

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6930808号
(P6930808)

(45) 発行日 令和3年9月1日 (2021.9.1)

(24) 登録日 令和3年8月16日 (2021.8.16)

(51) Int. Cl. F I
B 2 9 C 64/268 (2017.01) B 2 9 C 64/268
B 2 9 C 64/153 (2017.01) B 2 9 C 64/153
B 3 3 Y 10/00 (2015.01) B 3 3 Y 10/00
B 3 3 Y 30/00 (2015.01) B 3 3 Y 30/00

請求項の数 13 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2020-511277 (P2020-511277)	(73) 特許権者	390041542
(86) (22) 出願日	平成30年7月6日 (2018.7.6)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(65) 公表番号	特表2020-531321 (P2020-531321A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 3
(43) 公表日	令和2年11月5日 (2020.11.5)		4 5、スケネクタデイ、リバーロード、1
(86) 国際出願番号	PCT/US2018/041070		番
(87) 国際公開番号	W02019/040189	(74) 代理人	100079049
(87) 国際公開日	平成31年2月28日 (2019.2.28)		弁理士 中島 淳
審査請求日	令和2年4月9日 (2020.4.9)	(74) 代理人	100084995
(31) 優先権主張番号	15/685, 128		弁理士 加藤 和詳
(32) 優先日	平成29年8月24日 (2017.8.24)	(72) 発明者	カープ、ジェイソン、ハリス
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		アメリカ合衆国 1 2 3 0 9 ニューヨー
			ク ニスカユナ 1 リサーチ サークル
			ゼネラル エレクトリック カンパニー
			内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固化装置を用いた部品製造システム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

付加製造システム (100) 用の固化装置 (138) であって、

材料の層 (116) に第1のメルトプール (134) を形成するために第1のエネルギービーム (132) を生成するよう構成された少なくとも1つの第1のエネルギービーム発生装置 (130) と、

前記材料の層 (116) に第2のメルトプール (135) を形成するために第2のエネルギービーム (133) を生成するよう構成された少なくとも1つの第2のエネルギービーム発生装置 (131) と、

前記第1のエネルギービーム発生装置 (130) と前記材料の層 (116) との間に配置され、前記第1のエネルギービーム (132) を受光するよう構成され、かつ、第1の片側テレセントリックレンズで構成された第1の入射瞳 (158) を有する少なくとも1つの第1のレンズ (144) と、

前記第1のレンズ (144) と前記材料の層 (116) との間に配置され、前記第1のエネルギービーム (132) を前記第1のレンズ (144) から受光するよう構成され、かつ、第2の片側テレセントリックレンズで構成された前記第1の入射瞳 (158) とは実質的に重なり合う第2の入射瞳 (160) を有する少なくとも1つの第2のレンズ (146) とを備え、

前記第1の片側テレセントリックレンズと前記第2の片側テレセントリックレンズが、前記第1の片側テレセントリックレンズと前記第2の片側テレセントリックレンズの間の

10

20

中間点に焦平面を形成し、さらに、

前記第1のレンズ(144)と前記第2のレンズ(146)との間の前記焦平面に配置され、前記第2のエネルギービーム(133)を受光し、前記第2のエネルギービーム(133)を反射して、前記第2のレンズ(146)を介して前記材料の層(116)に投射させるよう構成された少なくとも1つの反射素子(148)を備えた固化装置。

【請求項2】

前記第1のエネルギービーム発生装置(130)は、第1のハッチングレーザ装置の配列を備え、

前記第2のエネルギービーム発生装置(131)は、コンタリングレーザ装置を備えた請求項1に記載の固化装置。

10

【請求項3】

前記反射素子(148)は、ダイクロイックビームスプリッタである請求項1又は2に記載の固化装置。

【請求項4】

前記ダイクロイックビームスプリッタは、およそ980ナノメートル(nm)の波長の光を透過させ、およそ1070nmの波長の光を反射する請求項3に記載の固化装置。

【請求項5】

前記材料で反射された後に、前記第1のエネルギービーム(132)と前記第2のエネルギービーム(133)の少なくとも一方を検知するよう構成されたエネルギービーム検出器(164)を備えたエネルギービーム感知システム(162)を、さらに備えた請求項1～4のいずれか1項に記載の固化装置。

20

【請求項6】

前記エネルギービーム検出器(164)は、フォトダイオードとイメージセンサーの少なくとも一方である請求項5に記載の固化装置。

【請求項7】

固化される材料、及び

固化装置(138)を備えた付加製造システム(100)であって、

前記固化装置(138)が、

材料の層(116)に第1のメルトプール(134)を形成するために第1のエネルギービーム(132)を生成するよう構成された少なくとも1つの第1のエネルギービーム発生装置(130)と、

30

前記材料の層(116)に第2のメルトプール(135)を形成するために第2のエネルギービーム(133)を生成するよう構成された少なくとも1つの第2のエネルギービーム発生装置(131)と、

前記第1のエネルギービーム発生装置(130)と前記材料の層(116)との間に配置され、前記第1のエネルギービーム(132)を受光するよう構成され、かつ、第1の片側テレセントリックレンズで構成された第1の入射瞳(158)を有する少なくとも1つの第1のレンズ(144)と、

前記第1のレンズ(144)と前記材料の層(116)との間に配置され、前記第1のエネルギービーム(132)を前記第1のレンズ(144)から受光するよう構成され、かつ、第2の片側テレセントリックレンズで構成された前記第1の入射瞳(158)とは実質的に重なり合う第2の入射瞳(160)を有する少なくとも1つの第2のレンズ(146)とを備え、

40

前記第1の片側テレセントリックレンズと前記第2の片側テレセントリックレンズが、前記第1の片側テレセントリックレンズと前記第2の片側テレセントリックレンズの間の中間点に焦平面を形成し、さらに、

前記第1のレンズ(144)と前記第2のレンズ(146)との間の前記焦平面に配置され、前記第2のエネルギービーム(133)を受光し、前記第2のエネルギービーム(133)を反射して、前記第2のレンズ(146)を介して前記材料の層(116)に投射させるよう構成された少なくとも1つの反射素子(148)を備えた付加製造システム

50

。

【請求項 8】

前記第 1 のエネルギービーム発生装置 (130) は、第 1 のハッチングレーザ装置の配列を備え、

前記第 2 のエネルギービーム発生装置 (131) は、コンタリングレーザ装置を備えた請求項 7 に記載の付加製造システム。

【請求項 9】

前記反射素子 (148) は、ダイクロイックビームスプリッタである請求項 7 または 8 に記載の付加製造システム。

【請求項 10】

前記ダイクロイックビームスプリッタは、およそ 980 ナノメートル (nm) の波長の光を透過させ、およそ 1070 nm の波長の光を反射するよう構成された、請求項 9 に記載の付加製造システム。

