(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年3月14日(14.03.2019)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2019/049832 A1

(51) 国際特許分類:
B22F 3/16 (2006.01)　*B33Y 10/00* (2015.01)
B22F 3/105 (2006.01)　*B33Y 30/00* (2015.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2018/032642

(22) 国際出願日：　2018年9月3日(03.09.2018)

(25) 国際出願の言語：　日本語

(26) 国際公開の言語：　日本語

(30) 優先権データ：
特願 2017-171293　2017年9月6日(06.09.2017)　JP

(71) 出願人: 株式会社ＩＨＩ (**IHI CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目１番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 中山 雄一朗 (**NAKAYAMA Yuichiro**); 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目１番１号 株式会社ＩＨＩ内 Tokyo (JP). 林 大起 (**HAYASHI Daiki**); 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目１番１号 株式会社ＩＨＩ内 Tokyo (JP).

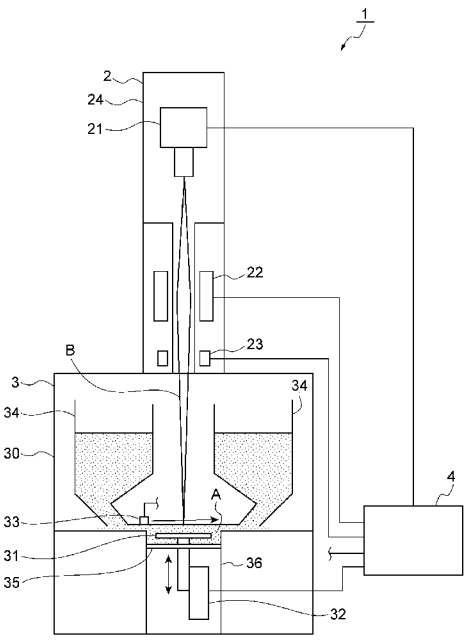
(74) 代理人: 長谷川 芳樹，外 (**HASEGAWA Yoshiki** et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目１番１号丸の内 ＭＹ ＰＬＡＺＡ（明治安田生命ビル） ９階 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM,

(54) **Title:** THREE-DIMENSIONAL SHAPING DEVICE AND THREE-DIMENSIONAL SHAPING METHOD

(54) 発明の名称： 三次元造形装置及び三次元造形方法



(57) **Abstract:** This three-dimensional shaping device shapes a three-dimensional object by irradiating a powder material with an electron beam and thereby melting the powder material. The three-dimensional shaping device is provided with an electron beam-emitting unit which emits the electron beam to melt the powder material for shaping the object and also pre-heats the powder material by irradiating the powder material with the electron beam prior to shaping the object. When irradiating the powder material with the electron beam in order to preheat the powder material, the electron beam-emitting unit moves the irradiation position of the electron beam in a spiral shape.

(57) 要約：三次元造形装置は、粉末材料への電子ビームの照射によって粉末材料を溶融させることにより、三次元の物体を造形する。三次元造形装置は、電子ビームを出射し物体を造形するために粉末材料を溶融させると共に、物体の造形を行う前に粉末材料に対し電子ビームを照射して粉末材料を予備加熱する電子ビーム出射部を備える。電子ビーム出射部は、予備加熱のために電子ビームを粉末材料に照射するときに、電子ビームの照射位置をスパイラル状に移動させる。

WO 2019/049832 A1

［続葉有］

ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 三次元造形装置及び三次元造形方法

技術分野

[0001] 本開示は、三次元の物体を造形する三次元造形装置及び三次元造形方法を説明する。

背景技術

[0002] 従来、三次元造形装置及び三次元造形方法として、例えば、特許第５１０８８８４号公報に記載された装置及び方法が知られている。この装置及び方法では、粉末材料に対して電子ビームを照射することにより粉末材料を溶融させる。その後、粉末材料を凝固させることにより、三次元の物体を造形する。この装置及び方法では、粉末材料の溶融及び凝固の前に粉末材料に対して電子ビームを照射することにより、粉末材料の予熱を行う。そして、この装置及び方法は、この予熱を行う際に、電子ビームの照射による電荷の累積の影響を抑制するために、電子ビームの走査経路を所定の距離だけ互いに離間するように設定する。そして、この装置及び方法では、当該走査経路に沿って電子ビームを走査する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第５１０８８８４号公報

特許文献2：特表２００６－５１３０５５号公報

特許文献3：特表２０１０－５２６６９４号公報

特許文献4：特表２０１５－５０７０９２号公報

特許文献5：特許第５７１２３０６号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、このような三次元造形装置及び三次元造形方法は、粉末材料の予熱の際に、粉末材料を均一に加熱することが難しい。例えば、図５に

示すように、電子ビームの照射位置を一定の方向へ移動させ、照射位置が照射領域の端部に達したら、その照射位置を他方の端部の位置に戻し、再び一定の方向へ電子ビームを照射して行うことがある。この場合、電子ビームの折り返し箇所において、電子ビームの応答遅れが生じることがある。このため、予め設定した通りに電子ビームを照射することが難しい。また、上述の装置及び方法では、電子ビームが照射されない箇所を生ずるおそれもある。さらに、上述の装置及び方法では、電子ビームが過剰に照射される箇所を生ずるおそれもある。これらの理由により、粉末材料において、入力される熱量の不均一さである入熱むらが発生する。従って、上述の装置及び方法では、適切な予備的な粉末材料の加熱が行えない。

[0005] 本開示は、粉末材料の予備的な加熱を適切に行える三次元造形装置及び三次元造形方法を説明する。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示に係る三次元造形装置は、粉末材料に電子ビームを照射し粉末材料を溶融させて三次元の物体を造形する。三次元造形装置は、電子ビームを出射し物体を造形するために粉末材料を溶融させると共に、物体の造形を行う前に粉末材料に対し電子ビームを照射して粉末材料を予備加熱する電子ビーム出射部を備える。電子ビーム出射部は、予備加熱のために電子ビームを粉末材料に照射するときに、電子ビームの照射位置をスパイラル状に移動させるように構成されている。

[0007] 本開示に係る三次元造形方法は、粉末材料に電子ビームを照射し粉末材料を溶融させて三次元の物体を造形する。三次元造形方法は、電子ビームを粉末材料に照射して物体を造形する前に、粉末材料に対し電子ビームを照射して粉末材料を予備加熱する予備加熱工程を含む。この予備加熱工程にて、電子ビームを粉末材料に照射するときに、電子ビームの照射位置をスパイラル状に移動させる。

発明の効果

[0008] 本開示に係る三次元造形装置及び三次元造形方法によれば、粉末材料の予

備的な加熱を適切に行うことができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]図１は、本開示に係る三次元造形装置の構成を示す概要図である。

[図2]図２は、本開示に係る三次元造形方法における電子ビームの照射経路の説明図である。

[図3]図３は、本開示に係る三次元造形方法における電子ビームの照射経路の説明図である。

[図4]図４は、本開示に係る三次元造形方法における電子ビームの照射経路の説明図である。

[図5]図５は、三次元造形方法における比較例の照射経路の説明図である。

[図6]図６は、三次元造形方法における比較例の照射経路の説明図である。

[図7]図７は、三次元造形方法を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本開示に係る三次元造形装置及び三次元造形方法について、図面を参照しながら説明する。なお、図面の説明において同一要素には同一符号を付し、重複する説明は省略する。

[0011] 本開示に係る三次元造形装置は、粉末材料に電子ビームを照射し粉末材料を溶融させて三次元の物体を造形する。三次元造形装置は、電子ビームを出射し物体を造形するために粉末材料を溶融させると共に、物体の造形を行う前に粉末材料に対し電子ビームを照射して粉末材料を予備加熱する電子ビーム出射部を備える。電子ビーム出射部は、予備加熱のために電子ビームを粉末材料に照射するときに、電子ビームの照射位置をスパイラル状に移動させるように構成されている。この三次元造形装置によれば、予備加熱の際に電子ビームの照射位置をスパイラル状に移動させることにより、電子ビームの照射位置を急峻に変化させることなく移動させて照射領域を予備加熱させることができる。このため、電子ビームの照射位置の移動に応答遅れが生じにくい。従って、粉末材料における入熱むらを抑制することができる。

