

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-216801

(P2016-216801A)

(43) 公開日 平成28年12月22日 (2016. 12. 22)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)	
B 2 2 F	3/16	(2006.01)	B 2 2 F 3/16	4 F 2 1 3
B 2 9 C	67/00	(2006.01)	B 2 9 C 67/00	4 K 0 1 8
B 3 3 Y	30/00	(2015.01)	B 3 3 Y 30/00	
B 3 3 Y	10/00	(2015.01)	B 3 3 Y 10/00	
B 2 2 F	3/105	(2006.01)	B 2 2 F 3/105	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2015-106177 (P2015-106177)
 (22) 出願日 平成27年5月26日 (2015. 5. 26)

(71) 出願人 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区新宿四丁目1番6号
 (74) 代理人 100116665
 弁理士 渡辺 和昭
 (74) 代理人 100164633
 弁理士 西田 圭介
 (74) 代理人 100179475
 弁理士 仲井 智至
 (72) 発明者 片倉 孝浩
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
 (72) 発明者 宮下 武
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

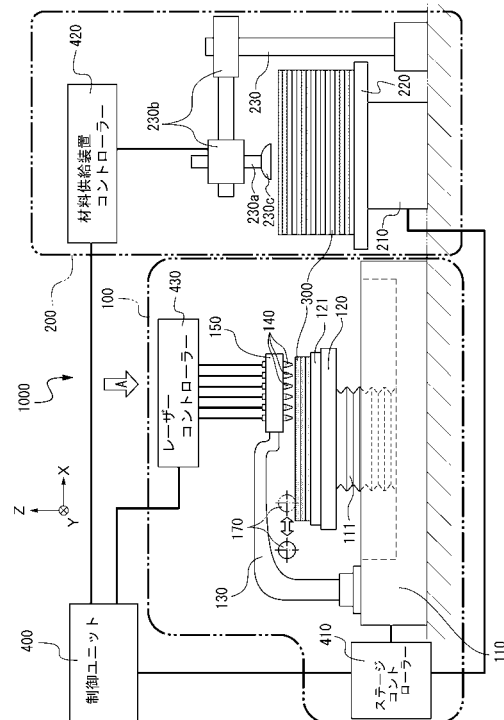
(54) 【発明の名称】 3次元形成装置および3次元形成方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】複数のエネルギー供給手段を、簡単な構成で同期させて駆動することで、高い生産性を持った3次元形成装置の提供。

【解決手段】ステージ120と、金属粉末と、バインダーと、が混練された被焼結材料をステージ120に供給する材料供給手段と、前記材料供給手段により供給された被焼結材料300に、被焼結材料300を焼結可能とするエネルギーを供給するエネルギー照射部140を備えるヘッドユニットと、前記ヘッドユニットを複数保持するヘッドベース150と、を備え、ステージ120に対して、ヘッドベース150が、相対的に3次元移動が可能となる駆動手段を備える3次元形成装置1000。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ステージと、

金属粉末と、バインダーと、が混練された被焼結材料を前記ステージに供給する材料供給手段と、

前記材料供給手段により供給された前記被焼結材料に、前記被焼結材料を焼結可能とするエネルギーを供給するエネルギー照射部を備えるヘッドユニットと、

前記ヘッドユニットを複数保持するヘッドベースと、を備え、

前記ステージに対して、前記ヘッドベースが、相対的に3次元移動が可能となる駆動手段を備える、

ことを特徴とする3次元形成装置。

10

【請求項 2】

ステージと、

金属粉末と、バインダーと、が混練された被焼結材料を前記ステージに供給する材料吐出部を備える材料供給手段と、

前記材料供給手段により供給された前記被焼結材料に、前記被焼結材料を焼結可能とするエネルギーを供給するエネルギー照射部と、を備え、

前記材料吐出部と、前記エネルギー照射部と、が保持されたヘッドユニットを複数保持するヘッドベースを備え、

前記ステージに対して、前記ヘッドベースが、相対的に3次元移動が可能となる駆動手段を備える、

ことを特徴とする3次元形成装置。

20

【請求項 3】

複数備える前記材料供給手段の内、少なくとも1つの前記ヘッドユニットに保持される前記材料吐出部を含む前記材料供給手段と、他の前記材料供給手段と、は、収容される前記被焼結材料が異なる、

ことを特徴とする請求項 2 に記載の3次元形成装置。

【請求項 4】

前記エネルギーがレーザーであることを特徴とする請求項 1 および 2、または 3 に記載の3次元形成装置。

30

【請求項 5】

金属粉末と、バインダーと、が混練された被焼結材料をステージに供給する材料供給工程と、

前記被焼結材料を焼結可能とするエネルギーを供給するエネルギー照射部を備えるヘッドユニットを複数保持するヘッドベースを、前記ステージに対して相対的に移動させ、前記エネルギーを前記被焼結材料に向けて供給し、前記被焼結材料を焼結させる焼結工程と、により単層を形成する単層形成工程と、

前記単層形成工程によって形成された第一の単層に積層させ、前記単層形成工程によって第二の単層を形成する積層工程と、を含み、

前記積層工程を所定の回数、繰り返す、

ことを特徴とする3次元形成方法。

40

【請求項 6】

金属粉末と、バインダーと、が混練された被焼結材料をステージに供給する材料供給手段に備える材料吐出部と、前記材料供給手段により供給された前記被焼結材料に、前記被焼結材料を焼結可能とするエネルギーを供給するエネルギー照射部と、が保持されたヘッドユニットを複数保持するヘッドベースを、前記ステージに対して、相対的に移動させ、前記材料吐出部から前記ステージに前記被焼結材料を吐出する材料供給工程と、前記材料供給工程によって吐出された前記被焼結材料に向けて前記エネルギーを供給し、前記被焼結材料を焼結させる焼結工程と、を含む単層を形成する単層形成工程と、

前記単層形成工程によって形成された第一の単層に積層させ、前記単層形成工程によっ

50

て第二の単層を形成する積層工程と、を含み、
前記積層工程を所定の回数、繰り返す、
ことを特徴とする３次元形成方法。

【請求項 7】

複数備える前記材料供給手段の内、少なくとも 1 つの前記ヘッドユニットに保持される前記材料吐出部を含む前記材料供給手段と、他の前記材料供給手段と、は、収容される前記被焼結材料が異なる、

ことを特徴とする請求項 6 に記載の 3 次元形成方法。

【請求項 8】

前記エネルギーがレーザーであることを特徴とする請求項 5 および 6、または 7 に記載の 3 次元形成方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、3次元形成装置および3次元形成方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、金属材料を用いて3次元形状を簡便に形成する製造方法として、特許文献1に示すような方法が開示されている。特許文献1に開示されている3次元形状造形物の製造方法は、原料に金属粉末と、溶剤と、粘着増進剤と、を有する金属ペーストを層状の材料層に形成して用いる。そして、層状の材料層に光ビームを照射して金属の焼結層もしくは金属の溶融層を形成し、材料層の形成と、光ビームの照射と、を繰り返すことにより焼結層もしくは溶融層が積層され、所望の3次元形状造形物が得られる。

【0003】

また、特許文献2に開示されている肉盛り(3次元)形成が可能な粉末金属肉盛りノズル、あるいは特許文献3に開示されている肉盛り溶接が可能なパウダ供給ノズル、を用いることで、金属粉末の供給と、供給された金属粉末をレーザーによって溶融、凝固させて3次元形状造形物が形成されることが示唆されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2008-184622号公報

【特許文献2】特開2005-219060号公報

【特許文献3】特開2013-75308号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1に開示された方法のように材料層に焼結層を形成し、積層することで3次元形状造形物を得たり、特許文献2,3に開示された方法のように肉盛りを繰り返すことで3次元形状造形物が形成可能であったり、する。いずれの方法も3次元形状造形物を構成する一つの単層を形成し、積層するものである。この単層を形成する場合、3次元形状造形物における1構成の単層の成形では、特許文献1の場合には成形される焼結部の形状を埋めるような軌跡を描いてレーザー照射の走査が行われ、特許文献2,3の場合には焼結部の形状を埋めるような軌跡に沿ってノズル移動が行われる。すなわち、3次元形状造形物を形成するテーブルと、レーザー照射装置、あるいはノズルと、を相対的に移動させて上述の軌跡を描かせるために、相対的な移動をさせる装置駆動部には細かな制御が必要となる。

【0006】

また、上述の単層の形成時間が、軌跡の長さが長くなる、すなわち焼結部の面積が大きくなることで長くなる。従って、生産性を高めるには、レーザー照射の走査速度、あるいは

10

20

30

40

50

はノズルの移動速度を高める必要があったが、レーザーの出力も高めないと、焼結不良、溶融不良を発生する虞があった。

【0007】

そこで、複数のエネルギー供給手段を、簡単な構成で同期させて駆動することで、高い生産性を持った3次元形成装置を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態または適用例として実現することが可能である。

【0009】

〔適用例1〕本適用例の3次元形成装置は、ステージと、金属粉末と、バインダーと、が混練された被焼結材料を前記ステージに供給する材料供給手段と、前記材料供給手段により供給された前記被焼結材料に、前記被焼結材料を焼結可能とするエネルギーを供給するエネルギー照射部を備えるヘッドユニットと、前記ヘッドユニットを複数保持するヘッドベースと、を備え、前記ステージに対して、前記ヘッドベースが、相対的に3次元移動が可能となる駆動手段を備えることを特徴とする。

【0010】

ヘッドベースをステージに対する相対的な移動の1経路に沿って、一つのヘッドユニットに備えるエネルギー照射部から照射されるエネルギーによって、一つのエネルギー照射部の対応した焼結部が形成される。そこで、本適用例の3次元形成装置によれば、ヘッドベースに複数のヘッドユニットを備えていることで、ヘッドベースの1経路に沿って複数の焼結部を形成することができる。従って、所望の焼結領域を形成するためのヘッドベースと、ステージと、の相対移動経路長を短くすることができ、高い生産性を備える3次元形成装置を得ることができる。

【0011】

〔適用例2〕本適用例の3次元形成装置は、ステージと、金属粉末と、バインダーと、が混練された被焼結材料を前記ステージに供給する材料吐出部を備える材料供給手段と、前記材料供給手段により供給された前記被焼結材料に、前記被焼結材料を焼結可能とするエネルギーを供給するエネルギー照射部と、を備え、前記材料吐出部と、前記エネルギー照射部と、が保持されたヘッドユニットを複数保持するヘッドベースを備え、前記ステージに対して、前記ヘッドベースが、相対的に3次元移動が可能となる駆動手段を備えることを特徴とする。

【0012】

ヘッドベースをステージに対する相対的な移動の1経路に沿って、一つのヘッドユニットに備える材料吐出部から供給される被焼結材料にエネルギー照射部から照射されるエネルギーによって、一つのヘッドユニットに対応した焼結部が形成される。そこで、本適用例の3次元形成装置によれば、ヘッドベースに複数のヘッドユニットを備えていることで、ヘッドベースの1経路に沿って複数の焼結部を形成することができる。従って、所望の焼結領域を形成するためのヘッドベースと、ステージと、の相対移動経路長を短くすることができ、高い生産性を備える3次元形成装置を得ることができる。

【0013】

また、本適用例の3次元形成装置によれば、形成される3次元形状造形物の形状を形成する領域に必要な量の被焼結材料が供給され、供給された被焼結材料に向けてエネルギー照射部からエネルギーが供給されるため、材料供給のロス、供給エネルギーのロスが削減される。

【0014】

〔適用例3〕上述の適用例において、複数備える前記材料供給手段の内、少なくとも1つの前記ヘッドユニットに保持される前記材料吐出部を含む前記材料供給手段と、他の前記材料供給手段と、は、収容される前記被焼結材料が異なることを特徴とする。

【0015】

10

20

30

40

50

上述の適用例によれば、異なる組成毎に被焼結材料を供給する材料供給手段を備えることができ、組成毎の各材料供給手段の材料供給と、エネルギー照射部と、によって異なる材料の焼結もしくは熔融を可能とし、2種以上の組成材料からなる造形物を容易に形成することができる。

【0016】

〔適用例4〕上述の適用例において、前記エネルギーがレーザーであることを特徴とする。

【0017】

上述の適用例によれば、ターゲットとなる供給材料に集中してエネルギーを照射することができ、品質の良い3次元形状造形物を形成することができる。また、例えば被焼結材料の種類に合わせて、照射エネルギー量（パワー、走査速度）を制御することが容易に行うことができ、所望の品質の3次元形状造形物を得ることができる。

【0018】

〔適用例5〕本適用例の3次元形成方法は、金属粉末と、バインダーと、が混練された被焼結材料をステージに供給する材料供給工程と、前記被焼結材料を焼結可能とするエネルギーを供給するエネルギー照射部を備えるヘッドユニットを複数保持するヘッドベースを、前記ステージに対して相対的に移動させ、前記エネルギーを前記被焼結材料に向けて供給し、前記被焼結材料を焼結させる焼結工程と、により単層を形成する単層形成工程と、前記単層形成工程によって形成された第一の単層に積層させ、前記単層形成工程によって第二の単層を形成する積層工程と、を含み、前記積層工程を所定の回数、繰り返すことを特徴とする。