【請求項 11】

前記材料で反射された後に、前記第 1 のエネルギービーム (132) 及び前記第 2 のエネルギービーム (133) の少なくとも 1 つを検知するよう構成されたエネルギービーム検出器 (164) を備えたエネルギービーム感知システム (162) を、さらに備えた請求項 7 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の付加製造システム。

【請求項 12】

前記エネルギービーム検出器 (164) は、フォトダイオードとイメージセンサーの少なくとも一方である請求項 11 に記載の付加製造システム。

【請求項 13】

請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の固化装置 (138) を含む付加製造システム (100) を用いて部品 (104) を製造する方法であって、

材料の層 (116) を表面に堆積させるステップ、

少なくとも 1 つの第 1 のエネルギービーム発生装置 (130) から少なくとも 1 つの第 1 のエネルギービーム (132) を発し、少なくとも 1 つの第 2 のエネルギービーム発生装置 (131) から少なくとも 1 つの第 2 のエネルギービーム (133) を発するステップ、

少なくとも 1 つの第 1 のレンズ (144) 及び少なくとも 1 つの第 2 のレンズ (146) によって前記第 1 のエネルギービーム (132) を受光するステップ、

前記第 1 のレンズ (144) と前記第 2 のレンズ (146) との間に配置された少なくとも 1 つの反射素子 (148) を用いて、前記第 2 のエネルギービーム (133) を反射して前記第 2 のレンズ (146) を通過させるステップ、及び、

前記第 1 のエネルギービーム (132) で前記材料の層 (116) に少なくとも 1 つの第 1 のメルトプール (134) を生成し、前記第 2 のエネルギービーム (133) で前記材料の層 (116) に第 2 のメルトプール (135) を生成するステップ、

を含む方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示の分野は、概して、付加製造システムに関し、より詳細には、レンズを共有する複数のエネルギービーム発生装置を含む固化装置を用いた部品製造システム及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

少なくとも一部の付加製造システムは、部品を製造するために粒子材料の集積を伴う。このような技術によって、低コストで、製造効率良く、高価な材料から複雑な部品を製造することが容易になる。直接金属レーザー溶融 (Direct Metal Laser Melting: DMLM) システム、選択的レーザー焼結 (Selective L

10

20

30

40

50

aser Sintering: SLS) システム、直接金属レーザー焼結 (Direct Metal Laser Sintering: DMLS) システム、及び LaserCUSING (登録商標) システムなどの少なくとも一部の既知の付加製造システムは、レーザー装置又は電子ビーム発生装置などの集束エネルギー源、造形プラットフォーム、及び、限定するものではないが、粉末金属などの微粒子を用いて部品を製造する (LaserCUSING は、ドイツ、リヒテンヘルスを本拠地とする Concept Laser GmbH の登録商標である)。集束エネルギー源装置は、集束エネルギー源が粒子材料に投射される範囲とその周辺において、造形プラットフォーム上の粒子材料を溶融する。その結果、所謂「走査」と呼ばれる工程で少なくとも1つのメルトプールができる。造形工程の次の層の少なくとも一部分を形成するために、各メルトプールは、冷却、固化する。

10

【0003】

少なくとも一部の DMLM システムでは、粉体床の積層に所望のパターンを焼結、溶融するため、レーザービーム又は電子ビームが粉体層全体に投射される。このようなシステムの各層の典型的な走査時間は、70～100秒の範囲内である。特定の部品では、部品の単純な開いた領域と複雑な起伏領域の両方を走査する必要があるため、造形時間に何日ももの処理時間がかかる。部品の層毎の走査に時間を要するため、付加製造の有意な費用効果が十分に発揮されなくなる。加えて、少なくとも一部の DMLM システムは、層毎の走査時間の短縮のために部品表面の様々な部分を走査するよう配置された複数のレーザー装置を利用するが、これら全てのレーザー装置を運用するエネルギー及び機械的要件によって、DMLM システムの費用削減及び費用効果が目減りする。

20

【発明の概要】

【0004】

一形態では、付加製造システム用の固化装置が提供される。固化装置は、少なくとも1つの第1のエネルギービーム発生装置と、少なくとも1つの第2のエネルギービーム発生装置と、少なくとも1つの第1のレンズと、少なくとも1つの第2のレンズと、及び、少なくとも1つの反射素子とを含む。第1のエネルギービーム発生装置は、材料の層に第1のメルトプールを形成するために第1のエネルギービームを生成するよう構成される。第2のエネルギービーム発生装置は、材料の層に第2のメルトプールを形成するために第2のエネルギービームを生成するよう構成される。第1のレンズは、第1の入射瞳を有し、第1のエネルギービーム発生装置と材料の層との間に配置され、第1のエネルギービームを受光するよう構成される。第2のレンズは、第2の入射瞳を有し、第1のレンズと材料の層との間に配置される。第2のレンズは、第1のエネルギービームを第1のレンズから受光するよう構成され、第1の入射瞳と第2の入射瞳とは実質的に重なり合う。反射素子は、第1のレンズと第2のレンズとの間に配置され、第2のエネルギービームを受光し、第2のエネルギービームを反射し、第2のレンズを介して材料の層に投射させるよう構成される。

30

【0005】

別の形態では、付加製造システムが提供される。付加製造システムは、固化される材料と、固化装置とを含む。固化装置は、少なくとも1つの第1のエネルギービーム発生装置と、少なくとも1つの第2のエネルギービーム発生装置と、少なくとも1つの第1のレンズと、少なくとも1つの第2のレンズと、及び、少なくとも1つの反射素子とを含む。第1のエネルギービーム発生装置は、材料の層に第1のメルトプールを形成するために第1のエネルギービームを生成するよう構成される。第2のエネルギービーム発生装置は、材料の層に第2のメルトプールを形成するために第2のエネルギービームを生成するよう構成される。第1のレンズは、第1の入射瞳を有し、第1のエネルギービーム発生装置と材料の層との間に配置され、第1のエネルギービームを受光するよう構成される。第2のレンズは、第2の入射瞳を有し、第1のレンズと材料の層との間に配置される。第2のレンズは、第1のエネルギービームを第1のレンズから受光するよう構成され、第1の入射瞳と第2の入射瞳とは実質的に重なり合う。反射素子は、第1のレンズと第2のレンズとの

40

50

間に配置され、第2のエネルギービームを受光し、第2のエネルギービームを反射し、第2のレンズを介して材料の層に投射させるよう構成される。

【0006】

さらに別の形態では、固化装置を含む付加製造システムを用いて部品を製造する方法が提供される。方法は、材料を表面に堆積させることを含む。方法は、また、少なくとも1つの第1のエネルギービーム装置から少なくとも1つの第1のエネルギービームを発生し、少なくとも1つの第2のエネルギービーム装置から少なくとも1つの第2のエネルギービームを発生することも含む。方法は、さらに、少なくとも1つの第1のレンズ及び少なくとも1つの第2のレンズによって第1のエネルギービームを受光することを含む。方法は、第1のレンズと第2のレンズとの間に配置された少なくとも1つの反射素子を用いて、第2のエネルギービームを反射して第2のレンズを通過させることを含む。方法は、また、第1のエネルギービームで材料の層に少なくとも1つの第1のメルトプールを生成し、第2のエネルギービームで材料の層に少なくとも1つの第2のメルトプールを生成することを含む。