[0012] 本開示に係る三次元造形装置において、電子ビーム出射部は、予備加熱の

ために電子ビームを粉末材料に照射するときに、電子ビームの照射位置を照射領域の中心から外縁に向けてスパイラル状に移動させてもよい。この場合、電子ビームの照射位置を照射領域の中心から外縁に向けてスパイラル状に移動させることにより、電子ビームの照射位置を照射領域の外縁から再び照射領域の中心へ戻すときに、電子ビームの照射位置を急峻に変化させずに中心付近の照射位置に移動させることができる。このため、電子ビームの照射位置の移動に応答遅れが生じにくい。従って、粉末材料における入熱むらを抑制できる。

[0013] 本開示に係る三次元造形装置において、予備加熱のために複数の照射経路に沿って電子ビームを照射する場合、照射経路の始点の付近の経路領域が先の照射領域の終点から始点に向かう方向に沿って形成されていてもよい。この場合、先の照射経路から次の照射経路に引き継いで電子ビームが照射されるとき、次の照射経路に沿って設定通りに電子ビームが照射されやすくなる。

[0014] 本開示に係る三次元造形装置は、粉末材料を載置し造形される物体を支持するプレートを備える。このプレートは、円形状に形成されていてもよい。この場合、プレートが円形状に形成されていることにより、予備加熱のために照射される電子ビームの照射領域が円形となる。このため、電子ビームをスパイラル状に照射していくことにより照射領域の周方向に沿って電子ビームを照射することができる。従って、照射領域を効率よく予備加熱することができる。

[0015] 本開示に係る三次元造形装置において、電子ビーム出射部は、粉末材料を予備加熱する前に、プレートに電子ビームをスパイラル状に照射してプレートを予備加熱してもよい。この場合、プレートを事前に加熱することが可能となると共に電子ビームでスパイラル状に照射することによりプレートを効率よく予備加熱することができる。

[0016] 本開示に係る三次元造形方法は、粉末材料に電子ビームを照射し粉末材料を溶融させて三次元の物体を造形する。三次元造形方法は、電子ビームを粉

末材料に照射して物体を造形する前に、粉末材料に対し電子ビームを照射して粉末材料を予備加熱する予備加熱工程を含む。この予備加熱工程において、電子ビームを粉末材料に照射するときに、電子ビームの照射位置をスパイラル状に移動させる。この三次元造形方法によれば、予備加熱の際に電子ビームの照射位置をスパイラル状に移動させることにより、電子ビームの照射位置を急峻に変化させることなく移動させて照射領域を予備加熱させることができる。このため、電子ビームの照射位置の移動に応答遅れが生じにくい。従って、粉末材料における入熱むらを抑制できる。

[0017] 図１は、本開示に係る三次元造形装置の構成を示す概要図である。三次元造形装置１は、粉末材料Ａに電子ビームＢを照射することにより粉末材料Ａを溶融させる。その後、三次元造形装置１は、粉末材料Ａを凝固させることにより、三次元の物体を造形する。三次元造形装置１は、電子ビーム出射部２、造形部３及び制御部４を備える。

[0018] 電子ビーム出射部２は、造形部３の粉末材料Ａに対して電子ビームＢを出射する。電子ビームＢの出射の結果、粉末材料Ａは溶融する。また、電子ビーム出射部２は、物体の造形を行う前に粉末材料Ａに対して電子ビームＢを照射する。その結果、粉末材料Ａの予備的な加熱が行われる。このとき、電子ビーム出射部２は、予備加熱のために電子ビームＢを粉末材料Ａに照射する際に、電子ビームＢの照射位置をスパイラル状に移動させる。例えば、電子ビームＢは、電子ビームＢの照射領域の中心から外縁に向かう渦巻状の照射経路に沿って照射される。電子ビームＢの照射経路は、単一のスパイラル状の経路でもよい。また、電子ビームＢの照射経路は、複数のスパイラル状の経路を含んでもよい。このように、予備加熱の際に電子ビームＢの照射位置をスパイラル状に移動させることにより、電子ビームＢの照射位置が急峻に変化することがなくなる。その結果、電子ビームＢの照射位置が急峻に変化しないように電子ビームＢの照射位置を移動させながら、照射領域を予備加熱することができる。このため、電子ビームＢの照射位置の移動に応答遅れが生じにくくすることができる。さらに、粉末材料Ａにおける入熱むらを

抑制することができる。

[0019] 電子ビーム出射部２は、電子銃部２１、収束コイル２２及び偏向コイル２３を備える。電子銃部２１は、制御部４と電気的に接続されている。電子銃部２１は、制御部４からの制御信号を受けて作動する。電子銃部２１は、電子ビームＢを出射する。電子銃部２１は、例えば、下方に向けて電子ビームＢを出射する。収束コイル２２は、制御部４と電気的に接続されている。収束コイル２２は、制御部４からの制御信号を受けて作動する。収束コイル２２は、電子銃部２１から出射される電子ビームＢの周囲に設置される。収束コイル２２は、電子ビームＢを収束させる。偏向コイル２３は、制御部４と電気的に接続されている。偏向コイル２３は、制御部４からの制御信号を受けて作動する。偏向コイル２３は、電子銃部２１から出射される電子ビームＢの周囲に設置されている。偏向コイル２３は、制御信号に応じて電子ビームＢの照射位置を調整する。偏向コイル２３は、電磁的なビーム偏向を行う。従って、偏向コイル２３は、機械的なビーム偏向と比べて、電子ビームＢの照射時における走査速度を高速なものとすることができる。電子銃部２１、収束コイル２２及び偏向コイル２３は、例えば、筒状を呈するコラム２４内に設置される。

[0020] 造形部３は、所望の物体を造形する部位である。造形部３は、チャンバ３０内に粉末材料Ａを配している。造形部３は、チャンバ３０内において、プレート３１、昇降機３２、レーキ３３及びホッパ３４を備える。プレート３１は、造形される物体を支持する。プレート３１上で物体が造形されるので、プレート３１は、造形される物体を支持する。プレート３１は、例えば円形の板状体である。プレート３１は、電子ビームＢの出射方向の延長線上に配置されている。プレート３１は、例えば水平方向に向けて設けられる。プレート３１は、下方に設置される昇降ステージ３５に支持されている。プレート３１は、昇降ステージ３５と共に上下方向に移動する。昇降機３２は、プレート３１を昇降させる。昇降機３２は、制御部４と電気的に接続されている。昇降機３２は、制御部４からの制御信号を受けて作動する。例えば、

昇降機３２は、物体の造形の初期において昇降ステージ３５と共にプレート３１を上部へ移動させる。昇降機３２は、プレート３１上において粉末材料Ａの溶融及び凝固によって粉末材料Ａが積層されるごとに、プレート３１を降下させる。昇降機３２は、プレート３１を昇降できる構造のものであれば、その構造に特に制限はない。プレート３１は、造形タンク３６内に配置されている。造形タンク３６は、例えば、円筒状に形成されている。造形タンク３６は、プレート３１の移動方向に延びている。造形タンク３６の断面は、プレート３１と同心円状の断面円形である。昇降ステージ３５は、造形タンク３６の内側形状に対応している。つまり、造形タンク３６の内側形状が水平断面で円形の場合、昇降ステージ３５の外形も円形である。これにより、造形タンク３６に供給される粉末材料Ａは、昇降ステージ３５の下方へ漏れ落ちにくくなる。また、粉末材料Ａが昇降ステージ３５の下方へ漏れ落ちることを抑制するために、昇降ステージ３５の外縁部にシール材を設けてもよい。なお、造形タンク３６の形状は、円筒状に限定されない。造形タンク３６の形状は、断面矩形の角筒状であってもよい。