【0019】

ヘッドベースをステージに対する相対的な移動の1経路に沿って、一つのヘッドユニットに備えるエネルギー照射部から照射されるエネルギーによって、一つのエネルギー照射部の対応した焼結部が形成される。そこで、本適用例の3次元形成方法によれば、ヘッドベースに複数のヘッドユニットを備える3次元形成装置を用いることで、ヘッドベースの1経路に沿って複数の焼結部を形成することができる。従って、所望の焼結領域を形成するためのヘッドベースと、ステージと、の相対移動経路長を短くすることができ、高い生産性を実現する3次元形成方法を得ることができる。

【0020】

なお、本適用例における「第一の単層」および「第二の単層」とは、繰り返して積層される単層の、積層下部の単層を「第一の単層」、第一の単層上に積層される単層を「第二の単層」と呼び、積層される単層の1層目あるいは2層目を示すものではない。

【0021】

〔適用例6〕本適用例の3次元形成方法は、金属粉末と、バインダーと、が混練された被焼結材料をステージに供給する材料供給手段に備える材料吐出部と、前記材料供給手段により供給された前記被焼結材料に、前記被焼結材料を焼結可能とするエネルギーを供給するエネルギー照射部と、が保持されたヘッドユニットを複数保持するヘッドベースを、前記ステージに対して、相対的に移動させ、前記材料吐出部から前記ステージに前記被焼結材料を吐出する材料供給工程と、前記材料供給工程によって吐出された前記被焼結材料に向けて前記エネルギーを供給し、前記被焼結材料を焼結させる焼結工程と、を含む単層を形成する単層形成工程と、前記単層形成工程によって形成された第一の単層に積層させ、前記単層形成工程によって第二の単層を形成する積層工程と、を含み、前記積層工程を所定の回数、繰り返すことを特徴とする。

【0022】

ヘッドベースをステージに対する相対的な移動の1経路に沿って、一つのヘッドユニットに備える材料吐出部から供給される被焼結材料にエネルギー照射部から照射されるエネルギーによって、一つのヘッドユニットに対応した焼結部が形成される。そこで、本適用例の3次元形成方法によれば、ヘッドベースに複数のヘッドユニットを備える3次元形成装置を用いることで、ヘッドベースの1経路に沿って複数の焼結部を形成することができ

10

20

30

40

50

る。従って、所望の焼結領域を形成するためのヘッドベースと、ステージと、の相対移動経路長を短くすることができ、高い生産性を実現する3次元形成方法を得ることができる。

【0023】

なお、本適用例における「第一の単層」および「第二の単層」とは、繰り返して積層される単層の、積層下部の単層を「第一の単層」、第一の単層上に積層される単層を「第二の単層」と呼び、積層される単層の1層目あるいは2層目を示すものではない。

【0024】

〔適用例7〕上述の適用例において、複数備える前記材料供給手段の内、少なくとも1つの前記ヘッドユニットに保持される前記材料吐出部を含む前記材料供給手段と、他の前記材料供給手段と、は、収容される前記被焼結材料が異なることを特徴とする。

10

【0025】

上述の適用例によれば、異なる組成毎に被焼結材料を供給する材料供給手段を備えることができ、組成毎の各材料供給手段の材料供給と、エネルギー照射部と、によって異なる材料の焼結もしくは熔融を可能とし、2種以上の組成材料からなる造形物を容易に形成することができる。

【0026】

〔適用例8〕上述の適用例において、前記エネルギーがレーザーであることを特徴とする。

【0027】

上述の適用例によれば、ターゲットとなる供給材料に集中してエネルギーを照射することができ、品質の良い3次元形状造形物を形成することができる。また、例えば被焼結材料の種類に合わせて、照射エネルギー量（パワー、走査速度）を制御することが容易に行うことができ、所望の品質の3次元形状造形物を得ることができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】第1実施形態に係る3次元形成装置の構成を示す概略構成図。

【図2】第1実施形態に係るヘッドベースに複数保持されるヘッドユニットの、保持形態の一例を示し、(a)は図1に示す矢印A方向からのヘッドベースの外観図、(b)は(a)に示すB-B'部の概略断面図。

30

【図3】第1実施形態に係るヘッドユニットの配置と、焼結部の形成形態と、の関係を概念的に説明する平面図。

【図4】(a)は第2実施形態に係る3次元形成装置の構成を示す概略構成図、(b)は(a)に示すC部の拡大図。

【図5】第2実施形態に係るヘッドベースの図4(b)に示すD方向からの外観図。

【図6】図5に示すE-E'部の断面図。

【図7】第2実施形態に係るヘッドユニットの配置と、焼結部の形成形態と、の関係を概念的に説明する平面図。

【図8】第2実施形態に係るヘッドユニットの配置と、焼結部の形成形態と、の関係を概念的に説明する平面図。

40

【図9】第2実施形態に係るヘッドユニットの配置と、焼結部の形成形態と、の関係を概念的に説明する平面図。

【図10】ヘッドベースに配置されるヘッドユニットの、その他の配置の例を示す模式図。

【図11】第3実施形態に係る3次元形成方法を示すフローチャート。

【図12】第3実施形態に係るグリーンシート成形装置の概略構成図。

【図13】第3実施形態に係る3次元形成方法の工程を示す概略平面図と概略平面図に示すF-F'部の断面図。

【図14】第3実施形態に係る3次元形成方法の工程を示す概略平面図と概略平面図に示すF-F'部の断面図。

50

【図15】第3実施形態に係る3次元形成方法の工程を示す外観斜視図と外観斜視図に示すF - F'部の概略断面図。

【図16】第4実施形態に係る3次元形成方法を示すフローチャート。

【図17】第4実施形態に係る3次元形成方法の工程を示す概略平面図と概略平面図に示すG - G'部の断面図。

【図18】第4実施形態に係る3次元形成方法の工程を示す概略平面図と概略平面図に示すG - G'部の断面図。

【図19】第5実施形態に係る3次元形状造形物を示し、(a)は平面図、(b)は(a)に示すK - K'部の断面図。

【図20】第5実施形態に係る3次元形成方法を示すフローチャート。

【図21】第5実施形態に係る3次元形成方法の工程を示す断面図と平面図。

【発明を実施するための形態】

【0029】

以下、図面を参照して、本発明に係る実施形態を説明する。

【0030】

(第1実施形態)

図1は第1実施形態に係る3次元形成装置の構成を示す概略構成図である。なお、本明細書における「3次元形成」とは、いわゆる立体造形物を形成することを示すものであって、例えば、平板状、いわゆる2次元形状の形状であっても厚みを有する形状を形成することも含まれる。

【0031】

図1に示す3次元形成装置1000(以下、形成装置1000という)は、3次元形状造形物を形成する焼結装置100と、3次元形状造形物の原料となる金属粉末とバインダーを混練し、シート状に成形した、いわゆるグリーンシートと呼ばれる供給材料300(以下、グリーンシート300という)を焼結装置100に供給する材料供給手段としての材料供給装置200と、を備えている。

【0032】

材料供給装置200は、供給基台210と、供給基台210に備える図示しない駆動手段によって、図示する重力方向に沿うZ軸方向に駆動可能に備えられた供給テーブル220と、供給テーブル220に載置され、最上に積載された複数のグリーンシート300の1枚を保持し焼結装置100へ移送する移送装置230と、を備えている。

【0033】

移送装置230は、グリーンシート300が保持可能なシート保持部230aと、シート保持部230aを供給テーブル220に対して相対的に少なくともX軸およびY軸方向に移動させる供給駆動部230bと、を備えている。シート保持部230aには、例えば減圧吸盤等のグリーンシート300を保持および離脱可能とする手段のシート吸着部230cを備え、シート吸着部230cによってグリーンシート300を吸着、保持することができる。なお、シート吸着部230cのグリーンシート300の保持方法は、上述に限定されず、例えば、原料金属が磁性体であれば磁力吸着等の方法、あるいはパイロットホールを利用して機械的に保持してもよい。

【0034】

焼結装置100は、基台110と、基台110に備える駆動手段としての駆動装置111によって、図示するX、Y、Z方向への移動、あるいはZ軸を中心とした回転方向に駆動可能に備えられたステージ120と、一方の端部が基台110に固定され、他方の端部にエネルギー照射部140を複数保持するヘッドベース150が保持固定されるヘッドベース支持部130と、を備えている。なお、本実施形態ではステージ120を駆動装置111によってX、Y、Z方向に駆動させる構成を説明するが、これに限定されず、ステージ120と、ヘッドベース150と、が相対的にX、Y、Z方向に駆動可能であればよい。

【0035】

10

20

30

40

50

ステージ 120 上には後述するエネルギー照射部から照射される熱エネルギーからステージ 120 を保護する、耐熱性を有する試料プレート 121 と、を備えている。そして、試料プレート 121 の上に、材料供給装置 200 から移送されたグリーンシート 300 が積層配置される。なお、最上層に移送されて積層されるグリーンシート 300 に対して、直下層のグリーンシート 300 を密着させるため、最上層のグリーンシート 300 上を押しながら本例では X 軸方向に往復駆動させるプレスローラー 170 を備えていてもよい。また、プレスローラー 170 は、上下のグリーンシート 300 間の密着性を向上させるため、グリーンシート 300 を加熱する手段を備えていることが好ましい。

【0036】

ヘッドベース 150 に保持される複数のエネルギー照射部 140 は、本実施形態ではエネルギーとしてレーザーを照射するエネルギー照射部 140 により説明する（以下、エネルギー照射部 140 をレーザー照射部 140 という）。照射されるエネルギーにレーザーを用いることにより、ターゲットとなる供給材料に集中してエネルギーを照射することができ、品質の良い 3 次元形状造形物を形成することができる。また、例えば被焼結材料の種類に合わせて、照射エネルギー量（パワー、走査速度）を制御することが容易に行うことができ、所望の品質の 3 次元形状造形物を得ることができる。

【0037】

形成装置 1000 には、図示しない、例えばパーソナルコンピューター等のデータ出力装置から出力される 3 次元形状造形物の造形用データに基づいて、上述したステージ 120、供給テーブル 220、レーザー照射部 140、および移送装置 230 を制御する制御手段としての制御ユニット 400 を備えている。制御ユニット 400 には、図示しないが、ステージ 120 の駆動制御部、供給テーブル 220 の駆動制御部、レーザー照射部 140 の駆動制御部、および移送装置 230 の駆動制御部を備え、それらを連携させて駆動するように制御する制御部と、を備えている。

【0038】

基台 110 に備える駆動装置 111 によって、基台 110 に対して移動可能に備えられているステージ 120、および供給基台 210 に移動可能に備えられている供給テーブル 220 は、制御ユニット 400 からの制御信号に基づき、ステージコントローラー 410 においてステージ 120、あるいは供給テーブル 220 の移動開始と停止、移動方向、移動量、移動速度などを制御する信号が生成され、基台 110 に備える駆動装置 111、あるいは供給基台 210 に備える図示されない駆動装置に送られ、駆動される。

【0039】

材料供給装置 200 に備える移送装置 230 は、制御ユニット 400 からの制御信号に基づき、材料供給装置コントローラー 420 において、移送装置 230 に備える供給駆動部 230 b によるシート保持部 230 a の移動、およびシート吸着部 230 c へのグリーンシート 300 の保持あるいは離脱、などを制御する信号が生成され、グリーンシート 300 の焼結装置 100 への移送が制御される。

【0040】

ヘッドベース 150 に保持されるレーザー照射部 140 は、制御ユニット 400 から制御信号がレーザーコントローラー 430 に送られ、レーザーコントローラー 430 から、複数のレーザー照射部 140 のいずれか、またはすべてにレーザーを照射させる出力信号が送られる。なお、レーザー照射部 140 からのレーザー照射は、ステージコントローラー 410 によるステージ 120 の駆動信号と同期して、ステージ 120 上に載置されたグリーンシート 300 に対して、所定の 3 次元形状造形物の形状データから得られた焼結形成領域に照射されるように制御される。

【0041】

図 2 は、ヘッドベース 150 に複数保持されるヘッドユニット 160 に備えるレーザー照射部 140 の、保持形態の一例を示し、図 2 (a) は図 1 に示す矢印 A 方向からのヘッドベース 150 の外観図、図 2 (b) は図 2 (a) に示す B - B' 部の概略断面図である。

【 0 0 4 2 】

図 2 (a) に示すように、第 1 実施形態に係る形成装置 1 0 0 0 に備えるヘッドベース 1 5 0 には、複数のヘッドユニット 1 6 0 が保持されている。ヘッドユニット 1 6 0 は、図 2 (b) に示すように、レーザー照射部 1 4 0 と、レーザー照射部 1 4 0 のレーザー L を出射するレーザー出射口 1 4 0 a が、グリーンシート 3 0 0 に向けてヘッドベース 1 5 0 に配設されるようにレーザー照射部 1 4 0 を保持する保持治具 1 6 0 a と、を備えている。そしてヘッドユニット 1 6 0 は、図示しない着脱可能な固着手段によってヘッドベース 1 5 0 に固定される。