10

【図面の簡単な説明】

【0007】

本開示のこれらの並びにその他の特徴、形態、及び効果は、添付図面を参照して、以下の詳細な説明を読むことでより良く理解されるであろう。図面中では、同様の記号は同様の部分を表す。

【0008】

20

【図1】図1は、付加製造システムの概略図である。

【図2】図2は、図1に示される付加製造システムの操作に用いられる制御部のブロック図である。

【図3】図3は、図1に示される付加製造システムと共に用いられる例示的な固化装置の部分斜視図である。

【図4】図4は、図3に示される固化装置の概略図である。

【図5】図5は、図3及び図4に示される固化装置の他の実施形態の概略図であり、例示的なエネルギービーム感知システムを示す。

【図6】図6は、図1に示される付加製造システムを用いた部品製造方法を示すフロー図である。

30

【0009】

別段明記されない限り、本明細書の図面は、本開示の実施形態の特徴を説明するために提供されている。これらの特徴は、本開示の1又は複数の実施形態を含む多様なシステムへの適用が考えられる。つまり、図面は、本明細書に開示される実施形態の実施に必要な、当業者に周知の従来技術の特徴全てを含むものではない。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下の詳細の説明及び請求の範囲において多くの用語が言及されるが、これらは以下の意味に定義される。

【0011】

40

単一表現「a」、「an」、及び「the」は、文脈によって複数を含まないことが明白ではない限り、複数への言及も含まれる。

【0012】

「任意」又は「任意の」は、後続の事象が発生するかもしれないし、発生しないかもしれないことを意味し、この表現には事象の発生する事例と発生しない事例とが含まれる。

【0013】

本明細書及び請求の範囲を通して用いられる近似に関する表現は、関連する基本的機能を変化させることなく、許容範囲で変化するいずれかの定量的表現を修飾するために用いられることがある。つまり、「約」「およそ」「実質的に」などの語句で修飾される値は、指定された値で厳密に限定されない。本明細書及び請求の範囲を通して用いられる「実

50

質的に重なる」という語句で修飾される値はいずれかの定量表現に対して用いられることがあり、この定量表現が言及された定量表現に重なるのが、言及された定量表現の95%の範囲内、さらには、言及された定量表現の99%の範囲内であることが示唆される。少なくとも一部の事例で、近似に関する表現は、値を測定する機器の正確性と関連することがある。詳細の説明及び請求の範囲を通して、範囲の制限は組み合わせられることがある、及び／又は、置換可能なことがある。別段の明白な文脈又は表現がない限り、このような範囲は特定され、その中に含まれる全ての副範囲を含む。

【0014】

本明細書中で用いられる「プロセッサ」及び「コンピュータ」という語句、並びに、例えば、「処理装置」「コンピュータ装置」及び「コントローラ」などの関連語句は、当分野でコンピュータとして言及される集積回路のみに限られず、マイクロコントローラ、マイクロコンピュータ、プログラマブルロジックコントローラ（PLC）、特定用途集積回路、及びその他のプログラム可能な回路に広く言及し、これらの語句は本明細書中で置き換え可能に用いられる。本明細書に記載の実施形態では、メモリは、ランダムアクセスメモリ（RAM）などのコンピュータ読み取り可能な媒体、フラッシュメモリなどのコンピュータ読み取り可能な不揮発性媒体を含むことがあるがこれらに限られない。あるいは、フロッピー（登録商標）ディスク、コンパクトディスク読み取り専用メモリ（CD-ROM）、光磁気ディスク（MOD）、及び／又は、デジタル多用途ディスク（DVD）が使用されてもよい。また、本明細書に記載の実施形態において、付加的な入力チャネルは、マウス及びキーボードなどのオペレータインターフェースに関連するコンピュータ周辺機器があり得るが、これらに限定されない。あるいは、例えばスキャナを含むことがあるがこれに限定されない、その他のコンピュータ周辺機器も使用され得る。さらに、例示の実施形態では、付加的な出力チャネルには、オペレータインターフェースモニタが含まれるが、これに限定されない。

【0015】

さらに、本明細書で用いられる「ソフトウェア」及び「ファームウェア」という語句は置き換え可能であり、パーソナルコンピュータ、ワークステーション、クライアント、及びサーバーによって実行するためのメモリ内のいずれかにコンピュータプログラム格納部を含む。

【0016】

本明細書で用いられる「非一時的なコンピュータ読み取り可能な媒体」という語句は、コンピュータ読み取り可能な命令、データ構造、プログラムモジュール及びサブモジュール、又は、いずれかのデバイス内のその他のデータなどの情報を短期的及び長期的に保存する技術のいずれかの方法を実装する、有形のコンピュータベースのデバイスを表すことが意図される。したがって、本明細書で説明される方法は、これに限定されないが記憶装置及び／又はメモリデバイスを含む有形の非一時的なコンピュータ読み取り可能な媒体に具現化される、実行可能な命令として符号化され得る。そのような命令がプロセッサによって実行されると、本明細書に記載の方法の少なくとも一部をプロセッサに実行させる。さらに、本明細書で用いられる「非一時的なコンピュータ読み取り可能な媒体」という語句は、一時的な伝搬信号を除き、揮発性及び不揮発性媒体と、ファームウェア、物理記憶及び仮想記憶、CD-ROM、DVD、及び、ネットワークやインターネットなどの他のデジタルソースなどのリムーバブル及び非リムーバブルメディア、さらに、未開発のデジタル手段などを含み、これらに限定されない非一時的なコンピュータ記憶装置とを含み、これに限定されない有形のコンピュータ読み取り可能な媒体の全てを含む。

【0017】

さらに、本明細書で用いられる「リアルタイム」という語句は、関連イベントの発生時刻、所定のデータの測定及び収集時刻、データを処理する時刻、並びに、イベント及び環境へのシステムの応答時刻の少なくとも1つに言及する。本明細書に記載の実施形態では、これらの活動及びイベントは実質的に即時に発生する。

