

(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2016-137689

(P2016-137689A)

(43) 公開日 平成28年8月4日(2016.8.4)

(51) Int.Cl.			F I	テーマコード (参考)
B29C	67/00	(2006.01)	B29C 67/00	4F213
B33Y	30/00	(2015.01)	B33Y 30/00	4K018
B33Y	10/00	(2015.01)	B33Y 10/00	
B22F	3/16	(2006.01)	B22F 3/16	
B22F	3/105	(2006.01)	B22F 3/105	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2015-15462 (P2015-15462)
 (22) 出願日 平成27年1月29日 (2015.1.29)

(71) 出願人 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 (71) 出願人 592032636
 学校法人トヨタ学園
 愛知県名古屋市天白区久方2丁目12番地1
 (74) 代理人 100103894
 弁理士 家入 健
 (72) 発明者 古谷 克司
 愛知県名古屋市天白区久方2丁目12番地1 豊田工業大学内
 Fターム(参考) 4F213 AC04 WA25 WB01 WL02 WL15
 WL42 WL75 WL95
 4K018 CA44 EA51 EA60

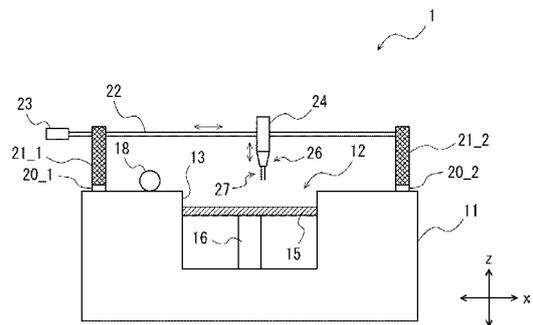
(54) 【発明の名称】 積層造形装置、及び積層造形方法

(57) 【要約】

【課題】粉末焼結法を利用した積層造形装置を安価かつ小型にすることである。

【解決手段】本発明にかかる積層造形装置1は、ステージ15と、ステージ15の上の最上層に粉末層を形成する粉末層形成手段18と、最上層の粉末層の所定の箇所の粉末を固化する固化手段26と、を備え、粉末層の形成と粉末の固化とを繰り返すことでステージ15の上に3次元造形物を形成する。固化手段26は、放電回路に接続された電極対27を備える放電ユニットを有し、電極対を用いて放電させることで最上層の粉末層の所定の箇所の粉末を固化させる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ステージと、
前記ステージの上に粉末層を形成する粉末層形成手段と、
前記粉末層の所定の箇所の粉末を固化する固化手段と、
前記固化手段を移動する移動手段と、を備え、前記粉末層の形成と、前記粉末の固化とを繰り返すことで前記ステージの上に 3 次元造形物を形成する積層造形装置であって、
前記固化手段は、放電回路に接続された電極対を備える放電ユニットを有し、前記電極対を用いて放電させることで最上層の粉末層の所定の箇所の粉末を固化させることを特徴とする、
積層造形装置。

10

【請求項 2】

前記放電ユニットは、前記電極対を用いて放電させる際、前記最上層の粉末層の前記所定の箇所の粉末を経由して放電させることで前記所定の箇所の粉末を固化させる、請求項 1 に記載の積層造形装置。

【請求項 3】

前記放電ユニットは、前記電極対が備える電極の各々の極性を所定のパルス毎に又は所定の時間毎に切り替え可能に構成されている、請求項 1 または 2 に記載の積層造形装置。

【請求項 4】

前記放電ユニットは、前記放電回路から前記電極対に供給される電圧のパルス幅を変更することで前記固化する箇所の体積を調整する、請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の積層造形装置。

20

【請求項 5】

前記放電ユニットは、電極対と放電回路とをそれぞれ複数備え、
前記電極対の各々は、前記各々の放電回路に接続されている、
請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の積層造形装置。

【請求項 6】

前記移動手段は、前記電極対の先端と前記最上層の粉末層との間の距離を一定に保持する、請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の積層造形装置。

【請求項 7】

前記電極対と前記最上層の粉末層とを含む空間が減圧環境または不活性ガス環境に保持されている、請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の積層造形装置。

30

【請求項 8】

粉末層を形成する工程と、
前記粉末層の所定の箇所の粉末を固化する工程と、を繰り返すことでステージの上に 3 次元造形物を形成する積層造形方法であって、
最上層の粉末層の所定の箇所の粉末を固化する際、放電回路に接続された電極対を用いて放電させることで前記粉末を固化させることを特徴とする、
積層造形方法。

【請求項 9】

前記電極対を用いて放電させる際、前記最上層の粉末層の前記所定の箇所の粉末を経由して放電させることで前記所定の箇所の粉末を固化させる、請求項 8 に記載の積層造形方法。

40

【請求項 10】

前記電極対を用いて放電させる際、前記電極対が備える電極の各々の極性を所定のパルス毎に又は所定の時間毎に切り替える、請求項 8 または 9 に記載の積層造形方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は積層造形装置、及び積層造形方法に関する。

50

【背景技術】

【0002】

近年、3次元構造体を構成する各層を積層方向に積層していくことで3次元構造体を形成する付加製造技術（AM：Additive Manufacturing）、所謂、3Dプリンタ技術を利用した積層造形装置が安価に入手できるようになってきている。このような安価な積層造形装置は、ABS樹脂などを溶融しながら積層する熱溶解積層法（FDM：Fused Deposition Molding）を利用した装置が主流である。

【0003】

熱溶解積層法（FDM）のように3次元構造体を形成する部位に選択的に材料を供給する方式では、例えばT字型のようなオーバーハング形状を形成する際、上の横棒を支えるためのサポート材が必要になる。このため、サポート材を構成する材料が無駄になると共に、このサポート材を除去する工程が必要になる。

10

【0004】

一方、金属粉末をレーザや電子ビームを用いて焼結して3次元構造体を形成する粉末焼結法（SLS：Selective Laser Sintering）も実用化されている（特許文献1参照）。粉末焼結法（SLS）では、金属粉末を満たした層の表面にレーザを照射し、3次元構造を形成したい部位を選択的に固化させる。この方法では、固化させた部位と密度が同じ材料が、固化していない部分でも残存するため、サポート材を必要としないという利点がある。また、粉末焼結法（SLS）では、金属粉末を用いて3次元構造体を形成することができるため、製品のプロトタイプを製作するだけでなく、工具なども作ることができるという利点がある。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2009-007669号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、粉末焼結法を利用した積層造形装置では、金属粉末を固化（焼結）させるための熱源としてレーザや電子ビームを用いている。このため、ビーム源が高価かつ大型になるため、積層造形装置も高価かつ大型になるという問題がある。