[0021] レーキ３３は、プレート３１の上方に配される粉末材料Ａを均す。例えば、レーキ３３は、棒状又は板状の部材が用いられる。レーキ３３は、これらの部材を水平方向に移動させることにより、粉末材料Ａの表面を均す。レーキ３３は、図示しないアクチュエータ及び機構により移動させられる。なお、粉末材料Ａを均す機構としては、レーキ３３以外の機構を用いることができる。ホッパ３４は、粉末材料Ａを収容する。ホッパ３４の下部には、粉末材料Ａを排出する排出口が形成されている。排出口から排出された粉末材料Ａは、プレート３１上へ流入する。又は、排出口から排出された粉末材料Ａは、レーキ３３によりプレート３１上へ供給される。プレート３１、昇降機３２、レーキ３３及びホッパ３４は、チャンバ３０内に設置される。チャンバ３０内は、真空又はほぼ真空な状態である。なお、プレート３１上に粉末材料Ａを層状に供給する機構としては、レーキ３３及びホッパ３４以外の機構を用いることができる。

[0022] 粉末材料Ａは、多数の粉末体により構成される。粉末材料Ａとしては、例えば金属製の粉末が用いられる。また、粉末材料Ａとしては、電子ビームＢの照射により溶融及び凝固できるものであれば、粉末より粒径の大きい粒体を用いてもよい。

[0023] 制御部４は、三次元造形装置１の装置全体の制御を行う電子制御ユニットである。制御部４は、例えばＣＰＵ、ＲＯＭ、ＲＡＭを含むコンピュータである。制御部４は、プレート３１の昇降制御、レーキ３３の作動制御、電子ビームＢの出射制御及び偏向コイル２３の作動制御を実行する。制御部４は、プレート３１の昇降制御として、昇降機３２に制御信号を出力することにより、昇降機３２を作動させる。この作動によって、プレート３１の上下位置が調整される。制御部４は、レーキ３３の作動制御として、電子ビームＢの出射前にレーキ３３を作動させる。この作動によって、プレート３１上の粉末材料Ａが均される。制御部４は、電子ビームＢの出射制御として、電子銃部２１に制御信号を出力する。この制御信号に基づいて、電子銃部２１から電子ビームＢが出射される。

[0024] 制御部４は、偏向コイル２３の作動制御として、偏向コイル２３に制御信号を出力する。この制御信号に基づいて、電子ビームＢの照射位置が制御される。例えば、制御部４には造形すべき物体の三次元ＣＡＤ（Computer-Aided Design）データが入力される。制御部４は、この三次元ＣＡＤデータに基づいて二次元のスライスデータを生成する。スライスデータは、例えば、造形すべき物体の水平断面のデータである。スライスデータは、上下方向における位置に応じた多数のデータの集合体である。制御部４は、このスライスデータに基づいて、粉末材料Ａに対して電子ビームＢを照射する領域を決定する。そして、制御部４は、決定された領域に応じて偏向コイル２３に制御信号を出力する。

[0025] 制御部４は、粉末材料Ａを予め加熱させる予備加熱の制御を行う。制御部４は、予備加熱の制御を、物体の造形のための電子ビームＢを出射させる前に行う。予備加熱は、予熱とも称される。予備加熱とは、粉末材料Ａの溶融

前に、粉末材料Ａを加熱して、粉末材料Ａの温度を粉末材料Ａの融点未満の温度に設定する処理である。この予備加熱により、電子ビームＢの照射による粉末材料Ａへの負電荷の蓄積が抑制される。その結果、電子ビームＢの照射時に粉末材料Ａが舞い上がるスモーク現象を抑制することができる。予備加熱の制御としては、プレート３１上の粉末材料Ａに対して電子ビームＢを照射する。その結果、粉末材料Ａ及びプレート３１が加熱される。このとき、予備加熱のための電子ビームＢの照射も適切に行う必要がある。すなわち、予備加熱において、粉末材料Ａ又はプレート３１に入熱むらがあると、物体の造形が適切に行えないおそれがあるからである。つまり、予備加熱において、物体の造形のための電子ビームＢの照射領域に対して、できるだけ均一な入熱によって、予備加熱を行う必要となる。

[0026] 次に、図７を参照しながら、本開示に係る三次元造形方法について説明する。

[0027] 本開示に係る三次元造形方法は、上述した三次元造形装置１を用いる。まず、図１において、プレート３１の位置調整工程Ｓ１が行われる。物体の造形の初期においては、プレート３１は上方の位置に配置される。制御部４は、昇降機３２に制御信号を出力する。その結果、昇降機３２が作動するのでプレート３１が所定の高さに配置される。そして、プレート３１の予備加熱工程Ｓ２が行われる。制御部４は、電子銃部２１、収束コイル２２及び偏向コイル２３に制御信号を出力する。その結果、電子銃部２１から電子ビームＢが出射するので、プレート３１に対して電子ビームＢが照射される。これにより、物体の造形前において、プレート３１が加熱される。このとき、例えば、電子ビームＢの照射位置がスパイラル状に移動するように、電子ビームＢが照射される。その際の照射は、後述する粉末材料Ａの予備加熱と同様に行えばよい。このとき、複数の照射経路に沿って電子ビームＢの照射が行われてもよい（図２参照）。また、単一の照射経路に沿って電子ビームＢの照射が行われてもよい（図４参照）。また、プレート３１の全域に対して、電子ビームＢの照射を１回だけ行ってもよい。さらに、プレート３１の全域

に対して、電子ビームＢの照射を複数繰り返して行ってもよい。なお、プレート３１の予備加熱は、上述した電子ビームＢの照射とは別の方法であってもよい。例えば、予備加熱は、電子ビームＢをプレート３１に対して一方向に繰り返し走査して行ってもよい。プレート３１の予備加熱工程Ｓ２は、省略してもよい。

[0028] 次に、粉末材料Ａの予備加熱工程Ｓ３が行われる。制御部４は、電子銃部２１、収束コイル２２及び偏向コイル２３に制御信号を出力する。その結果、電子銃部２１から電子ビームＢが出射されるので、プレート３１上の粉末材料Ａに対して電子ビームＢが照射される。これにより、物体の造形前において、粉末材料Ａが加熱される。この加熱より、粉末材料Ａは、例えば仮焼結される。その結果、粉末材料Ａは、容易に飛散しない状態となる。

[0029] このとき、電子ビームＢが粉末材料Ａに照射される際に、電子ビームＢの照射位置がスパイラル状に移動する。すなわち、電子ビームＢは、粉末材料Ａに対して、スパイラル状に照射位置を移動させて照射される。

[0030] 図２、図３及び図４は、電子ビームＢの照射位置の移動経路を示す。図２、図３及び図４では、円形のプレート３１上を照射領域として電子ビームＢが照射されている。なお、図２、図３及び図４では、説明の便宜上、粉末材料Ａの図示を省略している。図２に示すように、電子ビームＢは、照射領域の中心から外縁に向けて渦巻状の照射経路Ｒ１に沿って照射される。次に、電子ビームＢは、照射領域の中心から外縁に向けて渦巻状の照射経路Ｒ２に沿って照射される。

[0031] さらに、電子ビームＢは、照射経路Ｒ２に次いで、照射経路Ｒ３、Ｒ４、Ｒ５、Ｒ６の順に照射領域の中心から外縁に向けて渦巻状に照射される。照射経路Ｒ１、Ｒ２、Ｒ３、Ｒ４、Ｒ５、Ｒ６は、同一形状の経路である。照射経路Ｒ１、Ｒ２、Ｒ３、Ｒ４、Ｒ５、Ｒ６は、同心状である。さらに、照射経路Ｒ１、Ｒ２、Ｒ３、Ｒ４、Ｒ５、Ｒ６は、照射領域の中心から周方向へ六十度ずつずれた位置に設定されている。照射経路Ｒ１、Ｒ２、Ｒ３、Ｒ４、Ｒ５、Ｒ６における経路間の間隔距離は、同一又はほぼ同一である。照

