

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6875132号
(P6875132)

(45) 発行日 令和3年5月19日(2021.5.19)

(24) 登録日 令和3年4月26日(2021.4.26)

(51) Int.Cl.	F 1
B 22 F 3/105 (2006.01)	B 22 F 3/105
B 22 F 3/16 (2006.01)	B 22 F 3/16
B 29 C 64/153 (2017.01)	B 29 C 64/153
B 29 C 64/268 (2017.01)	B 29 C 64/268
B 33 Y 10/00 (2015.01)	B 33 Y 10/00

請求項の数 12 外国語出願 (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2017-5532 (P2017-5532)	(73) 特許権者	390041542 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123 45、スケネクタディ、リバーロード、1 番
(22) 出願日	平成29年1月17日 (2017.1.17)	(74) 代理人	100079049 弁理士 中島 淳
(65) 公開番号	特開2017-141510 (P2017-141510A)	(74) 代理人	100084995 弁理士 加藤 和詳
(43) 公開日	平成29年8月17日 (2017.8.17)	(74) 代理人	100137545 弁理士 荒川 聰志
審査請求日	令和1年12月16日 (2019.12.16)	(74) 代理人	100105588 弁理士 小倉 博
(31) 優先権主張番号	15/005, 430	(74) 代理人	100129779 弁理士 黒川 俊久
(32) 優先日	平成28年1月25日 (2016.1.25)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】複数の電子ビーム源を用いる付加製造

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

金属粉末の複数の堆積層から三次元部品(12)を適応的に形成するためのシステム(10)であって、

ビルドチャンバ(100)であって、ハウジング(110)と、ビルドチャンバ内に配置されたビルドプラットフォーム(120)と、ビルドチャンバ内のビルドプラットフォーム(120)を移動させるためのアクチュエータ(130)とを備えるビルドチャンバ(100)と、

ビルドチャンバ(100)内へとビルドプラットフォーム(120)上に配置された金属粉末の複数の堆積層に複数の電子ビーム(210)を向けるための複数の電子ビーム源(200)と、

三次元部品を適応的に形成すべく金属粉末の複数の堆積層のパターン化された部分を順次に固めるために、ビルドプラットフォーム(120)上の金属粉末の複数の堆積層へと複数の電子ビーム(210)を向けるべくアクチュエータ(130)及び複数の電子ビーム源(200)を同時に制御するためのコントローラ(300)と

を備えるシステム(10)であって、

前記三次元部品は、単結晶構造を有し、

コントローラ(300)は、複数の電子ビーム(210)の各々を金属粉末の複数の堆積層の異なる領域へと向け、複数の電子ビーム(210)の各々を異なる領域の各々の一部へと集束させ、集束電子ビーム(210)を異なる領域内で移動させ、金属粉末の複

10

20

数の堆積層の固化の速度を制御し、金属粉末の複数の堆積層のパターン化された部分の固化における熱勾配を制御するように、動作することができ、
前記集束電子ビーム（210）を異なる領域内で移動させることは、集束電子ビーム（210）を異なる領域内で無作為に移動させることを含む、
システム（10）。

【請求項2】

複数の電子ビーム源（200）は、複数の堆積層に対して固定され、コントローラ（300）は、複数の電子ビーム（210）の各々を金属粉末の複数の堆積層へと独立して向けるように動作することができる、請求項1に記載のシステム（10）。

【請求項3】

コントローラ（300）は、集束電子ビーム（210）を異なる領域内で移動させるように動作することができる、請求項1に記載のシステム（10）。

【請求項4】

コントローラ（300）は、単結晶構造を有する三次元部品（12）を形成するために金属粉末の複数の堆積層のパターン化された部分の固化の速度を最適化するように動作することができる、請求項1に記載のシステム（10）。

【請求項5】

コントローラ（300）は、単結晶構造を有する三次元部品（12）を形成するために金属粉末の複数の堆積層のパターン化された部分の固化における熱勾配を最小化するように動作することができる、請求項1に記載のシステム（10）。

【請求項6】

コントローラ（300）は、複数の電子ビーム（210）の各々を金属粉末の複数の堆積層の25mm × 25mmの異なる領域へと向けるように動作することができ、複数の電子ビーム（210）の各々を異なる領域の各々の0.1mm × 0.1mmの部分へと集束させるように動作することができ、集束電子ビーム（210）を異なる領域内で金属粉末の堆積層毎に100ミリ秒未満にわたって移動させるように動作することができる、請求項1に記載のシステム（10）。

【請求項7】

複数の電子ビーム（210）は、10個の電子ビーム源 × 10個の電子ビーム源のアレイを備える、請求項1に記載のシステム（10）。

【請求項8】

三次元部品（12）を適応的に形成するための方法（400）であって、
複数の電子ビーム源（200）を用意するステップ（410）と、
複数の電子ビーム（210）を金属粉末の複数の堆積層へと向けることにより、金属粉末の複数の堆積層のパターン化された部分を順次に固めて三次元部品（12）を適応的に形成するように、複数の電子ビーム源（200）を同時に制御するステップ（420）とを含み、