【 0 0 4 3 】

本実施形態ではヘッドユニット 1 6 0 が 6 セット、ヘッドベース 1 5 0 に固着されている。その配列は、図 2 (a) に示すように、図表示の下側より第 1 列目のヘッドユニット 1 6 1 , 1 6 2、第 2 列目のヘッドユニット 1 6 3 , 1 6 4、そして第 3 列目のヘッドユニット 1 6 5 , 1 6 6 の 1 列 2 セット、3 列の配置がされている。そして、図 2 (b) に示すように、レーザー照射部 1 4 0 から照射されるレーザー L によってグリーンシート 3 0 0 に、焼結幅 r を有する焼結部 3 1 0 が形成され、ヘッドベース 1 5 0 に保持された複数のヘッドユニット 1 6 1 , 1 6 2 , 1 6 3 , 1 6 4 , 1 6 5 , 1 6 6 に備えるレーザー照射部 1 4 0 から照射されるレーザー L によって形成される焼結部 3 1 0 の集合体として、3 次元形状造形物の構成の一部が形成される。

【 0 0 4 4 】

図 3 は、ヘッドユニット 1 6 0 の配置と、焼結部 3 1 0 の形成形態と、の関係を概念的に説明する平面図 (図 1 に示す A 方向矢視) である。まず、図 3 (a) に示すようにグリーンシート 3 0 0 の焼結起点 p_1 において、ヘッドユニット 1 6 1 , 1 6 2 のレーザー照射部 1 4 0 からレーザー L が照射され、焼結部 3 1 0 a , 3 1 0 b が形成される。なお、説明の便宜上、平面図であるが焼結部 3 1 0 にはハッチングを施す。

【 0 0 4 5 】

ヘッドユニット 1 6 1 , 1 6 2 からレーザー L を照射しながら、グリーンシート 3 0 0 をヘッドベース 1 5 0 に対して相対的に Y (+) 方向の、図 3 (b) に示す焼結起点 p_1 が 2 列目のヘッドユニット 1 6 3 , 1 6 4 に対応する位置まで移動させる。これによって、焼結部 3 1 0 a , 3 1 0 b は、焼結起点 p_1 からグリーンシート 3 0 0 の相対移動後の位置 p_2 まで焼結幅 r を保持して延設される。さらに、焼結起点 p_1 に対応した 2 列目のヘッドユニット 1 6 3 , 1 6 4 からレーザー L が照射され焼結部 3 1 0 c , 3 1 0 d が形成される。

【 0 0 4 6 】

図 3 (b) に示す焼結起点 p_1 が 2 列目のヘッドユニット 1 6 3 , 1 6 4 に対応した位置で、レーザー L が照射され焼結部 3 1 0 c , 3 1 0 d が形成され始め、ヘッドユニット 1 6 3 , 1 6 4 からレーザー L を照射しながら、グリーンシート 3 0 0 がヘッドベース 1 5 0 に対して相対的に、図 3 (c) に示す焼結起点 p_1 が 3 列目のヘッドユニット 1 6 5 , 1 6 6 に対応する位置まで移動させる。これによって、焼結部 3 1 0 c , 3 1 0 d は、焼結起点 p_1 からグリーンシート 3 0 0 の相対移動後の位置 p_2 まで焼結幅 r を保持して延設される。同時に、焼結部 3 1 0 a , 3 1 0 b は、焼結起点 p_1 からグリーンシート 3 0 0 の相対移動後の位置 p_3 まで焼結幅 r を保持して延設される。さらに、焼結起点 p_1 に対応した 3 列目のヘッドユニット 1 6 5 , 1 6 6 からレーザー L が照射され焼結部 3 1 0 e , 3 1 0 f が形成される。

【 0 0 4 7 】

図 3 (c) に示す焼結起点 p_1 が 3 列目のヘッドユニット 1 6 5 , 1 6 6 に対応した位置で、レーザー L が照射され焼結部 3 1 0 e , 3 1 0 f が形成され始め、ヘッドユニット 1 6 5 , 1 6 6 からレーザー L を照射しながら、グリーンシート 3 0 0 がヘッドベース 1 5 0 に対して相対的に、図 3 (d) に示す焼結起点 p_1 がさらに Y (+) 方向に移動させる。これによって、焼結部 3 1 0 e , 3 1 0 f は、焼結起点 p_1 からグリーンシート 3 0 0 の相対移動後の位置 p_2 まで焼結幅 r を保持して延設される。同時に、焼結部 3 1 0 a

10

20

30

40

50

、310bは、焼結起点p1からグリーンシート300の相対移動後の位置p4まで、および、焼結部310c、310dは、焼結起点p1から相対移動後の位置p3まで、焼結幅rを保持して延設される。

【0048】

位置p4を焼結終了位置とした場合（以下、位置p4を焼結終点p4という）、図3（d）に示す焼結終点p4において、ヘッドユニット161、162からのレーザーLの照射が停止される。さらに、相対的にグリーンシート300をY（+）方向に移動させながら、ヘッドユニット163、164、165、166が焼結終点p4に到達するまで、レーザーLが照射され、図3（e）に示すように、焼結部310c、310d、310e、310fは焼結幅rを保持して焼結起点p1から焼結終点p4まで形成される。このようにして、焼結起点p1から焼結終点p4までグリーンシート300を移動させながら、ヘッドユニット161、162、163、164、165、166から順次、レーザーLを照射させることで、幅R、長さHの、本実施形態の例示では略矩形の焼結部310を形成することができる。

10

【0049】

上述したように、第1実施形態に係る形成装置1000に備える焼結装置100は、グリーンシート300の移動に同期させ、ヘッドユニット161、162、163、164、165、166からのレーザーLの照射を選択的に行うことで、グリーンシート300に所望の形状の焼結部310を形成することができる。また、上述したように、グリーンシート300の移動は、本例ではY軸方向に沿った一方向へ移動させるだけで、図3（e）に示す幅R×長さHの領域内で所望の形状の焼結部310を得ることができる。そして、焼結部310の集合体としての、後述する部分造形物を得ることができる。

20

【0050】

形成装置1000は、グリーンシート300を材料供給装置200から焼結装置100へ供給する形態を説明したが、これに限定されない。例えば、粉末金属を試料プレート121上に供給し、スキージによって所望の厚みに成形することで、焼結前の材料が供給される形態であってもよい。

【0051】

（第2実施形態）

図4は第2実施形態に係る3次元形成装置の構成を示す概略構成図である。図4（a）に示す3次元形成装置2000（以下、形成装置2000という）は、第1実施形態に係る形成装置1000に対して、材料供給手段の構成と、ヘッドベースおよびヘッドユニットの構成が異なるものである。従って、第1実施形態に係る形成装置1000と同じ構成要素には同じ符号を付し、説明は省略する。

30

【0052】

図4に示すように、形成装置2000は、基台110と、基台110に備える駆動手段としての駆動装置111によって、図示するX、Y、Z方向の移動、あるいはZ軸を中心とする回転方向に駆動可能に備えられたステージ120と、一方の端部が基台110に固定され、他方の端部に、エネルギー照射部1300と材料吐出部1230とを備えるヘッドユニット1400を複数保持するヘッドベース1100が保持固定されるヘッドベース支持部130と、を備えている。

40

【0053】

そしてステージ120上に、3次元形状造形物500に形成される過程での部分造形物501、502、503が層状に形成される。3次元形状造形物500の形成には後述するが、レーザーによる熱エネルギーの照射がされるため、ステージ120の熱からの保護のため、耐熱性を有する試料プレート121を用いて、試料プレート121の上に3次元形状造形物500を形成してもよい。試料プレート121としては、例えばセラミック板を用いることで、高い耐熱性を得ることができ、更に焼結あるいは熔融される供給材料との反応性も低く、3次元形状造形物500の変質を防止することができる。なお、図4（a）では説明の便宜上、部分造形物501、502、503の3層を例示したが、所望の

50

3次元形状造形物500の形状まで積層される。

【0054】

図4(b)は、図4(a)に示すヘッドベース1100を示すC部拡大概念図である。図4(b)に示すように、ヘッドベース1100は、複数のヘッドユニット1400が保持されている。詳細は後述するが、1つのヘッドユニット1400は、材料供給手段としての材料供給装置1200に備える材料吐出部1230と、エネルギー照射手段としてのエネルギー照射部1300と、が保持治具1400aに保持されることで構成される。材料吐出部1230は、吐出ノズル1230aと、材料供給コントローラ1500によって吐出ノズル1230aからの材料を吐出させる吐出駆動部1230bと、を備えている。

10

【0055】

エネルギー照射部1300は、本実施形態ではエネルギーとしてレーザーを照射するエネルギー照射部1300により説明する(以下、エネルギー照射部1300をレーザー照射部1300という)。ターゲットとなる供給材料に集中してエネルギーを照射することができ、品質の良い3次元形状造形物を形成することができる。また、例えば被焼結材料の種類に合わせて、照射エネルギー量(パワー、走査速度)を制御することが容易に行うことができ、所望の品質の3次元形状造形物を得ることができる。

【0056】

材料吐出部1230は、ヘッドベース1100に保持されるヘッドユニット1400それぞれに対応させた供給材料を収容した材料供給ユニット1210と供給チューブ1220により接続されている。そして、所定の材料が材料供給ユニット1210から材料吐出部1230に供給される。材料供給ユニット1210には、本実施形態に係る形成装置2000によって造形される3次元形状造形物500の原料を含む被焼結材料が供給材料として材料収容部1210aに収容され、個々の材料収容部1210aは、供給チューブ1220によって、個々の材料吐出部1230に接続されることが好ましい。このように、個々の材料収容部1210aを備えることにより、ヘッドベース1100から、複数の異なる種類の被焼結材料を供給することができる。

20

【0057】

供給材料の被焼結材料としては、3次元形状造形物500の原料となる金属、例えばマグネシウム(Mg)、鉄(Fe)、コバルト(Co)やクロム(Cr)、アルミニウム(Al)、チタン(Ti)、ニッケル(Ni)の単体粉末、もしくはこれらを1つ以上含む合金などの混合粉末を、溶剤と、バインダーとしての増粘剤と、に混練して得られるスラリー状(あるいはペースト状)の混合材料である。

30

【0058】

図4(a)に示すように、形成装置2000は、例えば図示しないパーソナルコンピュータ等のデータ出力装置から出力される3次元形状造形物500の造形用データに基づいて、上述したステージ120、材料供給装置1200に備える材料吐出部1230、およびレーザー照射部1300を制御する制御手段としての制御ユニット400を備えている。制御ユニット400には、図示されないが、少なくともステージ120の駆動制御部と、材料吐出部1230の作動制御部と、レーザー照射部1300の作動制御部と、を備えている。そして、制御ユニット400には、ステージ120、材料吐出部1230、およびレーザー照射部1300と、が連携して駆動、動作させる制御部を備えている。

40

【0059】

基台110に移動可能に備えられているステージ120は、制御ユニット400からの制御信号に基づき、ステージコントローラ1500においてステージ120の移動開始と停止、移動方向、移動量、移動速度などを制御する信号が生成され、基台110に備える駆動装置111に送られ、図示するX、Y、Z方向にステージ120が移動する。ヘッドユニット1400に備える材料吐出部1230では、制御ユニット400からの制御信号に基づき、材料供給コントローラ440において材料吐出部1230に備える吐出駆動部1230bにおける吐出ノズル1230aからの材料吐出量などを制御する信号が生

50

成され、生成された信号により吐出ノズル 1 2 3 0 a から所定量の材料が吐出される。

【 0 0 6 0 】

図 5 および図 6 は、ヘッドベース 1 1 0 0 に複数保持されるヘッドユニット 1 4 0 0、およびヘッドユニット 1 4 0 0 に保持されるレーザー照射部 1 3 0 0 と材料吐出部 1 2 3 0 の保持形態の一例を示し、図 5 は図 4 (b) に示す矢印 D 方向からのヘッドベース 1 1 0 0 の外観図、図 6 は図 5 に示す E - E ' 部の概略断面図である

【 0 0 6 1 】

図 5 に示すように、ヘッドベース 1 1 0 0 に複数のヘッドユニット 1 4 0 0 が、図示しない固定手段によって保持されている。本実施形態に係る形成装置 2 0 0 0 のヘッドベース 1 1 0 0 では、図下方より第 1 列目のヘッドユニット 1 4 0 1 , 1 4 0 2、第 2 列目の
10
ヘッドユニット 1 4 0 3 , 1 4 0 4、第 3 列目のヘッドユニット 1 4 0 5 , 1 4 0 6、そして第 4 列目のヘッドユニット 1 4 0 7 , 1 4 0 8 の、8 ユニットのヘッドユニット 1 4 0 0 を備えている。そして、図示しないが、それぞれのヘッドユニット 1 4 0 1 ~ 1 4 0 8 に備える材料吐出部 1 2 3 0 は、吐出駆動部 1 2 3 0 b を介して材料供給ユニット 1 2 1 0 に供給チューブ 1 2 2 0 で繋がれ、レーザー照射部 1 3 0 0 はレーザーコントローラ 4 3 0 に繋がれ、保持治具 1 4 0 0 a に保持される構成となっている。

