

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7196918号

(P7196918)

(45)発行日 令和4年12月27日(2022.12.27)

(24)登録日 令和4年12月19日(2022.12.19)

(51)国際特許分類

F I

B 2 2 F	12/45	(2021.01)	B 2 2 F	12/45
B 2 2 F	12/37	(2021.01)	B 2 2 F	12/37
B 3 3 Y	30/00	(2015.01)	B 3 3 Y	30/00
B 2 2 F	12/13	(2021.01)	B 2 2 F	12/13

請求項の数 11 (全22頁)

(21)出願番号	特願2020-527605(P2020-527605)	(73)特許権者	000000099
(86)(22)出願日	令和1年6月26日(2019.6.26)		株式会社 I H I
(86)国際出願番号	PCT/JP2019/025482		東京都江東区豊洲三丁目1番1号
(87)国際公開番号	WO2020/004507	(74)代理人	100088155
(87)国際公開日	令和2年1月2日(2020.1.2)		弁理士 長谷川 芳樹
審査請求日	令和2年12月18日(2020.12.18)	(74)代理人	100113435
(31)優先権主張番号	特願2018-120674(P2018-120674)		弁理士 黒木 義樹
(32)優先日	平成30年6月26日(2018.6.26)	(74)代理人	100170818
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		弁理士 小松 秀輝
前置審査		(74)代理人	100223424
			弁理士 和田 雄二
		(72)発明者	品川 幹
			東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式
			会社 I H I 内
		(72)発明者	中山 雄一朗

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 三次元造形装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

粉末材料及び前記粉末材料により構成された造形物を支持するテーブルと、
 前記テーブルに対面するように配置され、前記粉末材料を処理して前記造形物を得る処理部と、
 前記テーブルを前記処理部に対して前記テーブルの軸線を回転軸線として、前記回転軸線のまわりに相対的に回転させる回転駆動部と、を備え、
 前記処理部は、前記回転軸線のまわりに配置された複数の処理ユニットを有し、
 前記処理ユニットは、前記テーブルに前記粉末材料を供給し、供給された前記粉末材料を予熱し、前記予熱された前記粉末材料にエネルギービームを照射し、
 前記処理ユニットは、前記エネルギービームを提供すると共に前記造形物の形状に応じて選択される第1ビーム提供部及び第2ビーム提供部と、前記粉末材料を予熱すると共に前記造形物の形状に応じて選択される第1予熱部及び第2予熱部と、を有し、
 前記回転軸線から前記第2ビーム提供部までの距離は、前記回転軸線から前記第1ビーム提供部までの距離よりも短く、
 前記第1ビーム提供部は、前記回転駆動部が提供する回転方向に沿って、前記第2ビーム提供部よりも上流に配置され、
 前記第1ビーム提供部が前記エネルギービームを照射することによって形成される第1造形領域の面積は、前記第2ビーム提供部が前記エネルギービームを照射することによって形成される第2造形領域の面積よりも、大きく、

10

20

前記回転駆動部が提供する回転方向に沿って、前記第 1 予熱部及び前記第 1 ビーム提供部の順に配置され、

前記回転駆動部が提供する回転方向に沿って、前記第 2 予熱部及び前記第 2 ビーム提供部の順に配置されている、三次元造形装置。

【請求項 2】

前記処理ユニットは、前記造形物を後熱する第 1 後熱部及び第 2 後熱部を有し、

前記回転駆動部が提供する回転方向に沿って、前記第 1 ビーム提供部及び第 1 後熱部の順に配置され、

前記回転駆動部が提供する回転方向に沿って、前記第 2 ビーム提供部及び第 2 後熱部の順に配置されている、請求項 1 に記載の三次元造形装置。

10

【請求項 3】

前記第 1 予熱部によって予熱された前記粉末材料の温度は、前記第 1 後熱部によって加熱された前記造形物の温度と等しい、請求項 2 に記載の三次元造形装置。

【請求項 4】

前記第 1 予熱部によって予熱された前記粉末材料の温度は、前記第 1 後熱部によって加熱された前記造形物の温度と異なる、請求項 3 に記載の三次元造形装置。

【請求項 5】

前記第 2 予熱部によって予熱された前記粉末材料の温度は、前記第 2 後熱部によって加熱された前記造形物の温度と等しい、請求項 3 又は 4 に記載の三次元造形装置。

【請求項 6】

前記第 2 予熱部によって予熱された前記粉末材料の温度は、前記第 2 後熱部によって加熱された前記造形物の温度と異なる、請求項 3 又は 4 に記載の三次元造形装置。

20

【請求項 7】

前記処理部及び前記回転駆動部を制御する制御部をさらに備え、

前記処理ユニットは、

前記テーブルの主面に設定される供給領域に対して、前記粉末材料を供給する材料供給部と、

前記テーブルの主面において、前記供給領域よりも前記回転駆動部が提供する回転方向に沿って下流に設定される造形領域に前記エネルギービームを照射するビーム提供部と、を有し、

30

前記制御部は、

前記回転駆動部を制御して、前記テーブル及び前記処理部の一方を他方に対して相対的に回転させる回転動作を行い、

前記材料供給部を制御して、前記供給領域に前記粉末材料を供給する供給動作を行い、

前記ビーム提供部を制御して、前記造形領域に前記エネルギービームを照射する造形動作を行う、請求項 1 に記載の三次元造形装置。

【請求項 8】

前記制御部は、前記回転動作、前記供給動作及び前記造形動作を並行して行う、請求項 7 に記載の三次元造形装置。

【請求項 9】

前記テーブルと前記処理部との間の距離を相対的に変化させる直線駆動部をさらに備え、

前記制御部は、前記直線駆動部を制御して、前記テーブルから前記処理部までの前記回転軸線に沿った距離を大きくする離間動作を行う、請求項 7 又は 8 に記載の三次元造形装置。

40

【請求項 10】

前記制御部は、前記回転動作、前記供給動作、前記造形動作及び前記離間動作を並行して行う、請求項 9 に記載の三次元造形装置。

【請求項 11】

前記制御部は、前記回転動作、前記供給動作及び前記造形動作を並行して行った後に、前記離間動作を行う、請求項 9 に記載の三次元造形装置。

50

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本開示は、三次元造形装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

特許文献1～8は、三次元造形に関する技術を開示する。例えば、特許文献1は、粉末材料にレーザ又はビームを照射することによって三次元造形物を製造する技術を開示する。特許文献2は、回転する製作テーブルの周囲において連続的に造形を行う技術を開示する。特許文献3は、環状に配置された複数のビルドチャンバを含む粉末床を有し、それぞれのビルドチャンバに対して回転駆動するリコータブレードから材料を供給する技術を開示する。特許文献4、5は、2つのビームを互いに異なる場所に同時に照射する技術を開示する。特許文献6は、加工物を移動させながらレーザ照射する加工技術を開示する。

10

【先行技術文献】**【特許文献】****【0003】**

【文献】特表2009-544501号公報

特表2007-503342号公報

特表2015-533650号公報

特表2016-529389号公報

特表2016-526098号公報

特開2016-179500号公報

特表2005-534543号公報

特表2018-507957号公報

20

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

当該技術分野においては、造形時間の短縮化が望まれている。例えば、特許文献7、8は、造形時間の短縮化に注目した技術を開示する。そこで、本開示は、造形時間のさらなる短縮が可能な三次元造形装置を説明する。

30

【課題を解決するための手段】**【0005】**

本開示の一態様に係る三次元造形装置は、粉末材料及び粉末材料により構成された造形物を支持するテーブルと、テーブルに対面するように配置され、粉末材料を処理して造形物を得る処理部と、テーブル及び処理部の一方を他方に対して回転軸線のまわりに相対的に回転させる回転駆動部と、を備える。処理部は、回転軸線のまわりに配置された複数の処理ユニットを有する。処理ユニットは、テーブルに粉末材料を供給し、供給された粉末材料を予熱し、予熱された粉末材料にエネルギービームを照射する。

【発明の効果】**【0006】**

本開示に係る三次元造形装置によれば、造形時間を短縮できる。

40

【図面の簡単な説明】**【0007】**

【図1】図1は、第1実施形態に係る三次元造形装置の断面を示す図である。

【図2】図2は、図1の三次元造形装置が備える処理部を示す図である。

【図3】図3は、三次元造形装置の動作を説明するための模式図である。

【図4】図4は、第2実施形態に係る三次元造形装置が備える処理部を示す図である。

【図5】図5は、図4の三次元造形装置における処理領域を示す図である。

【図6】図6は、第3実施形態に係る三次元造形装置が備える処理部を示す図である。

【図7】図7は、図6の造形装置における処理領域を示す図である。

50

【図 8】図 8 は、変形例に係る三次元造形装置が備える処理領域を示す図である。

【図 9】図 9 は、別の変形例に係る三次元造形装置が備える処理領域を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、添付図面を参照しながら本開示の三次元造形装置の形態を詳細に説明する。図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0009】

本開示の一態様に係る三次元造形装置は、粉末材料及び粉末材料により構成された造形物を支持するテーブルと、テーブルに対面するように配置され、粉末材料を処理して造形物を得る処理部と、テーブル及び処理部の一方を他方に対して回転軸線のまわりに相対的に回転させる回転駆動部と、を備える。処理部は、回転軸線のまわりに配置された複数の処理ユニットを有する。処理ユニットは、テーブルに粉末材料を供給し、供給された粉末材料を予熱し、予熱された粉末材料にエネルギービームを照射する。

10

【0010】

この装置の処理ユニットは、粉末材料をテーブルに供給し、粉末材料を予熱し、粉末材料にエネルギービームを照射する。そして、これらの動作を行う処理ユニットは、回転軸線のまわりに複数配置されている。その結果、一の処理ユニットによる供給動作と、別の処理ユニットによる供給動作とを並行して実施することが可能である。同様に、一の処理ユニットによる予熱動作と、別の処理ユニットによる予熱動作とを並行して実施することが可能である。さらに、一の処理ユニットによる造形動作と、別の処理ユニットによる造形動作とを並行して実施することが可能である。従って、造形時間をさらに短縮することができる。