30

【0007】

上記課題に鑑み本発明の目的は、粉末焼結法を利用した積層造形装置を安価かつ小型にすることである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明にかかる積層造形装置は、ステージと、前記ステージの上に粉末層を形成する粉末層形成手段と、前記粉末層の所定の箇所の粉末を固化する固化手段と、前記固化手段を移動する移動手段と、を備え、前記粉末層の形成と、前記粉末の固化とを繰り返すことで前記ステージの上に3次元造形物を形成する積層造形装置であって、前記固化手段は、放電回路に接続された電極対を備える放電ユニットを有し、前記電極対を用いて放電させることで最上層の粉末層の所定の箇所の粉末を固化させることを特徴としている。

40

【0009】

本発明にかかる積層造形方法は、粉末層を形成する工程と、前記粉末層の所定の箇所の粉末を固化する工程と、を繰り返すことでステージの上に3次元造形物を形成する積層造形方法であって、最上層の粉末層の所定の箇所の粉末を固化する際、放電回路に接続された電極対を用いて放電させることで前記粉末を固化させることを特徴としている。

【0010】

本発明にかかる積層造形装置および積層造形方法では、放電回路に接続された電極対を用いて放電させることで粉末層の所定の箇所の粉末を固化させている。ここで、放電回路

50

は、最高でも数百V程度の直流電源、抵抗、及びコンデンサなどの電子部品を用いて構成することができ(図4～図6参照)、使用する部品の数が少なく、また部品のサイズも小さいため、小型に構成することができる。一方、レーザ装置は、レーザ媒質、レーザ媒質に対して励起エネルギーを与えるための放電源や光源、更にはレーザを共振させるためのミラーが必要になるため、装置が大型化する。電子ビーム装置では、電子ビームを発生させた後、最高でも百数十kV程度の高電圧電源で加速し、強力な磁界で集束する必要がある。また、加工部位周辺を高真空にする必要があり装置が大型化すると共に、使用環境が限定される。よって、本発明のように粉末を固化させるための熱源として放電ユニットを用いることで、熱源としてレーザや電子ビームを用いた場合よりも、積層造形装置を安価かつ小型にすることができる。

10

【0011】

前記放電ユニットは、前記電極対を用いて放電させる際、前記最上層の粉末層の前記所定の箇所の粉末を経由して放電させることで前記所定の箇所の粉末を固化させてもよい。このように粉末を経由して放電させることで、所定の箇所の粉末を局部的に加熱することができ、所定の箇所の粉末を選択的に固化することができる。

【0012】

前記放電ユニットは、前記電極対が備える電極の各々の極性を所定のパルス毎に又は所定の時間毎に切り替えるようにしてもよい。このような構成により、一方の電極のみが消耗することを抑制することができ、また、粉体の固化の状態にばらつきが生じることを抑制することができる。

20

【0013】

前記放電ユニットは、前記放電回路から前記電極対に供給される電圧のパルス幅を変更することで前記固化する箇所の体積を調整するようにしてもよい。例えば、電圧のパルス幅を短くすることで、固化する箇所の体積を小さくすることができ、積層造形装置で形成される3次元構造体の形状を微細化することができる。

【0014】

前記放電ユニットは、電極対と放電回路とをそれぞれ複数備えていてもよく、前記電極対の各々は、前記各々の放電回路に接続されていてもよい。このように、電極対の数を複数にすることで、1度に固化できる場所を増やすことができ、積層造形装置の加工時間を短縮することができる。

30

【0015】

前記移動手段は、前記電極対の先端と前記最上層の粉末層との間の距離を一定に保持するように構成されていてもよい。このような構成により、粉体を安定的に固化することができる。

【0016】

また、本発明では、前記電極対と前記最上層の粉末層とを含む空間が減圧環境または不活性ガス環境に保持されるように構成されていてもよい。このような構成により、粉末が酸化することを抑制することができる。

【発明の効果】**【0017】**

本発明により、粉末焼結法を利用した積層造形装置を安価かつ小型にすることが可能になる。

40

【図面の簡単な説明】**【0018】**

【図1】実施の形態にかかる積層造形装置を示す断面図である。

【図2】実施の形態にかかる積層造形装置を示す上面図である。

【図3】実施の形態にかかる積層造形装置の原理を説明するための図である。

【図4】実施の形態にかかる積層造形装置が備える放電回路の一例を示す回路図である。

【図5】実施の形態にかかる積層造形装置が備える放電回路の他の例を示す回路図である。

50

【図 6】実施の形態にかかる積層造形装置が備える放電回路の他の例を示す回路図である。

【図 7 A】実施の形態にかかる積層造形方法を説明するための図である。

【図 7 B】実施の形態にかかる積層造形方法を説明するための図である。

【図 7 C】実施の形態にかかる積層造形方法を説明するための図である。

【図 7 D】実施の形態にかかる積層造形方法を説明するための図である。

【図 7 E】実施の形態にかかる積層造形方法を説明するための図である。

【図 7 F】実施の形態にかかる積層造形方法を説明するための図である。

【図 7 G】実施の形態にかかる積層造形方法を説明するための図である。

【図 7 H】実施の形態にかかる積層造形方法を説明するための図である。

【図 7 I】実施の形態にかかる積層造形方法を説明するための図である。

【図 7 J】実施の形態にかかる積層造形方法を説明するための図である。

【図 8】実施の形態にかかる積層造形装置が備える放電回路の他の例を示す回路図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。

図 1、図 2 はそれぞれ、本実施の形態にかかる積層造形装置を示す断面図、及び上面図である。本実施の形態にかかる積層造形装置 1 は、基材 11、ステージ 15、粉末層形成手段 18、固化手段 26、及び移動手段 20 ~ 24 を備える。