【 0 0 6 2 】

図 6 に示すように、材料吐出部 1 2 3 0 は吐出ノズル 1 2 3 0 a から、ステージ 1 2 0 上に載置された試料プレート 1 2 1 上に向けて被焼結材料 M (以下、材料 M という) が吐出される。ヘッドユニット 1 4 0 1 では、材料 M が液滴状で吐出される吐出形態を例示し
20
、ヘッドユニット 1 4 0 2 では、材料 M が連続体状で供給される吐出形態を例示している。材料 M の吐出形態は、液滴状であっても連続体状であっても、どちらでもよいが、本実施形態では材料 M は液滴状で吐出される形態により説明する。

【 0 0 6 3 】

吐出ノズル 1 2 3 0 a から液滴状に吐出された材料 M は、略重力方向に飛翔し、試料プレート 1 2 1 上に着弾する。レーザー照射部 1 3 0 0 は、出射するレーザー L が、材料 M の着弾位置に向かうよう、重力方向に対して所定の傾きを持って保持治具 1 4 0 0 a に保持されており、着弾した材料 M に向けてレーザー照射部 1 3 0 0 からレーザー L が照射され、材料 M が焼成、焼結し、焼結部 5 0 が形成される。この焼結部 5 0 の集合体が、試料
30
プレート 1 2 1 上に形成される 3 次元形状造形物 5 0 0 の部分造形物、例えば部分造形物 5 0 1 (図 4 参照) として形成される。

【 0 0 6 4 】

図 7、図 8 および図 9 は、ヘッドユニット 1 4 0 0 の配置と、焼結部 5 0 の形成形態と、の関係を概念的に説明する平面図 (図 4 に示す D 方向矢視) である。まず、図 7 (a) に示すように試料プレート 1 2 1 上の造形起点 q 1 において、ヘッドユニット 1 4 0 1 , 1 4 0 2 の吐出ノズル 1 2 3 0 a から材料 M が吐出され、試料プレート 1 2 1 に着弾した材料 M にレーザー照射部 1 3 0 0 からレーザー L が照射され、焼結部 5 0 a , 5 0 b が形成される。なお、説明の便宜上、平面図であるが焼結部 5 0 にはハッチングを施し、試料
40
プレート 1 2 1 の上面に形成される 1 層目の部分造形物 5 0 1 を例示して説明する。

【 0 0 6 5 】

まず、図 7 (b) に示すように試料プレート 1 2 1 上の部分造形物 5 0 1 の造形起点 q 1 において、図示下方の第 1 列目のヘッドユニット 1 4 0 1 , 1 4 0 2 に備える材料吐出部 1 2 3 0 から、材料 M が吐出される。吐出された材料 M に対して、ヘッドユニット 1 4 0 1 , 1 4 0 2 に備えるレーザー照射部 1 3 0 0 からレーザー L が照射され焼結部 5 0 a , 5 0 b が形成される。

【 0 0 6 6 】

ヘッドユニット 1 4 0 1 , 1 4 0 2 の材料吐出部 1 2 3 0 からの材料 M の吐出と、レーザー照射部 1 3 0 0 からのレーザー L の照射を継続しながら、試料プレート 1 2 1 をヘッドベース 1 1 0 0 に対して相対的に Y (+) 方向の、図 7 (b) に示す造形起点 q 1 が 2
50
列目のヘッドユニット 1 4 0 3 , 1 4 0 4 に対応する位置まで移動させる。これによって

、焼結部 50 a , 50 b は、造形起点 q 1 から試料プレート 121 の相対移動後の位置 q 2 まで焼結幅 t を保持して延設される。さらに、造形起点 q 1 に対応した 2 列目のヘッドユニット 1403 , 1404 から材料 M が吐出され、そこにレーザー L が照射されることで焼結部 50 c , 50 d が形成され始める。

【0067】

図 7 (b) に示す焼結部 50 c , 50 d が形成され始め、ヘッドユニット 1403 , 1404 の材料吐出部 1230 からの材料 M の吐出と、レーザー照射部 1300 からのレーザー L の照射を継続しながら、試料プレート 121 をヘッドベース 1100 に対して相対的に Y (+) 方向の、図 7 (c) に示す造形起点 q 1 が 3 列目のヘッドユニット 1405 , 1406 に対応する位置まで移動させる。これによって、焼結部 50 c , 50 d は、造形起点 q 1 から試料プレート 121 の移動後の位置 q 2 まで焼結幅 t を保持して延設される。同時に、焼結部 50 a , 50 b は、造形起点 q 1 から試料プレート 121 の相対移動後の位置 q 3 まで焼結幅 t を保持して延設される。造形起点 q 1 に対応した 3 列目のヘッドユニット 1405 , 1406 から材料 M が吐出され、そこにレーザー L が照射されることで焼結部 50 e , 50 f が形成され始める。

10

【0068】

図 7 (c) に示す焼結部 50 e , 50 f が形成され始め、ヘッドユニット 1405 , 1406 の材料吐出部 1230 からの材料 M の吐出と、レーザー照射部 1300 からのレーザー L の照射を継続しながら、試料プレート 121 をヘッドベース 1100 に対して相対的に Y (+) 方向の、図 8 (d) に示す造形起点 q 1 が 4 列目のヘッドユニット 1407 , 1408 に対応する位置まで移動させる。これによって、焼結部 50 e , 50 f は、造形起点 q 1 から試料プレート 121 の移動後の位置 q 2 まで焼結幅 t を保持して延設される。同時に、焼結部 50 a , 50 b は造形起点 q 1 から試料プレート 121 の相対移動後の位置 q 4 まで、焼結部 50 c , 50 d は造形起点 q 1 から試料プレート 121 の相対移動後の位置 q 3 まで、焼結幅 t を保持して延設される。造形起点 q 1 に対応した 4 列目のヘッドユニット 1407 , 1408 から材料 M が吐出され、そこにレーザー L が照射されることで焼結部 50 g , 50 h が形成され始める。

20

【0069】

位置 q 5 を焼結終了位置とした場合 (以下、位置 q 5 を造形終点 q 5 という) 、図 8 (e) に示すように試料プレート 121 を相対的にヘッドユニット 1401 , 1402 が造形終点 q 5 に到達するまで移動させ、焼結部 50 g , 50 h は延設される。そして、造形終点 q 5 に到達したヘッドユニット 1401 , 1402 では、ヘッドユニット 1401 , 1402 に備える材料吐出部 1230 からの材料 M の吐出と、レーザー照射部 1300 からのレーザー L の照射と、が停止される。さらに、相対的に試料プレート 121 を Y (+) 方向に移動させながら、ヘッドユニット 1403 , 1404 , 1405 , 1406 , 1407 , 1408 が造形終点 q 5 に到達するまで、レーザー L が照射され、図 9 に示すように、焼結部 50 a , 50 b , 50 c , 50 d , 50 e , 50 f , 50 g , 50 h は焼結幅 t を保持して造形起点 q 1 から造形終点 q 5 まで形成される。このようにして、造形起点 q 1 から造形終点 q 5 まで試料プレート 121 を移動させながら、ヘッドユニット 1401 , 1402 , 1403 , 1405 , 1406 , 1407 , 1408 から順次、材料 M の吐出供給とレーザー L を照射させることで、幅 T 、長さ J の、本実施形態の例示では略矩形の焼結部 50 を形成することができる。そして、焼結部 50 の集合体として第 1 層目の部分造形物 501 を成形、構成することができる。

30

40

【0070】

上述したように、第 2 実施形態に係る形成装置 2000 は、試料プレート 121 を備えるステージ 120 の移動に同期させ、ヘッドユニット 1401 , 1402 , 1403 , 1404 , 1405 , 1406 , 1407 , 1408 に備える材料吐出部 1230 からの材料 M の吐出供給と、レーザー照射部 1300 からのレーザー L の照射と、を選択的に行うことで、試料プレート 121 上に所望の形状の部分造形物 501 を形成することができる。また、上述したように、ステージ 120 の移動は、本例では Y 軸方向に沿った一方向へ

50

移動させるだけで、図9(f)に示す幅T×長さJの領域内で所望の形状の焼結部50、そして焼結部50の集合体としての部分造形物501を得ることができる。

【0071】

また、材料吐出部1230から吐出される材料Mを、ヘッドユニット1401, 1402, 1403, 1404, 1405, 1406, 1407, 1408のいずれか1ユニット、あるいは2ユニット以上からその他ヘッドユニットと異なる材料を吐出供給することもできる。従って、本実施形態に係る形成装置2000を用いることによって、異種材料から形成される複合材部分造形物を有する3次元形状造形物を得ることができる。

【0072】

上述の第1実施形態に係る形成装置1000に備えるヘッドベース150に配置されるヘッドユニット160、あるいは第2実施形態に係る形成装置2000に備えるヘッドベース1100に配置されるヘッドユニット1400の数、および配列は、上述した図2あるいは図5に示す数、配列に限定されない。図10に、ヘッドベース150, 1100に配置されるヘッドユニット160, 1400の、その他の配置の例を模式的に示す。

10

【0073】

図10(a)は、ヘッドベース150, 1100にヘッドユニット160, 1400をX軸方向に複数、並列させた形態を示す。図10(b)は、ヘッドベース150, 1100にヘッドユニット160, 1400を格子状に配列させた形態を示す。なお、いずれも配列されるヘッドユニットの数は、図示の例に限定されない。

【0074】

20

(第3実施形態)

第3実施形態として、第1実施形態に係る3次元形成装置1000を用いて3次元形状造形物を形成する3次元形成方法を説明する。図11は第3実施形態に係る3次元形成方法を示すフローチャートであり、図12はグリーンシート300を成形するグリーンシート成形装置の概略構成図、図13、図14は本実施形態に係る3次元形成工程を示す概略平面図と概略断面図、および図15は本実施形態に係る3次元形成工程を示す外観斜視図と概略断面図である。

【0075】

(3次元造形用データ取得工程)

図11に示すように、本実施形態に係る3次元形成方法は、3次元形状造形物の3次元造形用データを、図示しない、例えばパーソナルコンピューターなどから制御ユニット400(図1参照)に取得する、3次元造形用データ取得工程(S1)が実行される。3次元造形用データ取得工程(S1)において取得された3次元造形用データは、制御ユニット400から、ステージコントローラ410と、材料供給装置コントローラ420と、レーザーコントローラ430と、に制御データが送られ、材料準備工程に移行される。

30

【0076】

(材料準備工程)

材料準備工程(S2)では、グリーンシート300を材料供給装置200に備える供給テーブル220に、所定枚数が載置される。グリーンシート300は、図12に概略構成を例示する、グリーンシート300のグリーンシート成形装置3000等によって形成される。

40

【0077】

図12に示すように、グリーンシート成形装置3000は、材料Mを供給する原料供給部3100と、原料供給部3100から排出された材料Mを受け、搬送する搬送ベルト3200と、を備えている。材料Mは、30μm以下に形成された金属粉末と、バインダーと、を混練しペースト状となった混合物を用いる。金属粉末としては、例えばコバルト系合金、マルエージング鋼、ステンレス鋼、チタン系合金、ニッケル系合金、マグネシウム合金、あるいは銅系合金などの合金、あるいは鉄、チタン、ニッケル、銅などの金属を用いることができる。バインダーとしては、熱可塑性樹脂、あるいは水溶性熱可塑性樹脂を

50

用いることができる。熱可塑性樹脂としては、例えばポリ乳酸（PLA）、ポリプロピレン（PP）、ポリフェニレンスルファイド（PPS）、ポリアミド（PA）、ABS、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）等が用いられ、水溶性熱可塑性樹脂としては、例えばポリビニルアルコール（PVA）、ポリビニルブチラール（PVB）等が用いられる。

【0078】

上述した金属粉末と、バインダー、そして粘度調整用としての溶剤が加えられ、混練された材料Mが原料供給部3100に投入され、図示矢印 方向に駆動される搬送ベルト3200上に所定量が順次排出される。搬送ベルト3200の 方向移動によって材料Mは、均一化ロール3300によって、均一な厚みに形成され、次の加圧ローラー3400を通過し、グリーンシート300となる所定の厚みに形成される。そして、切断手段3500によって所定の長さで切断され、グリーンシート300が得られる。

10

【0079】

（材料供給工程）

材料準備工程（S2）によって、材料供給装置200の供給テーブル220上に所定数のグリーンシート300が載置されると、材料供給工程（S3）が開始される。材料供給工程（S3）では、制御ユニット400からの制御信号に基づいて、材料供給装置コントローラー420は、移送装置230の駆動信号を生成し、移送装置230を駆動させる。

【0080】

先ず、シート保持部230aを所定の位置まで移動させ、供給テーブル220上に積載されたグリーンシート300の最上シートをシート吸着部230cによって吸着、保持する。グリーンシート300を保持した状態で、シート保持部230aは焼結装置100の試料プレート121上に移動し、グリーンシート300をシート吸着部230cから離脱、離間させ、グリーンシート300が試料プレート121上に載置される。グリーンシート300が載置、離間された後、シート保持部230aは材料供給装置200の待機位置まで戻される。以下、1層目として載置されたグリーンシート300を、第1層目のグリーンシート301として説明する。

20

【0081】

（焼結工程）

材料供給工程（S3）によって試料プレート121上に載置された第1層目のグリーンシート301に対して、ヘッドベース150に複数保持されたヘッドユニット160に備えるレーザー照射部140からレーザーLが照射される焼結工程（S4）に移行される。焼結工程（S4）における焼結とは、グリーンシート300を構成する金属粉末およびバインダーが混練された状態から、バインダーを蒸散させ、金属粉末同士を結合させ、金属粉末状態から、金属造形物に成形する加工手段である。

