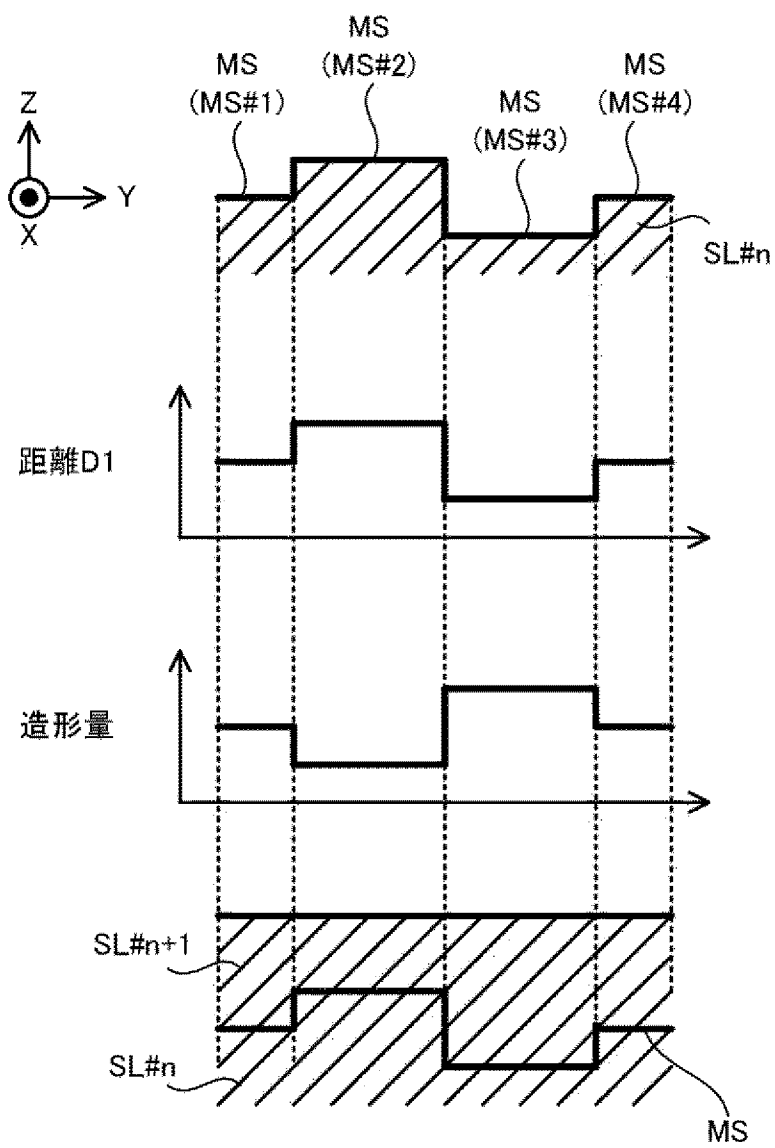
[図24]