20

【0011】

上記の三次元造形装置の処理ユニットは、エネルギービームを提供する第 1 ビーム提供部及び第 2 ビーム提供部を含んでもよい。回転軸線から第 2 ビーム提供部までの距離は、回転軸線から第 1 ビーム提供部までの距離よりも短くてもよい。この構成によれば、回転軸線を基準として造形物を外周部分と内周部分とに分けて造形することができる。

【0012】

上記の三次元造形装置の第 1 ビーム提供部は、回転駆動部が提供する回転方向に沿って、第 2 ビーム提供部よりも上流に配置されてもよい。この構成によれば、造形物における外周側の部分が先に造形される。つまり、内周部分よりも前に外周部分の温度が上昇する。その結果、外周部分の温度が高温に保たれる時間が長くなる。従って、造形物の温度低下を抑制しやすくなる。

30

【0013】

上記の三次元造形装置の処理ユニットは、粉末材料を予熱する第 1 予熱部及び第 2 予熱部を有してもよい。回転駆動部が提供する回転方向に沿って、第 1 予熱部及び第 1 ビーム提供部の順に配置されてもよい。回転駆動部が提供する回転方向に沿って、第 2 予熱部及び第 2 ビーム提供部の順に配置されてもよい。この構成によれば、第 1 ビーム提供部に提供される粉末材料を第 1 予熱部によって確実に予熱することができる。同様に、第 2 ビーム提供部に提供される粉末材料を第 2 予熱部によって確実に予熱することができる。

40

【0014】

上記の三次元造形装置の処理ユニットは、造形物を後熱する第 1 後熱部及び第 2 後熱部を有してもよい。回転駆動部が提供する回転方向に沿って、第 1 ビーム提供部及び第 1 後熱部の順に配置されてもよい。回転駆動部が提供する回転方向に沿って、第 2 ビーム提供部及び第 2 後熱部の順に配置されてもよい。この構成によれば、第 1 後熱部及び第 2 後熱部によって造形物の温度が維持される。従って、造形物の上にさらに供給される粉末材料の温度の低下を抑制することができる。

【0015】

上記の三次元造形装置において、第 1 予熱部によって予熱された粉末材料の温度は、第 1 後熱部によって後熱された造形物の温度と等しくてもよい。この構成によれば、粉末材

50

料の温度と造形物の温度との間の温度差を小さくすることができる。

【 0 0 1 6 】

上記の三次元造形装置において、第 1 予熱部によって予熱された粉末材料の温度は、第 1 後熱部によって後熱された造形物の温度と異なってもよい。この構成によれば、粉末材料の温度と造形物の温度との温度差を所望の値に設定することができる。

【 0 0 1 7 】

上記の三次元造形装置において、第 2 予熱部によって予熱された粉末材料の温度は、第 2 後熱部によって加熱された造形物の温度と等しくてもよい。この構成によれば、粉末材料の温度と造形物の温度との間の温度差を小さくすることができる。

【 0 0 1 8 】

上記の三次元造形装置において、第 2 予熱部によって予熱された粉末材料の温度は、第 2 後熱部によって加熱された造形物の温度と異なってもよい。この構成によれば、粉末材料の温度と造形物の温度との温度差を所望の値に設定することができる。

【 0 0 1 9 】

上記の三次元造形装置は、処理部及び回転駆動部を制御する制御部をさらに備えてもよい。処理ユニットは、テーブルの主面に設定される供給領域に対して、粉末材料を供給する材料供給部と、テーブルの主面において、供給領域よりも回転駆動部が提供する回転方向に沿って下流に設定される造形領域にエネルギービームを照射するビーム提供部と、を有してもよい。制御部は、回転駆動部を制御して、テーブル及び処理部の一方を他方に対して相対的に回転させる回転動作を行い、材料供給部を制御して、供給領域に粉末材料を供給する供給動作を行い、ビーム提供部を制御して、造形領域にエネルギービームを照射する造形動作を行ってもよい。この構成によれば、造形物の造形のための各動作が互いに別の領域で行われる。従って、各動作を並行して実行することが可能になる。その結果、各動作を順次実施して造形物を造形する場合に比べて、造形時間を短縮することができる。

【 0 0 2 0 】

上記の三次元造形装置の制御部は、回転動作、供給動作及び造形動作を並行して行ってもよい。この構成によれば、造形時間を好適に短縮することができる。

【 0 0 2 1 】

上記の三次元造形装置は、テーブルと処理部との間の距離を相対的に変化させる直線駆動部をさらに備えてもよい。制御部は、直線駆動部を制御して、テーブルから処理部までの回転軸線に沿った距離を大きくする離間動作を行ってもよい。テーブル上では、粉末材料が処理されながら積層される。その結果、造形物の高さが高くなっていく。この構成によれば、処理を要する粉末材料と造形部との距離を一定に保つことが可能になる。従って、造形部を容易に制御することができる。

【 0 0 2 2 】

上記の三次元造形装置の制御部は、回転動作、供給動作、造形動作及び離間動作を並行して行ってもよい。この構成によれば、らせん状に積層された造形物の造形に要する造形時間を短縮することができる。

【 0 0 2 3 】

上記の三次元造形装置の制御部は、回転動作、供給動作及び造形動作を並行して行った後に、離間動作を行ってもよい。この構成によれば、円板状の複数層により構成された造形物の造形に要する造形時間を短縮することができる。

【 0 0 2 4 】

[第 1 実施形態]

図 1 に示す三次元積層造形物製造装置は、粉末材料 1 0 1 から造形物 1 0 1 S を製造するいわゆる 3 D プリンタである。以下の説明において、三次元積層造形物製造装置は、単に「三次元造形装置 1」と称する。粉末材料 1 0 1 は、金属の粉末である。粉末材料 1 0 1 は、例えばチタン系金属粉末、インコネル粉末、アルミニウム粉末等である。粉末材料 1 0 1 は、金属粉末に限定されない。粉末材料 1 0 1 は、例えば C F R P (Carbon Fiber Reinforced Plastics) など、炭素繊維と樹脂とを含む粉末であってもよい。粉末材料 1

10

20

30

40

50

０１は、導電性を有するその他の粉末でもよい。なお、本開示の三次元造形装置１に用いられる粉末材料は、導電性を有するものには限定されない。例えばエネルギービームとしてレーザを用いる場合には、粉末材料は導電性を有しなくてもよい。

【００２５】

三次元造形装置１は、粉末材料１０１にエネルギーを付与する。換言すると、三次元造形装置１は、粉末材料１０１の温度を上昇させる。その結果、粉末材料１０１は溶融又は焼結する。そして、三次元造形装置１がエネルギーの付与を停止すると、粉末材料１０１の温度が下がる。その結果、粉末材料１０１は、凝固する。つまり、三次元造形装置１は、エネルギーの付与と停止とを複数回繰り返すことにより、造形物１０１Ｓを製造する。造形物１０１Ｓは、例えば機械部品である。なお、造形物１０１Ｓは、その他の構造物であってもよい。

10

【００２６】

三次元造形装置１は、駆動部３と、制御部４と、処理部６と、ハウジング８と、を有する。駆動部３は、造形に要する種々の動作を実現する。処理部６は、粉末材料１０１を処理する。この処理の結果、造形物１０１Ｓが得られる。具体的には、粉末材料１０１の処理とは、粉末材料１０１の供給処理と、粉末材料１０１の予熱処理と、粉末材料１０１の造形処理と、を含む。ハウジング８は、複数のコラム７によって支持されている。ハウジング８は、造形空間Ｓを形成する。造形空間Ｓは、粉末材料１０１を収容する。造形空間Ｓは、処理部６による粉末材料１０１の処理を行うための空間である。造形空間Ｓは、減圧可能な気密空間である。

20

【００２７】

造形空間Ｓには、テーブル１３と造形タンク１４とが配置されている。テーブル１３は、造形処理が行われる処理台である。テーブル１３の形状は、例えば円盤である。テーブル１３には、造形物１０１Ｓの原料である粉末材料１０１が配置される。テーブル１３の中心軸線は、ハウジング８の中心軸線と重複する。テーブル１３には、駆動部３が接続されている。テーブル１３は、駆動部３によって、回転と、回転軸線に沿った直線移動と、を行う。

【００２８】

駆動部３は、テーブル１３を回転及び昇降させる。駆動部３は、回転ユニット１５（回転駆動部）と、昇降ユニット１６（直線駆動部）と、を有する。回転ユニット１５は、テーブル１３を回転させる。回転ユニット１５は、駆動源（例えばモータ）を含む。昇降ユニット１６の上端は、テーブル１３に連結されている。昇降ユニット１６は、テーブル１３を造形タンク１４に対して相対的に昇降させる。この昇降は、回転ユニット１５の回転軸線に沿っている。なお、駆動部３は、テーブル１３を回転及び昇降させることができる機構であればよい。駆動部３は、上記の機構に限定されない。

30

【００２９】

図２は、造形処理に用いられる主要な部品を拡大して示す。テーブル１３の上方には、処理部６が配置されている。つまり、処理部６は、テーブル１３の造形面１３ａ（主面）に対面する。処理部６は、複数の処理ユニットとして、処理ユニット２７Ａ、２７Ｂを含む。処理ユニット２７Ａ、２７Ｂは、回転軸線Ａのまわりに等間隔（１８０度）に配置されている。換言すると、処理ユニット２７Ａ、２７Ｂは、例えば、円周方向に等配置である。この配置によれば、次の処理領域までの回転角度に応じて粉末材料１０１の積層厚さを揃えることができる。なお、上述した処理ユニット２７Ａ、２７Ｂの配置は、例示である。処理ユニット２７Ａ、２７Ｂの配置は、当該構成に限定されない。例えば、処理ユニット２７Ａ、２７Ｂの配置は、円周方向に異なる角度を持って配置されてもよい。

40

【００３０】

例えば、回転軸線Ａを原点としたＸＹ座標系を規定したとき、処理ユニット２７Ａは、第１象限及び第４象限に配置される。処理ユニット２７Ｂは、第２象限及び第３象限に配置される。つまり、処理ユニット２７Ａ、２７Ｂは、円周方向に等配置とした場合には、Ｙ軸を基準として点対称に配置される。なお、処理ユニット２７Ａ、２７Ｂが等配置でな