30

【0082】

図13(a)、図13(b)および図14(c)に、焼結工程（S3）における第1層目のグリーンシート301の焼結部311の形成方法を示す。本例では、3次元形状造形物500を構成する円環状の1層目の部分造形物501を形成する方法を例示する。図13および図14は、図示上方に平面図、下方に平面図に示すF-F'部の断面図を示す。図13(a)に示すように、ヘッドベース150とステージ120上に備える試料プレート121に載置された1層目のグリーンシート301と、を相対的にY方向に移動させながらヘッドベース150に配置されたヘッドユニット160（本図では図示せず）に備えるレーザー照射部140からレーザーLを、グリーンシート301に向けて照射する。

40

【0083】

ヘッドベース150を所定量の相対移動が終了することで、図3(d)において説明した、各レーザー照射部140から照射されて形成される焼結部310a, 310b, 310c, 310d, 310e, 310fに相当する焼結部の集合体としての焼結部310が形成され、部分造形物501を構成する最初の焼結部311が形成される。そして、図13(b)に示すように、ヘッドベース150は、図13(a)に示す焼結部310に連続

50

するように図3(d)において説明した、各レーザー照射部140から照射されて形成される焼結部310a, 310b, 310c, 310d, 310e, 310fに相当する焼結部の集合体を形成し、焼結部312が形成され、焼結部311と連なる焼結部310が形成される。

【0084】

そして、図13(b)に示す、ヘッドベース150を、図13(a)で形成された焼結部310に連続するように図3(d)において説明した、各レーザー照射部140から照射されて形成される焼結部310a, 310b, 310c, 310d, 310e, 310fに相当する焼結部の集合体を形成することを順次、所定の繰り返し数実施し、図14(c)に示すように、焼結部310が部分造形物501の形状まで形成されるi番目の焼結部31iが形成され、第1層目のグリーンシート301内に部分造形物501と、部分造形物501を除く部分、すなわち未焼結部301aと、が形成される。

10

【0085】

こうして、焼結工程(S4)において、焼結された部分造形物501と、未焼結部301aと、が形成され、第一の単層としての第1層301bが形成される。以上の、材料供給工程(S3)から焼結工程(S4)に至る一連の工程が単層形成工程(S100)である。そして、焼結工程(S4)の終了、すなわち単層形成工程(S100)が終了し、次の積層数比較工程に移行される。

【0086】

(積層数比較工程)

単層形成工程(S100)によって、第1層となる部分造形物501と、未焼結部301aと、を含む第1層301bが形成されると、3次元造形用データ取得工程(S1)によって得られた造形データと比較する積層数比較工程(S5)に移行される。積層数比較工程(S5)では、3次元形状造形物500を構成するために必要な部分造形物が形成されたグリーンシート300の積層数Nと、積層数比較工程(S5)の直前の単層形成工程(S100)までで積層されたグリーンシート300の積層数nと、を比較する。積層数比較工程(S5)において、 $n < N$ と判定された場合、再度、単層形成工程(S100)を実行させる積層工程に移行される。

20

【0087】

(積層工程)

積層工程(S6)は、積層数比較工程(S5)において、 $n < N$ と判定され、再度、単層形成工程(S100)を実行させるための指令工程であり、単層形成工程(S100)の開始工程である材料供給工程(S3)を実行させる。

30

【0088】

図14(d)に示すように、積層工程(S6)によって第1層301bの上部に、グリーンシート300が供給、載置され、第2層目のグリーンシート302となる。そして、第2層目のグリーンシート302に対して、図13(a), (b)および図14(d)に示す焼結工程(S5)が行われ、2層目の部分造形物502と、図示しない未焼結部と、が形成された、第二の単層としての第2層302bが得られる。その後、積層数比較工程(S6)に移行され、 $n < N$ と判定されると、再び積層工程(S6)が開始され、積層数比較工程(S5)において、 $n = N$ と判定されるまで、積層工程(S6)及び単層形成工程(S100)が繰り返される。

40

【0089】

図15(e)に示すように、所定の積層数Nまで積層されると、3次元形状造形物500が試料プレート121上に形成される。また、第1層301bから第N層30Nbまで積層されて形成された未焼結部300aも、試料プレート121上に形成される。そして、積層数比較工程(S5)で、 $n = N$ と判定され、未焼結部除去工程に移行される。

【0090】

(未焼結部除去工程)

未焼結部除去工程(S7)は、3次元形状造形物500を除く部分、すなわち未焼結部

50

300aを除去する工程である。未焼結部300aの除去方法は、機械的に除去する方法、溶剤によって未焼結部300aに含むバインダーを溶解し、残った金属粉末を除去する方法、などが適用されるが、本形態では機械的な除去を例に説明する。

【0091】

図15(f)に示すように、未焼結部除去工程(S7)では、楔状の先端を有する除去工具600を未焼結部300aに打ち込むことで未焼結部300aが粉碎され、試料プレート121上から未焼結部300aが除去される。そして、試料プレート121上には3次元形状造形物500が残り、これを取り出す。なお、本形態では試料プレート121上で未焼結部除去工程(S7)が行われることとして説明したが、別に設けられた作業台上で行ってもよい。

10

【0092】

以上、説明した第3実施形態に係る3次元形状造形物500の3次元形成方法では、単層形成工程(S100)における焼結工程(S5)では、焼結装置100に備えるヘッドベース150に、レーザー照射部140を備えるヘッドユニット160を複数備えていることで、ヘッドベース150とステージ120と、の相対移動を一方向、本例ではY軸方向とするだけで、広い領域での焼結部310を形成することができ、高い生産性を有する3次元形成方法を得ることができる。

【0093】

(第4実施形態)

第4実施形態として、第2実施形態に係る3次元形成装置2000を用いて3次元形状造形物を形成する3次元形成方法を説明する。図16は第4実施形態に係る3次元形成方法を示すフローチャートであり、図17、図18は本実施形態に係る3次元形成工程を示し、図示上方に概略平面図、下方に概略平面図に示すG-G'部の概略断面図を示す。

20

【0094】

(3次元造形用データ取得工程)

図16に示すように、本実施形態に係る3次元形成方法は、3次元形状造形物500の3次元造形用データを、図示しない、例えばパーソナルコンピューターなどから制御ユニット400(図4参照)に取得する、3次元造形用データ取得工程(S10)が実行される。3次元造形用データ取得工程(S10)において取得された3次元造形用データは、制御ユニット400から、ステージコントローラー410と、材料供給コントローラー1500と、レーザーコントローラー430と、に制御データが送られ、単層形成工程に移行される。

30

【0095】

(単層形成工程)

単層形成工程(S110)は、材料供給工程(S20)と、焼結工程(S30)と、が第1層目の部分造形物501の形成領域にわたって行われる。材料供給工程(S20)では、ヘッドベース1100に複数備えられたヘッドユニット1400に保持された材料吐出部1230から、試料プレート121上に向けて材料Mを液滴状に吐出し、試料プレート121上に材料Mを所定の形成領域に着弾させる。

【0096】

材料供給工程(S20)によって材料Mが試料プレート121上に着弾、形成されると、焼結工程(S30)に移行される、焼結工程(S30)は、材料供給工程(S20)によって液滴状に供給された材料Mに向かって、ヘッドユニット1400に保持されたレーザー照射部1300からレーザーLが照射され、材料Mを焼成、焼結し焼結部50を形成する。

40

【0097】

そして、図9(f)において説明したように、ヘッドユニット1401, 1402, 1403, 1404, 1405, 1406, 1407, 1408の各々が、所定の領域で材料供給工程(S20)と、焼結工程(S30)と、を繰り返しながらヘッドベース1100を試料プレート121が載置されたステージ120に対して相対的にY軸方向に移動さ

50

せることによって、焼結部 50a, 50b, 50c, 50d, 50e, 50f, 50g, 50h に相当する焼結部の集合体を形成し、部分造形物 501 の初めの焼結部 50 が焼結部 511 として形成される。

【0098】

更に、図 17 (b) に示すようにヘッドベース 1100 は、図 17 (a) に示す焼結部 511 に連続するように焼結部 50a, 50b, 50c, 50d, 50e, 50f, 50g, 50h に相当する焼結部が形成される位置にステージ 120 に対して相対的に X 軸方向に移動させる。そして、ヘッドユニット 1401, 1402, 1403, 1404, 1405, 1406, 1407, 1408 の各々が、所定の領域で材料供給工程 (S20) と、焼結工程 (S30) と、を繰り返しながらヘッドベース 1100 を試料プレート 121 が載置されたステージ 120 に対して相対的に Y 軸方向に移動させることによって、焼結部 50a, 50b, 50c, 50d, 50e, 50f, 50g, 50h に相当する焼結部の集合体を形成し、焼結部 511 に連続する焼結部 512 として形成される。すなわち焼結部 511, 512 によって焼結部 50 が構成される。

10

【0099】

上述の図 17 (b) に示すように、先に形成された焼結部 511 に連続して焼結部 512 を形成するように、焼結部 512 に連続させ、順次焼結部を形成し、図 18 (c) に示すように、焼結部 50 が部分造形物 501 の形状まで形成される i 番目の焼結部 51i が形成され、3次元形状造形物 500 の第 1 層目の部分造形物 501 が試料プレート 121 上に形成される。

20

【0100】

上述した通り、本実施形態ではヘッドベース 1100 を試料プレート 121 に対して Y 軸方向と、X 軸方向と、に相対移動させながら材料供給工程 (S20) と、焼結工程 (S30) と、を繰り返し、第 1 層目の部分造形物 501 が形成されることで単層形成工程 (S110) が終了し、次の積層数比較工程に移行される。

【0101】

(積層数比較工程)

単層形成工程 (S110) によって、第一の単層としての第 1 層目となる部分造形物 501 が形成されると、3次元造形用データ取得工程 (S10) によって得られた造形データと比較する積層数比較工程 (S40) に移行される。積層数比較工程 (S40) では、3次元形状造形物 500 を構成する部分造形物の積層数 N と、積層数比較工程 (S40) の直前の単層形成工程 (S110) までで積層された部分造形物の積層数 n と、を比較する。積層数比較工程 (S40) において、 $n < N$ と判定された場合、再度、単層形成工程 (S110) を実行させる積層工程に移行される。

30

【0102】

図 18 (c) に示す第一の単層としての第 1 層目の部分造形物 501 が形成された後の積層数比較工程 (S40) では、積層数 $n = 1$ であり、3次元形状造形物 500 が部分造形物の積層数 $N > 1$ であるとする、 $n < N$ と判定され、積層工程に移行される。

【0103】

(積層工程)

積層工程 (S50) は、積層数比較工程 (S40) において $n < N$ と判定され、再度単層形成工程 (S110) を実行させるための指令工程である。単層形成工程 (S110) に移行されると、図 18 (d) に示すように、積層工程 (S50) によって第 1 層目の部分造形物 501 の上部に、第二の単層としての第 2 層目となる部分造形物 502 に対応する 3次元造形データに基づき、材料供給工程 (S20) と、焼結工程 (S30) と、開始される位置に、ヘッドベース 1100、およびステージ 120 が駆動され、部分造形物 502 の形成が開始される。

40

【0104】

2 層目の部分造形物 502 の形成が終了すると、再度、積層数比較工程 (S40) に行き、 $n = N$ となるまで、積層工程 (S50) へ移行され、単層形成工程 (S110) が

50

繰り返され、3次元形状造形物500が形成される。

【0105】

以上、説明した第4実施形態に係る3次元形状造形物500の3次元形成方法では、単層形成工程(S110)における材料供給工程(S20)および焼結工程(S30)では、形成装置2000に備えるヘッドベース1100に、材料吐出部1230とレーザー照射部1300を備えるヘッドユニット1400を複数備えていることで、ヘッドベース1100とステージ120と、の相対移動を一方向、本例ではY軸方向とするだけで、広い領域での焼結部50を形成することができ、高い生産性を有する3次元形成方法を得ることができる。

【0106】

また、図4に示す形成装置2000に備える材料供給ユニット1210に、複数の異なる種類の被焼結材料を材料収容部1210aに収容させることで、異なる種類の材料からなる3次元形状造形物500を、容易に得ることができる。

【0107】

(第5実施形態)

第5実施形態に係る3次元形成方法について説明する。上述した第4実施形態に係る3次元形成方法において、3次元形状造形物がオーバーハング部を有する場合、オーバーハング部では、上述した単層形成工程(S110)における材料供給工程(S20)では、材料吐出部1230から吐出された材料Mが着弾すべき下層の部分造形物が存在しないことで、材料Mが形成されなくなる(図18(d)参照)。仮に、図18(d)に示す、下層の部分造形物としての第1層目の部分造形物501が、第2層目の部分造形物502の造形領域において配置されていない領域が存在すると、その部分では部分造形物502重力方向へ垂れ下がるように変形する虞がある。すなわち焼結前の材料Mは、原料となる金属、例えばステンレス、チタン合金の単体粉末、もしくは合金化が困難なステンレスと銅(Cu)、あるいはステンレスとチタン合金、あるいはチタン合金とコバルト(Co)やクロム(Cr)、などの混合粉末を、溶剤と、増粘剤と、に混練して得られるスラリー状(あるいはペースト状)の柔らかな状態のものであることによる。