【0018】

本明細書に記載の固化装置を有する付加製造システムの実施形態は、一式のレンズを共有する別々のエネルギービーム発生装置によって生成される複数のエネルギービームの操作を容易にする。つまり、本明細書に記載のシステム及び方法は、少なくとも1つの第1のエネルギービーム発生装置を用いて部品の広い領域を素早く固化し、別の第2のエネルギービーム発生装置を用いて部品の起伏のある入り組んだ部分を固化するのを容易にする。それぞれのエネルギービームは、共有する一式のレンズの少なくとも一部分を通過する。具体的には、付加製造システムは、少なくとも1つの第1のハッチングエネルギービーム発生装置と、第2のコントリングエネルギービーム発生装置と、入射瞳が実質的に重なる1組のテレセントリックレンズと、及び、この2つのレンズの間に配置する反射素子とを含む固化装置を含む。少なくとも1つの第1のエネルギービーム発生装置によって生成された少なくとも1つのエネルギービームは、2つのレンズによって受光され、レンズを通過して、部品の造形層に投射される。これによって、部品の大きく広い領域の固化が容易になる。第2のエネルギービーム発生装置によって生成されるエネルギービームは、反射素子によって反射され、第2のレンズを通過して部品の造形層に投射される。これによって、部品の起伏のある入り組んだ領域の固化が容易になる。このような固化装置は、固化装置の部品を横断する各走査における照射範囲を増加させ、付加製造工程中に固化装置が実施を要する走査回数を減少させ、製造時間を短縮し、固化装置の大きさと複雑性を減少させるために用いられ得るがこれに限られない。システム及び方法の実施例は、1システム若しくは複数のシステムの構成、大きさ、形状、又は、付加製造される部品、又は、用いられる材料やエネルギー源に応じて、複数のエネルギービーム発生装置及び複数の共有された又は重複したレンズを備えることがある。

【0019】

光学系において、レンズの入射瞳は、レンズの物理的な開口絞りの光学像である、あるいは、レンズの正面から見た場合に光の通過する開口である。テレセントリックレンズは、入射瞳が無限遠にある複合レンズであり、レンズは物体空間においてテレセントリックである。具体的には、テレセントリックレンズによる像の倍率は、レンズの視野内において物体の距離や位置に依存しない。

【0020】

材料を固化する付加製造工程及びシステムは、例えば、液槽光重合、粉体床融合、結合剤噴射、材料噴射、シート積層、材料押出、指向性エネルギー堆積及びハイブリッドシステムを含むがこれらに限られない。これらの工程及びシステムは、例えば、SLA（光造形）、DLP（デジタル光処理）、3SP（走査、スピン、選択的光硬化）、CLIP（連続液体界面製造）、SLS（選択的レーザー焼結）、DMLS（直接金属レーザー焼結）、SLM（選択的レーザー溶融）、EBM（電子ビーム溶融）、SHS（選択的熱焼結）、MJF（マルチジェット融合）、3D印刷、ボクセルジェット、ポリジェット、SCP（滑らかな曲面の印刷）、MJM（マルチジェットモデリングプロジェクト）、LOM（積層オブジェクト製造）、SDL（選択的堆積積層）、UAM（超音波付加製造）、FFF（溶融フィラメント製造）、FDM（溶融堆積モデリング）、LMD（レーザー金属堆積）、LENS（レーザー加工ネットシェイピング）、DMD（直接金属堆積）、ハイブリッドシステム、及び、これらの工程とシステムの組み合わせを含むがこれらに限られない。固化工程及び固化システムは、例えば、全ての形式の電磁放射、加熱、焼結、溶融、硬化、結合、加圧、組み合わせ、統合、融合、統一、埋め込み、及び、その組み合わせを用いることがあるがこれらに限定されない。

【0021】

付加製造工程及びシステムでは、ポリマー、プラスチック、金属、セラミック、砂、ガラス、ワックス、繊維、生物物質、複合材料、及びこれらの材料のハイブリッドを含むがこれに限られない材料が用いられる。これらの材料は、例えば、液体、固体、粉末、シート、箔、テープ、フィラメント、ペレット、液体、スラリー、ワイヤー、霧、ペースト、及びこれらの形状の組み合わせを含むがこれに限定されない、特定の材料及び工程又はシステムに適した様々な形状で、付加製造工程及びシステムで用いられることがある。

【0022】

図1は、例示的な付加製造システム100の概略図である。座標系102は、x軸、y軸、及び、z軸を含む。例示的实施形態では、付加製造システム100は、制御部106と、取付システム108と、粉体床110と、アクチュエーターシステム112と、支持構造114と、固化装置138とを含み、上記全てが以下に詳述される。他の実施形態では、付加製造システム100は、付加製造システム100を本明細書に記載されるように機能させるその他のいずれかの部品を含むことがある。

【0023】

例示的实施形態では、固化装置138は、複数の第1のエネルギービーム発生装置130と、第2のエネルギービーム発生装置131と、第1のレンズ144と、第2のレンズ146と、ミラー142と、及び、反射素子148とを含む。第1のエネルギービーム発生装置130は、第1のエネルギービーム132を用いて、粉末材料に第1のメルトプール134（正確な縮尺ではない）を生成するよう構成された高出力熱源を提供する。第2のエネルギービーム発生装置131は、第2のエネルギービーム133を用いて、粉末材料に第2のメルトプール135（正確な縮尺ではない）を生成するよう構成された高出力熱源を提供する。第1のエネルギービーム発生装置130及び第2のエネルギービーム発生装置131は、取付システム108に結合されたハウジング136内に収容されている。付加製造システム100は、コンピュータ制御システム（制御部106）も含む。ミラー142は、第2のエネルギービーム133を方向付けるようにモータ140によって動かされる。取付システム108は、取付システム108をXY平面上で動かすよう構成されたアクチュエーター又はアクチュエーターシステム112によって動かされ、ミラー142と協働して付加製造システム100内で部品104の層の製造を容易にする。例えば、限定はされないが、取付システム108は中心点の周りを旋回し、直線パスや曲線パスで動作し、及び／又は、粉体床110上の粉体の一部を覆うように回転することで、第1のエネルギービーム132及び第2のエネルギービーム133を部品104表面に沿って方向付ける。あるいは、ハウジング136、第1のエネルギービーム132、及び第2のエネルギービーム133は、付加製造システム100が本明細書に記載されるように機能するのを可能にするようないずれかの向き及び方法で動かされる。

【0024】

例示的实施形態では、粉体床110は、アクチュエーターシステム112によって動かされる支持構造114に搭載される。取付システム108に関して上述したように、アクチュエーターシステム112は、支持構造114をZ方向（つまり、通常状態から粉体床110の上面まで）に動かすようにも構成される。一部の实施形態では、アクチュエーターシステム112は、支持構造114をXY平面で動かすようにも構成される。例えば、限定はされないが、ハウジング136が動かない他の实施形態では、アクチュエーターシステム112は、支持構造114をXY平面上で動かすことで、それぞれ粉体床110に対して、第1のエネルギービーム発生装置130の第1のエネルギービーム132を第1の走査パス154に沿うように方向付け、モータ140及びミラー142と協働して、第2のエネルギービーム発生装置131の第2のエネルギービーム133を第2の走査パス156に沿うように方向付ける。例示的实施形態では、アクチュエーターシステム112は、例えば、リニアモーター、油圧及び／又は空気圧ピストン、ネジ駆動機構、及び／又は、コンベヤーシステムを含むがこれに限られない。

