

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7008669号  
(P7008669)

(45)発行日 令和4年1月25日(2022.1.25)

(24)登録日 令和4年1月13日(2022.1.13)

(51)国際特許分類	F I
B 2 2 F 12/90 (2021.01)	B 2 2 F 12/90
B 2 2 F 10/28 (2021.01)	B 2 2 F 10/28
B 2 2 F 10/37 (2021.01)	B 2 2 F 10/37
B 2 9 C 64/153(2017.01)	B 2 9 C 64/153
B 2 9 C 64/393(2017.01)	B 2 9 C 64/393

請求項の数 8 (全25頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願2019-163853(P2019-163853)	(73)特許権者	000004271 日本電子株式会社 東京都昭島市武蔵野3丁目1番2号
(22)出願日	令和1年9月9日(2019.9.9)	(74)代理人	110000925 特許業務法人信友国際特許事務所
(65)公開番号	特開2021-41568(P2021-41568A)	(72)発明者	蔦川 生璃 東京都昭島市武蔵野三丁目1番2号 日 本電子株式会社内
(43)公開日	令和3年3月18日(2021.3.18)	(72)発明者	佐藤 崇 東京都昭島市武蔵野三丁目1番2号 日 本電子株式会社内
審査請求日	令和2年8月19日(2020.8.19)	(72)発明者	北村 真一 東京都昭島市武蔵野三丁目1番2号 日 本電子株式会社内
		審査官	向井 佑

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 3次元積層造形装置及び3次元積層造形方法

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

ベースプレートと、

前記ベースプレートを鉛直方向に移動させる駆動部と、

前記ベースプレートの上に粉末試料を供給して粉末層を積層する粉末供給部と、

前記粉末層に照射する電子ビームを発生するビーム発生部と、

前記駆動部、前記粉末供給部、及び前記ビーム発生部を制御し、前記粉末層の最上層であるパウダーベッドに電子ビームを照射させて、造形モデルを1層分でスライスした2次元形状領域を本溶融することで3次元造形物を造形する制御部と、

前記パウダーベッドの状態を検出する検出部と、を備え、

前記検出部は、前記ビーム発生部から発生した電子ビームが、前記パウダーベッドに照射されたときに発生する反射電子を検出する2分割検出器であり、前記パウダーベッドから前記3次元造形物が露出しないタイミングにおいて、前記2分割検出器に入射する反射電子の量に差が生じない場合に、前記パウダーベッドの状態が正常であることを検出し、反射電子の量に差が生じた場合に、前記パウダーベッドの状態が正常でないことを検出する3次元積層造形装置。

## 【請求項2】

前記検出部は、前記本溶融を行う前に、前記パウダーベッドの状態を検出する

請求項1に記載の3次元積層造形装置。

## 【請求項3】

ベースプレートと、  
前記ベースプレートを鉛直方向に移動させる駆動部と、  
前記ベースプレートの上に粉末試料を供給して粉末層を積層する粉末供給部と、  
前記粉末層に照射する電子ビームを発生するビーム発生部と、  
前記駆動部、前記粉末供給部、及び前記ビーム発生部を制御し、前記粉末層の最上層であるパウダーベッドに電子ビームを照射させて、造形モデルを1層分でスライスした2次元形状領域を本溶融することで3次元造形物を造形する制御部と、  
前記パウダーベッドの状態を検出する検出部と、を備え、  
前記検出部は、前記ビーム発生部から発生した電子ビームが、前記パウダーベッドに照射されたときに発生する反射電子を検出する2分割検出器であり、  
前記制御部は、前記パウダーベッドに対して前記電子ビームを照射して、前記パウダーベッドの表面を加熱した後に前記検出部によって検出した電流から得たパウダーベッドの形状と、前記本溶融後に前記検出部によって検出した電流から得たパウダーベッドの形状が同じである場合に前記パウダーベッドの状態が正常であると判定し、両パウダーベッドの形状が異なる場合に前記パウダーベッドの状態が正常でないとして判定する  
3次元積層造形装置。

【請求項4】

前記制御部は、前記検出部の検出結果から前記パウダーベッドの状態が正常でないとして判定した場合に、今回の層の造形を行うために前記粉末供給部による前記粉末層の積層を再度行わせる

請求項1に記載の3次元積層造形装置。

【請求項5】

前記パウダーベッドにおける前記電子ビームが照射される領域には、ダミー造形物が造形されるスペースが設けられ、

前記検出部は、前記本溶融を行った後に、前記パウダーベッドの状態を検出し、

前記制御部は、前記検出部の検出結果から前記パウダーベッドの状態が正常であると判定した場合に、前記ダミー造形物の造形を行う

請求項4に記載の3次元積層造形装置。

【請求項6】

前記ビーム発生部が前記パウダーベッドに電子ビームを照射する際に、前記粉末層をシールドするマスクカバーを備え、

前記マスクカバーは、前記電子ビームを通過させる開口部と、前記パウダーベッドの前記電子ビームが照射される領域の周囲を覆うマスク部とを有する

請求項1又は4に記載の3次元積層造形装置。

【請求項7】

粉末供給部がベースプレートの上に粉末試料を供給して粉末層を積層するスキージング工程と、

ビーム発生部が前記粉末層の最上層であるパウダーベッドに対して電子ビームを照射して、前記パウダーベッドの表面を加熱するパウダーヒート工程と、

前記パウダーヒート工程後に、検出部が前記パウダーベッドの状態を検出し、制御部が前記検出部の検出結果から前記パウダーベッドが正常であるか否かを判定するパウダーベッド確認工程と、

前記パウダーベッド確認工程において前記パウダーベッドが正常であると判定された場合に、前記パウダーベッドに対して電子ビームを照射して、造形モデルを1層分でスライスした2次元形状領域を溶融する本溶融工程と、を備え、

前記パウダーベッド確認工程において前記パウダーベッドが正常でないとして判定された場合は、今回の層の造形について現状のパウダーベッドを加熱するアフターヒート工程、前記スキージング工程、及び前記パウダーヒート工程を再度行い、

前記検出部は、前記ビーム発生部から発生した電子ビームが、前記パウダーベッドに照射されたときに発生する反射電子を検出する2分割検出器であり、前記パウダーベッドから

10

20

30

40

50

3次元造形物が露出しないタイミングにおいて、前記2分割検出器に入射する反射電子の量に差が生じない場合に、前記パウダーベッドの状態が正常であることを検出し、反射電子の量に差が生じた場合に、前記パウダーベッドの状態が正常でないことを検出する3次元積層造形方法。

【請求項8】

粉末供給部がベースプレートの上に粉末試料を供給して粉末層を積層するスキージング工程と、

ビーム発生部が前記粉末層の最上層であるパウダーベッドに対して電子ビームを照射して、前記パウダーベッドの表面を加熱するパウダーヒート工程と、

前記パウダーヒート工程後に、検出部が前記パウダーベッドの状態を検出するパウダーヒート後パウダーベッド確認工程と、

10

加熱された前記パウダーベッドに対して電子ビームを照射して、造形モデルを1層分でスライスした2次元形状領域を溶融する本溶融工程と、

前記本溶融工程後に、前記検出部が前記パウダーベッドの状態を検出し、制御部が前記検出部の検出結果から前記パウダーベッドが正常であるか否かを判定する本溶融後パウダーベッド確認工程と、を備え、

前記検出部は、前記ビーム発生部から発生した電子ビームが、前記パウダーベッドに照射されたときに発生する反射電子を検出する2分割検出器であり、

前記制御部は、前記パウダーヒート後パウダーベッド確認工程において前記検出部によって検出した電流から得たパウダーベッドの形状と、前記本溶融後パウダーベッド確認工程において前記検出部によって検出した電流から得たパウダーベッドの形状が同じである場合に前記パウダーベッドの状態が正常であると判定し、両パウダーベッドの形状が異なる場合に前記パウダーベッドの状態が正常でないと判定する

20

3次元積層造形方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、粉末試料を薄く敷いた層を一層ずつ重ねて造形する3次元積層造形装置及び3次元積層造形方法に関する。

【背景技術】

30

【0002】

近年、粉末試料を薄く敷いた層（以下「粉末層」と表記する）を一層ずつ重ねて造形する3次元積層造形技術が脚光を浴びており、粉末試料の材料や造形手法の違いにより多くの種類の3次元積層造形技術が開発されている（例えば特許文献1を参照）。

【0003】

特許文献1に開示された3次元積層造形装置では、粉末試料を平坦なベースプレートの上に薄く敷き詰める。そして、薄く敷いた粉末試料からなる粉末層に対し、ビーム径を絞った、熱源としてのレーザー光又は電子ビームを造形したい部分に照射することにより、粉末試料を溶融及び凝固（固化）させる。

【0004】

40

粉末層における固化した領域は、3次元CADデータで表現される3次元造形物を、積層方向に垂直な面で輪切りにした時の断面に相当する。また、特許文献1に開示された3次元積層造形装置は、造形物の高さ方向にベースプレートを移動させ、粉末試料を敷き詰めて、粉末層の所定領域を溶融及び固化させる処理を繰り返す。これにより、薄い輪切り状の物体が積層された3次元構造物が造形される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開2019-7065号公報

【発明の概要】

50

## 【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献1に開示された3次元積層造形装置では、薄く敷いた粉末試料であるパウダーベッドの状態を確認せずに造形のプロセス（例えば、電子ビームの照射）に進んでいた。そのため、パウダーベッドに異常が発生しても造形のプロセスが行われてしまうことになり、造形物に欠陥が生じることがあった。

【0007】

本発明は、上記状況に鑑みてなされたものであり、造形物に欠陥が生じることを抑制する3次元積層造形装置及び3次元積層造形方法を提供することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の一態様は、ベースプレートと、ベースプレートを鉛直方向に移動させる駆動部と、ベースプレートの上に粉末試料を供給して粉末層を積層する粉末供給部と、粉末層に照射する電子ビームを発生するビーム発生部とを備える。また、駆動部、粉末供給部、及びビーム発生部を制御し、粉末層の最上層であるパウダーベッドに電子ビームを照射させて、造形モデルを1層分ですライスした2次元形状領域を本熔融することで3次元造形物を造形する制御部と、パウダーベッドの状態を検出する検出部とを備える。

検出部は、ビーム発生部から発生した電子ビームが、パウダーベッドに照射されたときに発生する反射電子を検出する2分割検出器であり、パウダーベッドから3次元造形物が露出しないタイミングにおいて、2分割検出器に入射する反射電子の量に差が生じない場合に、パウダーベッドの状態が正常であることを検出し、反射電子の量に差が生じた場合に、パウダーベッドの状態が正常でないことを検出する。