【0108】

そこで、第5実施形態に係る3次元形成方法によりオーバーハング部を変形させないで3次元形状造形物を形成する方法を説明する。なお、第4実施形態に係る3次元形成方法と同じ工程には同じ符号を付し、説明は省略する。また、説明を簡略にするために図19(a)の平面外観図、および図19(b)の図19(a)に示すK-K'部の断面図に示すような、単純な形状を有する3次元形状造形物700を例示して、第5実施形態に係る3次元形成方法を説明するが、この形状に限定されず、いわゆるオーバーハング部を備える造形物であれば適用できる。

【0109】

図19に示すように、3次元形状造形物700は、凹部700aを有する円柱形の基部700bの凹部開口側端部に基部700bの外側に延在するオーバーハング部としての鏝部700cを備えている。この3次元形状造形物700を、第5実施形態に係る3次元形成方法に基づいて形成するために、形成過程において除去されるサポート部710が、鏝部700cの図示下部方向に基部700bの底部に至るまでの造形用データが、3次元形状造形物700の3次元造形用データに加えて作成される。

【0110】

図20は、図19に示す3次元形状造形物700の形成方法を示すフローチャートである。また図21は図20に示すフローチャートによる3次元形状造形物700の形成方法を示し、図示左側に部分断面図、右側に平面外観図を配置した。また、本実施形態の3次元形状造形物700では、4層が積層されて形成される例を用いて説明するが、これに限定されるものではない。

【0111】

先ず、図21(a)に示すように、図示しない試料プレート121上に第1層目となる

10

20

30

40

50

部分造形物 701 が、第 4 実施形態に係る 3 次元形成方法によって形成される。部分造形物 701 を形成する工程内に、第 1 層目の部分サポート部 711 も形成される。部分サポート部 711 は、図 17 及び図 18 によって説明した単層形成工程 (S110) における焼結工程 (S30) は実行されず、材料 M の状態のまま、すなわち未焼結部、あるいは未熔融部のままで単層形成工程 (S110) が実行される。

【0112】

引き続き、単層形成工程 (S110) が繰り返され、図 21 (b) に示すように、第 2 層目および第 3 層目となる部分造形物 702, 703 が形成される。そして、部分造形物 702, 703 を形成する工程内に、第 2 層目および第 3 層目の部分サポート部 712, 713 も形成される。部分サポート部 712, 713 は、部分サポート部 711 同様に、単層形成工程 (S110) における焼結工程 (S30) は実行されず、材料 M の状態のまま、すなわち未焼結部、あるいは未熔融部のままで単層形成工程 (S110) が実行され、部分サポート部 711, 712, 713 によって、サポート部 710 が形成される。

10

【0113】

次に図 21 (c) に示すように、鏝部 700c に形成される第 4 層目の部分造形物 704 が形成される。部分造形物 704 は、部分サポート部 711, 712, 713 によって形成されたサポート部 710 の端面 710a に支持されるように形成される。このように部分造形物 704 を形成することにより、材料 M (図 18 (d) 参照) が着弾する面として端面 710a が形成されていることで、正確に鏝部 700c となる第 4 層目の部分造形物 704 を形成することができる。

20

【0114】

そして、図 21 (d) に示すように、3 次元形状造形物 700 に造形されたところで、サポート部除去工程 (S60) によって、サポート部 710 は 3 次元形状造形物 700 から除去される。サポート部 710 は焼成されていない材料で形成されていることから、サポート部除去工程 (S60) におけるサポート部 710 の除去手段としては、例えば図 21 (d) に示すように鋭利な刃物 800 による物理的な切除が可能である。あるいは、溶剤に浸漬し、材料に含まれる増粘剤を溶解し 3 次元形状造形物 700 から除去してもよい。

【0115】

上述したように、オーバーハング部としての鏝部 700c を有する 3 次元形状造形物 700 を形成する場合、鏝部 700c を支持するサポート部 710 を 3 次元形状造形物 700 の形成と合わせて形成することにより、鏝部 700c の重力方向への変形を防止することができる。なお、図 21 に示すサポート部 710 は、図示するような鏝部 700c を全面でサポート (支持) する形態に限定されず、造形物の形状、材料組成などによって適宜、形状、大きさ等が設定される。

30

【0116】

なお、本発明の実施の際の具体的な構成は、本発明の目的を達成できる範囲で他の装置、あるいは方法に適宜変更できる。

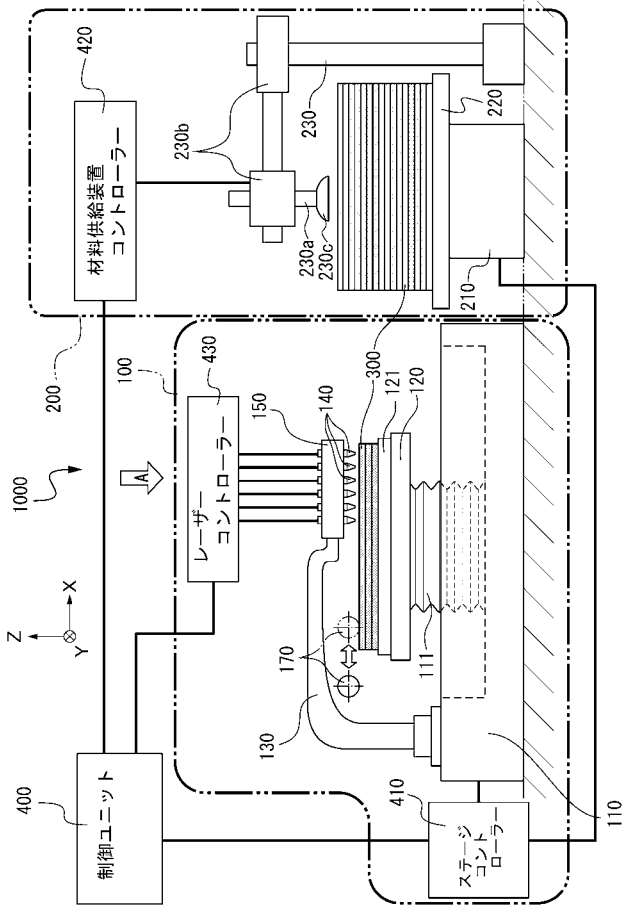
【符号の説明】

【0117】

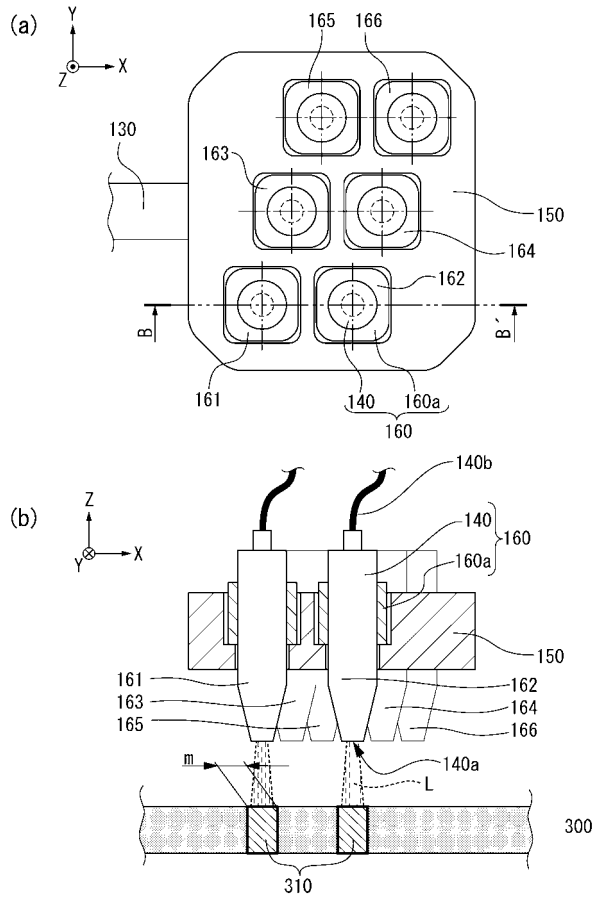
100 ... 焼結装置、110 ... 基台、120 ... ステージ、130 ... ヘッドベース支持部、140 ... エネルギー照射部、150 ... ヘッドベース、170 ... プレスローラー、200 ... 材料供給装置、210 ... 供給基台、220 ... 供給テーブル、230 ... 移送装置、400 ... 制御ユニット、410 ... ステージコントローラー、420 ... 材料供給装置コントローラー、430 ... レーザーコントローラー、1000 ... 3 次元形成装置。