【0025】

例示的实施形態では、付加製造システム100は、部品104の3D形状のコンピューターモデル表現から部品104を製造するよう動作する。コンピューターモデル表現は、コンピュータ支援設計（CAD）ファイル又は同様のファイルで作成されることがある。部品104のCADファイルは、例えば、部品104の造形層116など部品104の各層に対して、複数の造形パラメータを含む層毎の形式に変換される。例示的实施形態では、部品104は、付加製造システム100で用いられる座標系の原点に対して所望の向きでモデル化される。部品104の形状は、スライスされて所望の厚さの層がスタックされ

る。これによって、各層の形状は部品104の特定の層位置における断面の輪郭となる。第1の走査パス154及び第2の走査パス156は、各層の形状を横切るように生成される。部品104の作成に用いる材料から部品104の層を製造するため、第1の走査パス154及び第2の走査パス156に沿って造形パラメータが適用される。部品104の形状の各層に対してこの工程が繰り返される。工程が完了すると、全ての層を含む電子コンピュータ造形ファイル（又は複数のファイル）が生成される。各層が製造されている間に、システムを制御するための造形ファイルが付加製造システム100の制御部106にロードされる。

【0026】

集積ファイルが制御部106にロードされた後、付加製造システム100は、直接金属レーザー溶融法などの製造工程を、層毎に実施することによって部品104を生成するよう動作する。例示的な層毎の付加製造工程は、既存の物を最終部品の前の形として使用せず、工程は、粉体などの構成可能な形式の原材料から部品104を生成する。例えば、スチール部品はスチール粉体を用いて付加的に製造できるがこれに限られない。付加製造システム100によって、例えば、限定するものではないが、金属、セラミック、ガラス、ポリマーなどの広い範囲の材料を用いて、部品104などの部品の製造が可能になる。

【0027】

図2は、付加製造システム100（図1に示される）を動かすために用いられる制御部106のブロック図である。例示的实施形態では、制御部106は、付加製造システム100の動作を制御するために、付加製造システム100の製造者によって典型的に提供されるいずれかの種類の制御部である。制御部106は、付加製造システム100の動作を制御するために、少なくとも一部は操作者の人からの指示に基づいて作動する。制御部106は、例えば、付加製造システム100によって製造される部品104の3Dモデルを含む。制御部106によって実行される動作は、第1のエネルギービーム発生装置130（図1に示す）及び第2のエネルギービーム発生装置131（図1に示す）それぞれの電力出力を制御することと、第1のエネルギービーム132及び第2のエネルギービーム133の走査速度を制御するためにアクチュエーターシステム112を介して取付システム108及び／又は支持構造114（全て図1に示す）を調整することを含む。制御部106は、付加製造システム100内の第2のエネルギービーム133の走査速度をさらに制御するため、ミラー142の方向付けを行うモータ140を制御するよう構成される。他の実施形態では、制御部106は、付加製造システム100が本明細書に記載されるように機能するのを可能にする何らかの動作を実行することがある。

【0028】

例示的实施形態では、制御部106は、メモリデバイス118と、メモリデバイス118に接続されたプロセッサ120とを含む。プロセッサ120は、マルチコア構成などの1又は複数のプロセッサユニットを有することがあるが、これに限られない。プロセッサ120は、制御部106が本明細書に記載されるように動作するのを可能にするいずれかの種類のプロセッサである。一部の实施形態では、実行可能な命令がメモリデバイス118に記憶される。制御部106は、プロセッサ120をプログラムすることで、本明細書に記載される1又は複数の操作を実行するよう構成される。例えば、プロセッサ120は、1又は複数の実行可能な命令として動作を符号化し、実行可能な命令をメモリデバイス118に格納して提供することでプログラムされることがある。例示的实施形態では、メモリデバイス118は、実行可能な命令又はその他のデータなどの情報の格納と取り出しが可能な1又は複数の装置である。メモリデバイス118は、ランダムアクセスメモリ（RAM）、ダイナミックRAM、スタティックRAM、ソリッドステートディスク、ハードディスク、読み取り専用メモリ（ROM）、消去可能プログラマブルROM、電氣的消去可能プログラマブルROM、又は不揮発性RAMメモリなどの1又は複数のコンピュータ読み取り可能な媒体を含むことがあるが、これに限られない。上記メモリの種類は例示のみであり、コンピュータプログラムの記憶に用いられるメモリの種類を限定しない。

10

20

30

40

50

【0029】

メモリデバイス118は、これに限られないが、部品104に関連する造形パラメータを含むあらゆる種類のデータを記憶するよう構成されることがある。一部の実施形態では、プロセッサ120は、データの経過期間に基づいて、データをメモリデバイス118から削除又は「ページ」する。例えば、プロセッサ120は、先に記録し格納されていた後続の時間又はイベントに関連するデータを上書きすることがある。加えて、又はそれに代えて、プロセッサ120は、所定の時間間隔を超えるデータを削除することがある。加えて、メモリデバイス118は、付加製造システム100が製造中の部品104の造形パラメータ及び形状の状態の監視を容易にするための十分なデータ、アルゴリズム及びコマンドを含むようにしてもよいがこれに限られない。

10

【0030】

一部の実施形態では、制御部106は、プロセッサ120に結合された提示インターフェース122を含む。提示インターフェース122は、付加製造システム100の動作状況などの情報をユーザ124に提示する。ある実施形態では、提示インターフェース122は、ブラウン管（CRT）、液晶ディスプレイ（LCD）、有機LED（OLED）ディスプレイ、又は「電子インク」ディスプレイなどの表示装置（図示せず）に結合された表示アダプタ（図示せず）を含む。一部の実施形態では、提示インターフェース122は、1又は複数の表示装置を含む。加えて、又は、それに代えて、提示インターフェース122は、例えば、限定するものではないが、音声アダプター又はスピーカー（図示せず）などの音声出力デバイス（図示せず）を含む。

20

【0031】

一部の実施形態では、制御部106はユーザ入力インターフェース126を含む。例示的实施形態では、ユーザ入力インターフェース126はプロセッサ120に結合され、ユーザ124からの入力を受信する。ユーザ入力インターフェース126は、例えば、限定するものではないが、キーボード、ポインティングデバイス、マウス、スタイラス、タッチパッド又はタッチスクリーンなどを含むがこれに限られないタッチセンシティブパネル、及び／又は、マイクロフォンなどを含むがこれに限られない音声入力インターフェースを含むことがある。タッチスクリーンなどの1つの構成要素が、提示インターフェース122の表示装置及びユーザ入力インターフェース126の両方として機能することがある。

30

【0032】

例示的实施形態では、通信インターフェース128はプロセッサ120に結合し、第1のエネルギービーム発生装置130などの1又は複数のその他の装置と通信するように接続し、入力チャネルとして機能しながらそれら装置に対して入力及び出力動作を行うよう構成される。例えば、通信インターフェース128は、有線ネットワークアダプター、無線ネットワークアダプター、モバイル通信アダプター、シリアル通信アダプター、又はパラレル通信アダプターを含むことがあるがこれらに限られない。通信インターフェース128は、1又は複数の遠隔装置からデータ信号を受信する、又は、1又は複数の遠隔装置にデータ信号を送信することがある。例えば、一部の実施形態では、制御部106の通信インターフェース128は、データ信号をアクチュエーターシステム112に送信／アクチュエーターシステム112から受信することがある。