射経路Ｒ１、Ｒ２、Ｒ３、Ｒ４、Ｒ５、Ｒ６上の黒丸は、電子ビームＢの照射位置を示している。

[0032] このように、電子ビームＢをスパイラル状に移動させて照射することにより、電子ビームＢの照射位置を急峻に移動させることなく照射領域を予備加熱させることができる。このため、電子ビームＢの照射位置の移動に応答遅れが生じにくくなる。その結果、粉末材料Ａにおける入熱むらを抑制できる。また、電子ビームＢをスパイラル状に移動させて照射する場合、電子ビームＢを直線状に移動させて照射する場合と比べて、照射経路を長く設定することができる。このため、照射経路の設定数を少なくすることができる。その結果、照射経路から次の照射経路への引継ぎを減らすことができる。このため、照射経路から次の照射経路の引継ぎの際の電子ビームＢの照射位置のずれによる入熱むらを低減することが可能となる。

[0033] また、円形のプレート３１に対して電子ビームＢをスパイラル状に移動させて照射する。その結果、プレート３１上に設定される円形の照射領域に対して、その外縁に沿って電子ビームＢの照射経路を設定できる。このため、照射経路から次の照射経路への引継ぎの際に電子ビームＢの照射位置を１８０度折り返すようなことを回避できる。従って、照射経路から次の照射経路への引継ぎが円滑に行える。その結果、照射経路から次の照射経路への引継ぎの際の電子ビームＢの照射位置のずれによる入熱むらを低減することができる。

[0034] 図３に示すように、電子ビームＢは、照射経路Ｒ１に沿って照射し終えた後に、照射経路Ｒ２に沿って引き続き照射される。照射経路Ｒ２は、始点Ｐ２１付近の経路領域Ｒ２ａが照射経路Ｒ１の終点Ｐ１２から始点Ｐ２１に向かう方向に沿って形成されている。このため、電子ビームＢが照射経路Ｒ２に沿って設定通りに照射される。これに対して、照射経路Ｒ２の始点Ｐ２１付近の経路領域Ｒ２ａが照射経路Ｒ１の終点Ｐ１２から始点Ｐ２１に向かう方向に沿って形成されていない場合、電子ビームＢの照射位置が照射経路Ｒ２から逸れる。その結果、設定通りに電子ビームＢを照射することが困難に

なる。つまり、電子ビームＢの照射位置の移動に応答遅れを生じる。従って、粉末材料Ａの入熱むらを生ずる。なお、図３は、照射経路Ｒ１と照射経路Ｒ２との関係を示す。照射経路Ｒ２と照射経路Ｒ３、照射経路Ｒ３と照射経路Ｒ４、照射経路Ｒ４と照射経路Ｒ５、および、照射経路Ｒ５と照射経路Ｒ６についても同様な関係に設定されている。これにより、照射領域全体において、粉末材料Ａにおける入熱むらを抑制することができる。

[0035] 図２及び図３においては、電子ビームＢの照射領域を六つの照射経路Ｒ１、Ｒ２、Ｒ３、Ｒ４、Ｒ５、Ｒ６を用いて予備加熱する場合について説明した。電子ビームＢの照射経路は、単一のスパイラル状の照射経路であってもよい。例えば、図４に示すように、一つの照射経路Ｒに沿って電子ビームＢの照射位置を移動させて予備加熱を行ってもよい。また、電子ビームＢの照射経路は、二つ以上五つ未満のスパイラル状の照射経路を含んでもよい。また、電子ビームＢの照射経路は、七つ以上のスパイラル状の照射経路を含んでもよい。このような場合であっても、予備加熱の際に電子ビームＢの照射位置がスパイラル状に移動する。その結果、電子ビームＢの照射位置を急峻に移動させることなく照射領域を予備加熱させることができる。このため、電子ビームＢの照射位置の移動に応答遅れが生じにくくなる。従って、粉末材料Ａにおける入熱むらを抑制することができる。なお、図２の照射経路Ｒ１、Ｒ２、Ｒ３、Ｒ４、Ｒ５、Ｒ６による照射は、１回だけ行ってもよい。また、照射経路Ｒ１、Ｒ２、Ｒ３、Ｒ４、Ｒ５、Ｒ６による照射は、複数回繰り返して行ってもよい。また、図４の照射経路Ｒによる照射も、１回だけ行ってもよい。また、照射経路Ｒによる照射は、複数回繰り返して行ってもよい。

[0036] 上述した予備加熱によって、円形の照射領域内の粉末材料Ａが加熱される。その結果、粉末材料Ａは、容易に飛散しない状態となる。図１において、予備加熱工程Ｓ３を終えた後に、物体造形工程Ｓ４が行われる。物体造形工程Ｓ４は、造形の目的物である物体を造形する。制御部４は、電子銃部２１、収束コイル２２及び偏向コイル２３に制御信号を出力する。その結果、電

子銃部２１から電子ビームＢが出射する。つまり、プレート３１上の粉末材料Ａに対して電子ビームＢが照射される。これにより、照射位置の粉末材料Ａは、溶融したのちに凝固することにより、物体の一部を構成する。このとき、粉末材料Ａは、電子ビームＢの照射領域において、入熱むらが抑制されるように、適切に予備加熱されている。その結果、電子ビームＢの照射によってスモーク現象が生ずることが抑制される。また、このように予備加熱されることにより、造形される物体の内部の残留応力を十分に低減する効果が得られる。

[0037] 物体造形工程Ｓ４において、電子ビームＢの照射位置は、予め制御部４に入力される物体の二次元スライスデータに基づいて決定される。制御部４は、一つの二次元スライスデータに基づいて電子ビームＢを照射した後に、昇降機３２に制御信号を出力する。その結果、昇降機３２が作動するので、プレート３１が所定距離だけ降下する。そして、制御部４は、レーキ３３を作動させる。その結果、凝固した物体上に粉末材料Ａが供給された後に、粉末材料Ａの表面が平らに均される。

[0038] そして、制御部４は、上述した予備加熱工程Ｓ３を再び実行する。その予備加熱工程Ｓ３を終えた後に、再び物体造形工程Ｓ４を実行する。このように、予備加熱工程Ｓ３と物体造形工程Ｓ４とを交互に繰り返すことにより、凝固した粉末材料Ａを積層させながら、物体を造形する。

[0039] 以上説明したように、本開示に係る三次元造形装置及び三次元造形方法によれば、予備加熱の際に電子ビームＢの照射位置をスパイラル状に移動させる。その結果、電子ビームＢの照射位置を急峻に移動させることなく照射領域を予備加熱させることができる。このため、電子ビームの照射位置の移動に応答遅れが生じにくくなる。従って、粉末材料Ａにおける入熱むらを抑制できる。

[0040] 例えば、図５に示すように、予備加熱において、電子ビームＢの照射位置を一定の方向へ移動させ、照射位置が照射領域の端部に達した後に、照射位置を他方の端部の位置に戻し、再び一定の方向へ照射して行うことが考えら

れる。この場合、図６に示すように、照射経路１０１から照射経路１０２の折り返し領域において、電子ビームＢの照射位置が設定された照射経路１０２から外れるおそれがある。これは、折り返し領域において、急峻な電子ビームＢの移動が要求されるのに対して、偏向コイル２３の応答遅れの影響により、電子ビームＢが十分に追従できないことに起因する。この対策として、電子ビームＢの走査速度を低く設定することが考えられる。しかしながら、走査速度低く設定すると、物体の造形速度が遅くなる。その結果、物体の造形に長い時間を要する。これに対して、本開示に係る三次元造形装置及び三次元造形方法では、予備加熱の際に電子ビームＢの照射位置をスパイラル状に移動させる。その結果、電子ビームＢの照射位置を急峻に移動させることが抑制される。これにより、電子ビームＢの照射位置の移動に応答遅れが生ずることが抑制される。従って、粉末材料Ａにおける入熱むらを抑制できる。