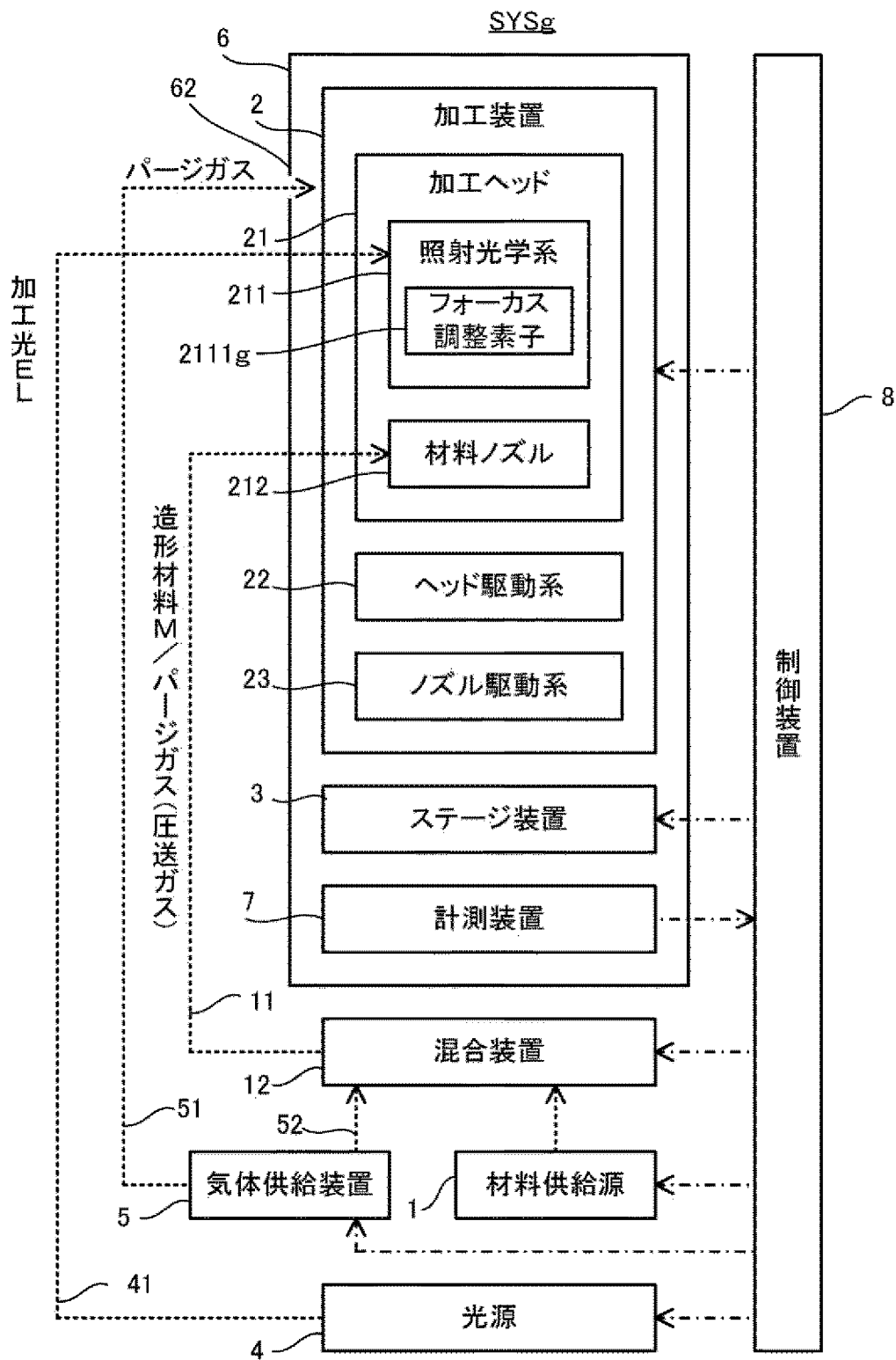
[図25]



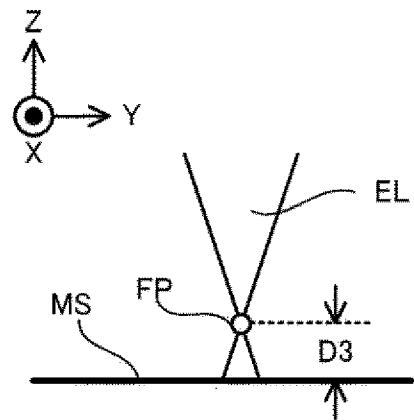
[図26]



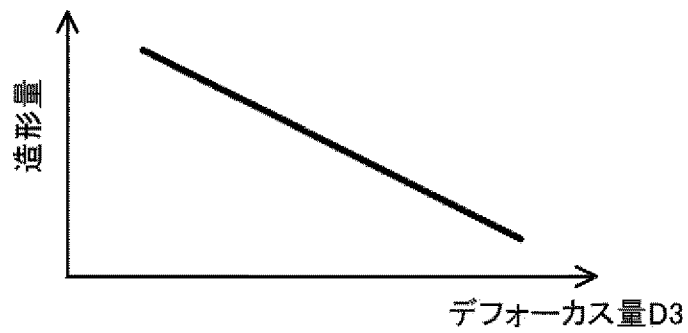
[図27]