40

【0033】

提示インターフェース122及び通信インターフェース128は、両方とも、情報をユーザ124又はプロセッサ120に提供するなど、本明細書に記載の方法で用いられるのに適した情報を提供することが可能である。つまり、提示インターフェース122及び通信インターフェース128は、出力装置と呼ばれることがある。同様に、ユーザ入力インターフェース126及び通信インターフェース128は、明細書に記載の方法で用いられるのに適した情報を受信することができ、入力装置とも呼ばれる。

【0034】

図3は、付加製造システム100（図1に示す）の固化装置138の部分斜視図である

50

。図4は、固化装置138（図3に示す）の概略図である。例示的实施形態では、固化装置138は、造形層116中に第1のメルトプール134を形成するために複数の第1のエネルギービーム132を生成するよう構成される複数の第1のエネルギービーム発生装置130を含む。固化装置138は、造形層116に第2のメルトプール135を形成するために第2のエネルギービーム133を生成するよう構成された第2のエネルギービーム発生装置131も含む。例示的实施形態では、複数の第1のエネルギービーム発生装置130は一つの配列で配置されたハッチングレーザ装置であり、第2のエネルギービーム発生装置131はコンタリングレーザ装置である。他の実施形態では、複数の第1のエネルギービーム発生装置130と、第2のエネルギービーム発生装置131とは、本明細書に記載の付加製造システム100の動作を可能にするあらゆる種類と個数のエネルギービーム発生装置を含んでもよい。

10

【0035】

例示的实施形態では、第1のレンズ144は第1の入射瞳158を有し、第1のエネルギービーム発生装置130と造形層116との間に位置し、第1のエネルギービーム132を受光するよう構成される。第2のレンズ146は第2の入射瞳160を有し、第1のレンズ144と造形層116との間に配置する。第2のレンズ146は、第1のレンズ144から第1のエネルギービーム132を受光し、第1のエネルギービーム132を第1の走査パス154に沿って造形層116の表面に集束させるよう構成される。例示的实施形態では、第1のレンズ144及び第2のレンズ146は、テレセントリックレンズであり、第1の入射瞳158が実質的に第2の入射瞳160に重なるように配置される。他の

20

【0036】

例示的实施形態では、反射素子148が第1のレンズ144と第2のレンズ146との間に配置される。反射素子148は、第2のエネルギービーム133を受光し、第2のエネルギービーム133を反射するよう構成される。これによって、第2のエネルギービーム133は第2のレンズ146を介して造形層116の表面に投射される。例示的实施形態では、反射素子148は、波長980nmの光を透過し、波長1070nmの光を反射するよう構成されたダイクロイックビームスプリッタである。他の実施形態では、反射素子148は、本明細書に記載の付加製造システム100の動作を容易にするいずれかの態

30

【0037】

例示的实施形態では、ミラー142は、第2のエネルギービーム発生装置131と反射素子148との間に配置された反射素子であり、第2のエネルギービーム発生装置131から第2のエネルギービーム133を受光するように構成される。モータ140は制御部106によって制御され、ミラー142を動かすように構成される。これによって、第2のエネルギービーム133はミラー142によって反射素子148に向けて反射され、次に、第2のレンズ146を通過し、例えば、これに限られないが直線及び／又は回転による第2の走査パス156などの粉体床110に対する所定のパスに沿って投射される。例示的实施形態では、モータ140及びミラー142の組み合わせが2次元ガルバノスキャ

40

ナを構成する。あるいは、モータ140及びミラー142は、3次元（3D）ガルバノスキャナ、ダイナミックフォーカスガルバノメーター、及び／又は、第2のエネルギービーム発生装置131の第2のエネルギービーム133を偏向させるために用いられ得る他い

【0038】

ずれかの方法を含むようにしてもよい。

例示的实施形態では、第1のエネルギービーム132は、第1のエネルギービーム発生装置130から第1のレンズ144まで進み、第1のレンズ144を通過し、第2のレンズ146によって受光され、第2のレンズ146を通過して造形層116に投射される。実質的に重なり合った入射瞳（第1の入射瞳158及び第2の入射瞳160）を有する2つの分離された片側テレセントリックレンズである、第1のレンズ144と第2のレンズ

50

146とを用いることで、第1のレンズ144と第2のレンズ146との間の中間点に焦平面が提供される。この焦平面に反射素子148を配置することで、第1のエネルギービーム132には本明細書に記載されるように機能させつつ、別のレンズ一式を要せずに、第2のエネルギービーム133が第2のレンズ146及び造形層116に入射される。例示的实施形態では、付加製造システム100の動作中、ハッチングと呼ばれる部品104の広い領域の固化を容易にするため、複数の第1のエネルギービーム発生装置130が複数の第1のエネルギービーム132を生成する。第2のエネルギービーム発生装置131は、複数の第1のエネルギービーム132で効果的に固化することができる解像度ではない部品104の起伏のある複雑な領域を固化するために、ミラー142、反射素子148、及び、第2のレンズ146が協働して、第2のエネルギービーム133を生成する。

10

【0039】

図5は、固化装置138の他の実施形態（図3～図4に示される）の概略図であり、エネルギービーム感知システム162を示す。図3及び図4に示される実施形態は、エネルギービーム検出器164と反射センサー素子166とを含む感知システム162を除いて、図5に示される実施形態と実質的に同一である。例示的实施形態では、エネルギービーム検出器164は、造形層116によって反射されて第2のレンズ146及び第1のレンズ144を通過してきた少なくとも1つの第1のエネルギービーム132及び第2のエネルギービーム133の少なくとも1つを検知するように構成される。例示的实施形態では、エネルギービーム検出器164はフォトダイオードセンサーである。他の実施形態では、エネルギービーム検出器164はイメージセンサーである。別の他の実施形態では、エネルギービーム検出器164及び反射センサー素子166は、本明細書に記載されるように付加製造システム100が動作するのを容易にするあらゆる態様で構成されることがある。

20

【0040】

例示的实施形態では、反射センサー素子166は、第1のレンズ144と複数の第1のエネルギービーム発生装置130との間に配置される。反射センサー素子166は、複数の第1のエネルギービーム発生装置130によって生成された複数の第1のエネルギービーム132を通過させ、造形層116から反射された複数の第1のエネルギービーム132と造形層116から反射された第2のエネルギービーム133の少なくとも1つをエネルギービーム検出器164に対して反射させるよう構成される。他の実施形態では、反射センサー素子166は、本明細書に記載される付加製造システム100の動作を容易にするあらゆる態様で構成されることがある。