50

い場合は、点対称となる配置でなくてもよい。

【 0 0 3 1 】

処理ユニット 2 7 A、2 7 B は、配置される位置が互いに異なる。処理ユニット 2 7 A、2 7 B の具体的な構成要素は、共通する。なお、処理ユニット 2 7 A、2 7 B の構成要素は、互いに異なってもよい。例えば、処理ユニット 2 7 A、2 7 B は、それらの一方の構成要素のうち、他方がその一部を省略したものであってもよい。以下、処理ユニット 2 7 A について詳細に説明する。処理ユニット 2 7 B は、必要に応じて説明を追加する。

【 0 0 3 2 】

処理ユニット 2 7 A は、フィーダ 2 8 (材料供給部) と、ヒータ 2 9 と、ビーム源 3 1 (第 1 ビーム提供部) と、を含む。フィーダ 2 8 は、粉末材料 1 0 1 の供給処理を行う。ヒータ 2 9 は、粉末材料 1 0 1 の予熱処理を行う。ビーム源 3 1 は、粉末材料 1 0 1 の造形処理を行う。

10

【 0 0 3 3 】

フィーダ 2 8 は、粉末材料 1 0 1 を、テーブル 1 3 に供給する。フィーダ 2 8 は、図示しない原料タンクと均し部とを有する。原料タンクは、粉末材料 1 0 1 を貯留する。また、原料タンクは、テーブル 1 3 に粉末材料 1 0 1 を供給する。均し部は、テーブル 1 3 に供給された粉末材料 1 0 1 の表面を均す。なお、三次元造形装置 1 は、均し部に替えて、ローラー部、棒状部材、刷毛部などを有してもよい。

【 0 0 3 4 】

ヒータ 2 9 は、放射熱によって粉末材料 1 0 1 の温度を上昇させる。ヒータ 2 9 として、例えば赤外線ヒータを用いてもよい。ヒータ 2 9 として、例えばガスヒータを用いてもよい。

20

【 0 0 3 5 】

ビーム源 3 1 は、電子ビームを発生させる。当該電子ビームは、粉末材料 1 0 1 に照射される。ビーム源 3 1 は、例えば電子銃である。電子銃は、カソードとアノードとの間に生じる電位差に応じた電子ビームを発生させる。

【 0 0 3 6 】

フィーダ 2 8、ヒータ 2 9 及びビーム源 3 1 は、テーブル 1 3 の回転方向に沿って、この順に配置されている。テーブル 1 3 の回転方向は、反時計方向である。以下の説明において、「上流」及び「下流」とは、テーブル 1 3 の回転方向を基準とする。例えば、回転軸線 A を原点とした X Y 座標系を規定したとき、処理ユニット 2 7 A のフィーダ 2 8 及びヒータ 2 9 は、第 4 象限に配置される。ビーム源 3 1 は第 1 象限に配置される。処理ユニット 2 7 B のフィーダ 2 8 及びヒータ 2 9 は、第 2 象限に配置される。ビーム源 3 1 (第 2 ビーム提供部) は第 3 象限に配置される。

30

【 0 0 3 7 】

フィーダ 2 8、ヒータ 2 9 及びビーム源 3 1 は、造形面 1 3 a において、処理領域 3 2 A、3 2 B を形成する。処理領域 3 2 A、3 2 B は、テーブル 1 3 に対して相対的に公転する。つまり、三次元造形装置 1 は、複数の処理領域を有する。ここでいう「テーブル 1 3 に対して相対的に公転する」とは、テーブル 1 3 の回転に対して処理領域 3 2 A、3 2 B の位置が変化しないことを意味する。つまり、テーブル 1 3 及び処理領域 3 2 A、3 2 B をある座標系によって規定したとき、テーブル 1 3 は当該座標系に対して回転する。しかし、処理領域 3 2 A、3 2 B は、当該座標系に対して移動しない。

40

【 0 0 3 8 】

処理領域 3 2 A は、供給領域 3 3 と、予熱領域 3 4 と、造形領域 3 6 と、を含む。フィーダ 2 8 は、供給領域 3 3 を形成する。ヒータ 2 9 は、予熱領域 3 4 を形成する。ビーム源 3 1 は、造形領域 3 6 を形成する。供給領域 3 3、予熱領域 3 4 及び造形領域 3 6 の位置関係は、フィーダ 2 8、ヒータ 2 9 及びビーム源 3 1 の位置関係に対応する。回転軸線 A を原点とした X Y 座標系を規定したとき、処理ユニット 2 7 A の供給領域 3 3 及び予熱領域 3 4 は、第 4 象限に配置される。造形領域 3 6 は、第 1 象限に配置される。処理ユニット 2 7 B の供給領域 3 3 及び予熱領域 3 4 は、第 2 象限に配置される。造形領域 3 6 は

50

、第 3 象限に配置される。

【 0 0 3 9 】

なお、供給領域 3 3、予熱領域 3 4 及び造形領域 3 6 は、回転方向に沿ってこの順に形成されていけばよい。従って、処理ユニット 2 7 A が配置される第 1 象限及び第 4 象限において、供給領域 3 3、予熱領域 3 4 及び造形領域 3 6 のそれぞれが占める領域は、適宜変更してよい。例えば、予熱領域 3 4 は、第 4 象限から第 1 象限に渡って設定され、且つ、造形領域 3 6 は、第 1 象限に設定されてもよい。予熱領域 3 4 は、第 4 象限に設定され、且つ、造形領域 3 6 は、第 4 象限から第 1 象限に渡って設定されてもよい。

【 0 0 4 0 】

テーブル 1 3 は、反時計方向 C C W に回転する。テーブル 1 3 において、ある点を仮定したとき、当該点は、テーブル 1 3 の回転に伴って、供給領域 3 3、予熱領域 3 4 及び造形領域 3 6 の順に通過する。

10

【 0 0 4 1 】

供給領域 3 3 は、フィーダ 2 8 の下に形成される。供給領域 3 3 の形状は、例えば、テーブル 1 3 の直径方向（半径方向）を長手方向とする矩形状である。なお、供給領域 3 3 の形状は、矩形状に限定されない。供給領域 3 3 の形状は、フィーダ 2 8 の構成などに応じて、種々の形状を採用してよい。例えば、供給領域 3 3 の形状は、正方形、多角形、円形、楕円形などであってもよい。また、例えば、供給領域 3 3 は、テーブル 1 3 の中心からテーブル 1 3 の円周縁に至る。供給領域 3 3 の形状は、フィーダ 2 8 を平面視した形状と一致する必要はない。供給領域 3 3 の形状は、フィーダ 2 8 が有する構成部品に応じて適宜設定してよい。供給領域 3 3 には、フィーダ 2 8 から粉末材料 1 0 1 がテーブル 1 3 に供給される。供給された粉末材料 1 0 1 は、所定の厚みを有するように均される。供給領域 3 3 は、粉末材料 1 0 1 が供給される領域のみを意味してもよい。供給領域 3 3 は、粉末材料 1 0 1 が均される領域のみを意味してもよい。さらに、供給領域 3 3 は、粉末材料 1 0 1 が供給される領域と粉末材料 1 0 1 が均される領域とを含むものとしてもよい。

20

【 0 0 4 2 】

予熱領域 3 4 は、供給領域 3 3 の下流側に形成される。予熱領域 3 4 の形状は、扇状である。具体的には、テーブル 1 3 の回転軸線 A の近傍に頂部が配置される。円弧部は、テーブル 1 3 の外周縁に沿って配置される。予熱領域 3 4 の中心角は、例えば 9 0 度である。予熱領域 3 4 の半径は、供給領域 3 3 の長手方向における長さとおおむね一致する。なお、予熱領域 3 4 の半径は、供給領域 3 3 の長手方向における長さよりも長くてもよい。なお、予熱領域 3 4 の形状は、扇形に限定されない。予熱領域 3 4 の形状は、その他の形状を採用してもよい。例えば、予熱領域 3 4 の形状は、円形としてもよい。

30

【 0 0 4 3 】

予熱領域 3 4 は、粉末材料 1 0 1 の温度を上昇させる領域である。ここでいう予熱とは、予熱領域 3 4 における粉末材料 1 0 1 の温度が供給領域 3 3 における粉末材料 1 0 1 よりも高くなるように加熱する処理である。このような加熱処理は、例えば、粉末材料 1 0 1 を仮焼結する処理であってもよい。仮焼結とは、粉末材料 1 0 1 同士が拡散現象によって最小点で拡散して接合した状態である。粉末材料 1 0 1 の温度は、一例として、粉末材料 1 0 1 の融点の 1 / 2 以上である。粉末材料 1 0 1 の温度が、当該粉末材料 1 0 1 の融点の 1 / 2 以上であるとき、焼結の拡散現象が活発になるためである。例えば、粉末材料 1 0 1 がチタンである場合、チタン合金の融点は約 1 5 0 0 以上 1 6 0 0 以下である。従って、仮焼結温度は、7 0 0 以上 8 0 0 以下である。また、粉末材料 1 0 1 がアルミニウムである場合、アルミニウムの融点は約 6 6 0 である。従って、仮焼結温度は、3 0 0 である。

40

【 0 0 4 4 】

造形領域 3 6 は、予熱領域 3 4 の下流側に形成される。造形領域 3 6 の形状は、円形である。造形領域 3 6 の形状は、ビーム源 3 1 の照射範囲（照射可能範囲）と一致する。造形領域 3 6 は、粉末材料 1 0 1 の温度を上昇させる領域である。造形領域 3 6 における粉末材料 1 0 1 の温度は、予熱領域 3 4 における粉末材料 1 0 1 の温度よりも高い。造形領