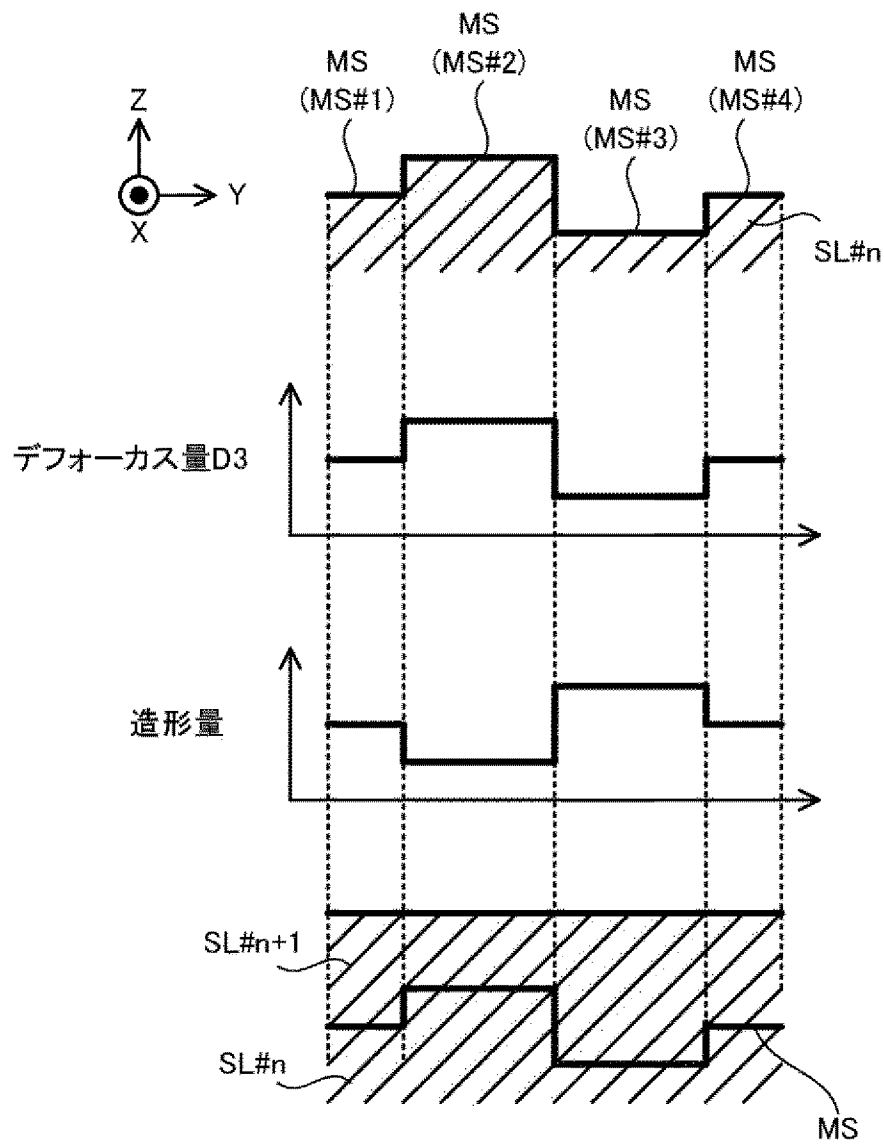
[図28]



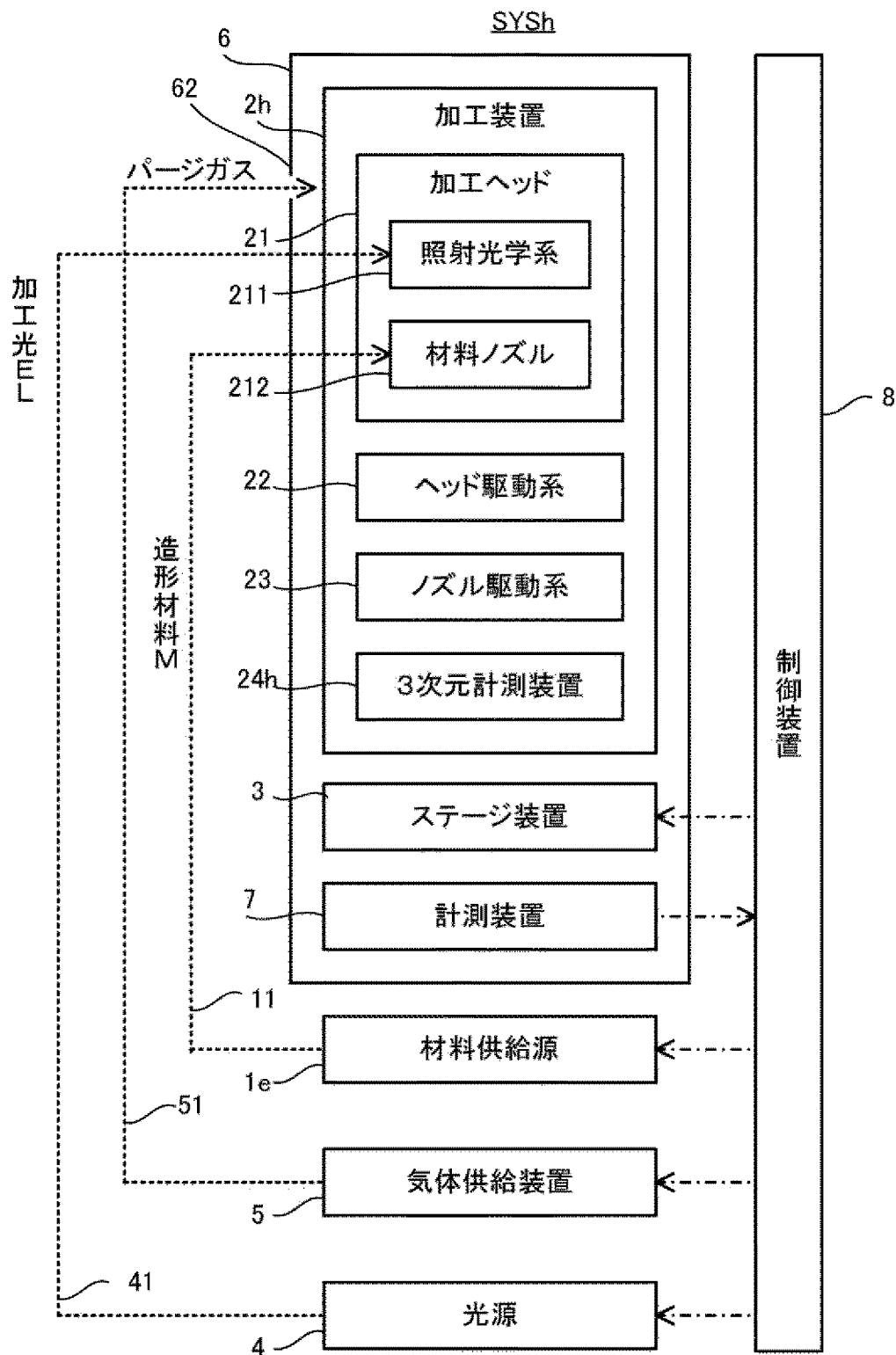
[図29]



