

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-532433

(P2017-532433A)

(43) 公表日 平成29年11月2日(2017.11.2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 2 F 3/105 (2006.01)	B 2 2 F 3/105	4 F 2 1 3
B 2 9 C 64/153 (2017.01)	B 2 9 C 64/153	4 G 0 5 2
B 3 3 Y 10/00 (2015.01)	B 3 3 Y 10/00	4 K 0 1 8
B 2 9 C 64/214 (2017.01)	B 2 9 C 64/214	
B 2 9 C 64/205 (2017.01)	B 2 9 C 64/205	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 161 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-576103 (P2016-576103)
 (86) (22) 出願日 平成27年6月19日 (2015. 6. 19)
 (85) 翻訳文提出日 平成29年1月23日 (2017. 1. 23)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2015/036802
 (87) 国際公開番号 W02015/196149
 (87) 国際公開日 平成27年12月23日 (2015. 12. 23)
 (31) 優先権主張番号 62/015, 230
 (32) 優先日 平成26年6月20日 (2014. 6. 20)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 62/028, 760
 (32) 優先日 平成26年7月24日 (2014. 7. 24)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 62/063, 867
 (32) 優先日 平成26年10月14日 (2014. 10. 14)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 516379423
 ヴェロ・スリー・ディー・インコーポレイ
 テッド
 アメリカ合衆国、カリフォルニア・950
 08、キャンベル、ディヴィジョン・スト
 リート・511
 (74) 代理人 100114188
 弁理士 小野 誠
 (74) 代理人 100119253
 弁理士 金山 賢教
 (74) 代理人 100124855
 弁理士 坪倉 道明
 (74) 代理人 100129713
 弁理士 重森 一輝

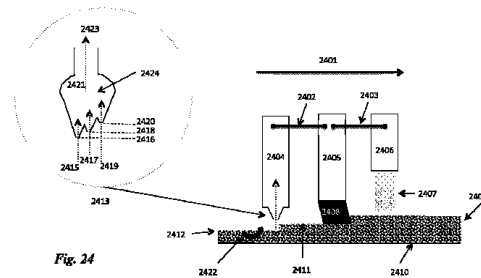
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元印刷のための装置、システム、および、方法

(57) 【要約】

本開示は、3次元(3D)物体、3D印刷プロセス、ならびに3D物体の製作のための方法、装置、およびシステムを提供する。本開示の方法、装置、およびシステムは、補助的な支持部に対する必要性を低減または除去する場合がある。本開示は、本明細書に記述される印刷プロセス、方法、装置、およびシステムを利用して印刷された3次元(3D)物体を提供する。

【選択図】 図24



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

3次元物体を生成するための方法であって、

(a) (i) 第 1 の時間 (t_1) にエンクロージャ内に粉末材料の第 1 層を提供し、また (i i) t_1 に続く第 2 の時間 (t_2) に前記エンクロージャ内に粉末材料の第 2 層を提供することであって、前記粉末材料の第 2 層が前記粉末材料の第 1 層に隣接して提供され、前記粉末材料の第 1 層および粉末材料の第 2 層が粉体層を形成し、かつ前記粉末材料が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む、ことと、

(b) 前記第 2 層内の前記粉末材料の少なくとも一部分を変形して変形した材料を形成することと、

(c) t_2 から第 3 の時間 (t_3) までの時間間隔において前記第 1 層または前記第 2 層に隣接する冷却部材を使用して前記第 2 層から熱エネルギーを取り除くことと、を含み、前記熱エネルギーが前記粉体層の上方の方向に沿って取り除かれ、かつ

熱エネルギーを取り除く際に、前記変形した材料が固化して前記 3 次元物体の少なくとも一部分を形成する、方法。

【請求項 2】

前記 $t_2 \sim t_3$ の時間間隔の間、前記第 2 層内の点の平均温度が約 250 以下に維持される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

(b) で、前記変形することが第 1 の単位面積当たりエネルギー (S_1) を有するエネルギービームの支援により、かつ (c) で、前記時間間隔 $t_2 \sim t_3$ の間、少なくとも S_1 の約 0.3 倍である第 2 の単位面積当たりエネルギー (S_2) にて熱エネルギーが取り除かれる、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記第 2 の単位面積当たりエネルギー (S_2) が少なくとも S_1 の約 0.5 倍である、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記粉体層の頂部表面から前記熱エネルギーが取り除かれる、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記変形することが、前記粉末材料の個々の粒子を融合することを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

3次元物体を生成するためのシステムであって、

第 1 の時間 (t_1) に粉末材料の第 1 層を受容し、 t_1 に続く第 2 の時間 (t_2) に粉末材料の第 2 層を受容して粉体層を形成するエンクロージャであって、前記粉末材料の第 2 層が前記粉末材料の第 1 層と隣接し、前記粉末材料が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む、エンクロージャと、

前記第 1 層または前記第 2 層と隣接する冷却部材であって、前記第 2 層から熱エネルギーを取り除く冷却部材と、

前記冷却部材に動作可能に連結され、かつ (i) 前記第 2 層内の前記粉末材料の少なくとも一部分を変形して変形した材料を形成し、(i i) 前記冷却部材を使用して t_2 から第 3 の時間 (t_3) までの時間間隔にて前記第 2 層から熱エネルギーを取り除くようにプログラムされ、前記粉体層上方の方向に沿って前記熱エネルギーが取り除かれ、また熱エネルギーを取り除く際に、前記変形した材料が固化して前記 3 次元物体の少なくとも一部分を形成する、コントローラと、を備えるシステム。

【請求項 8】

前記冷却部材が前記粉末材料の中に配置されていない、請求項 7 に記載のシステム。

【請求項 9】

前記第 2 層の少なくとも一部分にエネルギービームを提供するエネルギー源をさらに含む、請求項 7 に記載のシステム。

10

20

30

40

50

【請求項 10】

前記コントローラが前記エネルギー源に動作可能に連結され、かつ前記エネルギービームを少なくとも前記第2層の部分に誘導するようにプログラムされる、請求項9に記載のシステム。

【請求項 11】

前記冷却部材を使用して前記コントローラが、前記粉体層の頂部表面から前記熱エネルギーを取り除くようにプログラムされる、請求項7に記載のシステム。

【請求項 12】

冷却部材が空隙によって前記粉体層から分離される、請求項7に記載のシステム。

【請求項 13】

前記空隙が前記冷却部材と前記粉体層との間の調節可能な空間であり、かつ前記コントローラが前記調節可能な空間を調整するようにプログラムされる、請求項12に記載のシステム。

【請求項 14】

前記冷却部材が、少なくとも約20ワット毎メートル毎ケルビン(W/mK)の熱伝導度を有する材料を含む、請求項7に記載のシステム。

【請求項 15】

3次元物体を形成するための装置であって、

(a) 粉末払い出し部材から、前記粉末払い出し部材に動作可能に連結した粉体層へ粉末材料を供給するようにプログラムされ、前記粉末材料の供給が、(i) 第1の時間(t_1)におけるエンクロージャ内の粉末材料の第1層、および(ii) t_1 に続く第2の時間(t_2)における前記エンクロージャ内の粉末材料の第2層の供給を含み、前記材料の第2層が前記粉末材料の第1層に隣接して提供され、

(b) エネルギー源からのエネルギービームを前記粉体層に誘導して前記粉末材料の少なくとも一部分を変形した材料へと変形し、引き続いて硬化して前記3次元物体を作り出すようにプログラムされ、かつ

(c) t_2 から第3の時間(t_3)までの時間間隔にて、前記第1層または前記第2層に隣接する冷却部材に前記第2層から熱エネルギーを取り除くように命令するようにプログラムされ、前記粉体層の上方の方向に沿って前記熱エネルギーが取り除かれ、熱エネルギーを取り除く際に前記変形した材料が固化して前記3次元物体の少なくとも一部分を形成する、コントローラを備える、装置。

【請求項 16】

3次元物体を生成するための方法であって、

(a) 粉体層をエンクロージャ内に提供することであって、前記粉体層が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を含む、ことと、

(b) 経路に沿ってエネルギービームを前記粉末材料に誘導して前記粉末材料の少なくとも一部分を変形することであって、変形した材料が前記3次元物体の部分としての硬化した材料へと硬化することと、

(c) 前記粉体層の露出した表面に隣接するようにヒートシンクを持ってきて熱エネルギーを前記粉体層から取り除くことであって、前記粉体層から熱エネルギーを取り除く間、前記ヒートシンクが前記露出した表面から空隙によって分離され、前記粉体層の前記露出した表面が前記粉体層の頂部表面である、ことと、を含む方法。

【請求項 17】

前記空隙が前記ヒートシンクと前記頂部表面との間の空間にあり、約50ミリメートル以下である、請求項16に記載の方法。

【請求項 18】

前記経路が前記3次元物体のモデルに応じて生成される、請求項16に記載の方法。

【請求項 19】

変形することが、前記粉末材料の個々の粒子を融合することを含む、請求項16に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 20】

融合することが、前記個々の粒子を焼結すること、溶融すること、または結合することを含む、請求項 19 に記載の方法。

【請求項 21】

3次元物体を生成するためのシステムであって、

粉体層を収容するエンクロージャであって、前記粉体層が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を含む、エンクロージャと、

前記粉体層中の前記粉末材料にエネルギービームを提供するエネルギー源と、

熱エネルギーを前記粉体層から取り除くヒートシンクであって、前記粉体層から熱エネルギーを取り除いている間前記ヒートシンクが前記粉体層の露出した表面から空隙によって分離され、かつ前記粉体層の前記露出した表面が前記粉体層の頂部表面である、ヒートシンクと、

10

前記エネルギー源および前記ヒートシンクに動作可能に連結され、かつ(i)前記粉末材料の少なくとも一部分を変形して変形した材料を形成するように前記エネルギービームを経路に沿って前記粉末材料に誘導して、変形した材料が前記3次元物体の少なくとも一部としての硬化した材料へと硬化するように、および(ii)前記ヒートシンクを前記粉体層の前記露出した表面に隣接するように持ってきて前記粉体層から熱エネルギーを取り除くようにプログラムされるコントローラと、を備えるシステム。

【請求項 22】

前記エネルギービームが、電磁ビーム、荷電粒子ビーム、または非荷電粒子ビームを含む、請求項 21 に記載のシステム。

20

【請求項 23】

前記エネルギービームがレーザービームを含む、請求項 21 に記載のシステム。

【請求項 24】

前記ヒートシンクが、前記エネルギー源から前記粉末材料へと延在する前記エネルギービームの経路の中に配置される、請求項 21 に記載のシステム。

【請求項 25】

前記ヒートシンクが少なくとも1つの開口を備え、使用している間、前記エネルギービームを前記少なくとも1つの開口を通して前記エネルギー源から前記粉末材料へと向ける、請求項 21 または 24 に記載のシステム。

30

【請求項 26】

前記エンクロージャが真空チャンバである、請求項 21 に記載のシステム。

【請求項 27】

前記エンクロージャが少なくとも約 10^{-6} Torr (トル) の圧力を有する、請求項 21 または 26 に記載のシステム。

【請求項 28】

前記ヒートシンクが前記空隙を通して前記粉末材料に熱的に連結している、請求項 21 に記載のシステム。

【請求項 29】

前記空隙が気体を含む、請求項 21 に記載のシステム。

40

【請求項 30】

前記空隙が前記ヒートシンクと前記露出した表面との間の調節可能な空間にあり、かつ前記コントローラが前記空間を調整するようにプログラムされる、請求項 21 に記載のシステム。

【請求項 31】

前記コントローラが、前記材料の前記少なくとも一部分を変形するために十分な単位面積当たりエネルギーを使用することによって前記空間を調整するようにプログラムされる、請求項 30 に記載のシステム。

【請求項 32】

前記コントローラが、少なくとも1つの空間およびエネルギー源を調整して、25マイ

50

クロメートルと前記 3 次元物体の前記基本的な長さスケールの千分の一とのほぼ合計以下である前記 3 次元物体のモデルからの偏差で前記 3 次元物体を形成するために十分な単位面積当たりエネルギーを提供するようにプログラムされる、請求項 30 に記載のシステム。

【請求項 33】

前記ヒートシンクが、対流熱伝達により前記粉末材料からの前記熱エネルギーの伝達を促進する、請求項 21 に記載のシステム。

【請求項 34】

前記ヒートシンクが少なくとも約 20 ワット毎メートル毎ケルビン (W/mK) の熱伝導度を有する材料を含む、請求項 21 に記載のシステム。

10

【請求項 35】

前記ヒートシンクが、前記ヒートシンクの表面から前記粉末材料または破片を取り除くクリーニング部材をさらに備える、請求項 21 に記載のシステム。

【請求項 36】

前記ヒートシンクまたは前記粉体層から前記粉末材料または破片の残りの部分を収集する収集部材をさらに備える、請求項 21 に記載のシステム。

【請求項 37】

残りの部分の粉末および破片のうちの少なくとも 1 つの収集のための前記機構が、1 つ以上の真空吸込みポートを備える、請求項 36 に記載のシステム。

【請求項 38】

残りの部分の粉末および破片のうちの少なくとも 1 つの収集のための前記機構が、前記ヒートシンクに連結されている、請求項 36 に記載のシステム。

20

【請求項 39】

前記収集部材が 1 つ以上の陰圧源を備える、請求項 36 に記載のシステム。

【請求項 40】

前記収集部材が、前記ヒートシンクに動作可能に連結している、請求項 36 に記載のシステム。

【請求項 41】

3 次元物体を形成するための装置であって、

(a) 材料払い出し部材から、前記材料払い出し部材に動作可能に連結した材料層へ材料の層を供給し、

30

(b) エネルギー源から前記材料層へとエネルギービームを誘導して、前記粉末材料の少なくとも一部分を引き続いて硬化して前記 3 次元物体を作り出す変形した材料へと変形し、

(c) 冷却部材に前記材料層からエネルギーを取り除くように命令するようにプログラムされ、前記冷却部材が前記材料層の露出した表面に隣接して配置され、前記熱エネルギーを前記材料層から取り除く間、前記ヒートシンクが前記露出した表面から空隙によって分離され、かつ前記材料層の前記露出した表面が前記粉体層の頂部表面である、コントローラを備える、装置。

【請求項 42】

40

3 次元印刷プロセスによって形成される 3 次元物体であって、

元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む材料の連続的固化解融プールを含む、層状構造を備え、

前記 3 次元物体が、(i) 前記 3 次元印刷プロセス間またはプロセス後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(ii) 約 1 平方センチメートル (cm^2) 以上の表面積を有する露出した層表面を有し、(iii) 補助的な支持特徴部、または前記補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いており、かつ

前記層状構造の所与の層が共晶合金を形成する少なくとも 2 つの金属を欠いている、3 次元物体。

【請求項 43】

50

前記表面積が、約 2 平方センチメートル (cm^2) 以上である、請求項 4 2 に記載の 3 次元物体。

【請求項 4 4】

前記元素状炭素の同素体が、非晶質炭素、グラファイト、グラフェン、フラーレン、およびダイヤモンドから成る群から選択される、請求項 4 2 に記載の 3 次元物体。

【請求項 4 5】

前記フラーレンが、球状、楕円体状、線形、および管状から成る群から選択される、請求項 4 4 に記載の 3 次元物体。

【請求項 4 6】

前記フラーレンが、バッキーボールおよびカーボンナノチューブから成る群から選択される、請求項 4 4 に記載の 3 次元物体。

10

【請求項 4 7】

前記補助的な支持特徴部が、棚、柱、ひれ、ピン、ブレード、または足場を含む、請求項 4 2 に記載の 3 次元物体。

【請求項 4 8】

前記補助的な支持特徴部が焼結した粉末足場を備える、請求項 4 2 に記載の 3 次元物体。

【請求項 4 9】

前記焼結した粉末足場が前記材料で形成される、請求項 4 8 に記載の 3 次元物体。

【請求項 5 0】

前記補助的な支持特徴部の跡が、前記 3 次元物体上に埋め込まれた型の跡を含む、請求項 4 2 に記載の 3 次元物体。

20

【請求項 5 1】

前記補助的な支持特徴部の跡が、前記連続的固化溶融プールの 1 つ以上の幾何学的な変形を含み、この変形が前記補助的な支持特徴部に対して相補的である、請求項 4 2 に記載の 3 次元物体。

【請求項 5 2】

前記層状構造の所与の層が、複数の固化材料溶融プールを含む、請求項 4 2 に記載の 3 次元物体。

【請求項 5 3】

前記 3 次元物体が、前記 3 次元物体の形成の間のトリミングプロセスの使用を示す表面特徴部を欠いている、請求項 4 2 に記載の 3 次元物体。

30

【請求項 5 4】

前記トリミングが、磨くことまたはブラストすることを含む、請求項 5 3 に記載の 3 次元物体。

【請求項 5 5】

前記ブラストすることが、固体ブラストすること、気体ブラストすること、または液体ブラストすることを含む、請求項 5 4 に記載の 3 次元物体。

【請求項 5 6】

前記固体ブラストすることが、サンドブラストすることを含む、請求項 5 5 に記載の 3 次元物体。

40

【請求項 5 7】

前記ブラストすることが、機械的ブラストすることを含む、請求項 5 4 に記載の 3 次元物体。

【請求項 5 8】

前記層状構造が、実質的に繰り返しの層状構造である、請求項 4 2 に記載の 3 次元物体。

【請求項 5 9】

前記層状構造の各層が約 5 マイクロメートル (μm) 以上の平均層厚さを有する、請求項 4 2 に記載の 3 次元物体。

50

【請求項 6 0】

前記層状構造の各層が約 1 0 0 0 マイクロメートル (μm) 以下の平均層厚さを有する、請求項 4 2 に記載の 3 次元物体。

【請求項 6 1】

前記層状構造が前記連続的固化溶解プールの個々の層を含む、請求項 4 2 に記載の 3 次元物体。

【請求項 6 2】

所与の前記連続的固化溶解プールのうちの 1 つが、粒子配向の変動、材料密度の変動、粒子境界に対する化合物偏析の程度の変動、粒子境界に対する元素偏析の程度の変動、材料相の変動、冶金学的相の変動、材料空隙率の変動、結晶相の変動、および結晶構造の変動から成る群から選択される実質的に繰り返しの材料変動を含む、請求項 4 2 に記載の 3 次元物体。

10

【請求項 6 3】

所与の前記連続的固化溶解プールのうちの 1 つが結晶を含む、請求項 4 2 に記載の 3 次元物体。

【請求項 6 4】

前記結晶が単結晶を含む、請求項 6 3 に記載の 3 次元物体。

【請求項 6 5】

前記層状構造が前記 3 次元印刷プロセスの間の溶解プールの固化を示す 1 つ以上の特徴部を含む、請求項 4 2 に記載の 3 次元物体。

20

【請求項 6 6】

前記層状構造が前記 3 次元印刷プロセスの使用を示す特徴部を含む、請求項 4 2 に記載の 3 次元物体。

【請求項 6 7】

前記 3 次元印刷プロセスが、選択的レーザー溶解法 (S L M)、選択的レーザー焼結法 (S L S)、直接金属レーザー焼結法 (D M L S)、または熱溶解積層法 (F D M) を含む、請求項 4 2 または 6 6 に記載の 3 次元物体。

【請求項 6 8】

前記 3 次元印刷プロセスが選択的レーザー溶解法を含む、請求項 4 2 または 6 6 に記載の 3 次元物体。

30

【請求項 6 9】

前記 3 次元物体の基本的な長さスケールが少なくとも約 1 2 0 マイクロメートルである、請求項 4 2 に記載の 3 次元物体。

【請求項 7 0】

3 次元物体を生成するための装置であって、

元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む前記粉末材料を含む粉体層を収容するエンクロージャと、

前記粉体層中の前記粉末材料にエネルギービームを提供して 3 次元物体の少なくとも一部分を形成するエネルギー源であって、形成に際して、前記 3 次元物体が (i) 前記 3 次元印刷プロセス間またはプロセス後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(i i) 約 1 平方センチメートル (cm^2) 以上の表面積を有する露出した層表面を有し、かつ (i i i) 補助的な支持特徴部、または前記補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いている、エネルギー源と、を備え、

40

前記層状構造の所与の層が共晶合金を形成する少なくとも 2 つの金属を欠いている、装置。

【請求項 7 1】

3 次元物体を形成するための装置であって、

(a) 粉末払い出し部材から前記粉末払い出し部材に動作可能に連結した粉体層へと粉末材料の層を供給するようにプログラムされ、前記粉末材料が、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含み、

50

(b) エネルギー源から前記粉体層へとエネルギービームを誘導して前記粉末材料の少なくとも一部分を引き続いて硬化して前記3次元物体作り出す変形した材料へと変形するようにプログラムされ、前記3次元物体が(i)前記3次元印刷プロセス間またはプロセス後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(ii)約1平方センチメートル(cm^2)以上の表面積を有する露出した層表面を有し、(iii)補助的な支持特徴部、または前記補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いており、かつ前記層状構造の所与の層が共晶合金を形成する少なくとも2つの金属を欠いている、コントローラーを備える、装置。

【請求項72】

3次元印刷プロセスによって形成される3次元物体であって、
元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む材料の連続的固化解融プールを含む、層状構造を備え、

10

前記3次元物体が、(i)補助的な支持特徴部、または前記補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いており、(ii)前記3次元印刷プロセス間またはプロセス後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(iii)約1平方センチメートル(cm^2)以上の表面積を有する露出した層表面を有し、かつ前記3次元物体の前記層状構造の各層が最大でも実質的に単一の元素金属組成物を含む、3次元物体。

【請求項73】

前記表面積が少なくとも2平方センチメートル(cm^2)である、請求項72に記載の3次元物体。

20

【請求項74】

前記元素状炭素の同素体が非晶質炭素、グラファイト、グラフェン、フラーレン、およびダイヤモンドから成る群から選択される、請求項72に記載の3次元物体。

【請求項75】

前記3次元物体の各層が、最大でも単一の金属合金組成物との偏差が約2%以下である単一の金属合金組成物を含む、請求項72に記載の3次元物体。

【請求項76】

前記3次元物体の各層が最大でも実質的に単一の金属合金組成物を含む、請求項72に記載の3次元物体。

30

【請求項77】

単一の金属合金組成物からの偏差が約2%以下である組成物を実質的に含む、請求項76に記載の3次元物体。

【請求項78】

前記補助的な支持特徴部が線形構造を備える、請求項72に記載の3次元物体。

【請求項79】

前記補助的な支持特徴部が非線形構造を備える、請求項72に記載の3次元物体。

【請求項80】

前記補助的な支持特徴部が、棚状部、柱、ひれ、ピン、ブレード、または足場を備える、請求項72に記載の3次元物体。

40

【請求項81】

前記補助的な支持特徴部が焼結した粉末足場を備える、請求項72に記載の3次元物体。

【請求項82】

前記焼結した粉末足場が前記材料で形成される、請求項81に記載の3次元物体。

【請求項83】

補助的な支持特徴部の跡が前記3次元物体上に埋め込まれた型の跡を含む、請求項72に記載の3次元物体。

【請求項84】

前記補助的な支持特徴部の跡が、前記連続的固化解融プールのうちの1つ以上の幾何学

50

的な変形を含み、この変形が前記補助的な支持特徴部に対して相補的である、請求項 7 2 に記載の 3 次元物体。

【請求項 8 5】

前記層状構造の所与の層が複数の固化材料溶融プールを含む、請求項 7 2 に記載の 3 次元物体。

【請求項 8 6】

前記 3 次元物体が、前記 3 次元物体の前記形成の間、または後のトリミングプロセスの使用を示す 1 つ以上の表面特徴部を欠いている、請求項 7 2 に記載の 3 次元物体。

【請求項 8 7】

前記トリミングが磨くことまたはブラストすることを含む、請求項 8 6 に記載の 3 次元物体。 10

【請求項 8 8】

前記層状構造が実質的に繰り返し層状構造である、請求項 7 2 に記載の 3 次元物体。

【請求項 8 9】

前記層状構造の各層が約 5 マイクロメートル (μm) 以上の平均層厚さを有する、請求項 7 2 に記載の 3 次元物体。

【請求項 9 0】

前記層状構造の各層が約 1 0 0 0 マイクロメートル (μm) 以下の平均層厚さを有する、請求項 7 2 または 8 9 に記載の 3 次元物体。

【請求項 9 1】

前記層状構造が前記連続的固化溶融プールの個々の層を備える、請求項 7 2 に記載の 3 次元物体。 20

【請求項 9 2】

所与の前記連続的固化溶融プールのうちの 1 つが、粒子配向の変動、材料密度の変動、粒子境界に対する化合物偏析の程度の変動、粒子境界に対する元素偏析の程度の変動、材料相の変動、冶金学的相の変動、材料空隙率の変動、結晶相の変動、および結晶構造の変動から成る群から選択される実質的に繰り返しの材料変動を含む、請求項 7 2 に記載の 3 次元物体。

【請求項 9 3】

前記 3 次元物体の基本的な長さスケールが少なくとも約 1 2 0 マイクロメートルである、請求項 7 2 に記載の 3 次元物体。 30

【請求項 9 4】

前記層状構造が前記 3 次元印刷プロセスの間の溶融プールの固化を示す 1 つ以上の特徴部を含む、請求項 7 2 に記載の 3 次元物体。

【請求項 9 5】

前記層状構造が前記 3 次元印刷プロセスの前記使用を示す特徴部を含む、請求項 7 2 に記載の 3 次元物体。

【請求項 9 6】

前記 3 次元印刷プロセスが選択的レーザー溶融法を含む、請求項 7 2 に記載の 3 次元物体。 40

【請求項 9 7】

3 次元印刷プロセスによって形成される 3 次元物体であって、
元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む材料の連続的固化溶融プールを含む、層状構造、を備え、

前記 3 次元物体が、(i) 前記 3 次元印刷プロセス間またはプロセス後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(i i) 少なくとも約 1 平方センチメートル (cm^2) の表面積を有する露出した層表面を有し、かつ (i i i) 補助的な支持特徴部、または前記補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いており、光学顕微鏡によって測定すると前記層状構造の所与の層が少なくとも約 5 0 センチメートルの湾曲の半径を有する、3 次元物体。 40

10

20

30

40

50

- 【請求項 98】
前記表面積が少なくとも約 2 平方センチメートル (cm^2) である、請求項 97 に記載の 3 次元物体。
- 【請求項 99】
前記元素状炭素の同素体が非晶質炭素、グラファイト、グラフェン、フラーレン、およびダイヤモンドから成る群から選択される、請求項 97 に記載の 3 次元物体。
- 【請求項 100】
前記エンクロージャ内に位置する基部に隣接して前記粉末材料が提供され、前記硬化した材料の少なくとも 1 つの層の形成に際して前記 3 次元物体が前記基部と接触していない、請求項 97 に記載の 3 次元物体。 10
- 【請求項 101】
前記所与の層が最初に生成された層である、請求項 97 に記載の 3 次元物体。
- 【請求項 102】
光学顕微鏡によって測定すると、前記湾曲の半径が少なくとも約 100 センチメートル (cm) である、請求項 97 または 101 に記載の 3 次元物体。
- 【請求項 103】
前記層状構造の複数の層が、光学顕微鏡によって測定すると少なくとも約 50 センチメートル (cm) の湾曲の半径を有する、請求項 97 に記載の 3 次元物体。
- 【請求項 104】
前記補助的な支持特徴部が、棚、柱、ひれ、ピン、ブレード、または足場を含む、請求項 97 に記載の 3 次元物体。 20
- 【請求項 105】
前記補助的な支持特徴部が焼結した粉末足場を備える、請求項 97 に記載の 3 次元物体。
- 【請求項 106】
前記焼結した粉末足場が前記材料で形成される、請求項 105 に記載の 3 次元物体。
- 【請求項 107】
前記補助的な支持特徴部の跡が、前記 3 次元物体上に埋め込まれた型の跡を含む、請求項 97 に記載の 3 次元物体。
- 【請求項 108】
前記補助的な支持特徴部の跡が、前記補助的な支持特徴部に対して相補的である幾何学的な変形を含む、請求項 97 に記載の 3 次元物体。 30
- 【請求項 109】
前記層状構造の所与の層が、複数の固化材料溶融プールを含む、請求項 97 に記載の 3 次元物体。
- 【請求項 110】
前記 3 次元物体が、前記 3 次元物体の形成の間または形成後のトリミングプロセスの使用を示す表面特徴部を欠いている、請求項 97 に記載の 3 次元物体。
- 【請求項 111】
前記トリミングが磨くことまたはブラストすることを含む、請求項 110 に記載の 3 次元物体。 40
- 【請求項 112】
前記層状構造が、実質的に繰り返しの層状構造である、請求項 97 に記載の 3 次元物体。
- 【請求項 113】
前記層状構造の各層が約 5 マイクロメートル (μm) 以上の平均層厚さを有する、請求項 97 に記載の 3 次元物体。
- 【請求項 114】
前記層状構造の各層が約 1000 マイクロメートル (μm) 以下の平均層厚さを有する、請求項 97 または 113 に記載の 3 次元物体。 50

【請求項 1 1 5】

前記層状構造が前記連続的固化溶解プールの個々の層を備える、請求項 9 7 に記載の 3 次元物体。

【請求項 1 1 6】

所与の前記連続的固化溶解プールのうちの 1 つが、粒子配向の変動、材料密度の変動、粒子境界に対する化合物偏析の程度の変動、粒子境界に対する元素偏析の程度の変動、材料相の変動、冶金学的相の変動、材料空隙率の変動、結晶相の変動、および結晶構造の変動から成る群から選択される実質的に繰り返しの材料変動を含む、請求項 9 7 に記載の 3 次元物体。

【請求項 1 1 7】

前記 3 次元物体の基本的な長さスケールが少なくとも約 1 2 0 マイクロメートルである、請求項 9 7 に記載の 3 次元物体。

【請求項 1 1 8】

前記層状構造が前記 3 次元印刷プロセスの使用を示す特徴部を含む、請求項 9 7 に記載の 3 次元物体。

【請求項 1 1 9】

前記 3 次元印刷プロセスが選択的レーザー溶解法を含む、請求項 9 7 または 1 1 8 に記載の 3 次元物体。

【請求項 1 2 0】

3 次元物体を生成するためのシステムであって、
 粉体層を収容するエンクロージャであって、前記粉体層が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む粉末材料を含む、エンクロージャと、
 前記粉体層中の前記粉末材料にエネルギービームを提供するエネルギー源と、
 前記粉体層と隣接して配置される基部であって、前記基部が、交互に閉塞または非閉塞になる閉塞可能なメッシュであり、(i) 前記閉塞可能なメッシュが閉塞されているとき、前記粉末材料は前記メッシュを通過して流れず、また (i i) 前記閉塞可能なメッシュが閉塞されていないとき、前記粉末材料の少なくとも一部が前記メッシュを通過して流れるが、前記 3 次元物体は前記メッシュを通過して流れるのが防止される、基部と、
 前記エネルギー源に動作可能に連結し、かつ (i) 前記 3 次元物体の少なくとも一部分を生成する指示を受け、(i i) 前記 3 次元物体の一部としての硬化した材料の少なくとも 1 つの層を硬化して形成する変形した材料へと前記粉末材料の部分を変形するために、前記エネルギービームを前記指示に従って経路に沿って向け、(i i i) 前記メッシュ閉塞デバイスを前記メッシュを非閉塞に向けるようにプログラムされたコントローラと、を備える、システム。

【請求項 1 2 1】

前記閉塞可能なメッシュが、前記閉塞可能なメッシュ、または前記閉塞可能なメッシュに隣接するメッシュ閉塞デバイスの位置を変更することによって非閉塞にされる、請求項 1 2 0 に記載の装置。

【請求項 1 2 2】

前記メッシュ閉塞デバイスが、前記閉塞可能なメッシュを閉塞する垂直位置と、前記閉塞可能なメッシュを非閉塞にする垂直位置とに交互になる移動可能な平面である、請求項 1 2 1 に記載の装置。

【請求項 1 2 3】

前記基部が前記閉塞可能なメッシュを閉塞する垂直位置と前記閉塞可能なメッシュを非閉塞にする別の垂直位置とに交互になる、請求項 1 2 0 に記載の装置。

【請求項 1 2 4】

3 次元物体を生成するための方法であって、
 (a) 基部に隣接して粉末材料の層を払い出すことであって、メッシュが閉塞されていないとき、前記粉末の少なくとも一部分が通過して流れることができる前記メッシュを前記基部が備える、払い出すことと、

10

20

30

40

50

- (b) 前記粉末材料の一部を変形した材料へと変形することと、
- (c) 前記変形した材料を硬化して前記3次元物体の少なくとも一部分である硬化した材料を提供することと、
- (d) 前記メッシュを非閉塞して前記3次元物体の少なくとも一部分を形成していない前記粉末材料の残りの部分から前記硬化した材料を取り出すことと、を含む方法。

【請求項125】

前記硬化した材料の取り出しに際して、前記硬化した材料が前記基部の下方に配置される基板の上に載せられる、請求項124に記載の方法。

【請求項126】

前記硬化した材料の取り出しに際して、残りの部分が前記硬化した材料から取り除かれる、請求項124に記載の方法。

10

【請求項127】

前記非閉塞することが、前記粉末材料に対して前記メッシュを移動することを含む、請求項124に記載の方法。

【請求項128】

前記メッシュの表面が、前記表面に接続された1つ以上のポストを引っ張ることによって前記粉末材料に対して移動される、請求項124に記載の方法。

【請求項129】

前記1つ以上のポストが、ネジ接続によって前記基部の縁部から取り外し可能である、請求項128に記載の方法。

20

【請求項130】

前記硬化することが、冷却気体を前記変形した材料に誘導して前記変形した材料を冷却して前記硬化した材料を作り出すことを含む、請求項124に記載の方法。

【請求項131】

粉末材料から3次元物体を生成するための方法であって、

(a) エンクロージャの中へと粉末材料を払い出して粉体層を提供することであって、前記粉体層が頂部表面を有する、ことと、

(b) エネルギー源からのエネルギービームを使用し、引き続いて硬化した材料を形成する前記粉末材料を変形した材料へと変形することであって、前記硬化した材料が前記粉体層の前記頂部表面から突出し、かつ前記硬化した材料が前記粉体層の中で移動可能である、ことと、

30

(c) 前記硬化した材料が約300マイクロメートル以下だけ変位するように前記粉体層の前記頂部表面の上に粉末材料の層を払い出すことであって、前記粉末材料の層の払い出しに際して、前記粉体層の前記頂部表面が実質的に平面状である、ことと、を含む、方法。

【請求項132】

前記粉末材料が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む、請求項131に記載の方法。

【請求項133】

前記硬化した材料が前記3次元物体の少なくとも一部分である、請求項131に記載の方法。

40

【請求項134】

前記3次元物体の前記少なくとも一部分が、歪み、反り、膨らみ、巻き、曲がり、または球状化を含む、請求項133に記載の方法。

【請求項135】

前記(c)の払い出すことが、前記粉末材料の前記層を前記粉体層の前記頂部表面の上に堆積するために粉末払い出し部材を使用することをさらに含む、請求項131に記載の方法。

【請求項136】

前記(c)の払い出すことが、粉末平準化部材を使用して過剰な前記粉末材料を刈り取

50

ることによって粉体層の前記頂部表面を平準化することをさらに含む、請求項 1 3 1 に記載の方法。

【請求項 1 3 7】

前記 (c) の払い出すことが、粉末除去部材を使用して前記粉末材料の層に接触することなく過剰な粉末材料を取り除くことをさらに含む、請求項 1 3 1 に記載の方法。

【請求項 1 3 8】

前記 3 次元物体が前記粉体層中に懸架される、請求項 1 3 1 に記載の方法。

【請求項 1 3 9】

前記 3 次元物体が補助的な支持特徴部を欠いている、請求項 1 3 1 に記載の方法。

【請求項 1 4 0】

前記補助的な支持特徴部が前記 3 次元物体を実質的に包囲する足場を備える、請求項 1 3 9 に記載の方法。

【請求項 1 4 1】

前記 3 次元物体が前記粉体層の中に懸架される補助的な支持特徴部を備える、請求項 1 3 1 に記載の方法。

【請求項 1 4 2】

前記粉末材料が共晶合金を形成する比で存在する少なくとも 2 つの金属を欠いている、請求項 1 3 1 に記載の方法。

【請求項 1 4 3】

3 次元物体を生成するためのシステムであって、
粉末材料を含む粉体層を収容するエンクロージャであって、前記粉体層が頂部表面を備えるエンクロージャと、

前記粉体層中の前記粉末材料にエネルギービームを提供するエネルギー源と、
前記エンクロージャ内または前記粉体層の前記頂部表面上に前記粉末材料を提供する層払い出し機構と、

前記エネルギー源と前記層払い出し機構とに動作可能に連結し、かつ (i) 前記 3 次元物体を生成する指示を受けるようにプログラムされ、 (i i) 前記指示に従って、前記エネルギービームを使用して前記粉末材料を硬化した材料を引き続いて形成する変形した材料へと変形するようにプログラムされ、前記硬化した材料が前記粉体層の前記頂部表面から突出し、前記硬化した材料が前記粉体層内で移動可能となり、 (i i i) 前記硬化した材料が約 3 0 0 マイクロメートル以下だけ変位するように、粉末材料の層を前記粉体層の前記頂部表面上に払い出すように前記層払い出し機構に命令するようにプログラムされ、粉末材料の前記払い出された層の前記頂部表面が実質的に平面状である、コントローラと、を備えるシステム。

【請求項 1 4 4】

前記硬化した材料が前記 3 次元物体の少なくとも一部分である、請求項 1 4 3 に記載のシステム。

【請求項 1 4 5】

前記層払い出し機構が、前記粉末材料を提供する粉末払い出し部材を備え、前記コントローラが前記粉末払い出し部材に動作可能に連結され、かつ前記エンクロージャ内で前記粉末材料の層を前記粉体層の前記頂部表面上に払い出すように前記粉末払い出し部材に命令するようにプログラムされた、請求項 1 4 3 に記載のシステム。

【請求項 1 4 6】

前記粉末払い出し部材が前記粉体層に隣接して配置され、前記粉末払い出し部材が、前記粉体層の前記頂部表面に面する前記粉末払い出し部材の前記底部とは異なる場所に位置付けられた出口開口を備える、請求項 1 4 5 に記載のシステム。

【請求項 1 4 7】

前記粉末払い出し機構の側面部分に前記出口開口が位置付けられ、前記側面が、前記粉体層の前記頂部表面に面していないか、または前記粉体層の前記頂部表面と反対の方向に面していないかのいずれかである前記粉末払い出し機構の一部分である、請求項 1 4 6 に

10

20

30

40

50

記載のシステム。

【請求項 1 4 8】

前記コントローラが前記粉末払い出し部材によって払い出された前記粉末材料の量を調整する、請求項 1 4 5 に記載のシステム。

【請求項 1 4 9】

前記粉末払い出し部材が前記粉体層の前記頂部表面に隣接して位置付けられ、かつ前記粉体層の前記頂部表面から空隙によって分離されている、請求項 1 4 5 に記載のシステム。

【請求項 1 5 0】

前記層払い出し機構が前記粉体層の前記頂部表面に接触することなく前記粉体層の前記頂部表面を平準化する粉末平準化部材を備え、かつ前記コントローラが前記粉末平準化部材に動作可能に連結し、かつ前記粉末平準化部材に前記粉体層の前記頂部表面を平準化するように命令するようにプログラムされる請求項 1 4 3 に記載のシステム。

10

【請求項 1 5 1】

前記粉末平準化部材が前記粉体層の前記頂部表面から過剰な前記粉末材料を刈り取る、請求項 1 4 3 に記載のシステム。

【請求項 1 5 2】

前記粉末平準化部材が、前記粉体層の前記頂部表面から過剰な粉末材料を、前記粉体層内の別の位置に前記過剰な粉末材料を移すことなく平準化する、請求項 1 4 3 に記載のシステム。

20

【請求項 1 5 3】

前記粉末平準化部材が過剰な粉末材料を刈り取るナイフを備える、請求項 1 4 3 に記載のシステム。

【請求項 1 5 4】

前記層払い出し機構が、前記粉体層の前記頂部表面に接触することなく前記粉体層の前記頂部表面から過剰な粉末材料を取り除く粉末除去部材を備え、前記コントローラが前記粉末除去部材に動作可能に連結され、かつ前記粉末除去部材に前記頂部表面から前記過剰な粉末材料を取り除くように命令するようにプログラムされた、請求項 1 4 3 に記載のシステム。

【請求項 1 5 5】

前記粉末除去部材が、真空源、磁力発生装置、静電気力発生装置、電気力発生装置、または物理的力発生装置を備える、請求項 1 5 4 に記載のシステム。

30

【請求項 1 5 6】

粉末平準化部材が前記粉末除去部材に連結される、請求項 1 5 4 に記載のシステム。

【請求項 1 5 7】

前記粉末除去部材が粉末払い出し部材に連結される、請求項 1 5 4 に記載のシステム。

【請求項 1 5 8】

前記過剰な粉末材料が前記粉末払い出し部材によって再使用可能である、請求項 1 5 7 に記載のシステム。

【請求項 1 5 9】

3次元物体を生成するための方法であって、
 (a) 粉末材料の層を払い出して、粉末払い出し機構を使用して粉体層を提供することであって、粉末払い出し機構が、
 (i) 粉末材料を収容する粉末貯留槽と、
 (i i) 前記粉末材料がこれを通して前記装置から前記粉体層へと出ることができる出口開口であって、前記装置が重力を使用する前記粉末材料の自由落下を促進し、前記装置が前記粉体層の上方に懸架されかつ前記粉体層の前記露出している表面から空隙によって分離され、前記出口開口が前記装置の底部とは異なる前記装置の面の上に置かれる、出口開口と、
 (i i i) 前記貯留槽に連結される並進移動部材であって、前記並進移動部材が前記粉末

40

50

払い出し器を水平および/または垂直経路に沿って並進移動し、前記水平経路が前記粉体層の水平断面内の経路を含み、前記垂直経路が前記空隙内の経路を含む、並進移動部材と、

(i v) 前記出口開口の中に置かれた妨害物であって、前記妨害物が前記出口開口を通過して払い出される前記粉末の量を調整する妨害物と、

(b) 前記粉体層の前記露出した表面を平準化することと、

(c) 前記粉末材料の少なくとも一部分から前記3次元物体の少なくとも一部分を生成することと、を含む、方法。

【請求項160】

3次元物体を生成するためのシステムであって、

粉体層を収容するエンクロージャと、

エネルギービームを前記粉末材料に提供し、これによって前記粉末材料を引き続いて硬化して硬化した材料を形成する変形した材料へと変形するエネルギー源であって、前記硬化した材料が前記3次元物体の少なくとも一部を形成する場合がある、エネルギー源と、

前記粉末材料を前記粉体層の中へと払い出す粉末払い出し部材と、

(i) 粉末材料を収容する粉末貯留槽と、

(i i) 前記粉末材料がこれを通して前記装置から前記粉体層へと出ることができる出口開口であって、前記装置が重力を使用する前記粉末材料の自由落下を促進し、前記装置が前記粉体層の上方に懸架されかつ前記粉体層の前記露出している表面から空隙によって分離され、前記出口開口が前記装置の底部とは異なる前記装置の面の上に置かれる、出口開口と、

(i i i) 前記貯留槽に連結される並進移動部材であって、前記並進移動部材が前記粉末払い出し器を水平および/または垂直経路に沿って並進移動し、前記水平経路が前記粉体層の水平断面内の経路を含み、前記垂直経路が前記空隙内の経路を含む、並進移動部材と、

(i v) 前記出口開口の中に置かれた妨害物であって、前記妨害物が前記出口開口を通過して払い出される前記粉末の量を調整する妨害物と、

前記粉体層の露出した表面を平準化する粉末平準化部材と、

前記エネルギー源と、前記粉末払い出し部材と、前記粉末平準化部材と、前記粉末除去部材とに動作可能に連結したコントローラと、を備え、前記コントローラが、

(i) 第1の頂部表面を有する前記粉末材料の第1層を前記粉体層の中へと払い出すように前記粉末払い出し器に命令し、

(i i) 前記3次元物体の少なくとも一部を生成するように指示を受け、

(i i i) 前記指示に従って前記粉末材料の一部分から前記3次元物体の前記少なくとも一部を生成し、

(i v) 前記第1の頂部表面に隣接する第2の頂部表面を有する粉末材料の第2層を払い出すように前記粉末払い出し器に命令し、

(v) 前記第2の頂部表面を前記第2の頂部表面の最も低い点にある、またはこれより低い第1の平面状の表面と平準化するように、前記粉末平準化部材に命令するようにプログラムされた、システム。

【請求項161】

3次元物体を生成するための方法であって、

(a) 粉末材料の第1層をエンクロージャ内に払い出して第1の頂部表面を有する粉体層を提供することと、

(b) エネルギービームを前記粉末材料の第1層に誘導して前記第1層の少なくとも一部分から前記3次元物体の少なくとも一部分を生成することと、

(c) 少なくとも前記3次元物体の前記一部分を生成することに引き続いて、粉末材料の第2層を前記エンクロージャ内に払い出すことであって、前記粉末材料の第2層が第2の頂部表面を備えることと、

(d) 前記粉末材料の第2層を刈り取って第1の平面状の表面を形成することであって、

10

20

30

40

50

前記第 1 の平面状の表面が前記第 2 の頂部表面の最も低い点またはその下方にあることと、
 (e) 第 2 の平面状の表面の上方の実質的にすべての粉末材料を前記粉末材料の第 2 層から取り除くことであって、前記第 2 の平面状の表面が前記第 1 の平面状の表面の下方に位置付けられ、かつ前記取り除くことが前記粉体層に接触していないときに生じる、ことと、を含む方法。

【請求項 1 6 2】

前記粉末材料が、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む、請求項 1 6 1 に記載の方法。

【請求項 1 6 3】

前記生成することが、前記粉末材料を変形して引き続いて硬化して硬化した材料を形成する変形した材料を生成することを含み、前記硬化した材料の少なくとも一部分が前記第 1 の頂部表面から突出し、ひいては突出部を形成する、請求項 1 6 1 に記載の方法。

【請求項 1 6 4】

前記突出部が前記 3 次元物体の少なくとも一部分である、請求項 1 6 3 に記載の方法。

【請求項 1 6 5】

前記突出部が、前記硬化した材料の歪み、曲がり、膨らみ、巻き、丸まり、または球状化を含む、請求項 1 6 3 に記載の方法。

【請求項 1 6 6】

前記突出部が前記 3 次元物体の一部ではない硬化した材料を含む、請求項 1 6 3 に記載の方法。

【請求項 1 6 7】

前記突出部が前記第 1 の頂部表面に対して約 1 0 マイクロメートル～約 5 0 0 マイクロメートルの高さを有する、請求項 1 6 3 に記載の方法。

【請求項 1 6 8】

前記第 1 の頂部表面から前記第 2 の平面状の表面までの平均垂直距離が約 5 マイクロメートル～約 1 0 0 0 マイクロメートルである、請求項 1 6 1 に記載の方法。

【請求項 1 6 9】

前記取り除くことが真空吸込みを含む、請求項 1 6 1 に記載の方法。

【請求項 1 7 0】

前記第 1 層および / または第 2 層からの過剰な粉末材料を再使用することをさらに含む、請求項 1 6 1 に記載の方法。

【請求項 1 7 1】

前記第 2 の平面状の表面が前記第 1 の頂部表面の上方に置かれている、請求項 1 6 1 に記載の方法。

【請求項 1 7 2】

前記粉末材料の第 1 層が重力を使用して払い出される、請求項 1 6 1 に記載の方法。

【請求項 1 7 3】

前記粉末材料の第 1 層が、前記粉末材料を移す気体流を使用して払い出される、請求項 1 6 1 に記載の方法。

【請求項 1 7 4】

前記粉末材料の第 2 層を刈り取って前記第 1 の平面状の表面を形成するに際して、前記前記 3 次元物体の少なくとも部分が約 3 0 0 マイクロメートル以下変位する、請求項 1 6 1 に記載の方法。

【請求項 1 7 5】

3 次元物体を生成するためのシステムであって、
 粉末材料を含む粉体層を収容するエンクロージャと、
 前記粉体層中の前記粉末材料にエネルギービームを提供するエネルギー源と、
 前記粉末材料を前記エンクロージャの中へと払い出して前記粉体層を提供する粉末払い出し部材と、

10

20

30

40

50

前記粉体層の頂部表面を平準化する粉末平準化部材と、
粉末材料を前記粉体層の前記頂部表面から前記頂部表面に接触することなく取り除く粉末除去部材と、

前記エネルギー源、前記粉末払い出し部材、前記粉末平準化部材、および前記粉末除去部材に動作可能に連結したコントローラと、を備え、かつ前記コントローラが、

(i) 前記粉末材料の第 1 層を前記エンクロージャ内に払い出して第 1 の頂部表面を有する前記粉体層を提供するように前記粉末払い出し部材に命令するようにプログラムされ、

(i i) 前記エネルギー源からの前記エネルギービームを前記粉末材料の第 1 層に誘導して前記 3 次元物体の少なくとも一部分を前記第 1 層の一部分から生成するようにプログラムされ、

(i i i) 前記エンクロージャ内に粉末材料の第 2 層を払い出すように前記粉末払い出し部材に命令するようにプログラムされ、前記粉末材料の第 2 層が第 2 の頂部表面を含み、

(i v) 前記粉末平準化部材に前記粉末材料の第 2 層を刈り取って第 1 の平面状の表面を形成するように命令するようにプログラムされ、前記第 1 の平面状の表面が前記第 2 の頂部表面の最も低い点または下方にあり、かつ

(v) 第 2 の平面状の表面の上方にある実質的にすべての粉末材料を前記粉末材料の第 2 層から取り除くように、前記粉末除去部材に命令するようにプログラムされ、前記第 2 の平面状の表面が前記第 1 の平面状の表面の下方に位置付けられている、システム。

【請求項 176】

前記エネルギー源がエネルギービームを前記粉末材料に提供し、これによって前記粉末材料を引き続いて硬化して硬化した材料を形成する変形した材料へと変形し、前記硬化した材料が前記 3 次元物体の少なくとも一部分を形成する場合がある、請求項 175 に記載のシステム。

【請求項 177】

前記第 2 の平面状の表面が前記第 1 の頂部表面の上方に配置される、請求項 175 に記載のシステム。

【請求項 178】

前記粉末平準化部材が粉末材料の前記第 2 層を刈り取って前記第 1 の平面状の表面を形成するに際して、前記 3 次元物体の前記少なくとも部分が約 300 マイクロメートル以下だけ変位する、請求項 175 に記載のシステム。

【請求項 179】

前記粉末払い出し部材が前記粉体層の前記露出した表面から空隙によって分離される、請求項 175 に記載のシステム。

【請求項 180】

前記空隙が約 10 マイクロメートル～約 50 ミリメートルの分離距離を有する、請求項 179 に記載のシステム。

【請求項 181】

前記粉末材料が前記粉末払い出し部材から前記エンクロージャの環境へ出て前記粉体層の方向へ進むとき、少なくとも 1 つの妨害物に遭遇する、請求項 175 に記載のシステム。

【請求項 182】

動作の間に、前記粉末払い出し部材が少なくとも 1 つの妨害物を含む経路に沿って前記粉体層と連通する、請求項 175 に記載のシステム。

【請求項 183】

前記妨害物が粗い表面を含む、請求項 181 または 182 に記載のシステム。

【請求項 184】

前記妨害物が前記粉体層の前記頂部表面と角度を形成する傾斜した表面を含む、請求項 181 または 182 に記載のシステム。

【請求項 185】

前記粉末除去部材が粉末払い出し除去部材として前記粉末払い出し部材と統合されてい

10

20

30

40

50

る、請求項 175 に記載のシステム。

【請求項 186】

前記粉末払い出し除去部材が、1つ以上の粉末出口ポートおよび1つ以上の真空入口ポートを備える、請求項 185 に記載のシステム。

【請求項 187】

前記粉末除去部材が真空ノズルを備える、請求項 175 に記載のシステム。

【請求項 188】

3次元物体を形成するための装置であって、

(a) 粉末払い出し部材から前記粉末払い出し部材に動作可能に連結した粉体層に粉末材料の第1層を供給するようにプログラムされ、前記第1層が第1の頂部表面を備え、

(b) エネルギー源からのエネルギービームを前記粉体層に誘導して前記粉末材料の少なくとも一部分を引き続いて硬化して前記3次元物体の少なくとも一部分を作り出す変形した材料へと変形するようにプログラムされ、かつ

(c) 引き続いて少なくとも前記3次元物体の一部分を作り出し、前記粉末払い出し部材から前記粉末払い出し部材に動作可能に連結した前記粉体層へと粉末材料の第2層を供給するようにプログラムされ、前記粉末材料の第2層が第2の頂部表面を備え、

(d) 前記粉末材料の第2層から第2の平面状の表面の上方にある実質的にすべての粉末材料を取り除くように前記粉末平準化部材に動作可能に連結した粉末除去部材に命令するようにプログラムされ、前記第2の平面状の表面が前記第1の平面状の表面の下方に位置付けられ、前記取り除くことが前記粉体層に接触していないときに生じる、コントローラ

を備える装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本出願は、米国仮特許出願シリアル番号第62/015,230号(2014年6月20日出願)、米国仮特許出願シリアル番号第62/028,760号(2014年6月24日出願)、米国仮特許出願シリアル番号第62/063,867号(2014年10月14日出願)、米国仮特許出願シリアル番号第62/136,378号(2015年3月20日出願)、および米国仮特許出願シリアル番号第62/168,699号(2015年5月29日出願)の優先権を主張し、その各々は参照により本明細書に全体が組み込まれる。

【背景技術】

【0002】

3次元(3D)印刷(例えば、付加製造)は、設計から任意の形状の3次元物体を作製するためのプロセスである。設計は、電子的なデータソースなどのデータソースの形態であってもよく、またはハードコピーの形態であってもよい。ハードコピーは3次元物体の2次元表現であってもよい。データソースは電子的な3Dモデルであってもよい。3D印刷は、材料の連続的な層を相互の上に置く付加プロセスを通して達成されてもよい。このプロセスは制御される場合がある(例えば、コンピュータ制御、手動制御、またはその両方)。3Dプリンターは工業用ロボットとすることができる。

【0003】

3D印刷はカスタムパーツを迅速かつ効率的に生成することができる。3D印刷プロセスでは、金属、金属合金、セラミック、または高分子材料などの様々な材料を使用することができる。付加3D印刷プロセスでは、第1の材料層が形成され、そしてその後連続的な材料層が1つずつ付加され、設計された3次元構造(3D物体)全体が実体化するまで、各々の新しい材料層が予め形成された材料層の上に追加される。

【0004】

3Dモデルは、コンピュータ支援設計パッケージを用いて、または3Dスキャナーを介して作り出される場合がある。3Dコンピュータグラフィックのための幾何学的なデータ

を調製する手動モデリングプロセスは、彫刻またはアニメーションなどの造形美術と類似でありうる。3Dスキャンは、実際の物体の形状および外観上のデジタルデータを解析および収集するプロセスである。このデータに基づき、スキャンした物体の3次元モデルを製造することができる。

【0005】

現在では数多くの付加プロセスが利用可能である。これらは実体化した構造を作り出すために層を堆積する様式が異なる場合がある。これらは設計された構造を実体化するために使用される材料(複数可)が異なる場合がある。一部の方法は、層を生産するために材料を溶融または軟化する。3D印刷方法の例としては、選択的レーザー溶融法(SLM)、選択的レーザー焼結法(SLS)、直接金属レーザー焼結法(DMLS)、または熱溶解積層法(FDM)が挙げられる。他の方法は、ステレオリソグラフィ(SLA)などの異なる技術を使用して液体材料を硬化する。薄膜積層法(LOM)の方法では、薄い層(とりわけ紙、ポリマー、金属製の)を形状に切断し、そして一緒に結合する。

10

【0006】

時々、3D印刷プロセスの間に、印刷された3D物体が曲がる、反る、丸まる、巻く、または別の方法で変形する場合がある。かかる曲がり、歪み、丸まり、巻き、または他の変形を回避するために補助的な支持部を挿入する場合がある。所望の3D製品(例えば、3D物体)を生産するために、これらの補助的な支持部は印刷した3D物体から取り除かれる場合がある。

20

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0007】

一態様では、3次元物体を生成するための方法は、(a)(i)第1の時間(t_1)においてエンクロージャ内に粉末材料の第1層を提供し、かつ(ii) t_1 に続く第2の時間(t_2)においてエンクロージャ内に粉末材料の第2層を提供し、材料の第2層が粉末材料の第1層に隣接して提供される、提供することと、(b)変形した材料を形成するために第2層内の粉末材料の少なくとも一部分を変形することと、変形することが第1の単位面積当たりエネルギー(S_1)を有するエネルギービームの支援による、ことと、(c) t_2 から第3の時間(t_3)までの時間間隔において、第2層からエネルギーを取り除くことと、熱エネルギーが粉末材料の第1層の下方とは異なる方向に沿って取り除かれ、 $t_2 \sim t_3$ の時間間隔の間に、 S_1 の少なくとも約0.3倍である第2の単位面積当たりエネルギー(S_2)でエネルギーが取り除かれ、エネルギーが取り除かれる際に変形した材料が固化して少なくとも3次元物体の一部を形成することと、を含む。

30

【0008】

方法は、(a)~(d)の動作を繰り返すことをさらに含むことができる。エネルギービームは、電磁粒子ビーム、荷電粒子ビーム、または非荷電ビームとすることができる。エネルギービームは、電磁粒子ビーム、電子ビーム、またはプラズマビームとすることができる。取り除かれるエネルギーは、熱エネルギーとすることができる。 S_2 は、 S_1 の少なくとも約0.5倍とすることができる。 S_2 は、少なくとも S_1 の少なくとも約0.8倍とすることができる。動作(b)では、第1層の残りの部分は、少なくとも3次元物体の一部を形成するために変形されなかった粉末材料の一部分である可能性がある。残りの部分を材料の変形温度より低い最高温度まで加熱することができる。

40

【0009】

第1層の残りの部分は、少なくとも3次元物体の一部を形成するために変形されなかった粉末材料の一部分である可能性がある。残りの部分は、 S_1 の約0.1倍以下である、第3の単位面積当たりエネルギー S_3 でエネルギーを供給される可能性がある。方法は、変形した材料を冷却する速度と実質的に同一の速度で残りの部分を冷却することをさらに含んでもよい。動作(b)および動作(c)を実質的に同時に実施することができる。電磁放射ビームを使用して動作(b)を実施することができる。電磁放射ビームはレーザー光とすることができる。電磁放射ビームを使用して動作(c)を実施することができる。

50

電磁放射ビームは、赤外光を含むことができる。動作 (b) では、第 1 の温度 (T_1) にて、残りの部分を変形することなく材料の層の部分を変形することができる。残りの部分を約 T_1 より低い第 2 の温度 (T_2) に加熱することができる。残りの部分は約 1 ミリメートル以上にわたって延在する連続的な層を欠いている可能性がある。残りの部分は 3 次元物体の少なくとも一部を包囲する足場を欠いている可能性がある。残りの部分は 3 次元物体を包囲する足場を欠いている可能性がある。足場は変形した材料を含むことができる。

【 0 0 1 0 】

隣接とは上方を含むことができる。材料は、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含むことができる。材料は粉末材料を含むことができる。変形することは融合 (例えば、粉末材料の個々の粒子を) することを含むことができる。融合することは、溶融する、焼結する、または接合する (例えば、粉末材料の個々の粒子を) ことを含むことができる。接合することは化学的に接合することを含むことができる。化学的に接合することは共有結合することを含む。

10

【 0 0 1 1 】

別の態様では、3次元物体を形成するための装置は、(a) 粉末払い出し部材から粉末払い出し部材に動作可能に連結した粉体層へと粉末材料を供給するようにプログラムされ、粉末材料の供給が (i) 第 1 の時間 (t_1) におけるエンクロージャ内の粉末材料の第 1 層、および (i i) t_1 に続く第 2 の時間 (t_2) におけるエンクロージャ内の粉末材料の第 2 層の供給を含み、材料の第 2 層が粉末材料の第 1 層に隣接して提供され、(b) 3次元物体を作り出すために粉末材料の少なくとも一部分を、引き続いて硬化する変形した材料へと変形するようにエネルギー源から粉体層へとエネルギービームを向けるようにプログラムされ、エネルギービームは第 1 の単位面積当たりエネルギー (S_1) を有し、(c) t_2 から第 3 の時間 (t_3) までの時間間隔において熱エネルギーを第 2 層から取り除くように冷却部材に命令するようにプログラムされ、熱エネルギーは粉末材料の第 1 層の下方とは異なる方向に沿って取り除かれ、 $t_2 \sim t_3$ の時間間隔の間に S_1 の少なくとも約 0.3 倍である第 2 の単位面積当たりエネルギー (S_2) でエネルギーが取り除かれ、エネルギーが取り除かれる際に変形した材料が少なくとも 3 次元物体の一部を形成するように固化する、コントローラを備える。

20

【 0 0 1 2 】

別の態様では、3次元物体を生成するための方法は、(a) (i) 第 1 の時間 (t_1) においてエンクロージャ内に材料の第 1 層を提供し、(i i) t_1 に続く第 2 の時間 (t_2) においてエンクロージャ内に材料の第 2 層を提供することであって、材料の第 2 層が材料の第 1 層に隣接して提供され、粉末材料の第 1 層および粉末材料の第 2 層が粉体層を形成し、変形した材料を形成するように第 2 層内の材料の少なくとも一部分を変形することと、(b) t_2 から第 3 の時間 (t_3) までの時間間隔において第 2 層から熱エネルギーを取り除くために冷却部材を第 1 層または第 2 層と隣接して使用することであって、粉体層の上方の方向に沿って熱エネルギーが取り除かれ、熱エネルギーを取り除く際に、3次元物体の少なくとも一部分を形成するように変形した材料が固化する、こととを含む。

30

40

【 0 0 1 3 】

$t_2 \sim t_3$ の時間間隔の間に、第 2 層内の点における平均温度を約 250 以下に維持することができる。 $t_2 \sim t_3$ の時間間隔の間に、平均温度を約 100 以下に維持することができる。

【 0 0 1 4 】

変形することは第 1 の単位面積当たりエネルギー (S_1) を有するエネルギービームの支援による可能性がある。動作 (c) では、 $t_2 \sim t_3$ の時間間隔の間に、 S_1 の少なくとも約 0.3 倍である第 2 の単位面積当たりエネルギー (S_2) で熱エネルギーを取り除くことができる。第 2 の単位面積当たりエネルギー (S_2) は、 S_1 の少なくとも約 0.5 倍とすることができる。熱エネルギーを粉末材料の第 1 層または粉末材料の第 2 層の側

50

面から取り除くことができる。粉体層の頂部表面から熱エネルギーを取り除くことができる。変形する動作は融合する（こと例えば、粉末材料の個々の粒子を）を含んでもよい。融合することは溶融することまたは焼結すること（例えば、個々の粒子を）を含むことができる。時間 t_3 において、粉末材料の第3層を粉末材料の第2層に隣接して提供することができる。変形することは、エネルギービームを第2層の少なくとも一部分に向けることを含むことができる。

【0015】

別の態様では、3次元物体を生成するためのシステムは、粉体層を形成するように第1の時間 (t_1) において粉末材料の第1層を受容しかつ t_1 に続く第2の時間 (t_2) において粉末材料の第2層を受容するエンクロージャであって、粉末材料の第2層が粉末材料の第1層と隣接しており、粉末材料が、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む、エンクロージャと、第1層または第2層と隣接する冷却部材であって、熱エネルギーを第2層から取り除く冷却部材と、冷却部材に動作可能に連結し、かつ (i) 変形した材料を形成するために第2層内の粉末材料の少なくとも一部分を変形し、かつ t_2 から第3の時間 (t_3) までの時間間隔において (ii) 第2層から熱エネルギーを取り除くために冷却部材を使用するようにプログラムされたコントローラであって、粉体層の上方の方向に沿って熱エネルギーを取り除かれ、熱エネルギーを取り除く際に、3次元物体の少なくとも一部分を形成するように変形した材料を固化する、コントローラと、を含む。

10

【0016】

冷却部材を粉末材料の外側（例えば、粉末材料の中ではなく）に配置することができる。システムは第2層の少なくとも一部分にエネルギービームを提供するエネルギー源をさらに含むことができる。コントローラをエネルギー源に動作可能に連結し、かつエネルギービームを少なくとも第2層の部分に向けるようにプログラムすることができる。コントローラを、(1) 変形した材料を形成するために第1の単位面積当たりエネルギー (S_1) を有するエネルギービームを使用して第2層内の粉末材料の少なくとも一部分を変形するように、および (2) $t_2 \sim t_3$ の時間間隔の間に冷却部材を使用して S_1 の少なくとも約0.3倍である第2の単位面積当たりエネルギー (S_2) で熱エネルギーを取り除くようにプログラムすることができる。第2の単位面積当たりエネルギー (S_2) は、 S_1 の少なくとも約0.5倍とすることができる。コントローラは、材料の第1層または材料の第2層の側面から熱エネルギーを取り除くために冷却部材を使用するようにプログラムすることができ、側面は第2層の露出した表面とは異なる面とすることができ、または第2層の露出した表面と反対側とすることができる。コントローラは粉体層の頂部表面から熱エネルギーを取り除くために冷却部材を使用するようにプログラムすることができる。

20

30

【0017】

コントローラは粉末材料の第2層の平均温度を制御するようにプログラムすることができる。 $t_2 \sim t_3$ の時間間隔の間に、コントローラは第2層内の点における平均温度を約250以下に維持するようにプログラムすることができる。 $t_2 \sim t_3$ の時間間隔の間に、コントローラは平均温度を約100以下に維持するようにプログラムすることができる。冷却部材を移動可能とすることができる。コントローラは冷却部材を移動するようにプログラムすることができる。冷却部材を空隙によって粉体層から分離することができる。空隙は約50ミリメートル以下の間隔とすることができる。空隙は冷却部材と粉体層との間の調節可能な間隔とすることができる。コントローラは調節可能な間隔を調整するようにプログラムすることができる。冷却部材は少なくとも約20ワット毎メートル毎ケルビン (W/mK) の熱伝導度を有する材料を含むことができる。冷却部材は、粉末材料または破片を冷却部材の表面から取り除くクリーニング部材をさらに含んでもよい。システムは冷却部材または粉体層から粉末材料または破片の残りの部分を収集する収集部材をさらに含んでもよい。

40

【0018】

別の態様では、3次元物体を形成するための装置は、(a) 粉末払い出し部材から粉末

50

払い出し部材に動作可能に連結した粉体層へと粉末材料を供給するようにプログラムされ、粉末材料の供給が (i) 第 1 の時間 (t_1) におけるエンクロージャ内の粉末材料の第 1 層の供給と (i i) t_1 に続く第 2 の時間 (t_2) におけるエンクロージャ内の粉末材料の第 2 層の供給であり、材料の第 2 層が粉末材料の第 1 層に隣接して提供され、 (b) 粉末材料の少なくとも一部分を引き続いて硬化して 3 次元物体を作り出す変形した材料へと変形するためにエネルギー源から粉体層へとエネルギービームを向けるようにプログラムされ、 (c) 第 2 層から熱エネルギーを取り除くために冷却部材を t_2 から第 3 の時間 (t_3) までの時間間隔において第 1 層または第 2 層に隣接して向けるようにプログラムされ、粉体層の上方の方向に沿って熱エネルギーが取り除かれ、熱エネルギーを取り除く際に、3次元物体の少なくとも一部分を形成するために変形した材料が固化する、コントローラを含む。

【 0 0 1 9 】

別の態様では、3次元物体を生成するための方法は、(a) (i) 第 1 の時間 (t_1) においてエンクロージャ内に材料の第 1 層を提供し、かつ (i i) t_1 に続く第 2 の時間 (t_2) においてエンクロージャ内に材料の第 2 層を提供することであって、材料の第 2 層が材料の第 1 層に隣接して提供される、ことと、(b) 変形した材料を形成するために第 2 層内の材料の少なくとも一部分を変形することと、(c) t_2 から第 3 の時間 t_3) までの時間間隔において第 2 層から熱エネルギーを取り除くことであって、 $t_1 \sim t_2$ の時間間隔の間に、第 2 層内の任意の点における平均温度が最高でも約 250 以内に維持され、エネルギーを取り除くことが結果として 3 次元物体の少なくとも一部分を形成するために変形した材料を硬化する、ことと、を含む。

【 0 0 2 0 】

t_3 の時間において材料の第 3 層を提供することができる。第 2 層内の任意の点における平均温度を最高でも約 100 以内に維持することができる。第 2 層内の任意の点における平均温度を最大でも約 10 の範囲内に維持することができる。方法は、第 2 層を提供する前に第 1 層の一部分を融合することをさらに含んでもよい。融合することは、溶解することまたは焼結することを含んでもよい。方法は動作 (b) の前にその部分を冷却することをさらに含んでもよい。

【 0 0 2 1 】

別の態様では、3次元物体を形成するための装置は、(a) 粉末払い出し部材から粉末払い出し部材に動作可能に連結した粉体層へと粉末材料を供給するようにプログラムされ、粉末材料の供給が (i) 第 1 の時間 (t_1) におけるエンクロージャ内の材料の第 1 層の供給および (i i) t_1 に続く第 2 の時間 (t_2) におけるエンクロージャ内の材料の第 2 層の供給を含み、材料の第 1 層に隣接して材料の第 2 層が提供され、(b) 粉末材料の少なくとも一部分を、3次元物体を作り出すために引き続いて硬化する変形した材料へと変形するためにエネルギー源から粉体層へとエネルギービームを向けるようにプログラムされ、(c) t_2 から第 3 の時間 (t_3) までの時間間隔において熱エネルギーを第 2 層から取り除くために冷却部材を第 1 層または第 2 層に隣接して向けるようにプログラムされ、 $t_1 \sim t_2$ の時間間隔の間に、第 2 層内の任意の点における平均温度が最高でも約 250 以内に維持され、エネルギーを取り除くことが 3 次元物体の少なくとも一部分を形成するように変形した材料の硬化をもたらす、コントローラを備える。

【 0 0 2 2 】

別の態様では、3次元物体を生成するためのシステムは、第 1 の時間 (t_1) において材料の第 1 層を受容し、かつ t_1 に続く第 2 の時間 (t_2) において材料の第 2 層を受容するエンクロージャであって、材料の第 2 層が粉末材料の第 1 層に隣接する、エンクロージャと、第 1 層または第 2 層に隣接する冷却部材であって、第 2 層から熱エネルギーを取り除く冷却部材と、冷却部材に動作可能に連結し、かつ (i) 変形した材料を形成するように第 2 層内の材料の少なくとも一部分を変形し、(i i) t_2 から第 3 の時間 (t_3) までの時間間隔において熱エネルギーを第 2 層から取り除くために冷却部材を使用するようにプログラムされたコントローラであって、 $t_1 \sim t_2$ の時間間隔の間、第 2 層内の任

意の点における平均温度が最高でも約250 以内に維持され、かつ熱エネルギーを取り除く際に少なくとも3次元物体の一部を形成するように変形した材料が固化する、コントローラとを備える。

【0023】

別の態様では、3次元物体を生成するための方法は、(a)(i)第1の時間(t_1)においてエンクロージャ内に材料の第1層を提供し、(ii) t_1 に続く第2の時間(t_2)においてエンクロージャ内に材料の第2層を提供することであって、材料の第2層が材料の第1層に隣接して提供される、ことと、(b)変形した材料を形成するために第2層内の材料の少なくとも一部分を変形することと、(c) t_2 から第3の時間(t_3)までの時間間隔において第2層から熱エネルギーを取り除くことであって、変形した材料の最高温度が少なくとも約400 以上であり、かつ引き続いて3次元物体の少なくとも一部分である硬化した材料を形成するために変形しない粉末材料の残りの部分が約300 の温度を超えず、3次元物体の少なくとも一部分を形成するために変形した材料を結果として硬化するエネルギーを取り除くことと、を含む。

10

【0024】

硬化した材料は補助的な支持部を欠いている可能性がある。残りの部分は、約200 の温度を越えてはならない。残りの部分は、約150 の温度を越えてはならない。方法は、(a)~(c)の動作を繰り返すことをさらに含むことができる。動作(a)~(c)を約 10^{-6} Torr以上とすることができる圧力で実施することができる。方法は硬化した材料を3次元物体の少なくとも一部分を形成するために融合しなかった粉末材料の残りの部分から取り除くことをさらに含んでもよい。方法は、この部分および3次元物体の少なくとも一部を形成するために融合しなかった粉末材料の残りの部分を冷却することをさらに含んでもよい。この部分および残りの部分を実質的に同一の速度で冷却することができる。第2の温度は最高でも約350 以下とすることができる。方法は、3次元物体の少なくとも一部分から、粉末材料の3次元物体の少なくとも一部を形成するために融合しなかった残りの部分を分離することをさらに含んでもよい。

20

【0025】

材料は粉末材料を含むことができる。材料は、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含むことができる。変形することは、融合することを含むことができる。融合することは溶融することまたは焼結することを含むことができる。硬化した材料は固化した材料を含むことができる。

30

【0026】

別の態様では、3次元物体を形成するための装置は、(a)粉末払い出し部材から粉末払い出し部材に動作可能に連結した粉体層へと粉末材料を供給するようにプログラムされ、粉末材料の供給は(i)第1の時間(t_1)におけるエンクロージャ内の材料の第1層の供給および(ii) t_1 に続く第2の時間(t_2)におけるエンクロージャ内の材料の第2層の供給を含み、材料の第2層は材料の第1層に隣接して提供され(b)粉末材料の少なくとも一部分を引き続いて3次元物体を作り出すために硬化する変形した材料へと変形するようにエネルギー源から粉体層へとエネルギービームを向けるようにプログラムされ、(c) t_2 から第3の時間(t_3)までの時間間隔において第2層から熱エネルギーを取り除くために第1層または第2層に隣接して冷却部材を向けるようにプログラムされ、変形した材料の最高温度は少なくとも約400 以上であり、引き続いて3次元物体の少なくとも一部分である硬化した材料を形成するために変形しなかった、粉末材料の残りの部分は約300 の温度を超えず、エネルギーを取り除くことは結果として3次元物体の少なくとも一部分を形成するために変形した材料を硬化する、コントローラを備える。

40

【0027】

別の態様では、3次元物体を生成するためのシステムは、第1の時間(t_1)において材料の第1層を受容し、かつ t_1 に続く第2の時間(t_2)において材料の第2層を受容するエンクロージャであって、材料の第2層が粉末材料の第1層に隣接する、エンクロージャと、第1層または第2層に隣接する冷却部材であって、第2層冷却部材から熱エネル