40

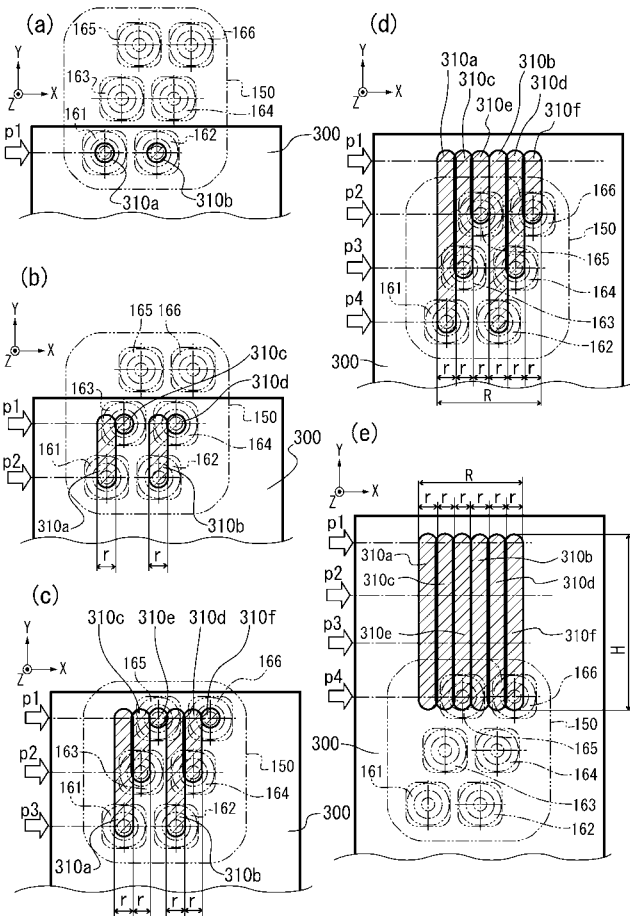
【図 1】



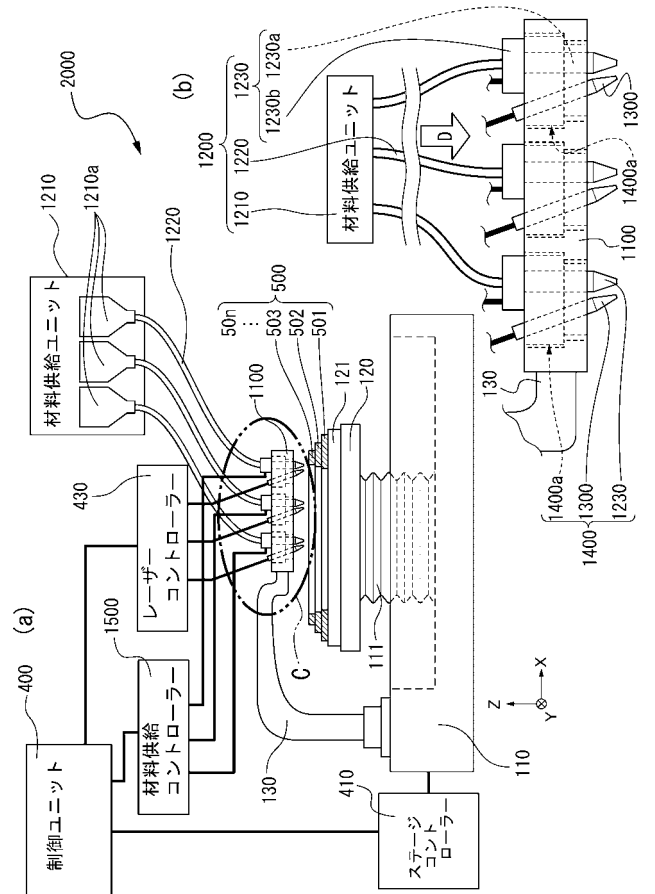
【図 2】



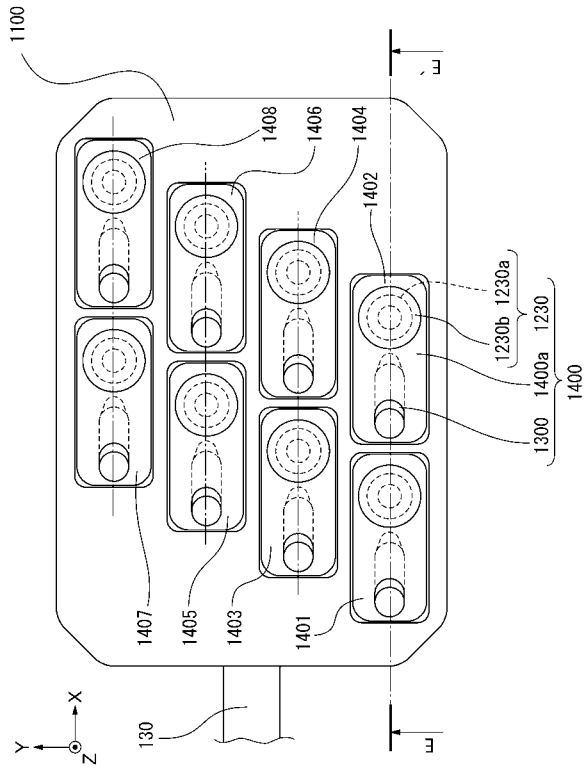
【図 3】



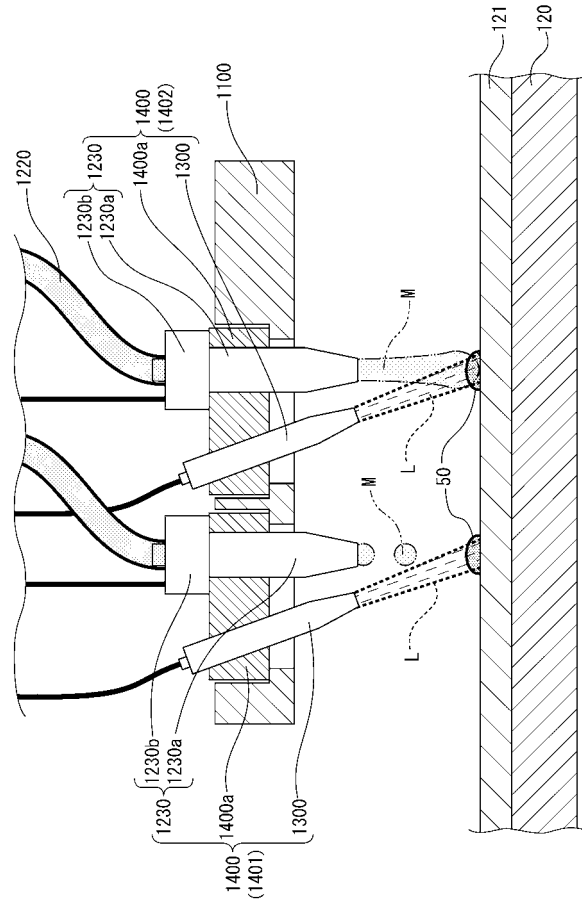
【図 4】



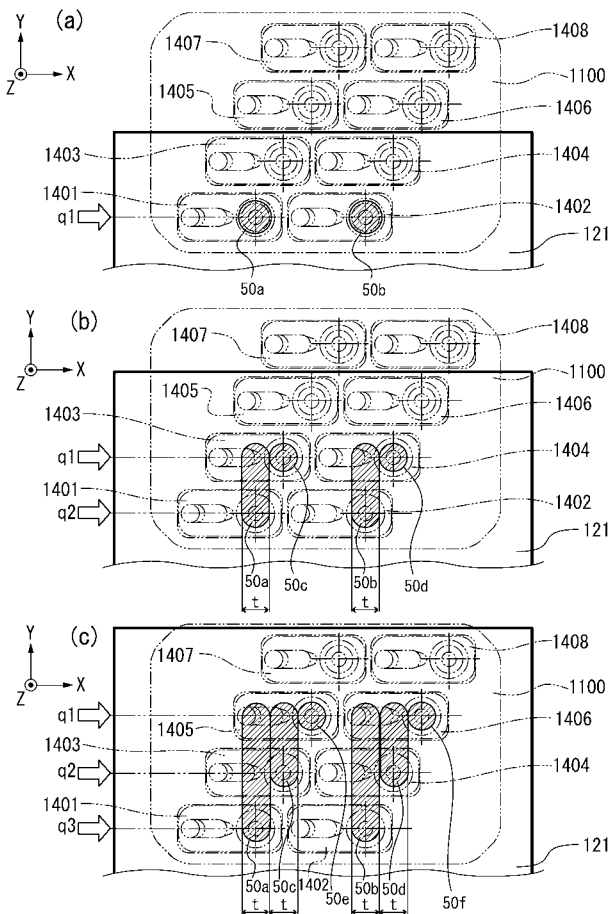
【 図 5 】



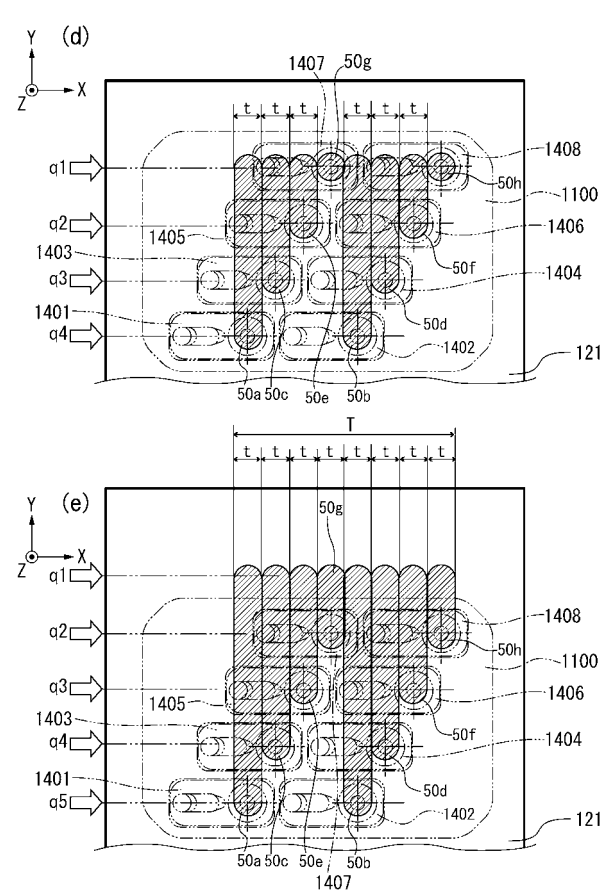
【 図 6 】



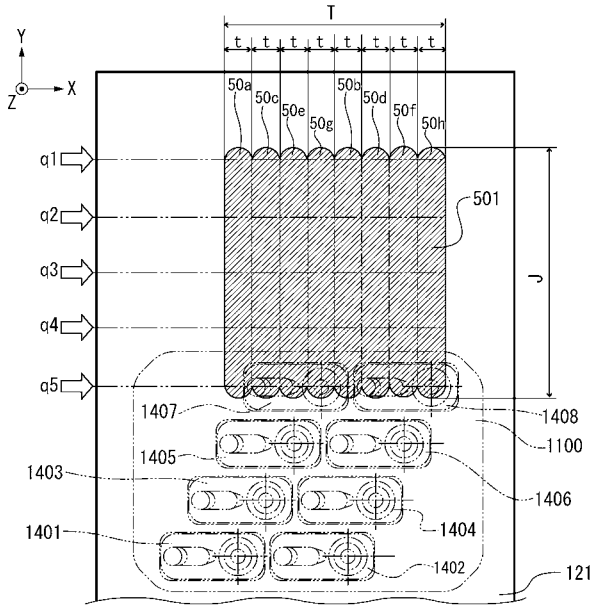
【 図 7 】



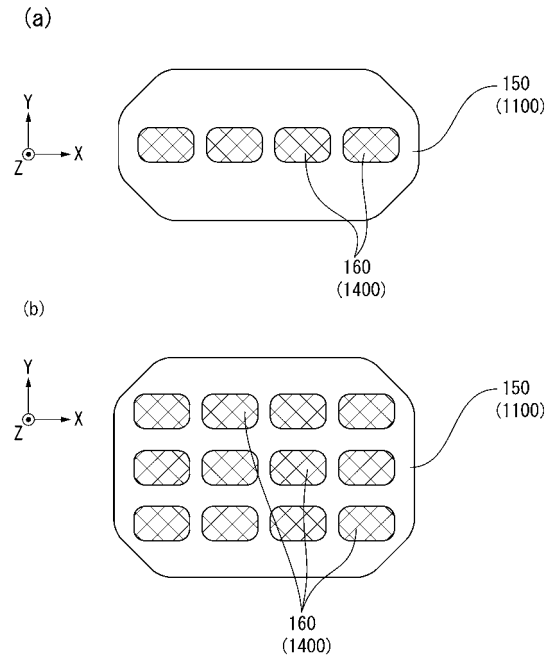
【 図 8 】



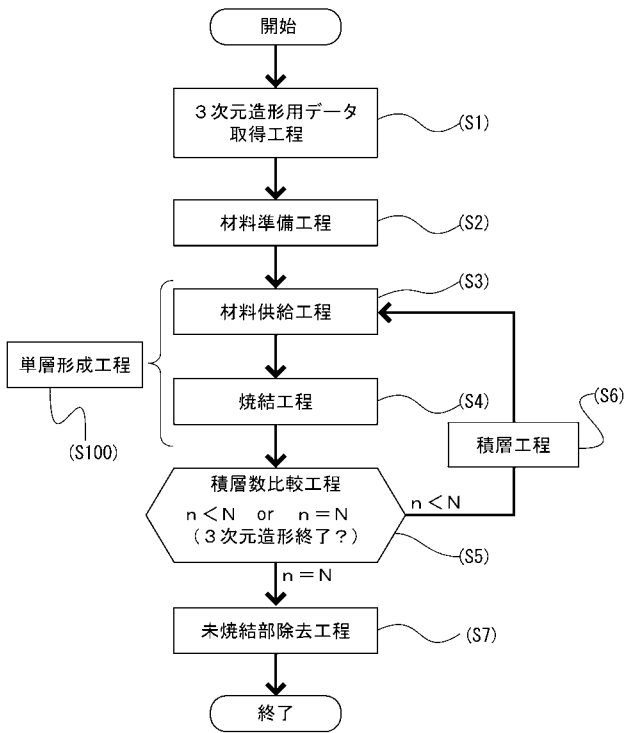
【 図 9 】



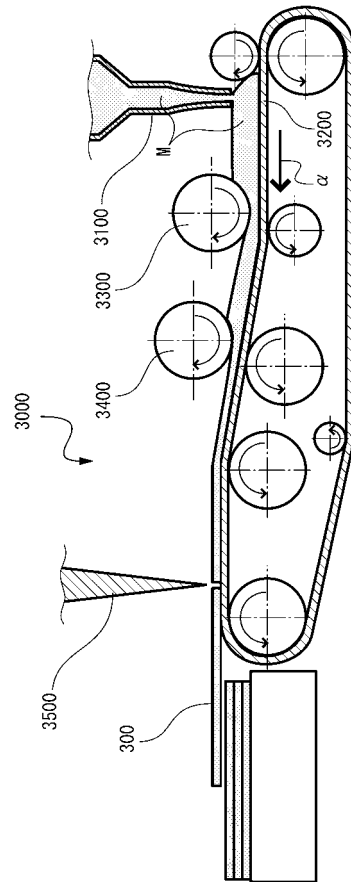
【 図 1 0 】



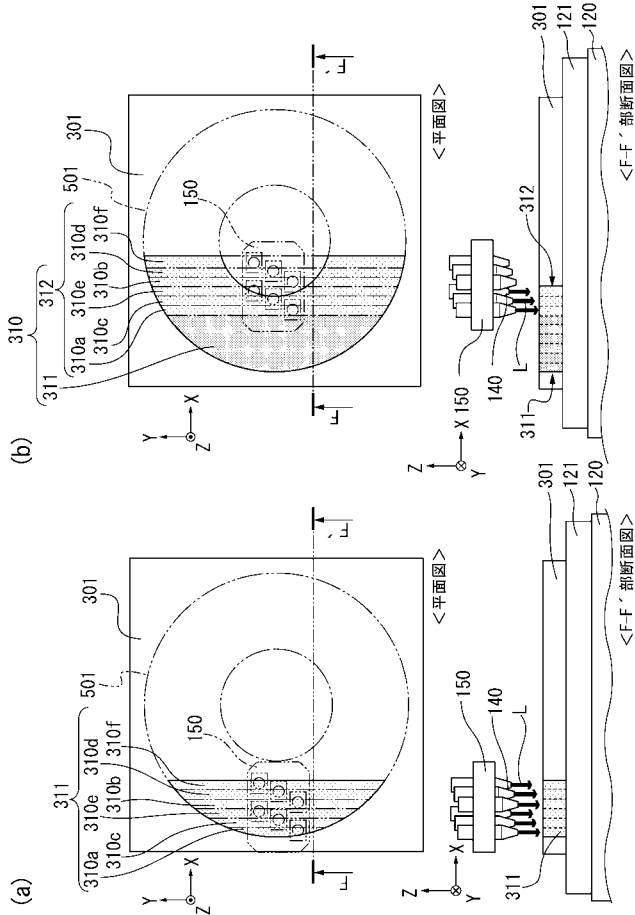
【 図 1 1 】



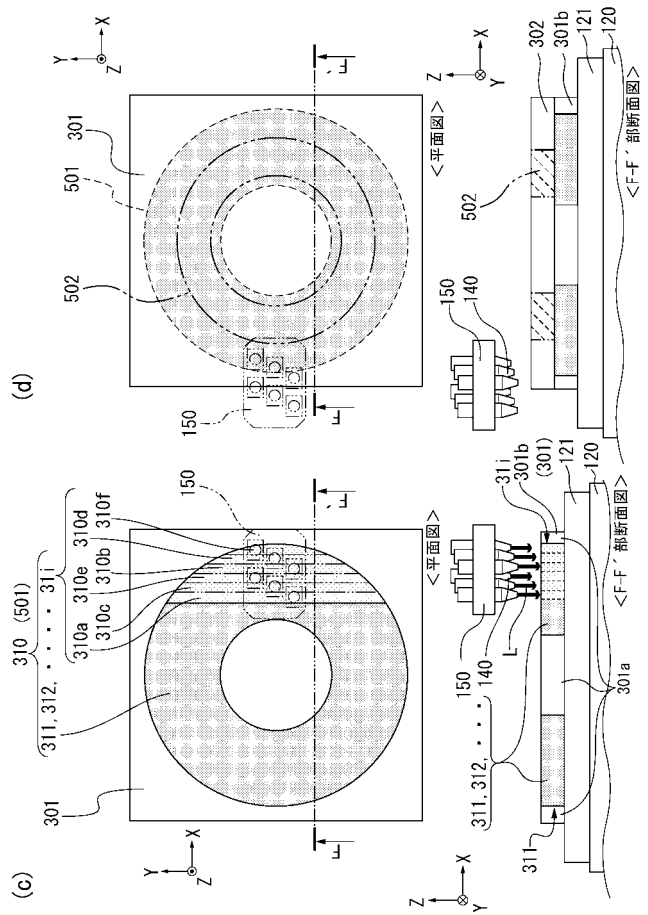
【 図 1 2 】