50

域 3 6 における粉末材料 1 0 1 の温度は、造形物 1 0 1 S を形成可能な温度である。造形物 1 0 1 S を形成可能な温度とは、焼結温度または融解温度である。ビーム源 3 1 は、造形領域 3 6 内の所望の部分において電子ビームが走査するように照射する。なお、造形領域の形状は、ビーム源の照射可能範囲の形状と一致していなくてもよい。例えば、ビーム源の照射可能範囲が円形であるのに対して、造形領域は、ビームが走査される所望の部分であるものとしてもよい。換言すると、造形領域は、照射可能範囲に包含される所望の形状の領域としてもよい。

【 0 0 4 5 】

以下、図 3 を参照しながら、三次元造形装置 1 の動作について詳細に説明する。三次元造形装置 1 の動作は、第 1 供給動作と、第 2 供給動作と、第 1 予熱動作と、第 2 予熱動作と、第 1 造形動作と、第 2 造形動作と、回転動作と、下降動作と、を含む。

10

【 0 0 4 6 】

図 3 において、処理部 6 は、固定されている。つまり、処理領域 3 2 A、3 2 B は、固定されている。処理領域 3 2 A、3 2 B は、回転しない。一方、テーブル 1 3 は、反時計方向 C C W に回転する。説明の便宜上、テーブル 1 3 にはいくつかの領域を設定する。いくつかの領域は、第 1 領域 3 7 a、第 2 領域 3 7 b、第 3 領域 3 7 c、第 4 領域 3 7 d、第 5 領域 3 7 e、第 6 領域 3 7 f を含む。図 3 では、これらの領域を点によって示す。

【 0 0 4 7 】

制御部 4 は、回転ユニット 1 5 を制御する。その結果、テーブル 1 3 が反時計方向 C C W に一定の回転速度をもって回転する。この回転速度は、予熱領域 3 4 における温度上昇幅及び造形領域 3 6 における温度上昇幅に基づいて決定してよい。例えば、予熱前の粉末材料 1 0 1 の温度を予熱後には所定の温度まで上昇させるために要するエネルギー量を得る。次に、当該エネルギー量を粉末材料 1 0 1 に与えるために要する所要時間が決まる。そして、当該所要時間と、予熱領域 3 4 を通過する際に通過する軌跡の長さ、によれば、回転速度が得られる。

20

【 0 0 4 8 】

制御部 4 は、昇降ユニット 1 6 を制御する。その結果、テーブル 1 3 が時間の経過とともに連続的に下方に移動する。この動作を離間動作と称する。テーブル 1 3 の移動速度は、テーブル 1 3 が一回転するごとに形成される層の厚みにより決定してよい。

【 0 0 4 9 】

30

図 3 の (a) 部に示す第 1 の状態であるとき、第 1 領域 3 7 a は、供給領域 3 3 において第 1 供給動作を受ける。第 2 領域 3 7 b は、予熱領域 3 4 において第 1 予熱動作を受ける。第 3 領域 3 7 c は、造形領域 3 6 において第 1 造形動作を受ける。第 4 領域 3 7 d は、供給領域 3 3 において第 2 供給動作を受ける。第 5 領域 3 7 e は、予熱領域 3 4 において第 2 予熱動作を受ける。第 6 領域 3 7 f は、造形領域 3 6 において第 2 造形動作を受ける。

【 0 0 5 0 】

第 1 の状態であるとき、処理ユニット 2 7 A は、第 1 領域 3 7 a に対する第 1 供給動作と並行して、第 2 領域 3 7 b に対する第 1 予熱動作を行う。また、第 1 の状態であるとき、処理ユニット 2 7 A は、第 1 領域 3 7 a に対する第 1 供給動作と並行して、第 3 領域 3 7 c に対する第 1 造形動作を行う。さらに、処理ユニット 2 7 B は、第 4 領域 3 7 d に対する第 2 供給動作と並行して、第 5 領域 3 7 e に対する第 2 予熱動作を行う。また、処理ユニット 2 7 B は、第 4 領域 3 7 d に対する第 2 供給動作と並行して、第 6 領域 3 7 f に対する第 2 造形動作を行う。

40

【 0 0 5 1 】

時間の経過によって、テーブル 1 3 が所定の角度だけ回転する。その結果、図 3 の (b) 部に示す第 2 の状態となる。第 2 の状態であるとき、第 1 領域 3 7 a は、予熱領域 3 4 において第 1 予熱動作を受ける。第 2 領域 3 7 b は、造形領域 3 6 において第 1 造形動作を受ける。第 3 領域 3 7 c は、供給領域 3 3 において第 2 供給動作を受ける。第 4 領域 3 7 d は、予熱領域 3 4 において第 2 予熱動作を受ける。第 5 領域 3 7 e は、造形領域 3 6

50

において第 2 造形動作を受ける。第 6 領域 3 7 f は、供給領域 3 3 において第 1 供給動作を受ける。

【 0 0 5 2 】

第 2 の状態であるとき、処理ユニット 2 7 A は、第 1 領域 3 7 a に対する第 1 予熱動作と並行して、第 2 領域 3 7 b に対する第 1 造形動作を行う。また、処理ユニット 2 7 A は、第 1 領域 3 7 a に対する第 1 予熱動作と並行して、第 6 領域 3 7 f に対する第 1 供給動作を行う。さらに、処理ユニット 2 7 B は、第 4 領域 3 7 d に対する第 2 予熱動作と並行して、第 5 領域 3 7 e に対する第 2 造形動作を行う。処理ユニット 2 7 B は、第 4 領域 3 7 d に対する第 2 予熱動作と並行して、第 1 領域 3 7 a に対する第 2 供給動作を行う。

【 0 0 5 3 】

さらに時間の経過によって、テーブル 1 3 が所定の角度だけ回転する。その結果、図 3 の (c) 部に示す第 3 の状態となる。第 3 の状態であるとき、第 1 領域 3 7 a は、造形領域 3 6 において第 1 造形動作を受ける。第 2 領域 3 7 b は、供給領域 3 3 において第 2 供給動作を受ける。第 3 領域 3 7 c は、予熱領域 3 4 において第 2 予熱動作を受ける。第 4 領域 3 7 d は、造形領域 3 6 において第 2 造形動作を受ける。第 5 領域 3 7 e は、供給領域 3 3 において第 1 供給動作を受ける。第 6 領域 3 7 f は、予熱領域 3 4 において第 1 予熱動作を受ける。

【 0 0 5 4 】

第 3 の状態であるとき、処理ユニット 2 7 A は、第 1 領域 3 7 a に対する第 1 造形動作と並行して、第 5 領域 3 7 e に対する第 1 供給動作を行う。処理ユニット 2 7 A は、第 1 領域 3 7 a に対する第 1 造形動作と並行して、第 6 領域 3 7 f に対する第 1 予熱動作を行う。さらに、処理ユニット 2 7 B は、第 4 領域 3 7 d に対する第 2 造形動作と並行して、第 2 領域 3 7 b に対する第 2 供給動作を行う。処理ユニット 2 7 B は、第 4 領域 3 7 d に対する第 2 造形動作と並行して、第 3 領域 3 7 c に対する第 2 予熱動作を行う。

【 0 0 5 5 】

以下、三次元造形装置 1 の作用効果について説明する。

【 0 0 5 6 】

三次元造形装置 1 の処理ユニット 2 7 A、2 7 B は、粉末材料 1 0 1 をテーブル 1 3 に敷き均し、粉末材料 1 0 1 を予熱し、粉末材料 1 0 1 に電子ビームを照射する。これらの動作を行う処理ユニット 2 7 A、2 7 B は、回転軸線 A のまわりに複数配置されている。その結果、処理ユニット 2 7 A による供給動作と、処理ユニット 2 7 B による供給動作と、を並行して実施することが可能である。同様に、処理ユニット 2 7 A による予熱動作と、処理ユニット 2 7 B による予熱動作と、を並行して実施することが可能である。さらに、処理ユニット 2 7 A による造形動作と、処理ユニット 2 7 B による造形動作とを並行して実施することが可能である。従って、造形時間をさらに短縮することができる。

【 0 0 5 7 】

三次元造形装置 1 のさらなる作用効果について説明する。

【 0 0 5 8 】

三次元造形装置 1 は、造形物 1 0 1 S の造形のための供給動作、予熱動作及び造形動作を互いに別の領域において行う。その結果、各動作を並行して実行することが可能になる。従って、各動作を順次実施することにより造形物 1 0 1 S を造形する場合に比べて、造形時間を短縮することができる。

【 0 0 5 9 】

三次元造形装置 1 は、処理部 6 及び回転ユニット 1 5 を制御する制御部 4 をさらに有する。制御部 4 は、回転ユニット 1 5 を制御して、テーブル 1 3 を処理部 6 に対して回転させる回転動作を行う。制御部 4 は、2 個のフィーダ 2 8 を制御して、2 か所の供給領域 3 3 に粉末材料 1 0 1 を供給させる供給動作を行う。さらに、制御部 4 は、2 個のビーム源 3 1 を制御して、2 か所の造形領域 3 6 に電子ビームを照射させる造形動作を行う。この構成によれば、造形時間を好適に短縮することができる。

【 0 0 6 0 】

三次元造形装置 1 は、テーブル 1 3 と処理部 6 との間の距離を相対的に変化させる昇降ユニット 1 6 をさらに有する。制御部 4 は、昇降ユニット 1 6 を制御して、テーブル 1 3 から処理部 6 までの回転軸線 A に沿った距離を大きくする下降動作を行う。造形面 1 3 a では、粉末材料 1 0 1 が処理されながら積層される。その結果、造形物 1 0 1 S の高さが高くなっていく。この構成によれば、処理を要する粉末材料 1 0 1 から処理部 6 までの距離を一定に保つことが可能になる。従って、処理部 6 の制御を容易にすることができる。

【 0 0 6 1 】

三次元造形装置 1 の造形面 1 3 a には、テーブル 1 3 に対して回転軸線 A のまわりに相対的に公転すると共に、フィード 2 8 に対して下流側であり且つビーム源 3 1 の上流側に設定される予熱領域 3 4 が形成される。処理部 6 は、予熱領域 3 4 に存在する粉末材料 1 0 1 を加熱するヒータ 2 9 をさらに有する。