50

ギーを取り除く冷却部材と、冷却部材に動作可能に連結し、かつ (i) 変形した材料を形成するために第 2 層内の材料の少なくとも一部分を変形するようにプログラムされ (i i) t_2 から第 3 の時間 (t_3) までの時間間隔において第 2 層から熱エネルギーを取り除くために冷却部材を使用するようにプログラムされたコントローラであって、変形した材料の最高温度が少なくとも約 400 以上であり、少なくとも 3 次元物体の一部である引き続いて硬化した材料を形成するために変形しなかった粉末材料の残りの部分が約 300 の温度を超えず、かつ熱エネルギーを取り除く際に、少なくとも 3 次元物体の一部を形成するために変形した材料が固化する、コントローラを含む。

【 0 0 2 8 】

別の態様では、3次元物体を生成するための方法は、(a) エンクロージャ内に平均温度 (T_0) を有する材料の層を提供することと、(b) 変形した材料を形成するために第 2 層内の材料の少なくとも一部分を変形することであって、この部分が T_0 より高い最高温度 (T_2) に達する、ことと、(c) 変形した材料から少なくとも 3 次元物体の一部である硬化した材料を形成するために最大でも約 240 秒間の時間期間において平均温度 T_1 に達するように層から熱エネルギーを取り除くことであって、 T_1 が T_0 以上でかつ T_2 未満であり、 T_1 が T_0 より ($T_2 - T_0$) の約 0.8 倍未満だけ大きい、ことと、を含む。

【 0 0 2 9 】

方法は動作 (a) ~ (c) を繰り返すことをさらに含んでもよく、以前に提供された粉末材料の層の上に引き続いて粉末材料の層が提供される。第 1 の提供された粉末材料の層は基部の上に提供することができる。時間期間は最大でも約 120 秒間とすることができる。時間期間は最大でも約 60 秒間とすることができる。時間期間は最大でも約 30 秒間とすることができる。 T_1 は T_0 よりも ($T_2 - T_0$) の約 0.5 倍未満だけ大きくすることができる。 T_1 は T_0 よりも ($T_2 - T_0$) の約 0.3 倍未満だけ大きくすることができる。 T_1 は T_0 よりも ($T_2 - T_0$) の約 0.1 倍未満だけ大きくすることができる。

【 0 0 3 0 】

硬化することは固化することを含むことができる。変形することは、融合することを含むことができる。融合することは溶融することまたは焼結することを含むことができる。エネルギーはエネルギービームを含むことができる。エネルギービームは、電磁粒子ビーム、電子ビーム、またはプラズマビームを含むことができる。電磁粒子ビームは、レーザービームまたはマイクロ波ビームを含むことができる。

【 0 0 3 1 】

別の態様では、3次元物体を形成するための装置は、(a) 粉末払い出し部材から粉末払い出し部材に動作可能に連結した粉体層へと平均温度 (T_0) を有する粉末材料の層を供給するようにプログラムされ、(b) 粉末材料の少なくとも一部分を 3 次元物体を作り出すために引き続いて硬化する変形した材料へと変形するためにエネルギービームをエネルギー源から粉体層へと向けるようにプログラムされ、この部分が T_0 より高い最高温度 (T_2) に達し、(c) 変形した材料から少なくとも 3 次元物体の一部である硬化した材料を形成するために、最大でも約 240 秒間の時間期間に平均温度 T_1 に達するように層から熱エネルギーを取り除くために層に隣接して冷却部材を向けるようにプログラムされ、 T_1 が T_0 以上であり、かつ T_2 未満であり、 T_1 が T_0 より ($T_2 - T_0$) の約 0.8 倍未満だけ大きい、コントローラを備える。

【 0 0 3 2 】

別の態様では、3次元物体を生成するためのシステムは、平均基部温度 (T_0) を有する材料の層を受容するエンクロージャと、層に隣接する冷却部材であって、熱エネルギーを層から取り除く冷却部材と、冷却部材に動作可能に連結し、かつ (i) 変形した材料を形成するために層内の材料の少なくとも一部分を変形するようにプログラムされ、変形した材料が最高温度 (T_2) に達し、(i i) その後 240 秒間以内に変形した材料が少なくとも 3 次元物体の一部である硬化した材料を形成するように熱エネルギーを取り除くた

10

20

30

40

50

めに冷却部材を使用するようにプログラムされ、 T_1 が T_0 以上で、かつ T_2 以下であり、 T_1 が T_0 より $(T_2 - T_0)$ の約0.8倍未満だけ大きい、コントローラと、を含む。

【0033】

別の態様では、3次元物体を形成するための装置は、(a)粉末払い出し部材から粉末払い出し部材に動作可能に連結した粉体層へと粉末材料の層を供給するようにプログラムされ、粉末材料が、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含み、(b)粉末材料の少なくとも一部分を3次元物体を作り出すために引き続いて硬化する変形した材料へと変形するようにエネルギー源から粉体層へとエネルギービームを向けるようにプログラムされ、(c)粉体層からエネルギーを取り除くために冷却部材を向けるようにプログラムされ、冷却部材が粉体層の露出した表面の上方の方向でエネルギーの少なくとも30パーセントを取り除くのを促進する、コントローラを備える。

10

【0034】

別の態様では、3次元物体を生成するための方法は、(a)エンクロージャ内に材料層を提供することと、(b)変形した材料が硬化して3次元物体の一部として硬化した材料を形成する変形した材料を形成するように材料の少なくとも一部分を変形するために経路に沿って材料にエネルギービームを向けることと、(c)材料層から熱エネルギーを取り除くために材料層の露出した表面に隣接してヒートシンクを持ってくることであって、材料層から熱エネルギーを取り除く間にヒートシンクが空隙によって露出した表面から分離され、かつ材料層の露出した表面が粉体層の頂部表面である、ことと、を含む。

20

【0035】

空隙は、ヒートシンクと頂部表面との間の約50ミリメートル以下である間隔とすることができ、3次元物体のモデルに依存して経路を生成することができる。変形することは粉末材料の個々の粒子を融合することを含むことができる。融合することは、個々の粒子を焼結すること、溶融すること、または結合することを含むことができる。

【0036】

別の態様では、3次元物体を形成するための装置は、(a)材料払い出し部材から材料払い出し部材に動作可能に連結した材料層へと材料の層を供給するようにプログラムされ、(b)粉末材料の少なくとも一部分を3次元物体を作り出すように引き続いて硬化する変形した材料へと変形するためにエネルギー源から材料層へエネルギービームを向けるようにプログラムされ、(c)材料層からエネルギーを取り除くために冷却部材を向けるようにプログラムされ、材料層の露出した表面に隣接して冷却部材は配置され、材料層から熱エネルギーを取り除く間に、露出した表面から空隙によってヒートシンクが分離され、材料層の露出した表面は粉体層の頂部表面である、コントローラを備える。

30

【0037】

別の態様では、3次元物体を生成するためのシステムは、材料層を収容するエンクロージャと、材料層内の材料にエネルギービームを提供するエネルギー源と、粉体層から熱エネルギーを取り除くヒートシンクであって、材料層から熱エネルギーを取り除く間に材料層の露出した表面からヒートシンクが空隙によって分離され、粉体層の露出した表面が粉体層の頂部表面である、ヒートシンクと、エネルギー源およびヒートシンクに動作可能に連結し、かつ(i)この変形した材料が硬化して少なくとも3次元物体の一部として硬化した材料を形成する、変形した材料を形成するように、材料の少なくとも一部分を変形するために経路に沿ってエネルギービームを材料に向けるようにプログラムされ、(ii)粉体層から熱エネルギーを取り除くためにヒートシンクを粉体層の露出した表面に隣接して持つようにプログラムされた、コントローラと、を備える。

40

【0038】

エネルギービームは、電磁粒子ビーム、荷電粒子ビーム、または非荷電粒子ビームとすることができる。エネルギービームはレーザービームを含むことができる。

【0039】

ヒートシンクをエネルギー源から粉末材料へと延在するエネルギービームの経路の中に

50

配置することができる。ヒートシンクは少なくとも1つの開口を備えることができ、使用している間、エネルギービームを少なくとも1つの開口を通してエネルギー源から粉末材料へと向けることができる。ヒートシンクは移動可能である。コントローラはヒートシンクを移動するようにプログラムすることができる。エンクロージャは真空チャンバとすることができる。エンクロージャは少なくとも約 10^{-6} Torr の圧力を有する。ヒートシンクは空隙を通して粉末材料と熱的に連結することができる。空隙は気体を含むことができる。空隙はヒートシンクと露出した表面との間の約50ミリメートル以下の間隔に置くことができる。空隙はヒートシンクと露出した表面との間の調節可能な間隔に置くことができる。コントローラは間隔を調整するようにプログラムすることができる。コントローラは、材料の少なくとも一部分を変形するために十分な単位面積当たりエネルギーを使用することによって間隔を調整するようにプログラムすることができる。コントローラは、ほぼ25マイクロメートルと3次元物体の基本的な長さスケールの千分の一との合計以下の偏差で、3次元物体のモデルから3次元物体を形成するために十分な、単位面積当たりエネルギーを提供するための間隔とエネルギー源とのうちの少なくとも1つを調整するようにプログラムすることができる。ヒートシンクは、粉末材料からの対流熱伝達を介した熱エネルギーの伝達を促進することができる。ヒートシンクは少なくとも約20ワット毎メートル毎ケルビン (W/mK) の熱伝導度を有する材料を含むことができる。ヒートシンクはヒートシンクの表面から粉末材料または破片を取り除くクリーニング部材をさらに含むことができる。クリーニング部材は回転ブラシを備えることができる。クリーニング機構は、ヒートシンクが移動するときに回転する回転ブラシを含むことができる。ヒートシンクは、粉末材料または破片の吸着を少なくとも1つの表面上で低減または防止する固着防止層を用いてコーティングすることができる少なくとも1つの表面を含むことができる。システムはヒートシンクまたは粉体層から粉末材料または破片の残りの部分を収集する収集部材をさらに含んでもよい。残りの部分の粉末および破片のうちの少なくとも1つの収集のための機構は、ベンチュリスカベンジングノズルを含むことができる。エネルギー源からのエネルギービームがベンチュリスカベンジングノズルの開口を通過するように、ベンチュリスカベンジングノズルをエネルギー源と整列することができる。残りの部分の粉末および破片のうちの少なくとも1つの収集のための機構は、1つ以上の真空吸込みポートを備えることができる。残りの部分の粉末および破片のうちの少なくとも1つの収集のための機構をヒートシンクに連結することができる。収集部材は1つ以上の陰圧源を備えることができる。収集部材をヒートシンクに動作可能に連結することができる。システムは、材料をエンクロージャに供給する材料の供給源をさらに含んでもよい。ヒートシンクは、3次元物体の少なくとも一部の位置を実質的に変化させることなくエネルギーを取り除くのを容易にする場合がある。ヒートシンクを、少なくとも層に近接させることができる。ヒートシンクをエネルギー源と層との間に位置付けることができる。エネルギー源と基部との間とすることができる位置から、またはこの位置へヒートシンクを移動可能にすることができる。ヒートシンクはこれを通してエネルギー源からのエネルギーを層の部分に向けることができる少なくとも1つの開口を備えることができる。システムは、引き続いて3次元物体の少なくとも一部分を形成するように変形しなかった層の残りの部分にエネルギーを提供する、追加的なエネルギー源をさらに備えてもよい。エネルギー源は、エネルギーを単位面積当たりエネルギー S_1 で供給することができ、かつ追加的なエネルギー源エネルギーを第2の単位面積当たりエネルギー S_2 で供給することができ、 S_2 は S_1 より小さくすることができる。 S_2 は S_1 の約0.5倍以下とすることができる。 S_2 は S_1 の約0.2倍以下とすることができる。 S_2 は S_1 の約0.1倍以下とすることができる。システムは基部を収容するチャンバをさらに備えてもよい。チャンバは、真空チャンバとすることができる。チャンバは約 10^{-6} Torr より高い圧力にすることができる。チャンバは不活性気体の環境を提供してもよい。空隙は気体を含むことができる。空隙を層とヒートシンクとの間の調節可能な距離にすることができる。基部もしくは以前に堆積した材料の層に隣接する材料を提供および/または移動する平準化機構とヒートシンクを統合することができる。基部もしくは以前に堆積した粉末材料の層に隣接す

10

20

30

40

50

る材料を取り除くおよび/またはリサイクルする除去機構とヒートシンクを統合することができる。ヒートシンクは対流熱伝達を介した層からのエネルギーの伝達を容易にする場合がある。

【0040】

変形は融合を含むことができる。融合は溶融、焼結、または結合を含むことができる。結合は化学結合を含むことができる。化学結合は共有結合を含むことができる。エネルギー源は電磁粒子ビーム、レーザービーム、電子ビーム、プラズマビーム、またはマイクロ波ビームによってエネルギーを提供する。

【0041】

別の態様では、3次元物体を形成するための装置は、(a)粉末払い出し部材から材料払い出し部材に動作可能に連結した粉体層へと粉末材料の層を供給し、(b)粉末材料の少なくとも一部分を粉体層内に懸架される3次元物体を作り出すために引き続いて硬化する変形した材料へと変形するためにエネルギー源から粉体層へとエネルギービームを向け、(c)材料層内に懸架される3次元物体が約300マイクロメートル以下変位するように材料層の露出した表面を平準化するように平準化部材に命令するようにプログラムされたコントローラを備える。

10

【0042】

別の態様では、材料層内に懸架される3次元物体を生成するための方法は、(a)材料層を提供するために材料をエンクロージャ内へと払い出すことと、(b)材料の部分から3次元物体を生成することとあって、生成の際に3次元物体が材料層内に懸架される、ことと、(c)材料層内に懸架された3次元物体が約300マイクロメートル以下変位するように、材料層の露出した表面を平準化するために平準化部材を使用することと、を含む。

20

【0043】

生成することは付加生成することを含むことができる。材料層は3次元物体を実質的に包囲する支持足場を欠いている可能性がある。動作(c)では、3次元物体を約20マイクロメートル以下変位することができる。材料は粉末材料を含んでもよい。材料は元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含んでもよい。粉末材料は、共晶合金を形成する比で存在する少なくとも2つの金属を欠いている可能性がある。粉末材料は最大でも実質的に単一の元素金属組成物とすることができる金属を含むことができる。粉末材料は、単一の金属合金組成物とすることができる金属合金を含むことができる。3次元物体は平面状とすることができる。3次元物体はワイヤとすることができる。3次元物体は補助的な支持特徴部を欠いている可能性がある。3次元物体は粉体層内に懸架された補助的な支持特徴部を含むことができる。

30

【0044】

別の態様では、材料層内に懸架される3次元物体を生成するためのシステムは、粉体層を収容するエンクロージャと、材料層内の材料にエネルギービームを提供するエネルギー源と、材料層の露出した表面を平準化する平準化部材と、エネルギー源および平準化部材に動作可能に連結し、(i)3次元物体を生成する指示を受けるようにプログラムされ、(ii)指示に従って材料の一部分から3次元物体を生成するようにプログラムされ、生成に際して3次元物体が材料層内に懸架され、(iii)材料層内に懸架された3次元物体が約300マイクロメートル以下変位するように材料層の露出した表面を平準化するように平準化部材に命令するようにプログラムされたコントローラと、を備える。

40

【0045】

3次元物体の生成に際して、材料層は3次元物体を実質的に包囲する支持足場を欠いている可能性がある。材料は元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含むことができる。材料は粉末材料を含むことができる。システムは粉末材料をエンクロージャの中へと提供する粉末払い出し器をさらに含んでもよい。平準化機構を粉末払い出し器に連結することができる。粉末払い出し器を粉体層に隣接して配置することができる。粉末払い出し器は、粉体層に面する粉末払い出し器の底部部分とは異なる場所に位置

50

付けることができる出口開口を備えてもよい。出口開口を粉末払い出し器の側面に位置付けることができる。側面は、粉体層に面していないまたは粉体層と反対側の方向に面していない粉末払い出し器の一部とすることができる。出口開口はメッシュを備えることができる。コントローラは、粉末払い出し器に動作可能に連結し、かつ粉末払い出し器によってエンクロージャ内へと払い出すことができる材料の量を制御するようにプログラムすることができる。コントローラは、粉末払い出し器に動作可能に連結し、かつ粉末払い出し器の位置を制御するようにプログラムすることができる。粉末払い出し器を移動可能にすることができる。システムは粉末払い出し器に動作可能に連結した1つ以上の機械的部材をさらに備えてもよく、1つ以上の機械的部材は粉末払い出し器を振動させる。コントローラを1つ以上の機械的部材に動作可能に連結することができる。コントローラは、粉末払い出し器によってエンクロージャ内へと払い出される粉末材料の量を調整するために1つ以上の機械的部材を制御するようにプログラムすることができる。コントローラは、平準化部材の位置を制御するようにプログラムすることができ、平準化部材を移動可能とすることができる。コントローラは、平準化部材によって粉末材料上に及ぼされる力または圧力を制御するようにプログラムすることができる。システムは、過剰な材料を材料層から取り除く除去ユニットをさらに含んでもよい。除去ユニットは、真空源、磁力源、電気力源、または静電気力源を含むことができる。除去ユニットは、過剰な粉末材料を収容する貯留槽を備えることができる。除去ユニットは、粉体層と連通する（例えば、流体連通）1つ以上の陰圧源を備えることができ、この1つ以上の陰圧源は粉体層から過剰な粉末材料を取り除くためのものである。コントローラは、除去ユニットを使用した過剰な粉末材料の除去を命令するようにプログラムすることができる。平準化部材はナイフを含むことができる。システムは冷却部材をさらに含んでもよい。冷却部材は層に近接していてもよい。冷却部材をエネルギー源と層との間に位置付けることができる。3次元物体は補助的な支持部を欠いている可能性がある。エネルギー源と粉末材料との間とすることができる位置へ、またはこの位置から冷却部材を移動可能にすることができる。冷却部材は層の融合した部分を冷却するのを容易にする場合があり、かつ/または引き続いて3次元物体の少なくとも一部分を形成するように変形しなかった層の残りの部分を冷却するのを容易にする場合がある。冷却部材は、その部分と残りの部分と実質的に同一の速度で冷却するのを容易にする場合がある。冷却部材を空隙によって層からおよび/または基部から分離することができる。空隙は気体を含むことができる。空隙は、最大でも約1ミリメートル以下とすることができる断面を有する。空隙は調節可能とすることができる。コントローラは、冷却部材に動作可能に連結することができ、かつ材料層からの空隙距離を調節することができる。冷却部材は基部とエネルギー源との間に位置するように適合することができる。冷却部材は、エネルギー源によって層の部分に適用することができるエネルギーを追跡してもよい。コントローラを冷却部材に動作可能に連結し、かつ冷却部材の追跡を調整することができる。冷却部材はこれを通してエネルギー源からのエネルギーを層の部分に向けてることができる少なくとも1つの開口を備えることができる。冷却部材を実質的に透明にすることができる。冷却部材は1つ以上のヒートシンクを備えることができる。エネルギー源は、エネルギーを層の部分に放射熱伝達を通して向けてもよい。エネルギー源はレーザーとすることができる。システムは、引き続いて3次元物体の少なくとも一部分を形成するように融合しなかった層の残りの部分にエネルギーを提供する、追加的なエネルギー源をさらに備えてもよい。追加的なエネルギー源は、レーザーまたは赤外線（IR）放射源とすることができる。エネルギー源は電磁粒子ビーム、レーザービーム、電子ビーム、プラズマビーム、またはマイクロ波ビームを介してエネルギーを提供してもよい。システムはその上方に材料層を配置することができる基部を備えるチャンバをさらに備えてもよい。チャンバは、真空チャンバとすることができる。チャンバは不活性気体の環境を提供してもよい。システムは、エネルギー源から層の所定の位置へとエネルギーを向ける光学系をさらに備えてもよい。光学系はミラー（例えば、偏向ミラーまたはガルバノミラー）、レンズ、ファイバー、ビームガイド、回転多面鏡、またはプリズムを備えることができる。コントローラは、エネルギービーム（例えば、電磁粒子ビーム）の偏向および

10

20

30

40

50

ノまたは変調を制御することができる。コントローラは、エネルギービームが進む光路（例えば、ベクター）を制御することができる（例えば、光学系を制御することによって）。コントローラは、光学系の支援によりエネルギー源の軌道を制御するようにプログラムすることができる。プロセッサはコントローラに3次元物体を生成するための指示を供給する中央処理装置と通信することができる。通信はネットワーク通信とすることができる。中央処理装置はリモートコンピュータとすることができる。リモートコンピュータシステムは、コントローラに3次元モデルに関する指示を提供し、コントローラは3次元モデルに関する指示に基づいてエネルギーを供給するようにエネルギー源に命令してもよい。設計指示は、標準テッセレーション言語ファイルフォーマットを有するファイルを使用して提供されてもよい。コントローラは、少なくともエネルギー源によって供給されるエネルギーの量、強度、または期間を最適化するようにプログラムすることができる。コントローラは、エネルギー源から層の少なくとも一部分へと供給されるエネルギーの軌道または経路を最適化するようにプログラムすることができる。コントローラは、層の少なくとも一部分からエネルギーを取り除くのを最適化するようにプログラムすることができる。コントローラは、層の温度プロファイルとは分離している基部の温度プロファイルを制御するようにプログラムすることができる。コントローラは、層の残りの部分を変形することなく層の部分の変形を調整するようにプログラムすることができる。

10

【0046】

別の態様では、3次元物体を生成するための装置は、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む粉末材料を含む粉体層を収容するエンクロージャと、エネルギー源であって、3次元物体の少なくとも一部分を形成するために粉体層の中の粉末材料にエネルギービームを提供する、エネルギー源と、を備え、形成に際して、3次元物体(i)は3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(ii)約1平方センチメートル(cm^2)以上の表面積を有する露出した層表面を有し、かつ(iii)補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いており、層状構造の所与の層は、共晶合金を形成する少なくとも2つの金属を欠いている。

20

【0047】

別の態様では、3次元物体を形成するための装置は、(a)粉末払い出し部材から粉末払い出し部材に動作可能に連結した粉体層へと粉末材料の層を供給するようにプログラムされ、粉末材料が、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含み、(b)粉末材料の少なくとも一部分を引き続いて硬化して3次元物体を作り出す変形した材料へと変形するために、エネルギー源から粉体層へとエネルギービームを向けるようにプログラムされ、この3次元物体が(i)3次元印刷プロセスの間または後に層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(ii)約1平方センチメートル(cm^2)以上の表面積の露出した層表面を有し、(iii)補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いており、かつ層状構造の所与の層が少なくとも共晶合金を形成する少なくとも2つの金属を欠いているようにプログラムされたコントローラを備える。

30

【0048】

別の態様では、3次元物体を生成するための装置は、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む粉末材料を含む粉体層を収容するエンクロージャと、3次元物体の少なくとも一部分を形成するために粉体層内の粉末材料にエネルギービームを提供するエネルギー源と、を備え、形成に際して、3次元物体が(i)3次元印刷プロセスの間または後に層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(ii)約1平方センチメートル(cm^2)以上の表面積を有する露出した層表面を有し、(iii)補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いており、かつ層状構造の所与の層が共晶合金を形成する少なくとも2つの金属を欠いている。

40

【0049】

50

別の態様では、3次元印刷プロセスによって形成された3次元物体は、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む材料の連続的固化溶融プールを含む層状構造を備え、3次元物体は(i)3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(ii)約1平方センチメートル(cm^2)以上の表面積を有する露出した層表面を有し、(iii)補助的な支持特徴部の存在または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いており、かつ層状構造の所与の層が共晶合金を形成する少なくとも2つの金属を欠いている。

【0050】

表面積は約2平方センチメートル(cm^2)以上とすることができる。

【0051】

補助的な支持特徴部は線形構造を備えることができる。補助的な支持特徴部は非線形構造を備えることができる。補助的な支持特徴部は、棚状部、柱、ひれ、ピン、ブレード、または足場を備えることができる。補助的な支持特徴部は、焼結した粉末足場を備えることができる。焼結した粉末足場を材料形成することができる。補助的な支持特徴部の跡は、3次元物体の上に埋め込まれた型の跡を含む。補助的な支持特徴部の跡は、1つ以上の連続的固化溶融プールの幾何学的な変形を含むことができ、この変形は補助的な支持特徴部に対して相補的である可能性がある。層状構造の所与の層は、複数の固化材料溶融プールを含むことができる。

【0052】

3次元物体は、3次元物体の形成の間またはその後のトリミングプロセスの使用を示す表面特徴部を欠いている可能性がある。トリミングプロセスは、3D印刷プロセスの完了後に実施される動作であってもよい。トリミングプロセスは3D印刷プロセスとは分離した動作であってもよい。トリミングは切断すること(例えば、ピアシングソーを使用する)を含んでもよい。トリミングは磨くまたはブラストすることを含んでもよい。ブラストは固体ブラスト、気体ブラスト、または液体ブラストを含むことができる。固体ブラストはサンドブラストを含むことができる。気体ブラストはエアブラストを含むことができる。液体ブラストはウォーターブラストを含むことができる。ブラストは機械ブラストを含むことができる。層状構造は実質的に繰り返しの層状構造とすることができる。層状構造の各層は、約5マイクロメートル(μm)以上の平均層厚さを有する。層状構造の各層は、約1000マイクロメートル(μm)以下の平均層厚さを有する。層状構造は、連続的固化溶融プールの個々の層を備えることができる。所与の連続的固化溶融プールのうちの1つは、粒子配向の変動、材料密度の変動、粒子境界に対する化合物偏析の程度の変動、粒子境界に対する元素偏析の程度の変動の変動、材料相の変動、冶金学的相の変動、材料空隙率の変動、結晶相の変動、および結晶構造の変動から成る群から選択される実質的に繰り返しの材料変動を備えることができる。所与の連続的固化溶融プールのうちの1つは結晶を含むことができる。結晶は単結晶を含むことができる。層状構造は3次元印刷プロセスの間の溶融プールの固化を示す1つ以上の特徴部を含むことができる。層状構造は3次元印刷プロセスの使用を示す特徴部を含むことができる。3次元印刷プロセスは、選択的レーザー溶融法(SLM)、選択的レーザー焼結法(SLS)、直接金属レーザー焼結法(DMLS)、または熱溶解積層法(FDM)を含むことができる。3次元印刷プロセスは選択的レーザー溶融法を含むことができる。3次元物体の基本的な長さスケールは少なくとも約120マイクロメートルとすることができる。

【0053】

元素状炭素の同素体は、非晶質炭素、グラファイト、グラフェン、フラーレン、およびダイヤモンドから成る群から選択することができる。フラーレンは、球状、楕円体状、線形、および管状から成る群から選択することができる。フラーレンは、バッキーボールおよびカーボンナノチューブから成る群から選択することができる。材料は強化用繊維を含むことができる。強化用繊維は、炭素繊維、Kevlar(登録商標)、Twaron(登録商標)、超高分子量ポリエチレン、またはガラス繊維を含むことができる。

【0054】

10

20

30

40

50

別の態様では、3次元物体を生成するための装置は、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む粉末材料を含む粉体層を収容するエンクロージャと、3次元物体の少なくとも一部分を形成するために粉体層内の粉末材料にエネルギービームを提供するエネルギー源とを備え、3次元物体の形成に際して(i)補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いており、(ii)3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており(iii)少なくとも約1平方センチメートル(cm^2)の表面積を有する露出した層表面を有し、かつ3次元物体の層状構造の各層は、最大でも実質的に単一の元素金属組成物を含む。

【0055】

別の態様では、3次元物体を形成するための装置は、(a)粉末払い出し部材から粉末払い出し部材に動作可能に連結した粉体層へと粉末材料の層を供給するようにプログラムされ、粉末材料が、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含み、(b)粉末材料の少なくとも一部分を引き続いて硬化して3次元物体を作り出す変形した材料へと変形するために、エネルギー源から粉体層へとエネルギービームを向けるようにプログラムされたコントローラを備え、3次元物体が(i)補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いており、(ii)3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(iii)少なくとも約1平方センチメートル(cm^2)の表面積を有する露出した層表面を有し、かつ3次元物体の層状構造の各層が最大でも実質的に単一の元素金属組成物を有する。

【0056】

別の態様では、3次元印刷プロセスによって形成される3次元物体は、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む材料の連続的固化溶解プールを備える層状構造を備え、3次元物体(i)は補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いており、(ii)3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(iii)少なくとも約1平方センチメートル(cm^2)の表面積を有する露出した層表面を有し、かつ3次元物体の層状構造の各層が最大でも実質的に単一の元素金属組成物を有する。

【0057】

表面積は少なくとも約2平方センチメートル(cm^2)とすることができる。3次元物体の各層が、最大でも単一の金属合金組成物との偏差が約2%以下である単一の金属合金組成物を含むことができる。3次元物体の各層は、最大でも実質的に単一の金属合金組成物を含むことができる。実質的には単一の金属合金組成物からの偏差が約2%以下である組成物を含むことができる。

【0058】

別の態様では、3次元物体を生成するための装置は、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む粉末材料を含む粉体層を収容するエンクロージャと、3次元物体の少なくとも一部分を形成するために粉体層内の粉末材料にエネルギービームを提供するエネルギー源と、を備え、形成に際して3次元物体が、(i)3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(ii)少なくとも約1平方センチメートル(cm^2)の表面積を有する露出した層表面を有し、(iii)補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いており、かつ光学顕微鏡によって測定すると所与の層状構造の層が少なくとも約50センチメートルの湾曲の半径を有する。

【0059】

別の態様では、3次元物体を形成するための装置は、(a)粉末払い出し部材から粉末払い出し部材に動作可能に連結した粉体層へと粉末材料の層を供給し、粉末材料が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含み、(b)粉末材料の少なくとも一部分を3次元物体を作り出すために引き続いて硬化する変形した材料へと変形する

10

20

30

40

50

ために、エネルギー源から粉体層へとエネルギービームを向けるようにプログラムされたコントローラを備え、3次元物体が(i)3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(ii)少なくとも約1平方センチメートル(cm^2)の表面積を有する露出した層表面を有し、および(iii)補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いており、かつ光学顕微鏡によって測定すると層状構造の所与の層が少なくとも約50センチメートルの湾曲の半径を有する。

【0060】

別の態様では、3次元印刷プロセスによって形成される3次元物体は、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む材料の連続的固化溶解プールを含む層状構造を備え、3次元物体は、(i)3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(ii)少なくとも約1平方センチメートル(cm^2)の表面積を有する露出した層表面を有し、(iii)補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いており、光学顕微鏡によって測定すると層状構造の所与の層が少なくとも約50センチメートルの湾曲の半径を有する。

10

【0061】

所与の層は、第1の生成された層とすることができる。湾曲の半径は、光学顕微鏡によって測定すると、少なくとも約100センチメートル(cm)とすることができる。層状構造の複数の層は、光学顕微鏡によって測定すると、少なくとも約50センチメートル(cm)湾曲の半径を有する。

20

【0062】

別の態様では、3次元物体を生成するための装置は、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む粉末材料を含む粉体層を収容するエンクロージャと、3次元物体の少なくとも一部分を形成するために、エネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源と、を備え、形成に際して3次元物体が(i)3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(ii)1つ以上の補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いている。

【0063】

別の態様では、3次元物体を形成するための装置は、(a)粉末材料の層を粉末払い出し部材から粉末払い出し部材に動作可能に連結した粉体層へと供給するようにプログラムされ、粉末材料がセラミックまたは元素状炭素の同素体を含み、(b)エネルギービームをエネルギー源から3次元物体を作り出すために引き続いて硬化する粉末材料の少なくとも一部分を変形した材料へと変形する粉体層へと向けるようにプログラムされたコントローラを備え、3次元物体が(i)3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(ii)1つ以上の補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いている。

30

【0064】

別の態様では、3次元印刷プロセスによって形成される3次元物体はセラミックまたは元素状炭素の同素体を含む材料の連続的固化溶解プールを含む層状構造を含み、3次元物体は、(i)3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、かつ(ii)1つ以上の補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いている。

40

【0065】

別の態様では、3次元物体を生成するための装置は、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む粉末材料を含む粉体層を収容するエンクロージャと、3次元物体少なくとも一部分を形成するためにエネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源とを備え、形成に際して3次元物体が、(i)3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(ii)2つの補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を

50

含み、層状構造が層化平面を有し、2つの補助的な支持特徴部または支持部の跡が少なくとも約40.5ミリメートル以上離間しており、かつ2つの補助的な支持特徴部または支持部の跡を結ぶ直線と層化平面と垂直な方向との間の鋭角が、約45°～約90°である。

【0066】

別の態様では、3次元物体を形成するための装置は、(a)粉末払い出し部材から粉末払い出し部材に動作可能に連結した粉体層へと粉末材料の層を供給するようにプログラムされ、粉末材料が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含み、(b)粉末材料の少なくとも一部分を3次元物体を作り出すために引き続いて硬化する変形した材料へと変形するためにエネルギービームをエネルギー源から粉体層へと向けるようにプログラムされたコントローラを備え、この3次元物体が(i)3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(ii)2つの補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を含み、層状構造が層化平面を有し、2つの補助的な支持特徴部または支持部の跡が少なくとも約40.5ミリメートル以上離間しており、かつ2つの補助的な支持特徴部または支持部の跡を結ぶ直線と層化平面に垂直な方向との間の鋭角が約45°～約90°である。

10

【0067】

別の態様では、3次元印刷プロセスによって形成される3次元物体は、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む材料の連続的固化溶解プールを含む層状構造を備え、3次元物体(i)は3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(ii)補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す2つの補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の跡を備え、層状構造が層化平面を有し、2つの補助的な支持特徴部または支持部の跡が少なくとも約40.5ミリメートル以上離間しており、かつ2つの補助的な支持特徴部または支持部の跡を結ぶ直線と層化平面に垂直な方向との間の鋭角が約45°～約90°である。任意の2つの補助的な支持特徴部または補助的な支持部の跡は少なくとも約45ミリメートル以上離間していてもよい。

20

【0068】

別の態様では、3次元物体を生成するための装置は、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む粉末材料を含む粉体層を収容するエンクロージャと、3次元物体の少なくとも一部分を形成するためにエネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源と、を備え、形成に際して、3次元物体が、(i)3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(ii)補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を含み、層状構造が層化平面を有し、Xは3次元物体の表面上に属する点であり、YはXに最も近い補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の跡であり、YはXから少なくとも約10.5ミリメートル以上離間しており、半径XYの球は補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の跡を欠いており、かつ直線XYと層化平面に垂直な方向との間の鋭角は約45°～約90°である。

30

【0069】

別の態様では、3次元物体を形成するための装置は、(a)粉末払い出し部材から粉末払い出し部材に動作可能に連結した粉体層へと粉末材料の層を供給するようにプログラムされ、粉末材料が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含み、(b)粉末材料の少なくとも一部分を3次元物体を作り出すために引き続いて硬化する変形した材料へと変形するためにエネルギー源から粉体層へとエネルギービームを向けるようにプログラムされたコントローラを備え、この3次元物体は、(i)3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(ii)補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を備え、層状構造が層化平面を有し、Xは3次元物体の表面上に属する点であり、YはXに最も近い補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の跡であり、YはXから少なくとも約10.5ミリメートル以上離間しており、半径XYの球は補助的な支持特徴部または補助

40

50

的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いており、直線 X Y と層化平面に垂直な方向との間の鋭角は約 45° ~ 約 90° である。

【0070】

別の態様では、3次元印刷プロセスによって形成される3次元物体は、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む材料の連続的固化溶解プールを含む層状構造を備え、3次元物体は、(i) 3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(ii) 補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を含み、層状構造が層化平面を有し、X は3次元物体の表面上に属する点であり、Y はX に最も近い補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の跡であり、Y はX から約 10.5 ミリメートル以上離間しており、半径 X Y の球は補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の跡を欠いており、直線 X Y と層化平面に垂直な方向との間の鋭角は約 45° ~ 約 90° であり、かつ3次元物体は元素金属、金属合金、セラミックまたは元素状炭素の同素体を含む。X はY から少なくとも約 10 ミリメートル以上離間していてもよい。

10

【0071】

別の態様では、3次元物体を生成するための装置は、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む粉末材料を含む粉体層を収容するエンクロージャと、3次元物体の少なくとも一部分を形成するためにエネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源とを備え、形成に際して、3次元物体は3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、N は層状構造の層化平面であり、X および Y は3次元物体の表面上に属する点であり、X はY から少なくとも約 10.5 ミリメートル以上離間しており、X を中心とする半径 X Y の球には補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡が無く、かつ直線 X Y と N に垂直な方向との間の鋭角は約 45° ~ 約 90° である。

20

【0072】

別の態様では、3次元物体を形成するための装置は、粉末払い出し部材から粉末払い出し部材に動作可能に連結した粉体層へと粉末材料の層を供給するようにプログラムされ、粉末材料が、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含み、かつ粉末材料の少なくとも一部分を3次元物体を作り出すために引き続いて硬化する変形した材料へと変形するためにエネルギー源から粉体層へエネルギービームを向けるようにプログラムされたコントローラを備え、この3次元物体は3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、N は層状構造の層化平面であり、X および Y は3次元物体の表面上に属する点であり、X はY から少なくとも約 10.5 ミリメートル以上離間しており、X を中心とする半径 X Y の球には補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡が無く、かつ直線 X Y と N に垂直な方向との間の鋭角は約 45° ~ 約 90° である。

30

【0073】

別の態様では、3次元印刷プロセスによって形成される3次元物体は、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む材料の連続的固化溶解プールを備える層状構造を備え、3次元物体は3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、N は層状構造の層化平面であり、X および Y は3次元物体の表面上に属する点であり、X はY から少なくとも約 10.5 ミリメートル以上離間しており、X を中心とする半径 X Y の球には補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡が無く、かつ直線 X Y と N に垂直な方向との間の鋭角が約 45° ~ 約 90° である。一部の事例では、B はC から少なくとも約 10 ミリメートル以上離間している。

40

【0074】

別の態様では、3次元物体を形成するための装置は、(a) 粉末払い出し部材から粉末払い出し部材に動作可能に連結した粉体層へと粉末材料の層を供給し、粉末材料が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含み、(b) 粉末材料の少なく

50

とも一部分を3次元物体を作り出すために引き続いて硬化する変形した材料へと変形するためにエネルギー源から粉体層へエネルギービームを向けるようにプログラムされたコントローラを備え、この3次元物体が、(i)3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(ii)少なくとも約1平方センチメートル(cm^2)の表面積を有する露出した層表面を有し、(iii)1つ以上の補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いており、かつ層の中に属する任意の2つの金属は共晶合金を形成する能力がない。

【0075】

別の態様では、3次元物体を生成するための装置は、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む粉末材料を含む粉体層を収容するエンクロージャと、3次元物体の少なくとも一部分を形成するためにエネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源とを備え、形成に際して3次元物体が(i)3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(ii)少なくとも約1平方センチメートル(cm^2)の表面積を有する露出した層表面を有し、(iii)1つ以上の補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いており、かつ層の中に属する任意の2つの金属は共晶合金を形成する能力がない。

10

【0076】

別の態様では、3次元印刷プロセスによって形成される3次元物体は、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む材料を含む連続的固化溶解プールを含む層状構造を備え、3次元物体が、(i)3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(ii)少なくとも約1平方センチメートルの表面積を有する露出した層表面を有し(cm^2)、(iii)1つ以上の補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いており、かつ層の中に属する任意の2つの金属は共晶合金を形成する能力がない。

20

【0077】

別の態様では、3次元物体を形成するための装置は、(a)粉末払い出し部材から粉末払い出し部材に動作可能に連結した粉体層へと粉末材料の層を供給するようにプログラムされ、粉末材料が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含み、(b)粉末材料の少なくとも一部分を3次元物体を作り出すために引き続いて硬化する変形した材料へと変形するためにエネルギー源から粉体層へエネルギービームを向けるようにプログラムされたコントローラを備え、この3次元物体が、(i)3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(ii)少なくとも約1平方センチメートル(cm^2)の表面積を有する露出した層表面を有し、かつ(iii)1つ以上の補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いており、かつ3次元物体の各層が最大でも実質的に単一の元素金属を含む。

30

【0078】

別の態様では、3次元物体を生成するための装置は、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む粉末材料を含む粉体層を収容するエンクロージャと、3次元物体の少なくとも一部分を形成するためにエネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源とを備え、形成に際して3次元物体は、(i)3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(ii)少なくとも約1平方センチメートル(cm^2)の表面積を有する露出した層表面を有し、(iii)1つ以上の補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いており、かつ3次元物体の各層が最大でも実質的に単一の元素金属を含む。

40

【0079】

別の態様では、3次元印刷プロセスによって形成される3次元物体は、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む材料を含む連続的固化溶解プールを

50

備える層状構造を備え、3次元物体は、(i)3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(ii)少なくとも約1平方センチメートル(cm^2)の表面積を有する露出した層表面を有し、(iii)1つ以上の補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いており、かつ3次元物体の各層が最大でも実質的に単一の元素金属を含む。

【0080】

層状構造は実質的に繰り返しの層を備える可能性がある。層は最大でも約500 μm 以下の平均的な層サイズを有することができる。層状構造は層化した堆積を示す可能性がある。層状構造は3次元印刷プロセスの間に形成された溶融プールの固化を示す可能性がある。3次元印刷プロセスを示す構造は、粒子配向の変動、材料密度の変動、粒子境界に対する化合物偏析の程度の変動、粒子境界に対する元素偏析の程度の変動の変動、材料相の変動、冶金学的相の変動、材料空隙率の変動、結晶相の変動、または結晶構造の変動を含む実質的に繰り返し変動を備えることができる。層状構造は実質的に繰り返しの層を備えることができ、層は少なくとも約5 μm 以上の平均層サイズを有する。溶融プールは選択的レーザー溶融法(SLM)、選択的レーザー焼結(SLS)、直接金属レーザー焼結法(DMLS)、または熱溶解積層法(FDM)を含む付加製造プロセスを示す。溶融プールは、選択的レーザー溶融法を含む付加製造プロセスを示してもよい。溶融プールは結晶を含んでもよい。溶融プールは単一の結晶を含んでもよい。

10

【0081】

別の態様では、3次元物体を形成するための装置は、粉末払い出し部材から粉末払い出し部材に動作可能に連結した粉体層へと粉末材料の層を供給するようにプログラムされ、粉末材料は、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含み、粉末材料の少なくとも一部分を粉体層内に懸架される3次元物体を作り出すために引き続いて硬化した材料へと硬化する変形した材料へと変形するために、エネルギー源から粉体層へエネルギービームを向けるようにプログラムされたコントローラを含み、光学顕微鏡によって測定すると硬化した材料の少なくとも1つの層が少なくとも約50センチメートルの湾曲の半径を有し、かつ粉体層が3次元物体を実質的に包囲する支持足場を欠いている。

20

【0082】

別の態様では、3次元物体を生成するための装置は、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む粉末材料を含む粉体層を収容するエンクロージャと、3次元物体の少なくとも一部分である硬化した材料を形成するためにエネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源と、形成に際して3次元物体が粉体層内に懸架され、光学顕微鏡によって測定すると硬化した材料の少なくとも1つの層が少なくとも約50センチメートルの湾曲の半径を有し、かつ粉体層が3次元物体を実質的に包囲する支持足場を欠いている。

30

【0083】

別の態様では、粉体層内に懸架される3次元物体を生成するための方法は、(a)エンクロージャ内に粉体層を提供することであって、粉体層が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を含む、ことと、(b)粉末材料の少なくとも一部分を変形した材料へと変形することと、(c)硬化した材料の少なくとも1つの層を3次元物体の一部として形成するために変形した材料を硬化することであって、粉体層内に3次元物体が懸架され、光学顕微鏡によって測定すると硬化した材料の少なくとも1つの層が少なくとも約50センチメートルの湾曲の半径を有し、かつ粉体層が3次元物体を実質的に包囲する支持足場を欠いている、こととを含む。

40

【0084】

支持足場は焼結した構造とすることができる。硬化した材料の少なくとも1つの層は1メートル以上の湾曲の半径を有することができる。硬化した材料の層は共晶合金を形成する少なくとも2つの金属を欠いている可能性がある。硬化した材料の層は最大でも単一の元素金属組成物とすることができる金属を含むことができる。硬化した材料の層は、単一の金属合金組成物とすることができる金属合金を含むことができる。硬化した材料の層は

50

単一の材料組成物の層とすることができる。3次元物体の基本的な長さスケールは約120マイクロメートル以上とすることができる。3次元物体は、粉体層内で1つ以上の補助的な支持特徴部によって支持されていないようにすることができる。3次元物体は補助的な支持特徴部を欠いている可能性がある。3次元物体は粉体層内に懸架された1つ以上の補助的な支持特徴部を含むことができる。3次元物体のモデルに依存して変形する動作を実施することができ、かつ3次元物体はモデルから最大でも約50マイクロメートルだけ逸脱する。変形する動作は粉末材料の個々の粒子を融合することを含むことができる。融合することは、個々の粒子を焼結すること、または溶融することを含むことができる。硬化することは変形した材料を固化することを含むことができる。

【0085】

粉末材料は元素金属または金属合金を含むことができる。粉末材料をエンクロージャの中に位置することができる基部に隣接して提供することができる。一部の実施形態では、硬化した材料の少なくとも1つの層の形成に際して、3次元物体は基部に接触しない。

【0086】

別の態様では、粉体層内に懸架される3次元物体を生成するためのシステムは、粉体層を収容するエンクロージャであって、粉体層が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を含む、エンクロージャと、エネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源と、エネルギー源に動作可能に連結し、かつ(i)3次元物体の少なくとも一部分を生成する指示を受け、そして(ii)粉末材料の少なくとも一部分を、硬化した材料の少なくとも1つの層を3次元物体の一部として形成するために硬化する変形した材料へと変形するために指示に従って所定の経路に沿ってエネルギービームを向けるようにプログラムされたコントローラと、を備え、この3次元物体は粉体層内で懸架され、光学顕微鏡によって測定すると少なくとも1つの硬化した材料の層が少なくとも約50センチメートルの湾曲の半径を有し、かつ少なくとも1つの硬化した材料の層の形成に際して、粉体層が3次元物体を実質的に包囲する支持足場を欠いている。

【0087】

粉末材料をエンクロージャの中に位置することができる基部に隣接して配置することができる。一部の事例では、変形した材料を3次元物体へと硬化する際に、3次元物体が基部と接触しない。3次元物体は補助的な支持特徴部を欠いている可能性がある。支持足場は少なくとも約1ミリメートルを超えて延在してもよい。粉体層は3次元物体を実質的に包囲する支持足場を欠いている可能性がある。少なくとも1つの硬化した材料の層は共晶合金を形成する少なくとも2つの金属を欠いている可能性がある。エネルギービームは、電磁エネルギービーム、荷電粒子ビーム、または非荷電粒子ビームを含むことができる。エネルギービームは電磁エネルギービームを含むことができる。システムは粉体層から熱を取り除くためにヒートシンクをさらに備えてもよく、またエンクロージャ内でヒートシンクを配置することができる。一部の事例では、少なくとも1つの硬化した材料の層の形成に際して、少なくとも約30パーセントの熱除去がヒートシンクを使用する粉体層の頂部表面から発生する。一部の事例では、少なくとも1つの硬化した材料の層の形成に際して、少なくとも約20%、25%、30%、35%、40%、45%、50%、55%、60%、65%、70%、75%、80%、85%、90%、または95%の熱除去がヒートシンクを使用する粉体層の頂部表面から発生する。粉末材料は基部に隣接して配置することができ、エンクロージャ内に位置することができるヒートシンクは基部に接触しない。ヒートシンクを粉体層の露出した表面に隣接して配置することができる。ヒートシンクをエネルギー源から粉体層へと延在するエネルギービームの経路に沿って配置することができる。ヒートシンクを空隙によって粉体層から分離することができる。3次元物体の少なくとも一部分はモデルから最大でも合計25マイクロメートルおよび3次元物体の基本的な長さスケールの1/1000だけ逸脱する。硬化することは、変形した材料を固化させることを含むことができる。変形する動作は、粉末材料の部分にレーザー光のビームを向けることによって粉末材料の部分を選択的に変形することを含むことができる。シス

10

20

30

40

50

テムは、残りの部分にエネルギーを向けることによって、3次元物体の少なくとも一部分を形成するために融合しなかった粉末材料の残りの部分を加熱することをさらに含んでもよい。レーザービームを使用してエネルギーを向けることができる。粉末材料は、約500ナノメートル(nm)以下の粒子サイズの個々の粒子を含むことができる。3次元物体のモデルに対応する所定のパターンに従って変形を実施することができる。

【0088】

別の態様では、3次元物体を形成するための装置は、粉末払い出し部材から粉末払い出し部材に動作可能に連結した粉体層へと粉末材料の層を供給するようにプログラムされ、粉末材料は元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含み、かつ粉末材料の少なくとも一部分を3次元物体を作り出すために引き続いて硬化する変形した材料へと変形するためにエネルギー源から粉体層へエネルギービームを向けるようにプログラムされたコントローラを備え、3次元物体は補助的な支持特徴部を欠いており、光学顕微鏡によって測定すると3次元物体は少なくとも約50センチメートルの湾曲の半径を有する。

10

【0089】

別の態様では、3次元物体を生成するための装置は、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む粉末材料を含む粉体層を収容するエンクロージャと、3次元物体の少なくとも一部分を形成するためにエネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源とを備え、形成に際して3次元物体は補助的な支持特徴部を欠いており、光学顕微鏡によって測定すると3次元物体は少なくとも約50センチメートルの湾曲の半径を有する。

20

【0090】

別の態様では、補助的な支持特徴部を欠いている3次元物体を生成するための方法は、(a)粉体層をエンクロージャ内に提供することであって、粉体層が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を含む、ことと、(b)粉末材料の一部分を変形した材料へと変形することと、(c)補助的な支持特徴部を欠いている3次元物体を形成するために変形した材料を硬化することと、を含み、光学顕微鏡によって測定すると3次元物体は少なくとも約50センチメートルの湾曲の半径を有する。

【0091】

補助的な支持部は3次元物体を実質的に包囲する支持足場を備えることができる。支持足場は焼結した構造を備えることができる。3次元物体は約1メートル以上の湾曲の半径を有する。3次元物体は共晶合金を形成する少なくとも2つの金属を欠いている可能性がある。3次元物体は最大でも単一の元素金属組成物とすることができる金属を含むことができる。3次元物体は単一の金属合金組成物とすることができる金属合金を含むことができる。3次元物体は単一の材料組成物とすることができる。3次元物体の基本的な長さスケールは少なくとも約120マイクロメートルとすることができる。変形することは粉末材料の個々の粒子を融合することを含むことができる。融合することは、個々の粒子を焼結すること、または溶融することを含むことができる。硬化することは変形した材料を固化することを含むことができる。変形することは、粉末材料の部分に3次元物体のモデルに依存して生成することができる経路に沿ってエネルギービームを向けることを含むことができる。粉末材料をエンクロージャ内の基部に隣接して提供することができ、変形した材料を3次元物体へと硬化する際に、3次元物体は基部に接触しない可能性がある。

30

40

【0092】

別の態様では、補助的な支持特徴部を欠いている3次元物体を生成するためのシステムは、粉体層を収容するエンクロージャであって、粉体層が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を含む、エンクロージャと、エネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源と、エネルギー源に動作可能に連結し、かつ(i)3次元物体を生成するように指示を受け、(ii)粉末材料の部分を3次元物体を形成するために硬化する変形した材料へと変形するために指示に従って経路に沿ってエネルギービームを向けるようにプログラムされたコントローラとを含み、3次元物

50

体は補助的な支持特徴部を欠いており、かつ光学顕微鏡によって測定すると3次元物体は少なくとも約50センチメートルの湾曲の半径を有する。

【0093】

粉末材料はエンクロージャ内の基部に隣接して配置することができ、3次元物体は基部と接触しないようにすることができる。補助的な支持部は、3次元物体を実質的に包囲する支持足場を備えることができる。支持足場は焼結した構造とすることができる。3次元物体は約1メートル以上の湾曲の半径を有する。3次元物体は共晶合金を形成する少なくとも2つの金属を欠いている可能性がある。経路は3次元物体のモデルから生成することができる。システムは粉体層から熱を取り除くためにヒートシンクをさらに備えてもよく、またエンクロージャ内でヒートシンクを配置することができる。一部の実施形態では、変形した材料が3次元物体への硬化に際して、熱除去の少なくとも約30パーセントがヒートシンクを使用する粉体層の頂部表面から発生する。粉末材料は基部に隣接して配置することができ、ヒートシンクは基部に接触しない。ヒートシンクを粉体層の露出した表面に隣接して配置することができる。ヒートシンクをエネルギー源から粉体層へと延在するエネルギービームの経路に沿って配置することができる。ヒートシンクを空隙によって粉体層から分離することができる。

10

【0094】

別の態様では、3次元物体を生成するための方法は、(a)粉体層をエンクロージャ内に提供することであって、粉体層が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を含む、ことと、(b)粉末材料の一部を変形した材料へと変形することと、(c)3次元物体の一部として硬化した材料の少なくとも1つの層を形成するために変形した材料を硬化することであって、光学顕微鏡によって測定すると少なくとも1つの硬化した材料の層が少なくとも約50センチメートルの湾曲の半径を有し、かつXおよびYを3次元物体の表面上の点とすると、(i)半径XYの球に沿う3次元物体の表面が補助的な支持特徴部を欠いており、(ii)XとYとが少なくとも約2ミリメートルだけ離間しているとき、直線XYと少なくとも1つの硬化した材料の層の平均層化平面(N)に垂直な方向との間の鋭角が約45°~90°である、ことと、を含む。

20

【0095】

直線XYと少なくとも1つの硬化した材料の層のNに垂直な方向との間の鋭角は、XとYとが少なくとも約10.5ミリメートルだけ離間しているとき、約45°~90°とすることができる。直線XYと少なくとも1つの硬化した材料の層のNに垂直な方向との間の鋭角は、XとYとが少なくとも約40.5ミリメートルだけ離間しているとき、約45°~90°とすることができる。粉体層は3次元物体を実質的に包囲する支持足場を欠いている可能性がある。支持足場は焼結した構造を備えることができる。硬化した材料の少なくとも1つの層は少なくとも約1メートルの湾曲の半径を有してもよい。少なくとも1つの硬化した材料の層は共晶合金を形成する少なくとも2つの金属を欠いている可能性がある。少なくとも1つの硬化した材料の層は最大でも単一の元素金属組成物とすることができる金属を含むことができる。少なくとも1つの硬化した材料の層は、単一の金属合金組成物とすることができる金属合金を含むことができる。少なくとも1つの硬化した材料の層は単一の材料組成物の層とすることができる。方法は、(a)~(c)を繰り返すことをさらに含んでもよい。3次元物体の基本的な長さスケールは約120マイクロメートル以上とすることができる。3次元物体は補助的な支持特徴部を欠いている可能性がある。3次元物体は粉体層内に懸架された補助的な支持特徴部を含むことができる。直線XYとNに垂直な方向との間の鋭角は、約60°~約90°とすることができる(例えば、XとYとが少なくとも約2ミリメートルだけ離間しているとき)。変形することは粉末材料の個々の粒子を融合することを含むことができる。融合することは、個々の粒子を焼結すること、または溶融することを含むことができる。硬化することは変形した材料を固化することを含むことができる。粉末材料を変形することは、粉末材料の部分に3次元物体のモデルに依存して生成することができる経路に沿ってエネルギービームを向けることを含むことができる。3次元物体のモデルに依存して変形することを実施することができ、か

30

40

50

つ3次元物体はモデルから約50マイクロメートル以下だけ逸脱する。粉末材料をエンクロージャ内に位置することができる基部に隣接して配置することができる、かつ硬化した材料の少なくとも1つの層の形成に際して3次元物体が基部と接触しない可能性がある。方法は動作(a)~(c)を繰り返すことをさらに含んでもよく、以前に提供された粉末材料の層の上に引き続いて粉末材料の層を提供することができる。少なくとも3次元物体の一部を形成するために変形しなかった粉末材料の残りの部分は、約0.5ミリメートル以上にわたって延在する連続的な構造を欠いている可能性がある。方法は、3次元物体の少なくとも一部を形成するために変形しなかった粉末材料の残りの部分から、3次元物体の少なくとも一部分を分離することをさらに含んでもよい。エンクロージャ内でその上に粉末材料を配置することができる基部から、3次元物体および残りの部分を取り除いてもよい。少なくとも 10^{-6} Torrの圧力において動作(a)~(c)を実施してもよい。最大でも 10^{-1} Torr以上の圧力において動作(a)~(c)を実施してもよい。粉末材料は共晶合金を形成することができる比の2つ以上の金属を欠いている可能性がある。少なくとも3次元物体の一部を形成しなかった粉末材料の残りの部分は、約1ミリメートル以上にわたって延在する連続的な構造を欠いている可能性がある。少なくとも3次元物体の一部を形成しなかった粉末材料の残りの部分は、3次元物体を包囲する足場を欠いている可能性がある。材料の固相線温度を約400以下とすることができる。材料の液相線温度を約300以上にすることができる。一部の実施例では、動作(b)で焼結を除外して粉末材料を変形することができる。

【0096】

別の態様では、3次元物体を生成するためのシステムは、粉体層を収容するエンクロージャであって、粉体層が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を備えるエンクロージャと、エネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源と、エネルギー源に動作可能に連結し、かつ(i)3次元物体の少なくとも一部分を生成するように指示を受け、そして(ii)粉末材料の一部分を、硬化した材料の少なくとも1つの層を3次元物体の一部として形成するために硬化する変形した材料へと変形するための指示に従って経路に沿ってエネルギービームを向けるようにプログラムされたコントローラとを備え、光学顕微鏡によって測定すると少なくとも1つの硬化した材料の層が少なくとも約50センチメートルの湾曲の半径を有し、XおよびYは3次元物体の表面であり、(i)半径XYの球に沿った3次元物体の表面は補助的な支持特徴部を欠いており、かつ(ii)XおよびYが約2ミリメートル以上だけ離間しているとき、直線XYと少なくとも1つの硬化した材料の層の平均層化平面(N)に垂直な方向との間の鋭角が約45°~90°である。

【0097】

一部の実施形態では、硬化した材料の少なくとも1つの層の形成に際して、3次元物体を粉体層内で懸架することができる。一部の実施形態では、粉末材料をエンクロージャ内に位置することができる基部に隣接して配置することができる。一部の実施形態では、硬化した材料の少なくとも1つの層の形成に際して、3次元物体を基部と接触しないようにすることができる。一部の実施形態では、少なくとも1つの硬化した材料の層の形成に際して、粉体層は3次元物体を実質的に包囲する支持足場を欠いている可能性がある。支持足場は焼結した構造を備えることができる。硬化した材料の少なくとも1つの層は約1メートル以上の湾曲の半径を有する。エネルギービームは電磁粒子ビーム、荷電電子ビーム、または非荷電電子ビームを含むことができる。システムは粉体層から熱を取り除くためにヒートシンクをさらに備えてもよい。経路は3次元物体のモデルから生成することができる。

【0098】

別の態様では、3次元物体を生成するための方法は、(a)粉体層をエンクロージャ内に提供することであって、粉体層がセラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を含むことと、(b)粉末材料の一部分を変形した材料へと変形することと、(c)3次元物体の一部として少なくとも1つの硬化した材料の層を形成するために変形した材

10

20

30

40

50

料を硬化することであって、3次元物体が、(i) 3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、かつ(ii) 1つ以上の補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いている、ことと、を含む。

【0099】

別の態様では、3次元物体を生成するためのシステムは、粉体層を収容するエンクロージャであって、粉体層がセラミックまたは元素状炭素の同素体を有する粉末材料を含むエンクロージャと、エネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源と、エネルギー源に動作可能に連結し、かつ(i) 3次元物体の少なくとも一部分を生成する指示を受け、そして(ii) 指示に従って粉末材料の一部分を3次元物体の一部として硬化した材料の少なくとも1つの層を形成するために硬化する変形した材料へと変形するために所定の経路に沿ってエネルギービームを向けるようにプログラムされたコントローラと、を備え、3次元物体が(i) 3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、かつ(ii) 1つ以上の補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いている。

10

【0100】

別の態様では、3次元物体を生成するための方法は、(a) エンクロージャ内に粉体層を提供することであって、粉体層が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を含む、ことと(b) 粉末材料の一部分を変形した材料へと変形することと、(c) 3次元物体の一部として少なくとも1つの硬化した材料の層を形成するために変形した材料を硬化することと、を含み、光学顕微鏡によって測定すると少なくとも1つの硬化した材料の層が少なくとも約50センチメートルの湾曲の半径を有し、3次元物体が(i) 3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、かつ(ii) 2つの補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を含み、層状構造が層化平面を有し、2つの補助的な支持部または補助的な支持部の跡が少なくとも約40.5ミリメートル以上離間しており、2つの補助的な支持部または補助的な支持部の跡を結ぶ直線と層化平面に垂直な方向との間の鋭角が約45°~約90°である。

20

【0101】

別の態様では、3次元物体を生成するためのシステムは、粉体層を収容するエンクロージャであって、粉体層が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を含むエンクロージャと、エネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源と、エネルギー源に動作可能に連結し、かつ(i) 3次元物体の少なくとも一部分を生成するための指示を受け、そして(ii) 粉末材料の部分を3次元物体の一部として硬化した材料の少なくとも1つの層を形成するために硬化する変形した材料へと変形するために指示に従って所定の経路に沿ってエネルギービーム向けるようにプログラムされたコントローラとを備え、光学顕微鏡によって測定すると少なくとも1つの硬化した材料の層が少なくとも約50センチメートルの湾曲の半径を有し、3次元物体が(i) 3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(ii) 2つの補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を備え、層状構造が層化平面を有し、2つの補助的な支持特徴部または2つの補助的な支持部の跡が少なくとも約40.5ミリメートル以上離間しており、かつ2つの補助的な支持特徴部または補助的な支持部の跡を結ぶ直線と層化平面に垂直な方向との間の鋭角が約45°~約90°である。

30

40

【0102】

別の態様では、3次元物体を生成するための方法は、(a) エンクロージャ内に粉体層を提供することであって、粉体層が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を含むことと、(b) 粉末材料の一部分を変形した材料へと変形することと、(c) 3次元物体の一部として少なくとも1つの硬化した材料の層を形成するために変形した材料を硬化することと、を含み、光学顕微鏡によって測定すると少な

50

くとも1つの硬化した材料の層が少なくとも約50センチメートルの湾曲の半径を有し、3次元物体が、(i)3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(ii)補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持部の跡を備え、層状構造が層化平面を有し、Xが3次元物体の表面上に属する点であり、かつYがXに最も近い補助的な支持部の跡であり、YがXから少なくとも約10.5ミリメートル以上離間しており、半径XYの球が補助的な支持特徴部または補助的な支持部の跡を欠いており、直線XYと層化平面に垂直な方向との間の鋭角が約45°~約90°であり、かつ3次元物体が元素金属、金属合金、セラミックまたは元素状炭素の同素体を含む。

【0103】

10

別の態様では、3次元物体を生成するためのシステムは、粉体層を収容するエンクロージャであって、粉体層が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を備えるエンクロージャと、エネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源と、エネルギー源に動作可能に連結し、かつ(i)3次元物体の少なくとも一部分を生成するための指示を受け、そして(ii)指示に従って粉末材料の部分を3次元物体の一部として硬化した材料の少なくとも1つの層を形成するために硬化する変形した材料へと変形するために所定の経路に沿ってエネルギービーム向けるようにプログラムされたコントローラと、を備え、光学顕微鏡によって測定すると少なくとも1つの硬化した材料の層が少なくとも約50センチメートルの湾曲の半径を有し、3次元物体が(i)3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(ii)補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持部の跡を備え、層状構造が層化平面を有し、Xが3次元物体の表面上に属する点であり、かつYがXに最も近い補助的な支持部の跡であり、YがXから少なくとも約10.5ミリメートル以上離間しており、半径XYの球が補助的な支持特徴部または補助的な支持部の跡を欠いており、直線XYと層化平面に垂直な方向との間の鋭角が約45°~約90°であり、かつ3次元物体が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む。

20

【0104】

別の態様では、3次元物体を生成するための方法は、(a)エンクロージャ内に粉体層を提供することであって、粉体層が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を含む、ことと、(b)粉末材料の一部分を変形した材料へと変形することと、(c)3次元物体の一部として少なくとも1つの硬化した材料の層を形成するために変形した材料を硬化することと、を含み、光学顕微鏡によって測定すると少なくとも1つの硬化した材料の層が少なくとも約50センチメートルの湾曲の半径を有し、3次元物体が(i)3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(ii)少なくとも約1平方センチメートル(cm^2)の表面積を有する露出した層表面を有し、(iii)1つ以上の補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いており、かつ層の中に属する任意の2つの金属が共晶合金を形成する能力がない。

30

【0105】

40

別の態様では、3次元物体を生成するためのシステムは、粉体層を収容するエンクロージャであって、粉体層が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を含むエンクロージャと、エネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源と、エネルギー源に動作可能に連結し、かつ(i)3次元物体の少なくとも一部分を生成するために指示を受け、そして(ii)指示に従って、粉末材料の部分を3次元物体の一部として硬化した材料の少なくとも1つの層を形成するために硬化する変形した材料へと変形するために所定の経路に沿ってエネルギービーム向けるようにプログラムされたコントローラとを備え、光学顕微鏡によって測定すると少なくとも1つの硬化した材料の層が少なくとも約50センチメートルの湾曲の半径を有し、3次元物体が、(i)3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、

50

(i i) 少なくとも約 1 平方センチメートル (cm^2) の表面積を有する露出した層表面を有し、(i i i) 1 つ以上の補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いており、かつ層の中に属する任意の 2 つの金属が共晶合金を形成する能力がない。

【 0 1 0 6 】

別の態様では、3次元物体を生成するための方法は、(a) エンクロージャ内に粉体層を提供することであって、粉体層が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を含む、ことと、(b) 粉末材料の一部を変形した材料へと変形することと、(c) 3次元物体の一部として少なくとも 1 つの硬化した材料の層を形成するために変形した材料を硬化することと、を含み、光学顕微鏡によって測定すると少なくとも 1 つの硬化した材料の層が少なくとも約 50 センチメートルの湾曲の半径を有し、3次元物体が、(i) 3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(i i) 少なくとも約 1 平方センチメートル (cm^2) の表面積を有する露出した層表面を有し、(i i i) 1 つ以上の補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いており、かつ 3次元物体の各層が最大でも実質的に単一の元素金属を含む。

10

【 0 1 0 7 】

別の態様では、3次元物体を生成するためのシステムは、粉体層を収容するエンクロージャであって、粉体層が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を含むエンクロージャと、エネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源と、エネルギー源に動作可能に連結し、かつ(i) 3次元物体の少なくとも一部分を生成するための指示を受け、そして(i i) 指示に従って、粉末材料の一部を3次元物体の一部として硬化した材料の少なくとも 1 つの層を形成するために硬化する変形した材料へと変形するために所定の経路に沿ってエネルギービームを向けるようにプログラムされたコントローラと、を備え、3次元物体が、(i) 3次元印刷プロセスの間またはその後の層の除去を示す表面特徴部を欠いており、(i i) 少なくとも約 1 平方センチメートル (cm^2) の表面積を有する露出した層表面を有し、(i i i) 1 つ以上の補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いており、かつ 3次元物体の各層が最大でも実質的に単一の元素金属を含む。

20

30

【 0 1 0 8 】

少なくとも 1 つの硬化した材料の層は、光学顕微鏡によって測定すると少なくとも約 50 センチメートルの湾曲の半径を有してもよい。少なくとも 1 つの硬化した材料の層は、光学顕微鏡によって測定すると少なくとも約 50 センチメートルの湾曲の半径を有してもよい。

【 0 1 0 9 】

別の態様では、補助的な支持特徴部を欠いている 3次元物体を生成するための方法は、(a) エンクロージャ内に粉体層を提供することであって、粉体層が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を含む、ことと、(b) 粉末材料の一部を変形した材料へと変形することと、(c) 補助的な支持特徴部を欠いている 3次元物体を形成するために変形した材料を硬化することと、を含み、3次元物体は共晶合金を形成する少なくとも 2 つの金属を欠いている。

40

【 0 1 1 0 】

固化した材料は、設計された 3次元構造から最大でもほぼ 25 マイクロメートルと 3次元物体の基本的な長さスケールの千分の一との合計の偏差以内で形成することができる。固化した材料は、設計された 3次元構造から最大でもほぼ 25 マイクロメートルと 3次元物体の基本的な長さスケールの $1/2500$ 分の合計の偏差以内で形成することができる。動作 (a) ~ (c) を約 10^{-6} Torr より高い可能性がある圧力で実施することができる。動作 (a) ~ (c) を約 10^{-1} Torr 以上である可能性がある圧力で実施することができる。本明細書で開示される方法は、粉末材料から少なくとも 3次元物体の

50

一部を形成するために融合しない固化材料を取り除くことをさらに含む場合がある。

【0111】

別の態様では、補助的な支持特徴部を欠いている3次元物体を生成するためのシステムは、粉体層を収容するエンクロージャであって、粉体層が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を含む、エンクロージャと、エネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源と、エネルギー源に動作可能に連結し、かつ(i)3次元物体を生成する指示を受け、そして(ii)指示に従って、粉末材料の一部分を補助的な支持特徴部を欠いている3次元物体を形成するために硬化する変形した材料へと変形するために経路に沿ってエネルギービームを向けるようにプログラムされたコントローラと、を備え、かつ3次元物体は共晶合金を形成する少なくとも2つの金属を欠いている。

10

【0112】

補助的な支持部は3次元物体を包囲する足場を備えることができる。3次元物体は単一の元素金属組成物を含むことができる。3次元物体は元素金属を欠いている可能性がある。粉末材料は2つ以上の金属を欠いている可能性がある。3次元物体は2つ以上の金属を欠いている可能性がある。粉末材料は共晶合金を形成する比の2つ以上の金属を欠いている可能性がある。

【0113】

別の態様では、補助的な支持特徴部を欠いている3次元物体を生成するための方法は、(a)エンクロージャ内に粉体層を提供することであって、粉体層が、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を含む、ことと、(b)溶融材料を形成するために粉末材料の層の部分を少なくとも粉末材料の溶融温度まで加熱することであって、加熱の間、少なくとも溶融温度まで加熱されなかった粉末材料の残りの部分が粉末材料の焼結温度より低い温度になる、ことと、(c)補助的な支持特徴部を欠いている3次元物体の少なくとも一部を形成するために溶融材料を固化することと、を含み、3次元物体は共晶合金を形成する少なくとも2つの金属を欠いている。

20

【0114】

粉末材料は共晶合金を形成する2つ以上の金属を欠いている可能性がある。一部の事例では、少なくとも3次元物体の一部を形成するために融合および固化しなかった粉末材料の残りの部分は、約1ミリメートル以上にわたって延在する連続的な構造を欠いている可能性がある。一部の事例では、少なくとも3次元物体の一部を形成するために融合および固化しなかった粉末材料の残りの部分は、3次元物体を包囲する足場を欠いている可能性がある。方法は、(c)に引き続いて、層に隣接する追加的な粉末材料の層を提供することをさらに含んでもよい。方法は、動作(a)~(c)を繰り返すことをさらに含んでもよい。方法は、この部分および3次元物体の少なくとも一部分を形成するために溶融および固化しなかった粉末材料の残りの部分を冷却することをさらに含んでもよい。この部分および残りの部分を実質的に同一の速度で冷却してもよい。

30

【0115】

溶融温度を少なくとも約400以上とすることができ、焼結温度を最高でも約400以下とすることができ、溶融温度を少なくとも約400以上とすることができ、焼結温度を最高でも約300以下とすることができ、方法は、3次元物体の少なくとも一部分を形成するために融合および固化しなかった層の残りの部分をこの部分から分離することをさらに含んでもよい。方法は3次元物体を顧客に納品することをさらに含んでもよい。方法は3次元物体を包装することをさらに含んでもよい。

40

【0116】

別の態様では、補助的な支持特徴部を欠いている3次元物体を生成するためのシステムは、粉体層を収容するエンクロージャであって、粉体層が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を含むエンクロージャと、エネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源と、エネルギー源に動作可能に連結し、かつ、(i)3次元物体を生成する指示を受け、そして(ii)指示に従って、粉末材

50

料の一部を補助的な支持特徴部を欠いている 3次元物体へと固化する溶融材料へと加熱および溶融するために、経路に沿ってエネルギービームを向けるようにプログラムされたコントローラと、を備え、少なくとも溶融温度まで加熱されなかった粉末材料の残りの部分は粉末材料の焼結温度より低い温度であり、かつ 3次元物体は共晶合金を形成する少なくとも 2つの金属を欠いている。

【0117】

別の態様では、粉末材料を選択的に融合するための装置は、(a)粉末材料堆積デバイスからの部分層に対する粉末材料の層の提供を制御し、粉末材料は元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素を含み、(b)層の粉末材料の少なくとも一部分を融合するために放射の提供を制御し、(c)粒子材料堆積デバイスからの以前に融合した材料の部分を含む粒子材料の先行層を覆う追加的な粉末材料の層の提供を制御し、(d)覆っているさらなる層の中の材料のさらなる部分を融合し、かつ前記先行層内のさらなる部分を以前に融合した材料の部分と融合するための放射の提供を制御し(e)3次元物体を形成するために動作(c)および(d)の連続的な繰り返しを制御して、補助的な支持部なしに3次元物体が形成されるように構成されたコントローラを備える。

10

【0118】

別の態様では、3次元物体を生成するための方法は、(a)顧客から要求された3次元物体を生成するために要求を受けることであって、要求された3次元物体が、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む、ことと、(b)3次元物体のモデルに依存して生成された3次元物体を付加生成することと、(c)生成された3次元物体を顧客に納品することとを含み、補助特徴部を取り除くことなく動作(b)~(c)が実施され、生成された3次元物体が実質的に要求された3次元物体と同一である。

20

【0119】

生成された3次元物体は、最大でもほぼ25マイクロメートルと要求された3次元物体の基本的な長さスケールの1/1000倍との合計だけ要求された3次元物体から逸脱する可能性がある。生成された3次元物体は、最大でもほぼ25マイクロメートルと要求された3次元物体の基本的な長さスケールの1/2500倍との合計だけ要求された3次元物体から逸脱する可能性がある。

【0120】

別の態様では、3次元物体を形成するための装置は、粉末払い出し部材から粉末払い出し部材に動作可能に連結した粉体層へと粉末材料の層を供給するようにプログラムされ、粉末材料は元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含み、かつ粉末材料の少なくとも一部分を3次元物体を作り出すために引き続いて硬化する変形した材料へと変形するためにエネルギー源から粉体層へエネルギービームを向けるようにプログラムされたコントローラを備え、3次元物体は補助特徴部取り除くことなく顧客に納品され、生成された3次元物体は実質的に顧客によって要求された3次元物体と同一である。