## 【発明の効果】

【0009】

本発明の一態様は、任意のタイミングでパウダーベッドが正常な状態であることを確認するため、造形物に欠陥が生じることを抑制することができる。

## 【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る3次元積層造形装置の構成例を示す断面図である。

【図2】本発明の第1の実施形態に係る3次元積層造形装置の2分割検出器の構成例を示す図である。

【図3】本発明の第1の実施形態に係る3次元積層造形装置の制御系を示すブロック図である。

【図4】本発明の第1の実施形態に係る3次元積層造形装置による3次元積層造形処理の手順を示す説明図（その1）である。

【図5】本発明の第1の実施形態に係る3次元積層造形装置による3次元積層造形処理の手順を示す説明図（その2）である。

【図6】本発明の第1の実施形態に係る3次元積層造形装置による3次元積層造形処理の手順を示す説明図（その3）である。

【図7】本発明の第1の実施形態に係る3次元積層造形装置による3次元積層造形処理の手順を示す説明図（その4）である。

【図8】本発明の第1の実施形態に係る3次元積層造形装置による3次元積層造形処理の手順を示す説明図（その5）である。

【図9】本発明の第1の実施形態に係る3次元積層造形装置による3次元積層造形処理の手順を示す説明図（その6）である。

【図10】本発明の第1の実施形態に係る3次元積層造形装置による3次元積層造形処理の手順を示す説明図（その7）である。

【図11】本発明の第1の実施形態に係る3次元積層造形装置による3次元積層造形処理におけるパウダーベッドの確認を示す説明図である。

【図12】本発明の第2の実施形態に係る3次元積層造形装置による3次元積層造形処理

10

20

30

40

50

におけるパウダーベッドの確認を示す説明図である。

【図 1 3】本発明の第 3 の実施形態に係る 3 次元積層造形装置の概略構成例を示す説明図である。

【図 1 4】本発明の第 4 の実施形態に係る 3 次元積層造形装置によるカメラの撮像領域を示す図である。

【図 1 5】本発明の第 6 の実施形態に係る 3 次元積層造形装置の概略構成例を示す説明図である。

【図 1 6】本発明の第 7 の実施形態に係る 3 次元積層造形装置によるカメラの撮像領域を示す図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0011】

以下、本発明を実施するための形態の例について、添付図面を参照しながら説明する。なお、各図において共通の構成要素には、同一の符号を付して重複する説明を省略する。

【0012】

< 1. 第 1 の実施形態 >

[ 3 次元積層造形装置の構成 ]

図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る 3 次元積層造形装置の構成例を示す断面図である。

図 1 において、3 次元積層造形装置 50 の粉末台 6 の移動方向（鉛直方向）を Z 方向とし、Z 方向に垂直な第 1 の方向を X 方向、Z 方向及び X 方向に垂直な第 2 の方向を Y 方向とする。すなわち、図 1 は、真空容器 1 の Y 方向に直交する断面を示す断面図である。

20

【0013】

図 1 に示すように、3 次元積層造形装置 50 は、真空容器 1 と、真空容器 1 と電氣的に接続された後述する造形制御装置 60（図 3 参照）を有する。真空容器 1 は、上部に電子銃 2（ビーム発生部の一例）が装着されている。真空容器 1 の内部には、造形ボックス 3 と、造形ボックス 3 を真空容器 1 に固定するための造形ボックス固定部 4 が設けられている。なお、造形ボックス 3 は、真空容器 1 に直接固定してもよい。

【0014】

造形ボックス 3 は、金属粉末 8 が供給されるテーブル 3 a と、テーブル 3 a に連続する筒部 3 b を有している。テーブル 3 a は、X 方向の両端部が真空容器 1 の内壁に接触する長方形の板状に形成されており、中央に貫通孔を有している。筒部 3 b は、テーブル 3 a における貫通孔の周縁部に沿った形状の筒部として形成されており、一端がテーブル 3 a の下面に連続している。筒部 3 b は、テーブル 3 a における貫通孔の周縁部に沿った形状の筒部として形成されており、一端がテーブル 3 a の下面に連続している。すなわち、テーブル 3 a の貫通孔が円形である場合の筒部 3 b は、貫通孔の径と略同一の内径に設定された円筒状に形成されている。

30

【0015】

造形ボックス固定部 4 は、筒部 3 b の筒孔に連通する筒孔を有する筒状に形成されている。造形ボックス固定部 4 の軸方向の一端には、造形ボックス 3（筒部 3 b）が固定されており、造形ボックス固定部 4 の軸方向の他端は、真空容器 1 の底面に固定されている。造形ボックス 3 の筒部 3 b 及び造形ボックス固定部 4 は、造形物 9 を造形するためのスペースであるピットを形成している。

40

【0016】

ピット内には、粉末台 6 と、粉末台 6 を Z 方向に移動させる Z 駆動機構 5（駆動部の一例）が設けられている。粉末台 6 は、筒部 3 b の筒孔の形状に対応した輪郭の板状に形成されている。すなわち、筒部 3 b の筒孔が円形である場合の粉末台 6 は、円板状に形成されている。また、粉末台 6 の側周面には、シール部材 7 が取り付けられている。

【0017】

シール部材 7 は、粉末台 6 と筒部 3 b の内周面との間に介在されており、粉末台 6 の上方（金属粉末 8 が敷き詰められる）と下方（Z 駆動機構 5 が配置される）を密閉する。また

50

、シール部材 7 は、筒部 3 b の内周面に摺動可能に接触している。Z 駆動機構 5 としては、例えば、ラック & ピニオンやボールねじ等を採用することができる。真空容器 1 内の雰囲気は図示しない真空ポンプにより排気されており、真空容器 1 内は真空に維持されている。

【 0 0 1 8 】

造形ボックス 3 の上方には、2 つの粉末タンク 1 1 と、粉末タンク 1 1 の底部に接続された定量供給器 1 2 と、スキージアーム 1 3 と、スキージアーム 1 3 に取り付けられたブレード 1 4 が設けられている。粉末タンク 1 1、定量供給器 1 2、スキージアーム 1 3、及びブレード 1 4 は、本発明に係る粉末供給部の一例を示す。

【 0 0 1 9 】

2 つの粉末タンク 1 1 は、テーブル 3 a の貫通孔（ピット）を挟んで対向している。2 つの粉末タンク 1 1 には、金属粉末 8 が充填されている。なお、2 つの粉末タンク 1 1 には、それぞれ異なる種類の金属粉末を充填してもよい。定量供給器 1 2 は、粉末タンク 1 1 に充填されている金属粉末 8 のうちから所定量の金属粉末 8 を造形ボックス 3 のテーブル 3 a 上に供給する。

【 0 0 2 0 】

スキージアーム 1 3 は、テーブル 3 a と定量供給器 1 2 との間を、テーブル 3 a に沿って移動可能に構成されており、2 つの粉末タンク 1 1 間を往復する。ブレード 1 4 は、スキージアーム 1 3 の下部に取り付けられている。このブレード 1 4 は、スキージアーム 1 3 が 2 つの粉末タンク 1 1 間を往復移動することにより、テーブル 3 a 上に供給された金属粉末 8 を均す。このとき、粉末台 6 上の金属粉末 8 は、テーブル 3 a 上の金属粉末 8 と同じ高さに敷き詰められる。

【 0 0 2 1 】

また、粉末台 6 上の金属粉末 8 には、ベースプレート 1 0 が配置されている。このベースプレート 1 0 は、造形物 9 を積層する土台である。なお、金属粉末 8 は、造形時にベースプレート 1 0 が高温になった際に、造形ボックス 3 や粉末台 6 にベースプレート 1 0 の熱が伝わりにくくする断熱層の役割を果たしている。

【 0 0 2 2 】

また、電子銃 2 の下方には、2 分割検出器 1 6 A , 1 6 B（検出部の一例）が配置され、2 分割検出器 1 6 A , 1 6 B とテーブル 3 a の貫通孔（ピット）との間にマスクカバー 1 9 が配置されている。2 分割検出器 1 6 A , 1 6 B は、スキージアーム 1 3 に干渉しない位置に固定されている。

【 0 0 2 3 】

マスクカバー 1 9 は、上方（Z 方向）から見ると略矩形に形成されており、ベースプレート 1 0 上に電子ビームが到達するように、ベースプレート 1 0 の形状に対応した電子ビーム用開口部と、電子ビーム用開口部を囲むマスク部を有している。電子ビーム用開口部は、マスクカバー 1 9 の中央近傍に位置している。例えば、マスクカバー 1 9 が円形であれば、電子ビーム用開口部も円形に形成され、マスクカバー 1 9 が矩形であれば、電子ビーム用開口部も矩形に形成される。また、マスクカバー 1 9 は、側面から見ると平板状の形状をしている。

【 0 0 2 4 】

マスクカバー 1 9 のマスク部は、造形ボックス 3 のテーブル 3 a とベースプレート 1 0 との間の領域にできる未焼結粉末で構成される未焼結領域を覆う。言い換えれば、マスクカバー 1 9 のマスク部は、ベースプレート 1 0 上に敷き詰められた金属粉末 8（以下、パウダーベッド）における電子ビームが照射される領域の周囲を覆う。マスクカバー 1 9 は、シールドマスクであり、未焼結領域における未焼結粉末のチャージアップを抑制でき、未焼結粉末同士の反発でそれらが飛び散るスモークの発生を防止することができる。

【 0 0 2 5 】

なお、マスクカバー 1 9 には、電子ビーム用開口部が設けられているため、ベースプレート 1 0 の上方に形成される仮焼結粉末で構成される仮焼結領域は、マスクカバー 1 9 によ

10

20

30

40

50

って覆われない。

【0026】

マスクカバー19の材質は、例えば、金属などの導電性材料やステンレスなどの合金などが代表的であり、好ましくは、造形物9の材料である金属粉末と同種の材料がよい。しかし、マスクカバー19の材質としては、シールドとしての役割を果たす材料であればこれらには限定されない。また、図示していないが、マスクカバー19は、電氣的にGNDに接地されている。

【0027】

マスクカバー19には、不図示の昇降機構が取り付けられており、マスクカバー19は、ベースプレート10上に電子ビームを照射する場合に、待機位置(図1参照)から下降して、造形面上のシールド位置に移動する。一方、ベースプレート10上にパウダーベッドを形成する場合は、シールド位置から上昇し、スキージアーム13及びブレード14と干渉しない待機位置に移動する。

10

【0028】

なお、本実施形態では、マスクカバー19をZ方向に移動させる構成とした。しかし、本発明に係る3次元積層造形装置のマスクカバーとしては、例えば、X方向や、Y方向へ移動させる構成であってもよい。