30

【0041】

例示的实施形態では、付加製造システム100の稼働中に、複数の第1のエネルギービーム132と第2のエネルギービーム133の少なくとも1つの少なくとも一部が、造形層116によって反射されて、第2のレンズ146及び第1のレンズ144を通過する。反射センサー素子166に到達した複数の第1のエネルギービーム132と第2のエネルギービーム133の一部は、反射センサー素子166によってエネルギービーム検出器164に反射される。エネルギービーム検出器164は制御部106と通信し、制御部106は、エネルギービーム検出器164から受信した情報を用いて付加製造工程を監視し、これに限られないが、複数の第1のエネルギービーム発生装置130及び第2のエネルギービーム発生装置131の電力出力の調整を含む工程の調整を行う。加えて、エネルギービーム検出器164によって複数の第1のエネルギービーム132及び第2のエネルギービーム133を監視するダウンビーム工程は、複数の第1のエネルギービーム132及び第2のエネルギービーム133が投射される領域内での不整合や不必要な重複を特定することで、工程の一貫性と効率の改善を容易にする。

40

【0042】

図6は、固化装置138を含む付加製造システム100を用いて部品104を製造するための方法200を示すフロー図である。図1～図5を参照すると、方法200は、材料の層を表面に堆積させる（202）。方法200は、少なくとも1つの第1のエネルギー

50

ビーム発生装置 130 から少なくとも 1 つの第 1 のエネルギービーム 132 を発し、第 2 のエネルギービーム発生装置 131 から第 2 のエネルギービーム 133 を発する (204)。方法 200 は、さらに、第 1 のレンズ 144 及び第 2 のレンズ 146 によって少なくとも 1 つの第 1 のエネルギービーム 132 を受光する (206)。方法 200 は、第 1 のレンズ 144 と第 2 のレンズ 146 との間に配置された反射素子 148 を用いて、第 2 のエネルギービーム 133 を反射させ、第 2 のレンズ 146 を通過させる (208)。そして、方法 200 は、少なくとも 1 つの第 1 のエネルギービーム 132 で、材料の造形層 116 に少なくとも 1 つの第 1 のメルトプール 134 を生成し、第 2 のエネルギービーム 133 で、材料の造形層 116 に第 2 のメルトプール 135 を生成する (210)。

【0043】

本明細書に記載の固化装置を有する付加製造システムの実施形態によって、一式の共有された光学部品を用いて、別々のエネルギービーム発生装置によって生成された複数のエネルギービームを操作することが容易になる。つまり、本明細書に記載のシステム及び方法によって、少なくとも 1 つの第 1 のエネルギー発生装置を用いて部品の広い領域の素早い固化が容易になり、別の第 2 のエネルギービーム発生装置を用いて部品の起伏のある入り組んだ部分の固化が容易になる。各種のエネルギービームは共有されたレンズ一式を通して方向付けられる。具体的には、付加製造システムは、少なくとも 1 つの第 1 のハッチングエネルギービーム発生装置と、第 2 のコンタリングエネルギービーム発生装置と、レンズ 1 組と、及び、この 2 つのレンズの間に配置された反射素子とを含む固化装置を含む。少なくとも 1 つの第 1 のエネルギービーム発生装置によって生成された少なくとも 1 つの第 1 のエネルギービームは、2 つのレンズによって受光され、通過し、その後、部品の造形層に投射され、部品の大きく広い領域を固化する。第 2 のエネルギービーム発生装置によって生成された第 2 のエネルギービームは、反射素子によって反射され、第 2 のレンズを通過し、その後、部品の造形層に投射され、部品の起伏のある入り組んだ領域を固化する。このような固化装置は、部品に対する固化装置の各走査でカバーできる範囲を増加させ、付加製造工程中に固化装置が実施する走査の回数を減少させ、製造時間を短縮し、固化装置の大きさと複雑性を減少させるために用いられ得るがこれに限られない。

【0044】

本明細書に記載の方法、システム、装置の例示的な技術的效果は、(a) 少なくとも部分的に共有された光学系を用いて、別々の複数のエネルギービーム発生装置を固化装置の一部として動作させること、(b) 固化装置の各走査でカバーする固化範囲を増加させること、(b) 部品の製造時間を短縮することと、(c) 製造時間とハードウェアが削減されることで運用コストを削減することのうち少なくとも 1 つを含む。

【0045】

複数の別々のエネルギービーム発生装置がレンズを共有する固化装置を含む、付加製造システムの例示的な実施形態が詳細に上述された。装置、システム及び方法は、本明細書に記載の特定の実施形態に限られず、方法の操作及びシステムの構成要素は、本明細書に記載の他の操作又は構成要素とは独立に分離されて利用されることがある。例えば、本明細書に記載のシステム、方法及び装置は他の産業上の用途又は民生上の用途があってもよく、本明細書に記載の構成要素での実施に限られない。むしろ、1 又は複数の実施形態は他の産業との関連で実施及び利用されることがある。

【0046】

本開示の各種実施形態の特定の特徴は、一部の図面に現れ、他の図面にはないことがあるが、これは利便性のためのみである。本開示の原理によると、図面のいずれかの特徴が、他のいずれかの図面のいずれかの特徴と組み合わせて参照される及び／又は主張されることがある。

【0047】

一部の実施形態では、1 又は複数の電子又はコンピューティング装置を用いる。このような装置は、典型的に、汎用の中央処理装置 (CPU)、グラフィック処理装置 (GPU)、マイクロコントローラ、縮小命令セットコンピュータ (RISC) プロセッサ、特定

10

20

30

40

50

用途向け集積回路（ＡＳＩＣ）、プログラマブルロジック回路（ＰＬＣ）、フィールドプログラマブルゲートアレイ（ＦＰＧＡ）、デジタル信号処理（ＤＳＰ）装置、及び／又は、本明細書に記載の機能を実行できる他の回路又は処理装置などの、プロセッサ、処理装置、又はコントローラを含む。本明細書に記載の方法は、記憶装置及び／又はメモリデバイスを含むがこれに限られないコンピュータ読み取り可能な媒体に具現化された実行可能な命令として符号化されることがある。このような命令は、処理装置によって実行されると、処理装置に本明細書に記載の方法の少なくとも一部を実行させる。上記実施例は例示のみであり、プロセッサ及び処理装置の定義及び／又は意味をなんら限定することを意図しない。

【００４８】

10

本明細書は、最良の形態を含む本開示を説明するために、また、いずれかの装置又はシステムを作成し使用することや内包される方法を実施することを含み、本開示を当業者が実施するのを可能にするために、実施例を用いている。本開示の特許可能な範囲は、請求の範囲によって定義され、当業者に想定されるその他の実施例も含むことがある。このようなその他の実施例は、請求の範囲の字義通りの意味と異なる構造的要素を有する場合、又は、請求の範囲の字義通りの意味とほとんど相違ない等価な構造的要素を含む場合、請求の範囲内にあることが意図される。

[付記]