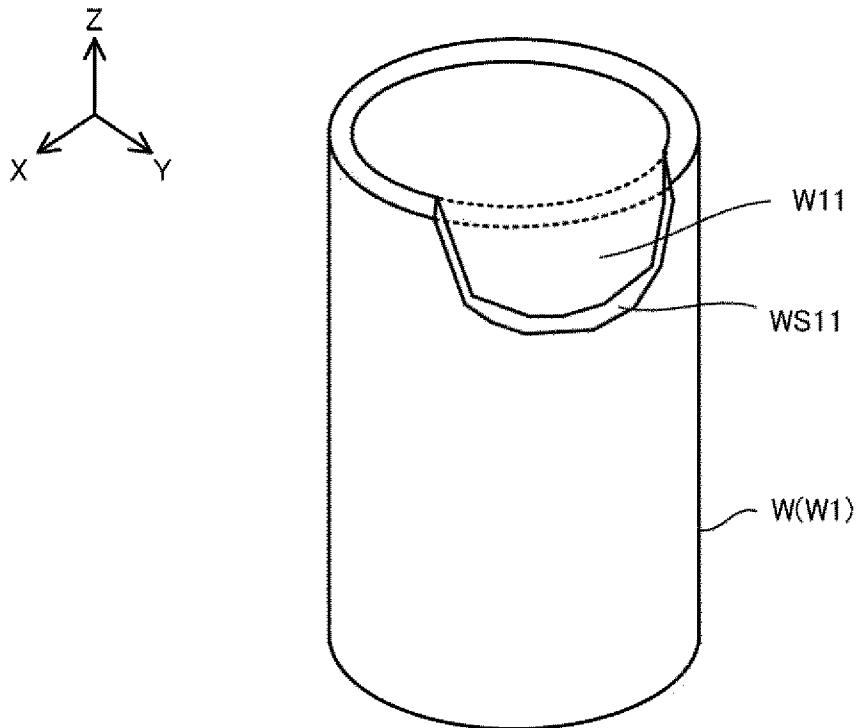
[図30]



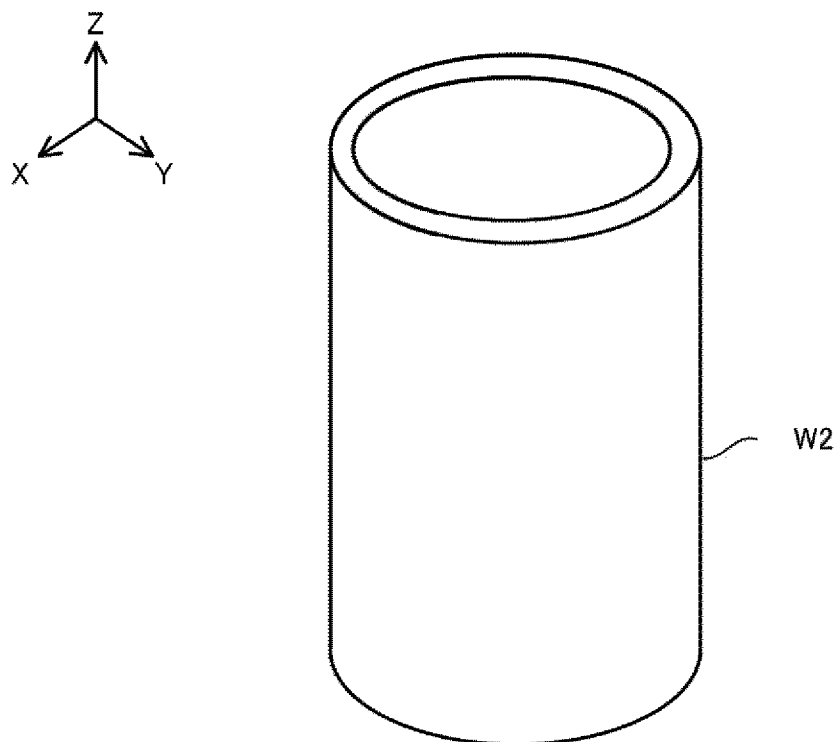
[図31]