10

【 0 0 6 2 】

三次元造形装置 1 の制御部 4 は、供給動作、予熱動作、造形動作、回転動作及び下降動作を並行して行う。この制御態様によれば、らせん状に積層された造形物 1 0 1 S の造形に要する造形時間を短縮することができる。換言すると、三次元造形装置 1 は、タクトタイムを短縮できる。

【 0 0 6 3 】

ここで、各動作に要する時間を例示しつつ、造形時間の短縮について説明する。例えば、造形物 1 0 1 S の一層分を造形するために要する時間を想定する。供給動作は t_1 である。予熱動作は t_2 である。造形動作は t_3 である。下降動作は t_5 である。それぞれの時間における大小関係は、 $t_1 \quad t_5 < t_2 \quad t_3$ である。ここで、各動作を順次行った場合には、造形物 1 0 1 S の一層分を造形するために要する時間は、それぞれの時間の和である。つまり、造形時間は $t_1 + t_2 + t_3 + t_5$ である。一方、三次元造形装置 1 のように、各動作を並行して行くと、造形時間は t_2 又は t_3 である。つまり、動作を並行して行う場合、造形時間は、最も時間を要する動作によって決まる。従って、各動作を順次行う場合と比べると、造形時間を短縮することができる。特に、時間を要する動作を 2 以上含む場合に、時間短縮の効果が高い。時間を要する動作とは、例えば予熱動作及び造形動作が例示される。

20

【 0 0 6 4 】

さらに、並行処理によれば、エネルギーロスを低減できる。例えば、各動作を順次行うとき、供給動作の実行中及び下降動作の実行中には、電子ビームの照射が行われない。換言すると、供給動作の実行中及び下降動作の実行中には、加熱処理が行われない。つまり、テーブル 1 3 上では、加熱を伴う動作と加熱を伴わない動作とが繰り返される。その結果、加熱を伴う動作から加熱を伴わない動作に切り替わると、例えば造形面 1 3 a の温度環境が変化する。具体的には、造形面 1 3 a の温度が低下する。そうすると、再び加熱を伴う動作に切り替わったときに、低下した分の温度を高めるためのエネルギーを要する。

30

【 0 0 6 5 】

一方、並行処理によれば、予熱領域 3 4 では、常に予熱動作が行われている。つまり、ヒータによる加熱処理が行われている。従って、予熱領域 3 4 では、加熱及び非加熱が繰り返されることがない。その結果、非加熱時に生じる温度低下も抑制される。そうすると、低下した分の温度を高めるためのエネルギーを要しないので、エネルギーロスを低減できる。造形領域 3 6 についても同様である。

40

【 0 0 6 6 】

三次元造形装置 1 は、固定されたヒータ 2 9 及びビーム源 3 1 に対して造形面 1 3 a が移動する。従って、造形面 1 3 a の全面を照射範囲とする大規模なヒータ 2 9 及びビーム源 3 1 を準備する必要がない。そうすると、ヒータ 2 9 及びビーム源 3 1 に要する高価な電子銃の数を低減できる。その結果、コストの低減も図ることができる。

【 0 0 6 7 】

[第 2 実施形態]

図 4 及び図 5 を参照して、第 2 実施形態の三次元造形装置 1 A について説明する。第 2

50

実施形態の三次元造形装置 1 A は、処理部 6 A を有する。処理部 6 A は、処理ユニット 3 8 A、3 8 B を有する。テーブル 1 3 に対する処理ユニット 3 8 A、3 8 B の位置は、第 1 実施形態の処理ユニット 2 7 A、2 7 B と同じである。以下、処理ユニット 3 8 A の構成について詳細に説明し、処理ユニット 3 8 A と共通する処理ユニット 3 8 B の説明は省略する。

【0068】

以下の説明において「外周側の領域」とは、平面視して円形状または円環状に敷き均された粉末材料 1 0 1 を半径方向において分割したときの外側の領域をいう。また、「内周側の領域」とは、平面視して円形状または円環状に敷き均された粉末材料 1 0 1 を半径方向において分割したときの内側の領域をいう。そして、外周側の領域を外周領域 1 0 1 a と呼ぶ。内周側の領域を内周領域 1 0 1 b と呼ぶ。例えば、外周領域 1 0 1 a の形状円環であり、内周領域 1 0 1 b を囲んでいる。例えば、外周領域 1 0 1 a の内周縁は、内周領域 1 0 1 b の外周縁と接している。なお、外周領域 1 0 1 a と内周領域 1 0 1 b との関係は、互いに接するもののほかに、外周領域 1 0 1 a と内周領域 1 0 1 b とが部分的に重複してもよい。外周領域 1 0 1 a と内周領域 1 0 1 b とが互いに重複しないものであってもよい。また、外周領域 1 0 1 a と内周領域 1 0 1 b との関係は、上述したように 3 つの態様が例示されるが、これらの態様は粉末層ごとに異なってもよい。例えば、ある粉末層では、外周領域 1 0 1 a と内周領域 1 0 1 b とが互いに接しており、別の粉末層では外周領域 1 0 1 a と内周領域 1 0 1 b とが部分的に重複していてもよい。また、外周領域 1 0 1 a と内周領域 1 0 1 b との関係は、造形物の形状に応じて適宜設定されてよい。さらに、外周領域 1 0 1 a の外周縁は、粉末材料 1 0 1 の外周縁と共通であってもよい。外周領域 1 0 1 a の外周縁は、粉末材料 1 0 1 の外周縁よりも内側に形成されてもよい。内周領域 1 0 1 b の形状は、円環または円形であり、外周領域 1 0 1 a に囲まれる。

【0069】

処理ユニット 3 8 A、3 8 B は、フィード 2 8 と、ヒータ 3 9 と、外側ビーム源 4 1 と、内側ビーム源 4 2 と、を有する。処理ユニット 3 8 A は、図 5 に示す処理領域 4 0 A を構成する。また、処理ユニット 3 8 B は、図 5 に示す処理領域 4 0 B を構成する。処理領域 4 0 A、4 0 B は、供給領域 3 3 と、外周予熱領域 4 4 と、内周予熱領域 4 6 と、外周造形領域 4 7 と、内周造形領域 4 8 と、を含む。

【0070】

ヒータ 3 9 は、外周予熱領域 4 4 及び内周予熱領域 4 6 を形成する。外周予熱領域 4 4 及び内周予熱領域 4 6 を含む領域を総合予熱領域 5 0 と称する。ヒータ 3 9 の総合予熱領域 5 0 の形状は、第 1 実施形態のヒータ 2 9 の予熱領域 3 4 の形状とは異なる。第 4 象限に形成される総合予熱領域 5 0 は、扇状の形状を有する。総合予熱領域 5 0 の中心角度は、一例として 9 0 度であってもよいし、9 0 度より大きくてもよいし、9 0 度より小さくてもよい。例えば、総合予熱領域 5 0 の中心角度は、9 0 度としてもよい。さらに詳細には、ヒータ 3 9 は、第 1 予熱部 5 1 と、第 2 予熱部 5 2 と、を含む。第 1 予熱部 5 1 は、外周予熱領域 4 4 を形成する。第 2 予熱部 5 2 は、内周予熱領域 4 6 を形成する。

【0071】

外側ビーム源 4 1 は外周造形領域 4 7 を形成する。外側ビーム源 4 1 は、テーブル 1 3 の外周側に位置する粉末材料 1 0 1 に対して電子ビームを提供する。また、内側ビーム源 4 2 は、内周造形領域 4 8 を形成する。内側ビーム源 4 2 は、テーブル 1 3 の内周側に位置する粉末材料 1 0 1 に対して電子ビームを提供する。

【0072】

外側ビーム源 4 1 は、内側ビーム源 4 2 よりも外周側に配置されている。例えば、回転軸線 A から外側ビーム源 4 1 までの距離は、回転軸線 A から内側ビーム源 4 2 までの距離よりも長い。換言すると、回転軸線 A から内側ビーム源 4 2 までの距離は、回転軸線 A から外側ビーム源 4 1 までの距離よりも短い。さらに、外側ビーム源 4 1 は、内側ビーム源 4 2 よりも上流に配置されている。換言すると、円周方向において、外周予熱領域 4 4 から外側ビーム源 4 1 までの距離は、内周予熱領域 4 6 から内側ビーム源 4 2 までの距離よ

りも短い。例えば、外側ビーム源 4 1 は第 4 象限に配置されてもよい。内側ビーム源 4 2 は第 1 象限に配置されてもよい。

【 0 0 7 3 】

外側ビーム源 4 1 における電子ビームの照射可能範囲は、外周造形領域 4 7 である。外側ビーム源 4 1 は、外周造形領域 4 7 内の所望の部分に電子ビームを走査するように照射する。同様に、内側ビーム源 4 2 における電子ビームの照射可能範囲は、内周造形領域 4 8 である。内側ビーム源 4 2 は、内周造形領域 4 8 内の所望の部分に電子ビームを走査するように照射する。

【 0 0 7 4 】

外周造形領域 4 7 の面積は、内周造形領域 4 8 よりも大きくてもよいし、同じであってもよいし、小さくてもよい。また、外周造形領域 4 7 の形状は、円形状であってもよいし、その他の形状であってもよい。さらに、外周造形領域 4 7 と内周造形領域 4 8 との関係は、種々の態様を取り得る。つまり、外周造形領域 4 7 と内周造形領域 4 8 との関係は、互いに接する態様であってもよいし、一部が重複する関係であってもよいし、重複しない関係であってもよい。

10

【 0 0 7 5 】

例えば、外周造形領域 4 7 は、内周造形領域 4 8 に対して重複させなくてもよい。この構成によれば、上述したように、外側ビーム源 4 1 が内側ビーム源 4 2 よりも上流に配置される。従って、外周造形領域 4 7 は、内周造形領域 4 8 に重複しない。その結果、外側ビーム源 4 1 の電子ビームと、内側ビーム源 4 2 の電子ビームとの相互干渉を防止できる。