30

【0121】

別の態様では、3次元物体を生成するための装置は、粉体層を収容するエンクロージャであって、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む粉末材料を含むエンクロージャと、3次元物体の少なくとも一部分を形成するためにエネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源とを備え、形成に際して、3次元物体は補助特徴部を取り除くことなく顧客に納品され、生成された3次元物体は実質的に顧客によって要求された3次元物体と同一である。

40

【0122】

別の態様では、3次元物体を生成するためのシステムは、粉体層を収容するエンクロージャであって、粉体層がセラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を含むエンクロージャと、エネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源と、エネルギー源に動作可能に連結し、かつ(i)顧客要求に依存する所望の3次元物体を生成するための指示を受け、そして(ii)指示に従って、生成された3次元物体の一部として粉末材料の一部分を硬化した材料の少なくとも1つの層を形成するために硬化する変

50

形した材料へと変形するために所定の経路に沿ってエネルギービームを向けるようにプログラムされたコントローラとを備え、生成された3次元物体が補助特徴部を取り除くことなく顧客に納品され、生成された3次元物体が実質的に要求された3次元物体と同一である。

【0123】

別の態様では、3次元物体を生成するための方法は、(a)顧客から要求された3次元物体の生成に対する要求を受けることとであって、要求された3次元物体が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む、ことと、(b)要求された3次元物体のモデルに依存して生成された3次元物体を付加生成することと、(c)生成された3次元物体を顧客に納品することと、を含み、動作(b)は補助特徴部の使用なくして実施され、3次元物体を形成しなかった粉末材料の残りの部分は生成された3次元物体を包囲する足場構造を欠いており、かつ生成された3次元物体は実質的に要求された3次元物体と同一である。

10

【0124】

粉末材料は少なくとも1つの共晶合金を形成することができる比の2つ以上の金属を欠いている可能性がある。要求は3次元物体のモデルを含む可能性がある。方法は3次元物体のモデルを生成することをさらに含んでもよい。モデルは3次元物体の代表物理モデルから生成することができる。方法は、3次元物体と引き換えに顧客から価値のある品物を受けることをさらに含んでもよい。3次元物体を3次元物体のモデルから最大でも約50マイクロメートルの偏差で付加生成することができる。生成された3次元物体は、要求された3次元物体から最大でもほぼ25マイクロメートルと要求された3次元物体の基本的な長さスケールの1/1000倍との合計だけ逸脱する場合がある。生成された3次元物体は、最大でもほぼ25マイクロメートルと要求された3次元物体の基本的な長さスケールの1/2500倍との合計だけ要求された3次元物体から逸脱する場合がある。動作(a)~(c)を、最大でも約2日以内することができる時間期間実施してもよい。動作(a)~(c)を、最大でも約1日以内とすることができる時間期間実施してもよい。動作(a)~(c)を、最大でも約6時間以内とすることができる時間期間実施してもよい。付加生成は、粉末材料を連続的に堆積することおよび融合することを含むことができる。設計は補助特徴部を欠くことができる。方法は、設計を3次元物体を生成するためにプロセスによって使用可能な指示へと変換することをさらに含んでもよい。動作(b)を反復および/または矯正印刷することなく実施することができる。顧客から要求を受けることができる。

20

30

【0125】

別の態様では、3次元物体を生成するためのシステムは、粉体層を収容するエンクロージャであって、粉体層が、セラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を含むエンクロージャと、エネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源と、エネルギー源に動作可能に連結し、かつ(i)顧客要求に依存して所望の3次元物体を生成するための指示を受け、そして(ii)指示に従って、補助特徴部を欠いている生成された3次元物体の一部として粉末材料の一部を硬化した材料の少なくとも1つの層を形成するために硬化する変形した材料へと変形するために所定の経路に沿ってエネルギービームを向けるようにプログラムされたコントローラと、を備え、3次元物体を形成しなかった粉末材料の残りの部分は生成された3次元物体を包囲する足場構造を欠いており、かつ生成された3次元物体は実質的に要求された3次元物体と同一である。

40

【0126】

別の態様では、3次元物体を生成するための方法は、(a)顧客から3次元物体の生成に対する要求を受けることとであって、3次元物体が、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む、ことと、(b)3次元物体のモデルに依存して3次元物体を付加生成することと、(c)3次元物体を顧客に納品することと、を含み、動作(a)~(c)は約72時間以下の時間期間実施され、かつ3次元物体はモデルから最大でもほぼ50マイクロメートルプラス3次元物体の基本的な長さスケールの1/1000倍

50

の偏差で付加生成される。

【0127】

要求には3次元物体のモデルを付随させることができる。方法は3次元物体のモデルを生成することをさらに含んでもよい。3次元物体をモデルから最大でもほぼ25マイクロメートルプラス3次元物体の基本的な長さスケールの1/1000倍の合計の偏差で付加生成することができる。3次元物体をモデルから最大でもほぼ25マイクロメートルプラス3次元物体の基本的な長さスケールの1/2500倍の合計の偏差で付加生成することができる。3次元物体をモデルから最大でも約50マイクロメートルの合計の偏差で付加生成することができる。3次元物体をモデルから最大でも約25マイクロメートルの合計の偏差で付加生成することができる。動作(a)~(c)を、最大でも約48時間以内とすることができる時間期間実施してもよい。動作(a)~(c)を、最大でも約24時間以内とすることができる時間期間実施してもよい。動作(a)~(c)を、最大でも約12時間以内とすることができる時間期間実施してもよい。動作(a)~(c)を、最大でも約6時間以内とすることができる時間期間実施してもよい。動作(a)~(c)を、最大でも約1時間以内とすることができる時間期間実施してもよい。付加生成は、粉末を連続的に堆積することおよび融合することを含むことができる。方法は、設計を3次元物体を付加生成するためにプロセッサによって使用可能な指示へと変換することをさらに含んでもよい。方法は、3次元物体と引き換えに顧客から価値のある品物を受けることをさらに含んでもよい。動作(b)を反復および/または矯正印刷することなく実施することができる。顧客から要求を受けることができる。

10

20

【0128】

別の態様では、3次元物体を形成するための装置は、(a)粉末払い出し部材から粉末払い出し部材に動作可能に連結した粉体層へと粉末材料の層を供給するようにプログラムされ、粉末材料は、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含み、粉体層はエンクロージャの中に配置され、エンクロージャ内の圧力は約 10^{-6} Torrより大きく、かつ(b)粉末材料の少なくとも一部分を約72時間以内の時間期間内に生成される3次元物体を作り出すために引き続いて硬化する変形した材料へと変形するためにエネルギー源から粉体層へエネルギービームを向けるようにプログラムされたコントローラを備え、3次元物体はモデルから最大でもほぼ50マイクロメートルプラス3次元物体の基本的な長さスケールの1/1000倍の合計の偏差で付加生成される。

30

【0129】

別の態様では、3次元物体を生成するための装置は、(a)元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む粉末材料を含む粉体層を収容するエンクロージャであって、エンクロージャ内の圧力は約 10^{-6} Torrより高い、エンクロージャと、(b)3次元物体の少なくとも一部分を形成するためにエネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源とを備え、形成に際して3次元物体が約72時間以内の時間期間内に生成され、3次元物体はモデルから最大でもほぼ50マイクロメートルプラス3次元物体の基本的な長さスケールの1/1000倍の合計の偏差で付加生成される。

【0130】

別の態様では、3次元物体を生成するためのシステムは、粉体層を収容するエンクロージャであって、粉体層が、セラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を備え、エンクロージャ内の圧力が約 10^{-6} Torrより高い、エンクロージャと、エネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源と、エネルギー源に動作可能に連結し、かつ(i)顧客要求に依存して3次元物体を生成する指示を受け、そして(ii)指示に従って、3次元物体の一部として粉末材料の一部分を硬化した材料の少なくとも1つの層を形成するために硬化する変形した材料へと変形するために所定の経路に沿ってエネルギービームを向けるようにプログラムされたコントローラと、を備え、3次元物体は約72時間以内である時間期間に生成され、3次元物体はモデルから最大でもほぼ50マイクロメートルプラス3次元物体の基本的な長さスケールの1/1000倍の合計の偏差で付加生成される。

40

50

【0131】

別の態様では、3次元物体を生成するための方法は、(a)顧客から3次元物体の生成に対する要求を受けることであって、3次元物体が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含むことと、(b)3次元物体のモデルに依存して3次元物体を付加生成することと、(c)3次元物体を顧客に納品することと、を含み、動作(b)は動作(a)の受けることから約12時間以内の時間期間内に実施され、かつ動作(b)は約 10^{-6} Torrより高い圧力で実施される。

【0132】

要求には3次元物体のモデル設計を付随させることができる。方法は3次元物体のモデル設計を生成することをさらに含んでもよい。3次元物体をモデルから最大でも約50マイクロメートル以下の偏差で付加生成することができる。方法は、設計を3次元物体を付加生成するためにプロセッサによって使用可能な指示へと変換することをさらに含んでもよい。方法は、3次元物体と引き換えに顧客から価値のある品物を受けることをさらに含んでもよい。動作(b)を約6時間以内とすることができる時間期間で実施することができる。動作(b)を約1時間以内とすることができる時間期間で実施することができる。圧力を少なくとも約 10^{-3} Torr以上とすることができる。圧力を少なくとも約1 Torr以上とすることができる。圧力を少なくとも約750 Torr以上とすることができる。動作(b)を反復および/または矯正印刷することなく実施することができる。顧客から要求を受けることができる。

10

【0133】

別の態様では、3次元物体を生成するためのシステムは粉体層を収容するエンクロージャであって、粉体層がセラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を含むエンクロージャと、エネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源と、エネルギー源に動作可能に連結し、かつ(i)顧客要求に依存して3次元物体を生成する指示を受け、そして(ii)最長でも約12時間以内に、指示に従って、3次元物体の一部として粉末材料の一部分を硬化した材料の少なくとも1つの層を形成するために硬化する変形した材料へと変形するために所定の経路に沿ってエネルギービームを向けるようにプログラムされたコントローラと、を備える。

20

【0134】

別の態様では、3次元物体を印刷するための方法は、(a)顧客から3次元物体の生成に対する要求を受けることであって、3次元物体が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含むことと、(b)要求された3次元物体のモデルに依存して3次元物体を付加生成することと、(c)3次元物体を顧客に納品することと、を含み、3次元物体は反復印刷および矯正印刷のうちの少なくとも1つを用いることなく生成される。

30

【0135】

動作(b)を反復を用いることなく、かつ矯正印刷することなく実施することができる。動作(b)を少なくとも約 10^{-6} Torr以上である圧力で実施することができる。3次元物体をモデルから最大でも約50マイクロメートル以下の偏差で付加生成することができる。方法は、設計を3次元物体を付加生成するためにプロセッサによって使用可能な指示へと変換することをさらに含んでもよい。方法は、3次元物体と引き換えに顧客から価値のある品物を受けることをさらに含んでもよい。一部の事例では、動作(b)では、3次元物体の形成は反復および矯正印刷を用いることなく完了に達する。顧客から要求を受けることができる。

40

【0136】

別の態様では、3次元物体を形成するための装置は、(a)粉末払い出し部材から粉末払い出し部材に動作可能に連結した粉体層へと粉末材料の層を供給するようにプログラムされ、粉末材料は、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含み、かつ(b)粉末材料の少なくとも一部分を反復印刷および矯正印刷のうちの少なくとも1つを用いることなく生成される3次元物体を作り出すために引き続いて硬化する変形し

50

た材料へと変形するためにエネルギー源から粉体層へエネルギービームを向けるようにプログラムされたコントローラを備える。

【0137】

別の態様では、3次元物体を生成するための装置は、(a)粉体層を収容するエンクロージャであって、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む粉末材料を含むエンクロージャと、(b)3次元物体の少なくとも一部分を形成するためにエネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源と、を備え、形成に際して3次元物体は反復印刷および矯正印刷のうちの少なくとも1つを用いることなく生成される。

【0138】

別の態様では、3次元物体を生成するためのシステムは、粉体層を収容するエンクロージャであって、粉体層がセラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を含むエンクロージャと、エネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源と、エネルギー源に動作可能に連結し、かつ(i)顧客要求に依存して3次元物体を生成する指示を受け、そして(ii)指示に従って、3次元物体の一部として粉末材料の一部分を硬化した材料の少なくとも1つの層を形成するために硬化する変形した材料へと変形するために所定の経路に沿ってエネルギービーム向けるようにプログラムされたコントローラと、を備え、3次元物体は反復印刷および矯正印刷のうちの少なくとも1つを用いることなく生成される。

【0139】

別の態様では、3次元物体を生成するための方法は、(a)提供することであって、粉末材料の層が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含むことと、(b)変形した材料を形成するために層内の粉末材料の少なくとも一部分を変形することと、(c)3次元物体の少なくとも一部分である硬化した材料を形成するために変形した材料を硬化することと、(d)動作(a)~(c)を所望により繰り返すことと、(e)最後の硬化する動作後30分以内の時間期間で3次元物体を形成しなかった粉末材料の残りの部分から生成された3次元物体を取り出すことと、を含む。

【0140】

一部の事例では、方法の間に3次元物体は1つ以上の補助特徴部を欠いている可能性がある。1つ以上の補助的な支持特徴部は3次元物体を包囲する足場を備えることができる。粉末材料は共晶合金を形成する2つ以上の金属を欠いている可能性がある。少なくとも3次元物体の一部を形成しなかった粉末材料の残りの部分は、約1ミリメートル以上にわたって延在する連続的な構造を欠いている可能性がある。3次元物体の取り扱い温度は最高でも約100以下とすることができる。取り扱い温度は最高でも約80以下とすることができる。

【0141】

別の態様では、3次元物体を生成するためのシステムは、粉体層を収容するエンクロージャであって、粉体層が、セラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を含むエンクロージャと、エネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源と、3次元物体を形成しなかった粉末材料の残りの部分から3次元物体を取り出す物体除去機構と、エネルギー源に動作可能に連結し、かつ(i)顧客要求に依存して3次元物体を生成する指示を受け、(ii)指示に従って、3次元物体の一部として粉末材料の一部分を硬化した材料の少なくとも1つの層を形成するために硬化する変形した材料へと変形するために所定の経路に沿ってエネルギービーム向け、(iii)3次元物体の生成から最長でも約30分以内に3次元物体を残りの部分から取り出すために物体除去機構を向けるようにプログラムされたコントローラとを備える。

【0142】

物体除去システムは閉塞可能なメッシュを備えることができる。物体除去システムはロボットアームを備えることができる。物体除去システムはコンベアを備えることができる。物体除去システムは回転開口を備えることができる。

10

20

30

40

50

【 0 1 4 3 】

別の態様では、粉体層の粉末材料の頂部表面を平準化するための装置は、粉末材料を含む粉体層を収容するエンクロージャと、3次元物体の少なくとも一部分を形成するためにエネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源であって、形成に際して少なくとも3次元物体の部分が粉体層内で懸架される、エネルギー源と、粉体層の頂部表面を平準化するための粉末平準化部材と、を備え、平準化部材は粉体層の上方に配置され、使用している間、粉末平準化部材は3次元物体の少なくとも一部分を300マイクロメートル以下だけ移す。

【 0 1 4 4 】

別の態様では、粉体層内に懸架される3次元物体を生成するための方法は、(a)粉体層を提供するために粉末材料をエンクロージャの中へと払い出すことであって、粉末材料が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含む、ことと、(b)粉末材料の一部分から3次元物体を生成することであって、生成に際して3次元物体が粉体層内で懸架される、ことと、(c)粉体層内で懸架される3次元物体が約300マイクロメートル以下変位するように粉体層の露出した表面を平準化するために平準化部材を使用することと、を備える。

【 0 1 4 5 】

生成することは付加生成することを含むことができる。粉体層は3次元物体を実質的に包囲する支持足場を欠いている可能性がある。一部の実施形態では、動作(c)では、3次元物体を約20マイクロメートル以下変位することができる。粉末材料は、共晶合金を形成する比で存在する少なくとも2つの金属を欠いている可能性がある。粉末材料は最大でも実質的に単一の元素金属組成物とすることができる金属を含むことができる。粉末材料は、単一の金属合金組成物とすることができる金属合金を含むことができる。3次元物体は平面状とすることができる。3次元物体はワイヤとすることができる。3次元物体は補助的な支持特徴部を欠いている可能性がある。3次元物体は粉体層内に懸架された補助的な支持特徴部を含むことができる。変形することを3次元物体の代表とすることができるモデルに依存して実施することができる。平準化機構はローラーを備えることができる。平準化機構はレーキを備えることができる。平準化機構を粉末払い出し器と同期させることができる。粉末払い出し器はエアナイフを備えることができる。粉末払い出し器は、粉末をこれを通して放出することができる開口を有する湾曲したチューブを備えることができる。粉末払い出し器はオーガースクリューを備えることができる。レーキは高さが異なる複数のブレードを有する。レーキは追加的な粉末材料の層上での接触角が異なる複数のブレードを有する。一部の事例では、(b)の前に少なくとも粉末層内の粉末の一区分を基板から取り除くことができる。時々、粉末リサイクリングシステムによって粉末層内の少なくとも粉末の一区分を収集することができる。粉末リサイクリングシステムによって収集された粉末の区分を再循環することができ、かつ粉末リサイクリングシステムによって収集された粉末の少なくとも一区分を動作(c)で払い出すことができる。平準化機構は、平準化機構を横切って分配された複数のニードルを含むことができる。複数のニードルのうちの各ニードルが粉末の異なる場所に接触するように、ニードルを平準化機構の上に配設することができる。複数のニードルは、頂部払い出し粉末払い出し器から払い出された粉末を平準化することができる。平準化機構は、ローラーを複数のニードルに隣接してさらに備えることができる。平準化機構の軸を横切ってニードルを分配することができる。平準化機構はブレードを含むことができる。平準化機構は、平準化機構の前方に位置付けられた粉末レベルを判定するように構成された粉末レベルセンサーを含むことができる。粉末レベルセンサーを光学センサーとすることができる。粉末レベルセンサーは、粉末レベルが所定の閾値より下方であることを粉末レベルセンサーが検出したときに粉末を払い出すように構成された粉末払い出しシステムと通信することができる。レーキは、その各々を粉末層または追加的な層の表面に対して斜めとすることができる一組のブレードを含むことができる。オーガースクリューからの粉末の払い出しをバルブによって制御することができる。レーキは滑らかなブレードを含むことができる。ローラーは粉末払

10

20

30

40

50

い出し器から払い出された粉末を平らにする場合がある。粉末払い出し器は頂部払い出し粉末払い出し器を備えることができる。ローラーの表面は少なくとも約0.5以上の静止摩擦係数を有する。ローラーはローラーを時計回り方向に強制的に回転するように構成された能動回転機構を備えてもよい。ローラーはローラーを反時計回り方向に強制的に回転するように構成された能動回転機構を備えてもよい。ローラーは、回転の間に複数の高さを有する平面化を可能にするように偏心した形状を備えていてもよい。ブレードは頂部払い出し粉末払い出し器から払い出された粉末を平準化してもよい。頂部払い出し機構は、粉末がこれを通して粉体層へと放出される振動するメッシュから成ることができる。振動を超音波トランスデューサーによって駆動することができる。振動を圧電素子によって駆動することができる。振動を偏心カムを有する回転モーターによって駆動することができる。

10

【0146】

別の態様では、粉体層内に懸架された3次元物体を生成するためのシステムは、粉体層を収容するエンクロージャであって、粉体層が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を含む、エンクロージャと、粉体層の露出した表面を平準化する平準化部材と、エネルギー源および平準化部材に動作可能に連結し、かつ(i) 3次元物体を生成する指示を受けるようにプログラムされ、(ii) 指示に従って粉末材料の一部分から3次元物体を生成するようにプログラムされ、生成の際に3次元物体が粉体層内で懸架され、(iii) 粉体層の露出した表面を平準化するように平準化部材に命令するようにプログラムされたコントローラと、を備え、粉体層内で懸架される3次元物体は約300マイクロメートル以下変位する。

20

【0147】

一部の実施形態では、3次元物体の生成に際して、粉体層は3次元物体を実質的に包囲する支持足場を欠いている可能性がある。システムは粉末材料をエンクロージャの中へと提供する粉末払い出し器をさらに含んでもよい。平準化機構を粉末払い出し器に連結することができる。粉末払い出し器を粉体層に隣接して配置することができ、かつ粉末払い出し器は粉体層に面する粉末払い出し器の底部部分とは異なる場所に位置付けることができる出口開口を有する。出口開口を粉末払い出し器の側面に位置付けることができる。側面は、粉体層に面していないまたは粉体層と反対側の方向に面していない粉末払い出し器の一部分とすることができる。出口開口はメッシュを備えることができる。コントローラを粉末払い出し器に動作可能に連結し、かつ粉末払い出し器によってエンクロージャの中へ払い出すことができる粉末材料の量を制御するようにプログラムすることができる。コントローラは、粉末払い出し器に動作可能に連結し、かつ粉末払い出し器の位置を制御するようにプログラムすることができる。粉末払い出し器を移動可能にすることができる。システムは粉末払い出し器に動作可能に連結した1つ以上の機械的部材をさらに備えてもよく、1つ以上の機械的部材粉末払い出し器を振動させる。コントローラを1つ以上の機械的部材に動作可能に連結することができる。コントローラは、粉末払い出し器によってエンクロージャ内へと払い出すことができる粉末材料の量を調整するために1つ以上の機械的部材を制御するようにプログラムすることができる。コントローラは、平準化部材の位置を制御するようにプログラムすることができ、平準化部材を移動可能とすることができる。コントローラは、平準化部材によって粉末材料上に及ぼされる力または圧力を制御するようにプログラムすることができる。平準化部材は粉体層から過剰な粉末材料を取り除く除去ユニットを備えることができる。除去ユニットは、真空源、磁力源、電気力源、または静電気力源を含んでもよい。除去ユニットは、過剰な粉末材料を収容する貯留槽を備えることができる。除去ユニットは過剰な粉末材料を粉体層から取り除くために1つ以上の陰圧源を備えることができる。コントローラは、除去ユニットを使用した過剰な粉末材料の除去を命令するようにプログラムすることができる。平準化部材はナイフを含むことができる。

30

40

【0148】

別の態様では、生成する3次元物体を取り除くための装置は(a) 元素金属、金属合金

50

、セラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を含む粉体層を収容するエンクロージャであって、使用している間、粉末材料の少なくとも一部分が3次元物体を形成するために引き続いて硬化する変形した材料へと変形される、エンクロージャと、(b)エンクロージャ内に置かれた基部と、を備え、使用している間粉末材料が基部に隣接して置かれ、基部が(i)閉塞のとき、メッシュが粉末材料または3次元物体のいずれもメッシュの通過を許容せず、また(ii)非閉塞のとき、メッシュが粉末材料の少なくとも一部の通過を許容し、3次元物体のメッシュの通過を防止するように、少なくとも閉塞位置および非閉塞位置で動作可能であるメッシュと、を備える。

【0149】

別の態様では、3次元物体を生成するための装置は、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を含む粉体層を収容するエンクロージャと、エンクロージャの中に配置される基部と、を備え、基部に隣接して粉末材料が配置され、基部は、非閉塞のときメッシュが粉末材料の少なくとも一部分が通過して流れることと、3次元物体が通過して流れるのを防止することとの両方を許容するタイプである閉塞可能なメッシュを備える。一部の実施形態では、非閉塞にされることは、基部の位置(例えば、垂直位置または水平位置)を変更することを含むことができる。一部の実施形態では、非閉塞にされることは、基部の位置を変更することを含まない。

【0150】

別の態様では、3次元物体を生成するためのシステムは、粉体層を収容するエンクロージャであって、粉体層が元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を有する粉末材料を含むエンクロージャと、エネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源と、粉体層に隣接して配置される基部であって、基部が閉塞または非閉塞に交互になる閉塞可能なメッシュを備え、(i)閉塞可能なメッシュが閉塞のとき、粉末材料がメッシュを通過して流れず、また(ii)閉塞可能なメッシュ非閉塞のとき、粉末材料の少なくとも一部分はメッシュを通過して流れるが、3次元物体はメッシュを通過して流れるのを防止される、基部と、エネルギー源に動作可能に連結し、かつ(i)3次元物体の少なくとも一部分を生成するように指示を受け、(ii)指示に従って、3次元物体の一部として粉末材料の一部分を硬化した材料の少なくとも1つの層を形成するために硬化する変形した材料へと変形するためにエネルギービームを経路に沿って向け、(iii)メッシュを非閉塞にするようにメッシュ閉塞デバイスに命令するようにプログラムされたコントローラと、を備える。閉塞可能なメッシュ、または閉塞可能なメッシュに隣接するメッシュ閉塞デバイスの位置を変更することによって、閉塞可能なメッシュを非閉塞にすることができる。メッシュ閉塞デバイスは、閉塞可能なメッシュを閉塞する垂直位置または水平位置と、閉塞可能なメッシュを非閉塞にする別の垂直位置または水平位置とに交互になる、移動可能な平面とすることができる。基部は、閉塞可能なメッシュを閉塞する垂直位置または水平位置と、閉塞可能なメッシュを非閉塞にする別の垂直位置または水平位置とに交互になることができる。

【0151】

別の態様では、3次元物体を生成するための方法は、(a)粉末材料の層を基部に隣接して払い出すことであって、メッシュが非閉塞のとき基部が粉末の少なくとも一部分が通過して流れるのを許容するメッシュを備える、ことと、(b)粉末材料の一部分を変形した材料へと変形することと、(c)3次元物体の少なくとも一部分である硬化した材料を提供するために変形した材料を硬化することと、(d)少なくとも3次元物体の部分を形成しない粉末材料の残りの部分から硬化した材料を取り出すためにメッシュを非閉塞にすることと、を含む。

【0152】

硬化した材料の取り出しに際して、硬化した材料は基部の下方に配置される基板の上に載せられてもよい。硬化した材料の取り出しに際して、残りのものは硬化した材料から除去されてもよい。非閉塞することは粉末材料に対してメッシュを移動することを含んでもよい。非閉塞することは基部に対してメッシュを移動することを含んでもよい。メッシュ

10

20

30

40

50

の表面は、表面に接続された1つ以上のポストを引っ張ることによって粉末材料に対して移動されてもよい。1つ以上のポストは、ネジ接続によって基部の縁部から取り外し可能であってもよい。一部の実施形態では、硬化することは、変形した材料を冷却して硬化した材料を作り出すために、冷却気体を変形した材料に向けることを含む。

【0153】

別の態様では、粉体層内に懸架される3次元物体を生成するための方法は、(a)粉体層を提供するために粉末材料をエンクロージャの中に払い出すことであって、粉体層が頂部表面を備える、ことと、(b)粉末材料を硬化した材料を引き続いて形成する変形した材料へと変形することによって粉末材料の一部分から3次元物体を生成することであって、粉体層の頂部表面から硬化した材料が突出し、粉体層内で硬化した材料が移動可能である、ことと、(c)粉体層の頂部表面上に粉末材料の層を付加することと、を含み、付加することは硬化した材料を約300マイクロメートル以下だけ移し、粉末材料の層の頂部表面は実質的に平面状である。

10

【0154】

別の態様では、粉末材料から3次元物体を生成するための方法は、(a)粉体層を提供するために粉末材料をエンクロージャの中に払い出すことであって、粉体層が頂部表面を備える、ことと、(b)粉末材料を硬化した材料を引き続いて形成する変形した材料へと変形するエネルギー源からのエネルギービームを使用することであって、粉体層の頂部表面から硬化した材料が突出し、粉体層内で硬化した材料が移動可能である、ことと、(c)硬化した材料が約300マイクロメートル以下変位するように、粉体層の頂部表面上に粉末材料の層を払い出すことと、を含み、粉末材料の層を払い出す際に、粉体層の頂部表面は実質的に平面状である。

20

【0155】

硬化した材料は3次元物体の少なくとも一部分とすることができる。少なくとも3次元物体の一部分は、歪み、反り、膨らみ、巻き、曲がり、丸まり、または球状化を含む可能性がある。(c)の払い出すことは、粉体層の頂部表面上に粉末材料の層を堆積するために粉末払い出し部材を使用することをさらに含むことができる。(c)の払い出すことは、過剰な粉末材料を刈り取ることによって粉体層の頂部表面を平準化するために粉末平準化部材を使用することをさらに含むことができる。(c)の払い出すことは、粉末材料の層に接触することなく過剰な粉末材料を除去するために、粉末除去部材を使用することをさらに含むことができる。3次元物体を粉体層内に懸架することができる。3次元物体は補助的な支持特徴部を欠いている可能性がある。補助的な支持特徴部は、3次元物体を実質的に包囲する足場を備える。3次元物体は粉体層内に懸架された補助的な支持特徴部を含むことができる。粉末材料は、共晶合金を形成する比で存在する少なくとも2つの金属を欠いている可能性がある。粉末払い出し機構がエンクロージャ内に1列の粉末材料を払い出すことを完了した後、平準化を実施することができる。粉末払い出し機構がエンクロージャ内に粉末材料の層の一部分を払い出すことを完了した後、平準化を実施することができる。粉末払い出し機構がエンクロージャ内に粉末材料の層を払い出すことを完了した後、平準化を実施することができる。粉末払い出し機構はエンクロージャ長さの少なくとも一部に及ぶことができる。粉末払い出し機構はエンクロージャの全長に及ぶことができる。粉末払い出し機構はエンクロージャ幅の少なくとも一部に及ぶ可能性がある。粉末払い出し機構はエンクロージャの全に及ぶことができる。粉末払い出し機構は、粉末材料をこれを通して払い出し機構の外に払い出すことができるメッシュを含むことができる。粉末払い出し機構は、粉末払い出し機構の中に保持された粉末材料がメッシュを通して粉末払い出し機構の外へ払い出されるのを防止する、メッシュの位置を含むことができる。粉末払い出し機構は、粉末払い出し機構の中に保持された粉末材料がメッシュを通して粉末払い出し機構から払い出されるのを許容する、メッシュの位置を含むことができる。メッシュの位置は、粉末払い出し機構からメッシュを通して払い出される粉末材料の量を決定する場合がある。粉末払い出し機構は、粉末払い出し機構の中に保持された粉末材料がメッシュを通して粉末払い出し機構の外に払い出されるのを防止するメッシュの第1の位置

30

40

50

および粉末払い出し機構の中に保持された粉末材料がメッシュを通して粉末払い出し機構から払い出されるのを容認するメッシュの第2の位置を含むことができる。第1の位置と第2の位置との間で粉末払い出し機構が交互になる速度は、粉末材料の少なくとも1つの払い出しパラメータを変更する場合がある。払い出しパラメータにはエンクロージャ内の粉末分配の均質性を含むことができる。払い出しパラメータにはメッシュから払い出された粉末の量を含むことができる。メッシュが第1の位置または第2の位置になっていることができる時間の量の割合は、粉末払い出し機構から払い出される粉末材料の量を決定する場合がある。メッシュが第1の位置と第2の位置との間で交互になる時間の量の割合は、エンクロージャ内で粉末払い出し機構から払い出される粉末材料によって覆われる面積を決定する場合がある。粉末払い出し機構は、粉末払い出し機構に連結された制御機構をさらに備えることができる。制御機構は払い出される粉末の量を調整する場合がある。制御機構は粉末払い出し機構の位置を制御する場合がある。制御は自動または手動とすることができる。制御機構はメッシュの位置を制御してもよい。制御機構は払い出し機構によって払い出された粉末材料の量を検知するセンサーを備えることができる。制御機構はエンクロージャ内に蓄積した粉末材料の量を検知するセンサーを備えることができる。制御機構はエンクロージャ内の位置に蓄積した粉末材料の量を検知するセンサーを備えることができる。平準化機構によって平準化を実施することができる。平準化機構は、ローラー円柱、レーキ、ブラシ、ナイフ、またはへらを備える平準化支援を備えることができる。平準化支援の移動は、前方移動、後方移動、側方移動、または角度を有する移動を含むことができる。平準化支援の移動は横方向移動を含むことができる。平準化機構はエンクロージャ長さの少なくとも一部に及ぶことができる。平準化機構はエンクロージャの全長に及ぶことができる。平準化機構はエンクロージャ幅の少なくとも一部に及ぶことができる。平準化機構はエンクロージャの全幅に及ぶことができる。平準化機構は平準化支援に連結された制御機構をさらに備えることができる。制御機構はエンクロージャ内の粉末材料のレベルを検知するセンサーを備えることができる。平準化支援はローラー円柱を備えることができる。ローラー円柱は円柱の長軸に垂直な位置で時計回りまたは反時計回りに回転してもよい。ローラー円柱は平準化支援の横方向移動の方向または平準化支援の横方向移動と反対の方向で回転してもよい。払い出すことは、粉末払い出し機構内の粉末材料の少なくとも一部を振動することを含むことができる。払い出すことは、粉末材料がこれを通して粉末払い出し機構から出る開口の少なくとも一部を振動することを含むことができる。平準化は堆積された粉末材料の層内のまたは層の下の物体を最大でも20マイクロメートルだけ移す場合がある。転移は水平転移とすることができる。平準化はブレードを利用することを含む場合がある。平準化機構は第1の方向に移動する間に粉末材料の層を平準化する場合がある。平準化は第1の方向にブレードを移動することを含むことができる。平準化することは、ブレードを第1の方向と反対の方向に移動することを含むことができる。

【0156】

別の態様では、3次元物体を生成するためのシステムは、粉末材料を含む粉体層を収容するエンクロージャであって、粉体層が頂部表面を備えるエンクロージャと、エネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源と、エンクロージャ内または粉体層の頂部表面上に粉末材料を提供する層払い出し機構と、エネルギー源および層払い出し機構に動作可能に連結し、かつ(i)3次元物体を生成する指示を受けるようにプログラムされ、(ii)指示に従って、粉末材料を硬化した材料を引き続いて形成する変形した材料へと変形するためにエネルギービームを使用するようにプログラムされ、硬化した材料が粉体層の頂部表面から突出し、材料が硬化した粉体層の中で移動可能であり、(iii)硬化した材料が約300マイクロメートル以下変位するように、粉体層の頂部表面上に粉末材料の層を払い出すように層払い出し機構に命令するようにプログラムされたコントローラと、を備え、払い出された粉末材料の層の表面は実質的に平面状である。

【0157】

硬化した材料は3次元物体の少なくとも一部分とすることができる。層払い出し機構は

10

20

30

40

50

、粉末材料を提供する粉末払い出し部材を備えることができる。コントローラを、粉末払い出し部材に動作可能に連結することができ、かつエンクロージャ内の粉体層の頂部表面上に粉末材料の層を払い出すように粉末払い出し部材に命令するようにプログラムすることができる。層払い出し機構は粉体層の頂部表面に接触することなく粉体層の頂部表面を平準化する粉末平準化部材を備えることができる。コントローラを粉末平準化部材に動作可能に連結し、かつ粉体層の頂部表面を平準化するように粉末平準化部材に命令するようにプログラムすることができる。粉末平準化部材が粉体層の頂部表面から過剰な粉末材料を刈り取ってもよい。粉末平準化部材は、粉体層内の別の位置に過剰な粉末材料を移すことなく粉体層の頂部表面を平準化してもよい。粉末平準化部材は過剰な粉末材料を刈り取るナイフを備えることができる。層払い出し機構は、粉体層の頂部表面に接触することなく過剰な粉末材料を粉体層の頂部表面から取り除く粉末除去部材を備えることができる。コントローラを粉末除去部材に動作可能に連結し、かつ過剰な粉末材料を頂部表面から取り除くように粉末除去部材に命令するようにプログラムすることができる。粉末除去部材は、真空源、磁力発生装置、静電気力発生装置、電気力発生装置、または物理的力発生装置を備えることができる。粉末平準化部材を粉末除去部材に連結することができる。粉末除去部材を粉末払い出し部材に連結することができる。過剰な粉末材料は粉末払い出し部材によって再使用可能とすることができる。粉末払い出し部材を粉体層に隣接して配置することができる。粉末払い出し部材は、粉体層の頂部表面に面する粉末払い出し部材の底部とは異なる可能性がある場所に位置付けることができる出口開口を備えることができる。出口開口を粉末払い出し機構の側面部分に位置付けることができる。側面は、粉体層の頂部表面に面していない、または粉体層の頂部表面と反対側の方向に面していないものであってもよい粉末払い出し機構の一部とすることができる。コントローラは、粉末払い出し部材によって払い出すことができる粉末材料の量を調整してもよい。システムは、粉末払い出し部材に動作可能に連結された1つ以上の機械的部材をさらに備えてもよい。1つ以上の機械的部材は粉末払い出し部材を振動させてもよい。コントローラを1つ以上の機械的部材に動作可能に連結することができる。コントローラは、粉末払い出し部材によってエンクロージャ内へと払い出すことができる粉末材料の量を調整するために1つ以上の機械的部材を制御するようにプログラムすることができる。粉末払い出し部材を粉体層の頂部表面に隣接して位置付けすることができ、かつ空隙によって粉体層の頂部表面から分離することができる。粉末払い出し部材は気体流を備えることができる。粉末払い出し部材は空気流を備えることができる。粉末払い出し部材は振動器を含むことができる。コントローラを振動器に動作可能に連結し、かつ振動器を調整することができる。コントローラは振動器の振幅を調整してもよい。コントローラは振動器の振動周波数を調整してもよい。コントローラは、粉末払い出し部材によって放出される材料の量を調整してもよい。コントローラは粉末払い出し部材によって払い出される粉末の割合を調整してもよい。コントローラは粉末払い出し部材によって払い出される粉末の速度を調整してもよい。コントローラは粉末払い出し部材の位置を調整してもよい。位置は垂直位置とすることができる。位置は水平位置とすることができる。コントローラは層払い出し機構の位置を調整してもよい。位置は垂直位置とすることができる。位置は水平位置とすることができる。コントローラは層払い出し機構によって形成された粉末層の高さを調整してもよい。平準化部材はブレードをさらに備えることができる。コントローラを、ブレードに動作可能に連結することができ、かつブレードの移動速度を調整してもよい。コントローラを、ブレードに動作可能に連結することができ、かつブレードの位置を調整してもよい。位置は垂直位置とすることができる。位置は水平位置とすることができる。

【0158】

別の態様では、粉体層の粉末材料の頂部表面を平準化するための装置は、粉末材料を含む粉体層を収容するエンクロージャと、粉体層内で移動可能な3次元物体の少なくとも一部分を形成するためにエネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源と、実質的に平面状である粉末材料の層を払い出すための層払い出し機構と、を備え、使用している間、層払い出し機構は3次元物体の少なくとも一部分を300マイクロメートル

以下だけ移す。

【0159】

別の態様では、3次元物体の形成のために粉末材料を平準化するための装置は、(a) 3次元物体がその中に生成される粉体層内の過剰な粉末材料を刈り取る粉末平準化部材と、(b) 過剰な粉末材料を取り除く粉末除去部材と、を備え、粉末除去部材は粉末平準化部材に連結され、平準化機構は3次元物体を最大でも300マイクロメートル移すことができる。

【0160】

3次元物体を粉末材料内に懸架することができる。粉末材料は約1ミリメートル以上にわたって延在する連続的な構造を欠いている可能性がある。粉末材料は3次元物体を包囲する足場を欠いている可能性がある。粉末材料は少なくとも1つの共晶合金を形成することができる比の2つ以上の金属を欠いている可能性がある。平準化機構は、粉末材料内に懸架することができる物体を最大で20マイクロメートルだけ移すことができる可能性がある。装置は、粉末平準化部材および粉末除去部材のうちの少なくとも1つに連結される移動部材(例えば、移す部材)をさらに備えることができる。並進移動部材は、粉体層の水平断面の少なくとも一部分を含むことができる水平経路に沿って粉末払い出し器を並進移動してもよい。平準化機構は粉末材料をエンクロージャの中へと払い出す粉末払い出し部材に接続することができる。3次元物体は補助的な支持部を欠いている可能性がある。物体は補助的な支持部を含むことができる。

【0161】

別の態様では、3次元物体の形成のために粉末材料を払い出すための装置は、(a) 粉末材料を収容する粉末貯留槽と、(b) 粉末材料がこれを通して粉体層へと装置を出ることができる出口開口であって、装置が重力を使用する粉末材料の自由落下を促進し、装置が粉体層の上方に懸架され、かつ粉体層の露出した表面から空隙によって分離され、出口開口が装置の底部とは異なる装置の面の上に置かれた、出口開口と、(c) 貯留槽に連結される並進移動部材であって、並進移動部材が水平経路および/または垂直経路に沿って粉末払い出し器を並進移動し、水平経路が粉体層の水平断面の中の経路を含み、垂直経路が空隙の中の経路を含む、並進移動部材と、(d) 出口開口の中に置かれた妨害物であって、妨害物が出口開口を通して払い出される粉末量を調整する、妨害物と、を備える。

【0162】

出口開口を装置の側面上に置くことができる。装置は、球以外の形状とすることができる。装置の形状を楕円体以外とすることができる。装置の底部は、基板に面する、装置の第1の傾斜した基板に面する底部平面を含むことができる。第1の傾斜した底部平面は、第1の方向で基板の平均表面に平行な平面と第1の鋭角を形成する。一部の実施形態では、装置の任意の追加的な傾斜した底部平面は、第1の方向で基板の平均表面に平行な平面と第2の鋭角を形成してもよい。第1の傾斜した底部平面は、第1の方向で基板の平均表面に平行な平面と第1の鋭角を形成してもよい。一部の実施形態では、装置の任意の所望による追加的な傾斜した底部平面は、第1の方向と反対の方向で基板の平均表面に平行な平面と第2の鋭角を形成する。追加的な傾斜した底部平面を空隙によって出口開口から分離することができる。空隙は垂直空隙とすることができる。空隙は水平空隙とすることができる。空隙は垂直空隙と水平空隙との両方とすることができる。妨害物はメッシュを含むことができる。メッシュは、装置内の粉末材料が装置を出るのを許容する孔を備えることができる。メッシュ内の孔は、少なくとも約50マイクロメートルで最大でも約1ミリメートルの基本的な長さスケールを有してもよい。粉末材料は、平均の基本的な長さスケールが少なくとも約25マイクロメートルで最大でも約45マイクロメートルの粒子を含むことができる。妨害物はブレードを含むことができる。妨害物はブレードとメッシュとの両方を含むことができる。ブレードはドクターブレードとすることができる。装置は振動器を含むことができる。装置は振動器の列を含むことができる。振動器の列は、線形パターンで配設されてもよい。振動器の列は、線に沿って配設されてもよい。振動器の列は、開口に沿って配設されてもよい。振動器はモーターを備えることができる。粉末材料は

、振動器の動作に際して装置を出てもよい。振動器は、少なくとも約200ヘルツの周波数で振動を生成する場合がある。振動器は振動を少なくとも重力(G)の約7倍の振幅で生成する場合がある。装置は、水平方向で粉体層の一方の側面から粉体層のもう一方の側面まで進むことができる場合がある。装置は平準化部材をさらに備えることができる。装置を平準化部材へと接続することができる。平準化部材はブレードを備えることができる。ブレードは凹面を備えることができる。ブレードは先細りの底部平面を備えることができる。先細りの底部平面は粉末材料の平均頂部表面と鋭角を形成する。ブレードは適応型マウンティングを備えることができる。適応型マウンティングはブレードが垂直に移動するのを許容する。適応型マウンティングは、物体に直面するとき、ブレードが垂直に移動するのを許容する。適応型マウンティングは、3次元物体の少なくとも一部に直面するとき、ブレードが垂直に移動するのを許容する。基板に隣接して堆積された粉末材料の層を平準化する上で凹面を利用することができる。凹面は基板に面してもよい。凹面は傾斜することができる。装置の垂直位置は調節可能とすることができる。ブレードの垂直位置は調節可能とすることができる。装置は粉末材料を収容する能力を有するバルク貯留槽をさらに備えてもよい。

10

【0163】

別の態様では、3次元物体を生成するための方法は、(a)粉末払い出し機構を使用して粉体層を提供するために粉末材料の層を払い出すことであって、粉末払い出し機構が、(i)粉末材料を収容する粉末貯留槽と、(ii)粉末材料がこれを通して粉体層へと装置を出ることができる出口開口であって、装置が重力を使用する粉末材料の自由落下を促進し、装置が粉体層の上方に懸架され、かつ空隙によって粉体層の露出した表面から分離され、出口開口が装置の底部とは異なる装置の面上に置かれる、出口開口と、(iii)貯留槽に連結される並進移動部材であって、並進移動部材が粉末払い出し器を水平経路および/または垂直経路に沿って並進移動し、水平経路が粉体層の水平断面内の経路を含み、垂直経路が空隙内の経路を含む、並進移動部材と、(iv)出口開口の中に置かれた妨害物であって、妨害物が出口開口を通して払い出される粉末の量を調整する、妨害物と、を備える、ことと、(b)粉体層の露出した表面を平準化することと、(c)粉末材料の少なくとも一部分から3次元物体の少なくとも一部分を生成することと、を含む方法。

20

【0164】

別の態様では、3次元物体を生成するためのシステムは、粉体層を収容するエンクロージャと、(a)粉末材料にエネルギービームを提供し、これによって粉末材料を引き続いて硬化して硬化した材料を形成する変形した材料へと変形するエネルギー源であって、硬化した材料が少なくとも3次元物体の一部を形成する場合がある、エネルギー源と、粉末材料を粉体層へと払い出す粉末払い出し部材であって、(i)粉末材料を収容する粉末貯留槽と、(ii)これを通して粉末材料が装置から粉体層へと出ることができる出口開口であって、装置が重力を使用する粉末材料の自由落下を促進し、装置が粉体層の上方に懸架され、かつ空隙によって粉体層の露出した表面から分離され、出口開口が装置の底部とは異なる装置の面上に置かれる、出口開口と、(iii)貯留槽に連結される並進移動部材であって、並進移動部材が粉末払い出し器を水平経路および/または垂直経路に沿って並進移動し、水平経路が粉体層の水平断面内の経路を含み、垂直経路が空隙内の経路を含む、並進移動部材と、(iv)出口開口の中に置かれた妨害物であって、妨害物が出口開口を通過して払い出される粉末の量を調整する、妨害物と、を備える粉末払い出し部材と、(b)粉体層の露出した表面を平準化する粉末平準化部材と、(c)粉末払い出し部材、粉末平準化部材、および粉末除去部材に動作可能に連結し、かつ、(i)第1の頂部表面を有する粉末材料の第1層を粉体層の中へと払い出すように粉末払い出し器に命令し、(ii)3次元物体の少なくとも一部を生成するように指示を受け、(iii)指示に従って粉末材料の一部分から3次元物体の少なくとも一部を生成し、(iv)第1の頂部表面に隣接して第2の頂部表面を有する粉末材料の第2層を払い出すように粉末払い出し器に命令し、(v)第2の頂部表面を第2の頂部表面の最も低い点において、またはその下方で第1の平面状の表面に平準化するように粉末平準化部材に命令するようにプログラムさ

30

40

50

れたコントローラと、を備える。

【0165】

別の態様では、3次元物体を生成するための方法は、(a)第1の頂部表面を有する粉体層を提供するために粉末材料の第1層をエンクロージャ内に払い出すことと、(b)第1層の少なくとも一部分から3次元物体の少なくとも一部分を生成するために粉末材料の第1層にエネルギービームを向けることと、(c)少なくとも3次元物体の部分を生成することに引き続いて、粉末材料の第2層をエンクロージャ内に払い出すことと、粉末材料の第2層が第2の頂部表面を備える、ことと、(d)第1の平面状の表面を形成するために粉末材料の第2層を刈り取ることであり、第1の平面状の表面が第2の頂部表面の最も低い点においてまたはその下方にある、ことと、(e)第2の平面状の表面の上方にある実質的にすべての粉末材料を粉末材料の第2層から取り除くことと、を含み、第2の平面状の表面は第1の平面状の表面の下方に位置付けられ、取り除くことは粉体層に接触していないときに生じる。

10

【0166】

生成することが、粉末材料を変形して引き続いて硬化して硬化した材料を形成する変形した材料を生成することを含むことができ、硬化した材料の少なくとも一部分は第1の頂部表面から突出し、ひいては突出部を形成する。突出部を3次元物体の少なくとも一部分とすることができる。突出部は、硬化した材料の歪み、曲がり、膨らみ、巻き、丸まり、または球状化を含むことができる。突出部は3次元物体の一部でない可能性がある硬化した材料を含むことができる。突出部は第1の頂部表面に対して約10マイクロメートル～約500マイクロメートルの高さを有してもよい。一部の実施形態では、第1の頂部表面から第2の平面状の表面までの平均垂直距離は約5マイクロメートル～約1000マイクロメートルとすることができる。第1の頂部表面から第1の平面状の表面までの平均垂直距離は約10マイクロメートル～約500マイクロメートルとすることができる。取り除くことは、真空吸込み、磁力、静電気力、電気力、または物理的力を使用することを含むことができる。一部の実施例では、取り除くことは真空吸込みを含むことができる。方法は第1層および/または第2層からの過剰な粉末材料を再使用することをさらに含んでもよい。第2の平面状の表面を第1の頂部表面の上方に置くことができる。重力を使用して粉末材料の第1層を払い出すことができる。粉末材料を移す気体流を使用して粉末材料の第1層を払い出すことができる。空気流は約0.001～約1のマッハ数を有する速度で進む。一部の実施形態では、第1の平面状の表面を形成するための粉末材料の第2層の刈り取りに際し、少なくとも3次元物体の一部分を約300マイクロメートル以下変位することができる。

20

30

【0167】

別の態様では、3次元物体を生成するためのシステムは、粉末材料を含む粉体層を収容するエンクロージャと、エネルギービームを粉体層内の粉末材料に提供するエネルギー源と、粉体層を提供するために粉末材料をエンクロージャの中へと払い出す粉末払い出し部材と、粉体層の頂部表面を平準化する粉末平準化部材と、頂部表面に接触することなく粉体層の頂部表面から粉末材料を取り除く粉末除去部材と、エネルギー源、粉末払い出し部材、粉末平準化部材、および粉末除去部材に動作可能に連結したコントローラであり、コントローラが、(i)第1の頂部表面を有する粉体層を提供するためにエンクロージャ内に粉末材料の第1層を払い出すように粉末払い出し部材に命令するようにプログラムされ、(ii)第1層の一部分から3次元物体の少なくとも一部分を生成するためにエネルギー源から粉末材料の第1層へとエネルギービームを向けるようにプログラムされ、(iii)エンクロージャ内に粉末材料の第2層を払い出すように粉末払い出し部材に命令するようにプログラムされ、粉末材料の第2層は第2の頂部表面を備え、(iv)第1の平面状の表面を形成するために粉末材料の第2層を刈り取るように粉末平準化部材に命令するようにプログラムされ、第1の平面状の表面は第2の頂部表面の最も低い点においてまたはその下方にあり、(v)粉末材料の第2層から第2の平面状の表面の上方にある実質的にすべての粉末材料を取り除くように粉末除去部材に命令するようにプログラムされた

40

50

、コントローラと、を備え、第2の平面状の表面は第1の平面状の表面の下方に位置付けられる。

【0168】

エネルギー源は、粉末材料にエネルギービームを提供することができ、これによって粉末材料を引き続いて硬化して硬化した材料を形成する変形した材料へと変形し、硬化した材料は3次元物体の少なくとも一部を形成する場合がある。第2の平面状の表面を第1の頂部表面の上方に配置することができる。一部の実施形態では、粉末平準化部材の第1の平面状の表面を形成するための粉末材料の第2層の刈り取りに際し、少なくとも3次元物体の一部分を約300マイクロメートル以下変位することができる。粉末払い出し部材を粉体層の露出した表面から空隙によって分離することができる。空隙は、約10マイクロメートル～約50ミリメートルとすることができる分離距離（例えば、垂直分離距離）を有してもよい。一部の実施形態では、粉末材料が粉末払い出し部材からエンクロージャの環境へ出て粉体層の方向へ進むと、少なくとも1つの妨害物に遭遇する。一部の実施例では、動作の間に、粉末払い出し部材は、少なくとも1つの妨害物を含む経路に沿って粉体層と連通（例えば、流体連通）することができる。妨害物は粗い表面を含むことができる。妨害物は粉体層の頂部表面と角度を形成する傾斜した表面を備えることができる。粉末除去部材は粉末払い出し除去部材として粉末払い出し部材と統合することができる。粉末払い出し除去部材は1つ以上の粉末出口ポートおよび1つ以上の真空入口ポートを備えることができる。粉末払い出し除去部材は1つ以上の粉末出口および1つ以上の真空入口を備えることができる。粉末払い出し除去部材は1つ以上の粉末出口ポートを備えることができ、また1つ以上の真空入口ポートは代替的に配設される。粉末払い出し除去部材は1つ以上の粉末出口ポートを備えることができ、また1つ以上の真空入口ポートは逐次的に動作する。粉末払い出し除去部材は逐次的に動作する1つ以上の粉末出口および1つ以上の真空入口を備えることができる。粉末除去部材は真空ノズルを備えることができる。

10

20

【0169】

別の態様では、3次元物体を形成するための装置は、(a)粉末払い出し部材から粉末払い出し部材に動作可能に連結した粉体層へと粉末材料の第1層を供給するようにプログラムされ、第1層は第1の頂部表面を備え、(b)粉末材料の少なくとも一部分を3次元物体の少なくとも一部分を作り出すために引き続いて硬化する変形した材料へと変形するためにエネルギー源から粉体層へエネルギービームを向けるようにプログラムされ、(c)3次元物体の少なくとも一部分を作り出すことに引き続いて、粉末払い出し部材から粉末払い出し部材に動作可能に連結した粉体層へと粉末材料の第2層を供給するようにプログラムされ、粉末材料の第2層は第2の頂部表面を備え、(d)第2の平面状の表面の上方の実質的にすべての粉末材料を粉末材料の第2層から取り除くように粉末平準化部材に動作可能に連結した粉末除去部材に命令するようにプログラムされたコントローラを含み、第2の平面状の表面は第1の平面状の表面の下方に位置付けられ、取り除くことは粉体層に接触していないときに生じる。

30

【0170】

別の態様では、3次元物体を生成するための装置は、(a)粉末材料を含む粉体層と、(b)所定の量の粉末材料を粉体層内の位置に払い出す粉末払い出し器であって、粉末払い出し器が粉体層の上方に配置され、かつ粉体層から空隙によって分離される粉末払い出し器と、(c)粉体層内で過剰な量の粉末材料を異なる位置の上へと再位置付けすることなく粉末材料を粉体層内で平準化するように構成された平準化機構と、を備え、平準化機構は粉体層の上方でかつ粉末払い出し器に横方向に隣接して位置付けられる。

40

【0171】

平準化機構はナイフを備えることができる。平準化機構は刈り取りを実施するナイフを備えることができる。平準化機構は、過剰な粉末材料を吸い込む吸込みデバイスを備えることができる。平準化機構は、過剰な粉末材料を収集するデバイスを備えることができる。平準化機構は、過剰な粉末材料を粉体層から取り除くためのデバイスを備えることができる。

50

【0172】

別の態様では、3次元物体を形成するための装置は、(a)粉末払い出し機構から粉末払い出し部材に動作可能に連結した粉体層へと粉末材料の第1層を供給するようにプログラムされ、(b)粉末材料の少なくとも一部分を3次元物体を作り出すために引き続いて硬化する変形した材料へと変形するためにエネルギー源から粉体層へエネルギービームを向けるようにプログラムされ、(c)粉末払い出し部材から粉体層へと粉末材料の第2層を供給するようにプログラムされ、第2層は第1層に隣接して配置され、(d)粉体層の露出した表面を平準化するように粉末払い出し部材に動作可能に連結した粉末平準化機構に命令するようにプログラムされたコントローラを備え、平準化することは、過剰な量の粉末材料を粉体層内の異なる位置上へ再位置付けすることなく、過剰な粉末材料を取り除くことを含む。

10

【0173】

別の態様では、3次元物体を生成するための方法は、(a)粉体層を提供するためにエンクロージャ内に粉末材料の第1層を提供することと、(b)粉末材料の少なくとも一部分から3次元物体の少なくとも一部分を生成することと、(c)粉末材料の第2層を粉体層の上へと払い出すこととあって、粉末材料の第2層が露出した表面を備える、ことと、(d)露出した表面を平準化することと、を含み、平準化することは、過剰な量の粉末材料を粉体層内の異なる位置上へと再位置付けすることなく過剰な粉末材料を取り除くことを含む。

20

【0174】

別の態様では、3次元物体を生成するためのシステムは、粉体層を収容するエンクロージャと、エネルギービームを粉末材料へ提供し、これによって粉末材料を引き続いて硬化して硬化した材料を形成する変形した材料へと変形するエネルギー源とあって、硬化した材料が3次元物体の少なくとも一部を形成する場合がある、エネルギー源と、粉末材料を粉体層内へと払い出す粉末払い出し部材と、過剰な量の粉末材料を粉体層内の異なる位置上へと再位置付けすることなく粉体層の露出した表面を平準化する粉末平準化部材と、エネルギー源、粉末払い出し部材、粉末平準化部材、および粉末除去部材に動作可能に連結し、かつ(i)粉末材料の第1層を粉体層の中へと払い出すように粉末払い出し器に命令し、(ii)3次元物体の少なくとも一部を生成するように指示を受け、(iii)指示に従って粉末材料の一部分から3次元物体の少なくとも一部を生成し、(iv)露出した表面を有する粉末材料の第2層を払い出すように粉末払い出し器に命令し、(v)露出した表面を平準化するように粉末平準化部材に命令するようにプログラムされたコントローラと、を備える。

30

【0175】

本開示の追加的な態様および有利点は、本開示の例示的な実施形態のみが示されかつ記述されている、以下の発明を実施するための形態から当業者には容易に明らかになるであろう。気付くであろうように、本開示は、すべて本開示から逸脱することなく、その他の実施形態および異なる実施形態を含むことができ、かつそのいくつかの詳細は様々な明らかな関連する修正を含むことができる。したがって、図面および記述は、限定的なものではなく、例示的な性質のものに見なされる。

40

【0176】

参照による組み込み

本明細書で述べられているすべての出版物、特許、および特許出願は、あたかも各個別の出版物、特許、または特許出願が参照により組み込まれているように具体的かつ個別に示されているのと同じの程度で参照により本明細書に組み込まれる。

【0177】

本発明の新規な特徴が添付の特許請求の範囲で具体的に説明される。発明の原理が利用されている例示的な実施形態を説明する以下の「発明を実施するための形態」、および添付の図面または図(本明細書では「図#」または「図#~#」とも)を参照することによって、本発明の特徴および有利点のより良好な理解が得られるであろう。

50

【図面の簡単な説明】

【0178】

【図1】図1は、3次元(3D)印刷システムおよびその構成要素の概略図を図示する。

【図2】図2は、3D印刷システムで提供される冷却部材の概略図を図示する。

【図3】図3は、3D印刷プロセスにおける単一の固化された層の形成の詳細図を図示する。

【図4】図4は、粉末層または粉末層の群の温度時間履歴のグラフを示す。

【図5】図5は、主エネルギー源および相補的エネルギー源によって加熱される粉体層の体積を概略的に図示する。

【図6】図6は、3D印刷プロセスの単一の層に対するタイムラインを図示する。 10

【図7】図7は、3D印刷プロセスを説明するフローチャートを図示する。

【図8】図8は、3D物体の形成を促進するようにプログラムされた、または別の方法で構成されたコンピュータ制御システムを概略的に図示する。

【図9】図9は、粉末層の平面的均一性を維持するために使用されてもよい3次元(3D)印刷システムの選択した構成要素の概略図を図示する。

【図10】図10Aは、基板の上へと粉末を堆積するためのエアナイフを概略的に図示する。図10Bは、基板の上へと粉末を堆積するための湾曲したチューブを概略的に図示する。

【図11】図11は、粉末内の3D物体を阻害することなく基板に沿って粉末を押し、広げる、および/または平準化するためのレーキを図示する。 20

【図12】図12A~図12Fは、粉末材料を広げるためおよび/または平準化するための様々な機構の垂直側面断面を概略的に図示する。

【図13】図13A~図13Dは、粉末材料を払い出すための様々な機構の垂直側面断面を概略的に図示する。

【図14】図14A~図14Dは、粉末材料を広げるためおよび平準化するための様々な機構の垂直側面断面を概略的に図示する。

【図15】図15は、平準化機構および粉末払い出し器の垂直側面断面を概略的に図示する。

【図16】図16A~図16Dは、粉末材料を払い出すための様々な機構の垂直側面断面を概略的に図示する。 30

【図17】図17は、粉末材料を払い出すための様々な機構の垂直側面断面を概略的に図示する。

【図18】図18A~図18Dは、粉末材料を払い出すための様々な機構の垂直側面断面を概略的に図示する。

【図19】図19A~図19Dは、粉末材料を払い出すための様々な機構の垂直側面断面を概略的に図示する。

【図20】図20は、先細りの底部を有するナイフの垂直側面断面を概略的に図示する。

【図21】図21Aは、粉末材料の層の平準化の前の粉末材料の層内の露出した金属平面を図示する。図21Bは、本明細書に記述される平準化機構を使用する平準化の後の、図21Aの平面上に堆積した粉末材料の層の粉末材料の層内の露出した金属平面を図示する。 40

【図22】図22は、本明細書に記述されるロールの垂直側面断面を概略的に図示する。

【図23】図23は、本明細書に記述される粉末除去システム(例えば、吸込みデバイス)の垂直側面断面を概略的に図示する。

【図24】図24は、粉末材料を広げ、平準化し、かつ取り除くための機構の垂直側面断面を概略的に図示する。

【図25】図25A~図25Cは、粉末材料を取り除くための様々な機構の底面図を概略的に図示する。

【図26】図26A~図26Dは、粉末材料の層を払い出し、かつ平準化するための方法での逐次的段階を概略的に図示する。 50

【図27】図27A～図27Dは、本明細書に記述される様々な粉末払い出し部材の垂直側面断面を概略的に図示する。

【図28】図28は、本明細書に記述される粉末払い出し部材の垂直側面断面を概略的に図示する。

【0179】

この中の図面および構成要素は実寸に比例して描かれていない場合がある。本明細書に記述される図面の様々な構成要素は実寸に比例して描かれていない場合がある。

【発明を実施するための形態】

【0180】

本発明の様々な実施形態を示し、かつ本明細書に記述してきたが、かかる実施形態が単に例示としてのみ提供されていることが当業者には明らかであろう。当業者には本発明から逸脱することなく、多数の変動、変化、および代用が生じる場合がある。本明細書に記述される本発明の実施形態に対する様々な代替を採用してもよいことを理解するべきである。

10

【0181】

3次元印刷（「3D印刷」とも）は一般に3D物体を生成するためのプロセスを指す。例えば、3D印刷は、制御された様式（例えば、自動制御下）で3D構造を形成するための材料層の逐次的な付加または材料層もしくは材料層の部分の結合を指す場合がある。3D印刷プロセスでは、3D物体の少なくとも一部を形成するために堆積された材料を融合、焼結、溶融、連結、または別の方法で接続することができる。融合、焼結、溶融、結合、または別の方法で材料を接続することを、本明細書では材料（例えば、粉末材料）を変形することと総称する。材料を融合することは、材料を溶融または焼結することを含む場合がある。結合することは化学結合することを含むことができる。化学結合は共有結合を含むことができる。3D印刷の例としては、付加印刷（例えば、1層ごとの印刷、または付加製造）が挙げられる。3D印刷は除去印刷（subtractive printing）をさらに含む。

20

【0182】

材料は、元素金属、金属合金、セラミック、または元素状炭素の同素体を含んでもよい。元素状炭素の同素体は、非晶質炭素、グラファイト、グラフェン、ダイヤモンド、またはフラーレンを含んでもよい。フラーレンは、球状、楕円体状、線形、および管状フラーレンから成る群から選択されてもよい。フラーレンは、バッキーボールまたはカーボンナノチューブを含んでもよい。一部の実施形態では、材料は、有機材料（例えば、ポリマーまたは樹脂）を含んでもよい。材料は、固体または液体を含んでもよい。固体材料は粉末材料を含んでもよい。粉末材料は、コーティング（例えば、有機材料（例えば、プラスチックコーティング）などの有機コーティング）によってコーティングされていてもよい。材料は砂を含んでもよい。液体材料は、リアクタ、小胞、または液滴内へと区画化されてもよい。区画化された材料は1つ以上の層内に区画化されてもよい。材料は少なくとも2つの材料を含んでもよい。第2の材料は強化材料（例えば、ファイバーを形成するもの）とすることができる。強化材料は、炭素繊維、Kevlar（登録商標）、Twaron（登録商標）、超高分子量ポリエチレン、またはガラス繊維を含んでもよい。材料は粉末（例えば、粒状材料）またはワイヤを含むことができる。

30

40

【0183】

3D印刷手法は、押出、ワイヤ、粒状、積層、光重合、または粉体層およびインクジェットヘッド3D印刷を含むことができる。押出3D印刷は、ロボキャストリング（robocasting）、熱溶解積層法（FDM）、またはフューズドフィラメントファブリケーション（fused filament fabrication）（FFF）を含むことができる。ワイヤ3D印刷は、電子ビーム自由形態製造（electron beam freeform fabrication）（EBF3）を含むことができる。粒状3D印刷は、直接金属レーザー焼結法（DMLS）、電子溶融（EBM）、選択的レーザー溶融法（SLM）、選択的熱焼結法（SHS）、または選択的レーザー焼結法（SLB）を含むことができる。粉体層およびインクジェットヘッド3D印刷は石

50

膏3D印刷(PP)を含むことができる。積層3D印刷は、薄膜積層法(LOM)を含むことができる。光重合3D印刷は、ステレオリソグラフィ(SLA)、デジタルライトプロセッシング(DLP)、または薄膜積層法(LOM)を含むことができる。

【0184】

3次元印刷手法は、半導体デバイス製造で従来使用された方法(例えば、蒸着、エッチング、アニーリング、マスキング、または分子ビームエピタキシー)とは異なる場合がある。一部の事例では、3D印刷は、1つ以上の半導体デバイス製造で従来使用された方法である印刷手法をさらに含んでもよい。3D印刷手法は、化学蒸着、物理蒸着、または電気化学蒸着などの蒸着法とは異なる可能性がある。一部の事例では、3D印刷は、蒸着法をさらに含んでもよい。

10

【0185】

印刷した3D物体の基本的な長さスケール(例えば、直径、球相当径、境界円の直径、または最大高さ、最大幅、および最大長さ)を少なくとも約50マイクロメートル(μm)、80 μm 、100 μm 、120 μm 、150 μm 、170 μm 、200 μm 、230 μm 、250 μm 、270 μm 、300 μm 、400 μm 、500 μm 、600 μm 、700 μm 、800 μm 、1ミリメートル(mm)、1.5mm、2mm、5mm、1センチメートル(cm)、1.5cm、2cm、10cm、20cm、30cm、40cm、50cm、60cm、70cm、80cm、90cm、1m、2m、3m、4m、5m、10m、50m、80m、または100mとすることができる。印刷した3D物体の基本的な長さスケールは、最大でも約1000m、500m、100m、80m、50m、10m、5m、4m、3m、2m、1m、90cm、80cm、60cm、50cm、40cm、30cm、20cm、10cm、または5cmとすることができる。一部の事例では、印刷した3D物体の基本的な長さスケールは任意の前述の基本的な長さスケールの間であってもよい。例えば、印刷した3D物体の基本的な長さスケールは約50 μm ~約1000m、約120 μm ~約1000m、約120 μm ~約10m、約200 μm ~約1m、約150 μm ~約10mとしてもよい。

20

【0186】

本明細書で使用される場合、「粉末」という用語は、一般に細かい粒子を有する固体を指す。粉末は「粒子材料」とも称される場合がある。粉末は粒状材料であってもよい。一部の事例では、粉末は、少なくとも約5ナノメートル(nm)、10nm、20nm、30nm、40nm、50nm、100nm、200nm、300nm、400nm、500nm、1 μm 、5、10 μm 、15 μm 、20 μm 、35 μm 、30 μm 、40 μm 、45 μm 、50 μm 、55 μm 、60 μm 、65 μm 、70 μm 、75 μm 、80 μm 、または100 μm の平均基本的長さスケール(例えば、直径、球相当径、境界円の直径、または最大高さ、最大幅、および最大長さ)を有する粒子である。粉末を含む粒子は、最大でも約100 μm 、80 μm 、75 μm 、70 μm 、65 μm 、60 μm 、55 μm 、50 μm 、45 μm 、40 μm 、35 μm 、30 μm 、25 μm 、20 μm 、15 μm 、10 μm 、5 μm 、1 μm 、500nm、400nm、300nm、200nm、100nm、50nm、40nm、30nm、20nm、10nm、または5nmの平均基本的長さスケールを有してもよい。一部の事例では、粉末は上方に列挙した平均粒子基本的長さスケールのいずれかの値の間の平均基本的長さスケールを有してもよい。例えば、粒子の平均基本的長さスケールは、約5nm~約100 μm 、約1 μm ~約100 μm 、約15 μm ~約45 μm 、約5 μm ~約80 μm 、約20 μm ~約80 μm 、または約50nm~約50 μm であってもよい。

30

40

【0187】

粉末は個々の粒子から成ることができる。粒子は、球状、楕円体状、角柱状、立方体状、または不規則な形状とすることができる。粒子は基本的な長さスケールを有することができる。粉末は均質な形状の粒子混合物から成ることができ、すべての粒子は実質的に同一の形状で、かつ基本的な長さスケールの分布が最大でも1%、5%、8%、10%、15%、20%、25%、30%、35%、40%、50%、60%、または70%以内の

50

基本的な長さスケールの程度である。一部の事例では、粉末は異質の混合物とすることができ、粒子は変動可能な形状および/または基本的な長さスケールの程度を有する。

【0188】

本明細書で使用される場合、「基部」という用語は、一般に3D物体を形成するために使用される材料がその上に定置される任意の被加工物を指す。3D物体は基部の上に直接的に形成されてもよく、基部から直接的に形成されてもよく、または基部に隣接して直接的に形成されてもよい。3D物体は、基部の上方に形成されてもよい。一部の事例では、3D物体は基部に接触しない。3D物体は、基部に隣接(例えば、上方に)して懸架されてもよい。時々、基部は基板の上またはエンクロージャの底部の上に配置される場合がある。基板は、エンクロージャ(例えば、チャンバ)内に配置されてもよい。エンクロージャは、元素金属、金属合金(例えば、ステンレス鋼)、セラミック、または元素状炭素の同素体などの様々なタイプの材料で形成された1つ以上の壁を有することができる。エンクロージャは、円、三角形、正方形、長方形、またはその部分的な形状、またはその組み合わせなどの様々な断面の形状を有することができる。エンクロージャは、断熱されていてもよい。エンクロージャは、断熱を備えてもよい。エンクロージャはシールリップ(例えば、可撓性シールリップ)を備えてもよい。シールリップは断熱を提供する場合がある。シールリップは環境(例えば、気体)絶縁を提供する場合がある。エンクロージャは、開放頂部を備えてもよい。エンクロージャは、開放側面または開放底部を備えてもよい。基部は、元素金属、金属合金、セラミック、炭素の同素体、またはポリマーを含んでもよい。基部は、石、ゼオライト、粘土、またはガラスを含むことができる。元素金属は、鉄、モリブデン、タングステン、銅、アルミニウム、金、銀、またはチタンを含むことができる。金属合金は、鋼(例えば、ステンレス鋼)を含んでもよい。セラミック材料は、アルミナを含んでもよい。基部は、ケイ素、ゲルマニウム、シリカ、サファイア、酸化亜鉛、炭素(例えば、グラファイト、グラフェン、ダイヤモンド、非晶質炭素、炭素繊維、カーボンナノチューブ、またはフラーレン)、SiC、AlN、GaN、スピネル、コーティングしたケイ素、酸化物上のケイ素、酸化物上の炭化ケイ素、窒化ガリウム、窒化インジウム、二酸化チタン、窒化アルミニウムを含むことができる。一部の事例では、基部はサセプタ(すなわち、電磁エネルギーを吸収して、これを熱に変換することができる材料)を備える。基部、基板、および/またはエンクロージャは、固定または並進移動可能とすることができる。

10

20

30

【0189】

一部の実施例では、粉末材料、基部、または粉末と基部との両方は、材料を含むことができ、その構成物質(例えば、原子)はそれらの外殻電子を容易に失い、結果として電子の流動自在なクラウドがそれらのそうでなければ固体である配設の中にもたらされる。一部の実施例では、粉末、基部、または粉末と基部との両方は、高い電気伝導率、低い電気抵抗率、熱伝導度、または高い密度を有することで特徴付けられる材料を含む。高い電気伝導率は少なくとも約 1×10^5 ジーメンズ毎メートル(S/m)、 5×10^5 S/m、 1×10^6 S/m、 5×10^6 S/m、 1×10^7 S/m、 5×10^7 S/m、または 1×10^8 S/mとすることができる。記号「*」は数学的演算「かける」を示す。高い電気伝導率は、約 1×10^5 S/m ~ 約 1×10^8 S/mとすることができる。低い電気抵抗率は最大でも約 1×10^{-5} オームかけるメートル(*m)、 5×10^{-6} *m、 1×10^{-6} *m、 5×10^{-7} *m、 1×10^{-7} *m、 5×10^{-8} 、または 1×10^{-8} *mであってもよい。低い電気抵抗率は、約 1×10^{-5} *m ~ 約 1×10^{-8} *mとすることができる。高い熱伝導度は、少なくとも約20ワット毎メートル毎ケルビン(W/MK)、50W/MK、100W/MK、150W/MK、200W/MK、205W/MK、300W/MK、350W/MK、400W/MK、450W/MK、500W/MK、550W/MK、600W/MK、700W/MK、800W/MK、900W/MK、または1000W/MKであってもよい。高い熱伝導度は、約20W/mK ~ 約1000W/mKとすることができる。高い密度は、少なくとも約1.5グラム毎立方センチメートル(g/cm³)、2g/cm³、3g/cm³、4g

40

50

g/cm^3 、 $5 g/cm^3$ 、 $6 g/cm^3$ 、 $7 g/cm^3$ 、 $8 g/cm^3$ 、 $9 g/cm^3$ 、 $10 g/cm^3$ 、 $11 g/cm^3$ 、 $12 g/cm^3$ 、 $13 g/cm^3$ 、 $14 g/cm^3$ 、 $15 g/cm^3$ 、 $16 g/cm^3$ 、 $17 g/cm^3$ 、 $18 g/cm^3$ 、 $19 g/cm^3$ 、 $20 g/cm^3$ 、または $25 g/cm^3$ であってもよい。高い密度は約 $1 g/cm^3$ ～約 $1000 g/cm^3$ とすることができる。