【0020】

基材 11 は凹部 12 を有し、凹部 12 の側壁 13 は鉛直方向において立設している。凹部 12 は、閉曲線または多角形の断面形状（水平断面）を備える。本実施の形態では、図 2 に示すように、凹部 12 の断面形状が正方形の場合を例として示している。また、本実施の形態では、基材 11 が凹部 12 を備える構成を示しているが、基材 11 は側壁 13 を備える中空部を有する構成（つまり、凹部 12 が基材 11 を貫通している構成）であってもよい。基材 11 は、例えば金属材料を用いて構成することができる。

【0021】

ステージ 15 は、基材 11 の側壁 13 内を昇降可能に構成されている。ステージ 15 の断面形状（水平断面）は、基材 11 の凹部 12 の断面形状と同一であり、ステージ 15 は、ステージ 15 の周囲側面が基材 11 の側壁 13 と接した状態で昇降する。本実施の形態では、図 2 に示すように、ステージ 15 の断面形状（水平断面）が正方形の場合を例として示している。ステージ 15 は、ステージ 15 の下面に取り付けられた昇降部 16 によって鉛直方向に移動する。積層造形装置 1 の製造対象である 3 次元構造体は、ステージ 15 の上に形成される。ステージ 15 は、例えば金属材料を用いて構成することができる。

【0022】

例えば、3 次元構造体を形成する際は、ステージ 15 を下方方向に徐々に移動させながら、3 次元構造体を形成していく（図 7 A ~ 図 7 H 参照）。また、形成された 3 次元構造体を取り出す際は、ステージ 15 を上方方向に移動させて、基材 11 の上面とステージ 15 の上面とを同一面とすることで、形成された 3 次元構造体を取り出しやすくすることができる（図 7 I、図 7 J 参照）。

【0023】

粉末層形成手段 18 は、ステージ 15 の上に粉末層を形成する。粉末層形成手段 18 は、例えばローラーを用いて構成することができる（以下、ローラー 18 とも記載する）。粉末層を構成する粉末には、例えば金属粉末やセラミックス粉末（絶縁体粉末）を用いることができる。

【0024】

ステージ 15 の上に粉末層を形成する際は、まず、図 7 B に示すように、ステージ 15 を下方方向に移動して、基材 11 の上面とステージ 15 の上面との間に段差を設ける。そして、粉末供給手段（不図示）を用いてステージ 15 の上に粉末を供給した後、図 7 C に示

10

20

30

40

50

すように、ステージ 15 の上の粉末をローラー 18 で平坦にする。つまり、ローラー 18 が回転しながら移動することで、ステージ 15 の上の粉末が平坦になる。このような方法により、ステージ 15 の上に粉末層 41 を形成することができる。このとき、粉末層 41 の上面は基材 11 の上面と同一面となっており、また、粉末層 41 の周囲は基材 11 の側壁 13 に囲まれている。

【0025】

なお、上記では粉末層形成手段 18 としてローラー 18 を用いた場合について説明したが、本実施の形態では、粉末層形成手段 18 として回転しない構造体を用いてもよい。

【0026】

図 1 に示す移動手段 20 ~ 24 は、固化手段 26 (以下、放電ユニット 26 と記載する) を x 軸方向、y 軸方向、及び z 軸方向に沿って移動可能に構成されている。なお、ここでは、ガイド 20_1、20_2、支持部 21_1、21_2、ガイド 22、駆動部 23、及び移動手段 24 を総称して移動手段 20 ~ 24 と記載している。

10

【0027】

放電ユニット 26 は、移動手段 24 に固定されている。移動手段 24 はガイド 22 に固定されている。ガイド 22 は、支持部 21_1、21_2 に支持されている。図 2 に示すように、ガイド 20_1、20_2 に沿って支持部 21_1、21_2 を移動させることで、放電ユニット 26 を y 軸方向に沿って移動させることができる。また、ガイド 22 の端部には駆動部 23 が設けられている。駆動部 23 は、放電ユニット 26 を x 軸方向に沿って移動させることができる。また、移動手段 24 は、放電ユニット 26 を z 軸方向 (鉛直方向) に沿って移動させることができる。

20

【0028】

放電ユニット 26 は、ステージ 15 の上に形成された粉末層の所定の箇所の粉末を固化する。放電ユニット 26 は、先端部に電極対 27 を備える。本実施の形態にかかる積層造形装置 1 では、電極対 27 を用いて放電させることで粉末層の所定の箇所の粉末を溶融または焼結して固化させている。

【0029】

図 3 は、本実施の形態にかかる積層造形装置 1 の原理を説明するための図である。図 3 に示すように、放電ユニット 26 は、放電回路 33 に接続された電極対 27 を備える。電極対 27 を構成する 2 本の電極 31、32 は狭い間隔で配置されている。放電ユニット 26 は、電極対 27 を用いて放電させる際、最上層の粉末層 35 の所定の箇所の粉末 36 を経由して放電させることで所定の箇所の粉末 36 を固化させる。

30

【0030】

具体的には、電極 31 と電極 32 との間で放電させる際に、粉末 (金属粉末) 36 を経由して放電させることで、所定の箇所の粉末 36 を局所的に加熱することができ、所定の箇所の粉末 36 を選択的に溶融または焼結することができる。このとき、電極 31、32 と粉末層の表面との間や粉末間の界面において放電が発生し、ジュール熱が生じる。一方、放電しなかった部分の粉末 37 は変化しない。本実施の形態にかかる積層造形装置 1 では、放電ユニット 26 を x y 平面上において移動させながら所定の箇所の粉末を固化させることで、3次元構造体を構成する箇所に対応した部分の粉末を選択的に固化することができる (固化した箇所を符号 38 で示す)。

40

【0031】

また、本実施の形態にかかる積層造形装置 1 では、放電経路が最上層の粉末層 35 に限定されるように放電ユニット 26 の放電状態を調整することで、最上層の粉末層 35 のみを固化することができる。つまり、最上層の粉末層 35 の下の粉末層 34 は放電によって固化しないようにすることができる。例えば、放電電圧、放電パルスのパルス幅、電極対 27 の先端と最上層の粉末層 35 との間の距離などを調整することで、放電経路を最上層の粉末層 35 に限定することができる。また、粉末層 34 で固化されている部分は、同じ層の固化されていない部分よりも抵抗が小さい。そのため、粉末層 35 に放電した場合には、粉末層 34 の固化した部分の上面にも電流が流れ、粉末層 34 と粉末層 35 とが密着