前記三次元部品は、単結晶構造を有し、

制御するステップ（420）は、複数の電子ビーム（210）の各々を金属粉末の複数の堆積層の異なる領域へと向けること、複数の電子ビーム（210）の各々を異なる領域の各々の一部分へと集束させること、集束電子ビーム（210）を異なる領域内で移動させること、金属粉末の複数の堆積層の固化の速度を制御すること、及び金属粉末の複数の堆積層のパターン化された部分の固化における熱勾配を制御することを含み、

移動させることは、集束電子ビーム（210）を異なる領域内で無作為に移動させることを含む、

方法。

【請求項9】

用意するステップ（410）は、複数の堆積層に対して固定された複数の電子ビーム源（200）を用意するステップを含み、制御するステップ（420）は、複数の電子ビーム（210）の各々を金属粉末の複数の堆積層へと独立して向けることを含む、請求項8

10

20

30

40

50

に記載の方法。

【請求項 10】

制御するステップ(420)は、単結晶構造を有する三次元部品(12)を形成するために金属粉末の複数の堆積層のパターン化された部分の固化の速度を最適化するステップを含む、請求項8に記載の方法。

【請求項 11】

制御するステップ(420)は、単結晶構造を有する三次元部品(12)を形成するために金属粉末の複数の堆積層のパターン化された部分の固化における熱勾配を最小化するステップを含む、請求項8に記載の方法。

【請求項 12】

制御するステップ(420)は、複数の電子ビーム(210)の各々を金属粉末の複数の堆積層の25 mm × 25 mmの異なる領域へと向けること、複数の電子ビーム(210)の各々を異なる領域の各々の0.1 mm × 0.1 mmの部分へと集束させること、及び集束電子ビーム(210)を異なる領域内で金属粉末の堆積層毎に100ミリ秒未満にわたって移動させることを含む、請求項8に記載の方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、広くには、付加製造(additive manufacturing)に関し、より詳しくは、複数の電子ビーム源を用いる付加製造に関する。

20

【背景技術】

【0002】

最近では、金属合金製の部品を製造するための付加製造法が、鋳造及び機械加工法の代案として現れてきている。付加製造は、「積層製造」、「リバースマシニング(reverse machining)」、及び「3D印刷」とも称される。基本的な水準において、付加製造技術は、材料を断面における層毎のやり方で積み上げることで、3D部品を形成するという考え方にもとづく。3Dモデル化ソフトウェア(コンピュータ支援設計又はCAD)、機械設備、及び層をなす材料の使用が、付加製造技術に共通である。ひとたびCADスケッチが生成されると、機械設備が、CADファイルからデータを読み込み、所望の材料の順次3D部品を作り上げる。

30

【0003】

いくつかの特定の付加製造プロセスは、付加工程において金属合金の粉末を融合させて部品を生成するために、粉末床融合技術を使用する。例えば、いくつかの付加製造プロセスは、付加工程において粉末床内の金属合金の粉末の層を融合するために、粉末床を横切って走査されるエネルギーのビームを利用する。そのような粉末床付加製造プロセスのいくつかの例として、直接金属レーザ焼結/融合(DMLS)/(DMLF)、選択的レーザ焼結/融合(SLS)/(SLF)、及び電子ビーム溶融(EBM)が挙げられる。これらのプロセスにおいては、粉末床内の金属合金の粉末の層が、下方の途中まで形成された部品(又は、種部品)へと融合させられることで、部品に新たな層が付加される。金属合金の粉末の新たな層が、粉末床へと、途中まで形成された部品のすでに形成された層を覆って堆積させられ、金属合金の粉末の新たな層が、部品へと同様に融合させられる。堆積及び融合の手順が何回か繰り返されることで、途中まで形成された部品上に複数の層が生み出され、最終的に金属合金製の部品が形成される。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】米国特許出願公開第2015/177158号明細書

【発明の概要】

【0005】

一実施形態では、金属粉末の複数の堆積層から三次元部品を適応的に形成するためのシ

50

システムの提供を通じて、先行技術の欠点が克服され、追加の利点がもたらされる。このシステムは、ビルドチャンバと、複数の電子ビーム源と、コントローラとを備える。ビルドチャンバは、ハウジングと、ビルドチャンバ内に配置されたビルドプラットフォームと、ビルドチャンバ内でビルドプラットフォームを移動させるためのアクチュエータとを備える。複数の電子ビーム源は、複数の電子ビームをビルドチャンバへとビルドプラットフォーム上に配置された金属粉末の複数の堆積層に向けるように動作することができる。コントローラは、三次元部品を適応的に形成すべく金属粉末の複数の堆積層のパターン化された部分を順次に固めるために、ビルドプラットフォーム上の金属粉末の複数の堆積層へと複数の電子ビームを向けるべく、アクチュエータ及び複数の電子ビーム源を同時に制御するように動作することができる。