【0190】

粉末材料の層を付加的にまたは逐次的に提供することができる。少なくとも硬化（例えば、固化）した3D物体の一区分（本明細書では「一部分」または「一部」も使用する）を形成するために層の少なくとも部分を変形することができる。時々、変形された粉末層は、3D物体の断面（例えば、水平断面）を含む場合がある。層は、少なくとも約 0.1 マイクロメートル（ μm ）、 $0.5 \mu m$ 、 $1.0 \mu m$ 、 $10 \mu m$ 、 $50 \mu m$ 、 $100 \mu m$ 、 $150 \mu m$ 、 $200 \mu m$ 、 $300 \mu m$ 、 $400 \mu m$ 、 $500 \mu m$ 、 $600 \mu m$ 、 $700 \mu m$ 、 $800 \mu m$ 、 $900 \mu m$ 、または $1000 \mu m$ の厚さを有することができる。層は、最大でも約 $1000 \mu m$ 、 $900 \mu m$ 、 $800 \mu m$ 、 $700 \mu m$ 、 $600 \mu m$ 、 $500 \mu m$ 、 $450 \mu m$ 、 $400 \mu m$ 、 $350 \mu m$ 、 $300 \mu m$ 、 $250 \mu m$ 、 $200 \mu m$ 、 $150 \mu m$ 、 $100 \mu m$ 、 $75 \mu m$ 、 $50 \mu m$ 、 $40 \mu m$ 、 $30 \mu m$ 、 $20 \mu m$ 、 $10 \mu m$ 、 $5 \mu m$ 、 $1 \mu m$ 、または $0.5 \mu m$ 以下の厚さを有することができる。層は、前述の層厚さの値の間の任意の値を有してもよい。例えば、層は約 $1000 \mu m$ ～約 $0.1 \mu m$ 、 $800 \mu m$ ～約 $1 \mu m$ 、 $600 \mu m$ ～約 $20 \mu m$ 、 $300 \mu m$ ～約 $30 \mu m$ 、または $1000 \mu m$ ～約 $10 \mu m$ であってもよい。少なくとも1つの層の材料組成物は、粉体層内の少なくとも1つの他の層の中の材料組成物とは異なってもよい。少なくとも1つの層の材料は、その結晶構造が、粉体層内の少なくとも1つの他の層の中の材料の結晶構造とは異なってもよい。少なくとも1つの層の材料は、その粒子構造が、粉体層内の少なくとも1つの他の層の中の材料の粒子構造とは異なってもよい。少なくとも1つの層の材料は、その粉末材料の基本的な長さスケールが、粉体層内の少なくとも1つの他の層の中の材料の基本的な長さスケールとは異なってもよい。層は、2つ以上の材料タイプを任意の組み合わせで含んでもよい。例えば、2つ以上の元素金属、2つ以上の金属合金、2つ以上のセラミック、2つ以上の元素状炭素の同素体。例えば、元素金属と金属合金、元素金属とセラミック、元素金属と元素状炭素の同素体、金属合金とセラミック、金属合金と元素状炭素の同素体、セラミックと元素状炭素の同素体。3D印刷プロセスの間に堆積したすべての層は、同一の材料組成物でできている。一部の事例では、金属合金は粉末材料を変形するプロセスの間に *in situ* で形成される。一部の事例では、異なる組成物の層を所定のパターンで堆積することができる。例えば、各層は特定の元素、または特定の材料タイプを増加または減少する組成物を有することができる。一部の実施例では、各偶数層は1つの組成物を有してもよく、各奇数層は別の組成物を有してもよい。層の様々な組成物は、数学的な級数アルゴリズムに従ってもよい。一部の事例では、層の中の少なくとも1つの区域は、層の中の別の区域とは異なる材料組成物を有する。

【0191】

金属材料（例えば、元素金属または金属合金）は、例えば、酸素、イオウ、または窒素などの少量の非金属材料含むことができる。一部の事例では、金属材料は微量の非金属材料を含むことができる。微量は、最大でも約 100000 百万分率（ppm）、 $10000 ppm$ 、 $1000 ppm$ 、 $500 ppm$ 、 $400 ppm$ 、 $200 ppm$ 、 $100 ppm$ 、 $50 ppm$ 、 $10 ppm$ 、 $5 ppm$ 、または $1 ppm$ （重量基準で、 w/w ）の非金属材料とすることができる。微量は、少なくとも約 $10 ppt$ 、 $100 ppt$ 、 $1 ppb$ 、 $5 ppb$ 、 $10 ppb$ 、 $50 ppb$ 、 $100 ppb$ 、 $200 ppb$ 、 $400 ppb$ 、 $500 ppb$ 、 $1000 ppb$ 、 $1 ppm$ 、 $10 ppm$ 、 $100 ppm$ 、 $500 ppm$ 、 $1000 ppm$ 、または $10000 ppm$ （重量基準で、 w/w ）の非金属材料を含むことができる。微量は前述の微量の間の任意の値とすることができる。例えば、微量は、約 10 十億分率（ppt）～約 $100000 ppm$ 、約 $1 ppb$ ～約 $100000 ppm$ 、約 $1 ppm$ ～約 $10000 ppm$ 、または約 $1 ppb$ ～約 $1000 ppm$ とすることができる

。

【0192】

一部の事例では、隣接する構成要素は1つ以上の介在層によって相互に分離される。一例では、第1層が第2層と直接接触するとき、第1層は第2層に隣接する。別の例では、第1層が少なくとも1つの層（例えば、第3層）によって第2層から分離されるとき、第1層は第2層に隣接する。介在層は本明細書で開示される任意の層サイズとしうる。

【0193】

本明細書で使用される場合、「補助特徴部」という用語は、一般に、印刷された3D物体の一部であるが、所望の、意図された、設計された、注文された、または最終的な3D物体の一部ではない特徴部を指す。補助特徴部（例えば、補助的な支持部）は、3D物体の形成の間および/または3D物体の形成に引き続いて構造的な支持を提供する場合がある。補助特徴部は形成されている3D物体からエネルギーを取り除くことができるようにする場合がある。補助特徴部の例には、放熱フィン、アンカー、ハンドル、支持部、ピラー、柱、枠、足掛り、足場、フランジ、突起、突出部、繰り形（モルディングとして知られる）、または他の安定化特徴部が含まれる。一部の事例では、補助的な支持部は3D物体またはその一部を包囲する足場である。足場は、軽く焼結した、または軽く融合した粉末材料を含んでもよい。

【0194】

本開示は、材料（例えば、粉末材料）からの3D物体の印刷のためのシステム、装置、および方法を提供する。物体を事前設計、またはリアルタイム（すなわち、3D印刷のプロセスの間に）で設計することができる。3D印刷方法は、付加方法とすることができ、これでは第1層が印刷され、そしてその後ある体積の材料が分離した逐次的な層として第1層に付加される。粉末材料の一区分を変形する（例えば、融合する、例えば、溶融する）ことによって、以前の層に各々の追加的な逐次的層を付加することができる。

【0195】

ここで図面を参照し、同様の参照記号は同様の部品を指す。図面およびその中の特徴部は必ずしも実寸に比例していないことが理解されるであろう。

【0196】

3D印刷プロセスによって物体を生成するために使用することができるシステムの実例が図1に示される。システムは粉体層101を基部102上に備えることができる。一部の事例では、形成プロセスの間に基部102を使用することができる。一部の状況では、初期の段階の物体、または3D印刷プロセスの間に形成された物体は、基部102に接触することなく粉体層101内で浮遊する。基部102は、少なくとも1つの、2つの、3つの、4つの、5つの、6つの、7つの、8つの、9つの、10個の、11個の、12個の、13個の、14個の、または15個の粉末層を支持することができる。基部を所定の温度または温度勾配に依存して加熱または冷却することができる。温度勾配を所定の量の時間の間定義することができる。所定の温度は少なくとも約摂氏10度（ ）、20、25、30、40、50、60、70、80、90、100、150、200、250、300、350、400、450、500、550、600、650、700、750、800、850、900、または1000とすることができる。所定の温度は最大でも約1000、900、800、700、600、650、600、550、500、450、400、350、300、250、200、150、100、50、または10とすることができる。所定の温度は上方に列挙した任意の温度の値の間とすることができる。例えば、約10～約1000、約100～約600、約200～約500、または約300～約450。基部は耐熱性とすることができる。基部102は壁を有することができる。壁を有する基部を粉体層を収容する容器と称することができる。基部（例えば、基部の壁）は温度センサー（例えば、1つ以上の熱電対）を備えてもよい。温度センサーはコントローラに動作可能に連結されてもよい。コントローラはプロセッサ（例えば、コンピュータ）を備えてもよい。一部の事例では、粉体層101およ

10

20

30

40

50

び/または基部102の温度測定を、例えば、赤外線(IR)温度センサーを使用することによって光学的に行うことができる。温度センサーは、粉体層の縁部で、粉体層内の1つ以上の無作為の所で、粉体層の中心で、基部で、またはこれらの任意の組み合わせにおいて温度をモニターすることができる。温度センサーは、所定の時間に、無作為の時間に、または思い付いたときに温度をモニターすることができる。一部の事例では基部の壁を保温することができる。粉体層の所望の温度を維持するために基部(例えば、基部の壁)を連続的にまたは断発的に加熱または冷却することができる。粉体層は、露出した頂部表面、覆われた頂部表面、または部分的に露出し、かつ部分的に覆われた頂部表面を有することができる。粉体層は、少なくとも約1mm、10mm、25mm、50mm、100mm、200mm、300mm、400mm、または500mmの幅とすることができる。粉体層は、少なくとも約1mm、10mm、25mm、50mm、100mm、200mm、300mm、400mm、または500mmの深さとすることができる。粉体層は、少なくとも約1mm、10mm、25mm、50mm、100mm、200mm、300mm、400mm、または500mmの長さとすることができる。基部102上の粉体層101は粉末貯留槽(例えば、103)に隣接することができる。粉末貯留槽を容器(例えば、104)内に配置することができる。容器は固定または並進移動可能としうる。印刷プロセスを通して、粉体層101を熱平衡に、またはほぼ熱平衡に維持することができる。粉体層の平均温度は、印刷プロセスの間に、少なくとも0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、0.9、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、15、20、30、40、または50以下だけ熱的に変動する可能性がある。粉体層の平均温度は、印刷プロセスの間に、最大で約50、40、30、20、10、または5、熱的に変動する可能性がある。粉体層の平均温度は、任意の前述の温度変動値の間で熱的に変動する可能性がある。例えば、粉体層の平均温度は、50~5、または30~5の温度範囲だけ変動する可能性がある。

【0197】

新しい粉末、リサイクルした粉末、冷えた粉末、またはこれらの任意の組み合わせを基部上の粉体層(例えば、101)へと提供するために、印刷プロセスの間に粉末貯留槽(例えば、103)からの粉末を貯留槽から基部(例えば、102)へと移動することができる。層払い出し機構(本明細書では「並進移動機構」、例えば105とも。また、本明細書では「層付加機構」とも)によって粉末貯留槽から粉体層へと粉末を移動することができる。層払い出し機構を並進移動機構(例えば、並進移動デバイス)とすることができる。これは1つ以上の移動する部品を含むことができる。層払い出し機構は粉末を移動する、粉末を堆積する、粉末を平準化する、粉末を取り除く、またはこれらの任意の組み合わせの能力を有するデバイスとすることができる。

【0198】

層払い出し機構は、実質的に水平に、垂直に、または角度を有して並進移動してもよい。層払い出し機構は横方向に並進移動してもよい。一部の実施例では、基部、基板、エンクロージャ、または粉体層は並進移動可能であってもよい。層払い出し機構はバネを備えてもよい。基部、基板、エンクロージャ、もしくは粉体層は、実質的に水平に(例えば、左から右へ、およびその逆に)、実質的に垂直に(例えば、頂部から底部へ、およびその逆に)、または角度を有して並進移動してもよい。エンクロージャ、基板、および基部のうち少なくとも1つは、下げることができるプラットフォーム(例えば、エレベーター)を備えてもよい。エレベーターは粉体層(またはその容器)を第1の位置へと並進移動してもよい。粉末は、第1の位置で粉体層内に(またはその容器内に)堆積されてもよい。粉体層は引き続いて第2の位置へと並進移動されてもよい。一部の実施例では、第2の位置は第1の位置より低い。第2の位置では、粉体層は第1の位置と比較して層払い出し機構から垂直方向により離れていてもよい。一部の実施例では、粉体層またはその容器は固定であってもよい。一部の実施例では、第2の位置は第1の位置より高くなる(例えば、エレベーターによって)。一部の実施例では、層払い出し機構は、第2の位置へと移動

10

20

30

40

50

することができる場合がある。粉体層の露出した表面に最も近い層払い出し機構の側面は、本明細書では層払い出し機構の底部とされる。粉体層（またはその容器）が第2の位置にあるとき、堆積された粉末の少なくとも一部は層払い出し機構の底部の垂直方向上方に位置付けられる場合がある。時々、粉体層を収容する容器は粉末材料を欠いている場合がある。時々、粉体層を収容する容器は粉末材料を含んでいる場合がある。層払い出し機構は粉体層に沿って横方向に並進移動する場合があり、粉末材料の少なくとも一部が層払い出し機構の第2の位置での移動を妨害する。層払い出し機構は、横方向に移動しながら妨害する粉末材料を押す、圧縮する、または収集する場合がある。層払い出し機構は、粉体層に沿った横方向の（例えば、粉体層の幅または長さに沿って）移動によって粉末材料を平準化する場合がある。粉末の平準化は、結果として粉体層の頂部（すなわち、露出した表面）において少なくとも1つの平面（例えば、水平平面）内で実質的に平面的均一性を有する平面を生成する場合がある。粉末の平準化は、結果として粉体材料の層の頂部において少なくとも1つの平面（例えば、水平平面）内で平均平面的均一性を有する平面を生成する場合がある。平均的な平面は、粉末材料の層の表面の最上部の最小二乗平面適合によって画定される平面である場合がある。平均平面は、粉体層の頂部表面上の各点において粉末高さを平均化することによって計算される平面であってもよい。層払い出し機構（例えば、105）は、ローラー、ブラシ、レーキ（例えば、のこ刃レーキまたはだぼ刃レーキ）、鋤、へら、またはナイフブレードを備えることができる。層払い出し機構は、円、三角形、正方形、五角形、六角形、八角形、または任意の他の多角形の垂直断面（例えば、側面断面）を含んでもよい。一部の事例では、層払い出し機構はローラーを備えることができる。ローラーは滑らかなローラーとすることができる。ローラーは粗いローラーとすることができる。ローラーは突出部または陥凹部を有してもよい。押出部は屈曲可能な押出部（例えば、ブラシ）であってもよく、押出部は固い押出部（例えば、レーキ）であってもよい。押出部は、尖った端部、丸い端部、または鈍い端部を備えてもよい。突出部または陥凹部は、ローラー上にパターンを形成してもよく、またはローラー上に無作為に置かれてもよい。代替的にまたは追加的に、層払い出し機構は鋤またはレーキを備えることができる。層払い出し機構はブレードを備えてもよい。ブレードは、平面状の凹面、平面状の凸面、のみの形状、またはくさびの形状のブレードを備えてもよい。ブレードは、のみの形状またはくさびの形状を有してもよいだけでなく、粉末をその頂部（例えば、1214）に蓄積することができる場合がある凹面の頂部表面（図12Cの1212）を有してもよい。ブレードは、のみの形状またはくさびの形状（例えば、図12Bの1207）を有してもよく、粉末はその頂部を滑ることができる（例えば、1209）。ブレードは鋭い縁部または湾曲した表面を備えてもよい。湾曲した表面は、少なくとも0.5 mm、1 mm、2 mm、3 mm、4 mm、5 mm、6 mm、7 mm、8 mm、9 mm、10 mm、または11 mmの湾曲の半径を有してもよい。湾曲の半径は、最大で約12 mm、11 mm、10 mm、9 mm、8 mm、7 mm、6 mm、5 mm、4 mm、3 mm、2 mm、または1 mmであってもよい。湾曲した表面の湾曲の半径は、前述の値の間（例えば、約0.5 mm～約12 mm、約0.5 mm～約5 mm、または約5 mm～約12 mm）の任意の値としてもよい。層払い出し機構は、セラミック、金属、金属合金（例えば、鋼）、または分子材料（例えば、ゴム）から成ってもよい。例えば、層払い出し機構（例えば、105）は、粉末を移動するために使用することができる垂直特徴部および垂直開口特徴部の間を有するレーキを含むことができる。一部の事例では層払い出し機構は、粉体層に接触する実質的に出っ張った、凹んだ、傾斜した、またはまっすぐな縁部を有することができる。層払い出し機構の縁部は、粉体層の表面に対して垂直、平行、または0°と90°との間の鋭角とすることができる。層払い出し機構は、粉体層の頂部表面を横切って、リサイクルした粉末、新しい粉末、冷たい粉末、熱い粉末、周囲温度の粉末、もしくはこれらの任意の組み合わせの、滑らかな、平らな、および/または平準化した層を提供するように構成することができる。粉末材料は、粉末材料が物体のための所望の、またはそうでなければ所定の材料であるように選択することができる。一部の事例では、3D物体の層は単一のタイプの材料を含む。一部の実施例では、3D物体の層は単一の元素金

10

20

30

40

50

属タイプ、または単一の合金タイプを含んでもよい。一部の実施例では、3D物体内の層は、いくつかのタイプの材料（例えば、元素金属と合金、合金とセラミック、合金と元素状炭素の同素体）を含んでもよい。特定の実施形態では、各タイプの材料はそのタイプの単一の部材のみを含む。例えば、元素金属の単一の部材（例えば、鉄）、金属合金の単一の部材（例えば、ステンレス鋼）、セラミック材料の単一の部材（例えば、炭化ケイ素もしくは炭化タングステン）、または元素状炭素の単一の部材（例えば、同素体）（例えば、グラファイト）。一部の事例では、3D物体の層は2つ以上のタイプの材料を含む。一部の事例では、3D物体の層は1つの材料タイプの2つ以上の部材を含む。

【0199】

元素金属は、アルカリ金属、アルカリ土類金属、遷移金属、希土類元素金属、または別の金属とすることができる。アルカリ金属は、リチウム、ナトリウム、カリウム、ルビジウム、セシウム、またはフランシウムとすることができる。アルカリ土類金属は、ベリリウム、マグネシウム、カルシウム、ストロンチウム、バリウム、またはラジウムとすることができる。遷移金属は、スカンジウム、チタン、バナジウム、クロム、マンガン、鉄、コバルト、ニッケル、銅、亜鉛、イットリウム、ジルコニウム、白金、金、ラザフォージウム、ドブニウム、シーボーギウム、ポロニウム、ハシウム、マイトネリウム、ウンウンビウム、ニオブ、イリジウム、モリブデン、テクネチウム、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、銀、カドミウム、ハフニウム、タンタル、タングステン、レニウム、またはオスミウムとすることができる。遷移金属は水銀とすることができる。希土類金属はランタニドまたはアクチニドとすることができる。ランタニド金属は、ランタン、セリウム、プラセオジウム、ネオジウム、プロメチウム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、またはルテチウムとすることができる。アクチニド金属は、アクチニウム、トリウム、プロトアクチニウム、ウラン、ネプツニウム、プルトニウム、アメリカシウム、キュリウム、バークリウム、カリホルニウム、アインスタイニウム、フェルミウム、メンデレビウム、ノーベリウム、またはローレンシウムとすることができる。他の金属は、アルミニウム、ガリウム、インジウム、スズ、タリウム、鉛、またはビスマスとすることができる。

【0200】

金属合金は、鉄系合金、ニッケル系合金、コバルト系合金、クロム系合金、コバルト-クロム系合金、チタン系合金、マグネシウム系合金、銅系合金、またはこれらの任意の組み合わせとすることができる。合金は耐酸化性または耐腐食性合金を含んでもよい。合金は超合金（例えば、インコネル）を含んでもよい。超合金は、インコネル600、617、625、690、718、またはX-750を含んでもよい。金属（例えば、合金または元素金属）は、航空宇宙、自動車、海洋、機関車、衛星、軍事、石油および天然ガス、エネルギー生成、半導体、ファッション、建築、農業、印刷、または医療を含む産業での用途のために使用される合金を含んでもよい。金属（例えば、合金または元素金属）は、デバイス、医療機器（ヒト用および獣医用）、医療機器、携帯電話、半導体機器、発電機、エンジン、ピストン、電子機器（例えば、電子回路）、電子装置、農業用装置、モーター、ギヤ、トランスミッション、通信装置、コンピュータ装置（例えば、ラップトップ、携帯電話、i-pad（登録商標））、空調、発電機、家具、楽器、美術、宝石、調理器具、またはスポーツ用品を含む製品のために使用される合金を含んでもよい。金属（例えば、合金または元素金属）は、移植または人工装具を含むヒトに対するまたは獣医用の用途の製品に使用される合金を含んでもよい。金属合金は、ヒトのまたは獣医の手術、移植（例えば、歯の）、または人工装具を含む分野での用途に使用される合金を含んでもよい。

【0201】

様々な使用および用途のための3D物体を形成するために本開示の方法、装置、およびシステムを使用することができる。かかる使用および用途としては、電子機器、電子機器の構成要素（例えば、ケーシング）、機械、機械の部品、工具、移植、人工装具、ファッションアイテム、衣料品、靴、または宝石が挙げられるがこれに限らない。移植は硬組織

10

20

30

40

50

、軟組織、または硬組織と軟組織との組み合わせに向けられ（例えば、組み込まれる）てもよい。移植は硬組織または軟組織との接着を形成する場合がある。機械は、モーターまたはモーターの部品を含んでもよい。機械は車両を含んでもよい。機械は、航空宇宙関係の機械を含んでもよい。機械は、空中輸送機械を含んでもよい。車両は、飛行機、ドローン、自動車、列車、自転車、ボート、またはシャトル（例えば、スペースシャトル）を含んでもよい。機械は衛星またはミサイルを含んでもよい。使用および用途は、上記に列挙した産業および/または製品に関連する3D物体を含んでもよい。

【0202】

一部の実例では、鉄合金としては、エリンパー、フェルニコ、フェロアロイ、インバー、鉄水素化物、コパール、銑鉄、スタバロイ（ステンレス鋼）、または鋼が挙げられる。一部の実例では、金属合金は鋼である。フェロアロイは、フェロボロン、フェロセリウム、フェロクロム、フェロマグネシウム、フェロマンガン、フェロモリブデン、フェロニッケル、フェロホスホル、フェロシリコン、フェロチタン、フェロウラン、またはフェロバナジウムを含んでもよい。鉄合金は鋳鉄または銑鉄を含んでもよい。鋼は、プラット鋼、クロモリ、るつぼ鋼、ダマスカス鋼、ハッドフィールド鋼、高速度鋼、HSLA鋼、マルエージング鋼、レイノルズ531、ケイ素鋼、パネ鋼、ステンレス鋼、工具鋼、耐候性鋼、またはウーツ鋼を含んでもよい。高速度鋼はマシエット鋼を含んでもよい。ステンレス鋼はAL-6XN、アロイ20、celestrium、マリングレードステンレス、マルテンサイトステンレス鋼、サージカルステンレス鋼、またはZeron 100を含んでもよい。工具鋼はシルバースチールを含んでもよい。鋼は、ステンレス鋼、ニッケル鋼、ニッケル-クロム鋼、モリブデン鋼、クロム鋼、クロム-バナジウム鋼、タングステン鋼、ニッケル-クロム-モリブデン鋼、またはケイ素マンガン鋼を含んでもよい。鋼は、440F、410、312、430、440A、440B、440C、304、305、304L、304L、301、304LN、301LN、2304、316、316L、316LN、316、316LN、316L、316L、316、317L、2205、409、904L、321、254SMO、316Ti、321H、または304Hなどの任意の米国自動車技術者協会（SAE）グレードのものを含んでもよい。鋼は、オーステナイト、スーパーオーステナイト、フェライト、マルテンサイト、二相、および析出硬化型マルテンサイトから成る群から選択される少なくとも1つの結晶構造のステンレス鋼を含んでもよい。二相ステンレス鋼は、リーン二相、スタンダード二相、スーパー二相、またはハイパー二相であってもよい。ステンレス鋼は、サージカルグレードステンレス鋼、例えば、オーステナイト316、マルテンサイト420、またはマルテンサイト440）を含んでもよい。オーステナイト316ステンレス鋼は、316Lまたは316LVMを含んでもよい。鋼は、17-4析出硬化型鋼（タイプ630、クロム-銅析出硬化型ステンレス鋼、17-4PH鋼としても知られる）を含んでもよい。

【0203】

チタン系合金は、合金、ニア合金、および合金、または合金を含んでもよい。チタン合金は1、2、2H、3、4、5、6、7、7H、8、9、10、11、12、13、14、15、16、16H、17、18、19、20、21、2、23、24、25、26、26H、27、28、29、30、31、32、33、34、35、36、37、38、またはこれ以上のグレードを含んでもよい。一部の実例では、チタンベース合金は、Ti-6Al-4VまたはTi-6Al-7Nbを含む。

【0204】

ニッケル合金は、アルニコ、アルメル、クロメル、白銅、フェロニッケル、洋銀、ハステロイ、インコネル、モネル金属、ニクロム、ニッケル-炭素、ナイクロシル、ナイシル、ニチノールまたは軟磁性合金を含んでもよい。軟磁性合金は、ミューメタル、パーマロイ、スーパーマロイ、または真鍮を含んでもよい。真鍮は、ニッケル水素、ステンレス、またはコインシルバーを含んでもよい。コバルト合金は、Megallium、ステライト（例えば、タロナイト）、Ultimet、またはビタリウムを含んでもよい。クロム合金は、水酸化クロム、またはニクロムを含んでもよい。

【0205】

アルミニウム合金は、AA-8000、Al-Li（アルミニウム-リチウム）、アルニコ、ジュラルミン、Hiduminium、Kryron Magnalium、ナンベ、スカンジウム-アルミニウム、またはY合金を含んでもよい。マグネシウム合金は、エレクトロン、マグノックス、またはT-Mg-Al-Zn（Bergman相）合金であってもよい。

【0206】

銅合金は、ヒ素銅、ベリリウム銅、ピロン、真鍮、青銅、コンスタンタン、水素化銅、銅-タングステン、コリント青銅、キュニフェ、白銅、シンバル合金、デバルダ合金、エレクトラム、ヘパテゾ、ホイスラー合金、マンガニン、モリブドカルコス、洋白、ノルディック・ゴールド、赤銅、またはトゥンバガを含んでもよい。真鍮は、カラミン黄銅、チャイニーズシルバー、ダッチメタル、ギルディングメタル、マンツメタル、金色銅、プリンスメタル、またはトムバックを含んでもよい。青銅は、アルミニウム青銅、ヒ青銅、ベルメタル、フィレンツェ青銅、Guanin、ガンメタル、グリュシデュール、リン青銅、オルモル、またはスペキュラム合金を含んでもよい。

【0207】

3D物体は粉体層内で3D印刷プロセスによって形成されるので、3D物体に対する支持を提供するように粉末を構成することができる。一部の事例では、流動性の低い粉末は3D物体を流動性の高い粉末より良好に支持する能力を有する。とりわけ、不均一なサイズの粒子の、または相互に引力を有する粒子の、比較的小さい粒子から成る粉末を用いて流動性の低い粉末を達成することができる。粉末は、流動性が、低くても、中程度でも、または高くてもよい。粉末材料は、適用された15キロパスカルの(kPa)力に応答して少なくとも約1%、2%、3%、4%、5%、6%、7%、8%、9%、または10%の圧縮性を有してもよい。粉末は、適用された15キロパスカルの(kPa)力に応答して、最大で約9%、8%、7%、6%、5%、4.5%、4.0%、3.5%、3.0%、2.5%、2.0%、1.5%、1.0%、または0.5%の圧縮性を有してもよい。粉末は、少なくとも約100ミリジュール(mJ)、200mJ、300mJ、400mJ、450mJ、500mJ、550mJ、600mJ、650mJ、700mJ、750mJ、800mJ、または900mJの基本流動エネルギーを有してもよい。粉末は、最大で、約200mJ、300mJ、400mJ、450mJ、500mJ、550mJ、600mJ、650mJ、700mJ、750mJ、800mJ、900mJ、または1000mJの基本流動エネルギーを有してもよい。粉末は、上記に列記した基本流動エネルギーの値の間の基本流動エネルギーを有してもよい。例えば、粉末は約100mJ~約1000mJ、約100mJ~約600mJ、または約500mJ~約1000mJの基本流動エネルギーを有してもよい。粉末は、少なくとも約1.0ミリジュール毎グラム(mJ/g)、1.5mJ/g、2.0mJ/g、2.5mJ/g、3.0mJ/g、3.5mJ/g、4.0mJ/g、4.5mJ/g、または5.0mJ/gの比エネルギーを有してもよい。粉末は、最大で5.0mJ/g、4.5mJ/g、4.0mJ/g、3.5mJ/g、3.0mJ/g、2.5mJ/g、2.0mJ/g、1.5mJ/g、または1.0mJ/gの比エネルギーを有してもよい。粉末は、比エネルギーの上記の任意の値の間の比エネルギーを有してもよい。例えば、粉末は、約1.0mJ/g~約5.0、約3.0mJ/g~約5mJ/g、または約1.0mJ/g~約3.5mJ/gの比エネルギーを有してもよい。

【0208】

3D物体は、粉体層によって支持することができる補助特徴部を有することができる。3D物体は粉体層によって支持ことができ、かつ基部、基板、粉体層を収容する容器、またはエンクロージャの底部に接触しない補助特徴部を有することができる。完全にまたは部分的に形成された状態の3次元部品(3D物体)を、粉体層によって完全に支持することができる(例えば、基板、基部、粉体層を収容する容器、またはエンクロージャに接触することなく)。完全にまたは部分的に形成された状態の3次元部品(3D物体)を

10

20

30

40

50

、粉体層によって完全に支持することができる（例えば、粉体層以外のいかなるものにも接触することなく）。完全にまたは部分的に形成された状態の3D物体を、いかなる追加的な支持構造体の上にも置くことなく、粉体層内で懸架することができる。一部の事例では、完全にまたは部分的に形成された状態（すなわち、初期の段階）の3D物体を粉体層内で浮遊することができる。

【0209】

3D物体は、様々な用途のために好適である場合がある様々な表面粗さプロファイル有することができる。表面粗さは、実表面の垂直な方向のベクトルの理想形態からの偏差であってもよい。表面粗さは粗さプロファイルの算術平均として測定されうる（以下「Ra」と記す）。Raには絶対値を使用してもよい。3D物体は、少なくとも約200 μm 、100 μm 、75 μm 、50 μm 、45 μm 、40 μm 、35 μm 、30 μm 、25 μm 、20 μm 、15 μm 、10 μm 、7 μm 、5 μm 、3 μm 、1 μm 、500nm、400nm、300nm、200nm、100nm、50nm、40nm、または30nmのRa値を有することができる。形成された物体は、最大で約200 μm 、100 μm 、75 μm 、50 μm 、45 μm 、40 μm 、35 μm 、30 μm 、25 μm 、20 μm 、15 μm 、10 μm 、7 μm 、5 μm 、3 μm 、1 μm 、500nm、400nm、300nm、200nm、100nm、50nm、40nm、または30nmのRa値を有することができる。3D物体は、任意の前述のRa値の間のRa値を有することができる。例えば、Ra値は、約30nm～約50 μm 、約5 μm ～約40 μm 、約3 μm ～約30 μm 、約10nm～約50 μm 、または約15nm～約80 μm とすることができる。Ra値は、電子顕微鏡（例えば、走査型電子顕微鏡）、走査トンネル顕微鏡、原子間力顕微鏡、光学顕微鏡（例えば、共焦点、レーザー）、または超音波によって測定されてもよい。Ra値は、接触的方法または非接触的方法によって測定されてもよい。

10

20

【0210】

3D物体は、変形した材料（例えば、融合した、焼結した、溶融した、連結した、または別の方法で接続された粉末材料）を起源とする固体材料の連続的な層（例えば、連続的な断面）から成ってもよい。変形された粉末材料は、硬化（例えば、固化）した材料に接続されてもよい。硬化した材料は、同一の層または別の層（例えば、以前の層）の中に属してもよい。一部の実施例では、硬化した材料は3次元物体の未接続の部品を含み、これは引き続いて新しく変形される（例えば、粉末材料を融合する、焼結する、溶融する、結合する、または別の方法で接続することによって）材料によって接続される。

30

【0211】

生成された（すなわち、形成された）3D物体の断面（例えば、垂直断面）は、層化した堆積を示す微細構造または粒子構造を明らかにする場合がある。理論に束縛されるものではないが、変形された粉末材料の固化に起因して微細構造または粒子構造を生じる場合があり、これは3D印刷方法では典型的であり、かつ/または3D印刷方法を示す。例えば、断面は、固化した溶融プールを示すさざ波または波に似ている微細構造を明らかにする場合があり、これは3D印刷プロセスの間に形成される場合がある。固化溶融プールの繰り返し層状構造は、部品が印刷された配向を明らかにする場合がある。断面は、実質的に繰り返し微細構造または粒子構造を明らかにする場合がある。微細構造または粒子構造は、材料組成物、粒子配向、材料密度、粒子境界への化合物偏析または元素偏析の程度、材料相、冶金学的相、結晶相、結晶構造、材料空隙率、またはこれらの任意の組み合わせの実質的に繰り返しの変動を含んでもよい。微細構造または粒子構造は、層化した溶融プールの実質的に繰り返しの固化を含んでもよい。実質的に繰り返しの微細構造は、少なくとも約0.5 μm 、1 μm 、5 μm 、10 μm 、20 μm 、30 μm 、40 μm 、50 μm 、60 μm 、70 μm 、80 μm 、90 μm 、100 μm 、150 μm 、200 μm 、250 μm 、300 μm 、350 μm 、400 μm 、450 μm 、または500 μm の平均層サイズを有してもよい。実質的に繰り返しの微細構造は、最大で約500 μm 、450 μm 、400 μm 、350 μm 、300 μm 、250 μm 、200 μm 、150 μm 、100 μm 、90 μm 、80 μm 、70 μm 、60 μm 、50 μm 、40 μm 、30 μm

40

50

、20 μm、または10 μmの平均層サイズを有してもよい。実質的に繰り返しの微細構造は層サイズの前述の値の間の任意の値の平均層サイズを有してもよい。例えば、実質的に繰り返しの微細構造は、約0.5 μm～約500 μm、約15 μm～約50 μm、約5 μm～約150 μm、約20 μm～約100 μm、または約10 μm～約80 μmの平均層サイズを有してもよい。

【0212】

印刷された3D物体は、補助特徴部を使用することなく印刷されてもよく、低減した量の補助特徴部を使用して印刷されてもよく、または離間している補助特徴部を使用して印刷されてもよい。一部の実施形態では、印刷された3D物体は、1つ以上の補助的な支持特徴部、または補助的な支持特徴部、または補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す、補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示す補助的な支持特徴部の跡を欠いていてもよい。3D物体は1つ以上の補助的な支持特徴部、および取り除かれた（例えば、3D物体の生成に引き続いて）1つ以上の補助特徴部の跡（基部構造を示す）を欠いていてもよい。印刷された3D物体は単一の補助的な支持部の跡を備えてもよい。単一の補助特徴部（例えば、補助的な支持部または補助構造）は、基部、基板、または型であってもよい。補助的な支持部は、基部、基板、または型に接着されてもよい。3D物体は1つ以上の補助構造部に属する跡を含んでもよい。3D物体は補助構造部に属する2つ以上の跡を含んでもよい。3D物体は補助的な支持部に関する跡を欠いていてもよい。3D物体は補助的な支持部を欠いていてもよい。3D物体は、1つ以上の補助的な支持特徴部を欠いていてもよく、1つ以上の補助的な支持部に関する跡を欠いていてもよい。跡は、粒子配向の変動、層化配向の変動、層化厚さの変動、材料密度の変動、粒子境界への化合物偏析の程度の変動、材料空隙率の変動、粒子境界への元素偏析の程度の変動、材料相の変動、冶金学的相の変動、結晶相の変動、または結晶構造の変動を含んでもよく、ここで変動は3D物体の幾何学的形状のみによっては作り出されない場合があり、ひいては取り除かれた補助的な支持部の以前の存在を示す場合がある。支持の幾何学的形状によって生成された3D物体の上に変動が強制される場合がある。一部の事例では、印刷された物体の3D構造は、補助的な支持部によって（例えば、型によって）力を受ける場合がある。例えば、跡はいかなる補助的な支持部も含まない3D物体の幾何学的形状によって説明されない不連続の点である場合がある。跡はいかなる補助的な支持部（例えば、型）も含まない3D物体の幾何学的形状によって説明することができない表面特徴部である場合がある。2つ以上の補助特徴部または補助的な支持特徴部の跡は、少なくとも1.5ミリメートル（mm）、2 mm、2.5 mm、3 mm、3.5 mm、4 mm、4.5 mm、5 mm、5.5 mm、6 mm、6.5 mm、7 mm、7.5 mm、8 mm、8.5 mm、9 mm、9.5 mm、10 mm、10.5 mm、11 mm、11.5 mm、12 mm、12.5 mm、13 mm、13.5 mm、14 mm、14.5 mm、15 mm、15.5 mm、16 mm、20 mm、20.5 mm、21 mm、25 mm、30 mm、30.5 mm、31 mm、35 mm、40 mm、40.5 mm、41 mm、45 mm、50 mm、80 mm、100 mm、200 mm、300 mm、または500 mmの距離の間隔だけ離間していてもよい。2つ以上の補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の跡は、最大で1.5 mm、2 mm、2.5 mm、3 mm、3.5 mm、4 mm、4.5 mm、5 mm、5.5 mm、6 mm、6.5 mm、7 mm、7.5 mm、8 mm、8.5 mm、9 mm、9.5 mm、10 mm、10.5 mm、11 mm、11.5 mm、12 mm、12.5 mm、13 mm、13.5 mm、14 mm、14.5 mm、15 mm、15.5 mm、16 mm、20 mm、20.5 mm、21 mm、25 mm、30 mm、30.5 mm、31 mm、35 mm、40 mm、40.5 mm、41 mm、45 mm、50 mm、80 mm、100 mm、200 mm、300 mm、または500 mmの距離の間隔だけ離間していてもよい。2つ以上の補助的な支持特徴部または補助的な支持特徴部の跡は、前述の補助的な支持部空間の値の間の任意の値の距離の間隔だけ離間していてもよい。例えば、補助特徴部は、1.5 mm～500 mm、2 mm～100 mm、15 mm～50 mm、または45 mm～200 mmの距離だけ離間することができる。（本明細書では「補助特徴部間隔距離」と総称する。

10

20

30

40

50

)

【0213】

3D物体は、1つ以上の補助的な支持特徴部、または1つ以上の補助的な支持特徴部の存在または除去を示す1つ以上の補助的な支持特徴部の跡を欠いている3D印刷プロセスを示す層状構造を備える。3D物体は、1つ、2つ、または3つ以上の補助的な支持部の跡を含む3D印刷プロセスを示す層状構造を備える。支持部または支持部の跡は3D物体の表面上とすることができる。補助的な支持部または支持部の跡は、外部表面上、内部表面上（例えば、3D物体の中の空洞）、またはその両方とすることができる。層状構造は、層化平面を有することができる。1つの実施例では、2つの補助的な支持特徴部、または3D物体内に存在する補助的な支持特徴部もしくは補助的な支持特徴部の跡は補助特徴部間隔距離だけ離間していてもよい。2つの補助的な支持部または補助的な支持部の跡を結ぶ直線と、層化平面に垂直な方向との間の鋭角（すなわち、鋭い角）アルファは、少なくとも約45度（°）、50°、55°、60°、65°、70°、75°、80°、または85°であってもよい。2つの補助的な支持部または補助的な支持部の跡を結ぶ直線と、層化平面に垂直な方向との間の鋭角アルファは、最大で約90°、85°、80°、75°、70°、65°、60°、55°、50°、または45°であってもよい。2つの補助的な支持部または補助的な支持部の跡を結ぶ直線と、層化平面に垂直な方向との間の鋭角アルファは、前述の角度の間の任意の角度範囲であってもよい。例えば、約45度（°）～約90°、約60°～約90°、約75°～約90°、約80°～約90°、約85°～約90°。2つの補助的な支持部または補助的な支持部の跡を結ぶ直線と、層化平面に垂直な方向との間の鋭角アルファは、約87°～約90°であってもよい。2つ補助的な支持部または補助的な支持部の跡は、同一の表面上とすることができる。同一の表面は、外部表面または内部表面（例えば、3D物体の中の空洞の表面）上とすることができる。2つの補助的な支持部または補助的な支持部の跡を結ぶ最短の直線と層化平面に垂直な方向との間の角が90度より大きいとき、余角を考慮することができる。一部の実施形態では、任意の2つの補助的な支持特徴部または補助的な支持部の跡は少なくとも約10.5ミリメートル以上離間している。一部の実施形態では、任意の2つの補助的な支持特徴部または補助的な支持部の跡は少なくとも約40.5ミリメートル以上離間している。一部の実施形態では、任意の2つの補助的な支持特徴部または補助的な支持部の跡は補助特徴部間隔距離だけ離間している。

10

20

30

【0214】

3D物体の中の1つ以上の層は実質的に平らである。実質的に平らな1つ以上の層は大きい湾曲の半径を有してもよい。1つ以上の層は表面の湾曲半径に等しい湾曲の半径を有してもよい。表面の湾曲半径は、少なくとも約0.1センチメートル（cm）、0.2cm、0.3cm、0.4cm、0.5cm、0.6cm、0.7cm、0.8cm、0.9cm、1cm、5cm、10cm、20cm、30cm、40cm、50cm、60cm、70cm、80cm、90cm、1メートル（m）、1.5m、2m、2.5m、3m、3.5m、4m、4.5m、5m、10m、15m、20m、25m、30m、50m、または100mの値を有してもよい。表面の湾曲半径は、最大で約0.1センチメートル（cm）、0.2cm、0.3cm、0.4cm、0.5cm、0.6cm、0.7cm、0.8cm、0.9cm、1cm、5cm、10cm、20cm、30cm、40cm、50cm、60cm、70cm、80cm、90cm、1メートル（m）、1.5m、2m、2.5m、3m、3.5m、4m、4.5m、5m、10m、15m、20m、25m、30m、50m、または100mの値を有してもよい。表面の湾曲半径は、湾曲の半径の前述の値のいずれかの間の任意の値を有してもよい。例えば、約10cm～約90m、約50cm～約10m、約5cm～約1m、約50cm～約5m、または約40cm～約50m。一部の実施例では、1つ以上の層は、3D物体の平面状断面内に含まれてもよく、または平面状3D物体であってもよい。湾曲の半径は、光学顕微鏡、電子顕微鏡、共焦点顕微鏡、原子間力顕微鏡、球面計、キャリパー（例えば、ノギス）、収斂レンズ、干渉計、またはレーザー（例えば、トラッカー）によって測定されてもよい。

40

50

【0215】

本明細書で開示されるように、3次元構造の各層は単一の材料または複数の材料で作成することができる。3D物体の層は複合材料から成る場合がある。3D物体は複合材料から成る場合がある。

【0216】

3D物体は、3D物体の表面上に属する点Xと、Xに最も近い補助的な支持部または補助的な支持部の跡Yとを含む場合がある。一部の実施形態では、Xは補助特徴部間隔距離だけ離間しているY。最短直線XYと層化平面に垂直な方向との間の鋭角は鋭角アルファの値を有してもよい。最短直線XYと層化平面に垂直な方向との間の角が90度より大きいとき、余角を考慮することができる。一部の実施形態では、XはYから少なくとも約10.5ミリメートル以上離間している。一部の実施形態では、XはYから少なくとも約40.5ミリメートル以上離間している。

10

【0217】

3D物体は、層状構造の層化平面Nを備えてもよい。3D物体は、3D物体の表面上に属する点Xおよび点Yを備えてもよく、XはYから少なくとも約10.5ミリメートル以上離間している。一部の実施形態では、BはCから補助特徴部間隔距離だけ離間している。Xを中心とする半径XYの球には、1つ以上の補助的な支持特徴部の存在または除去を示す1つ以上の補助的な支持部または1つ以上の補助的な支持部の跡が無い。一部の実施形態では、YはXから少なくとも約10.5ミリメートル以上離間している。直線XYとNに垂直な方向との間の鋭角は約45度~約90度であってもよい。直線XYと層化平面に垂直な方向との間の鋭角は鋭角アルファの値であってもよい。直線XYとNに垂直な方向との間の角が90度より大きいとき、余角を考慮することができる。層構造は、本明細書に記述される3D印刷のために使用される任意の材料を含んでもよい。3次元構造の各層は単一の材料または複数の材料で作成することができる。しばしば層の一部は1つの材料を含んでもよく、別の一部は第1の材料とは異なる第2の材料を含んでもよい。

20

【0218】

直線XY、またはXYの基本的な長さスケール(例えば、半径)を有する表面は、実質的に平らであってもよい。例えば、実質的に平らな表面は大きい湾曲の半径を有してもよい。直線XYまたは半径XY(もしくはXYの基本的な長さスケール)を有する表面は、表面湾曲の半径の値と等しい湾曲の半径を有してもよい。直線XYの湾曲の半径は線XYの長さと同じ長さであるか、または線XYの長さより長い。直線XYの湾曲は線XYの長さに沿った湾曲であってもよい。

30

【0219】

1つ以上のセンサー(少なくとも1つのセンサー)は粉体層内の粉末の量をモニターすることができる。少なくとも1つのセンサーを制御システム(例えば、コンピュータ制御システム)に動作可能に連結することができる。センサーは、光センサー、音響センサー、振動センサー、化学センサー、電気センサー、磁気センサー、流動性センサー、動作センサー、速度センサー、位置センサー、圧力センサー、力センサー、密度センサー、または近接センサーを含んでもよい。センサーは、温度センサー、重量センサー、粉末レベルセンサー、気体センサー、または湿度センサーを含んでもよい。気体センサーは、本明細書で詳述した気体のいずれかを検知する場合がある。温度センサーは、ポロメーター、パイロメーター、熱流束センサー、赤外線温度計、マイクロポロメータ、マイクロ波放射計、放射収支計、水晶温度計、抵抗温度検出器、抵抗温度計、シリコンバンドギャップ温度センサー、特殊センサー、マイクロ波画像装置、温度ゲージ、サーミスタ、熱電対、温度計、またはパイロメーターを含んでもよい。圧力センサーは、自記気圧計、気圧計、プースト計、ブルドン管真空計、熱フィラメント電離真空計、電離真空計、マクラウド真空計、振動U字管、恒久型ダウンホール圧力計、ピエゾメータ、ピラニ真空計、圧力センサー、圧力計、触覚センサー、または時間圧力計を含んでもよい。位置センサーは、生長計、静電容量式変位センサー、静電容量検知、自由落下センサー、重力計、ジャイロセンサー、衝撃センサー、傾斜

40

50

計、集積回路圧電センサー、レーザー距離計、レーザー表面速度計、ライダー、リニアエンコーダー、リニア可変差動トランス(LVD T)、液体静電容量傾斜計、走行距離計、光電センサー、圧電加速度計、レートセンサー、回転エンコーダー、回転式可変差動トランス、セルシン、衝撃検出器、衝撃データロガー、チルトセンサー、タコメーター、超音波厚さゲージ、可変リラクタンスセンサー、または速度レシーバーを含んでもよい。光学センサーは、電荷結合素子、比色計、密着型センサー、電気光学センサー、赤外線センサー、力学インダクタンス検出器、発光ダイオード(例えば、光センサー)、光アドレス指定可能な電位差センサー、ニコルス放射計、光ファイバーセンサー、光学位置センサー、光検知器、フォトダイオード、光電子増倍管、フォトトランジスタ、光電センサー、光イオン化検出器、光電子増倍管、フォトレジスタ、光電スイッチ、光電管、シンチレーション計数管、シャック・ハルトマン、単一光子アパランシェダイオード、超伝導ナノワイヤ型単一光子検出器、超伝導転移端センサー、可視光光子計数器、または波面センサーを含んでもよい。粉末内のまたは粉末隣接した1つ以上の重量センサーによって粉体層の重量をモニターすることができる。例えば、粉体層内の重量センサー粉体層底部につけることができる。重量センサーをエンクロージャの底部と基板との間につけることができる。重量センサーをエンクロージャの底部と基部との間につけることができる。重量センサーをエンクロージャの底部と粉体層との間につけることができる。重量センサーは圧力センサーを備えることができる。重量センサーは、パネ秤、圧力式秤、ニューマチックスケール、または秤を備えてもよい。圧力センサーの少なくとも一部分を粉体層の底部表面上に露出することができる。一部の事例では、重量センサーは底部ロードセルを備えることができる。底部ロードセルはロードセルに隣接する粉末からの圧力を検知することができる。別の実施例では、粉体層の上方、下方、または側面へなどのように粉体層に隣接して1つ以上のセンサー(例えば、光学センサーまたは光学レベルセンサー)を提供することができる。一部の事例では、1つ以上のセンサーは粉末レベルを検知することができる。一部の事例では、粉末レベルセンサーは、平準化機構(例えば、平準化デバイス)の前方の粉末レベルをモニターすることができる。粉末レベルセンサーは、粉末レベルセンサーが所定の閾値より低い粉末レベルを検出するとき、粉末を払い出すように構成された粉末払い出しシステム(本明細書では、粉末払い出し部材、粉末払い出し機構、または層払い出し機構とも称する)と通信することができる。代替的にまたは追加的に、粉体層を含む構造体の重量をモニターすることによって粉体層の重量をモニターするようにセンサーを構成することができる。1つ以上の位置センサー(例えば、高さセンサー)は基板に対する粉体層の高さを測定することができる。位置センサーは光学センサーとすることができる。位置センサーは、1つ以上のエネルギー源(例えば、レーザーまたは電子ビーム)と粉末の表面との間の距離を判定することができる。1つ以上のセンサーは、制御システム(例えば、プロセッサ、コンピュータ)に接続されてもよい。

【0220】

システムは、第1のエネルギー源(例えば、図1、106)および第2のエネルギー源(例えば、図1、107)を備えることができる。一部の事例では、システムは3つ、4つ、または5つ以上のエネルギー源を備えることができる。システムはエネルギー源の列を備えることができる。一部の事例では、システムは第3のエネルギー源を備えることができる。第3のエネルギー源は、3D物体の形成の間に少なくとも3D物体の一区分を任意の点において加熱することができる。代替的にまたは追加的に、粉体層は、ランプ、加熱ロッド、または放射体(例えば、パネル放射体)を含む加熱部材によって加熱されてもよい。一部の事例では、システムは単一の(例えば、第1の)エネルギー源を有することができる。エネルギー源は、エネルギーを区域(例えば、限られた区域)へ送達するように構成されたエネルギー源とすることができる。エネルギー源は、エネルギーを限られた区域へ放射熱伝達を通して送達することができる。エネルギービームは、電磁、荷電粒子、または非荷電粒子ビームを含む放射を含んでもよい。エネルギービームは、電磁、電子、陽電子、陽子、プラズマ、またはイオン放射を含む放射を含んでもよい。電磁粒子ビームは、マイクロ波、赤外線、紫外線、または可視放射を含んでもよい。エネルギービーム

10

20

30

40

50

は、例えば、電磁エネルギービーム、電子ビーム、粒子ビーム、またはイオンビームを含んでもよい。イオンビームはカチオンまたはアニオンを含んでもよい。粒子ビームはラジカルを含んでもよい。電磁粒子ビームは、レーザービームを含んでもよい。エネルギー源はレーザー源を含んでもよい。エネルギー源は電子ガンを含んでもよい。エネルギー源は、エネルギーを点または区域に送達する能力を有するエネルギー源を含んでもよい。一部の実施形態では、エネルギー源をレーザーとすることができる。一実施例では、レーザーは、少なくとも約100ナノメートル(nm)、500nm、1000nm、1010nm、1020nm、1030nm、1040nm、1050nm、1060nm、1070nm、1080nm、1090nm、1100nm、1200nm、1500nm、1600nm、1700nm、1800nm、1900nm、または2000nmのピーク波長で光エネルギーを提供することができる。一実施例では、レーザーは、最大で約2000nm、1900nm、1800nm、1700nm、1600nm、1500nm、1200nm、1100nm、1090nm、1080nm、1070nm、1060nm、1050nm、1040nm、1030nm、1020nm、1010nm、1000nm、500nm、または100nmのピーク波長で光エネルギーを提供することができる。レーザーは、前述のピーク波長の値のいずれかの間のピーク波長で光エネルギーを提供することができる。例えば、レーザーは、約100nm~約2000nm、約500nm~約1500nm、または約1000nm~約1100nmのピーク波長で光エネルギーを提供することができる。第1のエネルギー源および/または第2のエネルギー源からのエネルギービームを粉体層(例えば、101)の頂部表面上に入射する、またはこれに向けることができる。エネルギービームを粉体層の指定の区域上に指定の時間期間の間に入射することができる。粉体層内の粉末材料は、エネルギービームからエネルギーを吸収することができる、そして結果として、粉末材料の局所化された領域の温度が増加する可能性がある。エネルギービームを、粉体層の頂部(すなわち、露出した)表面に対して並進移動することができるように、移動可能にすることができる。一部の事例では、エネルギー源は、粉体層の頂部表面に対して並進移動することができるように移動可能であってもよい。検流計、スキャナー、多角形、メカニカルステージ、またはこれらの任意の組み合わせを介して、第1のエネルギービーム、および所望により第2のエネルギービーム、ならびに/またはエネルギー源を移動することができる。組み合わせ第1のスキャナー(例えば、図1、108)を用いて第1のエネルギー源および/またはエネルギービームを移動可能とすることができる。所望により、第2のスキャナー(例えば、図1、109)を用いて第2のエネルギー源および/またはエネルギービームを移動可能とすることができる。第1のエネルギー源および所望により第2のエネルギー源、ならびに/またはエネルギービームは相互に並進移動することができる。一部の事例では、第1のエネルギー源もしくは第2のエネルギー源および/またはエネルギービームの移動が、所望により第2のエネルギー源または第1のエネルギー源の移動と比較してより速いように、第1のエネルギー源および所望により第2のエネルギー源、ならびに/またはエネルギービームは異なる速度で並進移動することができる。

【0221】

エネルギー(例えば、熱)を粉末から冷却部材(例えば、ヒートシンク図1、110)へと伝達することができる。冷却部材は、粉末層の少なくとも一部分からエネルギーを取り去るように、エネルギー伝達を促進することができる。一部の事例では、冷却部材を熱伝導性のプレートとすることができる。冷却部材は、効率的な冷却を持続するために冷却部材の表面から粉末および/またはプロセス破片を取り除くクリーニング機構(例えば、クリーニングデバイス)を備えることができる。破片は、泥、ダスト、粉末(例えば、加熱、溶融、蒸発、および/または他のプロセス移行の結果としてもたらされる)、または3D物体の一部を形成しなかった硬化した材料を含む可能性がある。一部の事例では、クリーニング機構は、基部に隣接する方向にヒートシンクが移動するときに回転する固定回転ロッド、ロール、ブラシ、レーキ、へら、またはブレードを備えることができる。クリーニングは、円、三角形、正方形、五角形、六角形、八角形、または任意の他の多角形の

10

20

30

40

50

垂直断面（例えば、側面断面）を含んでもよい。垂直断面は、無定形であってもよい。一部の事例では、冷却部材が横方向ではない方向に移動するとき、クリーニング機構は回転する。一部の事例では、冷却部材は動作はなくて、クリーニング機構は回転する。一部の事例では、冷却部材は、少なくとも1つの表面（例えば、固着防止層）に粉末および/または破片が付着するのを防止する層でコーティングされた少なくとも1つの表面を備える。

【0222】

1つ以上の温度センサーは冷却部材の温度を検知することができる。温度センサーは、熱電対、サーミスタ、パイロメーター、温度計（例えば、抵抗温度計）、またはシリコンバンドギャップ温度センサーを備えることができる。冷却部材は2つ以上の熱伝導性のプレート（例えば、金属または金属合金）で作製することができる。冷却部材は銅またはアルミニウムを含むことができる。冷却部材（例えば、ヒートシンク）は熱を効率的に伝導する材料を含むことができる。効率的な熱伝導率は、少なくとも約20ワット毎メートル毎ケルビン（W/mK）、50W/mK、100W/mK、150W/mK、200W/mK、205W/mK、300W/mK、350W/mK、400W/mK、450W/mK、500W/mK、550W/mK、600W/mK、700W/mK、800W/mK、900W/mK、または1000W/mKであってもよい。効率的な熱伝導率は、前述の値の間の任意の値であってもよい。例えば、効率的な熱伝導率は、約400W/mK～約1000W/mK、または約200W/mK～約500W/mKであってもよい。ヒートシンクは元素金属または金属合金を含むことができる。ヒートシンクは、元素金属、金属合金、セラミック、元素状炭素の同素体、またはポリマーを含むことができる。ヒートシンクは、石、ゼオライト、粘土、またはガラスを含むことができる。ヒートシンク（例えば、110）を粉体層の頂部表面（例えば、101）の上方に定置することができる。ヒートシンクを粉体層の下方、または粉体層の表面の側面に定置することができる。一部の事例ではヒートシンクは粉体層の表面に接触することができる。ヒートシンクは粉体層の表面にちょうど接触することができる。ヒートシンクは粉体層の露出した表面に圧縮力を適用することができる。一部の事例では、ヒートシンクは粉体層の頂部表面の縁部を超えて延在することができる。一部の事例では、ヒートシンクは粉体層の頂部表面の縁部に至るまで延在することができる。一部の事例では、ヒートシンクは粉体層の頂部表面の縁部まで延在することができる。ヒートシンクは、粉末層内の粉末材料の初期の構成を実質的に変化させることなく粉末層の少なくとも一部分からのエネルギーの伝達を促進することができる。一部の事例では粉末層は完全にまたは部分的に形成された3D物体から成ることができる。ヒートシンクは、粉末層の少なくとも一部分からのエネルギーの伝達を、実質的に印刷された3D物体（またはその一部）の位置を本明細書で開示される位置変更値のいずれかによって変更することなく促進することができる。

【0223】

冷却部材は、粉体層もしくは粉体層内で形成された3D物体の加熱、冷却、または温度維持を可能にする熱伝達部材であってもよい。一部の実施例では、熱伝達部材は粉体層の外へのエネルギーの伝達を可能にする冷却部材である。熱伝達部材は粉体層へのエネルギーの伝達を可能にすることができる。

【0224】

熱伝達機構（例えば、伝導、自然対流、強制対流、および放射）のうちの任意の1つまたは組み合わせを通して粉体層からヒートシンクへと熱を伝達することができる。ヒートシンクは固体、液体、または半固体とすることができる。一部の実施例では、ヒートシンクは固体である。ヒートシンクは気体を含んでもよい。代替的に、ヒートシンクは1つ以上の開口（例えば、図2、205）を含むことができる。開口をパターンでまたは無作為に配置することができる。開口を縞状のパターンまたは市松模様のパターンで配置することができる。一部の事例では、粉末除去開口（例えば、吸込みノズル）を開口に隣接することができる。一例では、ヒートシンクをプレートとすることができる。ヒートシンクの

10

20

30

40

50

実施例を図2に示す。図2に示す実施例では、ヒートシンク201は、粉体層202の表面から距離dにあり、これは空隙を構成する。空隙は、調節可能、または固定とすることができる。制御システム（例えば、プロセッサ）によってヒートシンクを制御することができる。粉体層またはその一部分を変形するために好適な単位面積当たりの溶融エネルギーに基づいて、空隙を制御システムによって調節することができる。ヒートシンクと粉体層の表面との間に気体の層（例えば、203）を提供することができる。ヒートシンクは気体の層を通して粉体層に熱的に連結することができる。気体の層は、周囲気体（例えば、空気）、アルゴン、窒素、ヘリウム、ネオン、クリプトン、キセノン、水素、一酸化炭素、二酸化炭素、または酸素を含むことができる。一部の事例では、粉体層の頂部表面とヒートシンクとの間の所望の熱伝達特性を達成するように気体の層を選ぶことができる。距離センサーは気体空隙の距離を測定することができる。距離センサーは、光学センサー、静電容量センサー、または光学センサーと静電容量センサーとの両方を含んでもよい。一例では、高い熱伝導度を有する気体を選ぶことができる。気体空隙をヒートシンクと粉体層の露出した表面との間の環境とすることができる。空隙のサイズは制御される。一部の事例では、空隙内に回転気体気流を生成することができる。気流は、粉体層とヒートシンクとの間の対流熱伝達を増加、または発生させることができる。一部の事例では、気流を粉体層へと向けるためのヒートシンクに沿った周期的なくさびの存在を用いたヒートシンクの移動によって気流を駆動することができる。ヒートシンクの表面に沿ってくさびを約1 μm～約100 mm、または約10 μm～約10 mmの間隔距離で周期的に離間することができる。代替的にまたは追加的に、空隙内で気体流れを強制することによって気体空隙の中で対流気流を生成することができる。ヒートシンク内（例えば、ヒートシンクの表面内）に埋め込まれたノズルの第1の列または行列によって気体流れを強制することができる。粉体層の表面に向けてノズルを配向することができ、かつ気体が空隙内へと流れる（例えば、加圧気体の放出を介して）のを許容することができる。ノズルの第2の列または行列は、気体流れを作り出すために、ノズルの第1の列または行列によって導入された気体を取り除くことができる（例えば、真空機構を介して）。

10

20

30

40

50

【0225】

一部の事例では、ヒートシンクは熱交換器（例えば、204）を備えることができる。ヒートシンクの温度を一定の標的温度に維持するように熱交換器（例えば、サーモスタット）を構成することができる。一部の事例では標的温度を周囲温度より高く、周囲温度より低く、または周囲温度と実質的に等しくすることができる。熱交換器は、ヒートシンク内に埋め込まれた配管系（例えば、管またはコイル）を通して冷却流体を循環することができる。冷却流体は、ヒートシンクから任意の1つの熱伝達機構（例えば、伝導、自然対流、強制対流、および放射）またはその組み合わせを通して熱を吸収するように構成することができる。冷却流体は、水、油、または冷媒（例えば、R34a）とすることができる。一部の実施例では、冷却部材は粉体層内に埋め込まれていない（例えば、管の形態で）。

【0226】

冷却部材は機械的接触を通して粉末の表面を冷却することができる。冷却部材は、最大でも約1秒（s）、5 s、10 s、20 s、30 s、40 s、50 s、60 s、70 s、80 s、90 s、100 s、110 s、120 s、130 s、140 s、150 s、160 s、170 s、180 s、190 s、200 s、210 s、220 s、230 s、240 s、250 s、260 s、270 s、280 s、290 s、300 s、10分、15分、30分、1時間、3時間、6時間、12時間、1日以下の間、粉体層の表面と接触することができる。冷却部材は、少なくとも約1秒（s）、5 s、10 s、20 s、30 s、40 s、50 s、60 s、70 s、80 s、90 s、100 s、110 s、120 s、130 s、140 s、150 s、160 s、170 s、180 s、190 s、200 s、210 s、220 s、230 s、240 s、250 s、260 s、270 s、280 s、290 s、300 s、10分、15分、30分、1時間、3時間、6時間、12時間、1日以上の間、粉体層の表面と接触することができる。冷却部材は、任意の前述の時間期間の

間の時間の間、粉体層の表面と接触することができる。例えば、冷却部材は、約 1 s ~ 約 15 分、約 1 s ~ 約 10 分、約 1 s ~ 約 5 分、約 1 s ~ 約 1 分、または約 1 s ~ 約 30 s の時間期間の間、粉体層の表面と接触することができる。冷却部材は、粉体層の表面に面積に沿って接触するプレートとすることができる。一部の事例では冷却部材は粉末の表面に沿って転がる 1 つ以上の円柱とすることができる。代替的に、冷却部材は粉末の表面に沿って延びるベルトとすることができる。冷却部材は、冷却表面積および深さを高めるために粉末の中へと入り込むように構成されたスパイク、隆起部、または他の突出特徴部を備えることができる。突出特徴部は屈曲可能（例えば、柔軟）であっても、または屈曲不可能（例えば、剛直）であってもよい。

【0227】

一部の事例では冷却部材は粉末材料の中に属していない。別の実施例では、冷却部材は粉末材料の中に属していてもよい。冷却部材はダクトまたは管とすることができる。

【0228】

一部の事例では、冷却部材はプレートではない。冷却部材は冷却された粉末層とすることができる。冷却された粉末層は、ヒートシンクとして作用することができる。冷却された粉末層を、基部および/または別の粉末層に隣接する粉末材料を提供および/または移動するレーキ部材と統合することができる。レーキ部材は、少なくとも約 0.5 mm、1 mm、5 mm、10 mm、15 mm、20 mm、25 mm、または 30 mm の厚さで、冷却された粉末の層を第 1 の粉末層に隣接して提供することができる。レーキ部材は、最大で約 0.5 mm、1 mm、5 mm、10 mm、15 mm、20 mm、25 mm、または 30 mm の厚さで、冷却された粉末の層を第 1 の粉末層に隣接して提供することができる。第 1 の粉末層からの熱（例えば、熱エネルギー）を第 1 の粉末層から冷却された粉末層への熱伝達によって取り除くことができる。冷却された粉末層を、最高でも約 -40、-20、-10、0、10、20、25、30、40、50、60、70、80、90、100、200、300、400、または 500 の温度で提供することができる。冷却された粉末層を、少なくとも約 -40、-20、-10、0、10、20、25、30、40、50、60、70、80、90、100、200、300、400、または 500 の温度で提供することができる。冷却された粉末層を上記に列挙された温度値の間の温度で提供することができる。熱伝達が生じた後、残りの部分の層が最大でも約 500 μm、250 μm、100 μm、50 μm、45 μm、40 μm、35 μm、30 μm、35 μm、30 μm、25 μm、20 μm、15 μm、5 μm、1 μm、または 0.5 μm の厚さを有するように、冷却された粉末の層のほとんどを取り除くことができる。3D 物体の少なくとも一部分を形成するために、冷却された粉末の残りの部分を、第 1 のエネルギー源および所望により第 2 の（または追加的な）エネルギー源のいずれかまたは両方に露出することができる。

【0229】

図 9 は、3D 印刷プロセスを使用して 3D 物体を生成するために使用することができるシステムの別の実施例を図示する。図 9 に示されるシステム 900 は、図 1 に示されるシステムと類似である可能性がある。図 9 に示されるシステム 900 は、図 1 に示されるシステムに含まれる構成要素の少なくとも一部を含むことができる。図 9 に示されるシステム 900 は、図 1 に含まれない追加的な構成要素を備えることができる。

【0230】

システム 900 はエンクロージャ（例えば、チャンバ 901）を含むことができる。システム 900 内の構成要素の少なくとも一区分をチャンバ 901 内で包囲することができる。気体環境を作り出すためにチャンバ 901 の少なくとも一区分を気体で満たすことができる。気体は不活性気体（例えば、アルゴン、ネオン、またはヘリウム）とすることができる。チャンバを別の気体または気体の混合物で満たすことができる。気体は非反応性気体（例えば、不活性気体）とすることができる。気体環境は、アルゴン、窒素、ヘリウム、ネオン、クリプトン、キセノン、水素、一酸化炭素、または二酸化炭素を含むことが

10

20

30

40

50

できる。チャンバ内の圧力は、少なくとも 10^{-7} Torr、 10^{-6} Torr、 10^{-5} Torr、 10^{-4} Torr、 10^{-3} Torr、 10^{-2} Torr、 10^{-1} Torr、1 Torr、10 Torr、100 Torr、1 bar、2 bar、3 bar、4 bar、5 bar、10 bar、20 bar、30 bar、40 bar、50 bar、100 bar、200 bar、300 bar、400 bar、500 bar、1000 bar 以上とすることができる。チャンバ内の圧力は、少なくとも100 Torr、200 Torr、300 Torr、400 Torr、500 Torr、600 Torr、700 Torr、720 Torr、740 Torr、750 Torr、760 Torr、900 Torr、1000 Torr、1100 Torr、1200 Torrとすることができる。チャンバ内の圧力は、最大で 10^{-7} Torr、 10^{-6} Torr、 10^{-5} Torr、または 10^{-4} Torr、 10^{-3} Torr、 10^{-2} Torr、 10^{-1} Torr、1 Torr、10 Torr、100 Torr、200 Torr、300 Torr、400 Torr、500 Torr、600 Torr、700 Torr、720 Torr、740 Torr、750 Torr、760 Torr、900 Torr、1000 Torr、1100 Torr、または1200 Torrとすることができる。チャンバ内の圧力は、任意の前記の圧力値の間の範囲とすることができる。例えば、圧力は、約 10^{-7} Torr ~ 約1200 Torr、約 10^{-7} Torr ~ 約1 Torr、約1 Torr ~ 約1200 Torr、または約 10^{-2} Torr 約10 Torr であってもよい。一部の事例では、チャンバ内の圧力は標準大気圧とすることができる。一部の実施例では、チャンバ901は真空圧力下とすることができる。

10

20

【0231】

チャンバは2つ以上の気体層を備えることができる。分子量または密度によって気体層を分離することができ、第1の分子量または密度を有する第1の気体はチャンバの第1の領域（例えば、903）内に位置付けられ、かつ第1の分子量または密度より小さい第2の分子量または密度を有する第2の気体はチャンバの第2の領域（例えば、902）内に位置付けられる。気体層は温度によって分離することができる。第1の気体は、第2の気体に対してチャンバのより低い領域とすることができる。第2の気体と第1の気体を隣接した場所とすることができる。第2の気体を第1の気体の頂部、上を覆って、および/または上方とすることができる。一部の事例では、第1の気体はアルゴンとすることができる、そして第2の気体はヘリウムとすることができる。第1の気体の分子量または密度を第2の気体の分子量または密度よりも少なくとも約1.5*、2*、3*、4*、5*、10*、15*、20*、25*、30*、35*、40*、50*、55*、60*、70*、75*、80*、90*、100*、200*、300*、400*、または500*より高くまたはより大きくすることができる。本明細書で使用される「*」は数学的演算「かける」を示す。第1の気体の分子量を空気の分子量より大きくすることができる。第1の気体の分子量または密度を酸素気体（例えば、 O_2 ）の分子量または密度より大きくすることができる。第1の気体の分子量または密度を窒素気体（例えば、 N_2 ）の分子量または密度より大きくすることができる。時々、第1の気体の分子量または密度は、酸素気体または窒素気体のものより小さい場合がある。

30

【0232】

比較的高い分子量または密度を有する第1の気体は粉末の少なくとも一区分が保存されるシステムの領域（例えば、903）を満たすことができる。比較的低い分子量または密度を有する第2の気体は3D物体が形成されるシステムの領域（例えば、902）を満たすことができる。3D物体が形成される領域は、少なくとも3D物体の一区分を形成するためにエネルギーを所定のパターンで受ける粉末層を含むことができ、粉末層を基板（例えば、904）上で支持することができる。基板は、円、長方形、正方形、または不規則な形状の断面を有することができる。基板は基板の上方に配置される基部を備えてもよい。基板は基板と粉末層（または粉末層によって占められる空間）との間に配置される基部を備えてもよい。3D物体が形成される領域は、粉末材料を粉末層に沿って移動および/または平準化するように構成された平準化機構（例えば、ロール、ブラシ、レーキ、へら

40

50

、またはブレード)をさらに含むことができる。平準化機構は、円、三角形、正方形、五角形、六角形、八角形、もしくは任意の他の多角形、またはこれらの形状の部分的な形状もしくは組み合わせの垂直断面(例えば、側面断面)を含んでもよい。平準化機構は無定形の垂直断面(例えば、側面断面)を含んでもよい。平準化機構は1つ以上のブレードを含んでもよい。一部の実施例では、平準化機構は、2つの鏡面对称の側、または2つの鏡面对称のブレードを形成するために付着した2つのブレードを有するブレードを備える。かかる鏡面对称配設は、平準化機構が一方の側面および反対側の側面で進むとき、類似の作用を確保しうる。熱制御ユニット(例えば、ヒートシンクもしくは冷却プレートなどの冷却部材、加熱プレート、またはサーモスタット)を、3D物体が形成されるまたは3D物体が形成される領域に隣接する領域の中に提供することができる。熱制御ユニットを、3D物体が形成される領域の外(例えば、所定の距離において)に提供することができる。一部の事例では、熱制御ユニットは、3D物体が形成される少なくとも1つの境界領域のセクション(例えば、粉体層を収容する容器)を形成することができる。

10

20

30

40

50

【0233】

チャンバ内の酸素濃度を最小化することができる。チャンバ内の酸素濃度または湿度を所定の閾値より低い値に維持することができる。例えば、チャンバの気体組成物は、最高で約100十億分率(ppb)、10ppb、1ppb、0.1ppb、0.01ppb、0.001ppb、100百万分率(ppm)、10ppm、1ppm、0.1ppm、0.01ppm、または0.001ppmのレベルの酸素または湿度を含有することができる。チャンバの気体組成物は任意の前述の値の間の酸素または湿度レベルを含有することができる。例えば、チャンバの気体組成物は、約100ppb~約0.001ppm、約1ppb~約0.01ppm、または約1ppm~約0.1ppmの酸素または湿度のレベルを含有することができる。一部の事例では、3D物体の形成の完了時にチャンバを開けることができる。チャンバを開けたとき、酸素および/または湿度を含有する周囲空気がチャンバ内に入る可能性がある。例えば、チャンバが開いている間不活性気体を流すこと(例えば、周囲空気が入るのを防ぐため)によって、または粉体層の表面の上に載る重い気体(例えば、アルゴン)を流すことによってチャンバ内の1つ以上の構成要素の空気への露出を低減することができる。一部の事例では、チャンバが開いている間、表面上の酸素および/または水を吸収する構成要素を密封することができる。

【0234】

チャンバ内の気体がチャンバからチャンバの外側の環境への比較的低い漏れ速度を有するようにチャンバを構成することができる。一部の事例では、漏れ速度を最大でも約100ミリトル/分(mTorr/min)、50mTorr/min、25mTorr/min、15mTorr/min、10mTorr/min、5mTorr/min、1mTorr/min、0.5mTorr/min、0.1mTorr/min、0.05mTorr/min、0.01mTorr/min、0.005mTorr/min、0.001mTorr/min、0.0005mTorr/min、または0.0001mTorr/minとすることができる。漏れ速度は任意の前述の漏れ速度の間(例えば、約0.0001mTorr/min~約100mTorr/min、約1mTorr/min~約、100mTorr/min、または約1mTorr/min~約、100mTorr/min)としうる。チャンバの内側からチャンバの外側の環境への気体の漏れ速度が低いようにチャンバ(例えば、901)を密封することができる。密封は、ピストン上のリング、ゴムシール、金属シール、ロードロック、またはベローズを備えることができる。一部の事例ではチャンバは指定の漏れ速度より高い漏れを検出するように(例えば、センサーを使用することによって)構成されたコントローラを有することができる。センサーはコントローラに連結されてもよい。一部の事例では、コントローラは所与の時間間隔にわたるチャンバ内の圧力の減少を検出することによって漏れを識別することができる。