50

する。

【0032】

また、電極対27の先端と最上層の粉末層35との間の距離が変動すると、粉体36の固化の状態も変動する。よって、電極対27の先端と最上層の粉末層35との間の距離を一定に保持するように移動手段24を制御することが好ましい。これにより、粉体を安定的に固化することができる。

【0033】

また、固化する箇所の体積は、放電回路33から電極対27に供給される電圧のパルス幅を変更することで調整することができる。例えば、放電回路33から電極対27に供給される電圧のパルス幅が短い場合は、放電のアーク柱直径が小さくなる。よって、電圧のパルス幅を短くすることで、固化する箇所の体積を小さくすることができ、積層造形装置1で形成される3次元構造体の形状を微細化することができる。例えば、電極対27に供給される電圧のパルス幅を短くし、ピーク電流を大きくしつつ、粉末を固化するためのエネルギーを調整する。

【0034】

電極対27に供給される電圧のパルス幅を短くした場合は、アーク放電が発生した際の負極側の電流密度が正極側よりも大きいため、負極側の電極が消耗しやすい。また、放電エネルギーも電極の極性により異なるため、粉体の固化の状態に影響を与える場合がある。よって、本実施の形態にかかる積層造形装置1では、電極対27が備える電極31、32の各々の極性を所定のパルス毎に、又は所定の時間毎に切り替えるように構成することが好ましい。このような構成により、一方の電極のみが消耗することを抑制することができる。また、粉体の固化の状態にばらつきが生じることを抑制することができる。

【0035】

例えば、放電回路33は、図4に示す放電回路33_1のように、直流電源E11、抵抗R11、及びコンデンサC11を用いて構成することができる。コンデンサC11の一端は電極31に接続されており、他端は電極32に接続されている。直流電源E11の正極は、抵抗R11を介してコンデンサC11の一端に接続されている。直流電源E11の負極は、コンデンサC11の他端に接続されている。つまり、図4に示す放電回路33_1では、コンデンサC11に充電された電荷が電極31、32から放電される。放電回路33_1の放電電圧は、直流電源E11の電圧やコンデンサC11の容量を変更することで、調整することができる。

【0036】

また、放電回路33は、図5に示す放電回路33_2のように、直流電源E21、抵抗R21、コンデンサC21、及びトランジスタ(Nチャネル)Q21~Q24を用いて構成してもよい。コンデンサC21の一端はノードN21に接続され、他端はノードN22に接続されている。ノードN21には、抵抗R21を介して直流電源E21の正極が接続されている。ノードN22には、直流電源E21の負極が接続されている。トランジスタQ21は、ノードN21と電極32との間に設けられている。トランジスタQ22は、ノードN22と電極32との間に設けられている。トランジスタQ23は、ノードN21と電極31との間に設けられている。トランジスタQ24は、ノードN22と電極31との間に設けられている。

【0037】

図5に示す放電回路33_2は、トランジスタQ21~Q24のオン・オフを切り替えることで、電極31と電極32の極性を切り替えることができる。具体的には、トランジスタQ21、Q24をオン状態、トランジスタQ22、Q23をオフ状態とすることで、電極31をノードN22(負極)に、電極32をノードN21(正極)にそれぞれ接続することができる。一方、トランジスタQ21、Q24をオフ状態、トランジスタQ22、Q23をオン状態とすることで、電極31をノードN21(正極)に、電極32をノードN22(負極)にそれぞれ接続することができ、電極31と電極32の極性を切り替えることができる。この場合も、コンデンサC21に充電された電荷が電極31、32を介し

10

20

30

40

50

て放電される。また、放電パルスのパルス幅はトランジスタQ 2 1 ~ Q 2 4 のオン・オフの切り替えのタイミングを調整することで変更することができる。また、放電回路3 3 _ 2 の放電電圧は、直流電源E 2 1 の電圧やコンデンサC 2 1 の容量を変更することで、調整することができる。

【0038】

また、放電回路3 3 は、図6に示す放電回路3 3 _ 3 のように、直流電源E 3 1、E 3 2、抵抗R 3 1、R 3 2、コンデンサC 3 1、C 3 2、及びトランジスタ(Nチャネル)Q 3 1、Q 3 2を用いて構成してもよい。コンデンサC 3 1の一端はトランジスタQ 3 1を介してノードN 3 1に接続され、他端はノードN 3 2に接続されている。コンデンサC 3 1の一端には、抵抗R 3 1を介して直流電源E 3 1の正極が接続されている。ノードN 3 2には、直流電源E 3 1の負極が接続されている。コンデンサC 3 2の一端はトランジスタQ 3 2を介してノードN 3 1に接続され、他端はノードN 3 2に接続されている。コンデンサC 3 2の一端には、抵抗R 3 2を介して直流電源E 3 2の負極が接続されている。ノードN 3 2には、直流電源E 3 2の正極が接続されている。

10

【0039】

図6に示す放電回路3 3 _ 3は、トランジスタQ 3 1、Q 3 2のオン・オフを切り替えることで、電極3 1と電極3 2の極性を切り替えることができる。具体的には、トランジスタQ 3 1をオン状態、トランジスタQ 3 2をオフ状態とすることで、電極3 1を負極に、電極3 2を正極にすることができる。一方、トランジスタQ 3 1をオフ状態、トランジスタQ 3 2をオン状態とすることで、電極3 1を正極に、電極3 2を負極にすることができる。この場合も、放電パルスのパルス幅はトランジスタQ 3 1、Q 3 2のオン・オフの切り替えのタイミングを調整することで変更することができる。

20

【0040】

また、放電回路3 3 _ 3の放電電圧は、直流電源E 3 1、E 3 2の電圧やコンデンサC 3 1、C 3 2の容量を変更することで、調整することができる。図6に示す放電回路3 3 _ 3では、極性毎に放電電圧を変更することもできる。つまり、トランジスタQ 3 1をオン状態、トランジスタQ 3 2をオフ状態にした場合は、電極3 1が負極に、電極3 2が正極になる。この場合は、直流電源E 3 1の電圧とコンデンサC 3 1の容量に応じて放電回路3 3 _ 3の放電電圧が決定される。一方、トランジスタQ 3 1をオフ状態、トランジスタQ 3 2をオン状態にした場合は、電極3 1が正極に、電極3 2が負極になる。この場合は、直流電源E 3 2の電圧とコンデンサC 3 2の容量に応じて放電回路3 3 _ 3の放電電圧が決定される。