20

【 0 0 7 6 】

回転軸線 A を中心とする仮想的な基準円を設定したとき、外周予熱領域 4 4 及び外周造形領域 4 7 は、共通する基準円上に設定される。その結果、外周予熱領域 4 4 を通過した粉末材料 1 0 1 は、外周造形領域 4 7 に提供される。同様に、内周予熱領域 4 6 及び内周造形領域 4 8 も、共通する基準円上に設定される。内周予熱領域 4 6 を通過した粉末材料 1 0 1 は、内周造形領域 4 8 に提供される。

【 0 0 7 7 】

上記の三次元造形装置 1 A の処理ユニット 3 8 A、3 8 B は、電子ビームを提供する外側ビーム源 4 1 及び内側ビーム源 4 2 を含む。回転軸線 A から内側ビーム源 4 2 までの距離は、回転軸線 A から外側ビーム源 4 1 までの距離よりも短い。この構成によれば、回転軸線 A を基準として造形物 1 0 1 S を外周部分と内周部分とに分けて造形することができる。

30

【 0 0 7 8 】

上記の三次元造形装置 1 A の外側ビーム源 4 1 は、駆動部 3 が提供する回転方向に沿って、内側ビーム源 4 2 よりも上流に配置される。この構成によれば、造形物 1 0 1 S における外周側の部分が先に造形される。つまり、内周部分よりも前に外周部分の温度が上昇する。その結果、外周部分の温度が高温に保たれる時間が長い。その結果、造形物 1 0 1 S の温度の低下を抑制しやすくなる。

【 0 0 7 9 】

上記の三次元造形装置 1 A の処理ユニット 3 8 A、3 8 B は、粉末材料 1 0 1 を予熱する第 1 予熱部 5 1 及び第 2 予熱部 5 2 を有する。処理ユニット 3 8 A、3 8 B は、駆動部 3 が提供する回転方向に沿って、第 1 予熱部 5 1 及び外側ビーム源 4 1 の順に配置される。駆動部 3 が提供する回転方向に沿って、第 2 予熱部 5 2 及び内側ビーム源 4 2 の順に配置される。この構成によれば、外側ビーム源 4 1 に提供される粉末材料 1 0 1 を第 1 予熱部 5 1 によって確実に予熱することができる。同様に、内側ビーム源 4 2 に提供される粉末材料 1 0 1 を第 2 予熱部 5 2 によって確実に予熱することができる。

40

【 0 0 8 0 】

[第 3 実施形態]

図 6 及び図 7 を参照して、第 3 実施形態の三次元造形装置 1 B について説明する。第 3

50

実施形態の三次元造形装置 1 B は、処理部 6 B を有する。処理部 6 B は、処理ユニット 4 9 A、4 9 B を含む。以下、処理ユニット 4 9 A の構成について詳細に説明する。処理ユニット 4 9 A と共通する処理ユニット 4 9 B の説明は省略する。

【0081】

処理ユニット 4 9 A は、処理領域 5 3 A を形成する。処理ユニット 4 9 B は、処理領域 5 3 B を形成する。処理ユニット 4 9 A は、フィーダ 2 8 と、上流ヒータ 5 4 と、下流ヒータ 5 5 と、外側ビーム源 4 1 と、内側ビーム源 4 2 と、を有する。つまり、第 3 実施形態の処理ユニット 4 9 A は、2 個のヒータを備えている。上流ヒータ 5 4 は、第 2 実施形態のヒータ 3 9 と同様の構成を有する。下流ヒータ 5 5 は、回転軸線 A を中心とする円周方向において、外側ビーム源 4 1 と内側ビーム源 4 2 との間に配置されている。

10

【0082】

上流ヒータ 5 4 は、第 1 予熱部 5 6 と、第 2 予熱部 5 7 とを有する。第 1 予熱部 5 6 は、外周予熱領域 5 8 を形成する。第 2 予熱部 5 7 は、上流内周予熱領域 5 9 を形成する。外周予熱領域 5 8 及び上流内周予熱領域 5 9 は、上流加熱領域 6 0 を構成する。外周予熱領域 5 8 は、第 2 実施形態の外周予熱領域 4 4 と同様の構成を有する。上流内周予熱領域 5 9 は、第 2 実施形態の内周予熱領域 4 6 と同様の構成を有する。

【0083】

下流ヒータ 5 5 は、第 1 後熱部 6 1 と、第 3 予熱部 6 2 とを有する。ここで、「後熱」とは、「予熱」と対になる用語として用いる。具体的には、「予熱」とは、ビーム源 3 1 による造形処理の前に行われる処理を意味する。「後熱」とは、ビーム源 3 1 による造形処理の後に行われる処理を意味する。従って、三次元造形装置 1 A の処理の流れは、供給処理、予熱処理、造形処理、後熱処理、の順に行われる。

20

【0084】

第 1 後熱部 6 1 は、外周後熱領域 6 3 を形成する。第 3 予熱部 6 2 は、下流内周予熱領域 6 4 を形成する。外周後熱領域 6 3 及び下流内周予熱領域 6 4 は、下流加熱領域 6 6 を構成する。下流ヒータ 5 5 は、外側ビーム源 4 1 をよりも下流に配置されている。一方、下流ヒータ 5 5 は、内側ビーム源 4 2 よりも上流に配置されている。そうすると、下流ヒータ 5 5 の処理対象は、外側ビーム源 4 1 によって造形処理された部分と、内側ビーム源 4 2 によって未だ造形処理されていない部分と、を含む。外周後熱領域 6 3 は、外側ビーム源 4 1 によって造形処理された部分を加熱する。下流内周予熱領域 6 4 は、内側ビーム源 4 2 によって未だ造形処理されていない部分を加熱する。

30

【0085】

粉末材料 1 0 1 は、外周予熱領域 5 8、外周造形領域 4 7 及び外周後熱領域 6 3 をこの順に通過する部分と、上流内周予熱領域 5 9、下流内周予熱領域 6 4 及び内周造形領域 4 8 をこの順に通過する部分と、を含む。

【0086】

上記の三次元造形装置 1 B の処理ユニット 4 9 A、4 9 B は、造形物 1 0 1 S を加熱する下流ヒータ 5 5 を有する。駆動部 3 が提供する回転方向に沿って、外側ビーム源 4 1 及び下流ヒータ 5 5 の順に配置される。この構成によれば、下流ヒータ 5 5 によって造形物 1 0 1 S の温度が維持される。従って、処理ユニット 4 9 A によって処理された造形物 1 0 1 S の上に、処理ユニット 4 9 B からさらに供給される新たな粉末材料 1 0 1 の温度の低下を抑制することができる。

40

【0087】

[変形例]

本開示の三次元造形装置は、上記実施形態に限定されない。本開示の三次元造形装置の実施において各構成要素は、請求項の主旨を逸脱しない範囲において、その形状及び配置などを適宜変更することができる。

【0088】

上述の実施形態では、複数の予熱部及び複数のビーム提供部を同時に動作させる態様を例に、三次元造形装置の動作を説明した。例えば、複数の予熱部及び複数のビーム提供部

50

は、上述のように同時に動作させてもよいし、造形物の形状に応じて、必要な構成要素のみ動作させてもよい。不要な構成要素は、動作を停止させてもよい。つまり、造形物の形状に応じて、複数の予熱部、複数のビーム提供部のいずれを用いるかを選択してもよいし、すべてを用いる状態に切り替えてもよい。

【0089】

例えば、外周領域101aにおける予熱および溶融と、内周領域101bにおける予熱および溶融とは、造形物の形状によっては、同じ粉末層に対して必ずしも両方とも行わなくてもよい。造形物の形状によっては、ある粉末層において、内周領域および外周領域のいずれか一方にのみ、粉末の溶融を行うべき領域が存在することが想定される。粉末の溶融を行うべき領域とは、造形物の断面である。例えば、筒状の造形物であって外径が異なる部分があるものを造形する場合を想定する。このような形状として、例えば円錐台面状などが例示できる。この場合に、造形物の外径が大きい部分では、内周領域101bに造形すべき部分が存在せず、外周領域101aに造形すべき部分が存在する場合があり得る。そして、造形物の外径が小さい部分では、内周領域101bに造形すべき部分が存在し、外周領域101aに造形すべき部分が存在しない場合があり得る。そのような造形物を造形する場合には、造形物の外径が大きい部分では、内周領域101bでの造形は行わず、外周領域101aでの造形を行ってもよい。換言すると、造形物の外径が大きい部分では、第2予熱部52及び内側ビーム源42の動作を停止させた状態として、外周領域101aでの造形を行ってもよい。そして、造形物の外径が小さい部分では、内周領域101bにおける造形を行い、外周領域101aにおける造形を行わないようにしてもよい。換言すると、造形物の外径が小さい部分では、内周領域101bにおける造形を行い、第1予熱部51及び外側ビーム源41の動作を停止させてもよい。

【0090】

例えば、図8に示すように、変形例1の三次元造形装置1Cは、処理部6Cを有してもよい。処理部6Cは、処理領域67A、67Bを形成する。処理領域67A、67Bは、供給領域33と、外周予熱領域68と、外周造形領域69と、外周後熱領域71とを含むとともに、内周予熱領域72と、内周造形領域73と、内周後熱領域74とを含んでもよい。

【0091】

処理領域67A、67Bを形成する場合に、ヒータの構成は特に限定されない。例えば、テーブル13の全面を加熱可能な1個のヒータによって、外周予熱領域68と、外周後熱領域71と、内周予熱領域72と、内周後熱領域74とを形成してもよい。つまり、1個のヒータにより提供される加熱領域が、二か所の外周予熱領域68、二か所の外周後熱領域71、二か所の内周予熱領域72及び二か所の内周後熱領域74を含むものとしてもよい。

【0092】

図8に示すように、複数のヒータによって、各領域を形成してもよい。つまり、第1のヒータ82によって処理領域67Aの外周予熱領域68を形成してもよい。第2のヒータ83によって処理領域67Aの外周後熱領域71を形成してもよい。第3のヒータ84によって処理領域67Aの内周予熱領域72を形成してもよい。第4のヒータ86によって処理領域67Aの内周後熱領域74を形成してもよい。同様に、第5のヒータ87によって処理領域67Bの外周予熱領域68を形成してもよい。第6のヒータ88（第1後熱部）によって処理領域67Bの外周後熱領域71を形成してもよい。第7のヒータ89によって処理領域67Bの内周予熱領域72を形成してもよい。第8のヒータ91（第2後熱部）によって処理領域67Bの内周後熱領域74を形成してもよい。