【0029】

図2は、3次元積層造形装置50における2分割検出器16A, 16Bの構成例を示す図である。

20

図2に示すように、2分割検出器16A, 16Bは、電子銃2における電子ビーム放射口2aを挟んでX方向で対向している。また、2分割検出器16A, 16Bの中心間の距離は、少なくとも電子ビームを走査する領域(ベースプレート10の領域と略同じ)の長さ以上に設定されている。

【0030】

2分割検出器16A, 16Bには、それぞれ電流アンプ17が接続されており、各電流アンプ17の出力である信号Aと信号Bは、造形制御装置60(図3参照)に送信される。造形制御装置60では、 $A - B$  或いは  $(A - B) / (A + B)$  の演算結果から反射電子像(輝度)信号を得る。

【0031】

本実施形態では、ベースプレート10より少し小さい領域を電子ビームで走査する。例えば、パウダーベッドから造形物9が露出していない場合と、パウダーベッドから造形物9が露出している場合とでは、2分割検出器16A, 16Bに入射する反射電子の量に差が生じる。したがって、パウダーベッドから造形物9が露出しないタイミングにおいて、2分割検出器16A, 16Bに入射する反射電子の量に差が生じている場合は、パウダーベッドに異常が発生したことを検出することができる。

30

【0032】

一方、パウダーベッドから造形物9が露出しないタイミングにおいて、2分割検出器16A, 16Bに入射する反射電子の量に差が生じない場合は、パウダーベッドが正常であることを検出することができる。

40

【0033】

本実施形態では、2分割検出器16A, 16Bを用いてパウダーベッドの状態を検出するようにしたが、本発明に係る検出部としては、一つの電子検出器を用いてパウダーベッドの状態を検出してもよい。反射電子は、電子ビームを照射する被観察物の密度(原子番号)に依存してコントラストが付くため、より密度が大きい(原子番号が大きい)物質ほど反射電子が多く放出されて、反射電子像(輝度)が明るくなる。したがって、パウダーベッドから造形物9が露出している(バルク面がある)場合は、露出した造形物9の反射電子像(輝度)が、その他の部分よりも明るくなることで、パウダーベッドに異常が発生したことを検出することができる。

【0034】

50

図 3 は、3次元積層造形装置の制御系（造形制御装置 60）のブロック図である。

3次元積層造形装置 50 は、真空容器 1 と電氣的に接続された造形制御装置 60 を有する。造形制御装置 60 は、ROM（Read Only Memory）62、RAM（Random Access Memory）63、CPU（Central Processing Unit）64、Z 駆動制御部 65、粉末供給駆動制御部 66、電子銃駆動制御部 67、マスクカバー駆動制御部 68 を備える。

【0035】

造形制御装置 60 は、3次元積層造形装置 50 の各駆動部との間で通信インターフェース（不図示）を介して、所定の形式に従った情報の送受信を行なう。この通信インターフェースとしては、例えば、シリアルインターフェースが適用される。

【0036】

ROM 62 は、CPU 64 が実行する造形プログラムや造形物 9 のパラメータ等を記憶する不揮発性の記憶部である。RAM 63 は、データを一時的に記憶する揮発性の記憶部であり、作業領域として使用される。なお、ROM 62 に記憶される造形プログラムや造形物 9 のパラメータ等のデータを、不揮発性の大容量記憶装置に記憶するようにしてもよい。

【0037】

CPU 64 は、ROM 62 に記憶された造形プログラムを RAM 63 に読み出し、この造形プログラムに従い、各部の処理及び動作を制御する。CPU 64 は、システムバス 69 を介して、各部と相互にデータを送信及び/又は受信可能に接続されている。CPU 64、ROM 62 及び RAM 63 は、制御部の一例である。

【0038】

Z 駆動制御部 65 は、CPU 64 の制御の下、Z 駆動機構 5 の動作を制御する。粉末供給駆動制御部 66 は、CPU 64 の制御の下、定量供給器 12 及びスキージーム 13 の動作を制御する。電子銃駆動制御部 67 は、CPU 64 の制御の下、電子銃 2 から出射する電子ビームの強度及び照射位置を制御する。マスクカバー駆動制御部 68 は、CPU 64 の制御の下、マスクカバー 19（不図示の昇降機構）の動作を制御する。

【0039】

[ 3次元積層造形処理 ]

次に、本実施形態に係る基本的な 3次元積層造形処理について、図 4～図 10 を参照して説明する。

【0040】

マスクカバー設置工程

図 4 は、3次元積層造形処理の手順を示す説明図（その 1）であり、マスクカバー 19 をシールド位置に設置した状態を示している。

図 4 に示すように、3次元積層造形処理では、まず、マスクカバー設置工程を行う。

【0041】

マスクカバー設置工程では、マスクカバー駆動制御部 68（図 3 参照）がマスクカバー 19（不図示の昇降機構）を制御して、マスクカバー 19 を待機位置（図 1 参照）から下降させ、シールド位置に設置（配置）する。これにより、マスクカバー 19 は、ベースプレート 10 と造形ボックス 3 との間にある金属粉末 8 を覆う。このとき、マスクカバー 19 は、金属粉末 8 に接触させておく。

【0042】

ベースプレート加熱工程

図 5 は、3次元積層造形処理の手順を示す説明図（その 2）であり、ベースプレート 10 を加熱する状態を示している。

図 5 に示すように、3次元積層造形処理では、次に、ベースプレート加熱工程を行う。

【0043】

ベースプレート加熱工程では、電子銃駆動制御部 67（図 3 参照）が電子銃 2 を制御して、ベースプレート 10 に対して電子ビーム 21 を照射させ、ベースプレート 10 を加熱する。

【0044】

10

20

30

40

50

具体的には、電子ビーム 2 1 を走査して、ベースプレート 1 0 の上面全域より少し狭い領域（マスクカバー 1 9 に電子ビーム 2 1 を当てない領域）に電子ビーム 2 1 を照射する。そして、この後敷き詰める金属粉末 8 が仮焼結する程度の温度までベースプレート 1 0 を予め昇温させておく。このとき、ベースプレート 1 0 の上面に電子ビーム 2 1 をフォーカスさせず、デフォーカス状態（ビーム径を大きくする）で照射及び走査することで、ベースプレート 1 0 の局所的な溶融を回避している。

#### 【 0 0 4 5 】

図 5 に示すように、ベースプレート 1 0 が昇温すると、ベースプレート 1 0 の周囲の金属粉末 8 は、仮焼結されて仮焼結体 2 2 になる。また、マスクカバー 1 9 をシールド位置に設置しているため、ベースプレート 1 0 に対して電子ビーム 2 1 を照射しても、未焼結領域における未焼結粉末のチャージアップを抑制でき、スモークの発生を防止することができる。

10

#### 【 0 0 4 6 】

##### スキージング工程

図 6 は、3次元積層造形処理の手順を示す説明図（その 3）であり、金属粉末 8 を 1 層分敷いた状態を示している。

図 6 に示すように、3次元積層造形処理では、次に、スキージング工程を行う。

#### 【 0 0 4 7 】

スキージング工程では、まず、マスクカバー駆動制御部 6 8（図 3 参照）がマスクカバー 1 9（不図示の昇降機構）を制御して、マスクカバー 1 9 をシールド位置から上昇させ、待機位置に配置する。次に、Z 駆動制御部 6 5（図 3 参照）が Z 駆動機構 5 を制御して、粉末台 6 を下降させ、ベースプレート 1 0 の上面がテーブル 3 a の上面より僅かに（1 層分）下がった位置に配置する。

20

#### 【 0 0 4 8 】

次に、粉末供給駆動制御部 6 6（図 3 参照）が定量供給器 1 2 を制御して、粉末タンク 1 1 から所定の量の金属粉末 8 をテーブル 3 a 上に供給する。また、粉末供給駆動制御部 6 6 がスキージアーム 1 3 を制御して、スキージアーム 1 3 をテーブル 3 a の上面に沿って移動させる。その結果、ブレード 1 4 がテーブル 3 a 上に供給された金属粉末 8 を均して、ベースプレート 1 0 の上に金属粉末 8 を 1 層分敷き詰めたパウダーベッドが形成される。

#### 【 0 0 4 9 】

##### 仮焼結工程

図 7 は、3次元積層造形処理の手順を示す説明図（その 4）であり、ベースプレート 1 0 の上に敷き詰められた金属粉末 8 が仮焼結された状態を示している。

図 7 に示すように、3次元積層造形処理では、次に、仮焼結工程を行う。

#### 【 0 0 5 0 】

仮焼結工程では、ベースプレート加熱工程において加熱されたベースプレート 1 0 の熱によって、スキージング工程において敷かれた金属粉末 8 が仮焼結体 2 2 になる。この仮焼結工程において、マスクカバー 1 9 を待機位置（図 6 参照）から下降させ、シールド位置に設置（配置）してもよい。これにより、金属粉末 8 が仮焼結されているときに、次の工程において必要となるマスクカバー 1 9 の設置を行うことができ、サイクルタイムの短縮を図ることができる。

30

40

#### 【 0 0 5 1 】

##### パウダーヒート工程

図 8 は、3次元積層造形処理の手順を示す説明図（その 5）であり、電子ビーム 2 1 によって仮焼結体 2 2 の表面を加熱する状態を示している。

図 8 に示すように、3次元積層造形処理では、次に、パウダーヒート工程を行う。

#### 【 0 0 5 2 】

パウダーヒート工程では、電子銃駆動制御部 6 7（図 3 参照）が電子銃 2 を制御して、ベースプレート 1 0 上の仮焼結体 2 2 の表面に対して電子ビーム 2 1 を照射させ、仮焼結体 2 2 の表面を加熱する。具体的には、上述のベースプレート加熱工程と同様に、デフォー

50

カス状態で電子ビーム 2 1 を走査して、ベースプレート 1 0 上の仮焼結体 2 2 の表面に対して電子ビーム 2 1 を照射する。

【 0 0 5 3 】

このとき、マスクカバー 1 9 をシールド位置に設置しているため、仮焼結体 2 2 に対して電子ビーム 2 1 を照射しても、未焼結領域における未焼結粉末のチャージアップを抑制でき、スモークの発生を防止することができる。

【 0 0 5 4 】

本溶融工程

図 9 は、3次元積層造形処理の手順を示す説明図(その6)であり、電子ビーム 2 1 によって仮焼結体 2 2 を造形物 9 の形に本溶融した状態を示している。

10

図 9 に示すように、3次元積層造形処理では、次に、本溶融工程を行う。

【 0 0 5 5 】

本溶融工程では、電子銃駆動制御部 6 7 (図 3 参照)が電子銃 2 を制御して、ベースプレート 1 0 上の仮焼結体 2 2 の表面に対して電子ビーム 2 1 を照射させ、造形プログラムにより表される造形モデルを 1 層分でスライスした 2 次元形状領域を溶融する。このとき、電子ビーム 2 1 をフォーカスさせ、電流密度を上げて仮焼結体 2 2 を溶融する。この溶融工程は、メルトと呼ぶことがある。