30

【0041】

なお、上記で説明した放電回路3 3 _ 1 ~ 3 3 _ 3は一例であり、本実施の形態にかかる積層造形装置1ではこれら以外の構成を備える放電回路を用いてもよい。

【0042】

また、本実施の形態にかかる積層造形装置1では、粉末層を構成する粉末として金属粉末以外にセラミックス粉末(絶縁体粉末)を用いてもよい。例えば、絶縁体粉末を用いる場合は、粉末が絶縁体であるため、粉末を介さずに電極対2 7の先端だけで放電させ、この放電で発生した熱を用いて絶縁体粉末を焼結する。

40

【0043】

また、本実施の形態にかかる積層造形装置1では、放電ユニット2 6が複数の電極対2 7を備えるように構成してもよい。この場合は、複数の電極対2 7毎に放電回路を設ける。このように、電極対2 7の数を複数にすることで、1度に固化できる場所を増やすことができ、積層造形装置1の加工時間を短縮することができる。

【0044】

また、放電ユニット2 6は、各々の電極3 1、3 2の位置をそれぞれ独立に調整することができる位置調整機構を備えていてもよい。このように位置調整機構を設けることで、各々の電極3 1、3 2の消耗速度が異なる場合であっても、各々の電極3 1、3 2の長さ(つまり、各々の電極3 1、3 2と粉末層との距離)が同一となるように調整することが

50

できる。

【0045】

本実施の形態にかかる積層造形装置1は制御部(不図示)を備えており、ステージ15の昇降動作、ローラー18の動作、放電ユニット26の動作、及び移動手段20~24の動作(放電ユニット26の位置合わせ)は、制御部によって制御される。

【0046】

本実施の形態にかかる積層造形装置1は、例えば3次元CAD(Computer Aided Design)による設計データから3次元構造体を所定ピッチでスライスした複数の断面データを作成し、各断面データに基づいて粉末層の所定の箇所を固化する。つまり、制御部は、各断面データに基づいて、ステージ15の昇降動作、ローラー18の動作、放電ユニット26の動作、及び移動手段20~24の動作を制御して3次元構造体を形成する。

10

【0047】

次に、本実施の形態にかかる積層造形装置1の動作(積層造形方法)について、図7A~図7Jを用いて説明する。まず、図7Aに示すように、ステージ15を初期位置に移動する。ここで、ステージ15の初期位置とは、ステージ15の上面と基材11の上面とが同一の面となる位置である。また、積層造形装置1は、3次元CADによる設計データから3次元構造体を所定ピッチでスライスした複数の断面データを予め作成して保存しておく。

【0048】

次に、図7Bに示すように、ステージ15を下方向に移動して、基材11の上面とステージ15の上面との間に段差を形成する。そして、粉末供給手段(不図示)を用いてステージ15の上に粉末を供給した後、図7Cに示すように、ステージ15の上の粉末をローラー18で平坦にする。このような方法により、ステージ15の上に粉末層41が形成される。このとき、粉末層41の上面は基材11の上面と同一面となっており、また、粉末層41の周囲は基材11の側壁13に囲まれている。粉末層41の厚さは、3次元構造体をスライスする単位高さ(ピッチ)に対応している。

20

【0049】

その後、図7Dに示すように、放電ユニット26をxy平面上(粉末層41の表面)において移動させながら粉末層41の所定の箇所の粉末42を固化する。本実施の形態にかかる積層造形装置1では、電極対27を用いて放電させることで粉末層41の所定の箇所の粉末42を固化する。このとき、設計データを用いて作成した断面データに基づいて、粉末層41の所定の箇所の粉末42を固化する。また、電極対27における放電状態(例えば、放電電流)をモニターし、このモニター結果に応じて電極対27と粉末層41との間の距離(z軸方向における距離)を制御してもよい。

30

【0050】

その後、図7Eに示すように、ステージ15を下方向に移動して、基材11の上面とステージ15の上の最上層(粉末層41)の上面との間に段差を形成する。そして、粉末供給手段(不図示)を用いて最上層(粉末層41)の上に粉末を供給した後、図7Fに示すように、最上層(粉末層41)の上の粉末をローラー18で平坦にする。このような方法により、最上層(粉末層41)の上に新たに粉末層43が形成される。このとき、粉末層43の上面は基材11の上面と同一面となっており、また、粉末層43の周囲は基材11の側壁13に囲まれている。粉末層43の厚さは、3次元構造体をスライスする単位高さ(ピッチ)に対応している。

40

【0051】

その後、図7Gに示すように、放電ユニット26をxy平面上(粉末層41の表面)において移動させながら粉末層43の所定の箇所の粉末44を固化する。このとき、本実施の形態にかかる積層造形装置1では、放電経路が最上層の粉末層43に限定されるように放電ユニット26の放電状態を調整しているため、最上層の粉末層43のみを固化することができる。

【0052】

50

このように、ステージ15を降下させつつ(図7B、図7E)、粉末層41、43の形成(図7C、図7F)と、粉末の固化(図7D、図7G)とを繰り返すことで、図7Hに示すように、所定の箇所の粉末が固化された複数の粉末層46をステージ15の上に形成することができる。本実施の形態にかかる積層造形装置1では、固化されていない部分の粉末は、固化されている部分と同程度の密度を持つため、固化されていない部分の上に固化されている部分を形成することができる。つまり、各粉末層を形成している粉末自体がサポート材としての役割を果たすため、容易にオーバーハング形状の3次元構造体を形成することができる。

【0053】

その後、図7Iに示すように、ステージ15を上昇させて、複数の粉末層46を基材11の凹部12の外に移動する。複数の粉末層46には、固化されている部分47と固化されていない部分(粉末)48とが混在している。そして、固化されていない部分(粉末)48を除去し、固化されている部分47のみを残すことで、図7Jに示すように、3次元造形物47を形成することができる。