10

【0006】

別の実施形態では、三次元部品を適応的に形成するための方法が、複数の電子ビーム源を用意するステップと、複数の電子ビームを金属粉末の複数の堆積層へと向けることにより、金属粉末の複数の堆積層のパターン化された部分を順次に固めて三次元部品を適応的に形成するように、複数の電子ビーム源を同時に制御するステップとを含む。

【0007】

本開示の1つ以上の実施形態が、本明細書の結びに位置する特許請求の範囲において例として詳しく指摘され、明瞭に請求される。本開示の以上の目的、特徴、及び利点、並びに他の目的、特徴、及び利点が、添付の図面と併せて検討される以下の詳細な説明から明らかである。

20

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本開示の実施形態による複数の電子ビーム源を用いる付加製造システムを図式的に示している。

【図2】図1の電子ビーム源のうちの1つの電子ビーム源の実施形態を図式的に示している。

【図3】図1の付加製造システムを用いた三次元部品の形成に使用される粉末層の一部分の上面図を示している。

【図4】本開示に従って三次元部品を適応的に形成するための方法のフロー図を示している。

30

【図5】本開示の実施形態によるコントローラのブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

本開示の実施形態、並びにその特定の特徴、利点、及び詳細が、添付の図面に示されるいくつかの例（ただし、これらに限られるわけではない）を参照して、以下でさらに詳しく説明される。周知の材料、処理技術、などの説明は、開示の詳細を必要に不明瞭にすることがないよう、省略される。しかしながら、詳細な説明及び具体的な例は、本開示の実施形態を示しているが、あくまでも例示として提示されているにすぎず、限定の目的で提示されているわけではないことを、理解すべきである。種々の置き換え、改良、付加、及び／又は脚色が、根底にある発明概念の技術的思想及び／又は技術的範囲の範囲内で、本開示から当業者にとって明らかであろう。

40

【0010】

図1が、金属粉末の複数の堆積層から三次元部品を適応的に形成するための本開示の実施形態によるシステム10を図式的に示している。システム10は、一般に、ビルドチャンバ100と、複数の電子ビーム源200A～200Nと、コントローラ300とを備える。ビルドチャンバ100は、真空チャンバを定めるハウジング110と、ビルドチャンバ内に配置されたビルドプラットフォーム120と、ビルドチャンバ内でビルドプラットフォームを移動させるためのアクチュエータ130と、1つ以上の粉末ホッパ140と、粉末分配器150とを備えることができる。複数の電子ビーム源200は、ビルドチャンバ内へとビルドプラットフォーム上に配置された金属粉末の複数の堆積層に複数の電子ビ

50

ーム 210A ~ 210N を向けるための複数の電子ビーム銃又は電子ビーム源（図 2 には、そのうちの 1 つが示されている）を含むことができる。図 1 は、複数の電子ビームの直線状の列を示しているが、電子ビーム源 200 が、放射される電子ビームの二元のアレイを定めるように動作することができる複数の電子ビームの複数の隣接する直線状の列を備えてよいことを、理解すべきである。コントローラ 300 が、三次元部品 12 を適応的に形成すべく金属粉末の複数の堆積層のパターン化された部分を順次に固めるために、ビルトプラットフォーム上の金属粉末の複数の堆積層へと複数の電子ビームを向けるべく、アクチュエータ 130 及び複数の電子ビーム源を同時に制御するように動作することができる。

【0011】

10

以下の今回の説明から明らかになるとおり、本開示の技術は、製造の速度を改善できるとともに、平面の損傷を減らすことができることで、さらなる材料及び形状への付加製造の応用を可能にする。例えば、電子ビーム銃又は電子ビーム源の直線状又は二元のアレイは、粉末床の一部分を担当し、静電的な集束、電流の変調、及び偏向を活用して粉末床のパターン化された層を加熱して固化させることができる。付加製造システムは、1 つ以上の実施形態では、約 10 個 × 約 10 個の電子ビーム源を備えることができ、各々の電子ビーム源が、粉末床の mm 未満でパターン化された領域又は層を加熱して固化させるために、静電的な集束、電流の変調、及び偏向を活用して粉末床の約 25 mm（約 1 インチ） × 約 25 mm（約 1 インチ）の領域を担当することができる。さらに、本開示の技術は、1 つの層の処理時間を改善又は短縮でき、その部分において、三次元部品の形成のための製造時間を改善又は短縮でき、粉末を広げるために必要な時間に起因して制限されうる。理解されるとおり、本技術は、機械的な完全性を大きな領域にわたって維持するが不可能である単一の電子ビームの付加システムに関する問題を克服することができる。