[0041] 本開示に係る三次元造形装置及び三次元造形方法は、予備加熱のために電子ビームＢを粉末材料Ａに照射するときに、電子ビームＢの照射位置を照射領域の中心から外縁に向けてスパイラル状に移動させる。これにより、電子ビームＢの照射位置を照射領域の外縁から再び照射領域の中心へ戻すときに、電子ビームＢの照射位置を急峻に変化させることなく、電子ビームＢの照射位置を中心付近の照射位置に移動させることができる。このため、電子ビームＢの照射位置の移動に応答遅れが生じにくくなる。従って、粉末材料Ａにおける入熱むらを抑制できる。

[0042] 例えば、図３に示すように、電子ビームＢの照射位置を照射領域の中心から外縁に向けてスパイラル状に移動させる場合、中心側の始点Ｐ２１付近の経路領域Ｒ２ａを外縁側の終点Ｐ１２から中心側の始点Ｐ２１に向かう方向に沿って形成しやすい。このため、外縁側の終点Ｐ１２から中心側の始点Ｐ２１へ電子ビームＢの照射位置を戻すときに、電子ビームＢが照射経路Ｒ２に沿って設定通りに照射される。これにより、予備加熱の際に、粉末材料Ａの入熱むらの抑制を図ることができる。図３では、複数の照射経路を用いて

予備加熱を行う場合について説明した。しかし、図４のように単一の照射経路を用いて予備加熱を行う場合も同様に、電子ビームＢが照射経路Ｒ２に沿って設定通りに照射される。従って、予備加熱の際に、粉末材料Ａにおける入熱むらを抑制できる。

[0043] 本開示に係る三次元造形装置及び三次元造形方法は、予備加熱のために複数の照射経路に沿って電子ビームＢを照射する場合、照射経路の始点の付近の経路領域が先の照射領域の終点から始点に向かう方向に沿って形成されている。このため、先の照射経路から次の照射経路に引き継いで電子ビームが照射されるとき、次の照射経路に沿って設定通りに電子ビームが照射されやすくなる。従って、予備加熱の際に、粉末材料Ａにおける入熱むらを抑制できる。

[0044] 本開示に係る三次元造形装置及び三次元造形方法によれば、プレート３１が円形状に形成されている。その結果、予備加熱のために照射される電子ビームＢの照射領域が円形となる。このため、電子ビームＢをスパイラル状に照射していくことにより照射領域の周方向に沿って電子ビームを照射することができる。このため、照射領域を効率よく予備加熱することができる。

[0045] なお、本開示に係る三次元造形装置及び三次元造形方法は、上述した実施形態に限定されるものではない。本開示に係る三次元造形装置及び三次元造形方法は、特許請求の範囲の記載の要旨を逸脱しない範囲で様々な変形態様を採用してよい。

[0046] 例えば、上述した実施形態においては、プレート３１及び粉末材料Ａの予備加熱を行うときに電子ビームＢをスパイラル状に照射させる場合について説明した。しかし、プレート３１の予備加熱を行うときに電子ビームＢをスパイラル状に照射させてもよいし、粉末材料Ａの予備加熱を行うときに電子ビームＢをスパイラル状の照射以外の照射により行ってもよい。このような電子ビームＢの照射には、例えば、電子ビームＢを一方向に繰り返し照射する態様が挙げられる。この場合であっても、プレート３１の予備加熱の入熱むらが抑制されるので、適切な予備加熱を行うことができる。

[0047] また、上述した実施形態においては、電子ビーム出射部２に一個の電子銃部２１を備える場合について説明した。しかし、電子ビーム出射部２は、複数個の電子銃部を備えていてもよい。この場合、電子ビーム出射部２から複数の電子ビームＢを出射させることができる。その結果、粉末材料Ａ及びプレート３１の予備加熱並びに物体の造形が効率良く行える。従って、迅速に造形処理を行うことが可能となる。また、予備加熱を行うための電子銃部を、物体造形を行うための電子銃部と別個に設けると共に別個に作動させてもよい。この場合、電子銃部の出力調整が不要となる。

[0048] また、上述した実施形態においては、照射経路Ｒ１、Ｒ２、Ｒ３、Ｒ４、Ｒ５、Ｒ６の順に電子ビームＢの照射を行うものとして説明したが、この順に限定されない。照射経路Ｒ１、Ｒ２、Ｒ３、Ｒ４、Ｒ５、Ｒ６の外周部の長さを適宜設定することにより、例えば、照射経路Ｒ１の次に照射経路Ｒ３を選択した場合でも、照射経路Ｒ３における電子ビームＢの移動方向を、照射経路Ｒ１における電子ビームＢの移動方向に合わせることができる。例えば、電子ビームＢの照射を、照射経路Ｒ１、Ｒ４、Ｒ２、Ｒ５、Ｒ３、Ｒ６の順に行ってもよい。この構成によれば、例えば、照射経路Ｒ１と、照射経路Ｒ４との間隔を拡張することが可能である。従って、スモークの発生を好適に抑制することができる。

[0049] また、上述した実施形態においては、電子ビームＢの照射経路に沿った走査速度が一定であるとした。走査速度が一定である場合、図２のような電子ビームＢの軌跡（ドットの集合）となる。この場合、粉末材料Ａ又はプレート３１に提供される熱量は一定である。プレート３１が円形であるときには、プレート３１における中心側は、外側よりも熱が逃げにくい。その結果、プレート３１における中心側と外側とで温度差が生じる可能性がある。そこで、照射経路上の位置に応じて、電子ビームＢの走査速度を変化させてもよい。つまり、走査速度を制御することにより、粉末材料Ａ又はプレート３１に提供する熱量を制御する。換言すると、走査速度は、一定に限定されるものではなく、照射経路上の位置に応じて変化させてもよい。例えば、照射経

路において、内側の走査速度と外側の走査速度とが異なってもよい。より詳細には、プレート３１の内側における走査速度は、外側における走査速度より速くてもよい。換言すると、プレート３１の内側における走査速度を高めて提供される熱量を抑制し、外側における走査速度を低くして提供される熱量を多くしてもよい。その結果、円形であるプレート３１の全体の温度分布をより均一に近づけることができる。電子ビームＢの走査速度は、例えば、予め粉末材料Ａ又はプレート３１の表面温度を計測して、計測結果である温度分布に基づいて、照射経路上における走査速度を設定してもよい。さらには、走査速度を極めて高速とすることにより、熱量の提供がなされないとみなせる制御を行ってもよいし、走査速度を極めて低速とすることにより、多量の熱量の提供がなされる制御を行ってもよい。つまり、照射経路上にいて極端な走査速度の変化を設定することにより、プレート３１の一部や造形物の近傍に多くの熱量を提供する予熱を行ってもよい。

符号の説明

[0050] １　三次元造形装置

２　電子ビーム出射部

３　造形部

４　制御部

２１　電子銃部

２２　収束コイル

２３　偏向コイル

３１　プレート

３２　昇降機

３３　レーキ

３４　ホッパ

Ａ　粉末材料

Ｂ　電子ビーム

Ｒ、Ｒ１、Ｒ２、Ｒ３、Ｒ４、Ｒ５、Ｒ６　照射経路

Ｓ３　予備加熱工程

請求の範囲

[請求項1] 粉末材料に電子ビームを照射し前記粉末材料を溶融させて三次元の物体を造形する三次元造形装置において、

前記電子ビームを出射し前記物体を造形するために前記粉末材料を溶融させると共に、前記物体の造形を行う前に前記粉末材料に対し前記電子ビームを照射して前記粉末材料を予備加熱する電子ビーム出射部を備え、