10

【0054】

以上で説明したように、本実施の形態にかかる積層造形装置1では、放電回路33に接続された電極対27を用いて放電させることで粉末層の所定の箇所の粉末を固化させている。ここで、放電回路33は、直流電源、抵抗、及びコンデンサなどの電子部品を用いて構成することができ(図4~図6参照)、使用する部品の数が少なく、また部品のサイズも小さいため、小型に構成することができる。一方、レーザ装置は、レーザ媒質(炭酸ガス、YAG、ファイバ等)、レーザ媒質に対して励起エネルギーを与えるための放電源や光源、更にはレーザを共振させるためのミラーが必要になるため、装置が大型化する。また、半導体レーザを用いた場合は、上記のような固体レーザ装置等よりは小型に構成することができるが、レーザ出力が低いため、粉末を固化させるための熱源として使用することはできない。よって、本実施の形態にかかる積層造形装置1のように、金属粉末を焼結するための熱源として放電ユニット26を用いることで、熱源としてレーザや電子ビームを用いた場合よりも、積層造形装置を安価かつ小型にすることができる。また、積層造形装置の維持、管理、保守等も容易になる。

20

【0055】

例えば、放電を利用した付加製造技術では、加工液油中に分散させた粉末を液中で放電することにより堆積する方法が実用化されている。しかし、この方法では、堆積が進むにつれて電流経路の特性が変化するため、形成される3次元構造体の厚さはサブミリ程度が限界であり、任意の3次元形状を形成するには至っていない。また、表面から台座(ステージ)に向かって電流が流れるため、堆積層の厚さにより電気的特性や熱的特性が変化する。

30

【0056】

これに対して本実施の形態にかかる積層造形装置では、電流経路が粉末層の表層だけに限定されるため、それまでに堆積した粉末層の厚さの影響を受けにくくなる。また、電極対には通常の放電加工に用いられるような金属細線を用いることができるため、微細加工が可能になる。

40

【0057】

また、本実施の形態にかかる積層造形装置では、電極対27と最上層の粉末層とを含む空間を減圧環境(真空)または不活性ガス環境に保持するようにしてもよい。例えば、図1に示す積層造形装置1において、基材11の上にカバーを設けて、ステージ15、粉末層形成手段(ローラー)18、固化手段(放電ユニット)26、及び移動手段20~24を覆うようにしてもよい。本実施の形態にかかる積層造形装置では、放電を利用して材料を加熱しているため通常の大気中でも固化することができる。しかし、酸化しやすい粉末材料を用いる場合は、減圧環境(真空)または不活性ガス環境とすることで、粉末材料が酸化することを抑制することができる。

【0058】

50

また、本実施の形態にかかる積層造形装置では、各々の粉末層を形成する際に、複数種類の粉末材料を用いてもよい。このとき、各々の粉末の混合の比率を粉末層毎に変えることで、積層方向に組成が変化した3次元構造体（つまり、傾斜機能材料層を備えた3次元構造体）を形成することができる。また、粉末に磁性体を含む場合には、磁性体を磁化させておくことで粉末同士が集まりやすくなり、粉末層の形成が容易になる。

【0059】

また、図4に示した構成の放電回路を用いた場合は、粉末層が中間電位になり帯電する場合がある。粉末の粒径が小さい場合には静電気力により、粉末同士に働く反発力が重力よりも大きくなり、粉末が飛散することがある。このような粉末の飛散を抑制するために、本実施の形態にかかる積層造形装置では、図8に示すような放電回路33_4を用いてもよい。図8に示す放電回路33_4は、直流電源E41、E42、抵抗R41~R43、コンデンサC41を備える。電極31は抵抗R42を介して直流電源E41の正極に接続されている。電極32は抵抗R41を介して直流電源E42の負極に接続されている。コンデンサC41の一端は電極31に接続され、他端は電極32に接続されている。ステージ15（導電性）は抵抗R43を介してノードN41に接続されている。ノードN41は直流電源E41の負極および直流電源E42の正極と接続されている。

10

【0060】

このとき、ノードN41をグランド電位とし、ノードN41とステージ15とを高抵抗の抵抗R43を介して接続することで、粉末39（導電性）をグランド電位にすることができる。そして、抵抗R41および抵抗R42の抵抗値をそれぞれ抵抗R43の抵抗値よりもはるかに小さくしておけば、放電電流は抵抗R43には流れず、抵抗R41、R42へと流れるようにすることができる。放電回路をこのような構成とすることで、粉末39の帯電を抑制することができる。よって、上記で説明した粉末層の固化の原理を変えることなく、粉末39の飛散を抑制することができる。

20

【0061】

また、本実施の形態にかかる積層造形装置では、粉末を固化して3次元構造体を形成した後、放電ユニット26の放電条件を変えて、3次元構造体の不要な部分を除去する加工をしてもよい。

【0062】

上記では、ステージを降下させつつ粉末層の形成と、粉末の固化とを繰り返すことで、ステージの上に3次元造形物を形成する積層造形装置について説明した。しかし、本実施の形態にかかる発明は、ステージが固定された構成の積層造形装置、つまり、ステージの上に粉末層を形成する粉末層形成手段と粉末層の所定の箇所の粉末を固化する固化手段とが昇降可能に構成された積層造形装置（例えば、特許文献1に開示されている積層造形装置を参照）にも適用することができる。

30

【0063】

以上、本発明を上記実施の形態に即して説明したが、本発明は上記実施の形態の構成にのみ限定されるものではなく、本願特許請求の範囲の請求項の発明の範囲内で当業者であればなし得る各種変形、修正、組み合わせを含むことは勿論である。

【符号の説明】

40

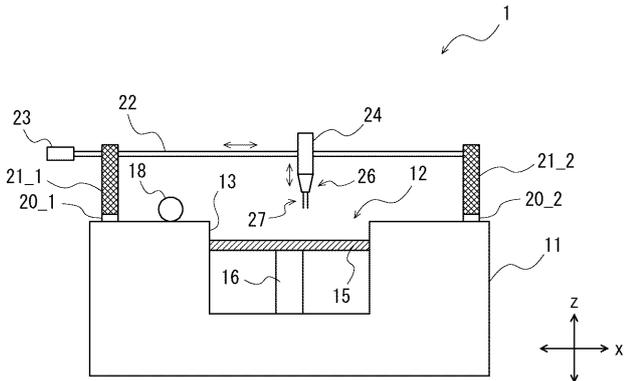
【0064】

- 1 積層造形装置
- 11 基材
- 12 凹部
- 13 側壁
- 15 ステージ
- 16 昇降部
- 18 ローラー（粉末層形成手段）
- 20_1、20_2 ガイド
- 21_1、21_2 支持部