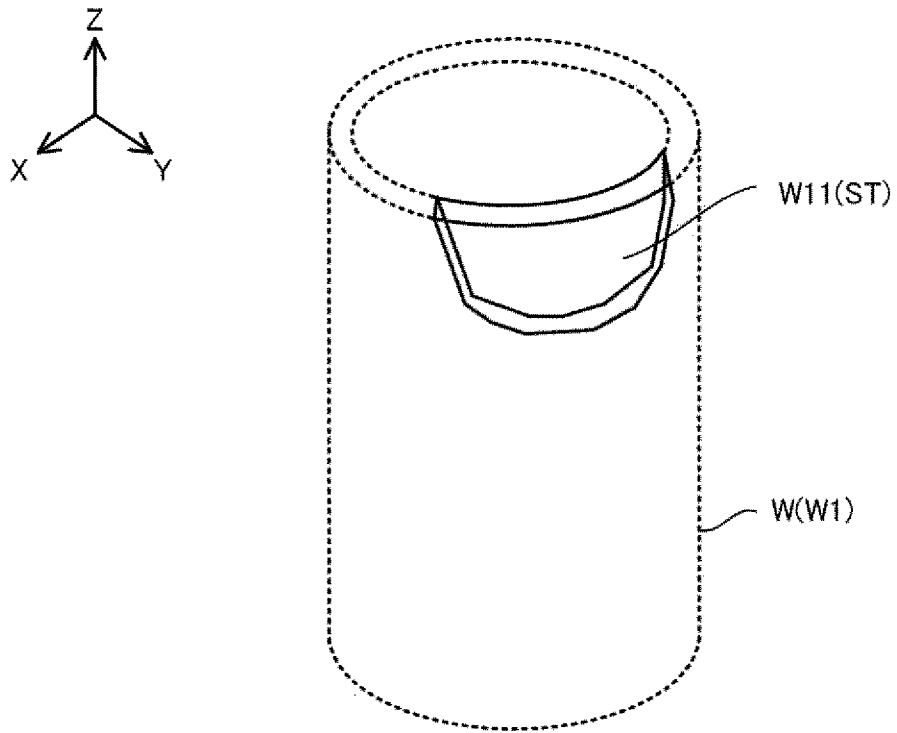
[図32]



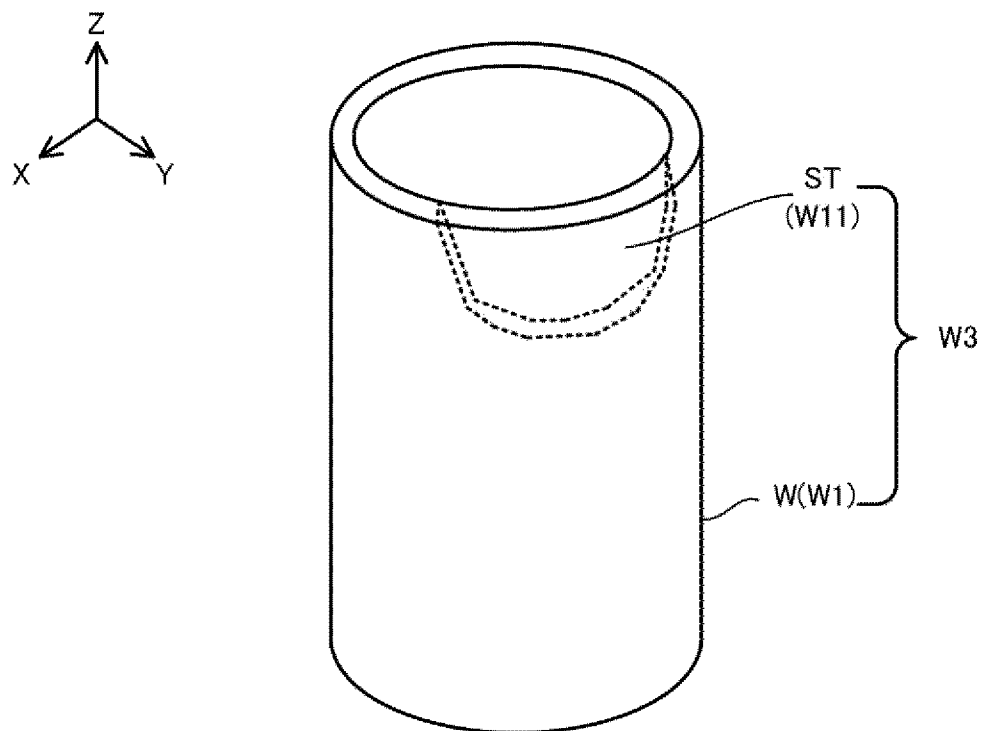
[図33]