【0235】

粉末材料から3D物体を形成するために粉末を基板(例えば、904)上に払い出すこ

とができる。粉末払い出し機構（例えば、905、粉末払い出し器など、）から粉末を払い出すことができる。粉末払い出し機構は粉体層に隣接することができる。粉末払い出し機構は粉体層の全幅、粉体層の全長、または粉体層の一部分に及ぶ場合がある。粉末払い出し機構は粉末送達構成要素の列（例えば、粉末払い出し器の列）を備えてもよい。粉末送達構成要素の列は均等にまたは不均等に離間している場合がある。粉末払い出し構成要素の列は、最大で0.1mm、0.3mm、0.5mm、1mm、1.5mm、2mm、3mm、4mm、または5mm離間していてもよい。粉末送達構成要素の列は、少なくとも0.1mm、0.3mm、0.5mm、1mm、1.5mm、2mm、3mm、4mm、または5mm離間していてもよい。粉末送達構成要素（例えば、部材）の列は任意の前述の平準化部材の空間の間（例えば、約0.1mm～約5mm、約0.1mm～約2mm、約1.5mm～約5mm）離間していてもよい。平準化機構は粉末払い出し機構と連結されてもよく、またはその一部であってもよい。平準化機構は粉末材料の層内の粉末を緻密化してもよい。一部の事例では、平準化機構は実質的に粉末材料の層内の粉末を緻密化しない。

10

20

30

40

50

【0236】

図13A～図13Dは粉末材料を払い出すための様々な機構の垂直側面断面を概略的に図示する。図13Aは、表面1310の上方に置かれた、方向1306に移動する粉末払い出し器1303を図示する。図13Bは、表面1317の上方に置かれた、方向1314に移動する粉末払い出し器1311を図示する。図13Cは、表面1325の上方に置かれた、方向1321に移動する粉末払い出し器1318を図示する。図13Dは、表面1333の上方に置かれた、方向1329に移動する粉末払い出し器1326を図示する。

【0237】

粉末払い出し機構は粉末除去機構（例えば、粉末除去部材）に連結されてもよく、またはその一部であってもよい。粉末除去部材は本明細書では粉末除去システムと称される場合がある。例えば、図25Cは、粉末除去システムと統合された粉末払い出し機構（例えば、2531）を示す。そのシステム（すなわち、機構）では、粉末送達構成要素（例えば、2533）は離間され、かつ粉末除去機構構成要素（例えば、2532）と統合される。構成要素の統合はパターンを形成してもよく、またはその各々が構成要素の1つのタイプを含有する2つのグループに分離されてもよく、または無作為に置かれてもよい。1つ以上の粉末出口ポートおよび1つ以上の真空入口ポートは、パターンで（例えば、連続して）、一緒にグループ化されて、または無作為に配設されてもよい。1つ以上の粉末出口ポートおよび1つ以上の真空入口ポートは、逐次的に、同時に、協調して、または相互に分離して動作する。

【0238】

粉末払い出し機構は粉末除去システムと粉末平準化システムとの両方と統合されてもよい。図24は、3つのシステムの統合の実施例を示す。方向2401に沿って粉体層2409の上方にシステムが移動すると、粉末払い出し機構2406は粉末材料2407を堆積する。送達システムは粉末平準化システム2405に連結され（例えば、2403を通して）、これは平準化構成要素2408（例えば、ナイフ）を含み、かつ堆積した粉末材料2411を平準化する。粉末平準化システムは粉末除去システム2404に連結され（例えば、2402を通して）、これは平準化した粉末層2411の頂部表面に接触することなく堆積および平準化した粉末材料を取り除く。図24、2421に例示するように、除去には陰圧（例えば、真空）を利用してもよい。

【0239】

図25A～図25Cは、粉末材料を取り除くための様々な機構の底面図を概略的に図示する。図25Aは、粉末入口開口ポート2512を有する粉末除去部材2511を概略的に図示する。図25Bは、複数の粉末入口開口ポート（例えば、2522）のマニホールド（例えば、2523）を有する粉末除去部材2521を概略的に図示する。図25Cは、粉末入口開口ポート（例えば、2532）、および粉末出口開口ポート（例えば、25

33) を有する統合された粉末払い出し除去部材 2531 を概略的に図示する。

【0240】

粉末除去システムを、基板（例えば、基板、基部、または粉体層）の上方、下方、および/または側面へと配向することができる。粉末除去システムは軸の周りを回転してもよい。回転軸は粉末が粉末除去システムに入る方向に垂直であってもよい。一部の実施例では、粉末除去システムは回転可能でなくてもよい。粉末除去システムは、水平方向に、垂直方向に、または角度を有して並進移動可能であってもよい。粉末除去システムは粉末入口開口ポートおよび粉末出口開口ポートを備えてもよい。粉末入口および粉末出口は同一の開口であってもよい。粉末入口および粉末出口は異なる開口であってもよい。粉末入口および粉末出口は空間的に分離されていてもよい。空間的分離は、粉末除去システムの外部表面上であってもよい。粉末入口および粉末出口は接続されていてもよい。粉末入口および粉末出口は粉末除去システム内で接続されていてもよい。接続は粉末除去システム内の内部空洞であってもよい。例えば、図24は、粉末がこれを通して入るノズル2413開口を有する粉末除去システム2404を概略的に示す。ノズルは単一の開口または複数の開口を備えてもよい。複数の開口を一体にしてもよい（例えば、1つのノズル内に）。図24は3つの開口2415、2417、および2419を有するノズルを概略的に図示する。複数の開口は垂直方向に平準化（例えば、整列）されていてもよい。一部の事例では、複数の開口のうち少なくとも1つの開口は垂直方向に整列されていない。一部の事例では、開口のいずれも同一の垂直水準に属していない場合がある。図24は、各々異なる垂直水準上に属する3つの開口を例示する（例えば、2416、2418、および2420）。

10

20

【0241】

粉末材料は、内部空洞を通して粉末入口から粉末出口へと進んでもよい。例えば、図24は、開口2415、2417、および2419に入り、内部空洞2424を通して出口2423へと進む粉末材料を示す。一部の事例では、粉末材料を粉体層の上方に位置付けられた頂部粉末除去システムから払い出すことができる。頂部粉末除去システムは、粉体層の上方の位置から所定の時間に、所定の速度で、所定の場所で、所定の除去スキームで、またはこれらの任意の組み合わせで粉体層から粉末を取り除くことができる。一部の事例では、粉末除去システムは粉体層（例えば、粉体層の露出した表面）に接触する。一部の事例では、粉末除去システムは粉体層（例えば、粉体層の露出した表面）に接触しない。粉末除去システムは空隙によって粉体層の頂部表面（例えば、露出した粉体層の表面）から分離されてもよい。空隙は調節可能であってもよい。粉体層の露出した表面からの空隙の垂直距離は、少なくとも約0.5mm、1mm、2mm、3mm、4mm、5mm、6mm、7mm、8mm、9mm、10mm、20mm、30mm、40mm、50mm、60mm、70mm、80mm、90mm、または100mmであってもよい。粉体層の露出した表面からの空隙の垂直距離は、最大で約0.5mm、1mm、2mm、3mm、4mm、5mm、6mm、7mm、8mm、9mm、10mm、20mm、30mm、40mm、50mm、60mm、70mm、80mm、90mm、または100mmであってもよい。粉体層の露出した表面からの空隙の垂直距離は、前述の値の間の任意の値であってもよい（例えば、約0.5mm～約100mm、約0.5mm～約60mm、または約40mm～約100mm）。頂部粉末除去システムは少なくとも1つの開口を有してもよい。開口のサイズ、開口の形状、開口のタイミングおよび期間は、コントローラによって制御されてもよい。頂部払い出し粉末払い出し器は、粉体層の表面の頂部表面と比較してより高い高さから粉末を取り除くことができる。粉末払い出し機構は、少なくとも粉体層の一区分から粉末を取り除くことができる。粉末除去システムは、粉体層から粉末除去システムの内側に向けて粉末材料を進ませる力を備えてもよい。粉末除去システムは、陰圧（例えば、真空）、静電気力、電気力、磁力または物理的力を備えてもよい。粉末除去システムは、粉末を粉体層から離れさせそして粉末除去圧力の開口の中へと進ませる、陽圧（例えば、気体の）を備えてもよい。気体は本明細書で開示される任意の気体を含んでもよい。気体は粉体層内に残っている粉末材料の流動化を支援する場合がある。取

30

40

50

り除かれた粉末材料はリサイクルされ、そして粉末払い出しシステムによって粉体層の中へと再適用されてもよい。粉末は粉末除去システムの動作を通して連続的にリサイクルされてもよい。粉末は、各材料の層が堆積された（例えば、そして平準化された）後、リサイクルされてもよい。粉末は、いくつかの材料の層が堆積された（例えば、そして平準化された）後、リサイクルされてもよい。粉末は、各3D物体が印刷された後リサイクルされてもよい。

【0242】

本明細書に記述される粉末除去システムのいずれかは、粉末の貯留槽および/または粉末を貯留槽から粉末払い出しシステムへと送達するように構成された機構を含むことができる。貯留槽内の粉末を取り扱うことができる。取り扱いは、加熱すること、冷却すること、所定の温度を維持すること、篩にかけること、濾過すること、または流動化すること（例えば、気体を用いて）を含んでもよい。平準化機構（例えば、図11、1103、図12A～図12F、1202、1207、1212、1217、1222、もしくは1227、または図15、1503、レーキ、ロール、ブラシ、へら、またはブレードなどの）を粉末除去するシステムと同期させることができる。

【0243】

粉末除去機構は、粉末がこれを通して粉体層の頂部表面から吸込みデバイスに入る開口（例えば、図23、2312）を有してもよい。粉末が吸込みデバイスに入る入口チャンバ（例えば、図23、2305）を任意の形状とすることができる。入口チャンバをチューブ（例えば、可撓性のまたは剛直な）とすることができる。入口チャンバを漏斗状とすることができる。入口チャンバは、長方形断面または円錐状断面を有することができる。入口チャンバは無定形状を有することができる。粉末除去機構（例えば、吸込みデバイス）は1つ以上の吸込みノズルを備えてもよい。吸込みノズルは本明細書に記述されるいずれかのノズルを備えてもよい。ノズルは、本明細書に記述される単一の開口または複数の開口から成ってもよい。開口は、垂直方向に平準化されていてもよく、または平準化されていなくてもよい。開口は、垂直方向に整列されていてもよく、または整列されていなくてもよい。一部の実施例では、複数の開口のうちの少なくとも2つは整列されていなくてもよい。複数の吸込みノズルは、基板（例えば、図23、2311）に対して、同一の高さ、または異なる高さで整列されていてもよい（例えば、垂直高さ）。異なる高さのノズルは、吸込みデバイス内でパターンを形成してもよく、または無作為に置かれてもよい。ノズルは1つのタイプであってもよく、または異なるタイプであってもよい。粉末除去機構（例えば、吸込みデバイス）は、例えば、ノズルの側面に隣接して湾曲した表面を備えてもよい。ノズルを通して入る粉末材料は湾曲した表面において収集されてもよい。ノズルはコーンを備えてもよい。コーンは収束型コーンであっても、または発散型コーンであってもよい。粉末除去機構（例えば、吸込みデバイス）は粉末貯留槽を含んでもよい。粉末除去機構に入る粉末は、時々粉末除去機構貯留槽へ入る。各粉末層が平準化された後、各粉末層が満たされているとき、構築サイクルの終了時、または思いついたときに貯留槽を空にすることができる。粉末除去機構の動作の間に貯留槽を連続的に空にすることができる。図23、2307は吸込みデバイス内の粉末貯留槽の実施例を示す。時々、粉末除去機構は貯留槽を有しない。時々、粉末除去機構は外部貯留槽へと導く粉末除去（例えば、吸込み）チャンネルを構成する。粉末除去機構は内部貯留槽を備えてもよい。

【0244】

粉末除去機構は、動作の方向に対して平準化部材（例えば、ローラー）より前に横方向に進んでもよい。粉末除去機構は、動作の方向に対して平準化部材より後に横方向に進んでもよい。粉末除去機構は平準化部材の一部であってもよい。粉末除去機構は平準化部材であってもよい。粉末除去機構は平準化部材（例えば、ローラー）に接続されてもよい。粉末除去機構は平準化部材と接続されていなくてもよい。粉末除去機構は粉末入口（例えば、吸込みデバイスまたはノズル）の列を備えてもよい。粉末入り口（例えば、ノズル、粉末開口、または開口の一体化）の列は均等に離間していてもよく、または不均等に離間していてもよい。粉末入口の列は最大で約0.1mm、0.3mm、0.5mm、1mm

10

20

30

40

50

、1.5 mm、2 mm、3 mm、4 mm、または5 mm 離間していてもよい。粉末入口の列は少なくとも約0.1 mm、0.3 mm、0.5 mm、1 mm、1.5 mm、2 mm、3 mm、4 mm、または5 mm 離間していてもよい。粉末入口の列は、任意の前述の平準化部材の空間（例えば、約0.1 mm～約5 mm、約0.1 mm～約2 mm、約1.5 mm～約5 mm）の間離間していてもよい。

【0245】

コントローラは粉末除去システムを制御してもよい。コントローラは粉末除去システムの横方向移動の速さ（速度）を制御してもよい。コントローラは粉末除去システム内の圧力（例えば、真空または陽圧）のレベルを制御してもよい。圧力レベル（例えば、真空または陽圧）は一定であってもまたは変動してもよい。圧力レベルは手動でまたはコントローラによってオンにしてもよく、またオフにしてもよい。圧力レベルは約1大気圧（760 Torr）より低くてもよい。圧力レベルは本明細書で開示される任意の圧力レベルであってもよい。コントローラは粉末除去システム内で及ぼされるまたは粉末除去システム内に属する力の量を制御してもよい。例えば、コントローラは粉末除去システムによって及ぼされる磁力、電気力、静電気力、または物理的な力の量を制御してもよい。前述の力が及ぼされる場合および前述の力が及ぼされるとき、コントローラはこれらを制御してもよい。

10

【0246】

粉末払い出し機構は上方に、下方に、および/または粉体層（またはその容器）に対して配向されてもよい。粉末払い出し機構は軸の周りを回転してもよい。回転軸は粉末が粉末払い出し機構を出る方向に垂直であってもよい。一部の実施例では、粉末払い出し機構は回転可能でなくてもよい。粉末払い出し機構は、実質的に水平に、垂直に、または角度を有して並進移動可能であってもよい。粉末払い出し機構の回転軸は、並進移動の方向に垂直または平行であってもよい。粉末払い出し機構は粉末入口開口ポートおよび粉末出口開口ポートを備えてもよい。粉末入口および粉末出口は同一の開口であってもよい。粉末入口および粉末出口は異なる開口であってもよい。粉末入口および粉末出口は空間的に分離されていてもよい。空間的分離は、粉末払い出し機構の外部表面上であってもよい。粉末入口および粉末出口は接続されていてもよい。粉末入口および粉末出口は粉末払い出し機構内で接続されていてもよい。接続は粉末払い出し機構内の内部空洞であってもよい。粉末材料は、内部空洞を通して粉末入口から粉末出口へと進んでもよい。一部の事例では、粉末材料を基板の上方に位置付けられた頂部払い出し粉末払い出し器から払い出すことができる。頂部払い出し粉末払い出し器は、所定の時間、所定の速度、所定の場所、所定の払い出しスキーム、またはこれらの任意の組み合わせで粉末を基板の上方の位置から基板上に放出することができる。頂部払い出し粉末払い出し器は少なくとも1つの開口を有してもよい。開口のサイズ、開口の形状、開口のタイミングおよび期間は、コントローラによって制御されてもよい。頂部払い出し粉末払い出し器は、基板の表面と比較してより高い高さから基板上に粉末を放出することができる。粉末払い出し機構は基板904の少なくとも一の区分の上に粉末を払い出すことができる。粉末払い出し機構は気体が進む開口を備えてもよい。気体は本明細書で開示される任意の気体を含んでもよい。気体は粉末払い出し器貯留槽内に属する、または粉末払い出し機構から払い出される粉末材料の流動化を支援する場合がある。

20

30

40

【0247】

粉末払い出し機構は気体がこれを通して流れるチャンバを備えてもよい。粉末払い出し機構チャンバは単一の区画または複数の区画を備えてもよい。複数の区画は、同一の、または異なる垂直断面、水平断面、表面積、もしくは体積を有してもよい。区画の壁は、同一の、または異なる材料を含んでもよい。複数の区画は、気体が1つの区画から別の区画へと進んでもよい（流れてもよい）ように接続されてもよい（本明細書では「流動可能に接続された」と称する）。複数の区画は、気体によって取り上げられた粉末材料（例えば、浮遊粉末材料）が1つの区画から別の区画へと進んでもよい（流れてもよい）ように接続されていてもよい。図27Cは、粉末払い出し機構の内部空洞の中の気体流れ2733

50

によって図示されるように流動可能に接続された様々な垂直断面の3つの区画(2738、2739、および2740)を有する粉末払い出し機構の実施例を示す。粉末払い出し機構チャンバは気体入口、気体出口、粉末入口、および粉末出口を備えてもよい。一部の実施例では、粉末払い出し機構チャンバは2つの粉末出口から成ってもよい。気体入口および粉末材料入口は、同一の入り口であってもよく、または異なる入り口であってもよい。気体出口および粉末材料出口は、同一の入り口であってもよく、または異なる入り口であってもよい。基板、基部、または露出した粉体層の表面に面する部分は、本明細書では底部部分とされる。基板、基部、または露出した粉体層の表面から離れるように向いている部分は、本明細書では頂部部分とされる。頂部または底部部分とは異なる部分は本明細書では側面部分とされる。一部の実施例では、粉末出口は基板、基部、または露出した粉体層の表面に面する。一部の実施例では、粉末出口は粉末払い出しシステムの底部に属する。底部出口は、メッシュ、スリット、孔、傾斜したパツフル、こけら板、ランプ、傾斜した平面、またはこれらの任意の組み合わせを備えてもよい。例えば、図27Aは、粉末払い出し機構の底部のメッシュ2715の実施例を示し、図27Bは、メッシュ2725と傾斜したパツフル(例えば、2726)との組合せの実施例を示し、そして図27Cは、粉末払い出し機構の底部における傾斜したパツフル(例えば、2736)の実施例を示す。メッシュは本明細書で開示される任意のメッシュ値を有してもよい。一部の実施例では、メッシュは少なくとも約5 μ m、10 μ m、20 μ m、30 μ m、40 μ m、50 μ m、60 μ m、70 μ m、80 μ m、90 μ m、100 μ m、200 μ m、300 μ m、400 μ m、500 μ m、600 μ m、700 μ m、800 μ m、900 μ m、または1000 μ mの孔サイズを備えることができる。メッシュは、最大で約10 μ m、20 μ m、30 μ m、40 μ m、50 μ m、60 μ m、70 μ m、80 μ m、90 μ m、100 μ m、200 μ m、300 μ m、400 μ m、500 μ m、600 μ m、700 μ m、800 μ m、900 μ m、または1000 μ mの孔サイズを備えることができる。メッシュは本明細書で開示されるいずれかの孔サイズの間を備えることができる。例えば、メッシュは、約5 μ m~約1000 μ m、約5 μ m~約500 μ m、約400 μ m~約1000 μ m、または約200 μ m~約800 μ mの孔サイズを備えることができる。

10

20

30

40

【0248】

底部開口が置かれているチャンバは、入ってくる気体について対称(例えば、図27A)とすることができ、または比対称(例えば、図27D)とすることができ、気体流れの方向は、粉末払い出しシステムの横方向の移動の方向と一致することができ、これと一致しないことができ、またはこれと反対に流れさせることができる。例えば、図27Aは、気体流れ2713の方向が粉末払い出しシステム2712の横方向の移動の方向と一致する粉末払い出し機構を概略的に示す。粉末を底部開口から離して配置することができる。粉末は貯留槽から供給することができる。粉末の供給は、粉末払い出しチャンバの頂部から、底部から、または側面からとすることができる。例えば、図27Aは、粉末払い出し器チャンバの底部から粉末を送達する粉末貯留槽2719を示す。持ち上げ機構によって粉末を持ち上げることができる。持ち上げ機構はコンベアまたはエレベーターを含むことができる。持ち上げ機構は機械的リフトを備えることができる。持ち上げ機構は、エスカレーター、エレベーター、コンベア、リフト、ラム、プランジャー、オーガスクリュウ、またはアルキメデスポンプを含むことができる。持ち上げ機構は、気体(例えば、加圧気体)、重力、電気、熱(例えば、上記)、または重力(例えば、重量)によって支えられた輸送システムを備えることができる。コンベアは粗くてもよく、コンベアは、棚、突出部、または陥凹部を備えていてもよい。突出部または陥凹部は、気体はその内側を一方の側面から他方の側面へと流れるチャンバへと移送するために粉末材料を捕えてもよい。図27Bは、粉末払い出し器チャンバの頂部から粉末を送達する粉末貯留槽2729を示す。粉末送達は、本明細書に記述される任意の他の頂部粉末送達方法を含むことができる。

【0249】

気体は粉末払い出し機構チャンバ内をある速度で進んでもよい。速度は変化してもよい

50

。速度は変動可能であっても、または一定であってもよい。速度は少なくとも約マッハ0.001、マッハ0.03、マッハ0.005、マッハ0.07、マッハ0.01、マッハ0.03、マッハ0.05、マッハ0.07、マッハ0.1、マッハ0.3、マッハ0.5、マッハ0.7、またはマッハ1であってもよい。速度は変化してもよい。速度は変動可能であっても、または一定であってもよい。速度は、最大でも約マッハマッハ0.001、マッハ0.03、マッハ0.005、マッハ0.07、マッハ0.01、マッハ0.03、マッハ0.05、マッハ0.07、マッハ0.1、マッハ0.3、マッハ0.5、マッハ0.7、または1であってもよい。速度は、任意の前述の速度の値の間であってもよい。例えば、速度は、約マッハ0.01～約マッハ0.7、約マッハ0.005～約マッハ0.01、約マッハ0.05～約マッハ0.9、約マッハ0.007～約マッハ0.5、または約マッハ0.001～約マッハ1であってもよい。本明細書で使用される場合、マッハは、境界を通過する流速の局所音速に対する比を表すマッハ数を指す。

10

【0250】

本明細書に記述される粉末払い出し機構のいずれか（例えば、図9、905、図13C、1319、または図15、1508）は、粉末の貯留槽および貯留槽から粉体層へと粉末を送達するように構成された機構を備えることができる。貯留槽内の粉末を予熱する、冷却する、周囲温度にする、または所定の温度に維持することができる。平準化機構（例えば、図11、1103、図12A～図12F、1202、1207、1212、1217、1222、もしくは1227、または図15、1503、レーキ、ロール、ブラシ、へら、またはブレードなど）を粉末払い出し器と同期することができる。

20

【0251】

コントローラは粉末払い出し機構を制御してもよい。コントローラは粉末払い出し機構の横方向移動の速さ（速度）を制御してもよい。適用可能なとき、コントローラは粉末払い出しシステム内の気体速度を制御してもよい。コントローラは粉末払い出しシステムの中を進む気体のタイプを制御してもよい。コントローラは粉末払い出しシステムによって放出される粉末材料の量を制御してもよい。コントローラは粉体層内で粉末が堆積される位置を制御してもよい。コントローラは粉体層内の粉末堆積の半径を制御してもよい。コントローラは粉体層内の粉末堆積の速度を制御してもよい。コントローラは粉末払い出しシステムの垂直高さを制御してもよい。コントローラは粉末払い出しシステムの底部と粉体層の頂部表面との間の空隙を制御してもよい。コントローラは、粉末払い出しシステムの開口と粉末払い出しシステム内に含まれる傾斜した平面との間の空隙を制御してもよい。コントローラはその傾斜した平面の角度（シータ）制御してもよい。コントローラは、粉末払い出しシステムの一部である振動器（例えば、図28、2836）の振動の速度を制御してもよい。例えば、コントローラは粉末払い出しシステムの中の粉末貯留槽内の粉末の振動の速度を制御してもよい。

30

【0252】

層払い出し機構は、粉末材料を払い出し、粉末を粉体層内で平準化し、分配し、広げ、かつ/または取り除くことができる。平準化機構は、粉末を粉体層内で平準化し、分配し、かつ/または広げることができる。平準化機構は堆積した粉末層の高さ（例えば、粉体層の頂部上または粉体層を収容する容器内の）を低減することができる。平準化機構は粉末層の頂部部分を再位置付け、切断、刈り取り、または掻き取ることができる。一部の実施例では、平準化機構は粉末材料を取り除く（例えば、抜く）ことができる。一部の実施例では、粉末平準化機構（例えば、粉末除去機構）に接続された分離した機構によって粉末材料の除去を実施することができる。例えば、図15は、1517の高さからより低い1516の高さへと高さレベルを低減した平準化機構1503を示す。粉末払い出し器によって粉末が払い出されたとき、または粉末払い出し器によって粉末が払い出された後平準化を行うことができる。平準化を粉末払い出し機構と同期させることができる。平準化動作を粉末払い出し動作から分離することができる。平準化動作を粉末払い出し動作と統合することができる。平準化機構を加熱または冷却してもよい。平準化機構の構成要素の少なくとも一部を加熱または冷却してもよい。平準化機構は気体が通って進む開口を備え

40

50

てもよい。気体は本明細書で開示される任意の気体としうる。気体は粉末材料の流動化を支援する場合がある。一部の実施形態では、平準化部材（例えば、平準化機構）は粉末が粉体層にわたって実質的に均等に分配されるのを可能にする。平準化部材は、交換可能、取り外し可能、交換不可能、または取り外し不可能であってもよい。平準化部材は交換可能な部品を備えてもよい。平準化部材は粉体層にわたって粉末を分配してもよい。平準化部材は粉末払い出し機構（例えば、粉末払い出し器）の一部であってもよい。レーキ（例えば、図11、1103）は平準化部材の実施例である。平準化部材は、相互から少なくとも約1mm、2mm、3mm、4mm、5mm、または10mmだけ分離された粉体層の部分が、最大で約10mm、9mm、8mm、7mm、6mm、5mm、4mm、3mm、2mm、1mm、500 μ m、400 μ m、300 μ m、200 μ m、100 μ m、90 μ m、80 μ m、70 μ m、60 μ m、50 μ m、40 μ m、30 μ m、20 μ m、または10 μ mの、最大で約10mm、9mm、8mm、7mm、6mm、5mm、4mm、3mm、2mm、1mm、500 μ m、400 μ m、300 μ m、200 μ m、100 μ m、90 μ m、80、70 μ m、60 μ m、50 μ m、40 μ m、30 μ m、20 μ m、または10 μ mの、または前述の高さ偏差の値の間の任意の値の高さ偏差を有するように粉体層にわたる粉末均一性を提供することができる。例えば、平準化部材は、相互から約1mm～約10mmの距離だけ分離された粉体層の部分が、約10mm～約10 μ mの高さ偏差を有するように粉体層にわたる粉末均一性を提供することができる。平準化部材は、少なくとも1つの平面（例えば、水平平面）で、粉体層の頂部によって作り出される平均平面（例えば、水平平面）と比較して最大で約20%、10%、5%、2%、1%、または0.5%の平面的均一性からの偏差を達成しうる。

【0253】

図12A～図12Fは、粉末材料を広げかつ/または平準化するための様々な機構の垂直側面断面を概略的に図示する。図12Aは、方向1205に移動する表面1203に実質的に垂直に置かれたナイフ1207を概略的に図示する。図12Bは、方向1210に移動する表面1208に実質的に平行に置かれたナイフ1207を概略的に図示する。図12Cは、方向1215に移動する表面1213に実質的に平行に置かれたナイフ1212を概略的に図示する。図12Dは、方向1220に移動しながら置かれたスプリングローラー1217を概略的に図示する。図12Eは、方向1225に移動する表面1223に実質的に平行に置かれたローラー1222を概略的に図示する。図12Fは、方向1230に移動する表面1228に実質的に平行に置かれたローラー1227を概略的に図示する。

【0254】

図14A～図14Dは、粉末材料を広げかつ平準化するための様々な機構の垂直側面断面を概略的に図示し、平行四辺形1413、1423、1426、1446、1447、1453、および1456は本明細書に記述されるいずれかのブレードの概略的表現を概略的に図示し、長方形1415、1424、1444、および1454は本明細書に記述されるいずれかの粉末払い出し器の概略的表現を概略的に図示する。

【0255】

図24は、粉末材料を広げ、平準化し、かつ取り除くための機構の垂直側面断面を概略的に図示する。この図では、平行四辺形2408は本明細書に記述されるいずれかのブレードの概略的表現を図示し、長方形2406は本明細書に記述されるいずれかの粉末払い出し器の概略的表現を図示し、また長方形2404は本明細書に記述されるいずれかの粉末除去部材の概略的表現を図示する。

【0256】

一部の実施例では、平準化部材はローラー（例えば、円柱）を備える。ローラーは、粉末材料がこれを通してローラーを出ることができる1つ以上の開口ポート（すなわち、粉末出口ポート）を備えてもよい。出口はローラー（例えば、円柱のローラー）の長方形断面に沿って位置付けられてもよい。ローラーの長方形断面はローラーの高さを含んでもよい。粉末出口ポートは無作為に置かれてもよく、またはローラーの長方形断面に沿ってパ

ターン状で置かれてもよい。粉末出口ポートはローラーの長方形断面の中の線に沿って置かれてもよい。ローラーは、粉末がここからローラーに入る少なくとも1つの開口ポート（すなわち、粉末入口ポート）を備えてもよい。粉末入口はローラーの円の表面積（例えば、ローラーの側面）で、その長方形の表面積で、または円と長方形との両方の表面積で置かれていてもよい。開口（例えば、ポート）は、楕円（例えば、円）、平行四辺形（例えば、長方形または正方形）、三角形、任意の他の幾何学的形状、不規則な形状、もしくはいずれかの部分的な形状、またはこれらの形状の組み合わせを含む形状であってもよい。ローラーは、粉末を少なくとも1つの入口ポートおよび1つ以上の粉末出口ポートに接続する内部空洞を備えてもよい。内部空洞は、粉末が入口ポートから出口ポートへと流れ、こうして1つ以上の入口ポートと出口ポートとの間の流体接続を形成することができるようにする。粉末材料は、内部空洞を通して粉末入口から粉末出口へと進んでもよい（例えば、流れてもよい）。粉末開口ポートの形状および/またはサイズがローラーから分配される粉末の量を決定する場合がある。ローラーは回転可能であってもよい。ローラーはその高さに沿って（例えば、その長軸に沿って）回転してもよい。ローラーの長軸は全粉体層、または粉体層の一部に及びうる。ローラーの回転速度（ローラーの回転数）はローラーによって分配される粉末の量を決定する場合がある。回転速度はローラーによって粉末が分配される面積を決定する場合がある。ローラーは制御システムに連結されてもよい。制御システムは円筒の回転速度、および/またはその横方向移動（例えば、粉体層に沿った）、水平移動、もしくは角移動を制御する場合がある。

10

【0257】

20

ローラーは滑らかな表面、粗い表面、くぼみ、陥凹部、または空洞を備えてもよい。ローラーは本明細書で開示されるいずれかのローラーであってもよい。図22、2203、2204、および2205は本明細書に記述される様々な代替的なローラーの実施例を示す。平準化機構のローラーは、時々、平準化機構の横方向移動の方向、または平準化機構の横方向移動の方向と反対の方向に回転する場合がある。図22、2201はローラー2203の横方向移動方向の実施例を示す。この実施例では、ローラー2203は平準化機構の移動の方向と反対に、ローラーの長軸に沿って、かつローラーの移動の横方向に垂直（2201）に回転する。ローラーが回る（回転する）とき、ローラーを包囲するあらゆる雰囲気（霧）の移動を誘導しうる。図22、2207はローラーを包囲する雰囲気（霧）の移動の実施例を示す。ローラーは粉末材料の層の表面の上方第1の距離に置かれてもよい。ローラーの直径は少なくとも第1の距離に1*、5*、10*、50*、100*、500*以上をかけたもの（すなわち、「*」）であってもよい。第1の距離は、少なくとも約10 μm 、50 μm 、100 μm 、150 μm 、200 μm 、250 μm 、300 μm 、350 μm 、400 μm 、450 μm 、500 μm 、550 μm 、または600 μm であってもよい。第1の距離は、最大でも約10 μm 、50 μm 、100 μm 、150 μm 、200 μm 、250 μm 、300 μm 、350 μm 、400 μm 、450 μm 、500 μm 、550 μm 、または600 μm であってもよい。第1の距離は、前述の第1の距離の値の間の任意の値であってもよい。例えば、第1の距離は約10 μm ～約400 μm 、約300 μm ～約600 μm 、または約250 μm ～約450 μm であってもよい。一部の事例では、ローラーを包囲する雰囲気（霧）の移動は、移動の方向での粉末の移動を誘導してもよい。一部の事例では、粉末は雰囲気（霧）の移動部分内に懸架されてもよい。雰囲気（霧）の移動の速度はローラーと粉末材料の表面との間の距離が最も狭いところの中で最高となる場合がある。ローラーの周りの雰囲気（霧）は雰囲気部分の円状の移動を含む場合がある。ローラーの周りの雰囲気（霧）は雰囲気部分の層状の移動を含む場合がある。一部の事例では、ローラーがその横方向の移動の方向（例えば、時計回り）に転がる時、粉末は粉体層の中へと下向きに押される場合がある（例えば、粉体層を図示する図22、2210）。一部の事例では、ローラーがその横方向の移動と反対の方向（例えば、反時計回り）に転がる時、粉末は上向きに向けられる場合がある（例えば、粉末移動の方向を示す実線の矢印で図示する図22、2206）。回転するローラーは、粉体層を横切るローラーの横方向の並進移動と反対の動き（例えば、反時計回り）を生成する場合がある。反対の動きは粉末の前向き（

30

40

50

ローラーの横方向の動きに対して)の移動を含んでもよい。反対の動きは粉末の上向き(例えば、粉末層の頂部表面の上方)の移動を含んでもよい。反対の動きは粉末の前向き(ローラーの横方向の動きに対して)と上向き(例えば、粉末層の表面の上方)との両方の移動を含んでもよい。上向きおよび前向きに移動する粉末は粉体層の平準化した頂部表面の上方に境界層を形成する場合がある。ローラーの回転は、粉末の所定の高さを達成するまで境界層の形成を続行する場合がある。ローラーは、ローラーの後ろ(その横方向の動きに対して)の方向に進むあらゆる粉末材料を捕えるための粉末捕捉区画を備える場合がある。粉末捕捉区画は湾曲した表面の形態(例えば、カップ状またはスプーン状)であってもよい。一部の実施例では、粉末が上向きに投げられたとき、粉末除去機構(例えば、粉末吸込みデバイス)が過剰な粉末を表面から収集してもよい。図23、2301は粉末除去機構の実施例を示す。平準化機構は粉体層の全幅、粉体層の全長、または粉体層の一部に及ぶ場合がある。平準化機構は平準化部材の列を備えてもよい。平準化部材の列は均等にしているてもよく、または不均等に離間しているてもよい。平準化部材の列は、最大で約0.1mm、0.3mm、0.5mm、1mm、1.5mm、2mm、3mm、4mm、または5mm離間しているてもよい。平準化部材の列は、少なくとも約0.1mm、0.3mm、0.5mm、1mm、1.5mm、2mm、3mm、4mm、または5mm離間しているてもよい。平準化部材の列は、任意の前述の平準化部材の空間の間離間しているてもよい。例えば、平準化部材の列は、約0.1mm~約5mm、約1.5mm~約5mm、または約0.1mm~約2mm離間しているてもよい。

10

20

【0258】

コントローラは、平準化部材に動作可能に連結されてもよく、かつ平準化部材を制御(例えば、命令および/または調整)してもよい。コントローラはローラーの横方向移動を制御してもよい。コントローラはローラーの回転速度を制御してもよい。コントローラはローラーの回転の方向を制御してもよい。コントローラはローラーの表面上のくぼみまたは陥凹部の量を制御してもよい。コントローラはローラーの表面上のくぼみまたは陥凹部の程度を制御してもよい。コントローラはローラーの温度を制御してもよい。コントローラはローラーの表面の粗さを制御してもよい。コントローラはローラーによって作り出される粉末表面の粗さを制御してもよい。

【0259】

一部の実施例では、平準化機構(例えば、平準化部材)は平準化部材の移動の方向(例えば、横方向移動)での粉末の蓄積を防止する。一部の事例では、平準化部材はブレードを備える。ブレードは本明細書で開示される任意のブレード形状であってもよい。ブレードは凹んだ平面または出っ張った平面を備えてもよい。ブレードは、粉末材料を平準化し、かつ不要な粉末材料を切断する、取り除く、刈り取る、またはすくうことができる場合がある。ブレードはひしゃくまたはシャベルの形状を有してもよい。ブレードは「L」字型の形状を有してもよい(例えば、代替ブレードを図示する図15、1515)。ブレードはくぼみ、陥凹部、または空洞を有してもよい。くぼみは任意の形状とすることができる。例えば、くぼみは、楕円体状(例えば、円)、長方形(例えば、正方形)、三角形、五角形、六角形、八角形、任意の他の幾何学的な形状、または無作為形状を有する形状を備えることができる。ブレードは、移動(例えば、横方向に)しながら粉末材料を切断する、押す、上昇させる、および/またはすくうことができるくぼみを有してもよい。図15は、ブレードが方向1504で横方向に移動しながら粉末をすくうくぼみ1514を有するブレード1503の実施例を示す。一部の事例では、ブレードは少なくとも約0.1cm³、0.15cm³、0.2cm³、0.25cm³、0.3cm³、0.35cm³、0.4cm³、0.45cm³、0.5cm³、または0.55cm³の粉末材料をすくうことができる。ブレードは、最大で約0.1cm³、0.15cm³、0.2cm³、0.25cm³、0.3cm³、0.35cm³、0.4cm³、0.45cm³、0.5cm³、0.55cm³、0.6cm³、0.65cm³、0.7cm³、0.8cm³、または0.9cm³の粉末材料をすくうことができる。ブレードは粉末材料の任意の前述の量の間の粉末材料をすくうことができる。例えば、ブレードは、約0.1cm

30

40

50

$^3 \sim$ 約 0.55 cm^3 、約 $0.1 \text{ cm}^3 \sim$ 約 0.3 cm^3 、または約 $0.25 \text{ cm}^3 \sim$ 約 0.55 cm^3 の体積の粉末材料をすくうことができる。

【0260】

ブレードは少なくとも1つの傾斜した平面を備えてもよい。例えば、ブレードの先端に近い部分は、少なくとも1つの傾斜した平面を備えてもよい（例えば、図20で、ブレード1503の先端に近いブレード部分は2005である）。ブレードは、粉末材料の層の頂部表面によって形成される平均平面と、基板と、または基部と角デルタ（ δ ）を形成してもよい第1の傾斜した平面を備えてもよい（例えば、図20、2001）。ブレードは、粉末材料の層の頂部表面によって形成される平均平面と、基板と、または基部と角ツェータ（ ζ ）を形成してもよい第2の傾斜した平面を備えてもよい（例えば、2003）。第1のおよび第2の傾斜した平面は湾曲状または平面状であってもよい。第1の平面および第2の平面は2つの平面の間の中心に対称軸を有する対称なブレードを形成してもよい。第1の平面および第2の平面は2つの平面の間の中心の対称軸に関して非対称なブレードを形成してもよい。ブレードは粉末化材料の層の頂部表面によって形成される平均平面に垂直な少なくとも1つの平面を備えてもよい。移動の方向では、角デルタは正の鋭角であってもよく、または正の鈍角（すなわち、反時計回り方向で）であってもよい。角デルタと角ツェータとは等しくてもよい。角ガンマと角ツェータとは異なってもよい。ガンマはツェータより大きくてもよい。ツェータはデルタより大きくてもよい。同一の方向から見ると、角デルタ、角ツェータ、またはこれらの両方は鈍角であってもよい。同一の方向から見ると、角デルタ、角ツェータ、またはこれらの両方は鋭角であってもよい。同一の方向から見ると、角デルタ、角ツェータ、またはこれらの両方は直角であってもよい。第1の平面および第2の平面は相互に平行であってもよい。第1の平面および第2の平面は相互に非平行であってもよい。ツェータおよび/またはデルタは少なくとも約 1° 、 5° 、 10° 、 15° 、 20° 、 30° 、 40° 、 50° 、 60° 、 70° 、 80° 、 90° 、 100° 、 120° 、 125° 、 130° 、 135° 、 140° 、 145° 、 150° 、 155° 、 160° 、 165° 、 170° 、 175° （度）以上であってもよい。デルタおよび/またはツェータは最大でも約 5° 、 10° 、 15° 、 20° 、 30° 、 40° 、 50° 、 60° 、 70° 、 80° 、 90° 、 100° 、 120° 、 125° 、 130° 、 135° 、 140° 、 145° 、 150° 、 155° 、 160° 、 165° 、 170° 、 175° 以下であってもよい。デルタおよび/またはツェータは、前述のデルタおよび/またはツェータに対する度の値の間の任意の値であってもよい。例えば、デルタおよび/またはツェータは、約 $1^\circ \sim$ 約 175° 、約 $1^\circ \sim$ 約 90° 、約 $90^\circ \sim$ 約 175° 、または約 $15^\circ \sim$ 約 135° の値であってもよい。

【0261】

ブレードは先細りの底部平面（例えば、面取り）を備えてもよい。先細りの底部平面は平面状であってもよく、または湾曲していてもよい。ブレードは平面状または湾曲した平面を備えてもよい。湾曲の半径は、先細り底部平面の上方（例えば、基板の方向から離れて）であってもよく、または先細り底部平面の下方（例えば、基板の方向に向かって）であってもよい。例えば、図20は、移動2002の方向に先細りで、かつ平面状のブレード2001の底部を示す。先細り底部平面（例えば、平面状の平面）は、粉末材料の平均頂部表面と、基板もしくは基部と、またはこれらと平行な平面と、角イプシロン（ ϵ ）を形成する場合がある。角は正の鋭角であってもよく、または正の鈍角であってもよい。同一の視認位置から見るとき、ブレード角（デルタ「 δ 」）は正の鈍角を形成する場合があり、また先細り底部角（イプシロン）は正の鋭角を形成する場合がある。ブレード角（デルタ）は正の鈍角を形成する場合があり、また先細り底部角（イプシロン）正の鋭角を形成する場合がある。ブレード角（デルタ）は正の鋭角を形成する場合があり、また先細り底部角（イプシロン）正の鈍角を形成する場合がある。ブレードは粉末材料の層、基板、または基部の平均表面に対して実質的に垂直である場合がある。例えば、図20は、正の鋭角イプシロン（ ϵ ）を形成する先細りの底部を有する正の鈍角デルタ（ δ ）を形成するブレードを示す。一部の事例では、ブレード角デルタと先細りの底部角イプシロンとの両方は正の

10

20

30

40

50

鈍角を形成する場合がある。一部の事例では、ブレード角デルタと先細りの底部角イプシロンとの両方は正の鋭角を形成する場合がある。イプシロンおよびデルタは異なる値を有してもよい。正の角は反時計回りの角であってもよい。正は第1の方向を示してもよい。同一の視認位置から見ると、両方の正の角は正であってもよい。イプシロンは、少なくとも約 0.1° 、 0.2° 、 0.3° 、 0.4° 、 0.5° 、 0.6° 、 0.7° 、 0.8° 、 0.9° 、 1° 、 2° 、 3° 、 4° 、 5° 、 6° 、 7° 、 8° 、 9° 、 10° 、 15° 、 20° 、 30° 、 40° 、または 50° であってもよい。イプシロンは、最大で約 0.1° 、 0.2° 、 0.3° 、 0.4° 、 0.5° 、 0.6° 、 0.7° 、 0.8° 、 0.9° 、 1° 、 2° 、 3° 、 4° 、 5° 、 6° 、 7° 、 8° 、 9° 、 10° 、 15° 、 20° 、 30° 、 40° 、または 50° であってもよい。イプシロンは、前述のイプシロンに対する度の値の間の任意の値であってもよい。例えば、イプシロンは、約 $0.1^\circ \sim 50^\circ$ 、約 $0.1^\circ \sim 20^\circ$ 、約 $20^\circ \sim 50^\circ$ 、または約 $10^\circ \sim 30^\circ$ の値であってもよい。

【0262】

一部の事例では、先細り底部はブレード全体の高さと比較して高さがより小さい。相対的な高さの実施例を図20に示し、先細り端部の高さを「h」で示す。一部の事例では、「h」は、少なくとも約 0.1 mm 、 0.2 mm 、 0.3 mm 、 0.4 mm 、 0.5 mm 、 0.6 mm 、 0.7 mm 、 0.8 mm 、 0.9 mm 、 1.0 mm 、 1.1 mm 、 1.2 mm 、 1.3 mm 、 1.4 mm 、 1.5 mm 、 1.6 mm 、 1.7 mm 、 1.7 mm 、 1.8 mm 、 1.9 mm 、または 2.0 mm である。一部の事例では、「h」は、最大で 0.1 mm 、 0.2 mm 、 0.3 mm 、 0.4 mm 、 0.5 mm 、 0.6 mm 、 0.7 mm 、 0.8 mm 、 0.9 mm 、 1.0 mm 、 1.1 mm 、 1.2 mm 、 1.3 mm 、 1.4 mm 、 1.5 mm 、 1.6 mm 、 1.7 mm 、 1.7 mm 、 1.8 mm 、 1.9 mm 、または 2.0 mm である。一部の事例では、「h」は、前述の高さ「h」の間の任意の値である。例えば、「h」は、約 $0.1\text{ mm} \sim 2.0\text{ mm}$ 、約 $0.1\text{ mm} \sim 1.0\text{ mm}$ 、約 $0.9\text{ mm} \sim 2.0\text{ mm}$ 、または約 $0.7\text{ mm} \sim 1.5\text{ mm}$ であってもよい。

【0263】

ブレードの少なくとも一部は元素金属、金属合金、元素状炭素の同素体、セラミック、プラスチック、ゴム、樹脂、ポリマー、ガラス、石、またはゼオライトを含んでもよい。ブレードの少なくとも一部は硬質材料を含んでもよい。ブレードの少なくとも一部は軟質材料を含んでもよい。ブレードの少なくとも一部は、ブレードの先端と、容器の底部、基板もしくは基部、またはブレード全体に向き合うブレードの底部とを備えてもよい。ブレードの少なくとも一部は粉末材料の平準化の間屈曲不可能な材料を含んでもよい。ブレードの少なくとも一部は平準化の間に粉末材料に対して押し付けられたとき、実質的に屈曲不可能な材料を含んでもよい。ブレードの少なくとも一部は、硬化された変形された粉末材料を含む物体に対して押し付けられたとき屈曲可能な材料を含んでもよい。ブレードの少なくとも一部は、粉末材料の平準化の間、または硬化された変形された粉末材料を含む物体を取り除く間、実質的に屈曲不可能な材料を含んでもよい。ブレードの少なくとも一部は有機材料を含んでもよい。ブレードの少なくとも一部はプラスチック、ゴム、またはTeflon（登録商標）を含んでもよい。ブレードは粉末材料がくっつかない材料を含んでもよい。ブレードの少なくとも一部は粉末材料がくっつかないコーティングを含んでもよい。ブレードの少なくとも一部は粉末材料のくっつきを防止するように荷電されてもよい。

【0264】

ブレードは適応型マウンティングを備えてもよい。ブレードは適応型マウンティングに対して枢動または旋回することができる場合がある。ブレードはパネ上に懸架されてもよい。パネは適応型マウンティングに付着されてもよい。ブレードを恒久的に留めてもよい（例えば、適応型マウンティングへと）。一部の実施形態では、ブレードは枢動を防止されてもよい。一部の実施形態では、ブレードは旋回を防止されてもよい。ブレードは、交換可能、取り外し可能、取り外し不可能、または交換不可能であってもよい。図14Aは

、水平方向 1 4 1 1 に並進移動することができるマウンティング 1 4 1 2（例えば、適応型マウンティング）上のブレード 1 4 1 3（本明細書に記述される任意のブレードを表す）を概略的に示す。マウンティングはブレードが垂直方向に、水平方向に、または角度を有して移動するのを許容する場合がある。図 1 4 B は 2 つのブレード 1 4 2 3 および 1 4 2 6 をそれぞれマウンティング 1 4 2 2 および 1 4 2 5 上に、垂直移動を表す矢印を中に付けて概略的に示す。マウンティングは 1 つ以上のパネを備えてもよい。マウンティングは、障害物に直面したときブレードが垂直方向に移動できるようにしてもよい。障害物は本明細書に記述される硬化した材料であってもよい。障害物は、3 D 物体の生成された一部、生成された 3 D 物体、または 3 D 物体の一部を形成しなかった硬化した材料であってもよい。物体に直面したときブレードは変形してもよい。物体に直面したときブレードは実質的に変形しなくてもよい。エンクロージャ内に堆積した粉末材料の層の平準化に凹んだ平面を利用してもよい（例えば、基板の上方または基部の上方）。粉末材料をブレード（例えば、凹んだ平面）によって押ししてもよい。粉末材料をブレードによってその移動の方向に押ししてもよい。粉末材料をブレードによってその移動と反対の方向に押し（例えば、再位置付けして、刈り取って、または取り除いて）てもよい。粉末材料をブレードによってその移動の方向ではない方向に押ししてもよい。粉末材料をブレードによってその移動の方向ではない方向に、またはその移動とは反対の方向に押ししてもよい。一部の実施例では、凹んだ平面は、エンクロージャの底部、基板の底部、または基部の底部に面しない場合がある。

10

20

【 0 2 6 5 】

ブレードは移動可能であってもよい。例えば、ブレードは、水平方向に、垂直方向に、または角度を有して移動可能であってもよい。ブレードは、手動でまたは自動（例えば、コントローラによって制御された機構によって）で移動可能であってもよい。ブレードの移動はプログラム可能であってもよい。ブレードの移動は予め決められていてもよい。ブレードの移動はアルゴリズムに依存してもよい。

【 0 2 6 6 】

層払い出し機構は平準化機構を備えてもよい。層払い出し機構は粉末払い出し機構および平準化機構を備えてもよい。層払い出し機構は移動可能であってもよい。層払い出し機構は、水平に、垂直に、または角度を有して移動可能であってもよい。層払い出し機構は、手動でまたは自動で（例えば、コントローラによって制御される）移動可能であってもよい。層払い出し機構の移動はプログラム可能であってもよい。層払い出し機構の移動は予め決められていてもよい。層払い出し機構の移動はアルゴリズムに依存してもよい。

30

【 0 2 6 7 】

粉末払い出し機構（例えば、粉末払い出し器）は移動可能であってもよい。粉末払い出し機構は、水平方向に、垂直方向に、または角度を有して移動可能であってもよい。粉末払い出し機構は、手動でまたは自動で（例えば、コントローラによって制御される）移動可能であってもよい。

【 0 2 6 8 】

粉末除去機構は移動可能であってもよい。除去機構は、水平方向に、垂直方向に、または角度を有して移動可能であってもよい。除去機構は、手動でまたは自動（例えば、コントローラによって制御された機構によって）で移動可能であってもよい。粉末除去機構の移動はプログラム可能であってもよい。粉末除去機構の移動は予め決められていてもよい。粉末除去機構の移動はアルゴリズムに依存してもよい。

40

【 0 2 6 9 】

粉末平準化機構は移動可能であってもよい。平準化機構は、水平方向に、垂直方向に、または角度を有して移動可能であってもよい。平準化機構は、手動でまたは自動（例えば、コントローラによって制御された機構によって）で移動可能であってもよい。平準化機構の移動はプログラム可能であってもよい。平準化機構の移動は予め決められていてもよい。平準化機構の移動はアルゴリズムに依存してもよい。

【 0 2 7 0 】

50

層払い出し機構は、エンクロージャの一方の側からその他方の側へと水平方向に進むことができる場合がある。粉末払い出し機構、粉末除去機構、平準化機構、および/またはブレードは、エンクロージャの一方の側からその他方の側へと水平方向に進むことができる場合がある。粉末払い出し機構、粉末除去機構、平準化機構、および/またはブレードの垂直位置は調節可能であってもよい。粉末払い出し機構、粉末除去機構、平準化機構、および/またはブレードの水平位置は調節可能であってもよい。粉末払い出し機構、粉末除去機構、平準化機構、および/またはブレードの角度位置は調節可能であってもよい。

【0271】

一部の実施例では、層払い出し機構は、少なくとも1つの粉末払い出し機構および少なくとも1つの平準化部材を備える。少なくとも1つの粉末払い出し機構および少なくとも1つの平準化部材は、接続されていてもよく、または接続されていなくてもよい。図14Aは、コネクタ1437を介して粉末払い出し機構1415（本明細書に記述される任意の粉末払い出し機構を表す）に接続されたブレード1413（本明細書に記述される任意のブレードを表す）を概略的に示す。少なくとも1つの粉末払い出し機構および少なくとも1つの平準化部材は、異なる速さまたは同一の速さで進んでもよい。少なくとも1つの粉末払い出し機構および少なくとも1つの平準化部材は、コントローラによって同時に制御されてもよく、またはコントローラによって同時でなく制御（例えば、逐次制御）されてもよい。少なくとも1つの粉末払い出し機構および少なくとも1つの平準化部材の速さおよび/または位置は、コントローラによって同時に制御されてもよく、またはコントローラによって同時でなく制御（例えば、逐次制御）されてもよい。少なくとも1つの粉末払い出し器および少なくとも1つの平準化部材の速さおよび/または位置は、相互に依存していてもよく、または相互に独立していてもよい。進む方向に関して、平準化部材は粉末払い出し機構に従ってもよい。進む方向に関して、平準化部材粉末払い出し機構に先行してもよい。一部の実施形態では、少なくとも1つの粉末払い出し器は2つの平準化部材の間に配置されてもよい。図14Bは、ブレード1423を有する第1の平準化部材、ブレード1426を有する第2の平準化部材、および粉末払い出し器1424の実施例を概略的に示す。2つの平準化部材は垂直方向に並進移動可能であってもよく（例えば、図14B）、または並進移動可能でなくてもよい（例えば、図14D）。一部の実施例では、両方の平準化部材の底面（露出した粉体層の表面に面する）は、エンクロージャ、基板、または基部の底部に対して同一の垂直高さに位置する（例えば、図14D）。一部の実施例では、粉体層に面する両方の平準化部材の底面は、エンクロージャ、基板、または基部の底部に対して異なる垂直高さに位置する（例えば、図14B）。例えば、第1の方向（例えば、1430）に移動するとき、移動の方向に対して前方の平準化部材（例えば、図14B、1426）の底面は、遠位の平準化部材（例えば、1423）の底面より高い場合がある。層払い出し機構が粉体層の端部に達したとき、または粉体層の端部に先行したとき、移動の方向を切り替える場合があり、こうして平準化部材の底面のレベルをそれに応じて切り替える場合がある。

【0272】

一部の実施例では、少なくとも1つの粉末払い出し部材（例えば、粉末払い出し器、図14A、1415）は、移動の方向（例えば、1411）に関して少なくとも1つの平準化部材（例えば、集合的に1412および1413）より先行する場合がある。この実施例では、平準化システムが粉末払い出し器に続くので粉末払い出し器から払い出された粉末は平準化される場合がある。層払い出し機構が粉体層の端部に達するとき、または粉体層の端部に先行するとき、移動の方向を切り替えてもよく、こうして平準化部材は粉末払い出し部材が平準化部材より先行することができる位置へと動く場合がある。図14Cは、粉末払い出し器1444に対する、平準化部材の位置の切り替え（それぞれ1443および1446から1445および1447へ）の実施例を示し、一方で移動の方向を1451から1452へと切り替える。例えば、かかる移動は、粉体層の層の平均頂部表面、基板、または基部に実質的に垂直な軸を中心とした180度の回転であってもよい。回転軸は粉末払い出し機構（例えば、1441）を貫通していてもよい。回転軸は粉末払い出

し機構からの粉末材料のシュート（例えば、カスケードシュートまたはドロップシュート）を貫通していてもよい。一部の実施例では、層払い出し機構（例えば、平準化部材および粉末払い出し器を備える）が第1の方向に移動するときには粉末は払い出され、そして層払い出し機構が反対方向に移動するときには堆積した粉末材料の層は平準化される。粉末材料は、層払い出し機構が第1の方向に進むときに層払い出し機構（例えば、粉末払い出し器）によって払い出されてもよい。粉末材料は、層払い出し機構が第2の方向に進むときに平準化機構によって平準化されてもよい。第1の方向と第2の方向とは同一の方向であってもよい。第1の方向と第2の方向とは反対の方向であってもよい。

【0273】

一部の事例では、粉末化した材料を粉体層へ送達するように構成された機構（例えば、粉末払い出し器）は超音波粉末払い出し機構とすることができる。粉末を粉体層へ送達するように構成された機構は振動粉末払い出し機構とすることができる。粉末払い出し器は振動器または振盪器であってもよい。基板から粉末を送達するように構成された機構は振動メッシュを備えることができる。振動は、超音波トランスデューサー、圧電素子、回転モーター（例えば、偏心したカムを有する）、またはこれらの任意の組み合わせによって形成されてもよい。超音波および/または振動粉末払い出し機構は粉末を1次元、2次元、または3次元で払い出すことができる。払い出し器の超音波および/または振動的な外乱の周波数は、粉末が粉体層に所定の割合で送達されるように選択することができる。超音波および/または振動払い出し器は粉末を粉体層の上方の場所から粉体層上に払い出すことができる。超音波および/または振動払い出し器は、粉末を粉体層に対して相対的により高い高さにある場所（例えば、エンクロージャの頂部）から粉体層上に払い出すことができる。超音波および/または振動払い出し器は、粉末を下向き方向または横向き方向で粉体層上に払い出すことができる。超音波および/または振動払い出し器は、粉末を下向き方向で粉体層上に払い出すことができる。粉末は重力を使用して払い出されてもよい。超音波および/または振動払い出し器は、粉末を基板、基部、または粉体層（または粉体層を収容する容器）の上方の位置から払い出す頂部払い出し器とすることができる。振動器はバネを備えてもよい。振動器は電動振動器または油圧振動器とすることができる。

【0274】

粉末払い出し器は振動器を備えることができる。図15、1507は振動器1507を有する粉末払い出し器1509に対する実施例を示す。粉末払い出し器は2つ以上振動器（例えば、振動器の列）を備えることができる。振動器の列を線形状に、非線形状に、または無作為に配設することができる。振動器の列を粉末払い出し器の開口に沿って、またはこれに近接して配設することができる。粉末払い出し器は複数の開口ポートを備えることができる。振動器の列を開口ポート（例えば、複数の開口）の列に沿って置くことができる。振動器を線に沿って配設することができる。振動器を線形パターンに沿って配設することができる。振動器を非線形パターンに沿って配設することができる。振動器の配設は粉末払い出し器から粉末が出る速度を決定することができる。振動器（複数可）は粉末払い出し器の面上に属してもよい。図16Aは、メッシュ1607および振動器1603を備える粉末払い出し器1605の実施例を示す。振動器は出口開口（例えば、ポート）の隣に属してもよい。粉末払い出し器は振動器に接続されたメッシュを備えることができる。粉末払い出し器は振動能力を有するメッシュを備える。振動器（複数可）は、粉末払い出し器（例えば、図16A、1604）内の粉末材料の少なくとも一部を振動することができる。振動器（複数可）は、少なくとも粉末払い出し器本体の一部を振動することができる。粉末払い出し器（例えば、粉末貯留槽）の本体は、軽い元素金属または金属合金（例えば、アルミニウム）などの軽い材料を含んでもよい。振動器を手動または自動で（例えば、コントローラによって）制御することができる。振動器周波数を、少なくとも約20ヘルツ（Hz）、30Hz、40Hz、50Hz、60Hz、70Hz、80Hz、90Hz、100Hz、110Hz、120Hz、130Hz、140Hz、150Hz、160Hz、170Hz、180Hz、190Hz、200Hz、210Hz、220Hz、230Hz、240Hz、250Hz、260Hz、270Hz、280Hz、2

10

20

30

40

50

90 Hz、300 Hz、350 Hz、400 Hz、450 Hz、500 Hz、550 Hz、600 Hz、700 Hz、800 Hz、900 Hz、または1000 Hzであってもよい。振動器周波数は、最大で約20ヘルツ(Hz)、30 Hz、40 Hz、50 Hz、60 Hz、70 Hz、80 Hz、90 Hz、100 Hz、110 Hz、120 Hz、130 Hz、140 Hz、150 Hz、160 Hz、170 Hz、180 Hz、190 Hz、200 Hz、210 Hz、220 Hz、230 Hz、240 Hz、250 Hz、260 Hz、270 Hz、280 Hz、290 Hz、300 Hz、350 Hz、400 Hz、450 Hz、500 Hz、550 Hz、600 Hz、700 Hz、800 Hz、900 Hz、または1000 Hzであってもよい。振動器周波数は、前述の振動器周波数の間の任意の数であってもよい。例えば、振動器周波数は、約20 Hz～約1000 Hz、約20 Hz～約400 Hz、約300 Hz～約700 Hz、または約600 Hz～約1000 Hzであってもよい。振動器の列内の振動器は同一の周波数で振動することができ、または異なる周波数で振動することができる。振動器は、少なくとも重力(G)の約1倍、Gの2倍、Gの3倍、Gの4倍、Gの5倍、Gの6倍、Gの7倍、Gの8倍、Gの9倍、Gの10倍、Gの11倍、Gの15倍、Gの17倍、Gの19倍、Gの20倍、Gの30倍、Gの40倍、またはGの50倍の振幅を有することができる。振動器は、最大で重力(G)の約1倍、Gの2倍、Gの3倍、Gの4倍、Gの5倍、Gの6倍、Gの7倍、Gの8倍、Gの9倍、Gの10倍、Gの11倍、Gの15倍、Gの17倍、Gの19倍、Gの20倍、Gの30倍、Gの40倍、またはGの50倍の振幅を有することができる。振動器は前述振幅値の間の任意の値を有する振幅で振動することができる。例えば、振動器は、Gの約1倍～Gの約50倍、Gの約1倍～Gの約30倍、Gの約19倍～Gの約50倍、またはGの約7倍～Gの約11倍の振幅で振動することができる。

10

20

30

40

50

【0275】

一部の事例では、粉末を貯留槽から基板へ送達するように構成された機構(すなわち、粉末払い出し器)はスクリー、エレベーター、またはコンベアとすることができる。一部の事例では、粉末を貯留槽から基板へ送達するように構成された機構(すなわち、粉末払い出し器)はスクリーとすることができる。スクリーは、ベッセル内の回転スクリーとすることができる。スクリーが回転するとき、粉末をスクリーから出口開口(例えば、ポート)を通して払い出すことができる。スクリーは粉末を基板に対して上向き、横向き、または下向き方向に払い出すことができる。オーガースクリーネジの間隔およびサイズを、スクリー内のスクリーの各回転毎または部分的な回転毎に所定の量の粉末が基板上に払い出されるように選ぶことができる。オーガースクリーの回転速度を粉末が基板上に所定の割合で払い出されるように選ぶことができる。一部の事例では、スクリーによって払い出された粉末を、回転スクリー、拡散ツールの線形動作、および/または1つ以上のパッフルによって少なくとも基板904の一分区の上に広げることができる。スクリーはアルキメデススクリーとすることができる。スクリーはオーガースクリーとすることができる。

【0276】

粉末払い出し器は、逆円錐、漏斗、逆角錐、円柱、任意の不規則形状、またはこれらの任意の組み合わせとして形作ることができる。漏斗払い出し器の実施例を図13A～図13Dに図示し、粉末払い出し器の側面断面を示す。粉末払い出し器の底部開口(例えば、図13A、1334)は、粉末がその上方に配置されている(例えば、1304)垂直方向に移動可能な平面(例えば、1305)によって完全に閉塞されていてもよい。平面を開口に直接、または開口から垂直距離「d」に置くことができる。垂直方向に移動可能な平面の移動(例えば、1302)を制御してもよい。平面が垂直方向上向きに(例えば、基部(例えば、1310)から離れるように)移動されるとき、側面平面と粉末払い出し器の縁部との間に開口が形成される、粉末はそこから漏斗開口(例えば、1307)を通して滑ることができる。粉末払い出し器は、粉末の粉体層(または粉体層を収容する容器)上への分配を均質化(例えば、均一化)することができる少なくとも1つのメッシュを備えてもよい。粉末払い出し器(例えば、1334)の底部開口に、または底部開口と平

面が粉末払い出し器を完全に閉塞する位置との間の任意の位置（例えば、図13Aの距離「d」以内の任意の位置）にメッシュを置くことができる。

【0277】

粉末払い出し器は二重メッシュ払い出し器（例えば、図13C）とすることができる。二重メッシュ払い出し器は、逆円錐、漏斗、逆角錐、円柱、任意の不規則形状、またはこれらの任意の組み合わせとして形作ることができる。漏斗払い出し器の実施例を図13A～図13Dに図示し、粉末払い出し器の断面を示す。二重メッシュ払い出し器の底部は開口（例えば、1335）を備えることができる。開口は2つのメッシュ（例えば、1323）を備えてもよく、そのうちの少なくとも一方は移動可能（例えば、水平方向に）である。2つのメッシュは整列しており、一方のメッシュの開口は第2のメッシュによって完全に閉塞することができる。少なくとも1つの移動可能なメッシュの水平移動（例えば、1320）は、2つのメッシュの整列をずらし、そして2つのメッシュの上方の貯留槽（例えば、1319）から粉体層（例えば、1324）の方向に向かって下への粉末の流れを許容する開口を形成する場合がある。メッシュの整列のずれは、粉末材料がこれを通して粉末払い出し器を出ることができる開口のサイズおよび/または形状を変更することができる。開口は、少なくとも約0.001mm、0.01mm、0.03mm、0.05mm、0.07mm、0.09mm、0.1mm、1mm、2mm、3mm、4mm、5mm、または10mmの基本的な長さスケールを有することができる。開口は、最大で約0.001mm、0.01mm、0.03mm、0.05mm、0.07mm、0.09mm、0.1mm、1mm、2mm、3mm、4mm、5mm、または10mmの基本的な長さスケールを有することができる。開口は、任意の前述の値の間の基本的な長さスケールを有することができる。例えば、開口は、約0.001mm～約10mm、または0.1mm～約5mmの基本的な長さスケールを有することができる。

10

20

【0278】

粉末払い出し器は、粉末払い出し器の面内に属する出口開口ポートを備えてもよい。面はエンクロージャ（例えば、チャンバ）の基板、基部、または底部に面する粉末払い出し器の底部であってもよい。図13Cは底部に面する出口開口ポート1335を有する粉末払い出し器1318の実施例を示す。出口開口ポートが属する面は、粉末払い出し器の底面とは異なる場合がある。例えば、面は粉末払い出し器の側面であってもよい。面は粉末材料の層に平行でない面であってもよい。面は粉体層の頂部表面によって形成される平均平面に実質的に垂直であってもよい。図15は、粉体層の頂部表面1506に実質的に垂直な側面出口開口ポート1511を有する粉末払い出し器1509の実施例を示す。面は、基板または基部の平均平面に実質的に垂直であってもよい。面は、粉末払い出し器の頂部面に置かれていてもよい。払い出し器の頂部面は、エンクロージャの基板、基部、または底部から離れるように面する面であってもよい。払い出し器の頂部面は、粉体層の露出した表面から離れるように面する面であってもよい。面は側面であってもよい。側面は、底部面または頂部面ではない面であってもよい。面内の平面（例えば、面全体）を、粉体層、基板、容器の底部、または基部に対して立て掛けてもよい。立て掛けは、エンクロージャの基板、基部、および底部に対して、または粉体層に対して湾曲した平面を備えてもよい。湾曲した平面は、粉末払い出し器の底部の下方の点を中心とした湾曲の半径を有してもよい。湾曲した平面は、粉末払い出し器の底部の上方の点を中心とした湾曲の半径を有してもよい。立て掛けは、基板、基部、または粉末材料の層の頂部表面の平均表面と、またはこれと平行な平面と鋭角を形成する平面を備えてもよい。例えば、粉末払い出し器の底面における平面は、粉末材料の頂部表面、基板、または基部によって形成される平均平面と、鋭角または鈍角（ファイ、）を形成してもよい。図18Bおよび図18Dは、粉末材料それぞれ1810および1830の頂部表面（またはこれと平行な線）と角度ファイ（）を形成する側面出口開口ポート（それぞれ1812および1831）を有する、粉末払い出し器（それぞれ1813および1833）の実施例をそれぞれ示す。図18Bは鈍角ファイの実施例を示し、および図18Bは鈍角ファイの実施例を示す。角ファイは、少なくとも約5°、10°、15°、20°、30°、40°、50°、60°、

30

40

50

70°、80°、90°、100°、110°、120°、130°、140°、150°、160°、または170°であってもよい。ファイは、最大で約5°、10°、15°、20°、30°、40°、50°、60°、70°、80°、90°、100°、110°、120°、130°、140°、150°、160°、または170°であってもよい。角ファイは前述のファイに対する角度値の間の任意の値であってもよい。例えば、角ファイは、約5°～約170°、約5°～約90°、または約90°～約170°であってもよい。

【0279】

粉末払い出し器は、第1の傾斜した底部平面を有する底部を備えてもよい。一部の実際では、粉末払い出し器の底部における平面の一方の縁部（側面）がその平面の別の縁部の垂直方向に上方にある。平面は凸面または凹面であってもよい。第1の傾斜した底部平面の角度は調節可能であってもよく、または調節不可能であってもよい。第1の傾斜した底部平面は、エンクロージャの底部、基板、または基部に面してもよい。粉末払い出し器の底部は傾斜した平面であってもよい。図17は傾斜した底部平面1711を有する粉末払い出し器1702の実施例を示す。第1の傾斜した底部平面は、第1の方向（例えば、正の方向）に粉末材料の平均頂部表面、基板、または基部に平行な平面と第1の鋭角（ガンマ「 γ 」）を形成してもよい。粉末払い出し器の底部は1つ以上の追加的な平面を備えてもよい。1つ以上の追加的な平面は、粉末払い出し器の底部に隣接してもよい。1つ以上の追加的な平面は、粉末払い出し器の底部に接続してもよい。1つ以上の追加的な平面は、粉末払い出し器の底部から接続していなくてもよい。1つ以上の追加的な平面は、粉末払い出し器の底面の延在部であってもよい。1つ以上の追加的な平面は、傾斜していてもよい。1つ以上の追加的な平面の角度は、調節可能であってもよく、または調節不可能であってもよい。傾斜した1つ以上の追加的な平面は、第2の方向に、粉末材料の平均頂部表面に平行な平面と鋭角（シータ「 θ 」）を形成してもよい。方向（第1のおよび/または第2の）は時計回り方向であっても、または反時計回り方向であってもよい。方向は、正の方向であってもよく、または負の方向であってもよい。第1の方向は第2の方向と同一であってもよい。第1の方向は第2の方向と反対であってもよい。例えば、第1の方向および第2の方向は時計回りであってもよい。第1の方向および第2の方向は反時計回りであってもよい。第1の方向は時計回りであってもよく、また第2の方向は反時計回りであってもよい。第1の方向は反時計回りであってもよく、また第2の方向は時計回りであってもよい。第1の方向および第2の方向を同一の位置から見てもよい。1つ以上の追加的な平面の少なくとも一部は、第1の傾斜した底部平面の底部とは異なる垂直位置に置かれてもよい。1つ以上の追加的な平面の少なくとも一部は、第1の傾斜した底部平面の底部より高い垂直位置に置かれてもよい。1つ以上の追加的な平面の少なくとも一部は、第1の傾斜した底部平面の底部より低い垂直位置に置かれてもよい。1つ以上の追加的な平面の最も低い位置は、第1の傾斜した底部平面の最も低い位置より高いまたはより低い垂直位置に置かれてもよい。1つ以上の追加的な平面の最も高い位置は、第1の傾斜した底部平面の最も高い位置より高いまたはより低い垂直位置に置かれてもよい。1つ以上の追加的な平面はコンペアを備えてもよい。コンペアは粉末払い出し器の移動の方向に動くことができ、または粉末払い出し器の移動の方向と反対の方向に動くことができる。図16Dは、傾斜した底部平面1639と、コンペア1640を備える基部に平行な追加的な平面と、を有する粉末払い出し器1634の実施例を示し、コンペアは移動の方向1638とは反対向きに動く。シータおよび/またはデルタは、少なくとも約5°、10°、15°、20°、30°、40°、50°、60°、70°、または80°であってもよい。シータおよび/またはデルタは最大で約5°、10°、15°、20°、30°、40°、50°、60°、70°、または80°であってもよい。シータおよび/またはデルタは、前述のガンマおよび/またはデルタに対する角度の値の間の任意の値であってもよい。例えばシータおよび/またはデルタは、約5°～約80°、約5°～約40°、または約40°～約80°であってもよい。

【0280】

10

20

30

40

50

1つ以上の追加的な平面は、空隙によって粉末出口開口（例えば、ポート）から水平方向に分離された平面を含んでもよい。図28は、開口2835から空隙によって分離された追加的な傾斜した平面2733を有する粉末払い出し器2839の実施例を示す。空隙は調節可能であってもよい。傾斜した平面の角度は調節可能であってもよい。角度は前述のシータ（ θ ）値のいずれかであってもよい。傾斜した平面の頂部表面は平らであってもよく、または粗くてもよい。傾斜した平面の頂部表面は押出部を備えてもよく、または陥凹部を備えてもよい。陥凹部または押出部は、無作為であってもよく、またはパターンに従ってもよい。傾斜した表面の頂部表面はブラストされてもよい（例えば、本明細書で開示される任意のブラストする方法によって）。傾斜した表面の頂部表面は、サンドペーパーを使用したサンドペーパー仕上げによって形成されてもよい。サンドペーパーは、最大