前記電子ビーム出射部は、予備加熱のために前記電子ビームを前記粉末材料に照射するときに、前記電子ビームの照射位置をスパイラル状に移動させる、

三次元造形装置。

[請求項2] 前記電子ビーム出射部は、予備加熱のために前記電子ビームを前記粉末材料に照射するときに、前記電子ビームの照射位置を照射領域の中心から外縁に向けてスパイラル状に移動させる、

請求項１に記載の三次元造形装置。

[請求項3] 予備加熱のために複数の照射経路に沿って前記電子ビームを照射する場合、前記照射経路の始点の付近の経路領域が先の照射領域の終点から前記始点に向かう方向に沿って形成されている、

請求項２に記載の三次元造形装置。

[請求項4] 前記粉末材料を載置し造形される前記物体を支持するプレートを備え、

前記プレートが円形状に形成されている、

請求項１～３のいずれか一項に記載の三次元造形装置。

[請求項5] 前記電子ビーム出射部は、前記粉末材料を予備加熱する前に、前記プレートに前記電子ビームをスパイラル状に照射して前記プレートを予備加熱する、

請求項４に記載の三次元造形装置。

[請求項6] 粉末材料に電子ビームを照射し前記粉末材料を溶融させて三次元の

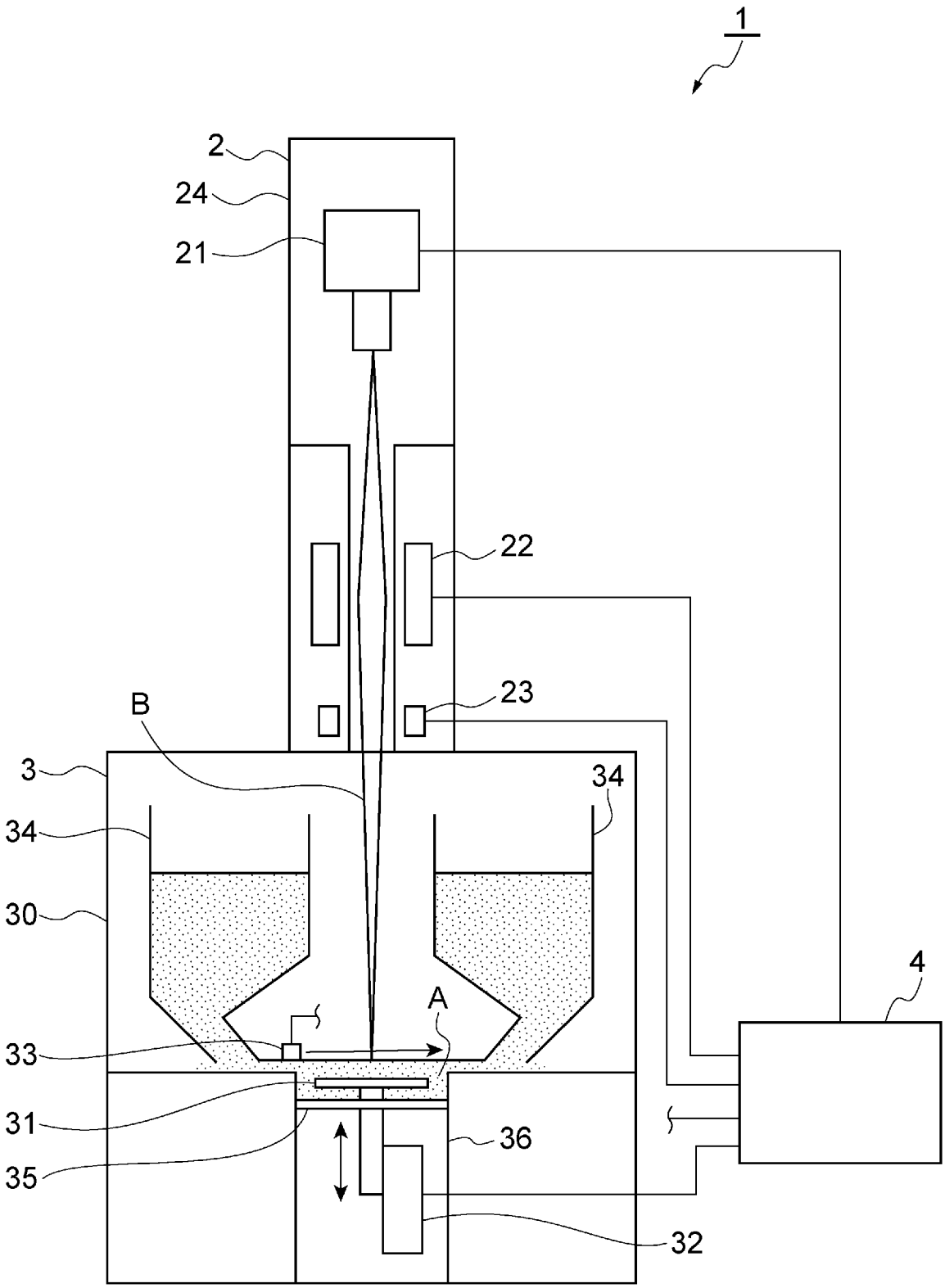
物体を造形する三次元造形方法において、

前記電子ビームを前記粉末材料に照射して前記物体を造形する前に、前記粉末材料に対し前記電子ビームを照射して前記粉末材料を予備加熱する予備加熱工程を含み、

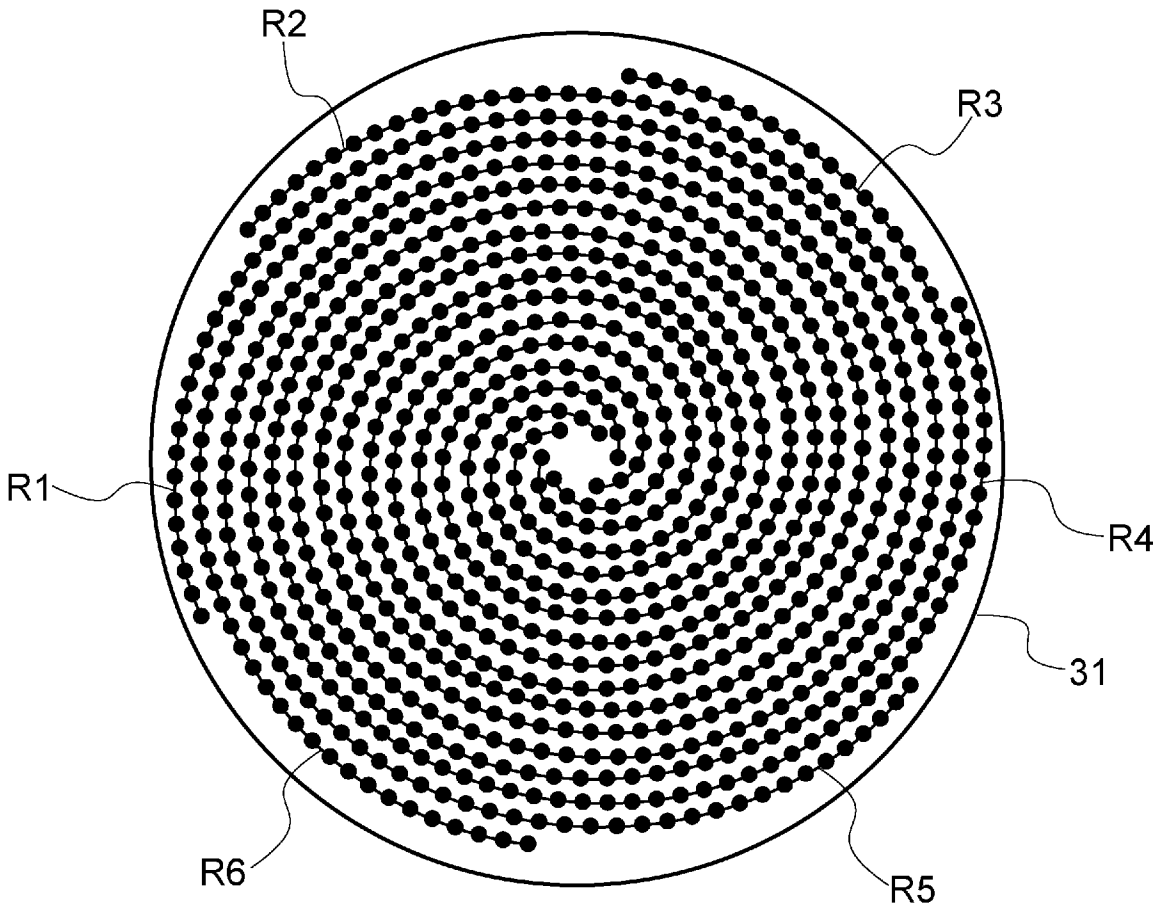
前記予備加熱工程にて、前記電子ビームを前記粉末材料に照射するときに、前記電子ビームの照射位置をスパイラル状に移動させる、