【 0 0 5 6 】

また、本溶融工程においても、マスクカバー 1 9 をシールド位置に設置しているため、仮焼結体 2 2 に対して電子ビーム 2 1 を照射しても、未焼結領域における未焼結粉末のチャージアップを抑制でき、スモークの発生を防止することができる。

20

【 0 0 5 7 】

アフターヒート工程

図 1 0 は、3次元積層造形処理の手順を示す説明図(その7)であり、本溶融後の造形物 9 の表面及び仮焼結体 2 2 の表面を加熱する状態を示している。

図 1 0 に示すように、3次元積層造形処理では、次に、アフターヒート工程を行う。

【 0 0 5 8 】

アフターヒート工程では、電子銃駆動制御部 6 7 (図 3 参照)が電子銃 2 を制御して、ベースプレート 1 0 上の造形物 9 の表面及び仮焼結体 2 2 の表面に対して電子ビーム 2 1 を照射させ、造形物 9 の表面及び仮焼結体 2 2 の表面を加熱する。具体的には、上述のベースプレート加熱工程と同様に、デフォーカス状態で電子ビーム 2 1 を走査して、造形物 9 の表面及び仮焼結体 2 2 の表面に対して電子ビーム 2 1 を照射する。

30

【 0 0 5 9 】

アフターヒート工程の終了後は、次の層におけるスキージング工程に戻り、スキージング工程、仮焼結工程、パウダーヒート工程、本溶融工程、アフターヒート工程を繰り返す。そして、造形物の最後の層におけるアフターヒート工程の終了後は、3次元積層造形処理を終了する。その結果、本溶融(メルト)部分が 1 層ずつ積み重なって造形物 9 が形成される。

【 0 0 6 0 】

パウダーヒート後パウダーベッド確認工程

図 1 1 は、3次元積層造形処理におけるパウダーヒート後パウダーベッド確認工程を示す説明図である。

第 1 の実施形態では、上述したパウダーヒート工程と本溶融工程との間に、パウダーヒート後パウダーベッド確認工程を行う。すなわち、パウダーヒート工程後のパウダーベッドに異常が発生したか否かを確認する。

40

【 0 0 6 1 】

パウダーヒート後パウダーベッド確認工程では、まず、電子銃駆動制御部 6 7 (図 3 参照)が電子銃 2 を制御して、反射電子が検出できる程度に低いエミッション電流でパウダーベッドをスキャンする。次に、パウダーベッドをスキャンしたことにより発生した反射電子を、2 分割検出器 1 6 A , 1 6 B によって検出し、パウダーベッドの状態を確認する。

50

## 【 0 0 6 2 】

パウダーヒート工程が完了した直後のパウダーベッドは、正常な状態であれば粉末がスキージングされているため、全体が粉末に覆われており、バルク面が確認されない。CPU 64 は、2分割検出器 16A, 16B の検出結果に基づいて取得した反射電子像信号からパウダーベッド全体が粉末に覆われていることを確認した場合に、パウダーベッドが正常であると判定する。CPU 64 が、パウダーベッドが正常であると判定した場合は、次の工程である本溶融工程に移行する。

## 【 0 0 6 3 】

一方、CPU 64 は、2分割検出器 16A, 16B によって検出した電流からパウダーベッドの一部分にバルク面を確認した場合に、パウダーベッドに異常が発生したと判定する。この場合は、電子銃駆動制御部 67 (図 3 参照) が電子銃 2 を制御して、アフターヒートと同様のビームスキャンを行って現状のパウダーベッドを加熱する。そして、再度スキージング工程を行い、その後、再びパウダーヒート工程を行う。すなわち、CPU 64 がパウダーベッドに異常が発生したと判定した場合は、今回の層の造形についてアフターヒート工程からやり直す。

10

## 【 0 0 6 4 】

このように、第 1 の実施形態では、パウダーヒート工程の完了後に、パウダーベッドが正常な状態であるか否かを確認して、パウダーベッドに異常が確認された場合は、アフターヒート工程、スキージング工程、及びパウダーヒート工程を再度行う。これにより、パウダーベッドが正常な状態で本溶融工程を行うことが可能になる。その結果、造形物 9 に欠陥が生じることを抑制することができる。

20

## 【 0 0 6 5 】

< 2 . 第 2 の実施形態 >

## [ 3 次元積層造形装置の構成 ]

第 2 の実施形態に係る 3 次元積層造形装置の構成は、上述した第 1 の実施形態に係る 3 次元積層造形装置 50 の構成と同じである。したがって、ここでは、第 2 の実施形態に係る 3 次元積層造形装置の構成についての説明を省略する。

## 【 0 0 6 6 】

## [ 3 次元積層造形処理 ]

第 2 の実施形態に係る基本的な 3 次元積層造形処理は、上述した第 1 の実施形態に係る基本的な 3 次元積層造形処理 (図 4 ~ 図 10 参照) と同じである。したがって、ここでは、第 2 の実施形態に係る基本的な 3 次元積層造形処理についての説明を省略する。

30

## 【 0 0 6 7 】

## パウダーヒート後パウダーベッド確認工程

第 2 の実施形態に係るパウダーヒート後パウダーベッド確認工程は、第 1 の実施形態に係るパウダーヒート後パウダーベッド確認工程と同じである。したがって、ここでは、第 2 の実施形態に係るパウダーヒート後パウダーベッド確認工程についての説明を省略する。

## 【 0 0 6 8 】

第 2 の実施形態では、パウダーヒート工程の完了後にパウダーベッドが正常な状態であるか否かを確認して、パウダーベッドに異常が確認された場合は、アフターヒート工程、スキージング工程、及びパウダーヒート工程を再度行う。これにより、パウダーベッドが正常な状態で本溶融工程を行うことが可能になる。その結果、造形物 9 に欠陥が生じることを抑制することができる。

40

## 【 0 0 6 9 】

## 本溶融後パウダーベッド確認工程

図 12 は、3 次元積層造形処理における本溶融後パウダーベッド確認工程を示す説明図である。

第 2 の実施形態では、上述した本溶融工程とアフターヒート工程との間に、本溶融後パウダーベッド確認工程を行う。すなわち、本溶融工程後のパウダーベッドに異常が発生したか否かを確認する。

50

## 【 0 0 7 0 】

本溶融後パウダーベッド確認工程では、まず、電子銃駆動制御部 6 7 ( 図 3 参照 ) が電子銃 2 を制御して、反射電子が検出できる程度に低いエミッション電流でパウダーベッドをスキャンする。次に、パウダーベッドをスキャンしたことにより発生した反射電子を、2 分割検出器 1 6 A , 1 6 B によって検出し、パウダーベッドの状態を確認する。

## 【 0 0 7 1 】

本溶融工程が完了した直後のパウダーベッドの形状は、正常な状態であれば、パウダーヒート後パウダーベッド確認工程で確認したパウダーベッドの形状と同じである(但し、バルク面を除く)。CPU 6 4 は、2 分割検出器 1 6 A , 1 6 B によって検出した電流から得たパウダーベッドの形状(バルク面を除く)が、パウダーヒート後パウダーベッド確認工程で確認したパウダーベッドの形状と同じである場合に、パウダーベッドが正常であると判定する。この場合は、次の工程であるアフターヒート工程に移行する。

10

## 【 0 0 7 2 】

一方、CPU 6 4 は、2 分割検出器 1 6 A , 1 6 B によって検出した電流から得たパウダーベッドの形状が、パウダーヒート後パウダーベッド確認工程で確認したパウダーベッドの形状と異なる場合に、パウダーベッドに異常が発生したと判定する。この場合は、電子銃駆動制御部 6 7 ( 図 3 参照 ) が電子銃 2 を制御し、アフターヒートと同様のビームスキャンを行って現状のパウダーベッドを加熱する。

## 【 0 0 7 3 】

そして、3 次元積層造形装置 5 0 は、再度スキージング工程を行い、その後、再びパウダーヒート工程を行う。パウダーヒート工程の完了後は、パウダーヒート後パウダーベッド確認工程を行う。すなわち、CPU 6 4 がパウダーベッドに異常が発生したと判定した場合は、今回の層の造形についてアフターヒート工程からやり直す。

20

## 【 0 0 7 4 】

このように、第 2 の実施形態では、本溶融工程の完了後にパウダーベッドが正常な状態であるか否かを確認して、パウダーベッドに異常が確認された場合は、アフターヒート工程、スキージング工程、及びパウダーヒート工程を再度行う。そして、パウダーヒート後パウダーベッド確認工程を行う。これにより、パウダーベッドが正常な状態で本溶融工程を行うことが可能になる。その結果、造形物 9 に欠陥が生じることを抑制することができる。

## 【 0 0 7 5 】

< 3 . 第 3 の実施形態 >

[ 3 次元積層造形装置の構成 ]

第 3 の実施形態に係る 3 次元積層造形装置 5 3 の構成は、上述した第 1 の実施形態に係る 3 次元積層造形装置 5 0 の構成と同様であり、異なる点は、検出部である。したがって、ここでは、第 3 の実施形態に係る検出部についての説明し、第 1 の実施形態に係る 3 次元積層造形装置 5 0 の構成と共通の構成についての説明を省略する。

30

## 【 0 0 7 6 】

図 1 3 は、本発明の第 3 の実施形態に係る 3 次元積層造形装置の概略構成例を示す説明図である。

図 1 3 に示すように、第 3 の実施形態に係る 3 次元積層造形装置 5 3 は、真空容器 1 内の上部にカメラ 3 1 ( 検出部の一例 ) が配置されている。

40

## 【 0 0 7 7 】

カメラ 3 1 は、少なくともベースプレート 1 0 より少し小さい領域の画像を撮像する。パウダーベッドから造形物 9 が露出しないタイミングにおいて、パウダーベッドから造形物 9 が露出している画像が撮像された場合は、パウダーベッドに異常が発生したことを検出することができる。一方、パウダーベッドから造形物 9 が露出しないタイミングにおいて、パウダーベッドから造形物 9 が露出していない画像が撮像された場合は、パウダーベッドが正常であることを検出することができる。

## 【 0 0 7 8 】

[ 3 次元積層造形処理 ]