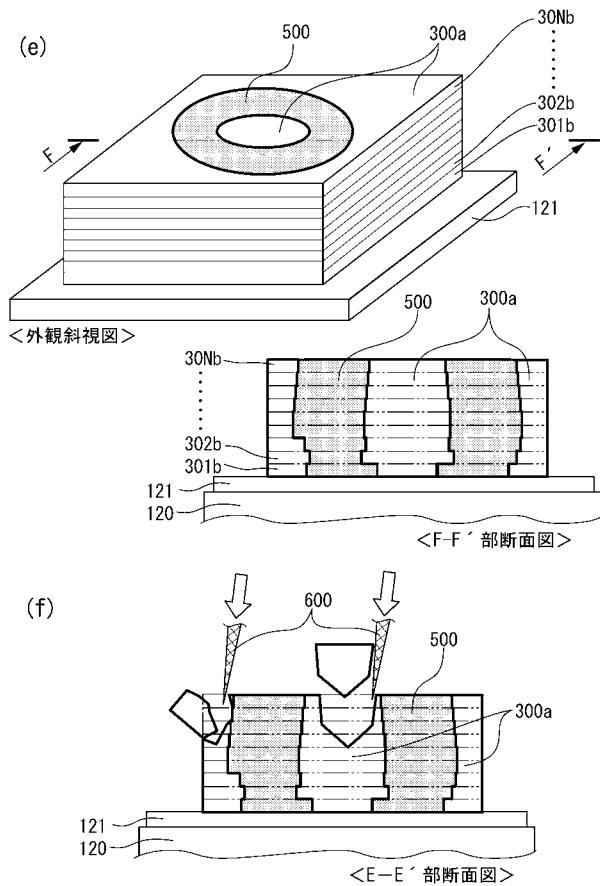
【図13】



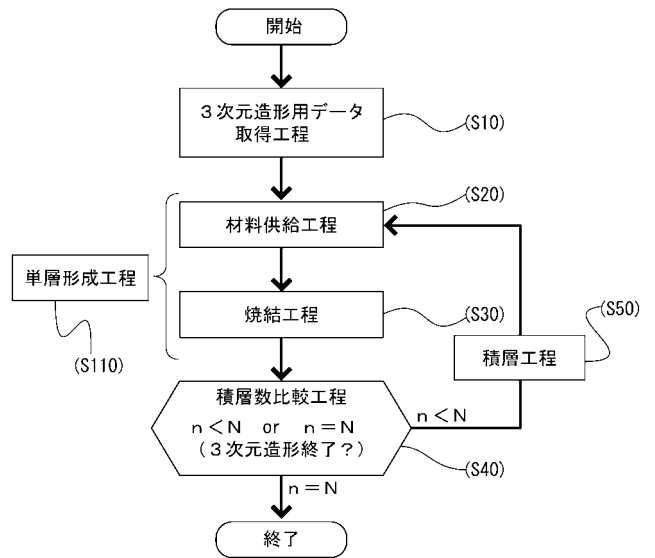
【図14】



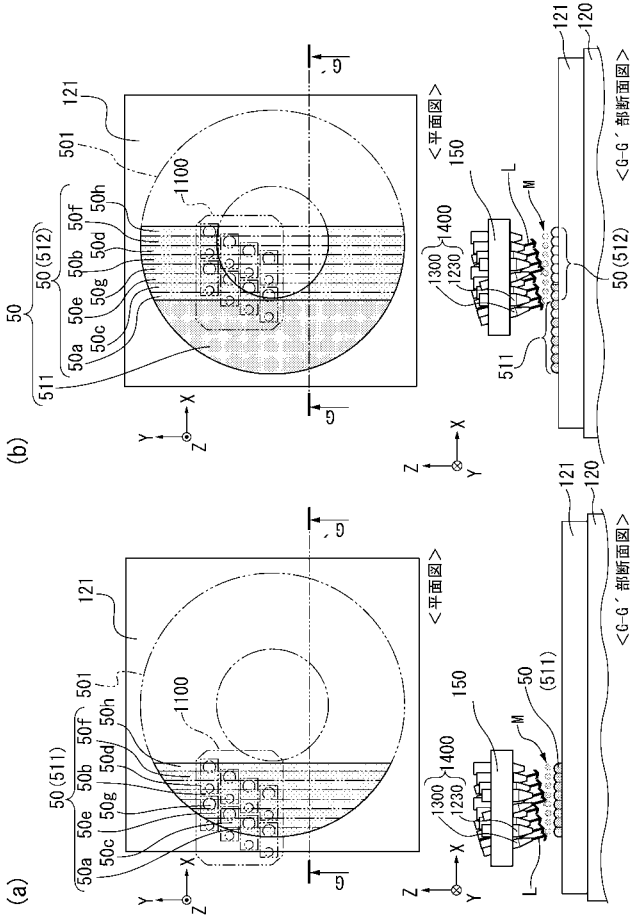
【図15】



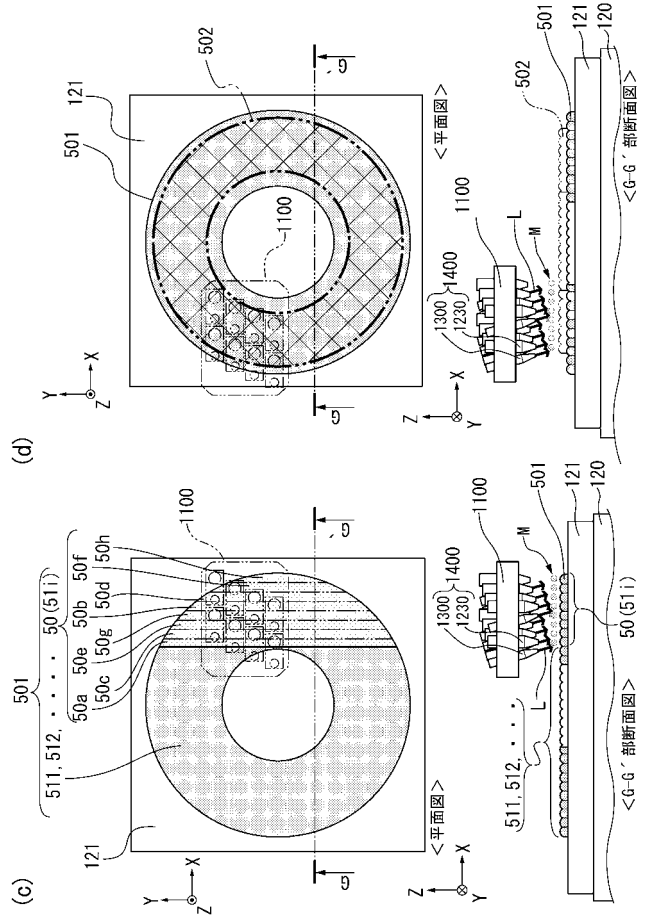
【図16】



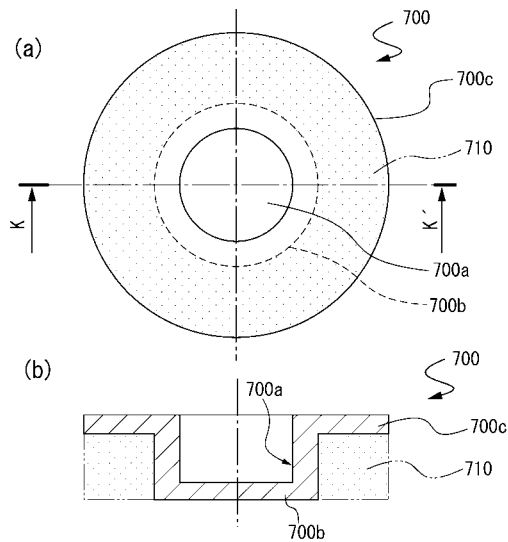
【図17】



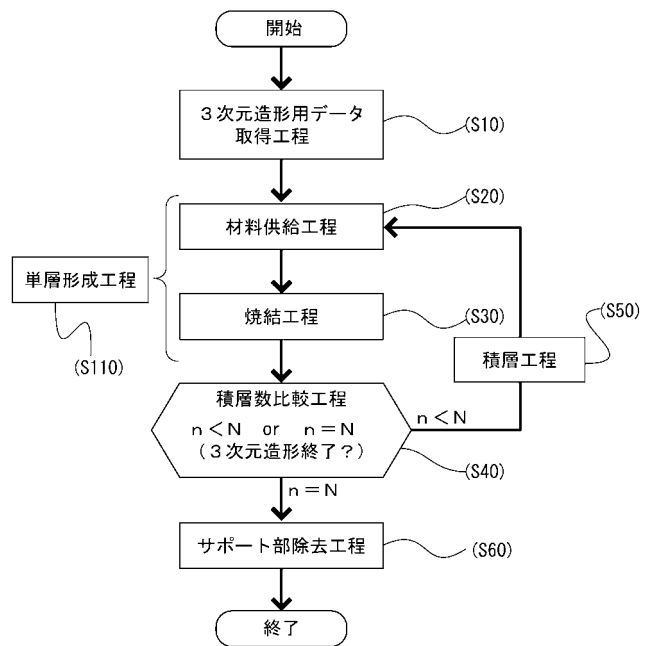
【図18】



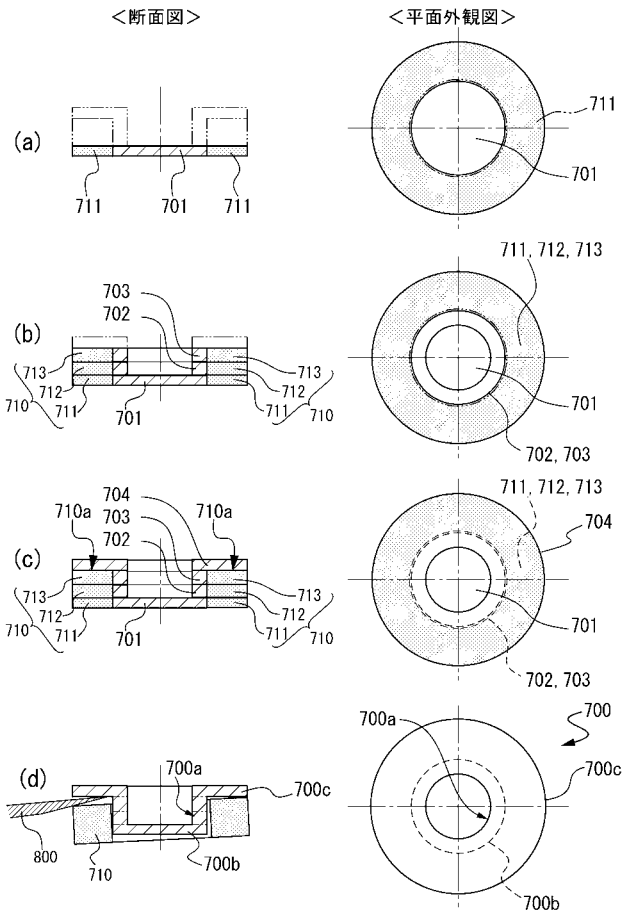
【図19】



【図20】



【 図 2 1 】



フロントページの続き

(72)発明者 鎌倉 知之

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72)発明者 竹内 哲彦

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

Fターム(参考) 4F213 AC04 WA22 WA25 WB01 WL02 WL12 WL32 WL74 WL95

4K018 BA03 BA04 BA07 BA08 BA13 BA17 BA20 BB04 CA09 CA44

EA51 EA60