10
20
30
40

で約24グリット、30グリット、36グリット、40グリット、50グリット、60グリット、70グリット、80グリット、90グリット、100グリット、120グリット、140グリット、150グリット、160グリット、180グリット、200グリット、220グリット、240グリット、300グリット、360グリット、400グリット、600グリット、800グリット、または1000グリットであってもよい。サンドペーパーは、少なくとも24グリット、30グリット、36グリット、40グリット、50グリット、60グリット、70グリット、80グリット、90グリット、100グリット、120グリット、140グリット、150グリット、160グリット、180グリット、200グリット、220グリット、240グリット、300グリット、360グリット、400グリット、600グリット、800グリット、または1000グリットであってもよい。サンドペーパーは、任意の前述のグリット値の間のサンドペーパーであってもよい。例えば、サンドペーパーは、約60グリット～約400グリット、約20グリット～約300グリット、約100グリット～約600グリット、または約20グリット～約1000グリットであってもよい。傾斜した平面の頂部表面の粗さは、本明細書で述べたサンドペーパーの粗さと均等であってもよい。傾斜した平面の頂部表面の粗さは、本明細書で述べたサンドペーパーを用いた処理の粗さと均等であってもよい。傾斜した平面（例えば、2833）および粉末払い出し器（例えば、貯留槽2839）の本体は、同一のタイプの材料であってもよく、または異なるタイプの材料であってもよい。傾斜した平面は、粉末払い出し器の本体を実質的に構成しているものより粗い材料を含んでもよい。傾斜した平面は、粉末払い出し器の本体を実質的に構成しているものより重い材料を含んでもよい。傾斜した平面は、粉末払い出し器の本体を実質的に構成しているものより硬い（例えば、屈曲性がより低い）材料を含んでもよい。例えば、粉末払い出し器の本体は、軽金属（例えば、アルミニウム）で作成されていてもよいが、一方で傾斜した平面は鋼または鋼合金で作成されていてもよい。傾斜した平面は据え付けられていてもよいが、一方で粉末払い出し器の本体は振動してもよく、または曲げられてもよい。粉末払い出し器貯留槽（例えば、図28、2839）の出口開口（例えば、ポート）から払い出された粉末は、重力を使用して下向きに進んでもよく（例えば、2834）、その落下の間に傾斜した平面（例えば、2733）に接触し、傾斜した平面で跳ね返って、そしてその下向きの落下（例えば、2832）を粉体層（例えば、2831）、または基板もしくは基部（例えば、2830）まで継続してもよい。一部の実施形態では、粉末材料が粉末払い出し機構（例えば、部材）からエンクロージャ（例えば、チャンバ）の環境へと出て、そして粉体層と垂直方向に進む（すなわち、粉体層に向かって下向きに進む）のとともに、少なくとも1つの妨害物に遭遇する。妨害物は表面とすることができる。表面は固定とすることができる、または移動（例えば、コンベア）とすることができる。表面は粗くすることができる、または滑らかにすることができる。妨害物は粗い表面を含む。妨害物は露出した粉体層の表面と角度を形成する傾斜した表面とすることができる。角度は本明細書に記述される任意のシータ角とすることができる。粉末除去機構（例えば、部材）は、本明細書に記述される粉末払い出し除去部材を形成するように、粉末払い出し部材の中に統合されてもよい。

【0281】

10

20

30

40

50

図18Cは、基部1820に平行な平面と反時計回りの角ガンマを形成する傾斜した底部平面1821を有する粉末払い出し器1824の実施例を示し、粉末払い出し器は、粉末払い出し器1824に接続され、傾斜し、かつ基部に平行な平面と反時計回りの角シータを形成する追加的な平面1823を有し、シータはガンマとは異なり（より大きい）、また平面1821は、基部に対して、平面1823（d2）より高い垂直位置（d1）から開始し、かつ平面1823の終了位置（d3）より高い垂直位置（d2）で終了する。

【0282】

粉末払い出し器は、第1の湾曲した底部平面を形成する垂直断面を有する底部を備えてもよい。第1の湾曲した底部平面は、粉末払い出し器の底部の下方に置かれた湾曲の半径を有してもよい（例えば、基板の方向で）。第1の湾曲した底部平面は、粉末払い出し器の底部の上方に置かれた湾曲の半径を有してもよい（例えば、基板から離れる方向で）。第1の湾曲した底部平面の湾曲の半径は調節可能である場合があり、または調節不可能である場合がある。図19Aおよび図19Cは、それぞれ湾曲した底部平面1902および1922を有する粉末払い出し器1901および1921のそれぞれの垂直断面の実施例を示す。粉末払い出し器の底部は1つ以上の追加的な平面を備えてもよい。1つ以上の追加的な平面は、粉末払い出し器の底部に隣接してもよい。1つ以上の追加的な平面は、粉末払い出し器の底部に接続してもよい。1つ以上の追加的な平面は、粉末払い出し器の底部から接続していなくてもよい。1つ以上の追加的な平面は、粉末払い出し器の底面の延在部であってもよい。1つ以上の追加的な平面は湾曲していてもよい。1つ以上の追加的な平面の湾曲の半径は調節可能である場合があり、または調節不可能である場合がある。1つ以上の追加的な湾曲した平面の垂直断面は1つ以上の追加的な湾曲した平面の下方に置かれた湾曲の半径を有してもよい（例えば、基板の方向に向かう）。1つ以上の追加的な湾曲した平面の垂直断面は1つ以上の追加的な湾曲した平面の上方に置かれた湾曲の半径を有してもよい（例えば、基板から離れる方向に向かう）。1つ以上の追加的な湾曲した平面の湾曲の半径は、第1の湾曲した底部平面の湾曲の半径と同一であってもよくまたは異なってもよい。1つ以上の追加的な湾曲した平面の湾曲の半径は、第1の湾曲した底部平面の湾曲の半径より小さくてもよくまたはより大きくてもよい。図19Aは、湾曲の半径 r_1 を有する湾曲した底部平面1902、および湾曲した底部平面1902に接続され、かつ湾曲の半径 r_2 を有する追加的な湾曲した平面1905を備える粉末払い出し器1901の実施例を示し、 r_2 は r_1 より小さく、両方の半径とも基板1906の方向を向いて粉末払い出し器の底部および追加的な平面の下方に置かれている。1つ以上の追加的な湾曲した平面および第1の湾曲した底部平面は、同一の曲線状に置かれていてもよい。図19Dは湾曲した底部平面1932を備え、かつ湾曲の半径 $r_{1,2}$ を有する粉末払い出し器1931の垂直断面の実施例を示し、これは粉末払い出し器出口開口ポート1933の位置を超えて延在し、こうして「追加的な湾曲した平面」1935を形成する。この実施例では、「追加的な湾曲した平面」および粉末払い出し器の底部の垂直断面は、湾曲の半径が基板1936の方向で粉末払い出し器の底部の下方に置かれた同一の曲線上に置かれる。粉末払い出し器は、傾斜していてもまたは傾斜していなくてもよい平面状底部を有してもよい。粉末払い出し器は、基板（または基板によって形成された平均平面）に平行な平面状底部を有してもよい。粉末払い出し器は1つ以上の湾曲した追加的な平面を有してもよい。湾曲した平面（またはその垂直断面）の湾曲の半径は湾曲した平面の下方（例えば、基板の方向で）に置かれてもよい。図19Bは傾斜した底部平面1912および湾曲した追加的な平面1915を備える粉末払い出し器1911の垂直断面の実施例を示す。粉末払い出し器は湾曲した底部を有してもよい。粉末払い出し器は、傾斜したまたは傾斜していない1つ以上の追加的な平面を有してもよい。粉末払い出し器は、基板に平行または垂直な1つ以上の追加的な平面を有してもよい。湾曲した平面（またはその垂直断面）の湾曲の半径は湾曲した平面の下方に（例えば、基板の方向に向いて）置かれてもよい。図19Cは、湾曲した底部平面1922および傾斜した追加的な（延在した）平面1925を備える粉末払い出し器1921の垂直断面の実施例を示す。湾曲の半径 r_1 、 r_2 、および/または $r_{1,2}$ は、少なくとも約0.5mm、1mm、2mm、3mm、4mm

10

20

30

40

50

m、5 mm、6 mm、7 mm、8 mm、9 mm、10 mm、20 mm、30 mm、40 mm、50 mm、60 mm、70 mm、80 mm、90 mm、または100 mmであってもよい。湾曲の半径 r_1 、 r_2 、および/または r_{12} は、最大で約0.5 mm、1 mm、2 mm、3 mm、4 mm、5 mm、6 mm、7 mm、8 mm、9 mm、10 mm、20 mm、30 mm、40 mm、50 mm、60 mm、70 mm、80 mm、90 mm、または100 mmであってもよい。湾曲の半径 r_1 、 r_2 、および/または r_{12} は、前述の値（例えば、0.5 mm～約100 mm、約0.5 mm～約50 mm、約50 mm～約100 mm）の間の任意の値であってもよい。

【0283】

一部の実施例では、上記に詳述したように、粉末払い出し器は、出口開口ポートと少なくとも第1の傾斜した表面との両方を備える。例えば、上記に詳述したように、粉末払い出し器は、側面出口開口ポートと少なくとも第1の傾斜した表面との両方を備えることができる。上記に詳述したように、粉末払い出し器は、側面出口開口と、少なくとも第1の傾斜した平面および第2の傾斜した平面との両方を備えることができる。1つ以上の傾斜した平面は粉末払い出し器の底部に属することができる。第2の平面は粉末払い出し器の底部の延長部とすることができる。第2の平面は粉末払い出し器の底部から接続していないようにすることができる。

【0284】

粉末払い出し器の開口はメッシュまたは孔付きの平面（本明細書では、「メッシュ」と総称する、例えば、図16A、1607）を備えることができる。メッシュは孔（または孔の列）を備える。孔（複数可）は、粉末材料が粉末払い出し器から出られるようにすることができる。メッシュ内の孔は、少なくとも約10 μm 、20 μm 、30 μm 、40 μm 、50 μm 、60 μm 、70 μm 、80 μm 、90 μm 、100 μm 、110 μm 、120 μm 、130 μm 、140 μm 、150 μm 、160 μm 、170 μm 、180 μm 、190 μm 、200 μm 、250 μm 、300 μm 、350 μm 、400 μm 、450 μm 、500 μm 、550 μm 、600 μm 、650 μm 、700 μm 、750 μm 、800 μm 、850 μm 、900 μm 、950 μm 、または1000 μm の基本的な長さスケールを有することができる。メッシュ内の孔は、最大で約10 μm 、20 μm 、30 μm 、40 μm 、50 μm 、60 μm 、70 μm 、80 μm 、90 μm 、100 μm 、110 μm 、120 μm 、130 μm 、140 μm 、150 μm 、160 μm 、170 μm 、180 μm 、190 μm 、200 μm 、250 μm 、300 μm 、350 μm 、400 μm 、450 μm 、500 μm 、550 μm 、600 μm 、650 μm 、700 μm 、750 μm 、800 μm 、850 μm 、900 μm 、950 μm 、または1000 μm の基本的な長さスケールを有することができる。メッシュ内の孔は、前述の基本的な長さスケールの間の任意の値の基本的な長さスケールを有することができる。例えば、メッシュ内の孔は、約10 μm ～約1000 μm 、約10 μm ～約600 μm 、約500 μm ～約1000 μm 、または約50 μm ～約300 μm の基本的な長さスケールを有することができる。孔の基本的な長さスケールは調節可能であってもよく、または固定されていてもよい。一部の実施形態では、開口は2つ以上のメッシュを備える。2つ以上のメッシュのうち少なくとも1つは移動可能であってもよい。2つ以上のメッシュの移動は手動で制御されてもよく、または自動で（例えば、コントローラによって）制御されてもよい。2つ以上のメッシュの相互に関する相対的な位置は、粉末が孔（複数可）を通過する割合を決定する場合がある。孔の基本的な長さスケールは電氣的に制御されてもよい。孔の基本的な長さスケールは熱的に制御されてもよい。メッシュは加熱されてもよく、または冷却されてもよい。メッシュの温度は手動で制御されてもよく、またはコントローラによって制御されてもよい。メッシュの孔は、メッシュの温度または電荷の関数として収縮することができ、または拡大することができる。メッシュは導電性とすることができる。メッシュは、基準メッシュ番号50、70、90、100、120、140、170、200、230、270、325、550、または625のメッシュを備えてもよい。メッシュは、任意の前述のメッシュ番号の間の基準メッシュ番号のメッシュを備えてもよい。例えば、メ

10

20

30

40

50

ッシュは基準メッシュ番号50～625、50～230、230～625、または100～325のメッシュを備えてもよい。基準メッシュ番号は、米国標準であっても、またはタイラー標準であってもよい。

【0285】

2つのメッシュは、粉末が出口開口を通過することができない少なくとも1つの位置を有してもよい。2つのメッシュは、最大量の粉末が出口開口を通過することができる少なくとも1つの位置を有してもよい。2つのメッシュは、同一とすることができ、または異なることができる。2つのメッシュ内の孔のサイズは、同一とすることができ、または異なることができる。2つのメッシュ内の孔の形状は、同一とすることができ、または異なることができる。孔の形状は本明細書に記述される任意の孔形状とすることができ、図16Cは2つのメッシュまたは2つの孔付き平面を有する開口1627を有する粉末払い出し器1624の実施例を示す。図16Cは延長部が2つのメッシュ1622および1626を垂直方向に並進移動することができる実施例を示す。

10

【0286】

粉末払い出し器の開口（例えば、ポート）は、ブレードを含むことができる。ブレードは「ドクターブレード」とすることができ、図16Bは「ドクターブレード」1617を備える開口を有する粉末払い出し器1614の実施例を示す。ブレードは前述のブレードのいずれかとすることができ、開口はブレードとメッシュまたは孔付き平面との両方を備えてもよい。メッシュ（または孔付き平面）は、ブレードより出口開口に近くてもよい。ブレードは、メッシュ（または孔付き平面）より出口開口に近くてもよい。出口開口はいくつかのメッシュおよびブレードを備えることができる。出口開口は第1のブレードを備えることができ、第1のブレードにメッシュが続き、メッシュに第2のブレードが続き、第2のブレードは出口開口の表面に最も近い。出口開口は第1のメッシュを備えることができ、第1のメッシュにブレードが続き、ブレードに第2のメッシュが続き、第2のメッシュは出口開口の表面に最も近い。第1のブレードと第2のブレードとは同一であってもよく、または異なってもよい。第1のメッシュと第2のメッシュとは同一であってもよく、または異なってもよい。粉末払い出し器は、出口開口にバネを備えてもよい。図18A～図18Dはバネ（例えば、1807）を備える開口を有する粉末払い出し器の実施例を示す。

20

【0287】

任意の本明細書に記述される層払い出し機構は粉末のバルク貯留槽（例えば、タンク、プール、桶、またはたらい）と、バルク貯留槽から層払い出し機構へと粉末を送達するように構成された機構とを備えることができる。粉末貯留槽を層払い出し機構（例えば、粉末払い出し器）から接続することができ、または未接続とすることができ、図15は、粉末払い出し器1509に接続されたバルク貯留槽1513の実施例を示す。図17は、粉末払い出し器1702に接続されていないバルク貯留槽1701の実施例を示す。接続されていない粉末払い出し器は粉体層の上方、下方、または側方に位置付けることができる。接続されていない粉末払い出し器は、粉体層の上方に、例えば、粉末払い出し器への粉末入口開口の上方に位置付けることができる。接続された粉末払い出し器を、粉末出口開口ポートの上方、下方、または側方に位置付けてもよい。接続された粉末払い出し器を、粉末出口開口の上方に位置付けてもよい。粉末材料をバルク貯留槽内に保管することができる。バルク貯留槽は、少なくとも1つの層のために十分な量、または3D物体全体を構築するために十分な量の粉末材料を保持してもよい。バルク貯留槽は、少なくとも約200グラム（g）、400g、500g、600g、800g、1キログラム（Kg）、または1.5kgの粉末材料を保持してもよい。バルク貯留槽は、最大で200g、400g、500g、600g、800g、1kg、または1.5kgの粉末材料の粉末材料を保持してもよい。バルク貯留槽は、任意の前述のバルク貯留槽材料の量の間（例えば、約200g～約1.5kg、約200g～約800g、または約700g～約1.5kg）の材料の粉末材料を保持してもよい。粉末払い出し器貯留槽は、少なくとも1つの、2つ、3つ、4つ、または5つの層のために十分な粉末材料の量を少なくとも保持して

30

40

50

もよい。粉末払い出し器貯留槽は、最大で1つの、2つ、3つ、4つ、または5つの層のために十分な粉末材料の量を少なくとも保持してもよい。粉末払い出し器貯留槽は、任意の前述の量の材料（例えば、約1つの層～約5つの層の数の層のために十分な）の間の量の材料を保持してもよい。粉末払い出し器貯留槽は、少なくとも約20グラム（g）、40g、50g、60g、80g、100g、200g、400g、500g、または600gの粉末材料を保持してもよい。粉末払い出し器貯留槽は、最大で約20g、40g、50g、60g、80g、100g、200g、400g、500g、または600gの粉末材料を保持してもよい。粉末払い出し器貯留槽は、任意の前述の量の粉末払い出し器貯留槽材料の間の量の材料（例えば、約20g～約600g、約20g～約300g、または約200g～約600g）を保持してもよい。粉末は、粉末払い出し器から粉末材料
10
を出すための本明細書に記述される任意の類似の方法によってバルク貯留槽から粉末払い出し器へと送られてもよい。時々、バルク貯留槽出口開口内の出口開口ポート（例えば、孔）は、粉末払い出し器出口開口ポートのものと比較してより大きい基本的な長さスケールを有してもよい。例えば、バルク貯留槽は、メッシュまたは少なくとも1つの孔を備える表面を備える出口を備えてもよい。メッシュ（または少なくとも1つの孔を備える表面）は、少なくとも約0.25mm、0.5mm、1mm、2mm、3mm、4mm、5mm、6mm、7mm、8mm、9mm、または1センチメートルの基本的な長さスケールを有する孔を備えてもよい。メッシュ（または少なくとも1つの孔を備える表面）は、最大で約0.25mm、0.5mm、1mm、2mm、3mm、4mm、5mm、6mm、
20
7mm、8mm、9mm、または1センチメートルの基本的な長さスケールを有する孔を備えてもよい。メッシュ（または少なくとも1つの孔を備える表面）は、前述の値の間の任意の値（例えば、約0.25mm～約1cm、約0.25mm～約5mm、または約5mm～約1cm）の基本的な長さスケールを有する孔を備えてもよい。バルク貯留槽は、バルク貯留槽の中へまたはバルク貯留槽の外へと並進移動可能な少なくとも1つの縁部を有してもよい平面を備えてもよい。バルク貯留槽は、バルク貯留槽の中へまたはバルク貯留槽の外へと枢動してもよい平面（例えば、フラップドア）を備えてもよい。かかる並進移動は、貯留槽内の粉末が貯留槽から流れ出る（例えば、重力を使用して）ことができるようにしうる開口を作り出してもよい。コントローラは粉末貯留槽に動作可能に連結してもよい。コントローラは、例えば、粉末がバルク貯留槽を出ることができる条件が有効である時間の量を制御することによって、バルク貯留槽から放出される粉末の量を制御して
30
もよい。コントローラは、例えば、粉末が粉末払い出し器を出ることができる条件が有効である時間の量を制御することによって、粉末払い出し器から放出される粉末の量を制御してもよい。一部の実施例では、粉末払い出し器は、バルク貯留槽から粉末払い出し器貯留槽への粉末の装填の前に粉末払い出し器貯留槽の中に保持されるあらゆる過剰な量の粉末を払い出す。一部の実施例では、粉末払い出し器は、バルク貯留槽から粉末払い出し器貯留槽への粉末の装填の前に粉末払い出し器貯留槽の中に保持されるあらゆる過剰な量の粉末を払い出さない。粉末は、バルク貯留槽から粉末をすくい、そしてこれを粉末払い出し器へと送るすくい機構を使用して、バルク貯留槽から粉末払い出し器へと送られてもよい。すくい機構は固定された量の材料または所定の量の材料をすくってもよい。すくわれる量は調節可能である場合がある。すくい機構はすくう方向に垂直な方向に枢動（例えば、
40
回転）してもよい。バルク貯留槽は、交換可能、取り外し可能、取り外し不可能、または交換不可能であってもよい。バルク貯留槽は交換可能な部品を備えてもよい。粉末払い出し器は、交換可能、取り外し可能、取り外し不可能、または交換不可能であってもよい。粉末払い出し機構は交換可能な部品を備えてもよい。

【0288】

バルク貯留槽もしくは粉末払い出し機構内の粉末を予熱する、周囲温度に冷却する、または所定の温度に維持することができる。粉末を粉体層へと送達するために、平準化機構（例えば、図11、1103、レーキ、ロール、ブラシ、へら、またはブレード）を粉末払い出し機構と同期させることができる。平準化機構は、粉末が機構によって払い出されると、粉末を基板上（または基板が基部を含むとき、基部上）で平準化、分配、および/
50

または広げることができる。

【0289】

一実施例では、本明細書に記述される平準化機構（例えば、粉末平準化機構）および/または粉末除去機構は、本粉末材料の中に配置されかつ懸架された硬化した材料の位置を実質的に変更することなく、明細書に記述される任意の方法で粉末材料の頂部表面を平準化することができる。硬化した材料は、3D物体の破片または少なくとも一部（または一部分）であってもよい。粉末材料中に懸架（例えば、浮遊）された硬化した材料は、エンクロージャ、基板、または基部に接続していなくてもよい。硬化した材料は、粉末材料内に懸架される足場の中に包囲されてはいない場合がある。足場はフィリグリー（例えば、レース）であってもよい。物体は補助的な支持部を備えてもよい。粉末材料中に懸架（例えば、浮遊）された物体は、エンクロージャ、基板、または基部に接触していない場合がある。物体は補助的な支持部を備えてもよい。補助的な支持部は粉末材料内に懸架されてもよい。懸架（例えば、浮遊）された補助的な支持部は、エンクロージャ、基板、または基部に接続されない場合がある。懸架（例えば、浮遊）された補助的な支持部は、エンクロージャ、基板、または基部に接触しない場合がある。平準化機構は、物体（例えば、3D物体、または破片）の位置を位置変更値だけ変更する一方で粉体層の頂部表面を平準化することができる場合がある。位置変更値は、最大で約1マイクロメートル（ μm ）、2 μm 、3 μm 、4 μm 、5 μm 、6 μm 、7 μm 、8 μm 、9 μm 、10 μm 、11 μm 、12 μm 、13 μm 、14 μm 、15 μm 、16 μm 、17 μm 、18 μm 、19 μm 、20 μm 、25 μm 、30 μm 、35 μm 、40 μm 、45 μm 、50 μm 、60 μm 、70 μm 、80 μm 、90 μm 、100 μm 、200 μm 、または300 μm であってもよい。位置変更値は、前述の値の間の任意の値であってもよい。例えば、位置変更値は、約1 μm ~ 約300 μm 、約1 μm ~ 約50 μm 、約1 μm ~ 約20 μm 、約1 μm ~ 約10 μm 、約1 μm ~ 約50 μm 、または約1 μm ~ 約100 μm であってもよい。位置を変更することは、位置をシフトすることであってもよい。平準化機構は、硬化した材料（例えば、3D物体、または破片）の位置を最大で20マイクロメートル（ μm ）だけ変更する一方で粉末材料の頂部表面を平準化することができる場合がある。平準化機構は、硬化した材料の位置を最大で10マイクロメートル（ μm ）だけ変更する一方で粉末材料の頂部表面を平準化することができる場合がある。平準化機構は、硬化した材料の位置を最大で5マイクロメートル（ μm ）だけ変更する一方で粉末材料の頂部表面を平準化することができる場合がある。位置の変更は水平変更であってもよい。位置の変更は垂直変更であってもよい。位置の変更は水平変更であってもよく、または垂直変更であってもよい。位置の変更は垂直変更および水平変更の両方であってもよい。物体は3D物体であってもよい。3D物体は、実質的に平面状の物体またはワイヤであってもよい。硬化した材料は変形された（例えば、硬化することができた）粉末を備えてもよい。3D物体は補助的な支持部を欠いていてもよい。本明細書に記述されるように、3D物体は離間している補助的な支持部を備えてもよい。平準化機構は粉末材料の層を平準化する場合があるが、硬化した材料（例えば、懸架された3D物体）の位置を実質的に変更しない場合がある。実質的な変更が無いことは、撮像または画像処理に関係する場合がある。撮像または画像処理の解像度は、最大でも約1 μm 、2 μm 、3 μm 、4 μm 、5 μm 、6 μm 、7 μm 、8 μm 、9 μm 、10 μm 、20 μm 、30 μm 、40 μm 、50 μm 、または60 μm であってもよい。撮像または画像処理の解像度は、少なくとも約1 μm 、2 μm 、3 μm 、4 μm 、5 μm 、6 μm 、7 μm 、8 μm 、9 μm 、10 μm 、20 μm 、30 μm 、40 μm 、50 μm 、または60 μm であってもよい。撮像または画像処理の解像度は、前述の解像度の値の間の任意の値であってもよい（例えば、約1 μm ~ 約60 μm 、約1 μm ~ 約10 μm 、または約10 μm ~ 約60 μm ）。図21Aは、本明細書に記述される平準化機構によって平準化される前の粉末材料の層内の2つの懸架された平面2101および2102、ならびに基準点として機能する基部2103および2104に接続された2つの平面の実施例を示す。図21Bは、本明細書に記述される平準化機構によって平準化された後の2つの懸架され、かつ平面の各々の上方の位置からの緩やかな空気のプ

10

20

30

40

50

ローに曝された平面（図 2 1 B では 2 1 1 1 および 2 1 1 2 と再度番号付けされている）の実施例を示す。平面 2 1 1 1 および 2 1 1 2 はそれぞれ平面 2 1 0 1 および 2 1 0 2 に対応する。それぞれ平面 2 1 0 3 および 2 1 0 4 に対応する平面 2 1 1 3 および 2 1 1 4 は、基準点として機能するように基部に付着する。

【0290】

平準化部材および/または粉末払い出し器は、少なくとも約 10 ミリメートル毎秒 (mm/s)、15 mm/s 、20 mm/s 、25 mm/s 、30 mm/s 、35 mm/s 、40 mm/s 、45 mm/s 、50 mm/s 、70 mm/s 、90 mm/s 、100 mm/s 、120 mm/s 、140 mm/s 、150 mm/s 、160 mm/s 、180 mm/s 、200 mm/s 、220 mm/s 、240 mm/s 、260 mm/s 、280 mm/s 、300 mm/s 、350 mm/s 、400 mm/s 、450 mm/s 、または 500 mm/s の速さで進んでもよい。平準化部材および/または粉末払い出し器は、最大で約 10 mm/s 、15 mm/s 、20 mm/s 、25 mm/s 、30 mm/s 、35 mm/s 、40 mm/s 、45 mm/s 、50 mm/s 、70 mm/s 、90 mm/s 、100 mm/s 、120 mm/s 、140 mm/s 、150 mm/s 、160 mm/s 、180 mm/s 、200 mm/s 、220 mm/s 、240 mm/s 、260 mm/s 、280 mm/s 、300 mm/s 、350 mm/s 、400 mm/s 、450 mm/s 、または 500 mm/s の速さで進んでもよい。平準化部材および/または粉末払い出し器は、前述の速さの間の任意の速さ（例えば、約 10 mm/s ~ 約 500 mm/s 、約 10 mm/s ~ 約 300 mm/s 、または約 200 mm/s ~ 約 500 mm/s ）で進んでもよい。平準化部材および/または粉末払い出し器は、同一の速さで進んでもよく、または異なる速さで進んでもよい。平準化部材および/または粉末払い出し器が進む速さは手動でまたは自動で（例えば、コントローラによって）制御されてもよい。進む速さは粉体層を横切って（例えば、横方向に）進んだ速さを指す場合がある。

【0291】

粉末払い出し器は粉末を、少なくとも約 1000 立方ミリメートル毎秒 (mm^3/s)、1500 mm^3/s 、2000 mm^3/s 、2500 mm^3/s 、3000 mm^3/s 、3500 mm^3/s 、4000 mm^3/s 、4500 mm^3/s 、5000 mm^3/s 、5500 mm^3/s 、または 6000 mm^3/s の平均速度で払い出してもよい。粉末払い出し器は粉末を、最大で約 1000 mm^3/s 、1500 mm^3/s 、2000 mm^3/s 、2500 mm^3/s 、3000 mm^3/s 、3500 mm^3/s 、4000 mm^3/s 、4500 mm^3/s 、5000 mm^3/s 、5500 mm^3/s 、または 6000 mm^3/s の平均速度で払い出してもよい。粉末払い出し器は粉末を、任意の前述の平均速度の間の平均速度（例えば、約 1000 mm^3/s ~ 約 6000 mm^3/s 、約 1000 mm^3/s ~ 約 3500 mm^3/s 、または約 3000 mm^3/s ~ 約 6000 mm^3/s ）で払い出してもよい。

【0292】

粉末払い出し器は、回転ロールを含むことができる。ロールの表面は、滑らかな表面であってもよく、または粗い表面であってもよい。ロール表面の実施例が図 17 に示され、実施例としては粗い表面ロール 1709、突出部付きのロール 1707、陥凹部付きのロール 1719 が挙げられる。ロール表面は、陥凹部、突出部、または突出部と陥凹部との両方を含んでもよい（例えば、図 13 B、1313、または図 17）。特定の位置においてロールは、ロールが粉末払い出し器の開口を閉鎖するので、ロールの上方に配置された粉末（例えば、1312 または 1703）が下向きに流ることができないように置かれてもよい。ロールが回転するとき（時計回りまたは反時計回りのいずれか）、粉末の一部は陥凹部または突出部（またはその両方）の中に捕えられる場合があり、そして粉末払い出し器の粉末が占めている側から粉末払い出し器の粉末がない側へと送られる場合がある。かかる送付は粉末を粉末払い出し器（例えば、1336）の底部から粉体層（例えば、1316）へ向けて吐き出せるようにしてもよい。類似の機構を図 13 D に図示し、その中に内部壁（例えば、1327）を備える粉末払い出し器の実施例を示す。ロール 13

31によって送られる粉末は壁1337に対して投げ付けられる場合があり、そして出口開口ポートを通して漏斗(例えば、1330)から出る。

【0293】

粉末材料を基板へと送達するように構成された機構は粉末粒子と混合された気体の流れを備えることができる。図10Aおよび図10Bは、粉末を(例えば、貯留槽から)基板へと送達するように構成された機構の2つの例示的な構成を示す。粉末を基板へと送達するように構成された機構はエアナイフとすることができる。基板(例えば、904)の少なくとも一区分へと粉末を送達するためにエアナイフをスキャナーによって明確に表現する(articulate)することができる。エアナイフをスキャナーによって関節運動することができ、これはシステム内に含まれる1つ以上のエネルギー源を関節運動するためにも使用される。図10Aは、粉末1001を(例えば、貯留槽から)基板へと送達するように構成することができるエアナイフ1000の略図を図示する。エアナイフ1000は気体および粉末粒子の流れを基板へと送達することができる。粉末粒子は気体内に懸架される。気体および粒子の流れを駆動するためにエアナイフの中に少なくとも1つのファン1002を含むことができる。所定の量の粉末が所定の時間期間の間に基板上へと払い出されるように、気体中の粒子の密度の数字および気体の流速を選ぶことができる。基板上に吹き付けられる気体が基板上の粉末層および/または3次元物体を阻害しないように気体流量を選ぶことができる。基板上に吹き付けられる気体が少なくとも3次元物体の位置を阻害しないように気体流量を選ぶことができる。

10

【0294】

図10Bは、貯留槽から基板へと粉末を送達するように構成された別の機構とすることができる湾曲したチューブ1003を図示する。湾曲したチューブは開口1004を備えることができる。開口を湾曲したチューブ形状の屈曲点に位置付けることができる。開口を湾曲したチューブ形状の外側に位置付けることができる。開口は基板904に隣接するチューブの側面とすることができる。開口1004はピンホールとすることができる。ピンホールは、少なくとも約0.001mm、0.01mm、0.03mm、0.05mm、0.07mm、0.09mm、0.1mm、1mm、2mm、3mm、4mm、5mm、または10mmの直径または他の最大長さスケールを有することができる。気体と粉末粒子1001との混合物を湾曲したチューブ1003を通して駆動することができる。粉末粒子(すなわち、粉末材料の粒子)を気体中に懸架することができる。粉末粒子の少なくとも一区分を湾曲したチューブから開口1004を通して出して、基板904上へと払い出すことができる。所定の量の粉末が所定の時間期間の間に基板上へと払い出されるように、気体中の粒子の密度の数字および気体の流速を選択することができる。基板上に吹き付けられる気体が基板上の粉末層および/または3次元物体を阻害しないように気体流量を選ぶことができる。所定の時間期間内に所定の量の粉末が基板上に払い出されるように、開口と基板との間の距離1005を調節することができる。一部の事例では、所定のサイズの範囲の粒子が開口1004を通して湾曲したチューブから出て、そして基板904上へと払い出されるように開口のサイズを選択することができる。

20

30

【0295】

平準化機構によって基板上に払い出された粉末を広げ、かつ/または平準化することができる。(例えば、ロール、図12Eの1222参照)。平準化部材は、基板(例えば、1223)上の粉末の層を実質的に平面状(例えば、水平)(例えば、1221)となるように平準化するように構成することができる。平準化部材は一組の突き出し(例えば、硬質または軟質の突き出し)(例えば、図12Fの1227)を含むことができる。突き出しは尖った、丸い、または鈍い端部を有してもよい。突き出しはブレードであってもよい。平準化部材は、3D物体を実質的に移動することなく粉末の少なくとも一区分を移動することができる。一部の実施例では、3D物体の少なくとも部分を実質的に移動することは、3次元物体の少なくとも一部の位置を本明細書に詳述される位置変更値だけ変化させることを含む。3D物体の少なくとも部分を実質的に移動することは、3次元物体の少なくとも一部の位置を位置変更値だけ変化させることを含む。平準化部材は、粉体層内で

40

50

の3D物体の場所を実質的に変化させることなく粉末の少なくとも一区分を移動することができる。

【0296】

平準化部材は、突出部、陥凹部、突出部と陥凹部との両方を備えるロールする表面を有するローラーの組み合わせを備えることができる。一部の実施例では、ローラーは滑らかな突出部もしくは陥凹部も有しないロールする表面を有する（例えば、図12Eの1222）。一部の実施例では、ローラーは粗いロールする表面を有する。一部の実施例では、ローラーは陥凹部を備える。一部の実施例では、ローラーは突出部を備える（例えば、図12Fの1227）。ローラーをコーミング機構（例えば、レーキ、ブラシ、へら、またはナイフを備える）の前または後に置くことができる。コーミング機構は円、三角形、正方形、五角形、六角形、八角形、任意の他の多角形、または不規則形状の垂直断面（例えば、側面断面）を有してもよい。ローラーは、粉末層がコーミング機構によって平準化される前に粉末層を少なくとも部分的に平準化することができる。ローラーの回転は、平準化部材が移動している方向（例えば、横方向）、平準化部材が移動しているのと反対の方向、または両方の方向の任意の組み合わせとすることができる。ローラーは、ローラーの回転を有効化するために能動回転機構（例えば、モーターシャフト）と連通することができる。ローラーは時計回りおよび/または反時計回り方向に回転することができる。ローラーは、少なくとも約0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、0.9、または1.0の静止摩擦係数を有するロールする表面を有することができる。ローラーは、少なくとも約0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、0.9、または1.0の動摩擦係数を有するロールする表面を有することができる。ローラーは単一のローラーとすることができる。ローラー2つ以上のローラーを含むことができる。2つ以上のローラーは、同一の方向または異なる方向に、同一の速度または異なる速度で回転することができる。2つ以上のローラーの回転を同期させてもよく、または同期させなくてもよい。ローラーを、受動的に、能動的に（例えば、コントローラおよび動力源によって）、またはこれらの任意の組み合わせで回転することができる。ローラーを手動または自動で（例えば、コントローラによって制御される）回転することができる。ローラーは偏心した回転を有することができる。偏心した回転を有するローラーは複数の高さの平面化を許容することができる。ローラーを振動させることができる。ローラーが2つ以上のローラーを備えるとき、ローラーの少なくとも一区分を、圧密するように構成することができ、またローラーの一区分を粉末材料の層を平準化（例えば、平面化）するように構成することができる。ローラーによって平準化された粉体層の表面（例えば、ロールする表面）を滑らかに、平準化して、またはその両方にすることができる。ローラーの表面を粗くすることができる。ローラーの表面は、くぼみ（例えば、陥凹部）、突出部（例えば、ブレード）またはこれらの両方とすることができる。ブレードは、1つ以上の実質的に滑らかなブレード、鋭いブレード、またはこれらの任意の組み合わせを含むことができる。実質的に滑らかなブレードは、表面から突出する、または表面の中へと入り込む最小限の量の特徴部（例えば、出っ張りまたは溝）を有する、少なくとも1つの切断（例えば、刈り取る）表面を有することができる。実質的に滑らかなブレードは、表面から突出する、または表面の中へと入り込む特徴部を有する少なくとも1つの切断表面を有することができ、特徴部の平均分布は、最大で約5 μm、3 μm、1 μm、300 nm、100 nm、30 nm、または10 nmに及ぶ。粉末材料の表面に沿って並進移動するときにローラーが変形しないようにローラーを剛直な材料で作製することができる。一部の事例では、剛直な材料は金属（例えば、元素金属または合金）、硬質プラスチック、セラミック、複合材料、またはこれらの任意の組み合わせとすることができる。一部の事例では、粉末材料の表面に沿って並進移動するときにローラーが少なくとも部分的に変形するように、ローラーを可撓性の材料で作製することができる。可撓性材料は、金属箔、ゴム、軟質プラスチック、またはこれらの任意の組み合わせとすることができる。

【0297】

10

20

30

40

50

平準化機構は、平滑化機構の軸を横切って分配された複数のニードルを含むことができる。複数のニードルを行列もしくは行と列とで、列で、パターンで、または無作為に配設することができる。ニードルは、剛直、可撓性、またはこれらの任意の組み合わせとすることができる。複数のニードルのうちの各ニードルが粉末材料の層上の異なる場所に接触するように、ニードルを平準化機構の上に配設することができる。複数のニードルは、頂部払い出し粉末払い出し器から払い出された粉末を平準化および/または平滑化することができる。ニードルによる粉末の平準化は、粉末が少なくとも1つの平面内で平面的均一性を有するように粉末を配設することができる。粉末平準化機構および/または粉末除去機構による粉末材料の平準化は、結果として少なくとも1つの平面内で平面的均一性を有する平面をもたらすことができる。平面的均一性を少なくとも1つの平面（例えば、水平平面）内とすることができる。平面的均一性を露出した粉末材料の層の頂部とすることができる。例えば、平面的均一性をエンクロージャ内（例えば、チャンバの中の気体）の環境に露出した粉末材料の層の頂部とすることができる。平均的な平面は、粉末材料の層の表面の最上部の最小二乗平面適合によって画定される平面である場合がある。平均平面は、粉体層の頂部表面上の各点において粉末高さを平均化することによって計算される平面であってもよい。一部の事例では、レーキおよびローラーのいずれかまたは両方を複数の突出部（例えば、突き出し）に隣接して提供することができる。

【0298】

一部の事例ではエアナイフは粉末をレーキの前方に払い出すことができる。コーミング機構（例えば、レーキ）とエアナイフとの移動を同期させることができ、または同期させないことができる。エアナイフおよびレーキの移動を同一のスキャナーによってまたは異なるスキャナーによって制御することができる。

【0299】

一部の事例では、平準化機構は粉末材料の層を刈り取るまたは切断する気体ナイフ（例えば、エアナイフ）を含むことができる。平準化気体ナイフは気体（例えば、空気、 H_2 、 He 、または Ar ）の濃縮流または加圧流を含んでもよい。平準化機構のブレードは気体ナイフを備えることができる。

【0300】

コーミング機構（例えば、レーキ）は1つ以上のブレードを備えることができる。図11は粉末を基板に沿って移動することができるレーキ1103の実施例を図示する。コーミング機構は粉末材料の層に接触する1つ以上のブレード1101を有することができる。ブレードは異なるサイズまたは単一の実質的に均一なサイズを有することができる。ブレードは、レーキの頂部1102から異なる距離離れるように延在することができる。ブレードを異なる角度（例えば、異なる迎え角）で配向することができる。迎え角は粉末の表面に関するブレードの表面の角度とすることができる。一部の事例では、浅い迎え角は急な迎え角と比較して部品にかかる圧力をより低くすることができる。浅い迎え角は、最大で約 45° 、 40° 、 35° 、 30° 、 25° 、 20° 、 15° 、 10° 、または5のブレードの表面と粉末層の平均頂部表面との間の角度とすることができる。浅い迎え角は、約 0° のブレードの表面と粉末層の平均頂部表面との間の角度であってもよい。コーミング機構上にブレードを組で提供してもよく、ブレードの組は相互に対する接触角の増加または減少を有することができる。ブレードの角度は、パターン（例えば、線状の）で、または無作為に配設することができる。一部の事例ではコーミング機構（例えば、レーキ）は鋤を備えることができる。レーキの前方の粉末レベル（例えば、層厚さ）を能動的にまたは受動的に制御することができる。

【0301】

粉末の表面に沿って並進移動するときにコーミング機構の中のブレードが移動しないように、ブレードを剛直な材料で作成することができる。一部の事例では、剛直な材料は金属（例えば、元素金属または合金）、硬質プラスチック、セラミック、またはこれらの任意の組み合わせとすることができる。一部の事例では、粉末材料の表面に沿って引きずられたときにブレードが少なくとも部分的に変形するように、ブレードの少なくとも一区分

10

20

30

40

50

を可撓性の材料で作製することができる。可撓性材料は、金属箔、ゴム、軟質プラスチック、またはこれらの任意の組み合わせとすることができる。

【0302】

本明細書に記述するシステムのいずれか（集合的に「システム」とする）は、粉末払い出し機構、粉末平準化機構、粉末除去機構、コントローラ、またはこれらの任意の組み合わせを備えてもよい。

【0303】

コントローラは振動器（複数可）を制御してもよい。コントローラは振動器（複数可の動作）を制御してもよい。コントローラは振動器（複数可）の振動の振幅を制御してもよい。コントローラは振動器（複数可）の振動の周波数を制御してもよい。システムが2つ以上の振動器を備えるとき、コントローラはその各々を個々に、または群として（例えば、集合的に）制御してもよい。コントローラは振動器の各々を逐次的に制御してもよい。コントローラは粉末払い出し器によって放出される粉末材料の量を制御してもよい。コントローラは粉末払い出し器によって放出される粉末材料の速度を制御してもよい。コントローラは粉末材料の層（例えば、粉体層内に配置された）に堆積した粉末材料の高さを制御してもよい。コントローラは粉末払い出し器から粉末が放出される高さを制御してもよい。

10

【0304】

コントローラは平準化部材の高さを制御してもよい。コントローラは平準化部材ブレードの高さを制御してもよい。コントローラは平準化部材ブレード（例えば、ブレード）の移動の速度を制御してもよい。コントローラは粉末払い出し器の位置を制御してもよい。コントローラは平準化部材の位置を制御してもよい。位置は、垂直位置、水平位置、または角度位置を含んでもよい。位置は座標を含んでもよい。

20

【0305】

コントローラは粉末除去部材の高さを制御してもよい。コントローラは粉末除去部材の移動の速度を制御してもよい。コントローラは粉末除去部材の位置を制御してもよい。位置は、垂直位置、水平位置、または角度位置を含んでもよい。位置は座標を含んでもよい。コントローラは粉末除去部材によって取り除かれる材料の量を制御してもよい。コントローラは粉末除去部材によって材料が取り除かれる速度を制御してもよい。

【0306】

コントローラは、粉末払い出し機構、粉末除去機構、および/または平準化機構によって進まれる経路を制御してもよい。コントローラはエンクロージャ内に堆積した粉末材料の層の頂部表面の平準化を制御してもよい。例えば、コントローラは新たに堆積した粉末材料の最終的な高さを制御してもよい。コントローラは粉末材料（例えば、最後に形成された粉体材料の層）の最終的な高さを制御してもよい。一部の実施形態では、粉末払い出し器は第1の垂直高さを有する粉末材料の層の少なくとも一部を堆積してもよい。平準化機構および/または粉末除去機構は、粉末材料の層の平準化したセクションの垂直高さが第1の垂直高さの少なくとも約0.02*、0.04*、0.05*、0.06*、0.08*、0.1*、0.2*、0.3*、0.4*、0.5*、0.6*、0.7*、0.8*、または0.9倍（*）となりうるように堆積した粉末材料を平準化してもよい。平準化部材は、粉末材料の層の平準化したセクションの垂直高さが第1の垂直高さの最大で約0.02*、0.04*、0.05*、0.06*、0.08*、0.1*、0.2*、0.3*、0.4*、0.5*、0.6*、0.7*、0.8*、または0.9倍（*）となりうるように堆積した粉末材料を平準化してもよい。平準化部材は、粉末材料の層の平準化したセクションの垂直高さが前述の倍数值（例えば、約0.02*~約0.9*、約0.02*~約0.5*、約0.4*~約0.9*、または約0.05*~約0.4*）の間の任意の値の積となるように堆積した粉末材料を平準化してもよい。

30

40

【0307】

本明細書に記述される装置のいずれかを利用して粉末材料を平準化することを含む、粉末材料から3D物体を生成するための方法が本明細書に記述される。粉末材料は、エンク

50

ロージャ、基板、または基部の底部に隣接して（例えば、上方に）配置される粉末材料であってもよい。粉末材料は層払い出し機構（例えば、粉末払い出し器）によって堆積されている場合がある。本明細書に記述される任意の装置を利用して、エンクロージャの底部に向けて（例えば、基板または基部に向けて）粉末材料を払い出すことを含む、粉末材料から3D物体を生成するための方法が本明細書に記述される。本明細書に記述される層払い出し機構（例えば、粉末払い出し器）のいずれかを利用して、エンクロージャの底部に向けて（例えば、基板または基部に向けて）粉末材料を払い出すことを含む、粉末材料から3D物体を生成するための方法が本明細書に記述される。方法は粉末材料の層を払い出すことを含んでもよい。方法は、装置、層払い出し機構、粉末払い出し機構、平準化機構、粉末除去機構、基板、基部、エンクロージャ、またはこれらの任意の組み合わせを並進移動することを含んでもよい。コントローラは並進移動を制御してもよい。粉末材料は、層払い出し機構が第1の方向に進むときに層払い出し機構（例えば、粉末払い出し器）によって払い出されてもよい。粉末材料は、平準化機構および/または粉末除去機構が第2の方向に進むときに平準化機構によって平準化されてもよい。第1の方向と第2の方向とは同一の方向であってもよい。第1の方向と第2の方向とは反対の方向であってもよい。

10

20

30

40

50

【0308】

方法は、粉末材料の少なくとも一部、粉末払い出し機構の少なくとも一部、または層払い出し機構の少なくとも一部を振動することを含んでもよい。粉末払い出し機構の少なくとも一部は、粉末払い出し機構の出口開口の少なくとも一部を振動することを含んでもよい。方法は粉末材料を平準化するように粉体層内の粉末を振動することを含んでもよい。方法は、粉末材料を平準化するために、粉体層、またはこれらの任意の組み合わせを収容するエンクロージャ、基板、基部、容器を振動することを含んでもよい。振動は超音波振動であってもよい。

【0309】

方法は、平準化機構を使用して粉末材料の層の少なくとも一部を平準化することを含んでもよい。平準化することは、頂部表面によって作り出された平均平面からの偏差を用いて粉末材料の頂部表面を平準化することができるようにする場合がある。平均平面からの偏差は本明細書で開示される平均平面値からの何らかの偏差であってもよい。平準化は、物体を本明細書で開示される位置変更値だけ移す場合がある。

【0310】

一部の事例では、粉末層の表面を粉体層内の粉末の流動によって実質的な平均平面的均一性を維持することができる。粉体流動層は1つ以上の液体の特性を有することができる（例えば、粉体層の体積と類似の体積を有する）。粉体流動層は、コーミング機構（例えば、平準化または平滑化）を用いずに平面状の均一な粉末表面が維持されるなどのように、静水力学的な挙動を呈することができる。粉体層を通して加圧気体を押し込むことによって粉体層内に流動層を生成することができる。粉体層の底部、頂部または側面から気体を流すことができる。気体は不活性気体とすることができる。気体は希ガスとすることができる。気体は、アルゴン、窒素、ヘリウム、ネオン、クリプトン、キセノン、水素、一酸化炭素、二酸化炭素、または空気を含むことができる。流動層内の気体は、チャンバ内で使用されるものと同一の気体、またはチャンバ内で使用されるものと異なる気体とすることができる。

【0311】

3D物体の少なくとも一部分を流動層内に沈ませることができる。3D物体の少なくとも一部分を流動層で包囲する（例えば、浸す）ことができる。3D物体の少なくとも一部分を実質的に沈む（例えば、垂直移動）ことなく粉末材料中に置くことができる。実質的に沈むことが無いことは、層厚さの約40%、20%、10%、5%、または1%が沈む（例えば、垂直移動する）量とすることができる。実質的に沈むことが無いことは、最大でも約100 μ m、30 μ m、10 μ m、3 μ m、または1 μ mの量とすることができる。3D物体の少なくとも一部分を実質的な移動（例えば、水平移動、角度を有する移動）無しに粉末材料内に置くことができる。実質的な移動が無いことは、最大で、100 μ m

、30 μm 、10 μm 、3 μm 、1 μm 、以下の量とすることができる。3D物体が粉体流動層内に沈むまたは浸されるとき、3D物体を基板上に置くことができる。

【0312】

記述された方法は、粉末平準化方法を含んでもよく、粉末は露出した粉体層の表面（すなわち、粉体層の頂部表面）から突出した構造体を含む。構造体は、変形され、引き続いて硬化した粉末材料であってもよい。構造体は3D物体、3D物体の一部、または変形され、引き続いて硬化したが、3D物体の一部を形成しなかった粉末材料（すなわち、破片）であってもよい。露出した粉体層の表面（すなわち、頂部）から突出する構造体の高さ（すなわち、垂直距離）は、少なくとも約10 μm 、30 μm 、50 μm 、70 μm 、100 μm 、130 μm 、150 μm 、170 μm 、200 μm 、230 μm 、250 μm 、270 μm 、または300 μm であってもよい。粉体層の頂部表面から突出する構造体（本明細書では以下「突出部」とする）の高さは、最大で約30 μm 、50 μm 、70 μm 、100 μm 、130 μm 、150 μm 、170 μm 、200 μm 、230 μm 、250 μm 、270 μm 、300 μm 、または1000 μm であってもよい。粉体層の頂部表面からの突出部の高さは前述の値のいずれかの間であってもよい。例えば、約10 μm ～約1000 μm 、約50 μm ～約100 μm 、約30 μm ～約300 μm 、約20 μm ～約400 μm 、または約100 μm ～約900 μm である。本明細書で使用される場合「の間」という用語は、別の方法で指定しない限り、包括的であることを意味する。例えば、XとYとの間とは、本明細書ではXからYまでを意味すると理解される。

10

20

【0313】

一部の実施例では、粉末層の上に粉末材料の層を堆積することを含む方法は、粉体層を提供するために粉末材料をエンクロージャの中へと払い出すことと、粉末材料を硬化した材料を引き続いて形成する変形した材料へと変形することによって粉末材料の一部分から3D物体を生成することであって、硬化した材料が粉体層の頂部表面から突出し、硬化した材料が粉体層の内でも移動可能である、ことと、粉体層の頂部表面上に粉末材料の層を付加することと、を含む。移動可能な硬化した材料は、補助的な支持部を備えてもよい。移動可能な硬化した材料は補助的な支持部を欠いていてもよい。一部の実施例では、硬化した材料は粉体層内で懸架される。一部の実施例では、補助的な支持部を備える硬化した材料は粉体層内で懸架される。一部の実施例では、硬化した材料は（例えば、補助的な支持部によって）エンクロージャに係止される。アンカーはエンクロージャの底部または側部に接続されてもよい。アンカーは基板または基部に接続されていてもよい。アンカーは、基板、基部、エンクロージャの底部、足場構造、焼結した構造（例えば、軽く焼結した構造）、または型（型として知られる）であってもよい。

30

【0314】

一部の実施例では、粉末材料の層を粉体層の頂部表面上に付加することが、硬化した材料を位置変更値だけ移す。一部の実施例では、粉体層の頂部表面上に粉末材料の層を付加することは、硬化した材料を約20マイクロメートル以下だけ移す。一部の実施例では、硬化した材料は、歪み、反り、曲がり、丸まり、巻き、膨らみ、または球状化を含む。例えば、硬化した材料は変形した3D物体の少なくとも一部を含む可能性がある。変形は、歪み、反り、膨らみ、曲がり、丸まり、巻き、または球状化などの本明細書で開示されるいずれかの変形である場合がある。

40

【0315】

一部の実施例では、付加することは、粉体層内に粉末材料の層を堆積するために粉末払い出し器を使用すること（例えば、本明細書に記述される任意の堆積方法または機構によって）をさらに含む。一部の実施例では、粉末材料の付加された層の頂部表面は実質的に平面状である。一部の実施例では、粉末材料の付加された層の頂部表面は実質的に平面状になるように平準化される。平準化することは、本明細書に記述されるように平準化機構および/または粉末除去機構を備えてもよい。例えば、粉末材料の層の頂部表面の平準化は過剰な量の粉末材料を刈り取ることを含む場合がある。刈り取ることは、ナイフ（例えば、本明細書に記述されるような硬質のナイフ、可撓性のナイフ、またはエアナイフ）を

50

用いて刈り取ることを含む場合がある。一部の事例では、刈り取られた粉末材料（すなわち、過剰な粉末材料）は粉体層内の別の位置へと移動する。一部の事例では、刈り取られた粉末材料（すなわち、過剰な粉末材料）は粉体層内の別の位置へと移動しない。例えば、過剰な粉末材料は本明細書に記述される粉末除去機構によって取り除かれてもよい。粉末材料を取り除くことは粉体層（例えば、粉体層の頂部表面）に接触することを含んでもよい。粉末材料を取り除くことは粉体層（例えば、粉体層の頂部表面）に接触することを除外してもよい。例えば、付加することは、過剰な量の粉末材料を取り除くために粉末材料の層に接触することなく粉末除去部材を使用することを含んでもよい。

【0316】

一部の実施例では、粉末材料、硬化した材料、またはこれらの両方は、少なくとも共晶合金を形成する比で存在する2つの金属を欠いている。一部の実施例では、粉末材料、硬化した材料、またはこれらの両方は、単一の元素金属で作成される。一部の実施例では、粉末材料、硬化した材料、またはこれらの両方は、最大でも実質的に単一の元素金属組成物を含む。一部の実施例では、粉末材料、硬化した材料、またはこれらの両方は、単一の金属合金で作成される。一部の実施例では、粉末材料、硬化した材料、またはこれらの両方は、最大でも実質的に単一の金属合金組成物を含む。

10

【0317】

別の態様では、粉末材料を含む粉体層を収容するエンクロージャと、エネルギービームを粉末材料に提供し、これによって粉末材料を引き続いて硬化して硬化した材料を形成する変形した材料へと変形するエネルギー源と、を備える、3次元物体を生成するためのシステムが本明細書に記述される。硬化した材料は、粉体層の頂部表面から突出して本明細書に記述される突出部を形成することができる。本明細書で開示されるシステムは、平面状粉末層を粉体層の中へと付加するように構成された層払い出し機構をさらに備えてもよい。層払い出し機構は粉末堆積機構を含んでもよい。層払い出し機構は、粉末平準化機構および/または粉末除去機構をさらに含んでもよい。過剰な粉末材料を粉体層から平準化する粉末平準化機構（例えば、部材）は、粉体層に接触してまたは接触しないでこれを行う。本明細書で開示される粉末平準化機構は、粉体層の頂部部分（すなわち、露出した）から過剰な粉末材料を少なくとも刈り取る、剃る、切りそろえる、トリムする、収穫する、切断、掻き取る、そぎ落とす、または切り取るように構成されてもよい。粉末平準化部材は、粉体層内の別の位置に過剰な量の粉末材料を移してもよい。一部の事例では、粉末平準化部材は、粉体層内の別の位置に過剰な量の粉末材料を移さなくてもよい。

20

30

【0318】

粉末平準化機構は本明細書で開示される任意の粉末平準化機構であってもよい。層払い出し機構は、粉体層の頂部部分に接触しながらまたは接触しないで、粉体層の頂部部分から過剰な粉末材料を取り除く粉末除去機構（例えば、部材）を備えてもよい。層払い出し機構は、粉体層の頂部部分に接触する一方で粉体層の頂部部分から過剰な粉末材料を取り除く粉末除去機構（例えば、部材）を備えてもよい。層払い出し機構は、粉体層の頂部部分に接触せずに粉体層の頂部部分から過剰な粉末材料を取り除く粉末除去機構を備えてもよい。層払い出し機構は空隙によって粉体層の頂部部分から分離されてもよい。空隙は本明細書で開示されるいかなる空隙であってもよい。粉末除去機構は本明細書で開示されるいかなる粉末除去機構であってもよい。粉末除去機構は粉末平準化機構に連結されてもよく、または連結されなくてもよい。粉末除去機構は粉末払い出し機構に連結されてもよく、または連結されなくてもよい。粉末平準化機構は粉末払い出し機構に連結されてもよく、または連結されなくてもよい。

40

【0319】

粉末除去機構によって取り除かれた過剰な粉末材料は粉末払い出し部材によって再使用されてもよい。再使用は、層払い出し機構の動作の間の連続的な再使用、粉末材料の層が粉体層の中へと付加された後の再使用、思い付いたときの再使用、手動での再使用、自動での再使用、3D物体が生成された後の再使用、を含んでもよい。

【0320】

50

本明細書に記述されるシステムは、エネルギー源に、および層払い出し機構に、またはその構成要素のうち少なくとも1つに動作可能に連結したコントローラをさらに備えてもよい。コントローラは、(i) 3次元物体を生成する指示を受け、(ii) 粉末材料の一部分から硬化した材料を生成し、かつ(iii) 粉体層の中へと粉末材料の層を付加するように層払い出し機構に命令するようにプログラムされていてもよい。粉末材料の付加された層は実質的に平面状である頂部表面を有してもよい。粉末材料の付加された層は実質的に非平面状である頂部表面を有してもよい。一部の事例では、層払い出し機構は硬化した材料を移してもよい。一部の事例では、層払い出し機構は硬化した材料を実質的に移さなくてもよい。一部の事例では、層払い出し機構は硬化した材料を本明細書で開示される位置変更値だけ移してもよい。一部の事例では、層払い出し機構は硬化した材料を最大で20 μ m移してもよい。転移は垂直転移、水平転移、または角転移であってもよい。角転移は、平面角転移であってもよく、または合成角転移であってもよい。

10

20

30

40

50

【0321】

コントローラは粉末払い出し機構(例えば、粉末払い出し部材、または粉末払い出し器)に動作可能に連結してもよく、かつ粉末材料の層を粉体層の中へと付加するように粉末払い出し機構に命令するようにプログラムされてもよい。コントローラは粉末平準化機構に動作可能に連結されてもよく、かつ粉体層の頂部表面を平準化するようにプログラムされてもよい。コントローラは粉末除去部材に動作可能に連結されてもよく、かつ過剰な粉末材料の除去を調整するようにプログラムされてもよい。コントローラは粉末除去機構によって取り除かれた粉末材料のリサイクルを制御してもよい。コントローラは、粉末払い出し部材によって払い出された粉末材料の量を調整することができる。

【0322】

システムは粉末払い出し部材に動作可能に連結した1つ以上の機械的部材をさらに備えてもよく、1つ以上の機械的部材は粉末払い出し器を振動させる。機械的部材はモーター(例えば、回転モーター)、またはソニケーターであってもよい。機械的部材は振動を生じてもよい。コントローラは1つ以上の機械的部材に動作可能に連結してもよい。コントローラは1つ以上の振動器に動作可能に連結してもよい。コントローラは、粉末払い出し部材によってエンクロージャの中へと払い出される粉末材料の量を調整するために1つ以上の機械的部材を制御するようにプログラムされてもよい。

【0323】

別の態様では、本明細書に記述される方法は、その中で、粉末材料の層が粉体層を形成するようにエンクロージャ内に堆積し、層の少なくとも一部が硬化して硬化した材料を形成し(これは3D物体の少なくとも一部を備えてもよくまたは備えなくてもよい)、硬化した材料が露出した粉体層の表面から突出してもよくまたは突出しなくてもよい、方法を含む。粉末材料の第2層は、過剰に堆積される。この第2層の露出した表面は平準化してもよく、または平準化しなくてもよい。第2層の平準化は2つのはっきりと区別できる動作で行われる。第1の動作は粉末平準化機構の使用に關与し、また第2の動作は粉末除去機構の使用に關与する。一部の実施形態では、第2層を平準化することは粉末平準化機構と粉末除去機構との両方の単一の動作での使用に關与する場合がある。一部の実施形態では、第2層を平準化することは、粉末除去機構がすぐに続く粉末平準化機構の使用に關与する場合がある。一部の実施形態では、粉末堆積機構によって粉末材料の第2層を堆積することと、これを平準化機構(例えば、刈り取ること)によって平準化することと、粉末除去機構によって粉末を取り除くことと、は1つの横方向の実行で次々に実施される。例えば、3つの機構は相互にすぐに続いてもよい。例えば、少なくとも3つの機構のうち2つは相互にすぐに続いてもよい。例えば、3つの機構は1つの機構に統合されてもよい。例えば、3つの機構のうち少なくとも2つは1つの機構に統合されてもよい。機構(複数可)は、粉体層全体の、または粉体層の一部分のみの粉末を広げ、かつ/または平準化する。方法は、機構(複数可)が一方向で横方向に進むに従って粉体層を広げることおよび平準化することを含んでもよい。方法は、粉体層を、機構(複数可)が粉体層を第1の方向で横方向に進むに従って広げることと、機構(複数可)が反対方向に進むに従って

平準化することと、機構（複数可）が再度第1の方向に進むに従って最終的に取り除くことと、を含んでもよい。方法は、機構（複数可）が第1の方向で横方向に進むに従って1つまたは2つの機構の動作を含んでもよく、かつ機構（複数可）が反対方向で横方向に進むに従って1つまたは2つの機構の動作を含んでもよい。機構は、粉末払い出し機構、粉末平準化機構、および粉末除去機構を備えてもよい。方法は、硬化した材料が係止されていてもいなくても（例えば、補助的な支持部によって）、硬化した材料の位置を実質的に変更することなく粉末材料を広げかつ平準化してもよい。

【0324】

別の態様では、粉末材料の層の堆積および平準化に関する3次元物体を生成するための方法が本明細書に記述され、粉体層の頂部表面に接触することなく最終的な平準化動作が行われる。方法は、第1の頂部表面を有する粉体層を提供するために粉末材料の第1層をエンクロージャの中へと提供すること（この段階では第1の頂部表面が露出した表面である）と、粉末材料の少なくとも一部分から3次元物体の少なくとも一部分を生成することと、粉体層の上へと粉末材料の第2層を払い出すことであって、粉末材料の第2層が第2の頂部表面を備える（この段階では第2の頂部表面が露出した表面である）ことと、第1の平面状の表面を形成するために粉末材料の第2層を取り除く（例えば、刈り取る）ことと、所定の第2の平面状の表面の上方の実質的にすべての粉末材料を粉末材料の第2層から取り除くことと、を含み、取り除くことは粉体層に接触することなく生じる。第1の平面状の表面は、第2の頂部表面の最も低い点であるか、またはその下方である可能性がある。第2の平面状の表面は第1の平面状の表面の下方に位置付けられている可能性がある。取り除く動作は、本明細書に記述される粉末除去システムによって利用される任意の粉末除去方法を含む場合がある。

【0325】

生成する動作は、硬化した材料を形成するために引き続いて硬化する変形した材料を生成するために粉末材料を変形することを含むことができ、硬化した材料の少なくとも一部分は第1の頂部表面から突出し、こうして突出部を形成する。一部の事例では、粉体層上に粉末材料の第1層が提供される。一部の事例では、粉末材料の第1層は突出部を備える。突出部は本明細書に記述される任意の突出部（例えば、3D物体の少なくとも一部、または破片）とすることができる。突出部は、硬化した材料の歪み、曲がり、膨らみ、巻き、丸まり、または球状化を含む場合がある。露出した粉体層の表面（すなわち、頂部）から突出する構造部の高さ（すなわち、垂直距離）は、本明細書で開示される突出の値のいずれかであってもよい。一部の実施例では、第2の平面状の表面は第1の頂部表面の上方に置かれる。

【0326】

図26A～図26Dは、本明細書に記述される層化方法の様々な段階の実施例を示す。図26Aは、（曲がった）粉体層内に3D物体2603が懸架され、かつ粉体層の（頂部）表面から距離2605だけ露出した、粉体層2601を示す。粉体層の露出した表面を平準化する（例えば、図26Aに示すように平準化した平面2604を有する）ことができ、または平準化しないことができる。図26Bは、続いて起こる粉体層内に層が堆積される（例えば、平面2604の上方に）動作を示す。新たに堆積した層は平準化した頂部表面を有していない（例えば、2608）場合がある。平準化していない頂部表面2608は最も低い垂直点2609を含む。平面2606は平準化していない表面の最も低い垂直点において、またはその下方に置かれ、そして突出している高さ2605において、またはその上方に置かれた平面である。平面2606頂部表面2604より高さ2610だけ高く位置付けられる。図26Cは、層が平準化機構によって平面2606の垂直位置に平準化される、続いて起こる動作を示す。この平準化することは粉末材料を刈り取ることとすることができる。この平準化することは、過剰な粉末材料を粉体層内の異なる位置へと移さなくてもよい。図26Dは、平準化した層が2604の上方でかつ2606の下方であり、2611と示される、より低い垂直平面レベルへと平準化される、続いて起こる動作を示す。この第2の平準化する動作は粉末除去機構によって実施されてもよく、粉体

層の露出した層に接触してもよく、または接触しなくてもよい。この第2の平準化する動作は突出した物体を露出してもよく、または露出しなくてもよい。この第2の平準化する動作は忠実度がより高い平準化する動作であってもよい。第1の頂部表面から第2の平面状の表面への平均垂直距離は、少なくとも約5 μm 、10 μm 、50 μm 、100 μm 、150 μm 、200 μm 、250 μm 、300 μm 、350 μm 、400 μm 、450 μm 、または500 μm とすることができる。第1の頂部表面から第2の平面状の表面への平均垂直距離は、最大で約700 μm 、500 μm 、450 μm 、400 μm 、350 μm 、300 μm 、250 μm 、200 μm 、150 μm 、100 μm 、50 μm 、10 μm 、または5 μm とすることができる。第1の頂部表面から第2の平面状の表面への平均垂直距離は、任意の前述の平均垂直距離値の間とすることができる。第1の頂部表面から第2の平面状の表面への平均垂直距離は、約5 μm ～約500 μm 、約10 μm ～約100 μm 、約20 μm ～約300 μm 、または約25 μm ～約250 μm とすることができる。

10

【0327】

第1の頂部表面から第2の頂部表面までの平均垂直距離は、少なくとも約5 μm 、10 μm 、50 μm 、100 μm 、150 μm 、200 μm 、250 μm 、300 μm 、350 μm 、400 μm 、450 μm 、500 μm 、1000 μm 、または1500 μm とすることができる。第1の頂部表面から第2の頂部表面までの平均垂直距離は、最大で約2000 μm 、1500 μm 、1000 μm 、700 μm 、500 μm 、450 μm 、400 μm 、350 μm 、300 μm 、250 μm 、200 μm 、150 μm 、100 μm 、50 μm 、10 μm 、または5 μm とすることができる。第1の頂部表面から第2の頂部表面までの平均垂直距離は、任意の前述の平均垂直距離の値の間とすることができる。例えば、第1の頂部表面から第2の頂部表面までの平均垂直距離は、約5 μm ～約2000 μm 、約50 μm ～約1500 μm 、約100 μm ～約1000 μm 、または約200 μm ～約500 μm とすることができる。

20

【0328】

第1の頂部表面から第1の平面状の表面までの平均垂直距離は、少なくとも約5 μm 、10 μm 、50 μm 、100 μm 、150 μm 、200 μm 、250 μm 、300 μm 、350 μm 、400 μm 、450 μm 、500 μm 、または1000 μm とすることができる。第1の頂部表面から第1の平面状の表面までの平均垂直距離は、最大で約1000 μm 、700 μm 、500 μm 、450 μm 、400 μm 、350 μm 、300 μm 、250 μm 、200 μm 、150 μm 、100 μm 、50 μm 、10 μm 、または5 μm とすることができる。第1の頂部表面から第1の平面状の表面までの平均垂直距離は、任意の前述の平均垂直距離の値の間とすることができる。第1の頂部表面から第1の平面状の表面までの平均垂直距離は、約5 μm ～約1000 μm 、約50 μm ～約500 μm 、約10 μm ～約100 μm 、約20 μm ～約300 μm 、または約25 μm ～約250 μm とすることができる。

30

【0329】

取り除くことは粉末除去機構によって本明細書で使用される任意の手法を含む。例えば、取り除く動作は真空を使用することを含んでもよい。取り除かれた粉末材料は、本明細書に記述されるリサイクルされたまたは再使用された粉末材料であってもよい。例えば、取り除かれた(すなわち、過剰な)粉末材料は、本明細書に記述されるいずれかの方法で連続的に再利用されてもよい。

40

【0330】

払い出す方法は、本明細書に記述されるいずれかの粉末払い出し機構を利用してもよい。例えば、重力を利用する除去方法、および/または気体流れ(例えば、空気流)を使用する除去方法は、粉末材料を移す。

【0331】

別の態様では、粉体層を収容するエンクロージャと、エネルギービームを粉末材料へと提供し、かつこれによって粉末材料を硬化した材料を形成するために引き続いて硬化する

50

変形した材料へと変形するエネルギー源と、粉末材料を粉体層の中へと払い出す粉末払い出し部材と、露出した粉体層の表面を平準化する粉末平準化部材と、粉体層の頂部表面に接触することなく露出した粉体層の表面から粉末材料を取り除く粉末除去部材と、エネルギー源、粉末払い出し部材、粉末平準化部材、および粉末除去部材、に動作可能に連結したコントローラであって、第1の頂部表面を有する粉末材料の第1層を粉体層の中へと払い出すように粉末払い出し器に命令し、3次元物体の少なくとも一部を生成する指示を受け、粉末材料の一部分から3次元物体の少なくとも一部を生成し、第2の頂部表面を有する粉末材料の第2層を第1の頂部表面に隣接して払い出すように粉末払い出し器に命令し、第2の頂部表面を第2の頂部表面の最も低い点にある、またはその下方にある第1の平面状の表面へと平準化するように粉末平準化機構（例えば、部材）に命令し、過剰な粉末材料を第2層から所定の第2の平面状の表面へと取り除くように粉末除去機構（例えば、部材）に命令するようにプログラムされたコントローラを備える3次元物体を生成するためのシステムが本明細書に記述され、第2の平面状の表面は第1の平面状の表面の下方である。硬化した材料は、3D物体の少なくとも一部、または破片を形成してもよい。第2の平面状の表面は第1の頂部表面の上方に置かれてもよい。粉末払い出し部材は粉体層の露出した表面から空隙によって分離されてもよい。空隙は本明細書で開示されるいかなる空隙であってもよい。空隙の高さ（垂直距離）は、本明細書で開示される任意の空隙高さであってもよい。例えば、空隙距離は、約10 μ m～約50mmである。粉末平準化機構および/または粉末抜き出し機構は、硬化した材料（例えば、3D物体）を約300マイクロメートル以下だけ移してもよい。粉末平準化機構および/または粉末抜き出し機構は粉体層の頂部表面を平準化することができ、一方で硬化した材料の位置を最大で約1マイクロメートル（ μ m）、2 μ m、3 μ m、4 μ m、5 μ m、6 μ m、7 μ m、8 μ m、9 μ m、10 μ m、11 μ m、12 μ m、13 μ m、14 μ m、15 μ m、16 μ m、17 μ m、18 μ m、19 μ m、20 μ m、25 μ m、30 μ m、35 μ m、40 μ m、45 μ m、50 μ m、60 μ m、70 μ m、80 μ m、9 μ m、100 μ m、200 μ m、または300 μ mだけ変更することができる場合がある。粉末平準化機構および/または粉末抜き出し機構は粉体層の頂部表面を平準化することができ、一方で硬化した材料の位置を前述の値の間の任意の値だけ変更することができる場合がある。例えば、粉末平準化機構および/または粉末抜き出し機構は粉体層の頂部表面を平準化することができ、一方で硬化した材料の位置を約1 μ m～約300 μ m、約1 μ m～約50 μ m、約1 μ m～約200 μ m、約1 μ m～約10 μ m、約1 μ m～約50 μ m、または約1 μ m～約100 μ mだけ変更することができる場合がある。

【0332】

本明細書に記述されるシステム（例えば、900）はリサイクリングシステム（例えば、907）を備えることができる。リサイクリングシステムは、未使用の粉末材料を収集し、そして未使用の粉末材料を粉末払い出し機構の貯留槽、またはバルク貯留槽へと戻すことができる。並進移動機構（例えば、コーミング機構および/またはローラー）によって押しのけられた粉末材料の少なくとも一区分を、リサイクリングシステムによって回復することができる。真空（例えば、粉体層の縁部に位置付けすることができる908）は未使用の粉末を収集することができる。真空を用いずに未使用の粉末を粉体層から取り除くことができる。未使用の粉末を粉体層から活発に押す（例えば、機械的に、または陽圧の加圧気体を使用して）ことによって、未使用の粉末を粉体層から取り除くことができる。気体流れ（例えば、909）は未使用の粉末を真空に向けることができる。粉末収集機構（例えば、シャベル）は未使用の粉末を粉体層から出るように（および所望によりリサイクリングシステムに入るように）向けることができる。リサイクリングシステムは、貯留槽に戻った粒子のサイズ範囲を制御するための1つ以上のフィルターを備えることができる。

【0333】

一部の事例では、ベンチュリスカベンジングノズルによって未使用の粉末を収集することができる。ノズルが粉末粒子（複数可）で詰まらないように、ノズルは高いアスペクト

10

20

30

40

50

比（例えば、少なくとも約 2 : 1、5 : 1、10 : 1、20 : 1、30 : 1、40 : 1、または 100 : 1）を有することができる。ノズルを 1 つ以上の（例えば、主エネルギー源および/または相補的エネルギー源から）発射されたエネルギービームと整列することができる。例えば、粉末層を加熱するときにノズル開口を通してエネルギー源（複数可）が進むことができるように、ノズルおよび 1 つ以上のエネルギービームを整列することができる。エネルギービームが粉末層を加熱するためにノズルを通して進むのと同時に、ノズルは未使用の粉末を収集することができる。

【0334】

一部の事例では、冷却部材（例えば、冷却プレート）、加熱部材、または加熱安定化部材（例えば、サーモスタット）などの熱伝達部材の上またはこれに隣接して提供される 1 つ以上のノズルおよび/または真空吸込みポートによって粉末を収集することができる。ノズルおよび/または真空吸込みポートを熱伝達部材に機械的に連結することができる。

10

【0335】

一部の実施形態では、粉末は、粉末を排出する排出システムによって 1 つ以上の排出ポートを通して粉体層から 1 つ以上の排出貯留槽の中へと収集されてもよい。1 つ以上の排出貯留槽内の粉末は使用されてもよい（例えば、濾過および/またはさらなる処理の後）。