50

第3の実施形態に係る基本的な3次元積層造形処理は、上述した第1の実施形態に係る基本的な3次元積層造形処理（図4～図10参照）と同じである。したがって、ここでは、第3の実施形態に係る基本的な3次元積層造形処理についての説明を省略する。

【0079】

パウダーヒート後パウダーベッド確認工程

第3の実施形態では、上述したパウダーヒート工程と本溶融工程との間に、パウダーヒート後パウダーベッド確認工程を行う。すなわち、パウダーヒート工程後のパウダーベッドに異常が発生したか否かを確認する。

【0080】

第3の実施形態に係るパウダーヒート後パウダーベッド確認工程では、まず、不図示のカメラ駆動制御部がカメラ31を制御して、ベースプレート10より少し小さい領域の画像を撮像し、パウダーベッドの状態を確認する。

10

【0081】

パウダーヒート工程が完了した直後のパウダーベッドは、正常な状態であれば粉末がスキージングされているため、全体が粉末に覆われており、造形物9（のバルク面）が確認されない。CPU64は、カメラ31によって撮像された画像からパウダーベッド全体が粉末に覆われていることを確認した場合に、パウダーベッドが正常であると判定する。この場合は、次の工程である本溶融工程に移行する。

【0082】

一方、CPU64は、カメラ31によって撮像された画像からパウダーベッドの一部分に造形物9（のバルク面）を確認した場合に、パウダーベッドに異常が発生したと判定する。この場合は、電子銃駆動制御部67（図3参照）が電子銃2を制御して、アフターヒートと同様のビームスキャンを行って現状のパウダーベッドを加熱する。そして、再度スキージング工程を行い、その後、再びパウダーヒート工程を行う。すなわち、CPU64がパウダーベッドに異常が発生したと判定した場合は、今回の層の造形についてアフターヒート工程からやり直す。

20

【0083】

このように、第3の実施形態では、パウダーヒート工程の完了後に、パウダーベッドが正常な状態であるか否かを確認して、パウダーベッドに異常が確認された場合は、アフターヒート工程、スキージング工程、及びパウダーヒート工程を再度行う。これにより、パウダーベッドが正常な状態で本溶融工程を行うことが可能になる。その結果、造形物9に欠陥が生じることを抑制することができる。

30

【0084】

< 4. 第4の実施形態 >

[ 3次元積層造形装置の構成 ]

第4の実施形態に係る3次元積層造形装置の構成は、上述した第3の実施形態に係る3次元積層造形装置53の構成と同じである。したがって、ここでは、第4の実施形態に係る3次元積層造形装置の構成についての説明を省略する。

【0085】

[ 3次元積層造形処理 ]

第4の実施形態に係る基本的な3次元積層造形処理は、上述した第1の実施形態に係る基本的な3次元積層造形処理（図4～図10参照）と同じである。したがって、ここでは、第4の実施形態に係る基本的な3次元積層造形処理についての説明を省略する。

40

【0086】

図14は、本発明の第4の実施形態に係る3次元積層造形装置によるカメラの撮像領域を示す図である。

図14に示すように、第4の実施形態では、本溶融工程後のパウダーベッドが正常である場合は、造形物9に干渉しない位置にダミー造形物32を造形する。

【0087】

パウダーヒート後パウダーベッド確認工程

50

第4の実施形態では、上述したパウダーヒート工程と本溶融工程との間に、パウダーヒート後パウダーベッド確認工程を行う。すなわち、パウダーヒート工程後のパウダーベッドに異常が発生したか否かを確認する。

【0088】

パウダーヒート後パウダーベッド確認工程では、まず、不図示のカメラ駆動制御部がカメラ31を制御して、ベースプレート10より少し小さい領域の画像を撮像し、パウダーベッドの状態を確認する。

【0089】

パウダーヒート工程が完了した直後のパウダーベッドは、正常な状態であれば粉末がスキージングされているため、全体が粉末に覆われており、造形物9及びダミー造形物32のバルク面が確認されない。CPU64は、カメラ31によって撮像された画像からパウダーベッド全体が粉末に覆われていることを確認した場合に、パウダーベッドが正常であると判定する。この場合は、次の工程である本溶融工程に移行する。

【0090】

一方、CPU64は、カメラ31によって撮像された画像からパウダーベッドの一部分にバルク面を確認した場合に、パウダーベッドに異常が発生したと判定する。この場合は、電子銃駆動制御部67(図3参照)が電子銃2を制御して、アフターヒートと同様のビームスキャンを行って現状のパウダーベッドを加熱する。そして、再度スキージング工程を行い、その後、再びパウダーヒート工程を行う。すなわち、CPU64がパウダーベッドに異常が発生したと判定した場合は、今回の層の造形についてアフターヒート工程からやり直す。

【0091】

このように、第4の実施形態では、パウダーヒート工程の完了後にパウダーベッドが正常な状態であるか否かを確認して、パウダーベッドに異常が確認された場合は、アフターヒート工程、スキージング工程、及びパウダーヒート工程を再度行う。これにより、パウダーベッドが正常な状態で本溶融工程を行うことが可能になる。その結果、造形物9に欠陥が生じることを抑制することができる。

【0092】

本溶融後パウダーベッド確認工程

第4の実施形態では、上述した本溶融工程とアフターヒート工程との間に、本溶融後パウダーベッド確認工程を行う。すなわち、本溶融工程後のパウダーベッドに異常が発生したか否かを確認する。

【0093】

本溶融後パウダーベッド確認工程では、まず、不図示のカメラ駆動制御部がカメラ31を制御して、ベースプレート10より少し小さい領域の画像を撮像し、パウダーベッドの状態を確認する。

【0094】

本溶融工程が完了した直後のパウダーベッドが正常な状態であれば、ダミー造形物32(のバルク面)が露出されていない。CPU64は、カメラ31によって撮像した画像にダミー造形物32(のバルク面)が表れていない場合に、パウダーベッドが正常であると判定する。この場合は、ダミー造形物32を1層分でスライスした2次元形状領域を溶融する(ダミー造形物32を造形する)。その後、次の工程であるアフターヒート工程に移行する。

【0095】

一方、CPU64は、カメラ31によって撮像した画像にダミー造形物32(のバルク面)が表れている場合に、パウダーベッドに異常が発生したと判定する。この場合は、電子銃駆動制御部67(図3参照)が電子銃2を制御し、アフターヒートと同様のビームスキャンを行って現状のパウダーベッドを加熱する。

【0096】

次に、3次元積層造形装置53は、再度スキージング工程を行い、その後、再びパウダー

10

20

30

40

50

ヒート工程を行う。パウダーヒート工程の完了後は、パウダーヒート後パウダーベッド確認工程を行う。すなわち、第4の実施形態では、本溶融においてパウダーベッドに異常が発生した時には、ダミー造形物32の造形を行わずに、今回の層の造形についてアフターヒート工程からやり直す。

【0097】

このように、第4の実施形態では、本溶融工程の完了後にパウダーベッドが正常な状態であるか否かを確認して、パウダーベッドに異常が確認された場合は、ダミー造形物32の造形を行わずにアフターヒート工程、スキージング工程、及びパウダーヒート工程を再度行う。そして、パウダーヒート後パウダーベッド確認工程を行う。これにより、パウダーベッドが正常な状態で本溶融工程を行うことが可能になる。その結果、造形物9に欠陥が生じることを抑制することができる。

10

【0098】

<5. 第5の実施形態>

[3次元積層造形装置の構成]

第5の実施形態に係る3次元積層造形装置の構成は、上述した第1の実施形態に係る3次元積層造形装置50の構成と同じである。したがって、ここでは、第5の実施形態に係る3次元積層造形装置の構成についての説明を省略する。

【0099】

[3次元積層造形処理]

第5の実施形態に係る基本的な3次元積層造形処理は、上述した第1の実施形態に係る基本的な3次元積層造形処理(図4～図10参照)と同じである。したがって、ここでは、第5の実施形態に係る基本的な3次元積層造形処理についての説明を省略する。

20

なお、第5の実施形態では、第4の実施形態と同様に、本溶融工程後のパウダーベッドが正常である場合に、造形物9に干渉しない位置にダミー造形物32を造形する(図14参照)。

【0100】

パウダーヒート後パウダーベッド確認工程

第5の実施形態では、上述したパウダーヒート工程と本溶融工程との間に、パウダーヒート後パウダーベッド確認工程を行う。すなわち、パウダーヒート工程後のパウダーベッドに異常が発生したか否かを確認する。

30

【0101】

パウダーヒート後パウダーベッド確認工程では、まず、電子銃駆動制御部67(図3参照)が電子銃2を制御して、反射電子が検出できる程度に低いエミッション電流でパウダーベッドをスキャンする。次に、パウダーベッドをスキャンしたことにより発生した反射電子を、2分割検出器16A, 16Bによって検出し、パウダーベッドの状態を確認する。

【0102】

パウダーヒート工程が完了した直後のパウダーベッドは、正常な状態であれば粉末がスキージングされているため、全体が粉末に覆われており、造形物9及びダミー造形物32のバルク面が確認されない。CPU64は、2分割検出器16A, 16Bの検出結果に基づいて取得した反射電子像信号からパウダーベッド全体が粉末に覆われていることを確認した場合に、パウダーベッドが正常であると判定する。この場合は、次の工程である本溶融工程に移行する。

40

【0103】

一方、CPU64は、2分割検出器16A, 16Bによって検出した電流からパウダーベッドの一部分にバルク面を確認した場合に、パウダーベッドに異常が発生したと判定する。この場合は、電子銃駆動制御部67(図3参照)が電子銃2を制御して、アフターヒートと同様のビームスキャンを行って現状のパウダーベッドを加熱する。そして、再度スキージング工程を行い、その後、再びパウダーヒート工程を行う。すなわち、CPU64がパウダーベッドに異常が発生したと判定した場合は、今回の層の造形についてアフターヒート工程からやり直す。

50

## 【 0 1 0 4 】

このように、第 5 の実施形態では、パウダーヒート工程の完了後に、パウダーベッドが正常な状態であるか否かを確認して、パウダーベッドに異常が確認された場合は、アフターヒート工程、スキージング工程、及びパウダーヒート工程を再度行う。これにより、パウダーベッドが正常な状態で本溶融工程を行うことが可能になる。その結果、造形物 9 に欠陥が生じることを抑制することができる。

## 【 0 1 0 5 】

## 本溶融後パウダーベッド確認工程

第 5 の実施形態では、上述した本溶融工程とアフターヒート工程との間に、本溶融後パウダーベッド確認工程を行う。すなわち、本溶融工程後のパウダーベッドに異常が発生したか否かを確認する。