【0012】

20

図 1 をさらに参照すると、粉末ホッパ 140 が、出発プレート 160 上へと供給される粉末材料を保持することができる。粉末材料は、チタニウム、チタニウム合金、アルミニウム、アルミニウム合金、ステンレス鋼、Co - Cr - W 合金、など、純粋な金属又は金属合金であってよい。第 1 の粉末層を、出発プレート又はパターン化されて固化させられた層を一様に覆って粉末を分布させることによって供給することができる。例えば、ホッパ 140 から堆積させられる材料を、レーキシステムなどの粉末分配器 150 によって分布させることができる。レーキを、出発プレート又はパターン化されて固化させられた層を覆って粉末を分布させるように移動させることができる。レーキの下部と出発プレート又はパターン化されて固化させられた層の上部との間の距離が、分布させられる粉末の層の厚さを決定できる。粉末の層の厚さを、アクチュエータによってビルトプラットフォームの高さを調節することによって容易に調節することができる。

30

【0013】

複数の電子ビーム銃又は電子ビーム源の少なくとも一部分を、ビルトチャンバ 100 内に設けることができ、或いはビルトチャンバ 100 内の真空に連通させて設けることができる。ビルトチャンバ 100 を、真空システム 170 によって真空環境を維持するように動作させることができ、この真空システムは、ターボ分子ポンプ、スクロールポンプ、イオンポンプ、及び当業者にとって周知の 1 つ以上の弁を備えることができる。真空システム 170 を、コントローラ 300 によって制御することができる。

40

【0014】

三次元部品 12 は、粉末床の各部分の連続的な融合によって形成されてよく、この部品は、三次元部品の連続する断面に対応し、三次元部品のモデルを用意するステップを含むことができる。モデルを、CAD（コンピュータ支援設計）ツールによって生成することができる。

【0015】

図 2 が、電子ビーム 210 を生成するための電子ビーム銃又は電子ビーム源 200 の一実施形態を示している。例えば、電子ビーム銃又は電子ビーム源は、一般に、カソード 2

50

20、格子 230、及び一次電子ビームを生成して加速するために使用されるアノード 240を備えることができる。磁気集束コイル 150 及び偏向コイル 160を、処理される粉末層 142への電子ビームの衝突のやり方を制御するために使用することができる。動作時、カソードは、格子 230 及びアノード 240 によって確立される静電場の形状によって平行ビームへの加速及び成形の両方が行われる熱的に放射される電子の供給源であってよい。次いで、電子ビームは、例えばカソードへと加えられている負の高電圧の値に等しいエネルギーを有して、アノード 240 の出口穴を通って現れる。アノードを出た後で、ビームは、電磁集束コイル 150 及び偏向コイル 160 を通過する。集束コイルは、パターン化された層 142 上に集束させられたビームスポット又は集束させられていないビームスポットのいずれかを生み出すために使用される一方で、偏向コイルは、ビームスポットを不動の位置に位置させるか、或いはスポットをパターン化された層 142 の一領域を横切って移動させるために使用される。他の種類の電子ビーム銃又は電子ビーム源並びに / 或いはさらなる構成要素を、適切に用いることができることを、理解できるであろう。

【0016】

再び図 1 を参照すると、複数の電子ビーム銃又は電子ビーム源 200 A ~ 200 N は、粉末材料又はパターン化された層 142 (図 2) を融かし、或いは融合するために使用される複数の電子ビーム 210 A ~ 210 N を生成する。作業サイクル又は付加製造の際に、ビルドプラットフォーム 120 は、粉末材料の各々の層の追加の後に複数の電子ビーム源 200 に対して順次下降させられる。例えば、ビルドプラットフォーム 120 は、鉛直方向に、すなわち両矢印 P の方向に、可動であってよい。ビルドプラットフォーム 120 を、所望の厚さの第 1 の粉末材料層が出発プレート 160 上に載せられている初期位置に配置することができる。その後に、ビルドプラットフォームは、三次元部品の新たな断面の形成のための新たな粉末材料層の配置に関連して下降させられる。アクチュエータ又はビルドプラットフォームを下降させるための手段 160 は、歯車、調節ねじ、などを備えるサーボモータを備えることができる。

【0017】

コントローラ 300 を、とりわけ、複数の電子ビーム源、アクチュエータ、粉末分配器 150、及びビルドチャンバ内の真空の圧力を制御するために使用することができる。例えば、コントローラ 300 は、粉末層の加熱時にパターン化された層へと衝突する複数の電子ビームの位置又は場所を制御及び管理するように動作可能であってよい。制御ユニット 300 は、形成すべき三次元部品の各々の層に関して各々の電子ビームを制御するためのインストラクションを含むことができる。