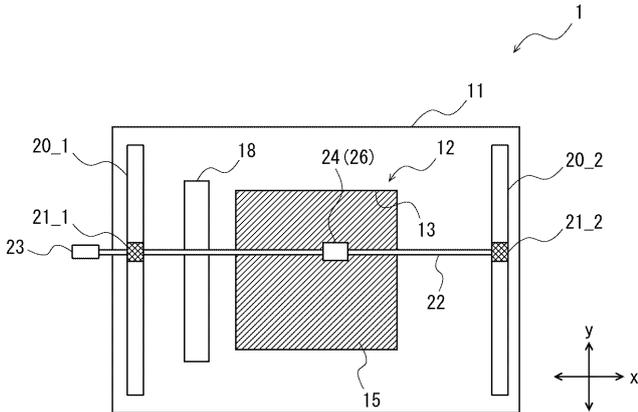
50

- 2 2 ガイド
- 2 3 駆動部
- 2 4 移動手段
- 2 6 放電ユニット（固化手段）
- 2 7 電極対
- 3 1、3 2 電極
- 3 3、3 3_1 ~ 3 3_3 放電回路
- 3 4、3 5 粉末層

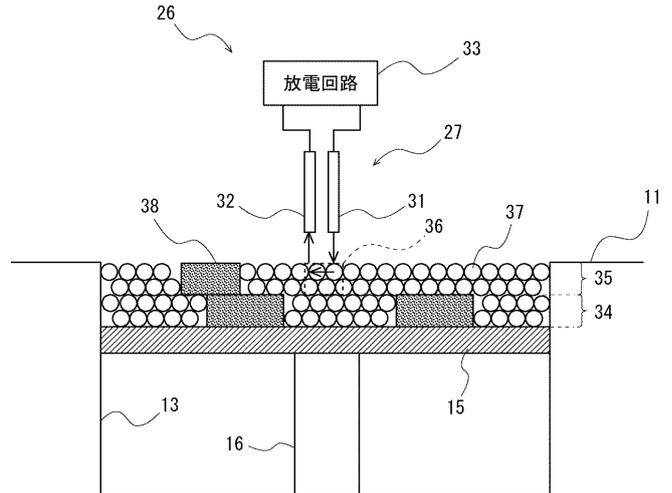
【 図 1 】



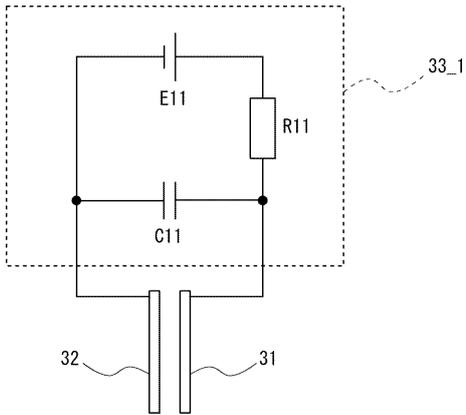
【 図 2 】



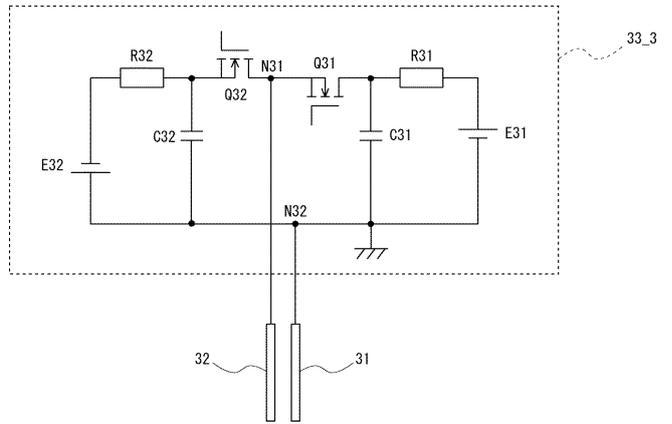
【 図 3 】



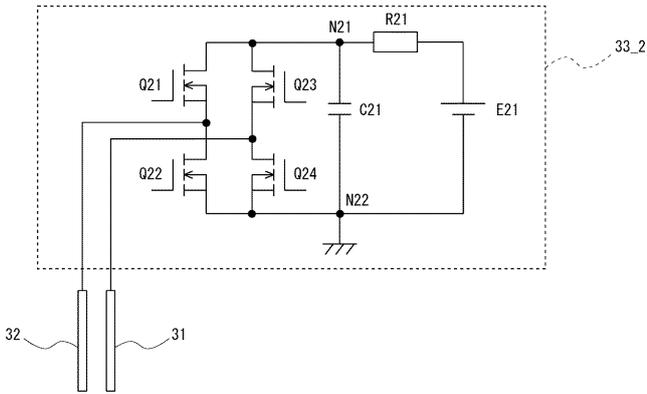
【図4】



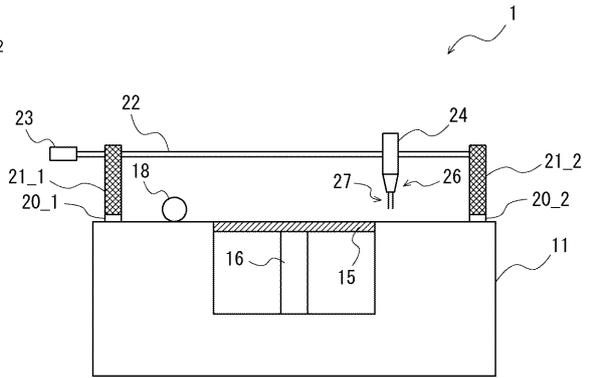
【図6】



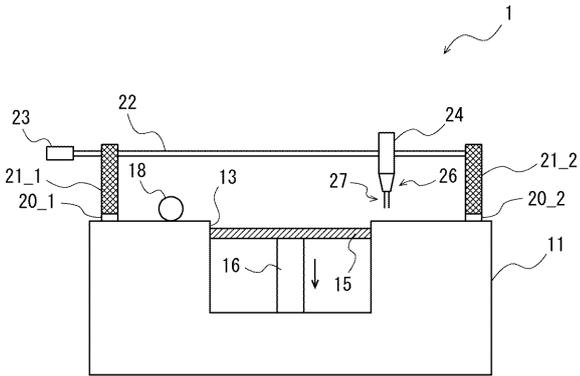