10

## 【 0 1 0 6 】

本溶融後パウダーベッド確認工程では、まず、電子銃駆動制御部 6 7 ( 図 3 参照 ) が電子銃 2 を制御して、反射電子が検出できる程度に低いエミッション電流でパウダーベッドをスキャンする。次に、パウダーベッドをスキャンしたことにより発生した反射電子を、2 分割検出器 1 6 A , 1 6 B によって検出し、パウダーベッドの状態を確認する。

## 【 0 1 0 7 】

本溶融工程が完了した直後のパウダーベッドが正常な状態であれば、ダミー造形物 3 2 ( のバルク面 ) が露出されていない。CPU 6 4 は、2 分割検出器 1 6 A , 1 6 B によって検出した電流から得たパウダーベッドにダミー造形物 3 2 ( のバルク面 ) が表れていない場合に、パウダーベッドが正常であると判定する。この場合は、ダミー造形物 3 2 を 1 層分でスライスした 2 次元形状領域を溶融する ( ダミー造形物 3 2 を造形する ) 。その後、次の工程であるアフターヒート工程に移行する。

20

## 【 0 1 0 8 】

一方、CPU 6 4 は、2 分割検出器 1 6 A , 1 6 B によって検出した電流から得たパウダーベッドにダミー造形物 3 2 ( のバルク面 ) が表れている場合に、パウダーベッドに異常が発生したと判定する。この場合は、電子銃駆動制御部 6 7 ( 図 3 参照 ) が電子銃 2 を制御し、アフターヒートと同様のビームスキャンを行って現状のパウダーベッドを加熱する。そして、3 次元積層造形装置 5 0 は、再度スキージング工程を行い、その後、再びパウダーヒート工程を行う。パウダーヒート工程の完了後は、パウダーヒート後パウダーベッド確認工程を行う。すなわち、CPU 6 4 がパウダーベッドに異常が発生したと判定した場合は、今回の層の造形についてアフターヒート工程からやり直す。

30

## 【 0 1 0 9 】

このように、第 5 の実施形態では、本溶融工程の完了後にパウダーベッドが正常な状態であるか否かを確認して、パウダーベッドに異常が確認された場合は、アフターヒート工程、スキージング工程、及びパウダーヒート工程を再度行う。そして、パウダーヒート後パウダーベッド確認工程を行う。これにより、パウダーベッドが正常な状態で本溶融工程を行うことが可能になる。その結果、造形物 9 に欠陥が生じることを抑制することができる。

## 【 0 1 1 0 】

< 6 . 第 6 の実施形態 >

40

## [ 3 次元積層造形装置の構成 ]

第 6 の実施形態に係る 3 次元積層造形装置の構成は、上述した第 1 の実施形態に係る 3 次元積層造形装置 5 0 の構成と同様であり、異なる点は、検出部である。したがって、ここでは、第 6 の実施形態に係る検出部について説明し、第 1 の実施形態に係る 3 次元積層造形装置 5 0 の構成と共通の構成についての説明を省略する。

## 【 0 1 1 1 】

図 1 5 は、本発明の第 6 の実施形態に係る 3 次元積層造形装置の概略構成例を示す説明図である。

図 1 5 に示すように、第 6 の実施形態に係る 3 次元積層造形装置 5 6 は、真空容器 1 内の上部に投光部 4 1 と、受光部 4 2 が配置されている。これら投光部 4 1 及び受光部 4 2 は

50

、検出部の一例である。

【 0 1 1 2 】

投光部 4 1 は、後述するダミー造形物 3 2 を形成する位置に対してレーザー光 4 3 を出射する。受光部 4 2 は、ダミー造形物 3 2 ( のバルク面 ) によって反射されたレーザー光 4 3 を受光する。したがって、パウダーベッドにダミー造形物 3 2 ( のバルク面 ) が露出されていない場合は、受光部 4 2 がレーザー光 4 3 を受光しない。

【 0 1 1 3 】

[ 3 次元積層造形処理 ]

第 6 の実施形態に係る基本的な 3 次元積層造形処理は、上述した第 1 の実施形態に係る基本的な 3 次元積層造形処理 ( 図 4 ~ 図 1 0 参照 ) と同じである。したがって、ここでは、

10

第 6 の実施形態に係る基本的な 3 次元積層造形処理についての説明を省略する。  
なお、第 6 の実施形態では、第 4 の実施形態と同様に、本溶解工程後のパウダーベッドが正常である場合に、造形物 9 に干渉しない位置にダミー造形物 3 2 を造形する ( 図 1 4 参照 ) 。

【 0 1 1 4 】

パウダーヒート後パウダーベッド確認工程

第 6 の実施形態では、上述したパウダーヒート工程と本溶解工程との間に、パウダーヒート後パウダーベッド確認工程を行う。すなわち、パウダーヒート工程後のパウダーベッドに異常が発生したか否かを確認する。

【 0 1 1 5 】

第 6 の実施形態に係るパウダーヒート後パウダーベッド確認工程では、まず、不図示の投光制御部が投光部 4 1 を制御して、ダミー造形物 3 2 を形成する位置に対してレーザー光 4 3 を出射する。

20

【 0 1 1 6 】

パウダーヒート工程が完了した直後のパウダーベッドは、正常な状態であれば粉末がスキージングされているため、全体が粉末に覆われており、ダミー造形物 3 2 ( のバルク面 ) が確認されない。CPU 6 4 は、受光部 4 2 がレーザー光 4 3 を受光しない場合に、パウダーベッドが正常であると判定する。この場合は、次の工程である本溶解工程に移行する。

【 0 1 1 7 】

一方、CPU 6 4 は、受光部 4 2 がレーザー光 4 3 を受光した場合に、パウダーベッドに異常が発生したと判定する。この場合は、電子銃駆動制御部 6 7 ( 図 3 参照 ) が電子銃 2 を制御して、アフターヒートと同様のビームスキャンを行って現状のパウダーベッドを加熱する。そして、再度スキージング工程を行い、その後、再びパウダーヒート工程を行う。すなわち、CPU 6 4 がパウダーベッドに異常が発生したと判定した場合は、今回の層の造形についてアフターヒート工程からやり直す。

30

【 0 1 1 8 】

このように、第 6 の実施形態では、パウダーヒート工程の完了後に、パウダーベッドが正常な状態であるか否かを確認して、パウダーベッドに異常が確認された場合は、アフターヒート工程、スキージング工程、及びパウダーヒート工程を再度行う。これにより、パウダーベッドが正常な状態で本溶解工程を行うことが可能になる。その結果、造形物 9 に欠陥が生じることを抑制することができる。

40

【 0 1 1 9 】

なお、第 6 の実施形態においても、本溶解後パウダーベッド確認工程を行ってもよい。すなわち、本溶解工程の完了後にパウダーベッドが正常な状態であるか否かを確認して、パウダーベッドが正常であると判定した場合は、ダミー造形物 3 2 を 1 層分でスライスした 2 次元形状領域を溶解 ( ダミー造形物 3 2 を造形 ) し、その後、アフターヒート工程に移行する。

【 0 1 2 0 】

一方、パウダーベッドに異常が確認された場合は、アフターヒート工程、スキージング工程、及びパウダーヒート工程を再度行う。そして、パウダーヒート後パウダーベッド確認

50

工程を行う。これにより、パウダーベッドが正常な状態で本溶融工程を行うことが可能になる。その結果、造形物 9 に欠陥が生じることを抑制することができる。

【 0 1 2 1 】

< 7 . 第 7 の実施形態 >

[ 3 次元積層造形装置の構成 ]

第 7 の実施形態に係る 3 次元積層造形装置の構成は、上述した第 3 の実施形態に係る 3 次元積層造形装置 5 3 の構成と同じである。したがって、ここでは、第 7 の実施形態に係る 3 次元積層造形装置の構成についての説明を省略する。

【 0 1 2 2 】

[ 3 次元積層造形処理 ]

第 7 の実施形態に係る基本的な 3 次元積層造形処理は、上述した第 1 の実施形態に係る基本的な 3 次元積層造形処理（図 4 ~ 図 1 0 参照）と同じである。したがって、ここでは、第 7 の実施形態に係る基本的な 3 次元積層造形処理についての説明を省略する。

【 0 1 2 3 】

図 1 6 は、本発明の第 7 の実施形態に係る 3 次元積層造形装置によるカメラの撮像領域を示す図である。

図 1 6 に示すように、第 7 の実施形態では、3 つの造形物 4 7 , 4 8 , 4 9 を造形する。また、本溶融工程における電子ビームの照射は、造形物 4 7、造形物 4 8、造形物 4 9 の順に行う。

【 0 1 2 4 】

パウダーヒート後パウダーベッド確認工程

第 7 の実施形態では、上述したパウダーヒート工程と本溶融工程との間に、パウダーヒート後パウダーベッド確認工程を行う。すなわち、パウダーヒート工程後のパウダーベッドに異常が発生したか否かを確認する。

【 0 1 2 5 】

第 7 の実施形態に係るパウダーヒート後パウダーベッド確認工程は、第 3 の実施形態に係るパウダーヒート後パウダーベッド確認工程と同じである。したがって、ここでは、第 7 の実施形態に係るパウダーヒート後パウダーベッド確認工程についての説明を省略する。

【 0 1 2 6 】

本溶融中パウダーベッド確認

第 7 の実施形態では、上述した本溶融工程中に、本溶融中パウダーベッド確認を行う。本溶融工程では、造形物 4 8 を形成する本溶融の終了後、不図示のカメラ駆動制御部がカメラ 3 1 を制御して、少なくとも造形物 4 9 を形成する位置を含む領域の画像を撮像し、パウダーベッドの状態を確認する。

【 0 1 2 7 】

造形物 4 8 を形成するための本溶融の終了後におけるパウダーベッドが正常な状態であれば、最後に造形する造形物 4 9（のバルク面）が露出されていない。CPU 6 4 は、カメラ 3 1 によって撮像した画像に造形物 4 9（のバルク面）が表れていない場合に、パウダーベッドが正常であると判定する。この場合は、造形物 4 9 を形成するための本溶融を行い、その後、次の工程であるアフターヒート工程に移行する。

【 0 1 2 8 】

一方、CPU 6 4 は、カメラ 3 1 によって撮像した画像に造形物 4 9（のバルク面）が表れている場合に、パウダーベッドに異常が発生したと判定する。この場合は、電子銃駆動制御部 6 7（図 3 参照）が電子銃 2 を制御し、アフターヒートと同様のビームスキャンを行って現状のパウダーベッドを加熱する。次に、3 次元積層造形装置 5 3 は、再度スキージング工程を行い、その後、再びパウダーヒート工程を行う。パウダーヒート工程の完了後は、パウダーヒート後パウダーベッド確認工程を行う。すなわち、CPU 6 4 がパウダーベッドに異常が発生したと判定した場合は、今回の層の造形についてアフターヒート工程からやり直す。