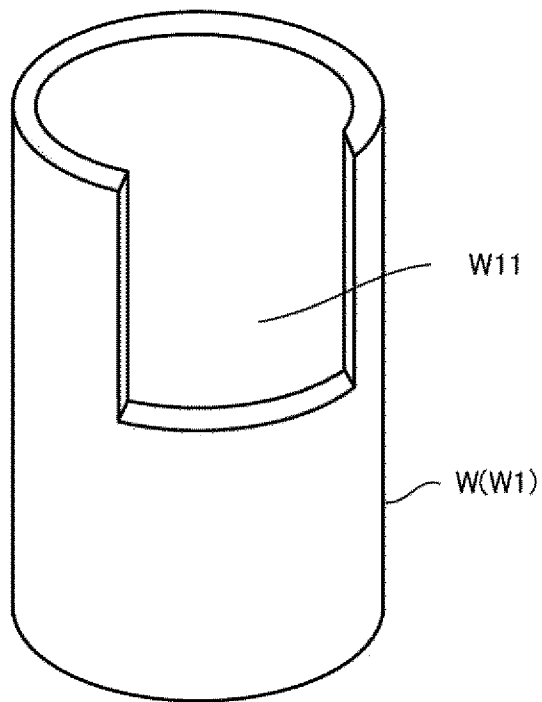
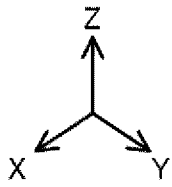
[図34]



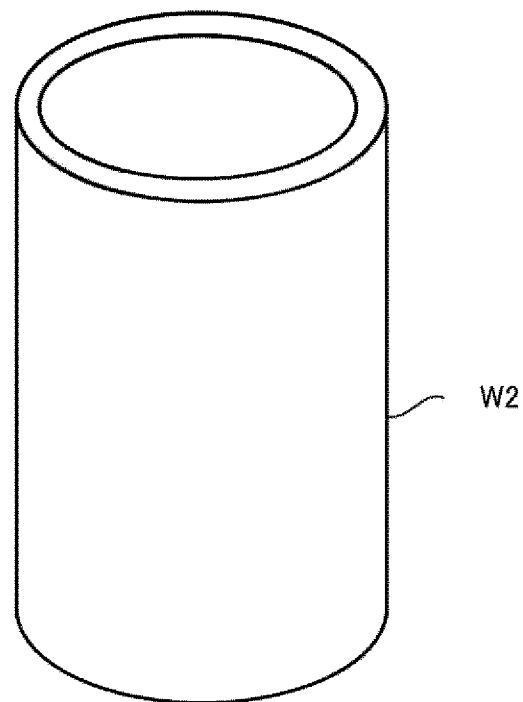
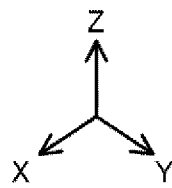
[図35]



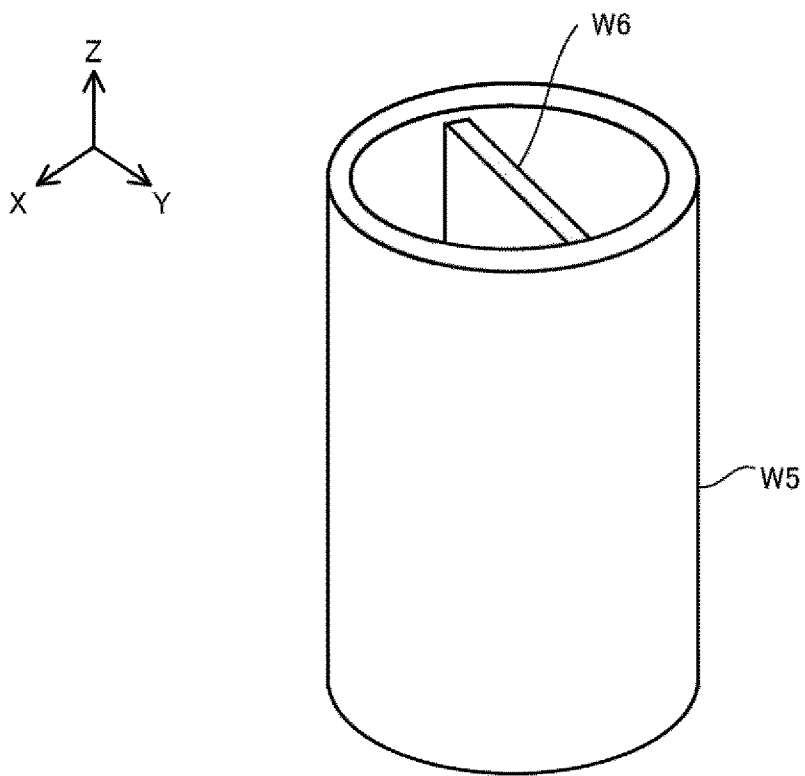
[図36]