【0018】

図 3 は、付加製造システム 10 (図 1) を用いた三次元部品の形成に使用される粉末層 142 の一部分の上面図を示している。例えば、粉末層 142 の一部分は、複数の領域又は面積 144 A ~ 144 N へと分割されているものとして、破線にて示されている。電子ビーム銃又は電子ビーム源 200 A ~ 200 N (図 1) の各々が、複数の領域又は面積 144 A ~ 144 N のうちの異なる 1 つに対応している。さらに、各々の領域には、時点 t1 において電子ビーム 210 A ~ 210 N によって生成されるそれぞれの領域 144 A ~ 144 N の一部分を覆う電子ビーム熱スポット 230 A ~ 230 N が示されている。t2 ~ tN において、電子ビーム熱スポットは、部分領域内の別の場所へと移動することができる。

【0019】

例えば、1 つ以上の実施形態では、適応製造システム 10 (図 1) は、約 250 mm (約 10 インチ) の幅及び約 250 mm (約 10 インチ) の長さを有する二次元の粉末層を処理するように動作することができる電子ビーム源の二次元アレイを備えることができる。各々の電子ビーム銃又は電子ビーム源は、約 25 mm (約 1 インチ) の幅及び約 25 mm (1 インチ) の長さを有する異なる二次元領域を扱うように動作可能であってよい。各々の電子ビーム銃又は電子ビーム源は、約 0.1 mm の幅及び約 0.1 mm の長さを有す

10

20

30

40

50

る二次元の電子ビーム熱スポットをもたらすことができる。各々の二次元領域（例えば、約25mm×約25mmの領域）は、約62,500個の部分領域（例えば、異なる約0.1mm×約0.1mmの部分領域）を含むことができる。

【0020】

この図示の実施形態では、各々のパターン化された粉末層を、粉末層を作用可能に融かすために約10ミリ秒（例えば、t0～tNに対応する）にわたって複数の電子ビームによって加熱することができる。例えば、この実施形態では、62,500個の部分領域の各々が、例えば部分領域毎に160ナノ秒の滞留時間など、約160ナノ秒の期間にわたり、約6.4kW（約2J/mm³）の電子ビーム出力を有する電子ビームに曝される。設けられる電子ビーム銃又は電子ビーム源がより少ない場合、出力を増やす必要があるかもしれません一方で、滞留時間を減らす必要があるかもしれませんことを、理解できるであろう。目標投入エネルギーは、約50ミクロンの深さにおいて約2J/mm³であってよい。加えて、複数の電子ビームは、コントローラによる制御などによって電子ビーム銃又は電子ビーム源における電子の生成をオン及びオフに切り換えることによって作用可能にもたらされるパルス状の電子ビームであってよい。切り換えの周波数は、部分領域へと加えられるべき異なる熱加熱スポットに対応でき、部分領域へと加えられるべき異なる熱加熱スポットに合わせた時間とすることができます。

【0021】

図1～3を再び参照すると、第1の粉末層を、出発プレート160（図1）上に配置することができる。複数の電子ビームを出発プレート160（図1）を横切って案内し、第1の粉末層を選択された場所において融合させ、三次元部品の第1の断面を形成することができる。例えば、制御ユニット300が、複数の電子ビームの第1の粉末層への関与の場所又は位置を指示するように動作することができる。第1の層が形成された後に、第2の粉末層が、第1の固化した層の上に設けられる。第2の粉末層を分布させた後に、複数の電子ビームが第2の粉末層へと向けられ、第2の粉末層を選択された場所において融合させ、三次元部品の第2の断面が形成される。第2の層の融合部分を、第1の層の融合部分へと結合させることができる。第1及び第2の層の融合部分を、最も上方の層の粉末を融かすだけでなく、最も上方の層の直下の層の厚さの少なくとも一部分も再び融かすことによって、一体に融かすことができる。

【0022】

例えば、複数の電子ビームの印加が、粉末層の対応する部分領域に向けられ、粉末層の対応する部分領域を横切って移動させられる熱加熱スポットを形成する電子ビームをもたらすことができる。熱加熱スポットの移動を、あらかじめ定められた経路にもとづいてコントローラによって制御することができ、或いは部分領域を横切って無作為に移動させることができる。コントローラを、単結晶構造を有する三次元部品を形成するために金属粉末の複数の堆積層のパターン化された部分の固化の速度を最適化するように構成することができる。コントローラは、単結晶構造を有する三次元部品を形成するために金属粉末の複数の堆積層のパターン化された部分の固化における熱勾配を最小化するように構成することができる。

【0023】

本開示の1つ以上の実施形態では、電子ビーム銃又は電子ビーム源は、約60kVの加速電圧を有し、約0kW～約10kW、約2kW～約8kW、又は約5kW～約7kWの範囲、或いは約6.5kWのビーム出力を有する複数の集束させることができ、可能な電子ビームを生み出すことができる。

【0024】

1つ以上の実施形態では、三次元部品は、タービンの翼形部又はブレードなど、タービン部品であってよい。1つ以上の実施形態では、三次元部品は、タービン部品の修理であってよい。タービンブレードの周囲のために、電子ビーム源のアレイは、1×10の電子ビーム銃又は電子ビーム源の直線状のアレイを含むことができる。