【 0 1 2 9 】

10

20

30

40

50

このように、第7の実施形態では、本溶融工程中にパウダーベッドが正常な状態であるか否かを確認して、パウダーベッドに異常が確認された場合は、アフターヒート工程、スキージング工程、及びパウダーヒート工程を再度行う。そして、パウダーヒート後パウダーベッド確認工程を行う。これにより、パウダーベッドが正常な状態で本溶融工程を行うことが可能になる。その結果、造形物47～49に欠陥が生じることを抑制することができる。

【0130】

< 8 . 第8の実施形態 >

[ 3次元積層造形装置の構成 ]

第8の実施形態に係る3次元積層造形装置の構成は、上述した第1の実施形態に係る3次元積層造形装置50の構成と同じである。したがって、ここでは、第8の実施形態に係る3次元積層造形装置の構成についての説明を省略する。

10

【0131】

[ 3次元積層造形処理 ]

第8の実施形態に係る基本的な3次元積層造形処理は、上述した第1の実施形態に係る基本的な3次元積層造形処理(図4～図10参照)と同じである。したがって、ここでは、第7の実施形態に係る基本的な3次元積層造形処理についての説明を省略する。

【0132】

また、第8の実施形態では、第7の実施形態と同様に、3つの造形物47, 48, 49を造形する(図16参照)。そして、本溶融工程における電子ビームの照射は、造形物47、造形物48、造形物49の順に行う。

20

【0133】

パウダーヒート後パウダーベッド確認工程

第8の実施形態では、上述したパウダーヒート工程と本溶融工程との間に、パウダーヒート後パウダーベッド確認工程を行う。すなわち、パウダーヒート工程後のパウダーベッドに異常が発生したか否かを確認する。

【0134】

第8の実施形態に係るパウダーヒート後パウダーベッド確認工程は、第1の実施形態に係るパウダーヒート後パウダーベッド確認工程と同じである。したがって、ここでは、第8の実施形態に係るパウダーヒート後パウダーベッド確認工程についての説明を省略する。

30

【0135】

本溶融中パウダーベッド確認

第8の実施形態では、上述した本溶融工程中に、本溶融中パウダーベッド確認を行う。本溶融工程では、造形物48を形成する本溶融の終了後、電子銃駆動制御部67(図3参照)が電子銃2を制御して、反射電子が検出できる程度に低いエミッション電流でパウダーベッドにおける少なくとも造形物49を形成する位置を含む領域をスキャンする。そして、少なくとも造形物49を形成する位置を含む領域をスキャンしたことにより発生した反射電子を、2分割検出器16A, 16Bによって検出し、パウダーベッドの状態を確認する。

【0136】

造形物48を形成するための本溶融の終了後におけるパウダーベッドが正常な状態であれば、最後に造形する造形物49(のバルク面)が露出されていない。CPU64は、2分割検出器16A, 16Bによって検出した電流から造形物49(のバルク面)が粉末に覆われていることを確認した場合に、パウダーベッドが正常であると判定する。パウダーベッドが正常であると判定した場合は、造形物49を形成するための本溶融を行い、その後、次の工程であるアフターヒート工程に移行する。

40

【0137】

一方、CPU64は、2分割検出器16A, 16Bによって検出した電流から造形物49(のバルク面)が表れていることを確認した場合に、パウダーベッドに異常が発生したと判定する。パウダーベッドに異常が発生したと判定した場合は、電子銃駆動制御部67(

50

図 3 参照) が電子銃 2 を制御し、アフターヒートと同様のビームスキャンを行って現状のパウダーベッドを加熱する。次に、再度スキージング工程を行い、その後、再びパウダーヒート工程を行う。パウダーヒート工程の完了後は、パウダーヒート後パウダーベッド確認工程を行う。すなわち、CPU 64 がパウダーベッドに異常が発生したと判定した場合は、今回の層の造形についてアフターヒート工程からやり直す。

【 0 1 3 8 】

このように、第 8 の実施形態では、本溶融工程中にパウダーベッドが正常な状態であるか否かを確認して、パウダーベッドに異常が確認された場合は、アフターヒート工程、スキージング工程、及びパウダーヒート工程を再度行う。そして、パウダーヒート後パウダーベッド確認工程を行う。これにより、パウダーベッドが正常な状態で本溶融工程を行うことが可能になる。その結果、造形物 47 ~ 49 に欠陥が生じることを抑制することができる。

10

【 0 1 3 9 】

以上、本発明は上述した各実施の形態例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された要旨を逸脱しない限りにおいて、その他種々の変形例、応用例を取り得ることは勿論である。

例えば、上記した実施の形態例は本発明をわかりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施の形態例の構成の一部を他の実施の形態例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施の形態例の構成に他の実施の形態例の構成を加えることも可能である。また、各実施の形態例の構成の一部について、他の構成の追加、置換、削除をすることが可能である。

20

【 0 1 4 0 】

例えば、上述の第 1 ~ 第 6 の実施形態では、少なくともパウダーヒート後パウダーベッド確認工程を行う例を説明した。しかし、本発明に係る 3 次元積層造形装置としては、少なくとも本溶融後パウダーベッド確認工程を行うものであってもよい。また、上述の第 7 及び第 8 の実施形態では、パウダーヒート後パウダーベッド確認工程と本溶融中パウダーベッド確認を行う例を説明した。しかし、本発明に係る 3 次元積層造形装置としては、本溶融中パウダーベッド確認のみを行うものであってもよい。

【 0 1 4 1 】

また、上述の第 1 ~ 第 6 の実施形態では、パウダーヒート工程後や本溶融工程後に、検出部 ( 2 分割検出器 16A, 16B、カメラ 31、投光部 41 及び受光部 42 ) によってパウダーベッドの状態を確認した。しかし、本発明に係る 3 次元積層造形装置としては、パウダーベッドの状態を任意のタイミングで確認することができる。例えば、スキージング工程後にパウダーベッドの状態を確認することにより、スキージアーム 13 やブレード 14 に不具合が生じたことを検知するようにしてもよい。

30

【 0 1 4 2 】

また、上述の第 1 ~ 第 8 の実施形態では、パウダーベッドに異常が発生したと判定した場合に、パウダーベッドを加熱し、再度スキージング工程を行うようにした。しかし、本発明に係る 3 次元積層造形装置としては、パウダーベッドに異常が発生したと判定した場合に、3 次元積層造形処理を中止するようにしてもよい。

40

【 0 1 4 3 】

また、上述の第 1 ~ 第 8 の実施形態では、テーブル 3a 上に金属粉末 8 を供給した。しかし、本発明に係る 3 次元積層造形装置としては、金属粉末 ( 粉末材料 ) をベースプレートよりも下からせり上げることで、ベースプレート上に金属粉末を供給するようにしてもよい。

【 符号の説明 】

【 0 1 4 4 】

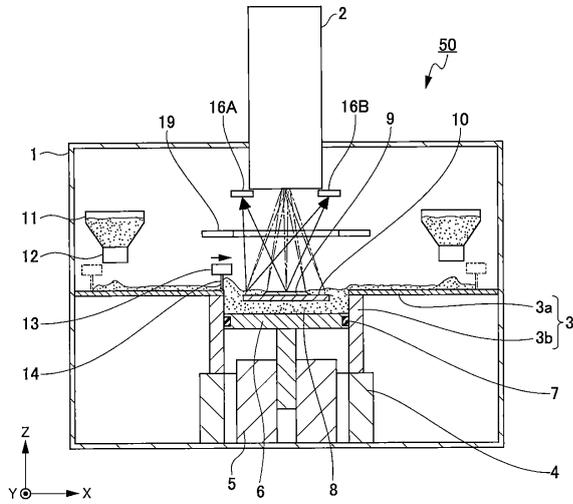
1 ... 真空容器、 2 ... 電子銃 ( ビーム発生部 )、 3 ... 造形ボックス、 4 ... 造形ボックス固定部、 5 ... Z 駆動機構、 6 ... 粉末台、 7 ... シール部材、 8 ... 金属粉末、 9, 4

50

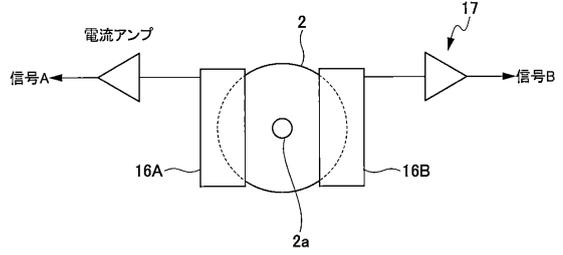
7, 48, 49...造形物、 10...ベースプレート、 11...粉末タンク、 12...定量供給器、 13...スキージアーム、 14...ブレード、 16A, 16B...2分割検出器(検出部)、 19...マスクカバー、 21...電子ビーム、 22...仮焼結体、 31...カメラ(検出部)、 32...ダミー造形物、 41...投光部、 42...受光部、 50, 53, 56...3次元積層造形装置、 60...造形制御装置