[図37]



[図38]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/028425

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. B22F3/105(2006.01)i, B22F3/16(2006.01)i, B23K26/342(2014.01)i, B29C64/135(2017.01)i, B29C64/153(2017.01)i, B29C64/336(2017.01)i, B29C64/393(2017.01)i
FI: B23K26/342, B22F3/16, B22F3/105, B29C64/153, B29C64/135, B29G64/393, B29C64/336

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, B29C64/135, B29C64/153, B29C64/336, B29C64/393

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 1971-2020
Registered utility model specifications of Japan 1996-2020
Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2020-69662 A (TOSHIBA MACHINE CO., LTD.) 07 May	21, 30-31
Y	2020, paragraphs [0027]-[0046], [0068], [0085]-	1-20, 24-29,
A	[0093], fig. 1, 2	33-49
		22-23, 32
Y	KR 10-2018-0117235 A (KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS) 29 October 2018, paragraphs [0025]-	1-15, 24-29,
	[0079], fig. 4	33-42
Y	JP 2015-178192 A (TOSHIBA CORP.) 08 October 2015, paragraph [0067], all drawings, paragraphs [0007],	10-20, 26-27,
A	[0020], [0061]-[0067], fig. 7	43-49
		22-23

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
25.09.2020

Date of mailing of the international search report
13.10.2020

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/028425

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

(See extra sheet.)

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/028425

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2020-69662 A	07.05.2020	(Family: none)	
KR 10-2018- 0117235 A	29.10.2018	CN 108723364 A paragraphs [0042]- [0096], fig. 4	
JP 2015-178192 A	08.10.2015	US 2016/0311027 A1 paragraphs [0027], [0068]-[0074], fig. 7 WO 2015/141335 A1 paragraphs [0020], [0061]-[0067], fig. 7	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/028425

(Continuation of Box No. III)

Document 1: JP 2020-69662 A (TOSHIBA MACHINE CO., LTD.) 07 May 2020, paragraphs [0027]-[0046], [0068], [0085]-[0093], fig. 1, 2

Invention 1: Claims 1-20, 24-29, and 33-49, and claims 21 and 30-31

Document 1 discloses a processing system comprising: an irradiation system for irradiating an object with an actinic beam; a material supply member for supplying an additive manufacturing material to be irradiated with the actinic beam; and a measurement device (a measurement unit 13 in document 1) for acquiring information pertaining to the shape of the object, the processing system modifying the additive manufacturing conditions, including the amount of material supplied, on the basis of the measurement result of the measurement device. Here, the shape of the object is considered to be a concept that includes the location and height of the surface of the object.

The invention in claim 1, accordingly, has a special technical feature of "comprising ..., and a distance modification device for modifying the distance between the material supply member and said surface on the basis of the measurement result of the measurement device, where, if the height of said surface is lower than a desired height, the distance modification device makes modifications so as to lengthen the distance between the material supply member and said surface, and if the height of said surface is higher than the desired height, the distance modification device modifies so as to shorten the distance between the material supply member and said surface." As such, the inventions in claims 2-3 and 7-15, which are claims citing claim 1, and the inventions in claims 4-6, 16-21, 24-31, and 33-49, which are inventions that can be examined substantially without additional prior art search or judgment after the examination of the inventions in claims 2-3 and 7-15 citing claim 1, are classified as invention 1.

Invention 2: Claims 22-23

The inventions in claims 22-23 share with claim 1 classified as invention 1 the feature of being a processing system comprising an irradiation system, a material supply member, and a measurement device. However, the foregoing does not make a contribution over the prior art in the light of document 1, and cannot be said to be a special technical feature. Moreover, no other identical or corresponding special technical feature exists between claims 22-23 and claim 1.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/028425

Furthermore, claims 22-23 are not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as invention 1.

As such, claims 22-23 cannot be classified as invention 1.

Claims 22-23 do have a special technical feature of "the material supply member comprises a first material supply member that has a first material supply port facing a first direction, and a second material supply member that has a second material supply port facing a second direction that is different from the first direction, where only the amount supplied by either the first or the second material supply member is modified by the material supply control device," and are therefore classified as invention 2.

Invention 3: Claim 32

No identical or corresponding special technical feature exists between claim 32 and the claims classified as invention 1 or 2. Furthermore, claim 32 is not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as invention 1 or 2. As such, claim 32 cannot be classified as invention 1 or 2.