【0025】

10

20

30

40

50

図4が、本開示に従って三次元部品を適応的に形成するための方法400のフロー図を示している。例えば、方法400は、410において複数の電子ビーム源を用意することを含むことができ、420において三次元部品を適応的に形成すべく金属粉末の複数の堆積層のパターン化された部分を順次に固めるために金属粉末の複数の堆積層へと複数の電子ビームを向けるべく複数の電子ビーム源を同時に制御することを含むことができる。

【0026】

図5が、本開示の実施形態によるコントローラ300のブロック図である。コントローラ300は、上述のプロセスを実行するためのプログラムコードなどのプログラムコードの格納及び／又は実行に適しており、バス320を介してメモリ304に直接的又は間接的に組合せられた1以上のプロセッサ302を含む。動作において、プロセッサ302は、プロセッサによる実行のための1つ以上のインストラクションをメモリ304から取得する。メモリ304は、プログラムコードの実際の実行の際に用いられるローカルメモリと、大容量記憶装置と、プログラムコードの実行時に必要となる大容量記憶装置からのコードの読み出しの回数を減らすために少なくとも何らかのプログラムコードの一時的な保管場所を提供するキャッシュメモリとを含むことができる。メモリ304の例として、これらに限られるわけではないが、ハードディスク、ランダムアクセスメモリ(RAM)、読み出し専用メモリ(ROM)、消去可能プログラマブル読み出し専用メモリ(EPRO)M又はFlashメモリ)、光ファイバ、ポータブルコンパクトディスク読み出し専用メモリ(CD-ROM)、光記憶装置、磁気記憶装置、又は以上の任意の適切な組合せが挙げられる。メモリ304は、オペレーティングシステム305と、付加製造システムに関連して上述したプロセスを実行する1つ以上のコンピュータプログラム306とを含む。

【0027】

入力／出力(I/O)装置312及び314(これらに限られるわけではないが、キーボード、表示装置、ポインティングデバイス、などを含む)を、直接的又はI/Oコントローラ310を介してシステムに組合せることができる。

【0028】

また、データ処理システムを介在の私的又は公的なネットワークを介して他のデータ処理システムに接続できるよう、ネットワークアダプタ308をシステムに組合せることもできる。モデム、ケーブルモデム、及びEthernetカードが、ネットワークアダプタ308の現時点において利用可能な種類の例である。一例において、ネットワークアダプタ308及び／又は入力装置312は、三次元部品を形成する製造プロセスの画像の取得を容易にする。

【0029】

コントローラ300を、1つ以上のデータベースを有する記憶装置316(例えば、磁気ディスク駆動装置、光ディスク駆動装置、テープ駆動装置、などの不揮発な記憶領域)へと接続することができる。記憶装置316は、内部記憶装置或いは外付け又はネットワークを介してアクセスできる記憶装置を含むことができる。記憶装置316内のコンピュータプログラムを、技術的に公知のやり方でメモリ304へとロードしてプロセッサ302によって実行することができる。

【0030】

コントローラ300は、例示よりも少数の構成要素だけを含んでも、ここには例示されていない追加の構成要素を含んでも、或いは例示の構成要素と追加の構成要素との何らかの組合せを含んでもよい。コントローラ300は、メインフレーム、サーバ、パーソナルコンピュータ、ワークステーション、ラップトップ、ハンドヘルドコンピュータ、電話通信デバイス、ネットワーク家電、仮想化デバイス、ストレージコントローラ、など、技術的に公知の任意のコンピューティングデバイスを含むことができる。加えて、上述のプロセスを、クラスタ状のコンピューティング環境の一部として働く複数のコントローラ300によって実行してもよい。

【0031】

いくつかの実施形態では、本発明の態様は、1つ以上のコンピュータにとって読み取り

10

20

30

40

50

可能な媒体に具現化されたコンピュータプログラム製品の形態をとることができる。1つ以上のコンピュータにとって読み取り可能な媒体上に、コンピュータにとって読み取り可能なプログラムコードを具現化させることができる。種々のコンピュータにとって読み取り可能な媒体又はそれらの組合せを、利用することができる。例えば、コンピュータにとって読み取り可能な媒体は、1つ以上の電子、磁気、光学、又は半導体システム、装置、又はデバイス、或いは以上の任意の適切な組合せを例（ただし、これらに限られるわけではない）として挙げることができるコンピュータにとって読み取り可能な記憶媒体を含むことができる。典型的なコンピュータにとって読み取り可能な記憶媒体として、例えば、1つ以上の配線を有する電気的接続、可搬のコンピュータディスクケット、ハードディスク又は大容量記憶装置、ランダムアクセスメモリ（RAM）、読み出し専用メモリ（ROM）10、並びに／或いはEPROM又はFlashメモリなどの消去可能プログラマブル読み出し専用メモリ、光ファイバ、ポータブルコンパクトディスク読み出し専用メモリ（CD-ROM）、光学式記憶装置、磁気記憶装置（テープ装置を含む）、もしくは上述の任意の適切な組合せが挙げられる。コンピュータにとって読み取り可能な記憶媒体は、プロセッサなどのインストラクション実行システム、装置、又はデバイスによる使用、或いはそのようなシステム、装置、又はデバイスに関連した使用のために、プログラムコードを収容又は格納することができる有形の媒体を備えるものと定義される。したがって、コンピュータにとって読み取り可能な媒体に格納されたプログラムコードは、プログラムコードを含んでいる製造物（「コンピュータプログラム製品」など）を生む。