【図5】



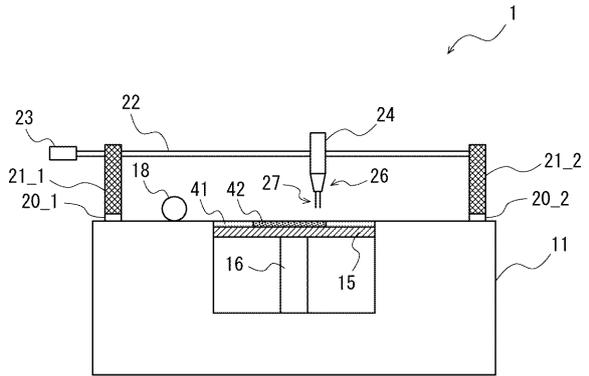
【図7A】



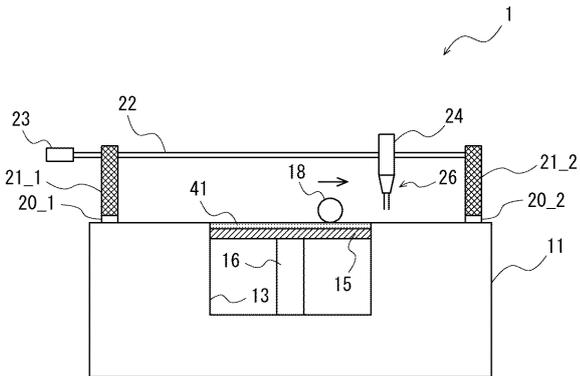
【図7B】



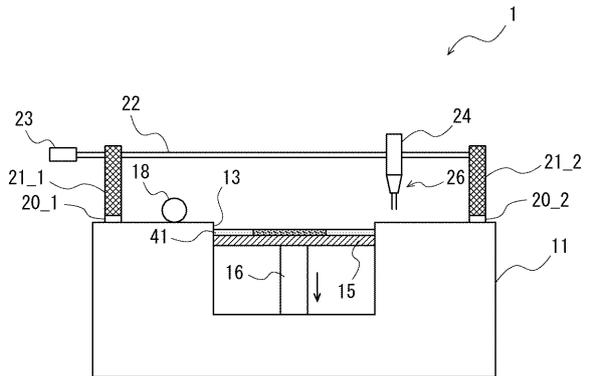
【図7D】



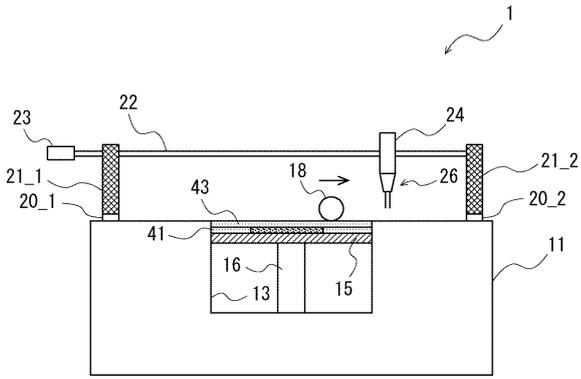
【図7C】



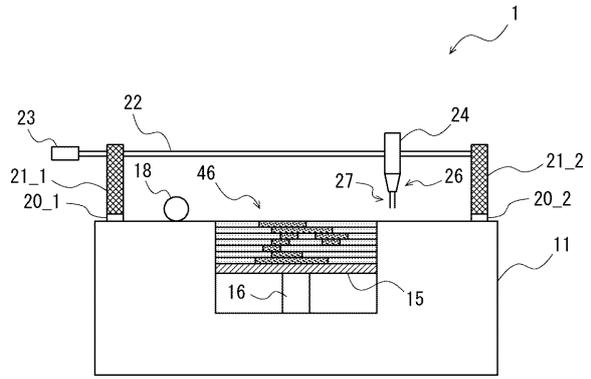
【図7E】



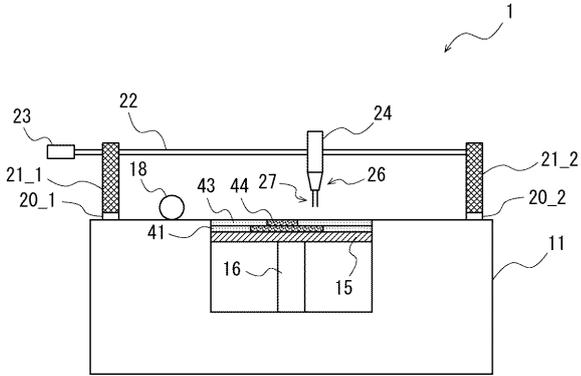
【図7F】



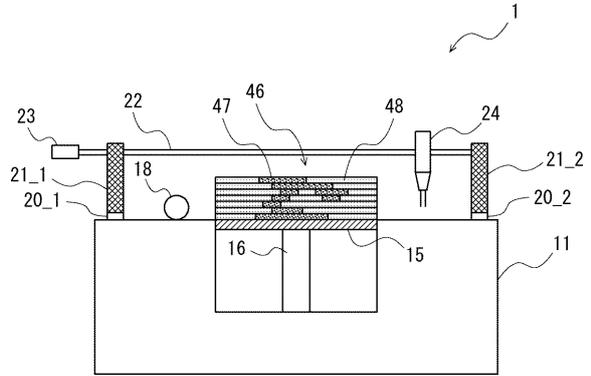
【図7H】



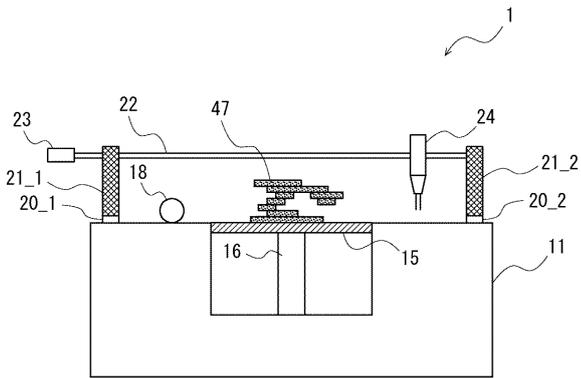
【図7G】



【図7I】



【図7J】



【図8】