Claim 32 does have a special technical feature of "the second surface is located at a higher location than the first surface, and the control device modifies actinic beam convergence locations so that the distance between the convergence location of the actinic beam irradiating the first surface and the first surface is smaller than the distance between the convergence location of the actinic beam irradiating the second surface and the second surface," and is therefore classified as invention 3.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B22F 3/105(2006.01)i; B22F 3/16(2006.01)i; B23K 26/342(2014.01)i; B29C 64/135(2017.01)i; B29C 64/153(2017.01)i; B29C 64/336(2017.01)i; B29C 64/393(2017.01)i FI: B23K26/342; B22F3/16; B22F3/105; B29C64/153; B29C64/135; B29C64/393; B29C64/336		
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）） B22F3/105; B22F3/16; B23K26/342; B29C64/135; B29C64/153; B29C64/336; B29C64/393 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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020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	JP 2020-69662 A（東芝機械株式会社）07.05.2020（2020-05-07） 段落0027-0046, 0068, 0085-0093, 図1-2	21, 30-31
Y	段落0027-0046, 0068, 0085-0093, 図1-2	1-20, 24-29, 33-49
A	段落0027-0046, 0068, 0085-0093, 図1-2	22-23, 32
Y	KR 10-2018-0117235 A（KOREA INST MACH&MATERIALS）29.10.2018（2018-10-29） 0025-0079, 図4	1-15, 24-29, 33-42
Y	JP 2015-178192 A（株式会社東芝）08.10.2015（2015-10-08） 段落0067, 図7	10-20, 26-27, 43-49
A	段落0020, 0061-0067, 図7	22-23
☐ 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 25.09.2020		国際調査報告の発送日 13.10.2020
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） 正木 裕也 3P 4859 電話番号 03-3581-1101 内線 3363

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

文献1：JP 2020-69662 A（東芝機械株式会社）07.05.2020（2020-05-07）
段落0027-0046, 0068, 0085-0093, 図1-2

発明1：請求項1-20、24-29、33-49及び請求項21、30-31

文献1には、物体にエネルギービームを照射する照射系と、エネルギービームで照射される造形材料を供給する材料供給部材と、物体の形状に関する情報を取得する計測装置（文献1では計測部13）と、を備え、計測装置の計測結果に基づいて、材料の供給量を含む造形条件を変更する加工システムが記載されている。ここで、物体の形状とは、物体の表面の高さや位置を含む概念であると認められる。

よって、請求項1に係る発明は、「前記計測装置の計測結果に基づいて、前記材料供給部材と前記表面との間の距離を変更する距離変更装置とを備え、前記距離変更装置は、前記表面の高さが所望の高さより低い場合には、前記材料供給部材と前記表面との間の距離を長くするよう変更し、前記表面の高さが所望の高さより高い場合には、前記材料供給部材と前記表面との間の距離を短くするよう変更する」という特別な技術的特徴を有している。よって、請求項1を引用する請求項2-3、7-15に係る発明、これらの発明を審査対象とした結果、実質的に追加的な先行技術調査及び判断を必要とすることなく、審査をすることが可能である請求項4-6、16-21、24-31、33-49に係る発明を発明1に区分する。

発明2：請求項22-23

請求項22-23に係る発明は、発明1に区分された請求項1と、照射系と、材料供給部材と、計測装置とを有する加工システムという共通の技術的特徴を有する。しかしながら、文献1に照らして、先行技術に対する貢献をもたらすものでなく、特別な技術的特徴であるとはいえない。また、請求項22-23と請求項1との間に、他に同一の又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。

さらに、請求項22-23は、発明1に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項22-23は発明1に区分できない。

そして、請求項22-23は、「前記材料供給部材は、第1の方向を向いた第1材料供給口を有する第1材料供給部材と、前記第1の方向とは異なる第2の方向を向いた第2材料供給口を有する第2材料供給部材とを含み、前記材料供給制御装置によって、前記第1及び第2材料供給部材の一方のみの供給量を変更する」という特別な技術的特徴を有しているので、発明2に区分する。

発明3：請求項32

請求項32と発明1-2に区分された請求項との間に、同一の又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。また、請求項32は、発明1-2に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。したがって、請求項32は発明1-2に区分できない。

そして、請求項32は、「前記第2面は、前記第1面よりも高い位置に位置しており、前記制御装置は、前記第1面に照射される前記エネルギービームの収斂位置と前記第1面との間の距離が、前記第2面に照射される前記エネルギービームの収斂位置と前記第2面との間の距離よりも小さくなるように、前記エネルギービームの収斂位置を変更する」という特別な技術的特徴を有しているので、発明3に区分する。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の
申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☒ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

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/JP2020/028425

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2020-69662	A	07.05.2020	(ファミリーなし)	
KR	10-2018-0117235	A	29.10.2018	CN 108723364 A	0042-0096, 図4
JP	2015-178192	A	08.10.2015	US 2016/0311027 A1	段落0027, 0068-0074, 図7
				WO 2015/141335 A1	段落0020, 0061-0067, 図7