【0093】

この構成において、第1のヒータ82によって予熱された粉末材料101の温度（ T_1 ）と、外側ビーム源41によって加熱された粉末材料101の温度（ T_2 ）と、第2のヒータ83によって後熱された粉末材料101の温度（ T_3 ）との関係の一例は、例えば、 $T_2 > T_1 = T_3$ である。つまり、外周予熱領域68における粉末材料101の温度（ T

10

20

30

40

50

1)と外周後熱領域71における造形物101Sの温度(T_3)とは、互いに等しい。そして、外周造形領域69における粉末材料101及び造形物101Sの温度は、それらの温度(T_1 、 T_3)よりも高い。ここでいう温度とは、第1のヒータ82、外側ビーム源41及び第2のヒータ83の目標温度としてもよい。また、温度とは、粉末材料10を実際に測定して得た温度としてもよい。さらに、温度とは、造形物101Sを実際に測定して得た温度としてもよい。この構成によれば、粉末材料101の温度と造形物101Sの温度との間の温度差を小さくすることができる。

【0094】

上記の温度の関係は一例であるので、別の構成としてもよい。例えば、予熱の温度(T_1)と、後熱の温度(T_3)とを異ならせてもよい($T_2 > T_1 \neq T_3$)。一例として、予熱の温度(T_1)は、後熱の温度(T_3)よりも高くてもよい($T_2 > T_1 > T_3$)。その逆に、予熱の温度(T_1)は、後熱の温度(T_3)よりも低くてもよい($T_2 > T_3 > T_1$)。この構成によれば、粉末材料101の温度と造形物101Sの温度との温度差を所望の値に設定することができる。

【0095】

上記の温度の関係は、内周側においても同様である。つまり、第3のヒータ84によって予熱された粉末材料101の温度(T_4)と、内側ビーム源42によって加熱された粉末材料101の温度(T_5)と、第4のヒータ86によって後熱された粉末材料101の温度(T_6)との関係は、例えば、 $T_5 > T_4 = T_6$ であってもよいし、 $T_5 > T_4 > T_6$ であってもよいし、 $T_5 > T_6 > T_4$ であってもよい。

【0096】

図9に示すように、変形例2の三次元造形装置1Dは、3組の処理領域を形成してもよい。処理部6Dは、処理領域76A、76B、76Cを形成する。これらの処理領域は、等間隔(120度)に配置されている。例えば、処理領域76Aは、第2実施形態の処理領域40Aと同様の供給領域77と、予熱領域78と、外周造形領域79と、内周造形領域81を有している。なお、処理領域76Aの構成は、第1実施形態の処理領域32Aと同様の構成としてもよい。処理領域76Aの構成は、第3実施形態の処理領域53Aと同様の構成としてもよい。これらのような構成によっても、供給動作、予熱動作及び造形動作を並行して行うことができる。従って、造形時間を短縮することができる。

【0097】

後熱を行う構成においても、予熱部、ビーム提供部、及び後熱部は、造形物の形状に応じて、必要な構成要素のみ動作させて、不要な構成要素の動作は停止させてもよい。後熱を行う構成とは、例えば、図6、図7に示す三次元造形装置1Bおよび図8に示す三次元造形装置1Cなどが含む構成である。つまり、造形物の形状に応じて、複数の予熱部、複数のビーム提供部、後熱部のいずれを用いるかを選択してもよい。すべてを用いる状態に切り替えてもよい。例えば、外周領域101aにおける予熱、熔融、後熱と、内周領域101bにおける予熱、熔融、後熱とは、造形物の形状によっては、同じ粉末層に対して必ずしも両方とも行わなくてもよい。

【0098】

図6、図7に示す三次元造形装置1Bにおいても、造形物の外径が大きい部分では、内周領域101bでの造形は行わず、外周領域101aでの造形を行ってもよい。換言すると、造形物の外径が大きい部分では、第2予熱部57、内側ビーム源42及び第3予熱部62の動作を停止させ、外周領域101aでの造形を行ってもよい。そして、造形物の外径が小さい部分では、内周領域101bでの造形を行い、外周領域101aでの造形を行わないようにしてもよい。換言すると、造形物の外径が小さい部分では、内周領域101bでの造形を行い、第1予熱部56、外側ビーム源41及び第1後熱部61の動作を停止させてもよい。

【0099】

図8に示す三次元造形装置1Cにおいても、造形物の外径が大きい部分では、内周領域101bでの造形は行わず、外周領域101aでの造形を行ってもよい。換言すると、造

10

20

30

40

50

形物の外径が大きい部分では、予熱用の第３のヒータ８４、第７のヒータ８９、内側ビーム源４２、後熱用の第４のヒータ８６及び第８のヒータ９１の動作を停止させ、外周領域１０１ａでの造形を行ってもよい。そして、造形物の外径が小さい部分では、内周領域１０１ｂでの造形を行い、外周領域１０１ａでの造形を行わないようにしてもよい。換言すると、造形物の外径が小さい部分では、予熱用の第１のヒータ８２、第５のヒータ８７、外側ビーム源４１、後熱用の第２のヒータ８３及び第６のヒータ８８の動作を停止させてもよい。

【０１００】

また、例えば、ビーム源３１は、テーブル１３の直径方向に移動可能に設けられていてもよい。この構成では、ビーム源３１は、外周領域を加熱する位置と、内周領域を加熱する位置とに、相互に移動可能に構成されてもよい。ビーム源３１の位置は、例えば、造形物の形状に応じて選択してよい。つまり、造形物の形状に応じて、ビーム源３１を移動させ、ビーム源３１の径方向における位置を粉末層ごとに調節してもよい。

10

【０１０１】

また、例えば、下降動作は、予熱動作及び造形動作と並行して行われなくともよい。制御部４は、供給動作、予熱動作及び造形動作及び回転動作を並行して行う。一方、下降動作は、供給動作、予熱動作及び造形動作及び回転動作とは並行して行われず、この制御によれば、薄い円板を積層させたような構造を有する造形物を得ることができる。

【０１０２】

三次元造形装置を構成する各要素は、要求される機能を奏し得る別の構成要素に代えてもよい。例えば、予熱動作のために、電子ビームまたはレーザーを利用してもよい。例えば、予熱部において、ヒータ２９、３９などに代えて、電子銃またはレーザー発生装置を利用してもよい。後熱動作のために、電子ビームまたはレーザーを利用してもよい。例えば、後熱部において、下流ヒータ５５、後熱用の第２のヒータ８３、第４のヒータ８６、第６のヒータ８８、第８のヒータ９１などに代えて、電子銃またはレーザー発生装置を利用してもよい。

20

【０１０３】

上記の実施形態では、電子ビームの照射によって粉末材料を溶融した。しかし、粉末材料に照射されるビームは、電子ビームに限定されない。つまり、粉末材料に照射されるビームは、その他のエネルギービームでもよい。換言すると、三次元積層造形装置に用いられるビームは、粉末材料１０１に対してエネルギーを供給し得るエネルギービームであればよい。例えばレーザー溶融法が適用された造形装置であってもよい。三次元積層造形装置に用いられるビームは、レーザービームであってもよい。三次元積層造形装置に用いられるビームは、電子ビームおよびイオンビームを含む概念である荷電粒子ビームであってもよい。

30

【０１０４】

上記の実施形態では、テーブル１３の回転方向が時計方向である構成を例示した。テーブル１３の回転方向は、時計方向に限定されない。例えば、テーブル１３の回転方向は、時計方向であってもよい。

【符号の説明】

【０１０５】

１，１Ａ，１Ｂ，１Ｃ，１Ｄ 三次元造形装置

３ 駆動部

４ 制御部

６ 処理部

６Ａ，６Ｂ，６Ｃ，６Ｄ 処理部

７ コラム

８ハウジング

１３ テーブル

１３ａ 造形面（主面）

１４ 造形タンク

40

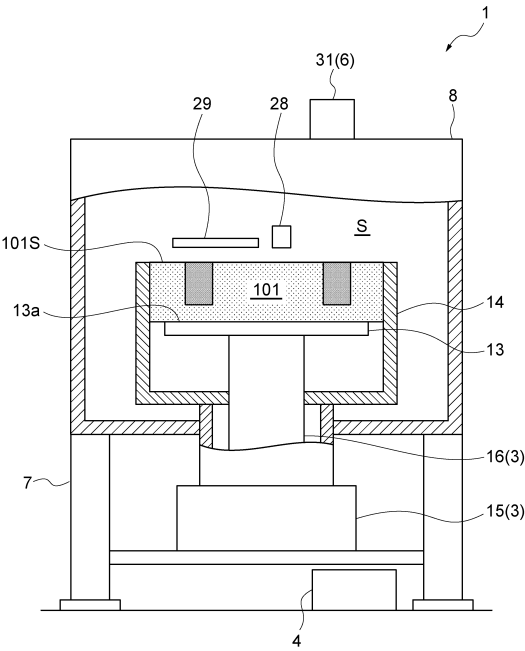
50

1 5	回転ユニット（回転駆動部）	
1 6	昇降ユニット（直線駆動部）	
2 7 A , 2 7 B	処理ユニット	
2 8	フィーダ（材料供給部）	
2 9	ヒータ	
3 1	ビーム源（第 1 ビーム提供部、第 2 ビーム提供部）	
3 2 A , 3 2 B	処理領域	
3 3	供給領域	
3 4	予熱領域	
3 6	造形領域	10
3 7 a	第 1 領域	
3 7 b	第 2 領域	
3 7 c	第 3 領域	
3 7 d	第 4 領域	
3 7 e	第 5 領域	
3 7 f	第 6 領域	
3 8 A , 3 8 B	処理ユニット	
3 9	ヒータ	
4 1	外側ビーム源	
4 2	内側ビーム源	20
4 0 A , 4 0 B	処理領域	
4 4	外周予熱領域	
4 6	内周予熱領域	
4 7	外周造形領域	
4 8	内周造形領域	
4 9 A , 4 9 B	処理ユニット	
5 0	総合予熱領域	
5 1	第 1 予熱部	
5 2	第 2 予熱部	
5 3 A , 5 3 B	処理領域	30
5 4	上流ヒータ	
5 5	下流ヒータ	
5 6	第 1 予熱部	
5 7	第 2 予熱部	
5 8	外周予熱領域	
5 9	上流内周予熱領域	
6 0	上流加熱領域	
6 1	第 1 後熱部	
6 2	第 3 予熱部	
6 3	外周後熱領域	40
6 4	下流内周予熱領域	
6 6	下流加熱領域	
6 7 A , 6 7 B	処理領域	
6 8	外周予熱領域	
6 9	外周造形領域	
7 1	外周後熱領域	
7 2	内周予熱領域	
7 3	内周造形領域	
7 4	内周後熱領域	
7 6 A , 7 6 B , 7 6 C	処理領域	50