【0032】

以上の説明が、例示を意図しており、限定を意図しているわけではないことを、理解すべきである。ここで、当業者であれば、以下の特許請求の範囲及びその均等物によって定められる本開示の全体的な技術的思想及び技術的範囲から離れることなく、多数の変更及び修正を行うことが可能である。例えば、上述の実施形態（及び／又はその態様）を、互いに組合せて用いることができる。さらに、多数の改良を、種々の実施形態の教示に対して、それらの技術的範囲から離れることなく、特定の状況又は材料への適合のために行うことが可能である。本明細書に記載の寸法及び材料の種類は、種々の実施形態のパラメータを定めることを意図しているが、それらはあくまでも例にすぎず、決して限定を意図していない。多数の他の実施形態が、以上の説明を検討することによって、当業者にとって明らかであろう。したがって、種々の実施形態の技術的範囲は、添付の特許請求の範囲を参照し、そのような請求項に与えられる均等物の全範囲と併せて、決定されなければならない。添付の特許請求の範囲において、用語「含む（including）」及び「そこで（in which）」は、それぞれの用語「備える（comprising）」及び「そこにおいて（wherein）」の平易な英語の同等物として使用されている。さらに、以下の特許請求の範囲において、用語「第1」、「第2」、及び「第3」などは、単に識別として使用されているにすぎず、それらの対象に数値的な要件を課そうとするものではない。また、本明細書において、用語「作用可能に」は、「組合せられ」、「接続され」、「結合させられ」、「封じられ」、などの用語との連動において、独立した別個の構成要素が直接的又は間接的に組合せられることによってもたらされる関係並びに構成要素が一体に形成されること（すなわち、ワンピース、一体、又は一枚岩）によってもたらされる関係の両方を指して使用される。さらに、以下の特許請求の範囲の限定事項は、そのような請求項の限定事項が「ための手段（means for）」という語句をさらなる構造への言及を欠く機能の記載と一緒に明示的に使用していない限り、ミーンズプラスファンクション（means-plus-function）形式での記載ではなく、米国特許法第112条第6段落にもとづく解釈を意図していない。個々の実施形態では上述のような目的及び利点の必ずしもすべてが達成されなくてもよいことを、理解すべきである。すなわち、例えば、本明細書に教示される1つの利点又は利点群を、本明細書において教示又は示唆される他の目的又は利点を必ずしも達成することなく達成又は最適化するやり方で、本明細書に記載のシステム及び技術を具現化又は実行できることを、当業者であれば理解できるであろう。20304050

【0033】

本開示を、限られた数の実施形態にのみ関連して詳しく説明したが、本開示がそのような開示された実施形態に限られないことを、容易に理解できるであろう。むしろ、本開示を、これまでに説明されていないが、本開示の技術的思想及び技術的範囲に釣り合った任意の数の変種、改変、置換、又は同等の構成を取り入れるよう変更することができる。さらに、種々の実施形態を説明したが、本開示の態様が、説明された実施形態の一部だけを含んでもよいことを、理解すべきである。したがって、本開示は、以上の説明によって限定されると理解されてはならず、添付の特許請求の範囲の技術的範囲によってのみ限定される。

【0034】

本明細書は、最良の態様を含むいくつかの実施例を使用するとともに、あらゆる装置又はシステムの製造及び使用並びにあらゆる関連の方法の実行を含む本開示の実施を、当業者にとって可能にしている。本発明の特許可能な範囲は、特許請求の範囲によって定められ、当業者であれば想到できる他の実施例も含むことができる。そのような他の実施例は、特許請求の範囲の文言から相違しない構造要素を有しており、或いは特許請求の範囲の文言から実質的に相違しない同等な構造要素を含むならば、特許請求の範囲の技術的範囲に包含される。