【0336】

本明細書に記述されるシステム構成要素は、3D 物体を生成するように適合および構成することができる。3D 印刷プロセスを通して 3D 物体を生成することができる。粉末の第 1 層を、基部、基板、またはエンクロージャの底部に隣接して提供することができる。基部は、3D 物体の以前に形成された層、または粉末の層または粉末層がその上に広げられる、保持される、定置される、もしくは支持される任意の他の表面とすることができる。3D 物体の第 1 層の形成の事例では、基部を用いずに、1 つ以上の補助的な支持特徴部（例えば、ロッド）を用いずに、または粉末以外にいかなる他の支持構造も用いずに粉体層内に第 1 の粉末層を形成することができる。これに続く層の少なくとも 1 つの部分を以前に形成された層の少なくとも一部分に溶融、焼結、融合、結合、および/または別の方法で接続して、これに続く層を形成することができる。一部の事例では、変形され、かつ引き続いて硬化した材料へと硬化された、以前に形成された層の少なくとも一部分は、3D 物体を形成するための基部として作用する。一部の事例では第 1 層は基部の少なくとも一部分を備える。粉末の材料は、本明細書に記述される 3D 印刷のために使用されるあらゆる材料とすることができる。粉末層は、均質もしくは異質なサイズおよび/または形状の粒子を含むことができる。

20

30

【0337】

図 3 は部分的に形成された 3D 物体 302 を有する層 301 の実施例を図示する。部分的に形成された 3D 物体 302 は、以前に変形されかつ 3D 物体 302 へと硬化される少なくとも 1 つの層を含むことができる。粉末の第 1 層 303 を部分的に形成された 3D 物体 302 に隣接して提供することができる。粉末の第 1 層 303 を第 1 の温度 (T_1) で提供することができる。第 1 の温度を周囲温度に実質的に近くすることができる。一部の事例では、第 1 層を室温より高いまたは低い第 1 の温度 (T_1) とすることができる。例えば、第 1 の温度 (T_1) は、少なくとも約 0、5、10、15、20、25、30、35、40、45、50、60、70、80、90、100、200、300、400、または 500 とすることができる。第 1 の温度 (T_1) は、最大で約 0、5、10、15、20、25、30、35、40、45、50、60、70、80、90、100、200、300、400、または 500 とすることができる。第 1 の温度は前述の温度の値の間の任意の値（例えば、約 0 ~ 約 500、約 0 ~ 約 300、約 200 ~ 約 500、または約 100 ~ 約 400）とすることができる。一部の事例では第 1 の温度 (T_1) は、0 より低くすることができる。

40

【0338】

50

第1の(または主)エネルギー源304からのエネルギーを粉末303の第1層の少なくとも一部分に提供することができる。第1のエネルギー源304からのエネルギーを粉末の第1層の一部分に提供することができる(例えば、ベクターキャン技法を使用して)。一部の事例では、主エネルギー源はレーザーとすることができる。一部の事例では、主エネルギー源は、電磁、電子、陽電子、陽子、プラズマ、またはイオン放射を含む放射を投影することができる。電磁粒子ビームは、マイクロ波、赤外線(IR)、紫外線(UV)または可視放射を含んでもよい。イオンビームはカチオンまたはアニオンを含んでもよい。電磁粒子ビームは、レーザービームを含んでもよい。主エネルギー源はレーザー源を含んでもよい。主エネルギー源は、電子銃、または標的化エネルギーを表面または基部に提供するように構成された任意の他のエネルギー源を含んでもよい。主エネルギー源は、レーザーに連結されるダイレクトレーザーダイオードファイバーを備えることができる。粉末の第1層の部分に提供されるエネルギーを粉末によって吸収することができ、かつ粉末はエネルギーの吸収の結果として温度を経験しかつ温度を増加することができる。主エネルギー源によって提供されるエネルギーは、以前に固化された層の1つ以上の部分を融合、焼結、溶融、結合、または別の方法で接続することができる。以前に固化された層および粉末材料の溶融は、3D物体を形成するために両方を一緒に合併(例えば、融合、焼結、溶融、結合、または別の方法で接続)することができる。一部の事例では主エネルギー源は、以前に固化された層のうちの少なくとも約1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、20、30、40、50、60、70、80、90、または100層を溶融することができる。層は、少なくとも約1 μm 、5 μm 、10 μm 、15 μm 、20 μm 、25 μm 、30 μm 、35 μm 、40 μm 、45 μm 、50 μm 、60 μm 、70 μm 、80 μm 、90 μm 、100 μm 、150 μm 、200 μm 、250 μm 、300 μm 、350 μm 、400 μm 、450 μm 、500 μm 、または750 μm の厚さを有することができる。一部の事例では、第1のエネルギー源はレーザー光のビームとすることができる。レーザー光は、第2のエネルギー源の単位面積当たり出力以下の単位面積当たり出力を有することができる。レーザー光は、第2のエネルギー源の単位面積当たり出力より高い単位面積当たり出力を有することができる。温度の上昇を、粉末の第1層の少なくとも一部分を変形するために十分とすることができる。温度の上昇は、粉末の第1層の少なくとも一部分を溶融するために十分とことができ、かつ溶融した粉末を、少なくとも約1フェムト秒(fs)、50fs、100fs、500fs、1ピコ秒(ps)、50ps、100ps、500ps、1ナノ秒(ns)、50ns、100ns、500ns、1マイクロ秒(μs)、50 μs 、100 μs 、500 μs 、1ミリ秒(ms)、50ms、100ms、または500msの間溶融したままにすることができる。温度の上昇は、粉末の第1層全体を溶融するために十分とすることができる。温度の上昇は、粉末の第1層の少なくとも一部分を少なくとも1フェムト秒(fs)、50fs、100fs、500fs、1ピコ秒(ps)、50ps、100ps、500ps、1ナノ秒(ns)、50ns、100ns、500ns、1マイクロ秒(μs)、50 μs 、100 μs 、500 μs 、1ミリ秒(ms)、50ms、100ms、または500msの間焼結するために十分とすることができる。温度の上昇は、粉末の第1層の少なくとも一部分を前述の期間の間(例えば、約1fs~約500ms、約1ns~約500ms、約1fs~約50ns、または約1ps~約1ms)の期間の間焼結するために十分とすることができる。温度の上昇は、粉末の第1層全体を焼結するために十分とすることができる。粉末の第1層を所定のパターンに沿ってまたは無作為に溶融することができる。溶融に際して粉末の第1層を第2の温度(T_2)にすることができる。第2の温度(T_2)を第1の温度(T_1)より高くすることができる。第2の温度(T_2)を第1の温度(T_1)より低くすることができる。第2の温度(T_2)を第1の温度(T_1)と実質的に等しくすることができる。例えば、第2の温度(T_2)は、少なくとも約500、750、1000、1250、1500、1750、2000、2250、2500、2750、3000、3500、4000、または5000とすることができる。第2の温度は前述の温度の値の間の任意の値(例えば、約500~約2500、約2

250 ~ 約5000、または約1500 ~ 約3500)とすることができる。

【0339】

主エネルギー源は、固定された時間期間の間に粉末の第1層内の少なくとも1つの点へとエネルギーを送達することができる。指定の体積の粉末が標的の温度に達しうるように固定された時間期間を選択することができる。粉末材料の熱的特性および主エネルギー源によって提供されるエネルギーの量に基づいて時間期間を選ぶことができる。固定された時間期間は、少なくとも約フェムト秒(fs)、50fs、100fs、500fs、1ピコ秒(ps)、50ps、100ps、500ps、1ナノ秒(ns)、50ns、0.1マイクロ秒(μs)、0.5μs、1.0μs、2.0μs、3.0μs、4.5μs、5.0μs、10μs、20μs、50μs、100μs、300μs、500μs、または1msとすることができる。固定された時間期間は、最大で約0.1マイクロ秒(μs)、0.5μs、1.0μs、2.0μs、3.0μs、4.5μs、5.0μs、10μs、20μs、50μs、100μs、300μs、500μs、または1msとすることができる。固定された時間期間は、上述の値の間の任意の値(例えば、約1fs~約1ms、約1μs~約500μs、約1fs~約50μs、または約1ps~約1ms)とすることができる。固定された時間期間は主エネルギー源がエネルギーを粉体層内の点へと送達する時間期間を含むことができる。点は、主エネルギー源のビームの基本的な長さスケールと等しい面積を有する粉体層内のスポットとすることができる。第1の粉末層内の区域にエネルギーが適用される総体的な時間は、少なくとも約1μs、50μs、100μs、500μs、1ms、50ms、0.1秒(s)、0.5s、または1sとすることができる。主エネルギー源が第1の粉末層にエネルギーを送達する時間の間に、主エネルギー源は粉末層内の各点にエネルギーを1回送達する、2回以上送達する、または全く送達しない可能性がある。

10

20

【0340】

意図される(例えば、所定のおよび/または要求された)3D物体を形成するためにエネルギー源によって粉末の少なくとも一部分を選択的に加熱することができる。意図される3D物体の少なくとも一部を形成しなかった粉末の部分を残りの部分と称することができる。一部の事例では、残りの部分は1mm、0.5mm、0.1mm以上にわたって延在する連続的な構造を形成しない。連続的な構造は連続的な固体構造または連続的な固化した構造であってもよい。粉末の部分を変形することによって、または部分的に変形することによって連続的な構造を形成することができる。本明細書に記述されるシステムおよび方法は残りの部分の中に連続的な固体構造を生産しない場合がある。例えば、これらは残りの部分の中に変形された粉末の部分を生産しない場合がある。一部の事例では連続的な構造体は3D物体またはその一部を包囲しない。一部の事例では、残りの部分は3D物体の一部または3D物体全体を包囲する足場を形成しない。一部の事例では、残りの部分は3D物体の一部または3D物体全体を包囲する軽く焼結した構造体を形成しない。

30

【0341】

第2の(または相補的)エネルギー源305からのエネルギーを所望により第1の粉末層の残りの部分の少なくとも一部分に提供することができる。相補的エネルギー源305を主エネルギー源304とは分離することができる。一部の事例では第2のエネルギー源は主エネルギー源304と統合される。主エネルギー源を用いて第1の粉末層の部分にエネルギーを提供する前に、後に、またはこれと同時に相補的エネルギー源からのエネルギーを第1の粉末層の残りの部分に提供することができる。一部の事例では、主エネルギー源は第1の粉末層の部分を変形することができる。相補的エネルギー源は第1の粉末層の残りの部分の少なくとも一部分の温度を上げることができる。一部の事例では相補的エネルギー源によって提供されたエネルギーは第1の粉末層の残りの部分を変形するために十分でない場合がある。主エネルギー源は本明細書で開示される任意のエネルギー源とすることができる。主エネルギー源は本明細書で開示されるエネルギービームを生成する任意のエネルギー源とすることができる。相補的エネルギー源は本明細書で開示される任意のエネルギー源とすることができる。相補的エネルギー源は本明細書で開示されるエネルギ

40

50

ービームを生成する任意のエネルギー源とすることができる。相補的エネルギー源はレーザーとすることができる。相補的エネルギー源は、電磁、電子、陽電子、陽子、プラズマ、またはイオン放射を含む放射を含んでもよい。電磁粒子ビームは、マイクロ波、赤外線、紫外線、または可視放射を含んでもよい。イオンビームはカチオンまたはアニオンを含んでもよい。電磁粒子ビームは、レーザービームを含んでもよい。相補的エネルギー源はレーザー源を含んでもよい。相補的エネルギー源は、電子銃、または標的化エネルギーを表面または基部に提供するように構成された任意の他のエネルギー源を含んでもよい。主エネルギー源の単位面積当たり出力より小さい相補的エネルギー源は単位面積当たり出力を有することができる。例えば、相補的エネルギー源は第1の(例えば、主)エネルギー源のビーム面積より約100~約1,000,000より大きい面積を有するエネルギービームを生産することができる。相補的エネルギー源はエネルギーを粉末の第1層の残りの部分の少なくとも一部分へと固定された時間期間の間送達することができる。指定の体積の粉末が標的の温度に達するように固定された時間期間を選ぶことができ、粉末の熱的特性および相補的エネルギー源によって提供されるエネルギーの量に基づいて時間期間を選ぶことができる。固定された時間期間は、少なくとも約1 μ s、50 μ s、100 μ s、500 μ s、1ms、5ms、10ms、15ms、20ms、50ms、100ms、200ms、500ms、1s、5s、10s、または1分とすることができる。固定された時間期間は、最大で約1 μ s、50 μ s、100 μ s、500 μ s、1ms、5ms、10ms、15ms、20ms、50ms、100ms、200ms、500ms、1s、5s、10s、または1分とすることができる。固定された時間期間は上述の値の間の任意の値(例えば、約1 μ s~約1分、約1 μ s~約100ms、約50ms~約1分、または約100ms~約10s)とすることができる。標的溫度を粉末材料の変形溫度より低い溫度とすることができる。一部の事例では、相補的エネルギーを、単一の点に送達することができ、1つより多くの点に送達することができ、全く納品しないことができ、粉末層内の同一の位置もしくは異なる位置(複数可)に少なくとも1回、2回、5回、10回、30回、100回、または1000回、送達することができる。かかる相補的エネルギーの送達は、粉末層が主エネルギー源からエネルギーを受けている間、受ける前、または受けた後に発生することができる。

10

20

【0342】

一部の事例では、相補的エネルギー源はエネルギーを3D物体の少なくとも1つの部分に隣接する粉末の一区分に提供することができる。一部の事例では、相補的エネルギー源は、主エネルギー源によって3D物体の少なくとも1つの区分を加熱する前に3D物体の少なくとも1つの区分を予熱することができる。追加的にまたは代替的に、相補的エネルギー源は、主エネルギー源によって3D物体を加熱した後3D物体の少なくとも一区分を後加熱することができる。相補的エネルギー源は、酸化した材料層を3D物体の少なくとも1つの区分の少なくとも表面の一部分から取り除くことができる。

30

【0343】

相補的エネルギー源は、レーザーダイオードの列、または行列とすることができる。ダイオードを独立してオフおよびオンにするように、列または行列内のレーザーダイオードの各々を独立して制御(例えば、制御機構によって)することができる。列または行列内のレーザーダイオードの少なくとも一部を、少なくともレーザーダイオードの一部を同時にオフおよびオンにすることができるように集合的に制御することができる。一部の事例では、列または行列内のすべてのレーザーダイオードは、すべてのレーザーダイオードを同時にオフおよびオンにすることができるように集合的に制御される。

40

【0344】

行列または列内の各ダイオードレーザーの単位面積当たりエネルギーまたは強度を独立して変調することができる(例えば、制御機構またはシステムによって)。時々、行列または列内のレーザーダイオードの少なくとも一部の単位面積当たりエネルギーまたは強度を集合的に変調することができる(例えば、制御機構によって)。時々、行列または列内のレーザーダイオードのすべての単位面積当たりエネルギーまたは強度を集合的に変調す

50

ることができる（例えば、制御機構によって）。エネルギー源の機械的移動、調節可能な反射鏡、または多角形光スキャナーによって、相補的エネルギー源を粉末の表面に沿ってスキャンすることができる。相補的エネルギー源は、DLPモジュレータ、1次元スキャナー、または2次元スキャナーを使用してエネルギーを投影することができる。

【0345】

主エネルギー源によって第1の粉末層の部分に、そして相補的エネルギー源によって残りの部分にエネルギーが提供された後、冷却プロセスによって粉体層からエネルギーを取り除くことができ、冷却プロセスは熱を粉体層306から伝達してもよい。一部の事例では、粉体層からヒートシンクへと熱を伝達することができる。主エネルギー源によって加熱された第1の粉末層の部分および相補的エネルギー源によって加熱された残りの部分からのエネルギー伝達の割合が熱をヒートシンクへ、実質的に類似の割合で、異なる割合で、パターン化された割合で、無作為の割合で、またはこれらの任意の組み合わせで伝達するように、粉体層からエネルギー（例えば、熱）を均一に取り除くことができる。

10

【0346】

1つ以上の主エネルギー源および1つ以上の相補的エネルギー源を採用することができる。例えば、少なくとも1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、30、100、300または1,000個の主エネルギー源、および少なくとも1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、30、100、300または1,000個の相補的エネルギー源が採用される。本明細書に記述されるように、主エネルギー源および相補的エネルギー源は、制御機構（例えば、コンピュータ）によって独立してまたは集合的に制御可能である。時々、主エネルギー源および相補的エネルギー源の少なくとも一部を、制御機構（例えば、コンピュータ）によって独立してまたは集合的に制御することができる。

20

【0347】

粉体層を冷却するために必要な時間を減少するように冷却プロセスを最適化することができる。冷却プロセスの終わりには粉体層は実質的に均一な温度を有することができる。実質的に均一な温度は、第1の点と第2の点との間の平均温度の差異が最大で約20%、15%、10%、8%、6%、4%、2%、1%、0.5%、または0.1%である粉体層内の温度とすることができる。第1の点と第2の点との間の平均温度の間の差異は、前述の百分率の値の間の任意の百分率の値だけ異なる（例えば、約0.1%～約20%、約0.1%～約5%、または約5%～約20%）。固定された時間期間内で第1層を所定の温度へと冷却することができる。例えば固定された冷却時間期間は、最大で約1 μ s、50 μ s、100 μ s、500 μ s、1ms、5ms、10ms、15ms、20ms、50ms、100ms、200ms、500ms、1s、5s、10s、20s、30s、40s、50s、60s、70s、80s、90s、100s、110s、120s、130s、140s、150s、160s、170s、180s、190s、200s、210s、220s、230s、240s、250s、260s、270s、280s、290s、300s、10分、15分、30分、1時間、3時間、6時間、12時間、または1日とすることができる。固定された時間期間は、任意の前述の時間値の間とすることができる（例えば、約1ms～約1日、約1 μ s～約300s、約1 μ s～約90s、または約1 μ s～約10s）。

30

40

【0348】

粉末の第1層が、最高で約15、20、25、30、35、40、45、50、55、60、65、70、75、80、85、90、100、200、300、400、または500の十分低い温度に達した後、第1層に隣接して粉末の第2層307を提供することによってプロセスを繰り返すことができる。一部の事例では、粉末の第2層307を粉体層の温度より低い温度まで冷却することができる。粉末307の第2層は粉体層の冷却を支援するために粉体層から熱を吸収することができる。一部の事例では、第1層に隣接して粉末の第2層を提供する前に、第1の粉末層の少なくとも一区分を取り除くことができる（例えば、粉末除去機構および/または

50

粉末平準化機構を使用して)。主エネルギー源はエネルギーを第2の粉末層の少なくとも一部分へと選択的に提供することができる。第2の粉末層の少なくとも一部分を変形するように、第2の粉末層の部分へ十分なエネルギーを提供するように主エネルギー源を構成することができる。相補的エネルギー源はエネルギーを第2の粉末層の残りの部分の少なくとも一部分へと選択的に提供することができる。第2の粉末層の少なくとも一部分が温度増加を受けると、第2の粉末層の残りの部分へエネルギーを提供するように相補的エネルギー源を構成することができる。温度増加は第2の粉末層の少なくとも1つの部分を変形するためには不十分なものとすることができる。

【0349】

一部の実例では、主エネルギー源のみを使用して3D物体を形成することができる。例えば、第1の温度(T_0)で粉末の第1層を提供することができる。 T_0 は粉末の第1層内の平均温度とすることができる。主エネルギー源は変形した(例えば、融合した、焼結した、または溶融した)材料を形成するために粉末の第1層の少なくとも一部分を変形することができる。変形した材料に隣接する第1の粉末層内の粉末材料は粉末の変形温度より低い温度に達することができる。変形した材料に隣接する第1の粉末層内の粉末材料は粉末のいずれかの変形(例えば、融合、焼結、または溶融)温度より低い温度に達することができる。変形した材料内の温度が最高温度(T_2)に達することができるように、変形した材料は温度増加を経験することができる。粉末の第1層全体を平均温度(T_1)へと冷却することができる。 T_1 は所定の温度であってもよい。粉末層は粉末層の表面から冷却することができる。一部の実例では、 T_1 は T_0 よりも、係数 $K_{T_2,0} \times (T_2 - T_0)$ 以上には大きくはならない場合がある。一部の実例では、 T_1 は T_0 よりも最大でも $0.1 \times (T_2 - T_0)$ 以上には大きくはならない場合がある。一部の実例では、 T_1 は T_0 よりも最大でも $0.2 \times (T_2 - T_0)$ 以上には大きくはならない場合がある。一部の実例では、 T_1 は T_0 よりも最大でも $0.8 \times (T_2 - T_0)$ 以上には大きくはならない場合がある。本明細書に記述される冷却時間期間について詳述したように第1層の冷却には時間がかかる可能性がある。一部の事例では、平均的な個人にやけどまたは障害を生じることなく平均的な個人が触れることができるような温度まで第1層を冷却することができる。一部の事例では、第1層を本明細書に記述される十分低い温度まで冷却することができる。第1層の冷却の間に変形された(例えば、溶融した)材料を硬化(例えば、固化)することができる。第1の粉末層に隣接して(例えば、上方に)第2の粉末層を提供することができ、また粉末層の少なくとも一部分を変形するプロセス、および粉末層の少なくとも一部分を冷却する(例えば、粉末層全体、または粉体層全体を冷却する)プロセスを繰り返すことができる。引き続いて粉末層を提供することと、粉末層の少なくとも一部分を溶融することと、粉末層の少なくとも一部分を冷却することを含む繰返しを、3D物体の最終的な形態または部分的な形態が得られるまで生じることができる。層から冷却部材(例えば、ヒートシンク)へのエネルギー伝達によって層の冷却を生じることができる。粉体層内に配置された粉末層から離れる配向になっている方向に沿って層からエネルギーを伝達することができる。一部の事例では、ヒートシンクの表面に向かう方向でエネルギーを伝達することができる。露出した粉体層の表面の方向でエネルギーを伝達することができる。エネルギーを上向きに伝達することができる。エネルギーを粉体層の上方または粉体層の側方に位置付けられた冷却部材へと伝達することができる。時々、エネルギー(例えば、熱)の少なくとも約20%、30%、40%、50%、60%、70%、70%、80%、90%、または95%が冷却部材に向けて伝達される。時々、エネルギーの最大で約95%、90%、80%、70%、60%、50%、40%、30%、30%、または20%が冷却部材に向けて伝達される。しばしば、冷却部材に向けて伝達されるエネルギーは、任意の前述の百分率の値の間の百分率の値(例えば、約20%~約95%、約20%~約60%、約50%~約95%)を有することができる。

【0350】

最終的な粉末層を冷却したすぐ後に3D物体の最終的な形態を取り出すことができる。冷却のすぐ後とは、最大で約1日、12時間、6時間、3時間、2時間、1時間、30分、

10

20

30

40

50

15分、5分、240s、220s、200s、180s、160s、140s、120s、100s、80s、60s、40s、20s、10s、9s、8s、7s、6s、5s、4s、3s、2s、または1sであってもよい。冷却のすぐ後とは、任意の前述の時間値の間（例えば、約1s～約1日、約1s～約1時間、約30分～約1日、または約20s～約240s）であってもよい。一部の事例では、冷却は、アルゴン、窒素、ヘリウム、ネオン、クリプトン、キセノン、水素、一酸化炭素、二酸化炭素、または酸素を含む冷やされた気体または気体混合物を使用する対流による能動冷却を含む方法によって生じてもよい。

【0351】

一部の事例では、未使用の粉末は粉体層内で3次元（3D）物体を包囲することができる。未使用の粉末を3D物体から実質的に取り除くことができる。実質的に取り除くとは、取り除いた後粉末が3D物体の表面を最大で約20%、15%、10%、8%、6%、4%、2%、1%、0.5%、または0.1%覆っていることを指す場合がある。実質的に取り除くとは、粉体層内に配置されたすべての粉末および3D印刷プロセスの最後に粉末として残っているすべての粉末（すなわち、残りの部分）を、残りの部分の重量の最大で約10%、3%、1%、0.3%、または0.1%を除いて取り除くことを指す場合がある。実質的に取り除くとは、すべての残りの部分を、印刷された3D物体の重量の最大で約50%、10%、3%、1%、0.3%、または0.1%を除いて取り除くことを指す場合がある。粉末を通して掘り出すことなしに3D物体を取り出すことができるように未使用粉末を取り除くことができる。例えば、粉体層に隣接して構築された1つ以上の真空ポートによって未使用粉末を粉体層から吸い出すことができる。未使用粉末を抜き出した後、3D物体を取り除くことができ、また未使用粉末を将来の構築で使用するために粉末貯留槽へと再循環することができる。

【0352】

メッシュ基板上で3D物体を生成することができる。粉体層内に粉末が閉じ込められたままになり、かつメッシュ孔が閉塞されているように、固体プラットフォーム（例えば、基部または基板）をメッシュの下に配置することができる。メッシュ孔の閉塞は、相当量の粉末材料が通過して流れるのを許容しない場合がある。メッシュが非閉塞になるように、メッシュまたは固体プラットフォームのいずれかに接続された（例えば、メッシュまたは基部の1つ以上の縁部において）1つ以上のポストを引くことによって、固体プラットフォームに対してメッシュを移動する（例えば、垂直方向にまたは角度を有して）ことができる。1つ以上のポストはネジ付きの接続によって1つ以上の縁部から取り外し可能とすることができる。メッシュが非閉塞になるようにした3D物体を取り出すためにメッシュ基板を3D物体とともに上昇させて粉体層から外すことができる。代替的に、メッシュが非閉塞になるように、固体プラットフォームを傾けて、水平方向に移動することができる。メッシュが非閉塞のとき、粉末の少なくとも一部はメッシュから流れ、一方で3D物体はメッシュ上に残る。

【0353】

3D物体を第1のメッシュおよび第2のメッシュを備える構築物の上に、構築することができ、第1の位置において第2のメッシュの隙間の無い部分によって第1のメッシュの孔が完全に妨害され、これによって第1の位置においては両方のメッシュの孔が閉塞された状態になっているので粉末材料が2つのメッシュを通過して流ることができない。第1のメッシュ、第2のメッシュ、またはその両方を第2の位置へと制御可能に移動することができる（例えば、水平方向に、または角度を有して）。第2の位置では、粉体層内に配置された粉末材料が露出した3D物体から離れて2つのメッシュの下方の位置へと通過して流れることができるように、第1のメッシュの孔と第2のメッシュの孔とは少なくとも部分的に整列する。

【0354】

一部の事例では、硬化した材料をその取り出しの間に冷却するために、冷却気体を硬化した材料（例えば、3D物体）へ向けることができる。3D物体が粉体層から露出される

のとともに、未使用粉末がメッシュを通して篩い分けされるようにメッシュをサイズ設定することができる。一部の事例では、メッシュが3D部品とともに粉体層の外へと移動（例えば、上昇）することができるように、メッシュをプーリーまたは他の機械的デバイスに取り付けることができる。

【0355】

一部の事例では、3D物体（すなわち、3D部品）を、最後の粉末層の冷却後、最大で約12時間（h）、6h、5h、4h、3h、2h、1h、30分（min）、20min、10min、5min、1min、40s、20s、10s、9s、8s、7s、6s、5s、4s、3s、2s、または1s以内に取り出すことができる。任意の前述の時間期間の間（例えば、約12h～約1s、約12h～約30min、約1h～約1s、または約30min～約40s）の時間期間の間に3D物体を取り出すことができる。生成された3D物体は、その取り出し後はさらなる加工をごくわずかしが必要としない、または全く必要としない可能性がある。さらなる加工は本明細書で開示されるようなトリミングを含む場合がある。さらなる加工は磨くこと（例えば、サンドすること）を含む場合がある。例えば、一部の事例では、生成された3D物体を取り出し、そして変形された粉末および/または補助特徴部を取り除くことなく仕上げすることができる。硬化（例えば、固化）した材料から成る3次元部品が、粉体層から実質的な変形なしに3D物体を取り除くことを許容するのに好適な取り扱い温度になったとき、3D物体を取り出すことができる。取り扱い温度は3D物体を包装するために好適な温度とすることができる。取り扱い温度は、最高で約120、100、80、60、40、30、25、20、10、または5とすることができる。取り扱い温度は、前述の温度値の間の任意の値（例えば、約120～約20、約40～約5、または約40～約10）とすることができる。

10

20

【0356】

本明細書で開示されるシステムおよび方法は、3D物体を生成するためのプロセスを提供することができる。プロセスは実質的に均一な平均温度における粉末材料の層を備える粉体層を維持する。粉体層は完全にまたは部分的に形成された3D物体を含むことができ、粉末の少なくとも一部分の変形動作およびこれに続く冷却動作を繰り返すことによって3D物体を形成することができる。完全にまたは部分的に形成された物体が粉体層内で浮遊するまたは懸架されるように、完全にまたは部分的に形成された3D物体を粉体層によって完全に支持することができる。実質的に均一な温度は、粉末材料の熔融温度より低くすることができる。例えば、実質的に均一な温度は、最高で約15、25、30、50、75、100、150、200、300、400、600、または1000とすることができる。実質的に均一な温度は任意の前述の温度値の間（例えば、約15～約1000、約15～約300、約200～約1000、または約100～約500）とすることができる。

30

【0357】

初期時間（ t_0 ）において粉末の第1層を提供することができる。第1の粉末層の少なくとも一部分を加熱または変形することができる。一部の事例では、第1の粉末層の一部は加熱または変形されず、第1層の粉末化された部分を直接的に（例えば、エネルギー源によって）または間接的に（例えば、粉末材料の変形された部分（複数可）からの熱伝達によって）加熱することができる。粉末は、粉末材料の変形温度より低い温度を有することができる。場合によっては、粉末が直接的に加熱される場合、粉末をエネルギー源（例えば、相補的エネルギー源）に露出することができる。粉末を加熱するエネルギー源は、単位面積当たりエネルギー（ S_2 ）を粉末部分に提供することができる。単位面積当たりエネルギー S_2 は、第1の単位面積当たりエネルギー（ S_1 ）の最大で約60%、50%、40%、30%、20%、15%、10%、または5%以内とすることができる。

40

【0358】

エネルギービームを用いて、例えば主エネルギー源からのエネルギービームを用いて、粉末の第1層の少なくとも一部分を変形することができる。第1の粉末層内の最大単位面

50

積当たりエネルギーは第1の単位面積当たりエネルギー (S_1) とすることができる。一部の事例では、第1の粉末の残りの部分は変形されない。第1の粉末層の残りの部分に、おおよそ係数 $K_{s_{13}} \times S_1$ 以下である第3の単位面積当たりエネルギー S_3 でエネルギーを供給することができる。係数 $K_{s_{13}}$ は、少なくとも約0.8、0.9、0.7、0.6、0.5、0.4、0.3、0.2、0.1、0.07、0.05、0.03、または0.01の値を有することができる。係数 $K_{s_{13}}$ は、最大で約0.01、0.03、0.05、0.07、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、または0.9の値を有することができる。係数 $K_{s_{13}}$ は、前述の $K_{s_{13}}$ の値の間の任意の値を有することができる。例えば、係数 $K_{s_{13}}$ は、約0.01~約0.9、約0.07~約0.5、約0.3~約0.8、または約0.05~約0.2の値を有することができる。第1の粉末層の残りの部分に、おおよそ $0.1 \times S_1$ 以下である第3の単位面積当たりエネルギー S_3 でエネルギーを供給することができる。第1の粉末層の部分を変形するために使用されるエネルギーの少なくとも一区分を、例えば、冷却部材を使用して、第1の粉末層から取り除くことができる。時間 t_2 は、初期時間 t_1 の後に生じる、より後の時間とすることができる。時間 t_2 において、第1層に隣接して第2層を提供することができる。総体的に、約 $t_1 \sim t_2$ の時間間隔内に第1層の下方の断面を通過して流れる単位面積当たりエネルギーを、おおよそ $K_{s_{13}} \times S_1$ より小さくすることができる。第1層より下方の断面は、第1層に平行な領域とすることができる。断面は平面状(例えば、水平)断面とすることができる。一部の事例では、断面を第1層の少なくとも約 $1 \mu\text{m}$ 、 $5 \mu\text{m}$ 、 $10 \mu\text{m}$ 、 $100 \mu\text{m}$ 、 1mm 、 5mm 、 10mm 、 15mm 、 20mm 、 25mm 、 50mm 、 100mm 、 200mm 、 300mm 、 400mm 、または 500mm 下方とすることができる。断面は任意の前述の値の間とすることができる。例えば、断面は、約 $1 \mu\text{m} \sim 500 \text{mm}$ 、約 $100 \mu\text{m} \sim 50 \text{mm}$ 、約 $5 \mu\text{m} \sim 15 \text{mm}$ 、約 $10 \text{mm} \sim 100 \text{mm}$ 、または約 $50 \text{mm} \sim 500 \text{mm}$ とすることができる。

10

20

【0359】

第1の粉末層から隣接する(例えば、第2の)粉末層へのエネルギー伝達を $t_1 \sim t_2$ の時間間隔内に起こすことができる。一部の事例ではエネルギー伝達を第1の粉末層から第2の粉末層から離れるように配向された方向に(例えば、冷却部材の方向に、および/または露出した粉体層の表面の上方の方向に)起こすことができる。第1の粉末層からのエネルギー伝達を単位面積当たりエネルギー S_2 で起こすことができる。第2の単位面積当たりエネルギー S_2 は、係数 $K_{s_{12}} \times S_1$ と等しくすることができる。 $K_{s_{12}}$ は、少なくとも約0.1、0.15、0.2、0.25、0.3、0.35、0.4、0.45、0.5、0.55、0.6、0.65、0.7、0.75、0.8、0.85、または0.9の値を有することができる。 $K_{s_{12}}$ は、最大で約0.9、0.85、0.8、0.75、0.7、0.65、0.6、0.55、0.5、0.45、0.4、0.35、0.3、0.25、0.2、0.15、または0.1の値を有することができる。 $K_{s_{12}}$ は、任意の前述の $K_{s_{12}}$ の値の間の値を有することができる。例えば、 $K_{s_{12}}$ は、約0.1~約0.9、約0.25~約0.9、約0.3~約0.8、約0.2~約0.6、または約0.15~約0.7の値を有することができる。一部の事例では、エネルギー伝達は冷却部材(例えば、ヒートシンク)を介して発生する場合がある。冷却部材は粉末層の上方、下方、または側方に位置付けられてもよい。冷却部材はエネルギー伝導性材料を含んでもよい。冷却部材は能動的エネルギー伝達または受動的エネルギー伝達を含んでもよい。冷却部材は冷却液体(例えば、水性または油)、冷却気体、または冷却固体を含んでもよい。冷却部材はさらにクーラーまたはサーモスタットに接続されてもよい。冷却部材を含む気体または液体は固定であってもよく、または循環であってもよい。

30

40

【0360】

本明細書に提供されるシステムおよび方法を用いた3D物体の形成の間に、エネルギー源によって粉末層の少なくとも一部分を変形するために十分な温度に粉末層の少なくとも一部分を加熱することができる。一部の事例では、粉末の一部分が変形温度に保持される時間間隔は、3D物体を形成するために必要とされる合計時間に対して短い可能性があり

50

、このため粉末の時間平均温度は粉末の変形温度より低い。

【0361】

図4は記述されるシステムの時間温度履歴グラフの実施例である。図4のグラフは温度プロファイル401を時間の関数として図示する。温度プロファイルは、粉体層（例えば、粉体層内で堆積された）内の単一の粉末層、粉末層の群、またはすべての粉末層の少なくとも一部分の温度を時間の関数として表すことができる。初期時間（ t_0 ）において粉末材料の層を提供することができる。粉末材料の層をチャンバ内またはエンクロージャ内に提供することができる。初期温度 T_0 で粉末を提供することができる。初期温度 T_0 はあらゆる粉末層の最低温度とすることができる。初期温度 T_0 はあらゆる粉末層の平均温度、温度中央値、または温度中間値とすることができる。粉末の少なくとも一部分を温度 T_2 に上げることができるエネルギー源に粉末層を露出することができる。一部の事例では、 T_2 は材料の変形温度またはこれより高い温度とすることができる。温度 T_2 は粉末層内の最高温度とすることができる。粉末層から、例えば、冷却部材（例えば、ヒートシンク）によって、エネルギーを取り除いて、粉末層を温度 T_3 へと冷却することができる。粉末層を提供するプロセス、粉末層を温度 T_2 に加熱するプロセス、および粉末層を温度 T_3 に冷却するプロセスを n 回繰り返すことができ、 n は1以上の整数とすることができる。これらのプロセスの繰り返しは1層から n 番目の層までの隣接する粉末層の収集（例えば、積層した粉末層）を生成することができる。これらのプロセスの n 回の繰り返しは初期時間 t_0 から後の時間 t_n までの時間間隔にわたって生じる。 n 番目の粉末層に隣接して（例えば、上方に）追加的な粉末層である $n+1$ 粉末層を提供することができる。 $n+1$ 粉末層をチャンバ内に提供することができる。 $n+1$ 粉末層を初期温度 T_0 で提供することができる。初期温度 T_0 は、1（すなわち、第1の粉末層）から $n+1$ までの粉末層の収集のうちのあらゆる粉末層の最低温度とすることができる。粉末層番号 $n+1$ の少なくとも一部分を温度 T_2 に上げることができるエネルギー源に $n+1$ 粉末層を露出することができる。一部の事例では、 T_2 は粉末材料の変形温度またはそれより高い温度とすることができる。温度 T_2 は、第1層から $n+1$ 層までの粉末層の収集のうちの粉末層内の最高温度とすることができる。 $n+1$ 粉末層から、例えば、ヒートシンクによってエネルギーを取り除いて、 $n+1$ 粉末層を温度 T_3 へと冷却することができる。 $n+1$ 粉末層からのエネルギーの取り除きは時間 t_{n+1} において終了することができる。収集（例えば、層1～層 $n+1$ ）内の単一の粉末層、粉末層の群、またはすべての粉末層の少なくとも一部分の時間平均温度は時間間隔 $t_n \sim t_{n+1}$ に対するものと考えられる。温度 T_2 は $n+1$ 層内の時間間隔 $t_n \sim t_{n+1}$ での最高温度とすることができる。温度 T_0 はあらゆる層の時間間隔 $t_n \sim t_{n+1}$ での最低温度とすることができる。温度 T_0 はあらゆる層の時間間隔 $t_n \sim t_{n+1}$ での、温度中間値、平均温度、または温度中央値とすることができる。温度 T_1 は、少なくとも層の部分集合内の任意の点または点の群の時間間隔 $t_n \sim t_{n+1}$ での時間平均温度である。一部の事例では温度 T_1 は T_0 より係数 $K_{T_2 0} \times (T_2 - T_0)$ だけ高くすることができる。係数 $K_{T_2 0}$ は、少なくとも約0.01、0.03、0.05、0.07、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、または0.9の値を有することができる。係数 $K_{T_2 0}$ は、最大で約0.9、0.8、0.7、0.6、0.5、0.4、0.3、0.2、0.1、0.07、0.05、0.03、または0.01の値を有することができる。係数 $K_{T_2 0}$ は、任意の前述の値の間の値を有することができる。例えば、 $K_{T_2 0}$ は、約0.01～約0.9、約0.1～約0.5、約0.01～約0.2、または約0.1～約0.9の値を有することができる。一部の事例では、温度 T_1 を T_0 より約 $0.2 \times (T_2 - T_0)$ 以下だけ高くすることができる。一部の事例では、温度 T_1 を T_0 より約 $0.1 \times (T_2 - T_0)$ 以下だけ高くすることができる。一部の事例では、温度 T_1 を T_0 より約 $0.05 \times (T_2 - T_0)$ 以下だけ高くすることができる。一部の事例では、温度 T_1 を T_0 より約 $0.01 \times (T_2 - T_0)$ 以下だけ高くすることができる。

【0362】

1つの事例では、粉末材料を含む少なくとも1つの層をエンクロージャの基部、基板、

10

20

30

40

50

または底部に隣接して（例えば、上方に）提供することができる。時間 t_1 において粉末の追加的な層を少なくとも1つの層に隣接して（例えば、上方に）提供することができる。追加的な層の少なくとも一部分にエネルギーを提供することによって追加的な層の少なくとも一部分を变形することができる。エネルギーの除去が時間 t_2 までに完了するように、提供されるエネルギーの少なくとも一区分を追加的な層から取り除くことができる。時間 t_2 を t_1 より大きい（例えば、より後の）時間とすることができる。 $t_1 \sim t_2$ の時間間隔での追加的な層内の最高温度は温度（ T_2 ）とすることができる。あらゆる層のうちの最低温度は温度（ T_0 ）とすることができる。 T_2 は T_0 より高くすることができる。層内の任意の点での最高時間平均温度は温度（ T_1 ）とすることができる。一部の事例では温度 T_1 は T_0 より $K_{T_2 0} \times (T_2 - T_0)$ だけ高くすることができる。

【0363】

主エネルギー源および相補的エネルギー源は、エネルギーを変動可能な単位面積出力で基部および/または粉末層に提供することができる。単位面積当たり出力は、ある区域に送達される出力の量（例えば、時間当たりの単位面積当たりエネルギー）を指すことができる。一部の事例では、主エネルギー源は単位面積当たり出力（ P_1 ）でエネルギーを提供することができる。相補的エネルギー源は第2の単位面積当たり出力（ P_2 ）でエネルギーを提供することができる。第1の単位面積当たり出力（ P_1 ）を第2の単位面積当たり出力（ P_2 ）より高くすることができる。例えば、第2の単位面積当たり出力（ P_2 ）は、少なくとも $0.01 * P_1$ 、 $0.02 * P_1$ 、 $0.03 * P_1$ 、 $0.04 * P_1$ 、 $0.05 * P_1$ 、 $0.06 * P_1$ 、 $0.07 * P_1$ 、 $0.08 * P_1$ 、 $0.09 * P_1$ 、 $0.1 * P_1$ 、 $0.2 * P_1$ 、 $0.3 * P_1$ 、 $0.4 * P_1$ 、 $0.5 * P_1$ 、 $0.6 * P_1$ 、 $0.7 * P_1$ 、 $0.8 * P_1$ 、または $0.9 * P_1$ の値を有することができる。第2の単位面積当たり出力（ P_2 ）は、最大で $0.01 * P_1$ 、 $0.02 * P_1$ 、 $0.03 * P_1$ 、 $0.04 * P_1$ 、 $0.05 * P_1$ 、 $0.06 * P_1$ 、 $0.07 * P_1$ 、 $0.08 * P_1$ 、 $0.09 * P_1$ 、 $0.1 * P_1$ 、 $0.2 * P_1$ 、 $0.3 * P_1$ 、 $0.4 * P_1$ 、 $0.5 * P_1$ 、 $0.6 * P_1$ 、 $0.7 * P_1$ 、 $0.8 * P_1$ 、または $0.9 * P_1$ の値を有することができる。一部の事例では第2の単位面積当たり出力（ P_2 ）は、任意の列挙した値の間とすることができる。例えば、第2の単位面積当たり出力（ P_2 ）は、約 $0.01 * P_1 \sim$ 約 $0.9 * P_1$ 、約 $0.3 * P_1 \sim$ 約 $0.9 * P_1$ 、約 $0.01 * P_1 \sim$ 約 $0.4 * P_1$ 、または約 $0.1 * P_1 \sim$ 約 $0.8 * P_1$ とすることができる。第1の単位面積当たり出力（ P_1 ）は、主エネルギー源からエネルギーを提供される粉末層の部分が粉末層の総表面積の約1%、5%、10%、20%、30%、40%、または50%以下となるように選択することができる。

【0364】

エネルギーが提供される区域、送達されるエネルギーの強度、およびエネルギーが提供される時間の任意の組み合わせを変えることによって単位面積当たり出力を制御することができる。エネルギーをより長い期間にわたって提供することは、エネルギーを粉体層の中へより深く（すなわち、以前に堆積した粉末層）浸透させることになり、結果として温度増加を粉末層により深くもたらす可能性がある。主エネルギー源の単位面積当たり出力（ P_1 ）および相補的エネルギー源の単位面積当たり出力（ P_2 ）は、主エネルギー源および相補的エネルギー源によって粉体層に送達される単位面積当たりエネルギー（例えば、単位面積当たりエネルギーの量）を実質的に類似となるように変化することができる。図5は、主エネルギー源および相補的エネルギー源から温度を増加することができる粉体層501の体積の実施例を図示する。主エネルギー源は、高強度のエネルギービームを粉体層の比較的小さい区域に約 $1 \mu s$ 以下程度の期間提供することができる。結果として粉体層の小さい体積502（例えば、面積および深さ）は、主エネルギー源に露出された粉体層の部分を変形するために十分な温度の増加を経験することができる。主エネルギー源に露出した粉体層の部分に隣接する粉末は変形しない場合がある。これと比較して、相補的エネルギー源は主エネルギービームより低い強度のエネルギービームを比較的大きい区域に比較的長い時間期間の間送達することができる。結果として、相補的エネルギービー

ムに露出した区域は主エネルギービームに露出した区域より低い温度増加を経験することができる。相補的エネルギービームに露出した区域は変形温度より低い温度までの温度増加を経験する可能性があり、これによって相補的エネルギービームに露出した区域は変形しない。さらに、相補的エネルギービームに露出した区域は粉体層内のより深くまで（例えば、より大きい体積503にわたって）温度上昇を経験することができる。

【0365】

一部の事例では、主エネルギー源および相補的エネルギー源の単位面積当たり出力を粉末層の部分および粉末層の残りの部分のそれぞれを横切って不均一に調節することができる。欠点の影響を減少するために単位面積当たり出力を不均一に調節することができる。例えば、熱伝達が強化された領域、例えば、粉体層の縁部は、中心に向かう粉体層の区域より急速に熱を失う。かかる欠点を補償するために、主エネルギー源および/または相補的エネルギー源は、粉体層の中央部と比較して縁部に対してわずかにより高い単位面積当たり出力を提供することができる。少なくとも1つの温度センサーを使用して粉体層の温度を連続的にモニターすることができ、温度勾配および/または不均一性を補正するために主エネルギー源および/または相補的エネルギー源の単位面積当たり出力をリアルタイムで変調することができる。

10

【0366】

主エネルギー源および相補的エネルギー源は粉末層を実質的に同時に加熱することができる。図6は、3D物体の層を形成するために実施することができるタイムラインの実施例を図示する。初期温度 t_0 で開始して、主エネルギー源および相補的エネルギー源は粉体層の加熱を開始することができる。主エネルギー源は粉末表面を有限期間の間（例えば、数マイクロ秒の間、601）加熱することができる。主エネルギー源は粉体層の加熱を完了した後オフにしてもよい。同時に、相補的エネルギー源は、第1層の残りの部分および/または基部の横方向の部分の加熱することができる602。相補的エネルギー源は第1層の残りの部分および/または基部の横方向の部分の第2の時間期間の間（例えば、10~60ミリ秒の時間期間）加熱することができる。主エネルギー源および相補的エネルギー源の両方が粉体層の加熱を完了すると、粉体層を冷却することができる、603。粉末層の加熱および冷却を含む1つの層の形成には最大約30秒間かかる。主エネルギー源によって加熱された粉体層の部分および相補的エネルギー源によって加熱された粉体層の部分は、実質的に同一の速度で冷却することができる。粉体層の両方の部分の同一の速度での冷却は、熱的応力を低減することができ、粉体層の部分の変形（例えば、溶解）および冷却によって形成される3次元部品が冷却プロセスの間に移動または変形（例えば、歪み）しない。粉体層の両方の部分の実質的に同一の速度での冷却は、印刷プロセスの間3D物体を定位置に保持するための補助的な支持特徴部の必要性を低減または除去することができる。主ビームおよび/または相補的ビームのエネルギービームは、変動可能な強度、ならびに/または変動可能なスポットサイズおよびスポット幾何学的形状を有することができる。

20

30

【0367】

主エネルギー源によって粉末層の少なくとも一部分（例えば、第1の粉末層）を加熱することができる。所与の圧力において、粉末層の部分を粉末材料の少なくとも一部が液体状態に変形される温度以上の温度まで加熱することができる（本明細書では液化温度と称する）。液化温度は、所与の圧力において材料全体が液体状態になる液相線温度と等しくすることができる。粉末材料の液化温度は、所与の圧力において粉末材料の少なくとも一部が固相から液相へと移行する温度またはそれより高い温度とすることができる。粉末層の残りの部分は相補的エネルギー源によって加熱することができる。粉末層の残りの部分は液化温度より低い温度とすることができる。粉末の変形された部分の最高温度と粉末の残りの部分温度とは異なることができる。粉末材料の固相線温度は、所与の圧力において粉末材料が固体状態になる温度とすることができる。第1層の部分が、主エネルギー源によって粉末材料の液化温度以上の温度に加熱された後、第1層の部分は変形した粉末部分が硬化（例えば、固化）できるように冷却される。第1層の部分が硬化すると、引き続き

40

50

て（例えば、第2の）粉末層を第1の粉末層に隣接して（例えば、上方に）提供することができる。第1層の部分は、粉体層内の第1層の変形された部分と残りの部分の粉末との両方の冷却の間に硬化することができる。一部の事例では、液化温度は、少なくとも約100、200、300、400、または500とすることができ、また固相線温度は、最高で500、400、300、200、または100とすることができ。例えば、液化温度は、少なくとも約300であり、また固相線温度は最高で約300である。別の実施例としては、液化温度は、少なくとも約400であり、また固相線温度は、最高で約400である。液化温度は固相線温度とは異なってもよい。一部の事例では、粉末材料の温度は材料の固相線温度より高く、かつその液化温度より低く維持される。一部の事例では、粉末材料がこれから成っている材料は過冷却温度（または過冷却温度状況）を有する。エネルギー源が粉末材料の少なくとも一部が溶融を生じるまで粉末材料を加熱すると、粉体層が材料の過冷却温度またはそれより高い温度だが溶融点より低い温度に保持されるので、溶融した材料は溶融したままになる。2つ以上の材料が粉体層を特定の比で作りに上げているとき、粉末材料を変形（例えば、融合、焼結、溶融、接合、または接続）する際、材料は共晶材料を形成する場合がある。形成された共晶材料の液化温度は、共晶点温度、共晶点に近い温度、または共晶点から遠い温度である場合がある。共晶点に近い温度は、共晶温度（すなわち、共晶点における温度）から最大で約0.1、0.5、1、2、4、5、6、8、10、または15だけ異なる温度とされる場合がある。共晶点に近い温度より共晶点から遠い温度は、本明細書では共晶点から遠い温度とされる。第1層の一部を変形（例えば、液化）するプロセスおよび硬化（例えば、固化）するプロセスを3D物体のすべての層が形成されるまで繰り返すことができる。形成プロセスの完了時に、生成された3D物体を粉体層から取り除くことができる。残りの粉末をプロセスの完了時にこの部分から分離することができる。3D物体を固化し、かつ粉体層を収容する容器から取り除くことができる。

10

20

30

40

50

【0368】

3D物体を粉体層から形成することができる。粉末は3D物体の所望の組成物材料である材料の粒子を含むことができる。粉体層は変形に際して3D物体の所望の組成物材料である材料を含むことになる材料の混合物を備えることができる。粉末材料の層を基部（または基板、エンクロージャの底部、または粉体層を収容する容器の底部）に隣接して、または粉末材料の別の層に隣接して提供することができる。粉末を容器内に閉じ込めることができる（本明細書では「粉体層」と称する）。一部の事例では、粉体層を保温する、能動的に冷却する、能動的に加熱する、または温度調節ユニット（例えば、ヒーターまたは冷凍機）を使用して一定の温度に保持することができる。温度調節ユニットの少なくとも一部は粉体層の壁の中に埋め込まれてもよい。所定のパターンの材料層の逐次的な付加によって3D物体を形成することができる。第1の粉末層の残りの部分を変形することなく第1の粉末層の一部を変形することによって第1層を形成することができる。時々、第1の堆積した粉末層は変形されないまま残り、そして引き続いて堆積した粉末層で変形が生じる。主エネルギー源は、第1の粉末層の少なくとも一部分の表面に沿って所定のパターンで伝搬（例えば、スキャン）することができる。主エネルギー源と相互作用する（例えば、これによってスキャンされる）第1の粉末層の部分は温度増加を経験することができる。温度増加は、粉末層（例えば、第1の粉末層）の少なくとも一部分から引き続いて硬化（例えば、固化）する変形した材料を作り出すために材料を変形することができる。主エネルギー源のスキャン速度は、少なくとも約0.01mm/s、0.1mm/s、1mm/s、5mm/s、10mm/s、15mm/s、20mm/s、25mm/s、または50mm/sとすることができる。主エネルギー源のスキャン速度は、最大で約0.01mm/s、0.1mm/s、1mm/s、5mm/s、10mm/s、15mm/s、20mm/s、25mm/s、または50mm/sとすることができる。主エネルギー源のスキャン速度は、上述の値の間の任意の値とすることができる（例えば、約0.01mm/s～約50mm/s、約0.01mm/s～約20mm/s、または約15mm/s～約50mm/s）。

【0369】

相補的エネルギー源は第1の粉末層の残りの部分を加熱するためのエネルギーを提供することができる。残りの部分は、主エネルギー源によってスキャンされた第1の粉末層の部分に隣接する第1の粉末層の表面上の区域とすることができる。残りの部分を変形温度より低い温度に加熱することができ、このため残りの部分の粉末は変形（例えば、熔融）しない。3D物体の形成を通して残りの部分の粉末を固体状態のままにしておくことができる。堆積した粉末材料と比較すると、3D物体の形成を通して残りの部分の粉末の微細構造および/または粒子構造を実質的に変更しないままにしておくことができる。実質的に変更しないとは、最大で約20%、10%、5%、1%以下の相変化、および粒子サイズまたは微細構造サイズの変化が無いことを指す。

10

【0370】

主エネルギー源および相補的エネルギー源を第1の粉末層の部分および第1の粉末層の残りの部分にそれぞれ提供した後、第1の粉末層を冷却することができる。第1の粉末層を冷却する間に、第1の粉末層の変形された部分を硬化（例えば、固化）することができる。この部分および残りの粉末を実質的に同一の速度で冷却することができる。粉末層を冷却した後、引き続いて第1の粉末層に隣接して（例えば、上方に）（例えば、第2の）粉末層を提供することができ、そして完全な3D物体が生成されるように、3D物体のすべての層（例えば、断面）が形成されるまでプロセスを繰り返すことができる。図7は本明細書に記述される印刷プロセスを要約する。第1の粉末層を主エネルギー源701によって照射することができる。第1層を相補的エネルギー源702によって照射することができ、相補的エネルギー源による照射は、主エネルギー源による照射の前、後、またはこれと同時にすることができる。一部の事例では、相補的エネルギー源は第1層またはこれに続く層の照射には使用されない。次いで、第1の粉末層を冷却703することができる。粉体層内で温度勾配が緩やかになるように、または実質的に存在しないように第1の粉末層を均一に冷却することができる。一部の事例では、主エネルギー源によって変形された粉体層の部分は、冷却動作703の間に硬化することができる。冷却後、これに続く（例えば、第2の）粉末の層を第1層704に隣接して提供することができる。これに続く粉末の層の照射を用いて、3D物体が形成されるまでプロセスを繰り返すことができる。

20

【0371】

1つ以上の補助特徴部を用いることなく、かつ/または基部に接触することなく、3D物体を形成することができる。形成の間3D物体を保持または拘束するために、1つ以上の補助特徴部（基部支持部を含んでもよい）を使用することができる。一部の事例では、3D物体または3D物体の一部を粉体層内に係止または保持するために補助特徴部を使用することができる。1つ以上の補助特徴部は部品に特定である可能性があり、3D物体を形成するために必要な時間が増加する可能性がある。3D物体の使用または分配の前に、1つ以上の補助特徴部が取り除かれる可能性がある。補助特徴部の断面の最も長い寸法は、最大で約50nm、100nm、200nm、300nm、400nm、500nm、600nm、700nm、800nm、900nm、または1000nm、1μm、3μm、10μm、20μm、30μm、100μm、200μm、300μm、400μm、500μm、700μm、1mm、3mm、5mm、10mm、20mm、30mm、50mm、100mm、または300mmとすることができる。補助特徴部の断面の最も長い寸法は、少なくとも約50nm、100nm、200nm、300nm、400nm、500nm、600nm、700nm、800nm、900nm、または1000nm、1μm、3μm、10μm、20μm、30μm、100μm、200μm、300μm、400μm、500μm、700μm、1mm、3mm、5mm、10mm、20mm、30mm、50mm、100mm、または300mmとすることができる。補助特徴部の断面の最も長い寸法は、上述の値の間の任意の値（例えば、約50nm～約300mm、約5μm～約10mm、約50nm～約10mm、または約5mm～約300mm）とすることができる。

30

40

【0372】

50

理論に束縛されるものではないが、固化する部分を包囲する粉体層の冷却速度は、その固化する部分の中の熱応力に影響を与えうる。本明細書に提供される方法およびシステムでは、粉体層は実質的に同一の速度で冷却され、このため粉体層内の温度勾配は実質的に平坦である。本明細書のシステムおよび方法によって提供される平坦な温度勾配は、固化する部品上の熱応力を少なくとも低減（例えば、除去）し、ひいては形成された3D物体内の熱応力を少なくとも低減する場合がある。形成の間の3D物体上の熱応力の低減の結果として、3D物体は補助特徴部を用いずに形成されうる。補助特徴部に対する必要性を除去することによって、3次元部品の生成に関連付けられた時間およびコストを減少することができる。一部の実施例では、3D物体は補助特徴部を有して形成されてもよい。一部の実施例では、粉体層を収容する容器への接触を用いて3D物体を形成してもよい。

10

【0373】

本明細書で提供される方法およびシステムは、結果として3D物体の迅速かつ効率的な形成をもたらすことができる。一部の事例では、物体の最後の層が硬化（例えば、固化）した後、最大でも約120min、100min、80min、60min、40min、30min、20min、10min、または5min以内に3D物体を送ることができる。一部の事例では、物体の最後の層が硬化した後、少なくとも約120min、100min、80min、60min、40min、30min、20min、10min、または5min以内に3D物体を送ることができる。一部の事例では、上述の値の間（例えば、約5min～約120min、約5min～約60min、または約60min～約120min）の任意の時間以内に3D物体を送ることができる。最高でも約100

20

【0374】

システムは、主（第1の）エネルギー源および所望により相補的（例えば、第2の）エネルギー源へと連結されたコンピュータプロセッシングユニット（例えば、コンピュータ）を備える、制御機構（例えば、コントローラ）を備えることができる。有線接続または無線接続を通してコンピュータを、主エネルギー源および所望により相補的エネルギー源へと動作可能に連結することができる。一部の事例では、コンピュータを搭載することができる。ユーザーデバイスは、ラップトップコンピュータ、デスクトップコンピュータ、タブレット、スマートフォン、または別のコンピューティングデバイスとすることができる。コントローラはクラウドコンピュータシステムまたはサーバーと通信することができる。単位面積当たり出力（ P_1 ）でエネルギーを粉末の層の部分に適用するように第1のエネルギー源に選択的に命令するようにコントローラをプログラムすることができる。コントローラは、第1のエネルギー源が単位面積当たり出力（ P_1 ）でエネルギーを粉末の層の部分に適用するように明確に表現するように構成されたスキャナーと通信することができる。第2のエネルギー源が第2の単位面積当たり出力（ P_2 ）でエネルギーを少なくとも層の残りの一部分および/または基部の横方向部分に適用するように選択的に命令する（例えば、明確に表現する）ようにコントローラをさらにプログラムすることができる。第1のエネルギー源が単位面積当たり出力（ P_2 ）でエネルギーを粉末の層の部分に適用するように明確に表現するように構成されたスキャナーにコントローラを動作可能に接続することができる。コントローラ（例えば、コンピュータ）は、エネルギーを実質的に同時に適用するように第1のエネルギー源および第2のエネルギー源に命令するようにプログラムすることができる。

30

40

【0375】

一部の事例では、システムはエネルギー源に連結されたコントローラ（例えば、コンピ

50

ュータ)を備えることができる。エネルギー源を用いて粉末層の一部を変形または加熱して、その部分が最高温度 T_2 に達するようにコントローラをプログラムすることができる。温度 T_2 を粉末層の初期温度 T_0 より高くすることができる。コントローラは、3D物体の少なくとも一部分である硬化した材料を形成するために粉末層を、最大で約1日、12時間、6時間、3時間、2時間、1時間、30分、15分、5分、240秒間(s)、220s、200s、180s、160s、140s、120s、100s、80s、60s、40s、20s、10s、9s、8s、7s、6s、5s、4s、3s、2s、または1sである時間期間内に平均温度 T_1 へと冷却するのを容易にするようにさらに構成することができる。一部の事例では T_1 は、 T_0 よりも約 $0.2 \times (T_2 - T_1)$ より大きくはない。一部の事例では、 T_1 は T_0 よりも最大でも $0.1 \times (T_2 - T_0)$ だけ大きくはない場合がある。一部の事例では、 T_1 は T_0 よりも最大でもおおよそ $0.2 \times (T_2 - T_0)$ だけ大きくはない場合がある。一部の事例では、 T_1 は T_0 よりも最大でもおおよそ $K_{T_2 0} \times (T_2 - T_0)$ だけ大きくはない場合がある。

【0376】

スキャナーを、第1のエネルギー源から粉末層の所定の位置へとエネルギーを向けるように構成された光学系の中に備えることができる。コントローラは、光学系の支援により第1のエネルギー源および/または第2のエネルギー源の軌道を制御するようにプログラムすることができる。制御システムは、3D物体またはその一部分を形成するためにエネルギー源から粉末層へのエネルギーの供給を調整することができる。

【0377】

コントローラ(例えば、1つ以上のコンピュータプロセッサを有するコンピュータ)を、3D物体を生成するための指示をコンピュータシステムに供給するリモートコンピュータシステムとともに、ネットワーク通信に入れることができる。有線接続または無線接続を通してコントローラをリモートコンピュータシステムとともにネットワーク通信に入れることができる。リモートコンピュータは、ラップトップ、デスクトップ、スマートフォン、タブレット、または他のコンピュータデバイスとすることができる。リモートコンピュータは、ユーザーがこれを通して3D物体のための設計指示およびパラメータを入力することができるユーザーインターフェースを備えることができる。指示は、3D物体の形状および寸法を記述する一組の値またはパラメータとすることができる。指示は、標準テキストレーション言語ファイルフォーマットを有するファイルを通して提供することができる。一例では、指示は3Dモデリングプログラム(例えば、AutoCAD、SolidWorks、Google SketchUp、またはSolidEdge)から来る。一部の事例では、提供されたスケッチ、画像、または3D物体からモデルを生成することができる。リモートコンピュータシステムは設計指示をコンピュータプロセッサに供給することができる。コントローラは、リモートコンピュータから受け取った指示に対応して第1のエネルギー源および所望により第2のエネルギー源を向けることができる。コントローラは、第1のエネルギー源および/または第2のエネルギー源からそれぞれ粉末層の一部または残りの部分へと適用されるエネルギーの経路の軌道(例えば、ベクター)を最適化するようにさらにプログラムすることができる。エネルギーの適用の軌道を最適化することは、粉末を加熱するために必要な時間を最小化すること、粉末を冷却するために必要な時間を最小化すること、エネルギーを受ける必要がある区域をスキャンするために必要な時間を最小化すること、またはエネルギー源(複数可)によって発射されたエネルギーを最小化することを含むことができる。

【0378】

一部の事例では、所望の結果を達成するために粉末層に提供されるべき必要な第1の単位面積当たり出力(P_1)および第2の単位面積当たり出力(P_2)を計算するようにコントローラをプログラムすることができる。必要な第1の粉末密度または第2の粉末密度を提供するために、決定されたサイズの区域上にエネルギー源を入射させるべき時間を決定するようにコントローラをプログラムすることができる。一部の事例では、所望の結果は、粉体層内に均一な単位面積当たりエネルギーを提供することとすることができる。追

10

20

30

40

50

加的に、所望の結果は、第1の単位面積当たり出力 (P_1) で主エネルギー源を用いて粉体層の層の一部を変形すること、および第2の単位面積当たり出力 (P_2) で相補的エネルギー源を用いて層の残りの部分を変形しないこととすることができる。第1のエネルギー源および/または第2のエネルギー源からのエネルギーの適用を最適化するようにコントローラをプログラムすることができる。エネルギーの適用を最適化することは、粉末を加熱するために必要な時間を最小化すること、粉末を冷却するために必要な時間を最小化すること、エネルギー源(複数可)によって発射されるエネルギーを最小化すること、またはこれらの任意の組み合わせを含むことができる。

【0379】

システムは、変形された粉末層の部分および/または粉末層の残りの部分の少なくとも一部分を冷却する、加熱する、またはその温度を安定化させるように構成された冷却部材(例えば、ヒートシンク)をさらに備えることができる。粉末層の部分および粉末層の残りの部分の少なくとも一部分を実質的に同一の割合で冷却する、加熱する、またはその温度を安定化する(例えば、平衡化する)ように冷却部材を構成することができる。冷却部材は、粉末から冷却部材への熱伝達を開始することによって、粉末層の部分および/または粉末層の残りの部分の少なくとも一部分を冷却する、加熱する、またはその温度を安定化することができる。例えば、おおよそ P_1 以上の割合でエネルギーを取り除くように冷却部材を構成することができる。冷却部材を、実質的に粉体層の温度より低い温度に維持することができる。伝導、自然対流、強制対流、または放射を含む熱伝達モードのうちのいずれか1つまたは熱伝達モードの組み合わせによって、粉末材料から冷却部材へと熱を伝達することができる。冷却部材は熱を効率的に伝導する材料を含んでもよい。例えば、冷却部材は液体(例えば、水)を含んでもよい。冷却部材の中で、冷却部材中または冷却部材上のチャネル内で液体を循環してもよい。冷却部材の熱(熱的)伝導率は、少なくとも約20ワット毎メートル毎ケルビン (W/mK)、50 W/mK 、100 W/mK 、150 W/mK 、200 W/mK 、205 W/mK 、300 W/mK 、350 W/mK 、400 W/mK 、450 W/mK 、500 W/mK 、550 W/mK 、600 W/mK 、700 W/mK 、800 W/mK 、900 W/mK 、または1000 W/mK であってもよい。冷却部材の熱伝導度は、前述の熱伝導度値の間の任意の値(例えば、約20 W/mK ~ 約1000 W/mK 、約20 W/mK ~ 約500 W/mK 、または約500 W/mK ~ 約1000 W/mK) であってもよい。前述の熱伝導度は、約100、200、300、400、500、または800以上の温度における熱伝導度とすることができる。冷却部材は空隙によって粉体層または粉末層から分離することができる。空隙は変更可能な空間または調節可能な空間を有することができる。代替的に、冷却部材は粉体層または粉末層に接触することができる。一部の事例では、冷却部材は交互にかつ連続して粉末層と接触することができる。空隙を気体で満たすことができる。粉末と冷却部材との間の特定の熱伝達特性を達成するために気体を選ぶことができる。例えば、粉末からプレートへの伝導熱伝達の割合を増加するために熱伝導度の高い気体を選ぶことができる。プレートと粉末層との間の気体は、アルゴン、窒素、ヘリウム、ネオン、クリプトン、キセノン、水素、一酸化炭素、二酸化炭素、または酸素を含むことができる。気体は空気とすることができる。気体は本明細書で述べた任意の気体とすることができる。一部の事例ではシステムを真空チャンバ内で保存および動作することができ、この場合、プレートと粉末層との間には最大でも薄い層(例えば、周囲の大気と比較すると)があることになる。冷却部材と粉末層との間の距離は、冷却部材と粉末層との間の熱伝達に影響する可能性がある。空隙の露出した粉体層の表面からの垂直距離は、少なくとも約50 μm 、100 μm 、250 μm 、0.5 mm、1 mm、2 mm、3 mm、4 mm、5 mm、6 mm、7 mm、8 mm、9 mm、10 mm、20 mm、30 mm、40 mm、50 mm、60 mm、70 mm、80 mm、90 mm、または100 mm であってもよい。空隙の露出した粉体層の表面からの垂直距離は、最大で約50 μm 、100 μm 、250 μm 、0.5 mm、1 mm、2 mm、3 mm、4 mm、5 mm、6 mm、7 mm、8 mm、9 mm、10 mm、20 mm、30 mm、40 mm、50 mm、60 mm、70 mm、80 mm、90 mm

10

20

30

40

50

、または100mmであってもよい。空隙の露出した粉体層の表面からの垂直距離は、前述の値の間の任意の値（例えば、約50 μ m～約100mm、約50 μ m～約60mm、または約40mm～約100mm）であってもよい。一部の事例では、空隙がない（すなわち、空隙はゼロである）。一部の事例では、空隙を調節可能とすることができる。空隙の断面を制御システム（例えば、コンピュータ）によって制御することができる。空隙は冷却部材全体にわたって、または粉体層にわたって実質的に均一な寸法を有することができる。一部の事例では、空隙距離は粉体層にわたって異なることができる。一部の事例では、プレートが粉体層（例えば、露出した粉体層の表面）と接触するように空隙を調節することができる。粉体層と接触し、また接触を外すように冷却部材を柔軟に動かすために機構を使用することができる。機構を電子的に、または手動で制御することができる（例えば、コントローラによって）。一例では、機構は、湾曲した板パネの列、可撓性ニードルスプリング、一組のローラー円柱とすることができる。冷却部材（例えば、プレート）と粉体層との間の接触圧力を電子的にまたは手動で調節することができる。

10

【0380】

一部の事例では、粉末の冷却速度を増加するために気体軸受支援冷却プロセスを利用することができる。この実施形態では、粉体層に面した冷却プレート内の一組の開口を使用して平面状空気軸受を作り出すことができる。一組の開口から空隙へと加圧気体を注入することができる。かつ開口の第2の組を通して空隙を残すことができる。気体軸受は強制対流を誘導することができる。したがって粉体層からの熱の熱伝達率を増加する。別の実施例では、粉体層の冷却速度を増加するために熱音響熱除去を使用することができる。

20

【0381】

冷却部材は1つ以上の孔または開口をさらに備えることができる。一部の事例では、冷却部材の表面積の少なくとも約5%、10%、20%、30%、40%、50%、60%または70%を開口または孔とすることができる。孔または開口は、第1のエネルギー源および所望による第2のエネルギー源が粉末層にアクセスできるように構成することができる。一部の事例では、冷却部材を実質的に透明にすることができる。粉体層（または粉体層を収容する容器）と第1のエネルギー源および所望により第2のエネルギー源との間に選択的に位置するように冷却部材を適合することができる。一部の事例では、粉末層を横切ってスキャンするに従い、第1のエネルギー源および所望により第2のエネルギー源が粉末層にアクセスできるように、スキャナーは、孔（複数可）が場所に残るように冷却部材を並進移動することができる。プレートの移動を制御するスキャナーは、第1のエネルギー源および第2のエネルギー源の明確な表現を許容する少なくとも1つのスキャナーと同期することができる。冷却部材は、第1のエネルギー源から粉末層の部分に適用されるエネルギーを制御可能に追跡することができる。冷却部材の移動を、制御機構（例えば、コントローラ）によって制御することができる。冷却部材の移動を制御するようにコントローラ（例えば、コンピュータ）をプログラムすることができる。一部の事例では、粉末層の部分およびまたは粉末層の残りの部分からのエネルギーの除去を最適化するようにコントローラをプログラムすることができる。粉末層の部分およびまたは粉末層の残りの部分からのエネルギー除去の最適化は、空隙長さまたは幅の変化、冷却部材の移動、強制対流システム（例えば、ファン）の開始、気体組成物の調節、または時間または効率の変数に影響を与えることができる任意の他のプロセスを含むことができる。粉末層の温度プロファイルとは別に基部の温度プロファイルを制御する（例えば、調整する）ためにコントローラをさらにプログラムすることができる。粉体層の表面領域が均一な熱伝達を維持するように確実に等しい時間の間冷却部材の固体部分および開放（孔）部分によって覆われるように、コントローラ（例えば、コンピュータ）を追加的にプログラムすることができる。プレートの移動によって均一な熱伝達を維持するのが不可能である場合、相補的熱源はより多いまたはより少ないエネルギーを冷却部材の下でより長いまたはより短い時間それぞれ受けることになる区域に提供することができる。

30

40

【0382】

システム構成要素のうち1つ以上をエンクロージャ（例えば、チャンバ）内に含むこ

50

とができる。エンクロージャは、粉末材料などの3D物体形成するための前駆体を導入するために好適な反応スペースを含むことができる。エンクロージャは基部を含むことができる。一部の事例ではエンクロージャは、真空チャンバ、陽圧チャンバ、または周囲圧力チャンバとすることができる。エンクロージャは、制御された圧力、温度、および/または気体組成物を有する気体環境を含むことができる。エンクロージャによって含有されている環境内の気体組成物は、実質的に酸素を含まない環境を含む。例えば、気体組成物は、最大で最大で約100,000百万分率(ppm)、10,000ppm、1000ppm、500ppm、400ppm、200ppm、100ppm、50ppm、10ppm、5ppm、1ppm、100,000十億分率(ppb)、10,000ppb、1000ppb、500ppb、400ppb、200ppb、100ppb、50ppb、10ppb、5ppb、1ppb、100,000一兆分率(ppt)、10,000ppt、1000ppt、500ppt、400ppt、200ppt、100ppt、50ppt、10ppt、5ppt、または1pptの酸素を含有することができる。エンクロージャの中に含有される環境内の気体組成物は実質的に水分(例えば、水)を含まない環境を含む。気体環境は、最大で約100,000ppm、10,000ppm、1000ppm、500ppm、400ppm、200ppm、100ppm、50ppm、10ppm、5ppm、1ppm、100,000ppb、10,000ppb、1000ppb、500ppb、400ppb、200ppb、100ppb、50ppb、10ppb、5ppb、1ppb、100,000ppt、10,000ppt、1000ppt、500ppt、400ppt、200ppt、100ppt、50ppt、10ppt、5ppt、または1pptの水を含むことができる。気体環境は、アルゴン、窒素、ヘリウム、ネオン、クリプトン、キセノン、水素、一酸化炭素、二酸化炭素、および酸素から成る群から選択される気体を含むことができる。気体環境は空気を含むことができる。チャンバ圧力は、少なくとも約 10^{-7} Torr、 10^{-6} Torr、 10^{-5} Torr、 10^{-4} Torr、 10^{-3} Torr、 10^{-2} Torr、 10^{-1} Torr、1Torr、10Torr、100Torr、1bar、760Torr、1000Torr、1100Torr、2bar、3bar、4bar、5bar、または10barとすることができる。チャンバ圧力は、前述のチャンバ圧力の値の間(例えば、約 10^{-7} Torr~約10bar、約 10^{-7} Torr~約1bar、または約1bar~約10bar)の任意の値とすることができる。一部の事例では、エンクロージャ圧力は標準大気圧とすることができる。

10

20

30

【0383】

エンクロージャを、真空下、または不活性、乾燥、非反応性、および/または酸素低減(または別の方法で制御された)環境(例えば、窒素(N_2)、ヘリウム(He)、またはアルゴン(Ar)環境)下に維持することができる。一部の実施例では、エンクロージャは真空下(最大で約1Torr、 10^{-3} Torr、 10^{-6} Torr、または 10^{-8} Torrの圧力におけるなどの)である。不活性、乾燥、非反応性、および/もしくは酸素低減気体(例えば、Ar)を、チャンバ内ならびに/またはチャンバを通して流れる気体に提供することによって雰囲気を提供することができる。