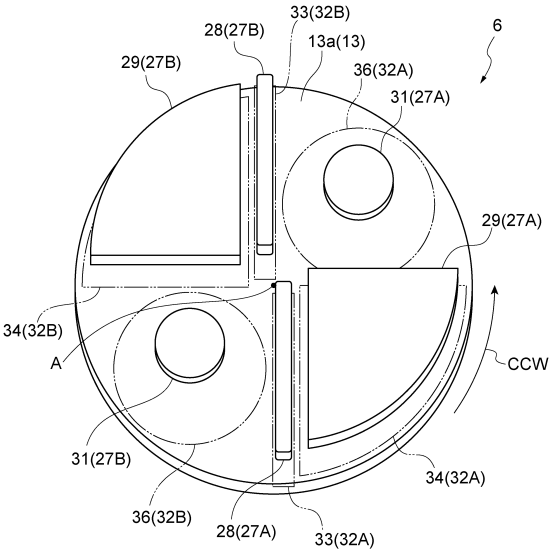
7 7 供給領域
7 8 予熱領域
7 9 外周造形領域
8 1 内周造形領域
1 0 1 粉末材料
1 0 1 S 造形物
1 0 1 a 外周領域
1 0 1 b 内周領域
A 回轉軸線
C C W 反時計方向
S 造形空間

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

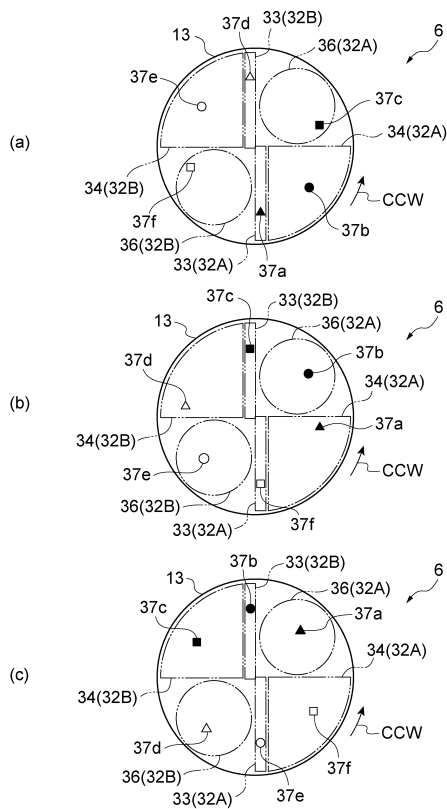
20

30

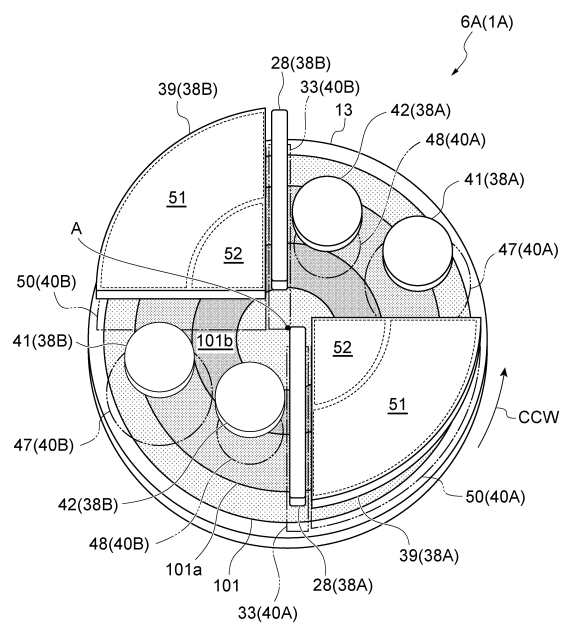
40

50

【 図 3 】



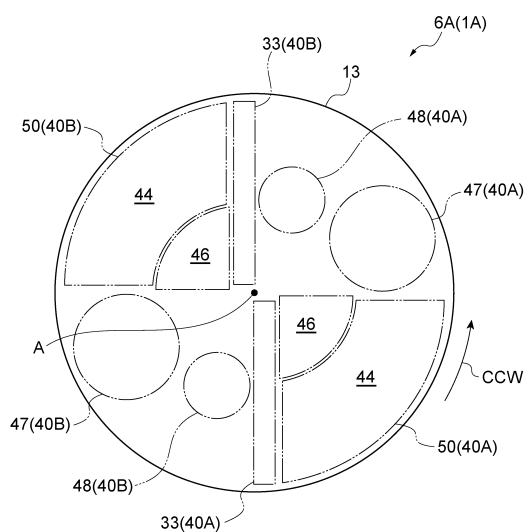
【 図 4 】



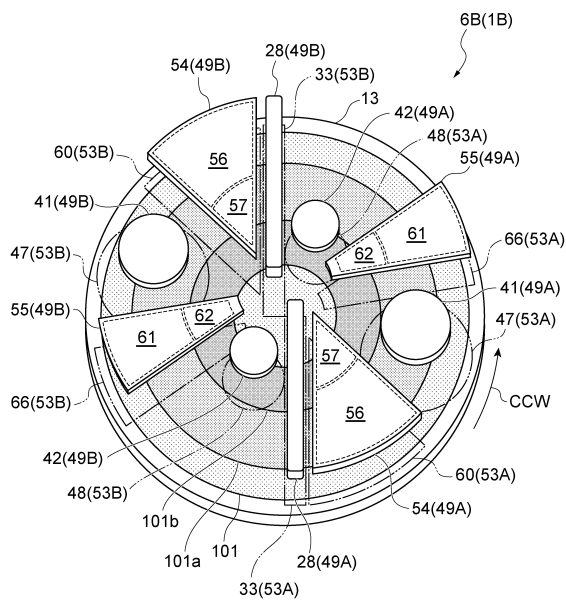
10

20

【圖 5】



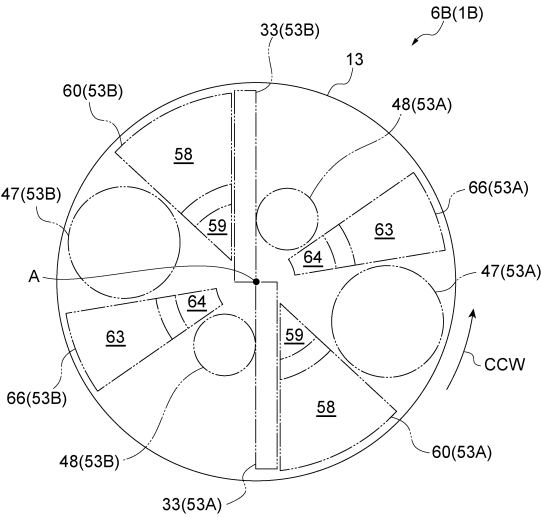
【圖 6】



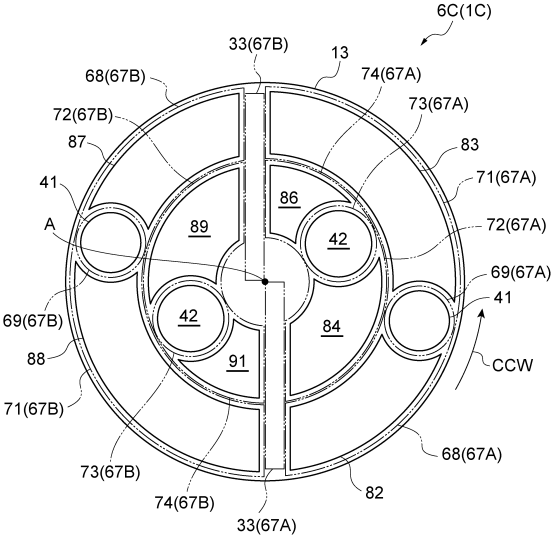
30

40

【 図 7 】



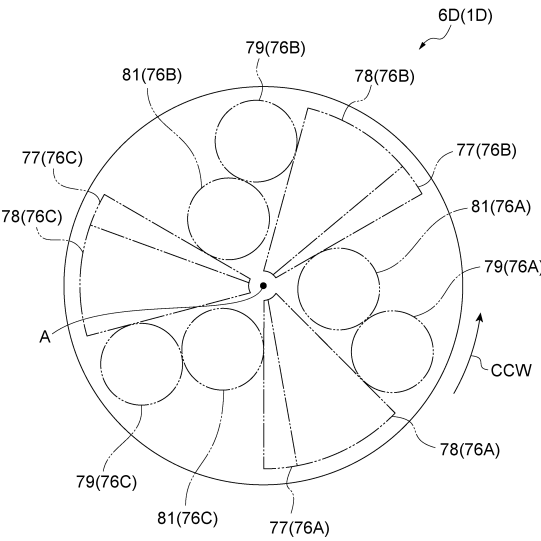
【 図 8 】



10

20

【 図 9 】



30

40

50

フロントページの続き

東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号 株式会社 I H I 内

審査官 松岡 徹

(56)参考文献 特表 2 0 1 5 - 5 3 3 6 8 0 (J P , A)

特表 2 0 1 8 - 5 0 7 9 5 7 (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 3 3 Y 3 0 / 0 0