10

【図1】

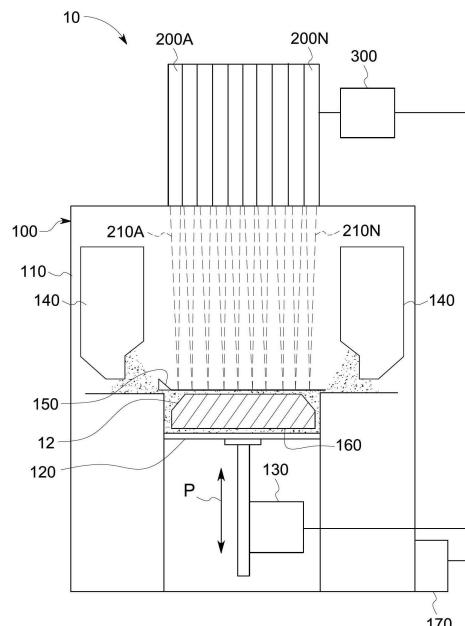


FIG. 1

【図2】

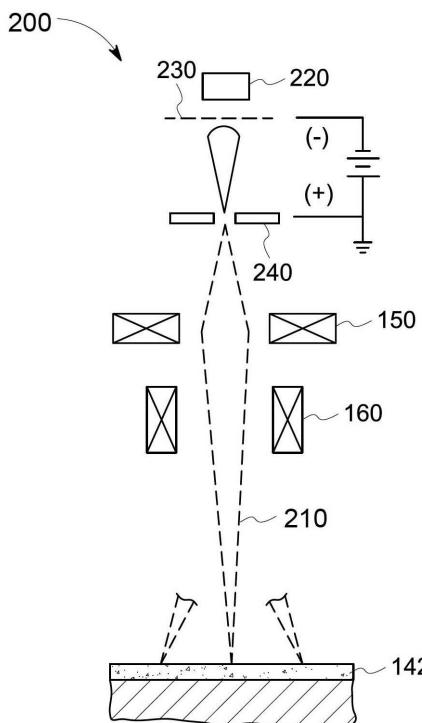


FIG. 2

【図3】

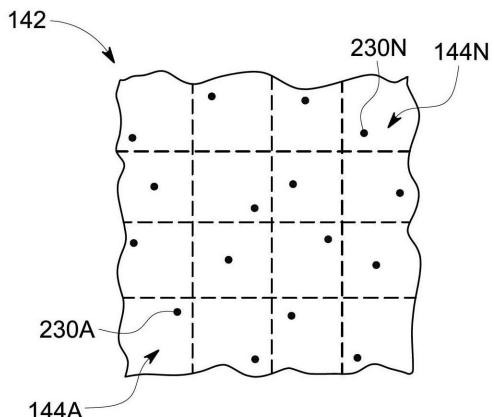


FIG. 3

【図5】

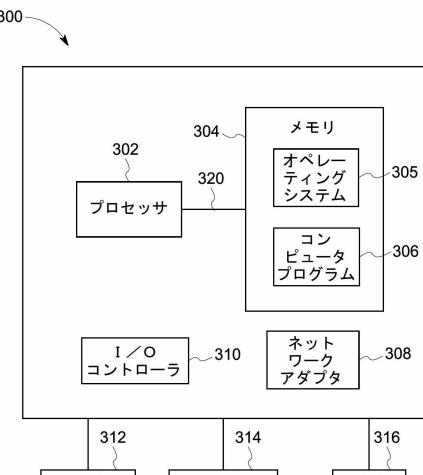


FIG. 5

【図4】

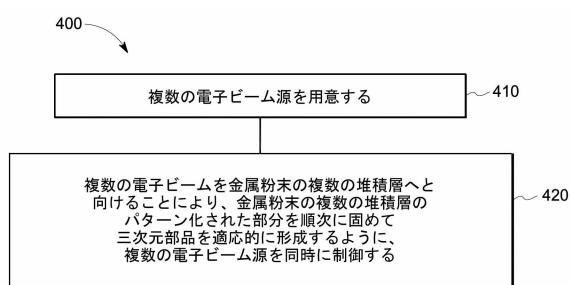


FIG. 4

フロントページの続き

(51)Int.CI. F I
B 3 3 Y 30/00 (2015.01) B 3 3 Y 30/00

(74)代理人 100113974

弁理士 田中 拓人

(72)発明者 マーク・アラン・フロンテラ

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309、ニスカユナ、ワン・リサーチ・サークル

(72)発明者 バシル・ボダン・ネキュラエス

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309、ニスカユナ、ワン・リサーチ・サークル

(72)発明者 ジェイムス・ウィリアム・シアーズ

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309、ニスカユナ、ワン・リサーチ・サークル

(72)発明者 ピーター・アンドラス・ザボドスキ

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309、ニスカユナ、ワン・リサーチ・サークル

審査官 國方 康伸

(56)参考文献 米国特許出願公開第2014/0348691(US, A1)

特開平05-008308(JP, A)

米国特許出願公開第2015/0165524(US, A1)

(58)調査した分野(Int.CI., DB名)

B 2 2 F 1 / 0 0 - 8 / 0 0

B 2 9 C 6 4 / 0 0 - 6 4 / 4 0

B 3 3 Y 1 0 / 0 0 - 9 9 / 0 0