40

【0384】

一部の実施例では、圧力システムはエンクロージャと流体連通する。エンクロージャ内の圧力を調整するために圧力システムを構成することができる。一部の実施例では、機械式ポンプ、回転ベーンポンプ、ターボ分子ポンプ、イオンポンプ、クライオポンプ、および拡散ポンプから選択される圧力システムは1つ以上の真空ポンプを含むことができる。1つ以上の真空ポンプは、ロータリーベーンポンプ、ダイアフラムポンプ、液体リングポンプ、ピストンポンプ、スクロールポンプ、スクリュウポンプ、バンケル(Wankel)ポンプ、エクスターナルベーンポンプ、ルーツブロワー、多段ルーツポンプ、テプラー(Toepfer)ポンプ、またはローブポンプを含んでもよい。1つ以上の真空ポンプは、運動量移送ポンプ、再生ポンプ、溜め込み式ポンプ、ベンチュリ真空ポンプ、または蒸気エジェクターを含んでもよい。圧力システムはスロットバルブなどのバルブを含むことができる

50

。圧力システムは、チャンバの圧力を測定し、圧力システムの1つ以上の真空ポンプの支援により圧力を調整することができるコントローラへその圧力を中継するための圧力センサーを含むことができる。圧力センサーを制御システムに連結することができる。圧力を電子的に、または手動で制御することができる。

【0385】

一部の実施例では、圧力システムは1つ以上のポンプを含む。1つ以上のポンプは容積式ポンプを含んでもよい。容積式ポンプは、ロータリー型容積式ポンプ、往復動型容積式ポンプ、または線形型容積式ポンプを含んでもよい。容積式ポンプは、ロータリーローブポンプ、プログレッシブキャピティポンプ、ロータリーギアポンプ、ピストンポンプ、ダイアフラムポンプ、スクリーポンプ、ギアポンプ、油圧ポンプ、ロータリーベーンポンプ、再生（渦流）ポンプ、蠕動ポンプ、ローブポンプ、またはフレキシブルインペラを含んでもよい。ロータリー容積式ポンプは、ギアポンプ、スクリーポンプ、またはロータリーベーンポンプを含んでもよい。往復動ポンプは、プランジャーポンプ、ダイアフラムポンプ、ピストンポンプ、容量型ポンプ、またはラジアルピストンポンプを含む。ポンプは、バルブレスポンプ、蒸気ポンプ、重力ポンプ、エダクタージェットポンプ、混合流ポンプ、ペローポンプ、軸流ポンプ、遠心ポンプ、速度ポンプ、油圧ラムポンプ、衝撃ポンプ、ローブポンプ、圧縮空気駆動ダブルダイアフラムポンプ、トリプルスタイルプランジャーポンプ、プランジャーポンプ、蠕動ポンプ、ルーツタイプポンプ、プログレッシブキャピティポンプ、スクリーポンプ、またはギアポンプを含んでもよい。

10

【0386】

本明細書に提示したシステムおよび方法は、顧客のための注文仕様3D物体または在庫3D物体の形成を容易にすることができる。顧客は、個人、企業、団体、政府団体、非営利団体、または別の団体、または組織とすることができる。顧客は3D物体の形成のための要求を提出することができる。顧客は3D物体と引き換えに価値のある品物を提供することができる。顧客は3D物体に対する設計を提供することができる。顧客はステレオリソグラフィ（STL）ファイルの形態の設計を提供することができる。代替的に、顧客は、設計を任意の他の数値的または物理的形態の3D物体の形状および寸法の定義とすることができる、設計を提供することができる。一部の事例では、顧客は、生成される物体の設計としての3次元モデル、スケッチ、または画像を提供することができる。3D物体を付加生成するために設計を印刷システムによって使用することができる指示へと変形することができる。顧客は特定の材料または材料の群から3D物体を形成するための要求をさらに提供することができる。例えば、顧客は3D物体を本明細書に記述される3D印刷で使用される1つまたは2つ以上の材料で作成するべきであると特定することができる。顧客は材料の群の中の特定の材料（例えば、特定の元素金属、特定の合金、特定のセラミック、または特定の元素状炭素の同素体）を要求することができる。一部の事例では、設計は補助特徴部を含まない。

20

30

【0387】

顧客要求に対応して、本明細書に記述される印刷システムを用いて3D物体を形成または生成することができる。一部の事例では、付加3D印刷プロセスによって3D物体を形成することができる。3D物体の付加生成は、連続的に堆積することと、顧客によって指定された1つ以上の材料を含む粉末を溶融することと、を含むことができる。3D物体を引き続いて顧客へ納品することができる。補助特徴部を生成するまたは取り除くことなく3D物体を形成することができる。補助特徴部を、3D物体が形成の間にシフトする、変形する、または移動するのを防止する支持特徴部とすることができる。本明細書に提供される装置、システム、および方法は補助特徴部に対する必要性を除去することができる。一部の事例では、最大でも約7日間、6日間、5日間、3日間、2日間、1日間、12時間、6時間、5時間、4時間、3時間、2時間、1時間、30min、20min、10min、5min、1min、30秒間、または10秒間の期間内に3D物体を付加生成することができる。一部の事例では、任意の前述の時間期間の間（例えば、約10秒間～約7日間、約10秒間～約12時間、約12時間～約7日間、または約12時間～約10

40

50

分間)の期間内に3D物体を付加生成することができる。

【0388】

顧客のために生成される3D物体(例えば、固化材料)は、意図される寸法から最大で約0.5マイクロメートル(μm)、1 μm 、3 μm 、10 μm 、30 μm 、100 μm 、300 μm 以下の平均偏差値を有する。偏差は、前述の値の間の任意の値とすることができる。平均偏差は、約0.5 μm ~約300 μm 、約10 μm ~約50 μm 、約15 μm ~約85 μm 、約5 μm ~約45 μm 、または約15 μm ~約35 μm とすることができる。3D物体は、特定の方向における意図される寸法からの偏差を、式 $D_v + L / K_{d_v}$ に依存して有することができる、式中 D_v は偏差値であり、 L は特定の方向における3D物体の長さであり、 K_{d_v} は定数である。 D_v は、最大で約300 μm 、200 μm 、100 μm 、50 μm 、40 μm 、30 μm 、20 μm 、10 μm 、5 μm 、1 μm 、または0.5 μm の値を有することができる。 D_v は、少なくとも約0.5 μm 、1 μm 、3 μm 、5 μm 、10 μm 、20 μm 、30 μm 、50 μm 、70 μm 、100 μm 、300 μm 以下の値を有することができる。 D_v は、前述の値の間の任意の値を有することができる。 D_v は、約0.5 μm ~約300 μm 、約10 μm ~約50 μm 、約15 μm ~約85 μm 、約5 μm ~約45 μm 、または約15 μm ~約35 μm である値を有することができる。 K_{d_v} は、最大で約3000、2500、2000、1500、1000、または500の値を有することができる。 K_{d_v} は、少なくとも約500、1000、1500、2000、2500、または3000の値を有することができる。 K_{d_v} は、前述の値の間の任意の値を有することができる。 K_{d_v} は、約3000~約500、約1000~約2500、約500~約2000、約1000~約3000、または約1000~約2500である値を有することができる。

10

20

【0389】

意図される寸法はモデル設計に由来することができる。3D部品は、形成の直後に追加的な加工または操作無しに定められた精度値を有することができる。物体に対する注文の受注、物体の形成、および顧客への物体の納品には最大で約7日間、6日間、5日間、3日間、2日間、1日間、12時間、6時間、5時間、4時間、3時間、2時間、1時間、30min、20min、10min、5min、1min、30秒間、または10秒間かかる可能性がある。一部の事例では、任意の前述の時間期間の間(例えば、約10秒間~約7日間、約10秒間~約12時間、約12時間~約7日間、または約12時間~約10分間)の期間内に3D物体を付加生成することができる。時間は、物体のサイズおよび/または複雑さを含む物体の物理的特性に基づいて変動する可能性がある。反復無しに、かつ/または矯正印刷無しに3D物体の生成を実施することができる。3D物体は、補助的な支持部または補助的な支持部の跡(例えば、補助的な支持特徴部の存在もしくは除去を示すもの)を欠いていてもよい。

30

【0390】

本開示は、本開示の方法を実施するようにプログラムされたコントローラまたは制御機構(例えば、コンピュータシステムを含む)も提供する。図8は、本明細書に提供される方法に依存して3D物体の形成を容易にするようにプログラムされた、または別の方法で構成されたコンピュータシステム801を概略的に図示する。コンピュータシステム801は、例えば、加熱、冷却、および/または粉体層の温度の維持、プロセスパラメータ(例えば、チャンバ圧力)、エネルギー源がスキャンするルート、および/またはエネルギー源によって粉体層の選択された場所へ発射されるエネルギーの適用量の調整などの本開示の印刷方法およびシステムの様々な特徴を調整することができる。コンピュータシステム801は、本開示の3D印刷システムまたは装置などの印刷システムまたは装置の一部とすることができる、またはこれらと通信することができる。コンピュータを、3D印刷システムまたは装置の様々な部品に接続された1つ以上のセンサーに連結してもよい。

40

【0391】

コンピュータシステム801は中央処理装置(CPU、本明細書では「プロセッサ」、
「コンピュータ」、および「コンピュータプロセッサ」も使用される)805を含むこと

50

ができ、これはシングルコアプロセッサ、もしくはマルチコアプロセッサ、または並列処理のための複数のプロセッサとすることができる。代替的にまたは追加的に、コンピュータシステム 801 は、特定用途向け集積回路 (ASIC) などの回路を含むことができる。コンピュータシステム 801 は、メモリーまたは記憶場所 810 (例えば、ランダムアクセスメモリー、フラッシュメモリー)、電子ストレージユニット 815 (例えば、ハードディスク)、1つ以上の他のシステムと通信するための通信インターフェース 820 (例えば、ネットワークアダプタ)、ならびにキャッシュ、その他のメモリー、データストレージ、および/または電子ディスプレイアダプタなどの周辺機器 825 も含む。メモリー 810、ストレージユニット 815、インターフェース 820 および周辺機器 825 は、コミュニケーションバス (固定ライン) を通してマザーボードなどの CPU 805 と通信する。ストレージユニット 815 は、データを保存するためのデータストレージユニット (またはデータレポジトリ) とすることができる。通信インターフェース 820 の支援により、コンピュータシステム 801 をコンピュータネットワーク (「ネットワーク」) 830 と動作可能に連結することができる。ネットワーク 830 は、インターネット、インターネットおよび/またはエクストラネット、またはインターネットと通信するイントラネットおよび/またはエクストラネットとすることができる。一部の事例では、ネットワーク 830 は遠隔通信および/またはデータネットワークとすることができる。ネットワーク 830 は、クラウドコンピューティングなどの分散コンピューティングを可能にすることができる1つ以上のコンピュータサーバーを含むことができる。ネットワーク 830 は、一部の事例ではコンピュータシステム 801 の支援により、ピアツーピアネットワークを実装することができ、これはコンピュータシステム 801 に連結されたデバイスがクライアントまたはサーバーとして振る舞うことを可能にしうる。

10

20

【0392】

CPU 805 は機械可読指示のシーケンスを実行することができ、これはプログラムまたはソフトウェア内で具象化することができる。指示をメモリー 810 などの記憶場所内に保存してもよい。指示を CPU 805 に向けることができ、これは引き続いて CPU 805 が本開示の方法を実施するようにプログラムまたは別の方法で構成する。CPU 805 によって実施される動作の実施例は、フェッチ、デコード、実行、およびライトバックを含むことができる。

【0393】

CPU 805 は、集積回路などの回路の一部とすることができる。システム 801 の1つ以上の他の構成要素を回路内に含むことができる。一部の事例では、回路は特定用途向け集積回路 (ASIC) である。

30

【0394】

ストレージユニット 815 は、ドライバー、ライブラリ、および保存したプログラムなどのファイルを保存することができる。ストレージユニット 815 は、例えば、ユーザーの好みおよびユーザープログラムなどのユーザーデータを保存することができる。一部の事例では、コンピュータシステム 801 は、イントラネットまたはインターネットを通してコンピュータシステム 801 と通信するリモートサーバー上に位置付けられたものなどの、コンピュータシステム 801 の外部にある1つ以上の追加的なデータストレージユニットを含むことができる。

40

【0395】

コンピュータシステム 801 はネットワーク 830 を通して1つ以上のリモートコンピュータシステムと通信することができる。例えば、コンピュータシステム 801 はユーザー (例えば、オペレーター) のリモートコンピュータシステムと通信することができる。リモートコンピュータシステムの実施例としては、パーソナルコンピュータ (例えば、ポータブル PC)、スレート PC もしくはタブレット PC (例えば、Apple (登録商標) iPad (登録商標)、Samsung (登録商標) Galaxy Tab)、電話、スマートフォン (例えば、Apple (登録商標) iPhone (登録商標)、Android 使用可能デバイス、Blackberry (登録商標))、または携帯情報端末が

50

挙げられる。ユーザーはネットワーク830を介してコンピュータシステム801にアクセスすることができる。

【0396】

本明細書に記述されるように、例えば、メモリー810または電子ストレージユニット815などのコンピュータシステム801の電子的保存場所に保存された機械（例えば、コンピュータプロセッサ）実施可能なコードによって方法を実施することができる。機械実施可能コードまたは機械可読コードをソフトウェアの形態で提供することができる。使用している間に、プロセッサ805はコード実行することができる。一部の事例では、コードをストレージユニット815から取り出して、プロセッサ805によるアクセス準備を整えるためにメモリー810に保存することができる。一部の状況では、電子ストレージユニット815を除外することができ、機械実行可能な指示はメモリー810に保存される。

10

【0397】

コードをプリコンパイルし、かつ機械で使用するために構成することができ、コードを実行するためにプロセッサを適合させ、またはランタイムの間にコンパイルすることができる。コードをプリコンパイルしてまたはコンパイルしたままの様式で実行できるように、選択することができるプログラミング言語でコードを供給することができる。

【0398】

コンピュータシステム801などの本明細書に提供されるシステムおよび方法の態様をプログラミングで具象化することができる。本技術の様々な態様は、あるタイプの機械可読媒体内に維持されまたは具象化される、典型的には機械（またはプロセッサ）実行可能なコードおよび/または関連付けられたデータの形態の「製品」または「製造物」として考えられうる。機械実行可能なコードをメモリー（例えば、読み出し専用メモリー、ランダムアクセスメモリー、フラッシュメモリー）またはハードディスクなどの電子ストレージユニット内に保存することができる。「ストレージ」タイプ媒体は、様々な半導体メモリー、テープドライブ、ディスクドライブ、および同様のものなどの、コンピュータ、プロセッサ、もしくは同様のものまたはその関連するモジュールの任意のまたはすべての有形メモリーを含むことができ、これはソフトウェアプログラミングのためにいつでも非一次的ストレージを提供する。ソフトウェアのすべてのまたは部分はインターネットまたは様々な他の遠隔通信ネットワークを通して時々通信しうる。例えば、かかる通信は、1つのコンピュータまたはプロセッサから別のコンピュータまたはプロセッサへ、例えば、管理サーバーまたはホストコンピュータからアプリケーションサーバーのコンピュータプラットフォームへのソフトウェアのローディングを可能にする場合がある。こうして、ソフトウェアエレメントを持つ場合がある別のタイプの媒体は、光学波、電気波、および電磁波を含み、有線および光学式固定電話回線ネットワークを通して、また様々なエアリンクを通じて、ローカルデバイス間の物理的インターフェースなどを通して使用される。有線もしくは無線リンク、光リンク、または同様のものなどの、かかる波を伝える物理的要素も、ソフトウェアを持つ媒体と考えられる場合がある。本明細書で使用される場合、非一次的、有形「ストレージ」媒体と制約されない限り、コンピュータまたは機械「可読媒体」というような用語は、プロセッサに実行のために指示を提供するのに関わる任意の媒体を指す。

20

30

40

【0399】

したがって、コンピュータ実行可能コードなどの機械可読媒体は、有形ストレージ媒体、搬送波媒体、または物理的伝送媒体が挙げられるがこれに限らない多くの形態を取りうる。不揮発性ストレージ媒体としては、例えば、図面に示される、データベース等を実施するために使用されてもよいものなどの、任意のコンピュータ（複数可）内のストレージデバイスのいずれかのような光ディスクもしくは磁気ディスク、または同様のものが挙げられる。揮発性ストレージ媒体としては、かかるコンピュータプラットフォームの主メモリーなどの動的メモリーが挙げられる。有形伝送媒体としては、コンピュータシステム内

50

のバスを備える電線を含む、同軸ケーブル、電線（例えば、銅線）および光ファイバーが挙げられる。搬送波伝送媒体は、無線周波数（RF）および赤外線（IR）データ通信の間に生成されるもののような、電気信号もしくは電磁信号、または音波もしくは光波の形態を取りうる。したがって、コンピュータ可読媒体の一般的な形態としては、例えば、フロッピーディスク、フレキシブルディスク、ハードディスク、磁気テープ、任意の他の磁気媒体、CD-ROM、DVD、もしくはDVD-ROM、任意の他の光媒体、パンチカード、紙テープ、任意の他の孔のパターンを用いた物理的ストレージ媒体、RAM、ROM、PROM、およびEPROM、FLASH-EPROM、任意の他のメモリーチップもしくはカートリッジ、搬送波輸送データもしくは指示、ケーブルもしくは搬送波などのリンク輸送、またはコンピュータがこれからプログラムコードおよび/またはデータを読み出しうる任意の他の媒体が挙げられる。コンピュータ可読媒体のこれらの形態の多くは、プロセッサへの実行するための1つ以上の指示の1つ以上のシーケンスの搬送に關与している場合がある。

10

20

30

40

50

【0400】

コンピュータシステム801は、例えば、印刷される3D物体のモデル設計またはグラフィック表現を提供するためのユーザーインターフェース（UI）を備える電子ディスプレイを含むか、またはこれと通信することができる。UIの実施例としては、グラフィカルユーザーインターフェース（GUI）およびウェブベースのユーザーインターフェースが挙げられるが、これに限らない。コンピュータシステムは3D印刷システムの様々な態様をモニターおよび/または制御することができる。制御は手動であってもよく、またはプログラムされていてもよい。制御は事前プログラムされているフィードバック機構に頼ってもよい。フィードバック機構は、制御ユニット（すなわち、制御システムまたは制御機構、例えば、コンピュータ）に接続されたセンサー（本明細書に記述される）からの入力に頼ってもよい。コンピュータシステムは3D印刷システムの動作の様々な態様に関する履歴データを保存してもよい。履歴データを所定の時間または思いついたときに取り出してもよい。履歴データにオペレータまたはユーザーがアクセスしてもよい。履歴データおよび/または動作データをディスプレイユニット上に表示してもよい。ディスプレイユニット（例えば、モニター）は3D印刷システムの様々なパラメータを（本明細書に記述されるように）リアルタイムで、または遅延した時間で表示してもよい。ディスプレイユニットは現在の3D印刷される物体、注文された3D印刷される物体、またはその両方を表示してもよい。ディスプレイユニットは3D印刷される物体の印刷の進捗を表示してもよい。ディスプレイユニットは、3D物体の印刷における合計時間、残り時間、および延長した時間のうちの少なくとも1つを表示してもよい。ディスプレイユニットはセンサーのステータス、その読取値、および/またはその較正もしくはメンテナンスのための時間を表示してもよい。ディスプレイユニットは、使用される粉末材料のタイプ、ならびに粉末の温度および流動性などの様々な材料の特性を表示してもよい。ディスプレイユニットは、酸素の量、水、および印刷チャンバ（すなわち、3D物体が印刷されるチャンバ）内の圧力を表示してもよい。コンピュータは3D印刷システムの様々なパラメータを含むレポートを所定の時間（複数可）において、要求に応じて（例えば、オペレータからの）、または思いついたときに生成してもよい。

【0401】

本開示の方法およびシステムを1つ以上のアルゴリズムによって実施することができる。1つ以上のコンピュータプロセッサによる実行に際してアルゴリズムをソフトウェアによって実施することができる。

【0402】

実施例

以下は本開示の方法の例示的かつ非限定的な実施例である。

【0403】

実施例1

25cm×25cm×30cmの容器内で、周囲温度および周囲圧力にて、1.56k

gの平均粒子サイズ $35\mu\text{m}$ のステンレス鋼 316L 粉末を粉体層を収容する容器内に堆積した。容器はエンクロージャ内に配置された。エンクロージャをアルゴンガスで5分間パージした。容器内に平均高さ 2mm の層が定置された。選択されたレーザー溶融方法を使用して、 200W ファイバー 1060nm レーザービームを用いて2つの実質的に平らな表面が製造された。2つの実質的に平らな表面は、基準点として機能する補助的な支持部を介して基部に接続された(図21A、2103および2104に示されるように)。本明細書に記述される方法を使用して、2つの追加的な平らな平面は補助的な支持部を用いずに製造された。(図21A、2101および2102に示されるように)。4つの表面が製造され、これらは実質的に同一の平面上に置かれた。引き続き、本明細書に記述された粉末払い出し器を使用して $75\mu\text{m}$ の平均高さを有する粉末材料の層が平面の上に堆積された。本明細書に記述された平準化部材を使用して、粉末は $50\mu\text{m}$ に平準化された。引き続き表面は、露出した粉体層の表面に対して実質的に垂直な方向からの空気の柔らかい吹きを使用して露にされた。平面移動の程度を解明するために、画像は2メガピクセルの電荷結合素子(CCD)カメラによって収集され、かつ画像処理プログラムを介して解析された。図21A~図21Bは実験結果の実施例を示し、図21Aは平準化部材による平準化前の平面を示し、また図21Bは平準化部材による平準化後の平面を示す(図21Bは2つの係止された基準平面2113および2114、ならびに2つの懸架された平面2111および2112を示す)。

10

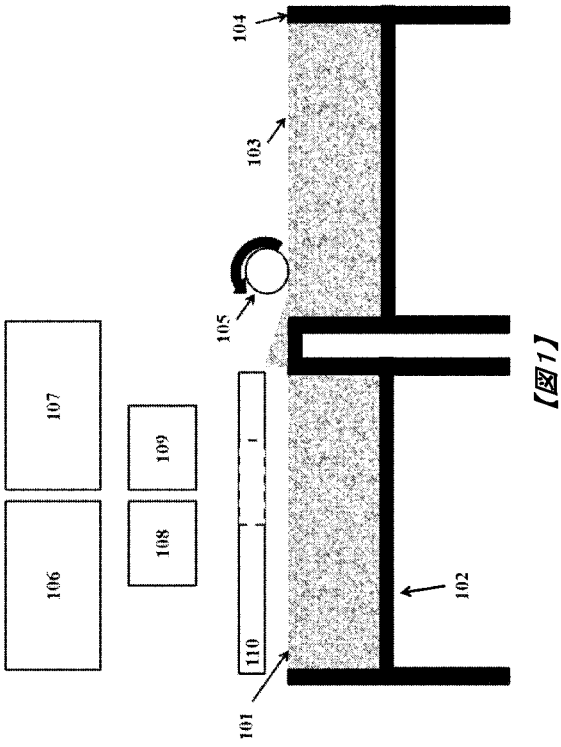
【0404】

本発明の好ましい実施形態を示し、かつ記述してきたが、かかる実施形態が単に例示としてのみ提供されていることが当業者には明らかであろう。本明細書の中に提供されている具体的な実施形態によって本発明を制限することは意図されていない。上述の明細書を参照して本発明を記述してきたが、本明細書の実施形態の記述および図示は、限定的な感覚で解釈されることを意味しない。今や、当業者は本発明から逸脱することなく、多数の変動、変化、および代用を生じるであろう。さらに、本発明のすべての態様は、本明細書で説明する様々な条件および変数に依存する具体的な図示、構成、または相対的な比率に限定されないことを理解するべきである。本発明を実施する上で、本明細書に記述される本発明の実施形態に対する様々な代替を採用してもよいことを理解するべきである。したがって、本明細書が任意のかかる代替、修正、変動、またはこれと均等なものも包含すべきあることが想定される。後に続く特許請求の範囲が本発明の範囲を定義し、かつこれらの特許請求の範囲およびその均等物の範囲の中の方法および構造がこれによって包含されることが意図される。

20

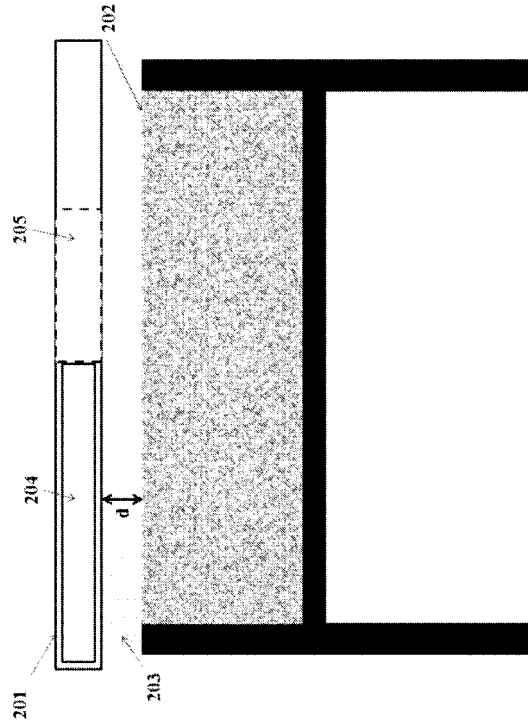
30

【 図 1 】



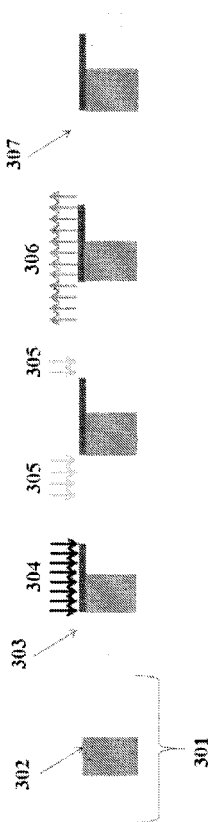
【 図 1 】

【 図 2 】



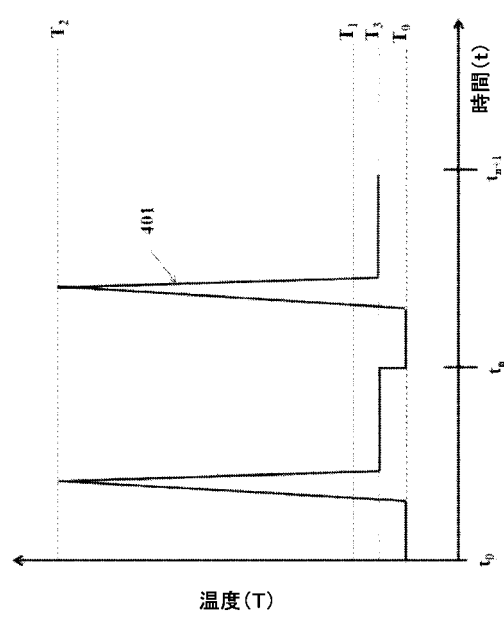
【 図 2 】

【 図 3 】



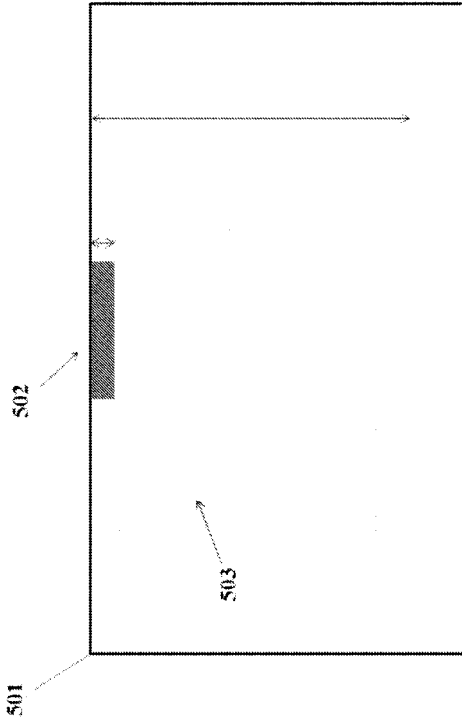
【 図 3 】

【 図 4 】



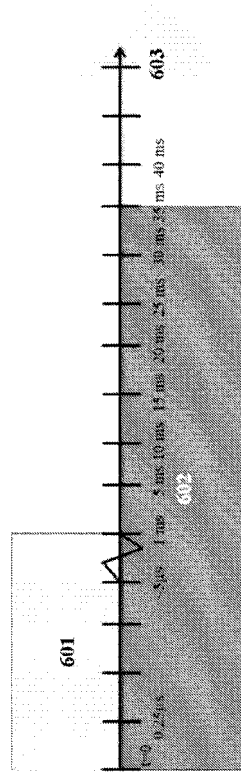
【 図 4 】

【図5】



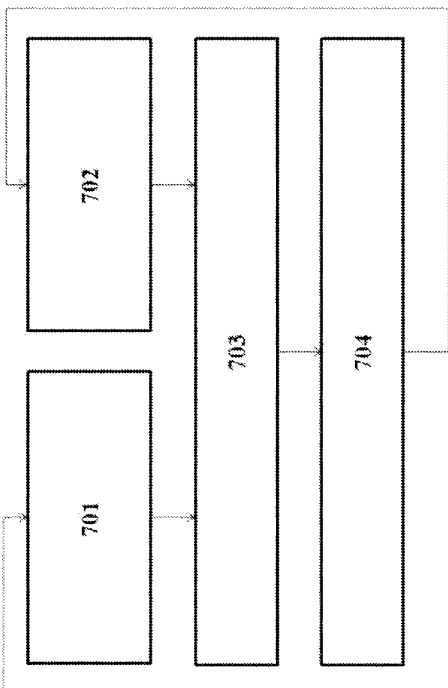
【図5】

【図6】



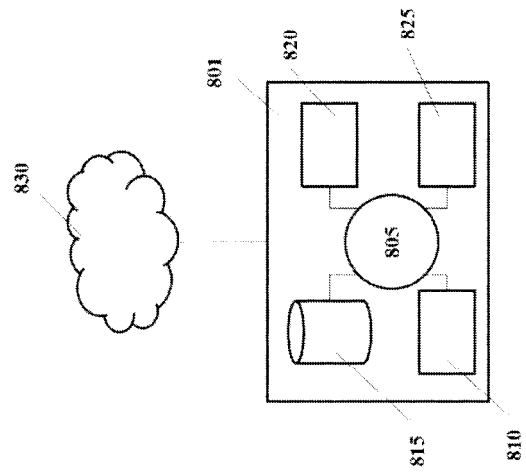
【図6】

【図7】



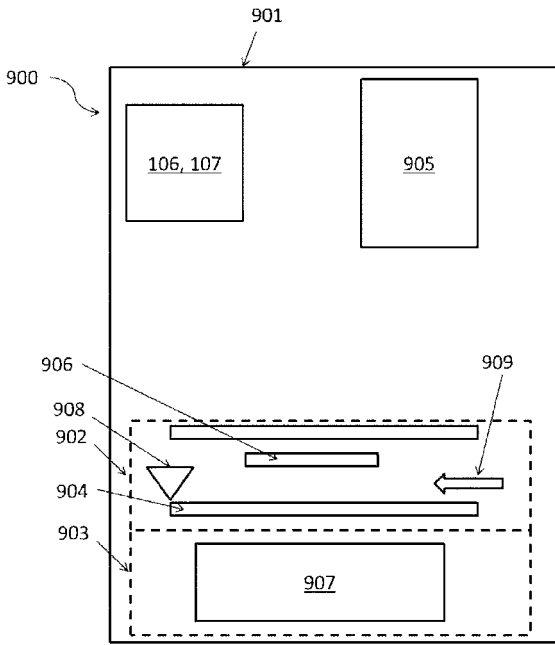
【図7】

【図8】



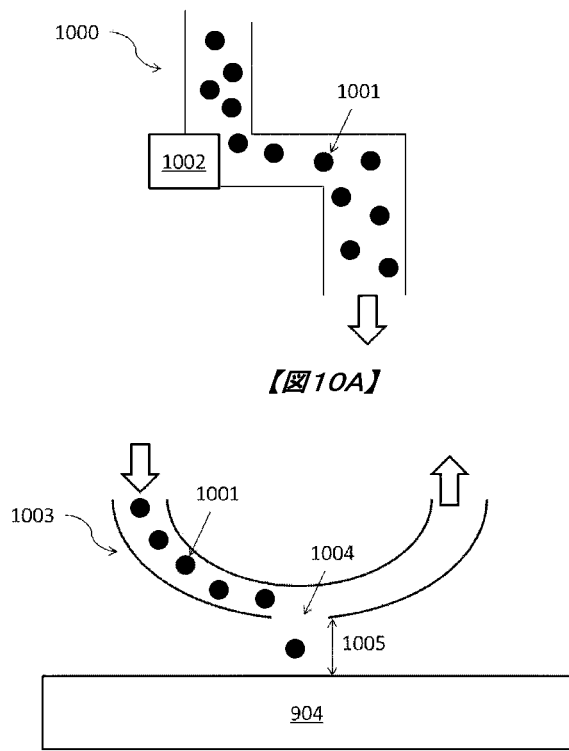
【図8】

【 図 9 】



【 図 9 】

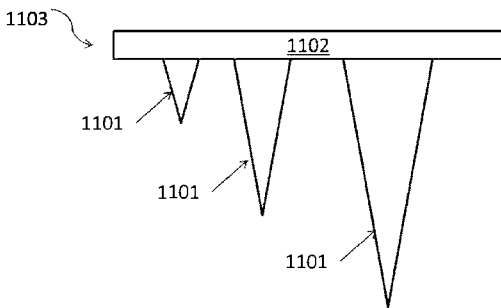
【 図 1 0 】



【 図 10A 】

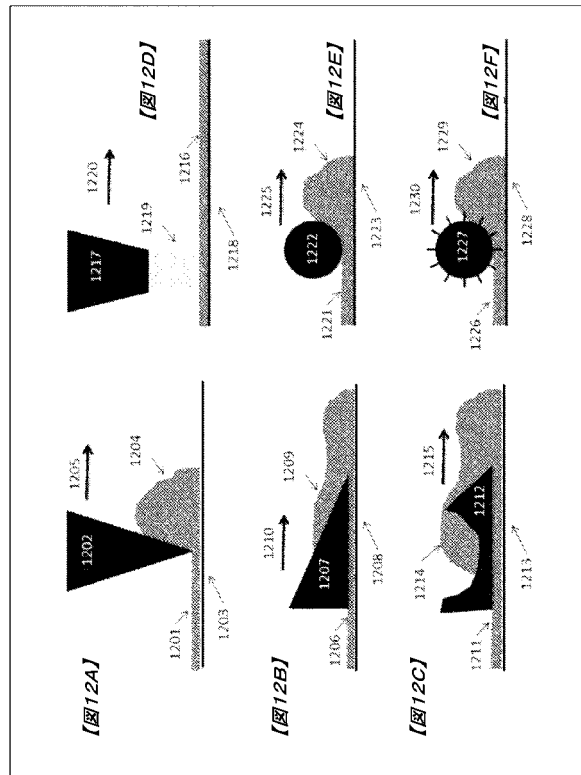
【 図 10B 】

【 図 1 1 】



【 図 11 】

【 図 1 2 】



【 図 12A 】

【 図 12B 】

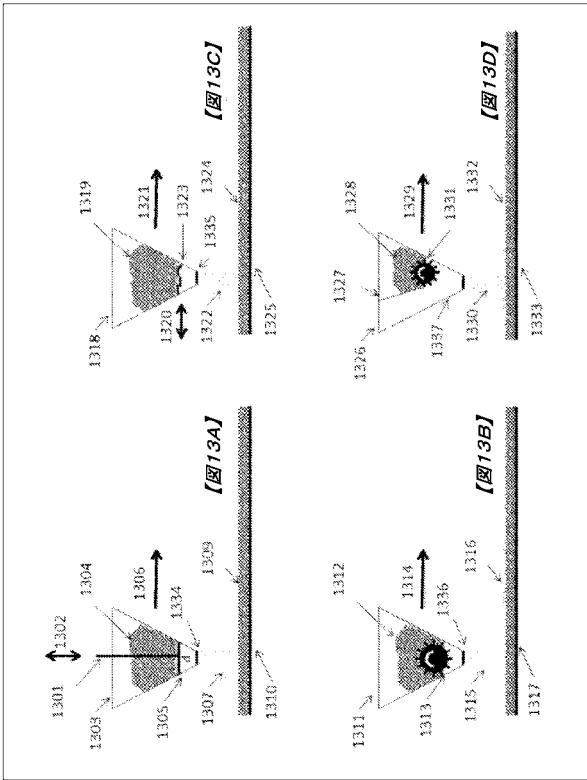
【 図 12C 】

【 図 12D 】

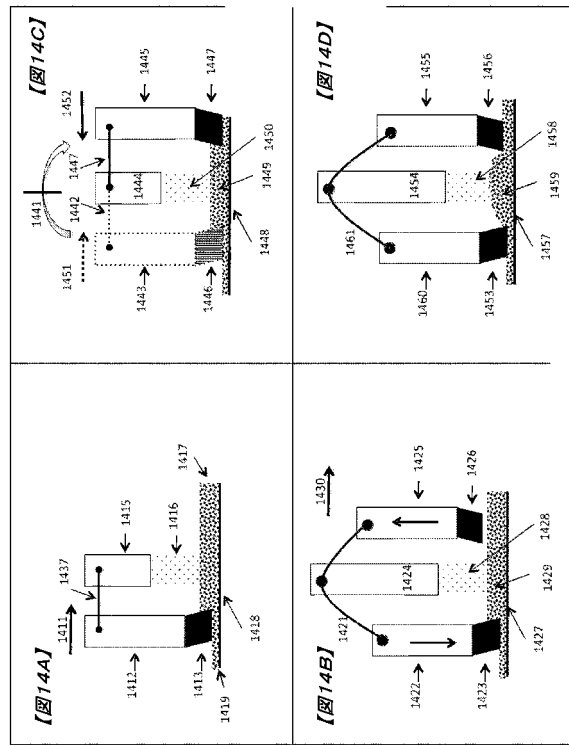
【 図 12E 】

【 図 12F 】

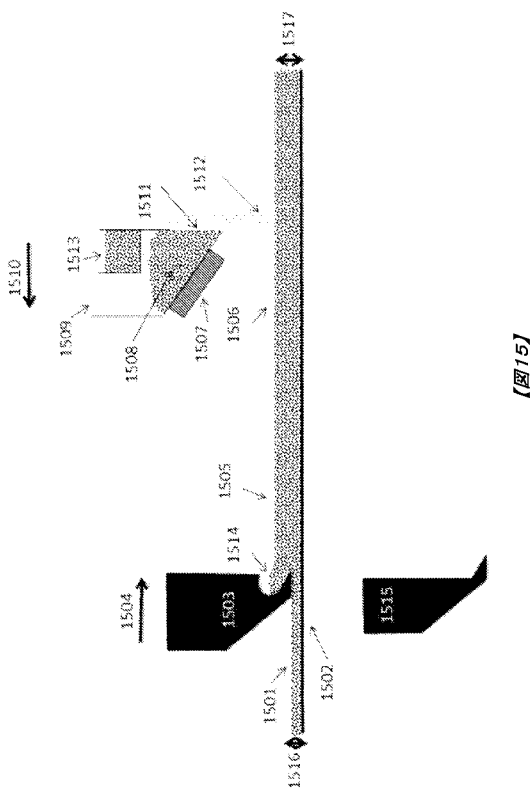
【 図 1 3 】



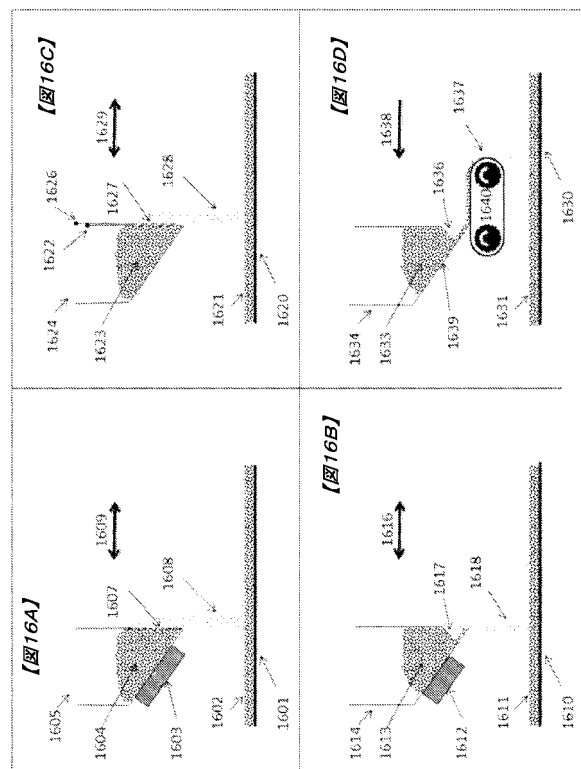
【 図 1 4 】



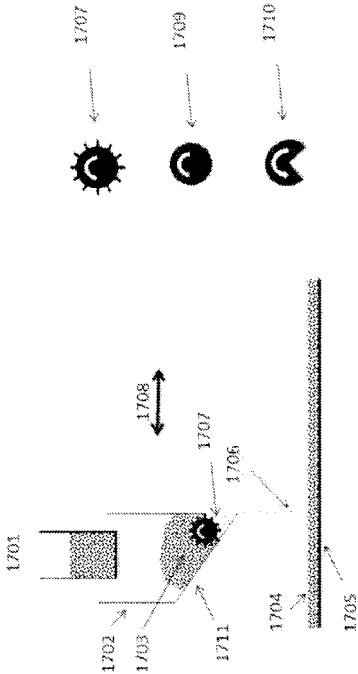
【 図 1 5 】



【 図 1 6 】

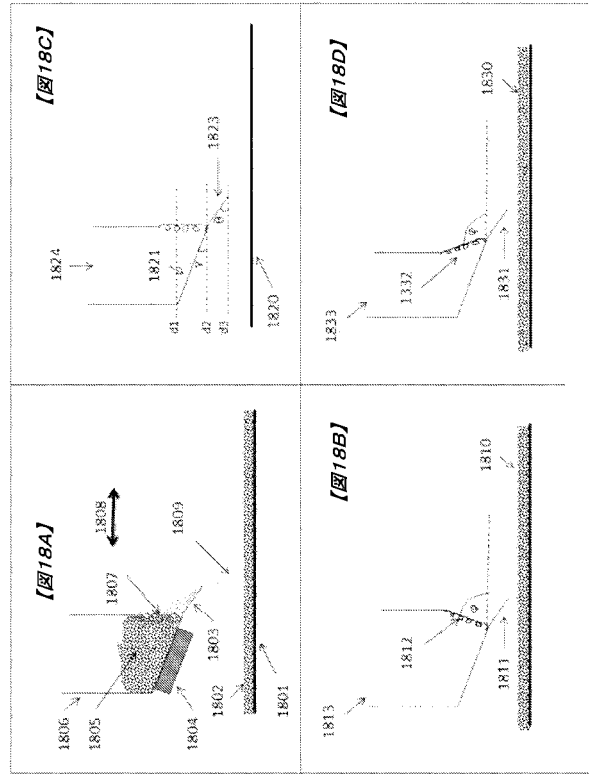


【図 17】

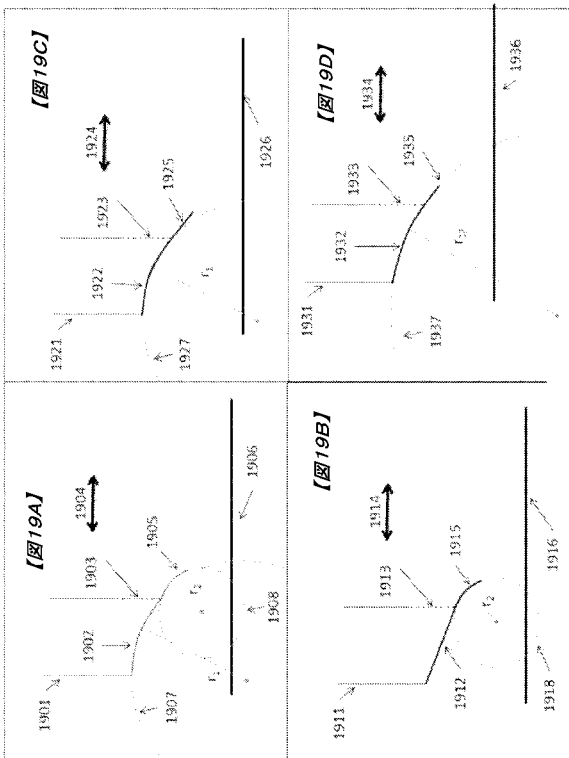


【図 17】

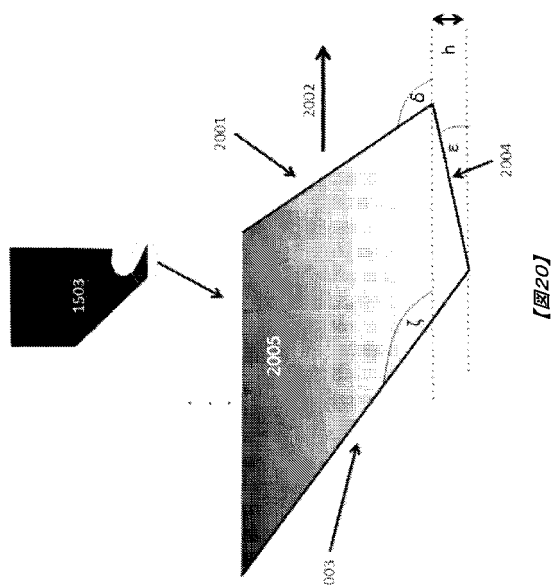
【図 18】



【図 19】

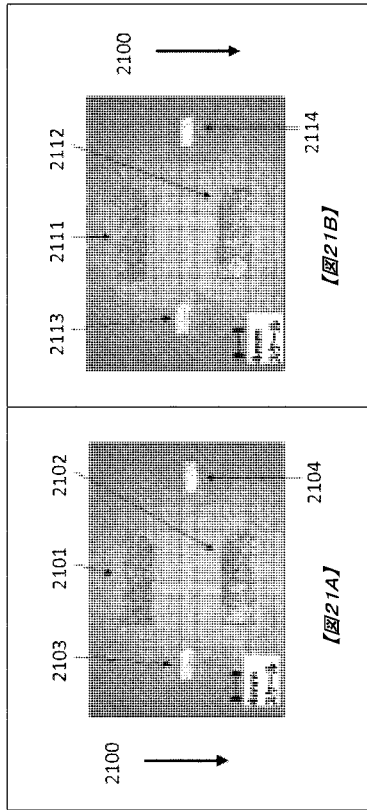


【図 20】

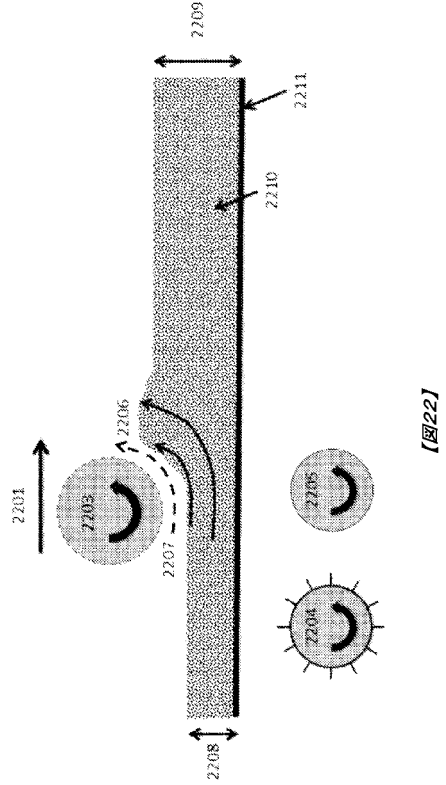


【図 20】

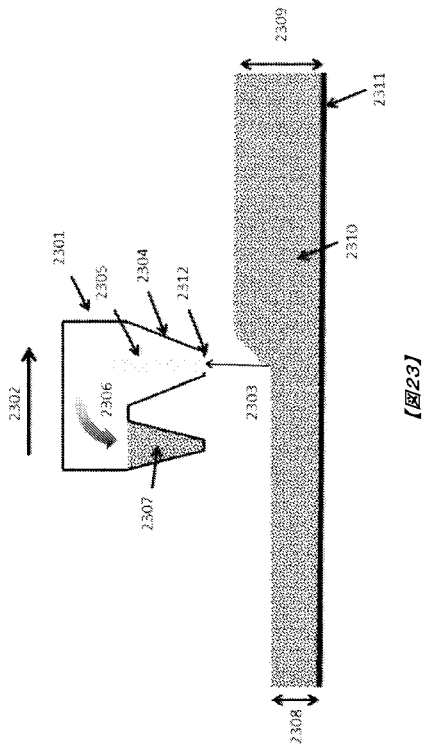
【 図 2 1 】



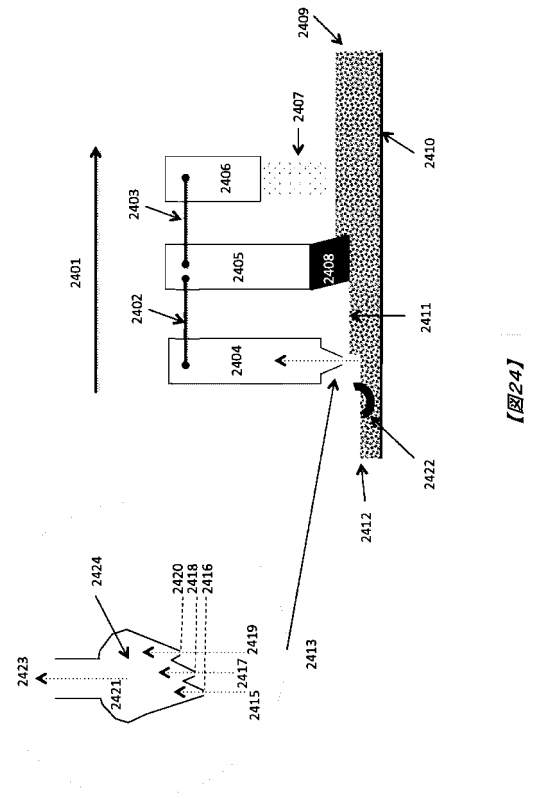
【 図 2 2 】



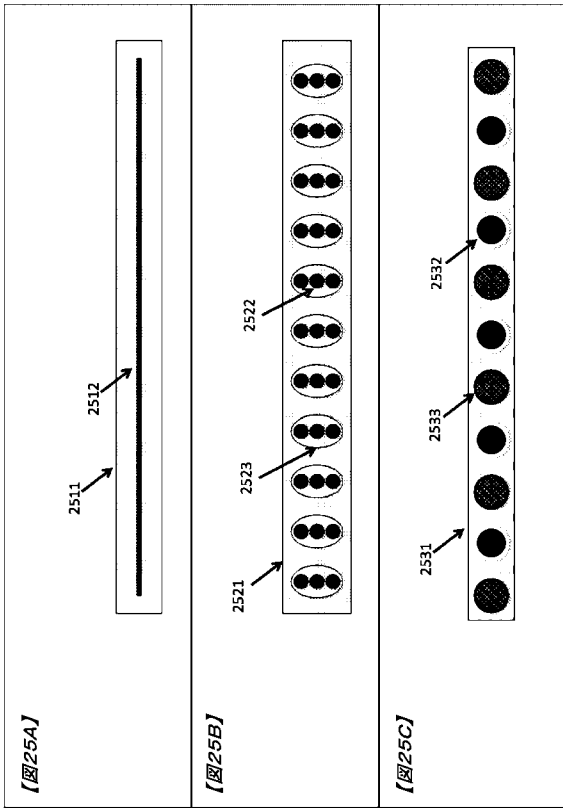
【 図 2 3 】



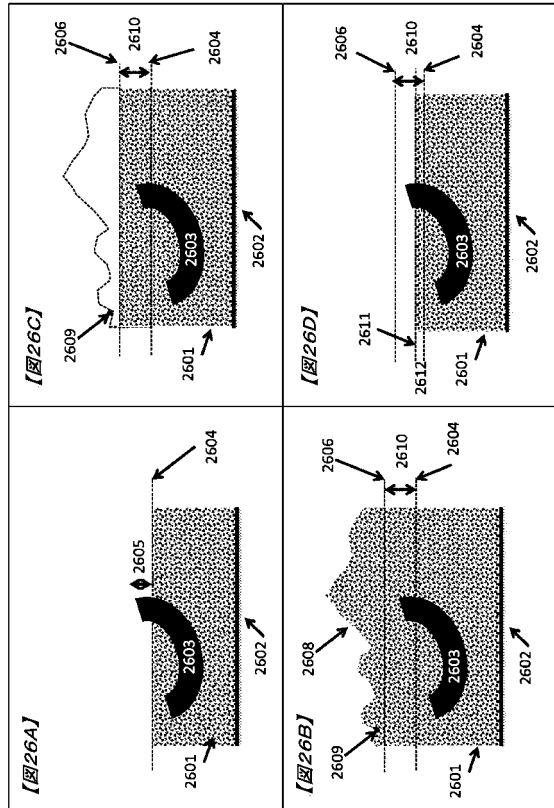
【 図 2 4 】



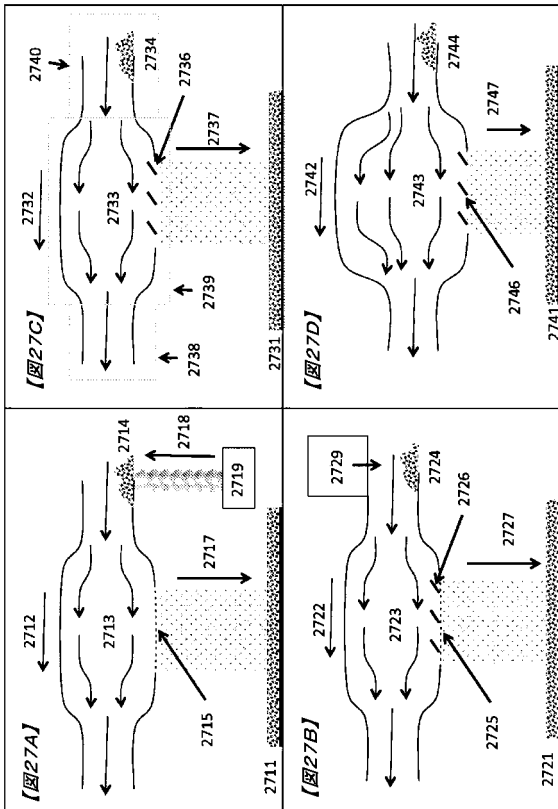
【 図 2 5 】



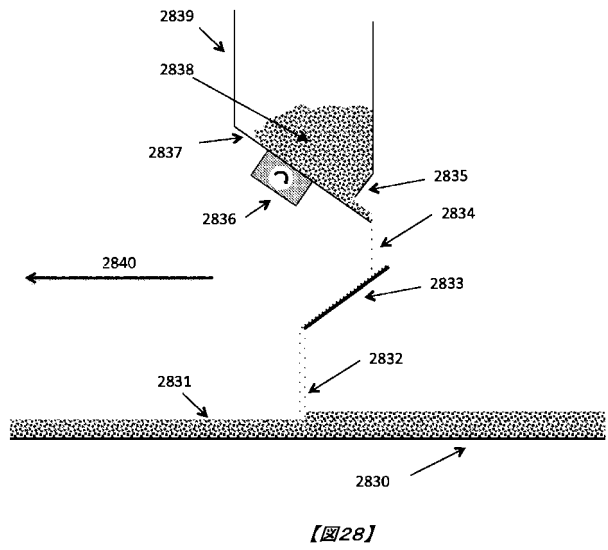
【 図 2 6 】



【 図 2 7 】



【 図 2 8 】



【手続補正書】

【提出日】平成29年4月6日(2017.4.6)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

3次元物体を生成するための方法であって、

(a) 第1の頂部表面を有する粉体層を提供するために、粉末材料による第1層を筐体内に分注する工程と、

(b) 前記第1層の少なくとも一部から前記3次元物体の少なくとも一部を生成するために、エネルギービームを前記粉末材料による第1層に誘導する工程と、

(c) 前記筐体内に第2の頂部表面を有する粉末材料による第2層を分注する工程と、

(d) 前記第2の頂部表面の最も低い点又はその下方にある第1の平面状表面を形成するために、前記粉末材料による第2層をせん断する工程であって、刃物又はエアナイフを用いることを含む工程と、

(e) 前記第1の平面状表面の下方に配置される第2の平面状表面の上方にある実質的に全ての粉末材料を前記粉末材料による第2層から除去する工程であって、真空吸引、磁力、静電気力、又はガス流を用いることを含む工程と、

を含み、

前記除去する工程は前記粉体層への接触がない場合に生じ、さらに前記除去する工程中は、前記粉末材料による第1層は流動性の粉末材料を含む、方法。

【請求項2】

前記粉末材料は、元素金属、金属合金、セラミック、又は元素炭素の同素体を含む、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記3次元物体の生成とは、硬化材料へと次第に変換する変換材料を生成するために、前記粉末材料を変換することを含み、前記硬化材料の少なくとも一部は、前記第1の頂部表面から突出して突出部を形成する、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記突出部は、前記3次元物体の少なくとも一部である、請求項3に記載の方法。

【請求項5】

前記突出部は、前記硬化材料の歪み、曲がり、膨張、又は球状化を含む、請求項3に記載の方法。

【請求項6】

前記突出部は、前記3次元物体の一部ではない硬化材料を含む、請求項3に記載の方法。

【請求項7】

前記突出部は、前記第1の頂部表面に対して、約10マイクロメートル～約500マイクロメートルの高さを有する、請求項3に記載の方法。

【請求項8】

前記突出部は、前記第2の平面状表面から突出する、請求項3に記載の方法。

【請求項9】

前記突出部は、前記第1の平面状表面又は前記第2の頂部表面からは突出しない、請求項3に記載の方法。

【請求項10】

前記第1の頂部表面から前記第2の平面状表面までの平均鉛直距離が、約5マイクロメートル～約1000マイクロメートルである、請求項1に記載の方法。

【請求項 1 1】

前記第 1 の頂部表面から前記第 1 の平面状表面までの平均鉛直距離が、約 10 マイクロメートル～約 500 マイクロメートルである、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 1 2】

前記除去する工程は、真空吸引によって行われることを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 3】

前記第 1 層及び / 又は前記第 2 層において余剰の粉末材料を再使用することをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 4】

前記第 2 の平面状表面は、前記第 1 の頂部表面の上方に配置される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記粉末材料による第 2 層をせん断して前記第 1 の平面状表面を形成する場合において、前記 3 次元物体の少なくとも一部が約 300 マイクロメートル以下に渡って変位する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記分注する工程は、空隙によって前記第 2 の頂部表面から離間される粉末ディスペンサーから、前記粉末材料を分注することを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 7】

前記空隙は、約 10 マイクロメートル～約 50 マイクロメートルの離間距離である、請求項 16 に記載の方法。

【請求項 1 8】

前記除去する工程は、均一な平面を有する前記第 2 の平面状表面を形成するために、前記第 2 層の分注工程と同期する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 9】

前記分注する工程は、出口開口ポートを有する粉末ディスペンサーを用いることを含む、前記出口開口部、又は前記出口開口部と前記粉体層の頂部表面との間に、少なくとも 1 つの妨害物が配される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 2 0】

前記妨害物は、粗面を含む、請求項 19 に記載の方法。

【請求項 2 1】

前記妨害物は、メッシュ又は複数の穴を有する平面を含む、請求項 19 に記載の方法。

【請求項 2 2】

前記除去する工程は、粉末入口ポートを含む粉末除去部材を用いることを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 2 3】

前記粉末除去部材は、真空ノズルを備える、請求項 22 に記載の方法。

【請求項 2 4】

前記粉体層は、前記粉末材料を構成する個々の粒子を含み、前記粉末材料は、元素金属、金属合金、セラミック、又は元素炭素の同素体からなる群から選択される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 2 5】

前記ガス流は、層流である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 2 6】

前記分注する工程は、少なくとも 1 つの高度センサーに接続される粉末ディスペンサーを用いることを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 2 7】

前記分注する工程は、前記粉末材料を提供する粉末ディスペンサーを用いることを含む、前記粉末ディスペンサーは振動環境下に晒される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 2 8】

前記粉末材料による第2層は、前記粉末材料による第1層の少なくとも一部を被覆する、請求項1に記載の方法。

【請求項29】

前記せん断する工程は、刃物を用いることを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項30】

前記せん断する工程は、エアナイフを用いることを含む、請求項1に記載の方法。

【手続補正書】

【提出日】平成29年9月6日(2017.9.6)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

3次元物体を生成するための方法であって、

(a) 第1の頂部表面を有する粉体層を提供するために、粉末材料による第1層をエンクロージャ内に提供する工程と、

(b) 前記第1層の少なくとも一部から前記3次元物体の少なくとも一部を生成するために、エネルギービームを前記粉末材料による第1層に誘導する工程と、

(c) 前記エンクロージャ内に第2の頂部表面を有する粉末材料による第2層を払い出す工程と、

(d) 前記第2の頂部表面の最も低い点又はその下方にある第1の平面状表面を形成するために、前記粉末材料による第2層を刈り取る工程であって、ブレード又はエアナイフを用いることを含む工程と、

(e) 前記第1の平面状表面の下方に配置される第2の平面状表面の上方にある実質的に全ての粉末材料を、前記第2の平面状表面を形成するために前記粉末材料による第2層から除去する工程であって、真空吸引、磁力、静電気力、又は気体の陽圧を用いることを含む工程と、

を含み、

前記除去する工程(e)は前記粉体層への接触がない場合に生じ、さらに前記除去する工程(e)中は、前記粉末材料による第1層は流動性の粉末材料を含む、方法。

【請求項2】

前記粉末材料は、元素金属、金属合金、セラミック、又は元素炭素の同素体を含む、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記3次元物体の生成とは、硬化材料へと変形する変形材料を生成するために、前記粉末材料を変形することを含み、前記硬化材料の少なくとも一部は、前記第1の頂部表面から突出して突出部を形成する、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記突出部は、前記3次元物体の少なくとも一部である、請求項3に記載の方法。

【請求項5】

前記突出部は、前記硬化材料の歪み、曲がり、膨張、又は球状化を含む、請求項3に記載の方法。

【請求項6】

前記突出部は、前記3次元物体の一部ではない硬化材料を含む、請求項3に記載の方法。

【請求項7】

前記突出部は、前記第1の頂部表面に対して、約10マイクロメートル～約500マイクロメートルの高さを有する、請求項3に記載の方法。

【請求項 8】

前記突出部は、前記第 2 の平面状表面から突出する、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 9】

前記突出部は、前記第 1 の平面状表面又は前記第 2 の頂部表面からは突出しない、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 10】

前記第 1 の頂部表面から前記第 2 の平面状表面までの平均垂直距離が、約 5 マイクロメートル～約 1000 マイクロメートルである、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

前記第 1 の頂部表面から前記第 1 の平面状表面までの平均垂直距離が、約 10 マイクロメートル～約 500 マイクロメートルである、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

前記除去する工程 (e) は、真空吸引によって行われることを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 13】

前記第 1 層及び / 又は前記第 2 層において余剰の粉末材料を再使用することをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 14】

前記第 2 の平面状表面は、前記第 1 の頂部表面の上方に配置される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 15】

前記粉末材料による第 2 層を刈り取って前記第 1 の平面状表面を形成する場合において、前記 3 次元物体の少なくとも一部が約 300 マイクロメートル以下に渡って変位する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 16】

前記払い出す工程 (c) は、空隙によって前記第 2 の頂部表面から離間される粉末払い出し器から、前記粉末材料を払い出すことを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 17】

前記空隙は、約 10 マイクロメートル～約 50 マイクロメートルの離間距離である、請求項 16 に記載の方法。

【請求項 18】

前記除去する工程 (e) は、均一な平面を有する前記第 2 の平面状表面を形成するために、前記第 2 層の払い出し工程 (c) と同期する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 19】

前記払い出す工程 (c) は、出口開口ポートを有する粉末払い出し器を用いることを含む、前記出口開口部、又は前記出口開口部と前記粉体層の頂部表面との間に、少なくとも 1 つの妨害物が配される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 20】

前記妨害物は、粗面を含む、請求項 19 に記載の方法。

【請求項 21】

前記妨害物は、メッシュ又は複数の穴を有する平面を含む、請求項 19 に記載の方法。

【請求項 22】

前記除去する工程 (e) は、粉末入口ポートを含む粉末除去部材を用いることを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 23】

前記粉末除去部材は、真空ノズルを備える、請求項 22 に記載の方法。

【請求項 24】

前記粉体層は、前記粉末材料を構成する個々の粒子を含み、前記粉末材料は、元素金属、金属合金、セラミック、及び元素炭素の同素体からなる群から選択される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 25】

前記気体の陽圧は、層状である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 26】

前記払い出す工程 (c)は、少なくとも 1 つの高さセンサーに接続される粉末払い出し器を用いることを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 27】

前記払い出す工程 (c)は、前記粉末材料を提供する粉末払い出し器を用いることを含み、前記粉末払い出し器は振動環境下に晒される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 28】

前記粉末材料による第 2 層は、前記粉末材料による第 1 層の少なくとも一部を被覆する、請求項 1 に記載の方法。



【請求項 29】

前記刈り取る工程 (d)は、ブレードを用いることを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 30】

前記刈り取る工程 (d)は、エアナイフを用いることを含む、請求項 1 に記載の方法。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2015/036802
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER B22F 3/105(2006.01)i, B22F 7/02(2006.01)i, B33Y 30/00(2015.01)i, B33Y 80/00(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) B22F 3/105; B29C 41/02; B22F 3/00; C22C 30/02; C22C 33/02; B23K 15/00; B29C 35/08; B22F 7/02; B33Y 30/00; B33Y 80/00		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eCOMPASS(KIPO internal) & keywords: cooling member, laser beam, three-dimensional, powder material, layer, enclosure, chamber, and controller		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6531086 B1 (LARSSON, RALF) 11 March 2003 See abstract, column 2, line 44 - column 4, line 26, claims 1, 11, and figures 1, 4-5, 7.	1-15
A	US 2013-0228302 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD.) 05 September 2013 See paragraphs [0064]-[0070] and claims 1-8.	1-15
A	US 7537722 B2 (ANDERSSON et al.) 26 May 2009 See column 3, line 62 - column 5, line 39 and claims 1, 11.	1-15
A	US 2011-0123383 A1 (FUWA et al.) 26 May 2011 See paragraphs [0047]-[0056] and claim 1.	1-15
A	US 2008-0014457 A1 (GENNARO et al.) 17 January 2008 See paragraphs [0087]-[0093] and claim 1.	1-15
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 30 October 2015 (30.10.2015)		Date of mailing of the international search report 30 October 2015 (30.10.2015)
Name and mailing address of the ISA/KR  International Application Division Korean Intellectual Property Office 189 Cheongsu-ro, Seo-gu, Daejeon, 35208, Republic of Korea Facsimile No. +82-42-472-7140		Authorized officer LEE, Jong Kyung  Telephone No. +82-42-481-3360

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No. PCT/US2015/036802

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Group 1, claims 1-15, drawn to a method for generating a three-dimensional object comprising the steps of providing a first layer, transforming at least a portion, and using a cooling member, the system comprising a cooling member, and the apparatus comprising a controller that is programmed to direct a cooling member.

Group 2, claims 16-41, drawn to a method for generating a three-dimensional object comprising the steps of providing a powder bed, directing an energy beam, and bringing a heat sink, the system comprising a heat sink, and the apparatus comprising a controller that is programmed to direct a heat sink.

See extra sheet

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fees, this Authority did not invite payment of any additional fees.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: 1-15

Remark on Protest

The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No. PCT/US2015/036802

Group 3, claims 42-119, drawn to a three-dimensional object comprising a layered structure, wherein the three-dimensional object is devoid of surface features indicative of layer removal and auxiliary support feature, and the apparatus for generating the three-dimensional object.

Group 4, claims 120-130, drawn to a system for generating a three-dimensional object comprising a base comprising a blockable mesh, and a controller programmed to programmed to directs the mesh blocking device to unblock the mesh, and the method comprising the steps of dispensing a layer, transforming a portion, hardening the transformed material, unblocking the mesh.

Group 5, claims 131-158, drawn to a method for generating a three-dimensional object comprising the steps of dispensing powder material, using an energy beam, and dispensing a layer of powder material, the system comprising a layer dispensing mechanism, and a controller programmed to direct the layer dispensing mechanism.

Group 6, claims 159-160, a method for generating a three-dimensional object comprising the steps of dispensing a layer, leveling the exposed surface, and generating at least a portion of the three-dimensional object, and the system comprising a powder leveling member and a powder dispensing member comprising a powder reservoir, an exit opening, a translation member, and an obstruction.

Group 7, claims 161-188, drawn to a method for generating a three-dimensional object comprising the steps of dispensing a first layer, directing an energy beam, subsequent to generating at least the portion, shearing the second layer of powder material, and removing all powder material, the system comprising a powder removing member and a controller programmed to direct the powder removing member, and the apparatus comprising the controller.

Since the above mentioned groups of claims do not share any of the technical features identified, a technically special relationship between the inventions does not exist. Accordingly, the claims do not relate to one invention or to a single inventive concept, a priori (PCT Rule 13.1 and Rule 13.2).

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/US2015/036802

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6531086 B1	11/03/2003	AT 221438 T	15/08/2002
		AU 7356498 A	08/12/1998
		DE 69806949 T2	27/03/2003
		DK 1015214 T3	04/11/2002
		EP 1015214 A1	05/07/2000
		EP 1015214 B1	31/07/2002
		ES 2183360 T3	16/03/2003
		JP 04312266 B2	12/08/2009
		JP 2001-517168 A	02/10/2001
		PT 1015214 E	31/12/2002
		SE 509088 C2	07/12/1998
		SE 9701663 A	31/10/1998
		WO 98-51464 A1	19/11/1998
		US 2013-0228302 A1	05/09/2013
CH 705662 A1	15/05/2013		
CN 103084573 A	08/05/2013		
EP 2589449 A1	08/05/2013		
EP 2589449 B1	01/10/2014		
ES 2525453 T3	23/12/2014		
MX 2012012796 A	13/05/2013		
US 7537722 B2	26/05/2009	AT 286797 T	15/01/2005
		AU 2001-52846 A1	07/11/2001
		CA 2407073 A1	01/11/2001
		CN 1235705 C	11/01/2006
		CN 1426335 A	25/06/2003
		DE 60108390 T2	22/12/2005
		EP 1296788 A1	02/04/2003
		EP 1296788 B1	12/01/2005
		ES 2236215 T3	16/07/2005
		JP 04846958 B2	28/12/2011
		JP 2003-531034 A	21/10/2003
		KR 10-0796465 B1	23/01/2008
		KR 10-2003-0007553 A	23/01/2003
		SE 0001557 A	28/10/2001
		SE 521124 C2	30/09/2003
		US 2004-0026807 A1	12/02/2004
WO 01-81031 A1	01/11/2001		
US 2011-0123383 A1	26/05/2011	CN 101511509 A	19/08/2009
		CN 101511509 B	13/06/2012
		EP 2060343 A1	20/05/2009
		EP 2060343 A4	20/06/2012
		EP 2060343 B1	05/11/2014
		JP 04661842 B2	30/03/2011
		JP 2008-081840 A	10/04/2008
		KR 10-1076353 B1	25/10/2011
		KR 10-2009-0049608 A	18/05/2009

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/US2015/036802

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
		US 8329092 B2	11/12/2012
		WO 2008-026500 A1	06/03/2008
US 2008-0014457 A1	17/01/2008	AT 544548 T	15/02/2012
		EP 1878522 A1	16/01/2008
		EP 1878522 B1	08/02/2012
		ES 2381854 T3	01/06/2012
		JP 05330656 B2	30/10/2013
		JP 2008-069449 A	27/03/2008
		US 7815847 B2	19/10/2010

フロントページの続き

(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		
B 2 8 B	1/30	(2006.01)	B 2 8 B	1/30		

(31)優先権主張番号 62/136,378
 (32)優先日 平成27年3月20日(2015.3.20)
 (33)優先権主張国 米国(US)
 (31)優先権主張番号 62/168,699
 (32)優先日 平成27年5月29日(2015.5.29)
 (33)優先権主張国 米国(US)

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(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), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM), 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1. ANDROID

(74)代理人 100137213
 弁理士 安藤 健司
 (74)代理人 100143823
 弁理士 市川 英彦
 (74)代理人 100151448
 弁理士 青木 孝博
 (74)代理人 100183519
 弁理士 櫻田 芳恵
 (74)代理人 100196483
 弁理士 川崎 洋祐
 (74)代理人 100203035
 弁理士 五味淵 琢也
 (74)代理人 100185959
 弁理士 今藤 敏和
 (74)代理人 100160749
 弁理士 飯野 陽一
 (74)代理人 100160255
 弁理士 市川 祐輔
 (74)代理人 100202267
 弁理士 森山 正浩
 (74)代理人 100146318
 弁理士 岩瀬 吉和
 (74)代理人 100127812
 弁理士 城山 康文
 (72)発明者 ブラー, ベンヤミン
 アメリカ合衆国、カリフォルニア・95014、クパチーノ、マクレラン・ロード・22191

- (72)発明者 ミルシュタイン, エレル
アメリカ合衆国、カリフォルニア・95014、クパチーノ、コットンウッド・ドライブ・889
- (72)発明者 シーリンガー, シャーマン
アメリカ合衆国、カリフォルニア・95128、サン・ノゼ、ラットランド・アベニュー・512
- (72)発明者 チュア, タイ・チェン
アメリカ合衆国、カリフォルニア・95014、クパチーノ、カーレ・デ・バルセローナ・19351
- (72)発明者 シメオニディス, キモン
アメリカ合衆国、カリフォルニア・95050、サンタ・クララ、モンロー・ストリート・2200、アパートメント・1308

F ターム(参考) 4F213 AC04 AP06 WA25 WB01 WL03 WL13 WL74
4G052 DA02 DB12 DC06
4K018 AA02 AA03 AA04 AA05 AA06 AA07 AA08 AA09 AA10 AA13
AA14 AA19 AA21 AA24 AA33 AA40 BA01 BA02 BA03 BA04
BA07 BA08 BA09 BA10 BA13 BA17 BA20 BB01 BB03 BB04
BB05 BC29 BC30 CA44 EA51 EA60 FA06 JA27