三次元造形方法。

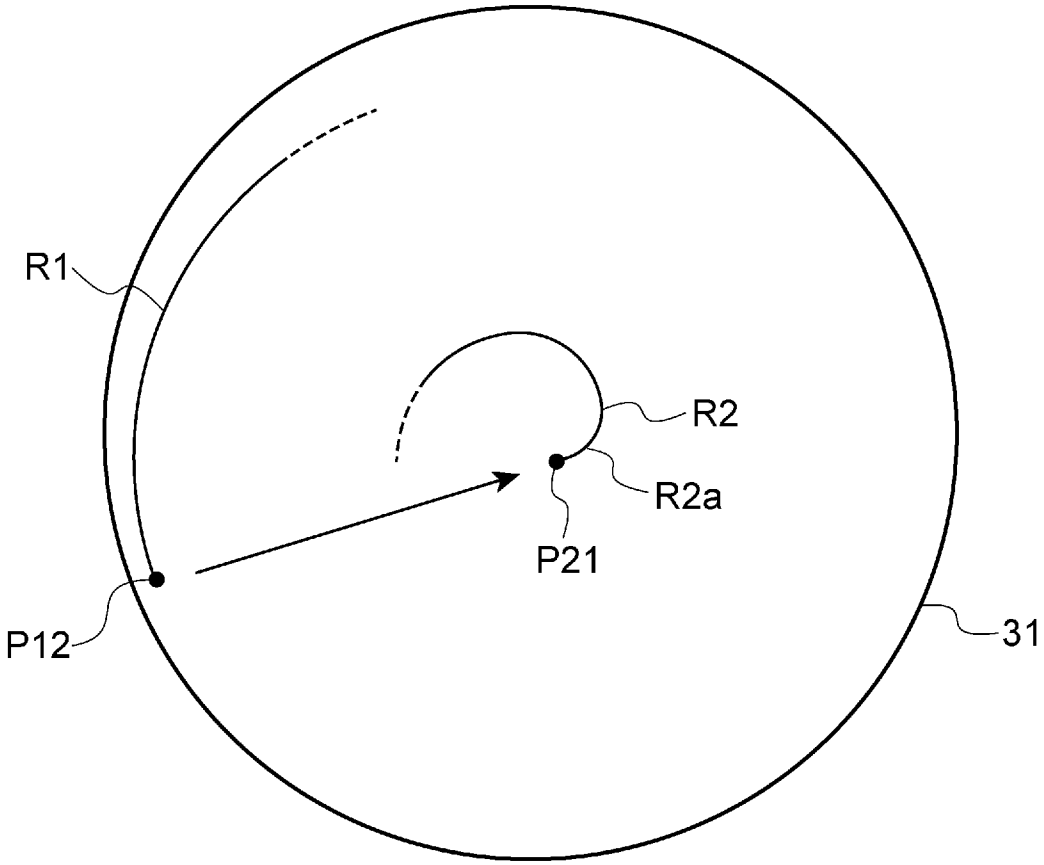
[図1]



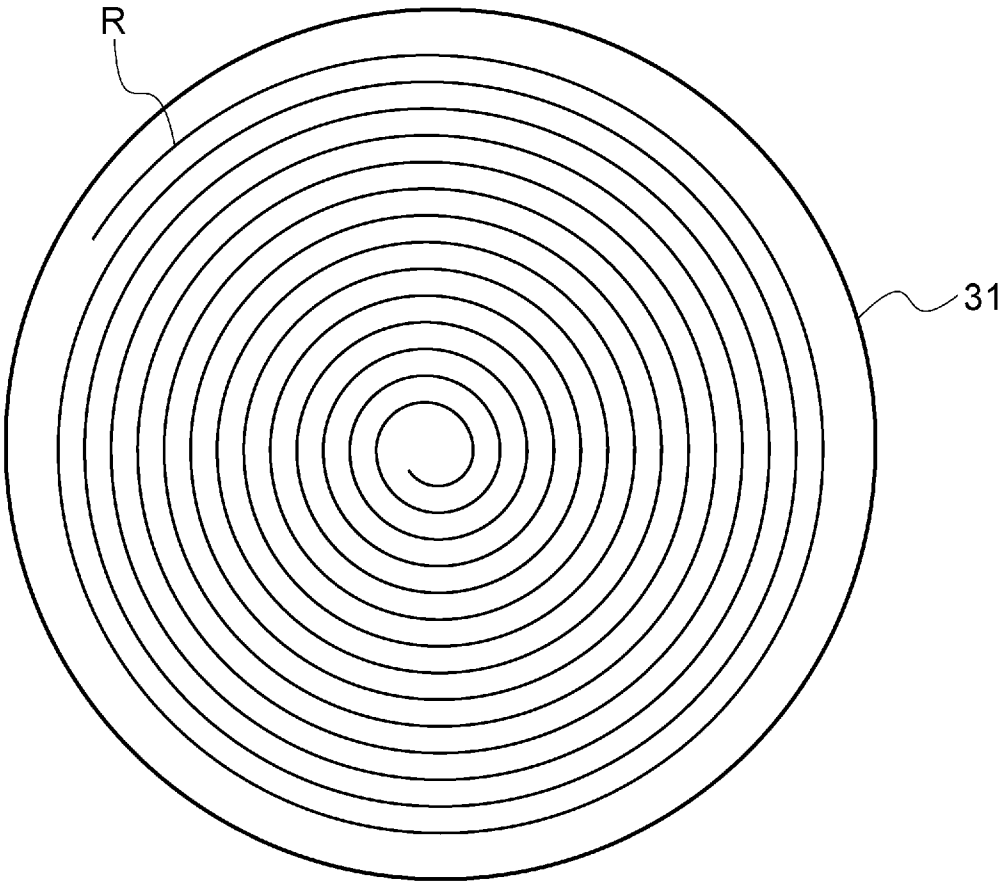
[図2]