【図面】

【図1】



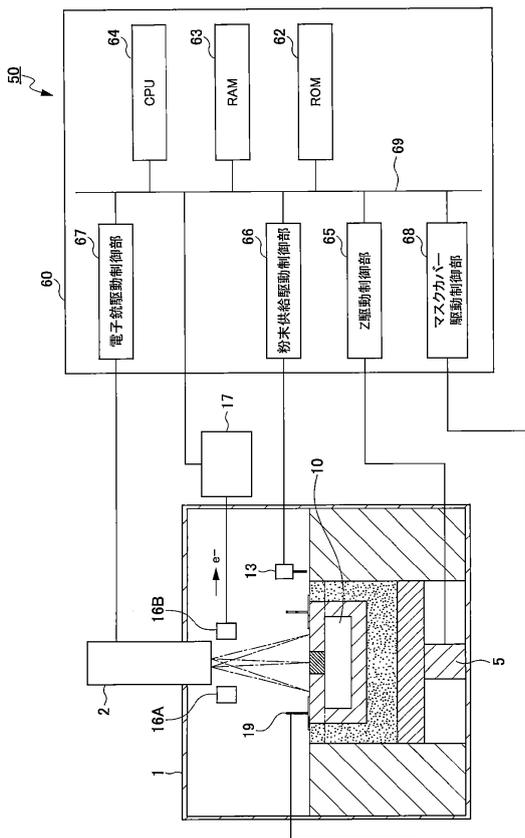
【図2】



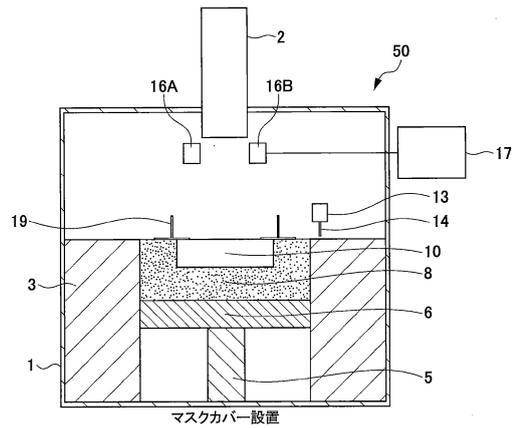
10

20

【図3】



【図4】

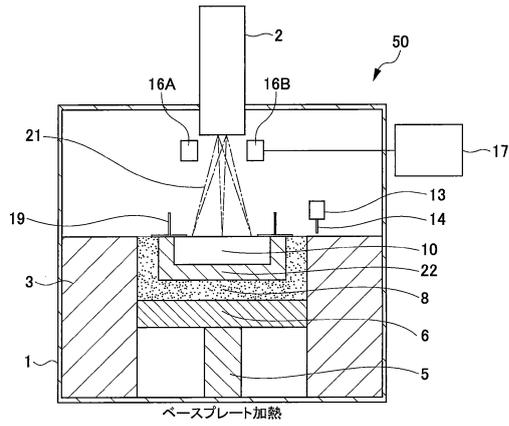


30

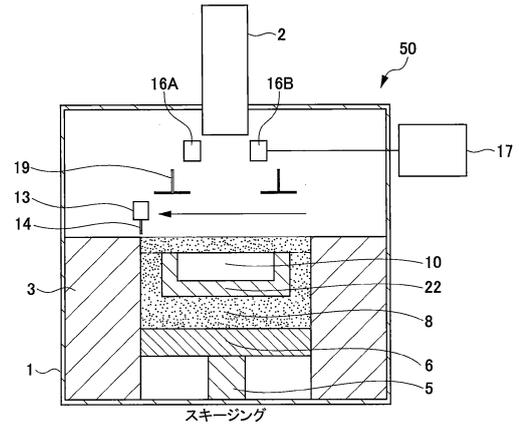
40

50

【図5】

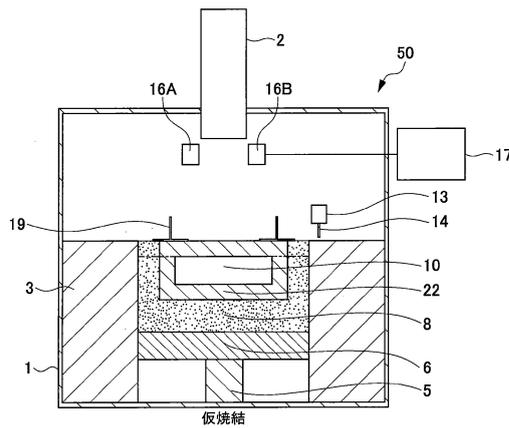


【図6】

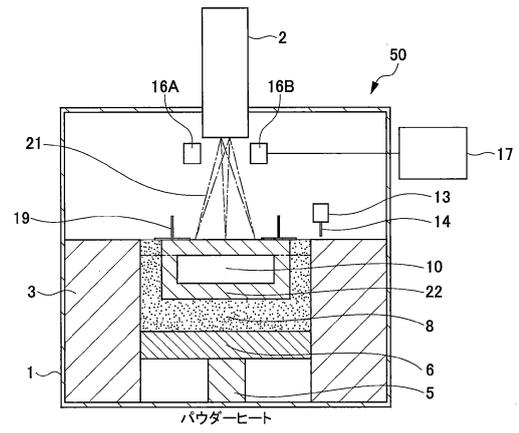


10

【図7】

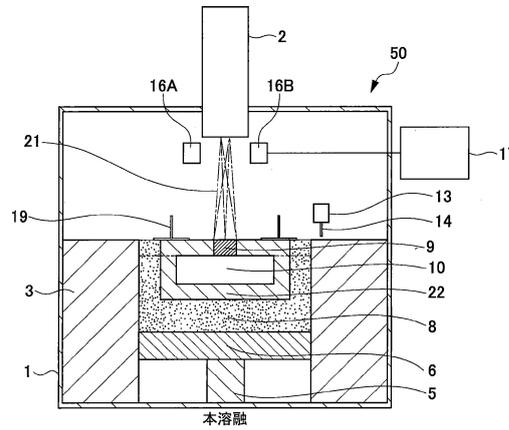


【図8】

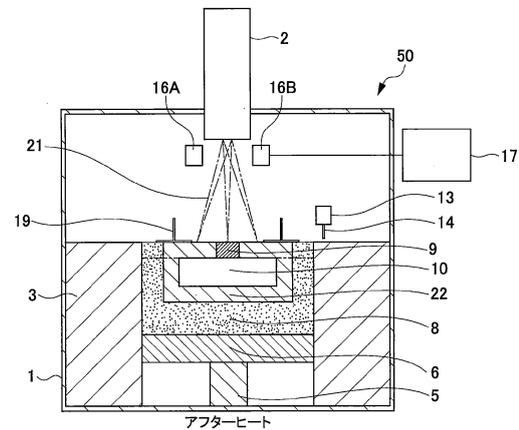


20

【図9】



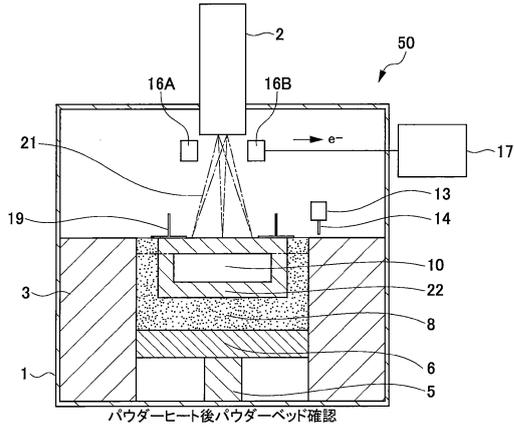
【図10】



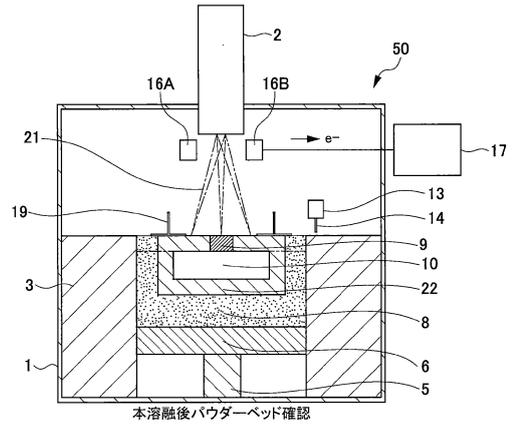
30

40

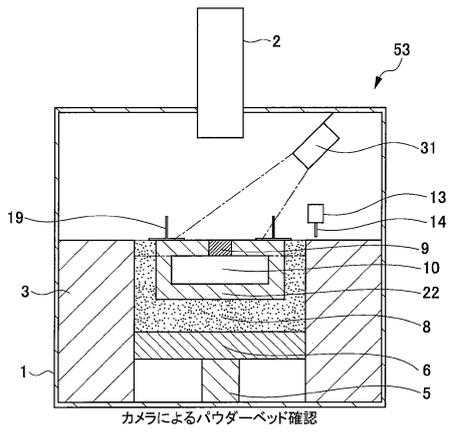
【図 1 1】



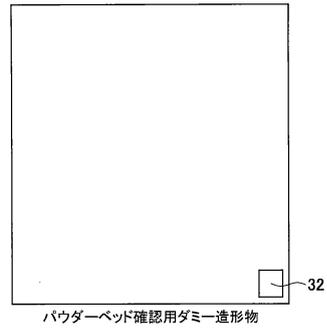
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



10

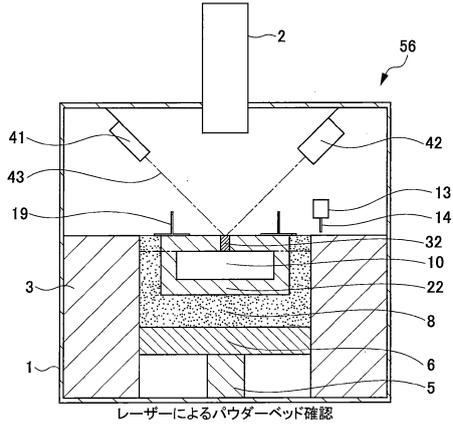
20

30

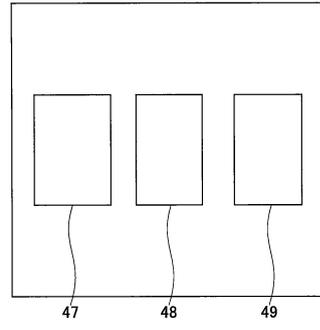
40

50

【図15】



【図16】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

## (51)国際特許分類

F I

<b>B 2 9 C</b>	<b>64/307 (2017.01)</b>	<b>B 2 9 C</b>	<b>64/307</b>
<b>B 3 3 Y</b>	<b>10/00 (2015.01)</b>	<b>B 3 3 Y</b>	<b>10/00</b>
<b>B 3 3 Y</b>	<b>30/00 (2015.01)</b>	<b>B 3 3 Y</b>	<b>30/00</b>
<b>B 3 3 Y</b>	<b>50/02 (2015.01)</b>	<b>B 3 3 Y</b>	<b>50/02</b>

## (56)参考文献

米国特許出願公開第 2 0 1 5 / 0 1 6 5 6 8 3 ( U S , A 1 )

特表 2 0 1 0 - 5 2 0 0 9 1 ( J P , A )

国際公開第 2 0 1 8 / 2 1 6 8 0 2 ( W O , A 1 )

国際公開第 2 0 1 9 / 0 3 0 8 3 9 ( W O , A 1 )

特開 2 0 1 8 - 0 5 8 2 1 3 ( J P , A )

中国特許出願公開第 1 0 6 8 8 1 4 6 2 ( C N , A )

特開 2 0 1 7 - 1 6 0 4 8 5 ( J P , A )

## (58)調査した分野 (Int.Cl., D B名)

B 2 2 F 1 0 / 0 0

B 2 2 F 1 2 / 0 0

B 2 9 C 6 4 / 0 0

B 3 3 Y 1 0 / 0 0

B 3 3 Y 3 0 / 0 0

B 3 3 Y 5 0 / 0 0