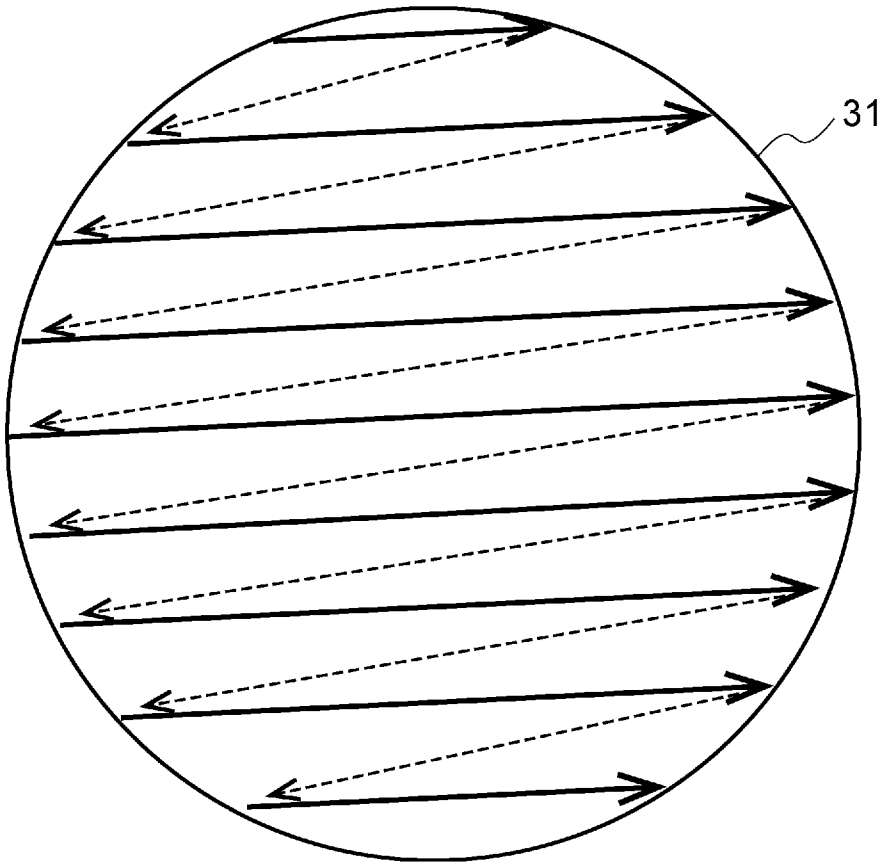
[図3]



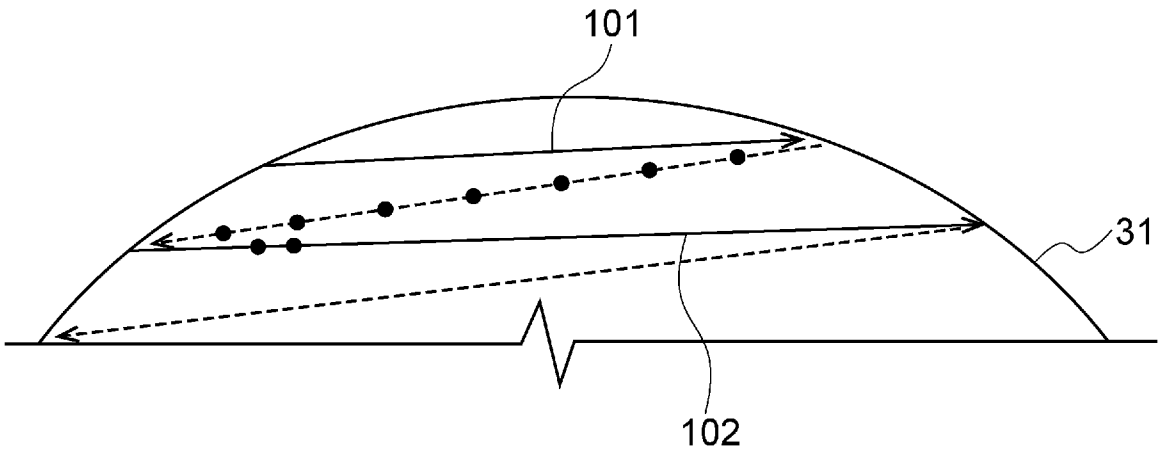
[図4]



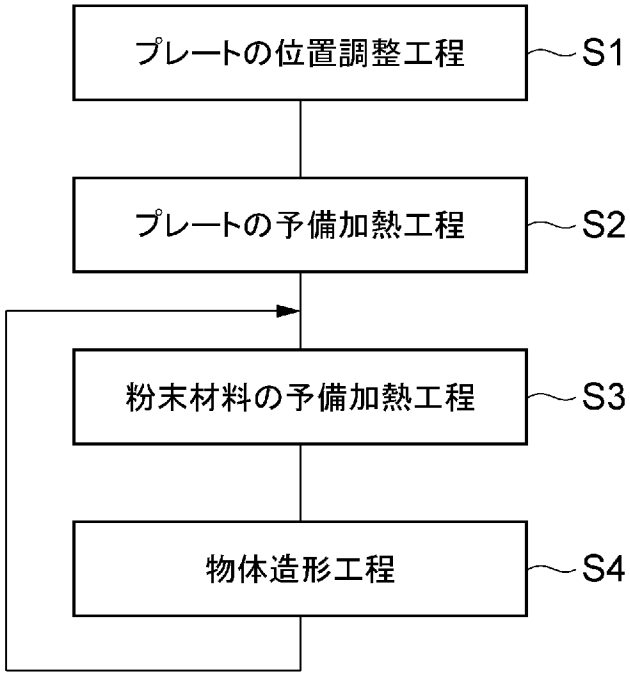
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/032642

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. B22F3/16(2006.01)i, B22F3/105(2006.01)i, B33Y10/00(2015.01)i, B33Y30/00(2015.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl. B22F3/16, B22F3/105, B33Y10/00, B33Y30/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 2017/126073 A1 (TECHNOLOGY RESEARCH ASSOCIATION FOR FUTURE ADDITIVE MANUFACTURING) 27 July 2017, paragraphs [0016]-[0031] & EP 3223299 A1, paragraphs [0016]-[0031]	1-2, 4-6 3
Y A	JP 2016-502603 A (DDM SYSTEMS, INC.) 28 January 2016, paragraphs [0096]-[0099], fig. 16-18 & US 2014/0163717 A1, paragraphs [0200]-[0202], fig. 16-18 & WO 2014/074947 A2	1-2, 4-6 3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 05.10.2018	Date of mailing of the international search report 16.10.2018
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/032642

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2016-522761 A (UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION) 04 August 2016, paragraphs [0025]-[0027], fig. 4 & US 2016/0067820 A1, paragraphs [0031]-[0033], fig. 4	1, 4-6 2-3
A	JP 2009-544501 A (ARCAM AB) 17 December 2009, entire text, all drawings & US 2012/0211926 A1 & WO 2008/013483 A1	1-6

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／０３２６４２

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B22F3/16(2006.01)i, B22F3/105(2006.01)i, B33Y10/00(2015.01)i, B33Y30/00(2015.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B22F3/16, B22F3/105, B33Y10/00, B33Y30/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報　　１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報　　１９７１－２０１８年
日本国実用新案登録公報　　１９９６－２０１８年
日本国登録実用新案公報　　１９９４－２０１８年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y A	WO 2017/126073 A1（技術研究組合次世代３Ｄ積層造形技術総合開発機構）2017.07.27, [0016]-[0031] & EP 3223299 A1, [0016]-[0031]	1-2, 4-6 3
Y A	JP 2016-502603 A（ディーディーエム　システムズ,　インコーポレイテッド）2016.01.28, [0096]-[0099], 図 16-18 & US 2014/0163717 A1, [0200]-[0202], Fig.16-18 & WO 2014/074947 A2	1-2, 4-6 3

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
０５．１０．２０１８	１６．１０．２０１８

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　４Ｅ　５５７２
坂口　岳志
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４２５

C（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y A	JP 2016-522761 A（ユナイテッド　テクノロジーズ　コーポレイション）2016.08.04, [0025]-[0027]，図４ & US 2016/0067820 A1, [0031]-[0033], FIG.4	1，4-6 2-3
A	JP 2009-544501 A（アルカム　アーベー）2009.12.17, 全文全図 & US 2012/0211926 A1 & WO 2008/013483 A1	1-6