【００４９】

20

固化装置を含む付加製造システムを用いて部品を製造する方法であって、材料の層を表面に堆積させるステップ、少なくとも１つの第１のエネルギービーム発生装置から少なくとも１つの第１のエネルギービームを発生し、少なくとも１つの第２のエネルギービーム発生装置から少なくとも１つの第２のエネルギービームを発生するステップ、少なくとも１つの第１のレンズ及び少なくとも１つの第２のレンズによって前記第１のエネルギービームを受光するステップ、前記第１のレンズと前記第２のレンズとの間に配置された少なくとも１つの反射素子を用いて、前記第２のエネルギービームを反射して前記第２のレンズを通過させるステップ、及び、前記第１のエネルギービームで前記材料の層に少なくとも１つの第１のメルトプールを生成し、前記第２のエネルギービームで前記材料の層に第２のメルトプールを生成するステップを含む。

【００５０】

30

第１のレンズ及び第２のレンズによって前記第１のエネルギービームを受光するステップは、第１の片側テレセントリックレンズ及び第２の片側テレセントリックレンズによって前記第１のエネルギービームを受光する。

【００５１】

少なくとも１つの第１のエネルギービーム及び少なくとも１つの第２のエネルギービームを発生するステップは、第１のハッチングエネルギービーム発生装置の配列から少なくとも１つの第１のエネルギービームを発生し、コンタリングエネルギービーム発生装置から少なくとも１つの第２のエネルギービームを発生する。

【００５２】

前記第２のエネルギービームを反射するステップは、ダイクロイックビームスプリッタを用いて前記第２のエネルギービームを反射する。

40

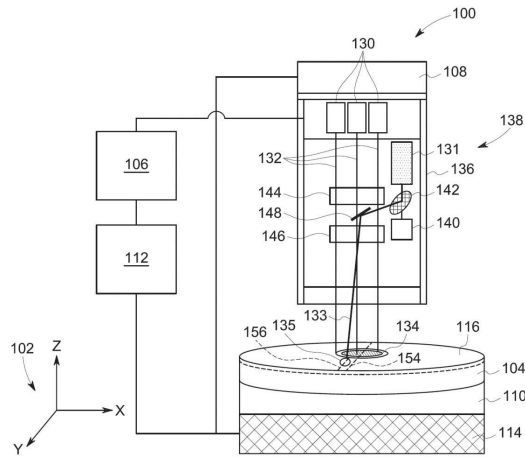
【００５３】

前記第２のエネルギービームを反射するステップは、およそ９８０ナノメートル（nm）の波長の光を透過させ、およそ１０７０nmの波長の光を反射するよう構成されたダイクロイックビームスプリッタを用いて前記第２のエネルギービームを反射する。

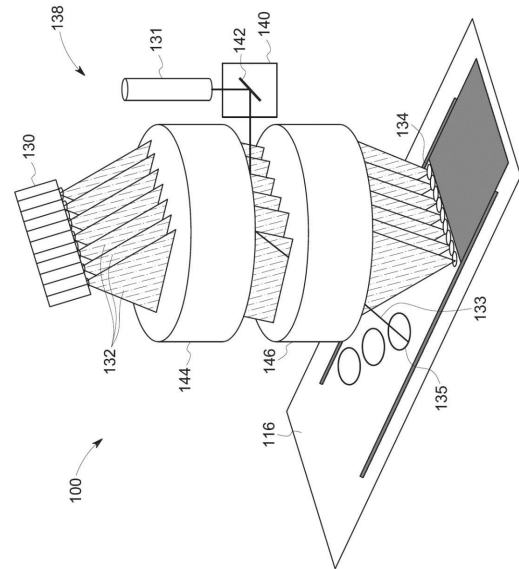
【００５４】

前記部品を製造するステップは、前記材料によって反射された後で、前記第１のエネルギービーム及び前記第２のエネルギービームの少なくとも１つを検知するよう構成されたエネルギービーム検出器を含むエネルギービーム感知システムを用いる。

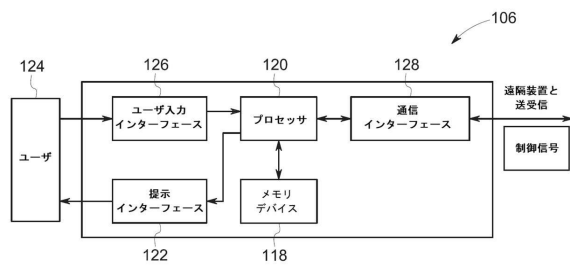
【図 1】



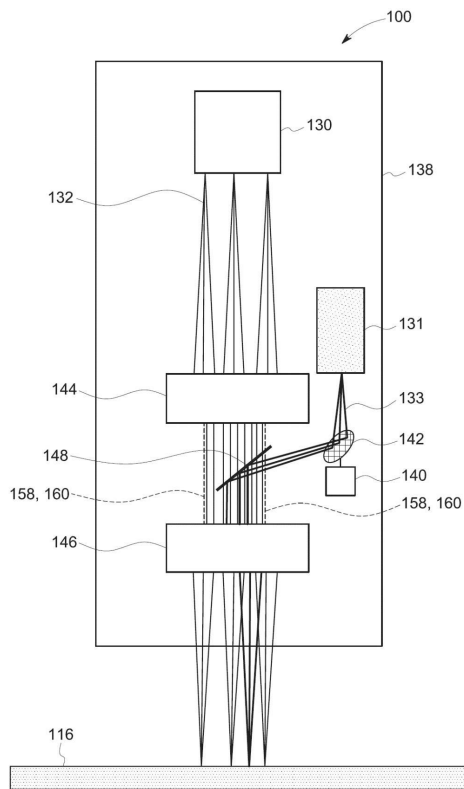
【図 3】



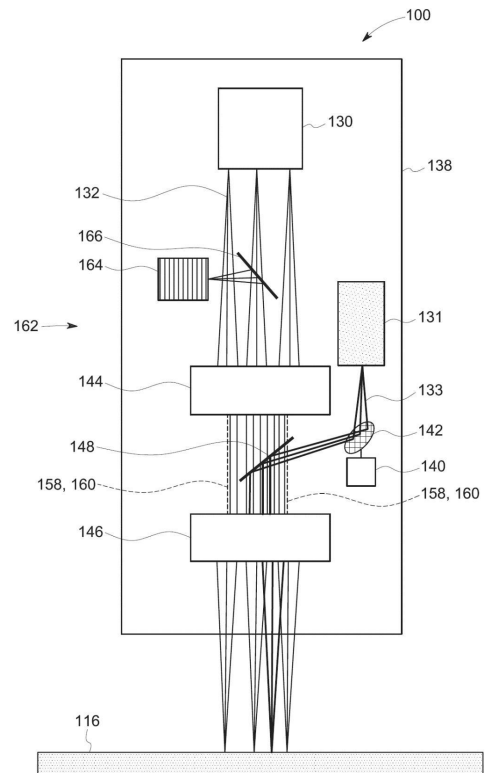
【図 2】



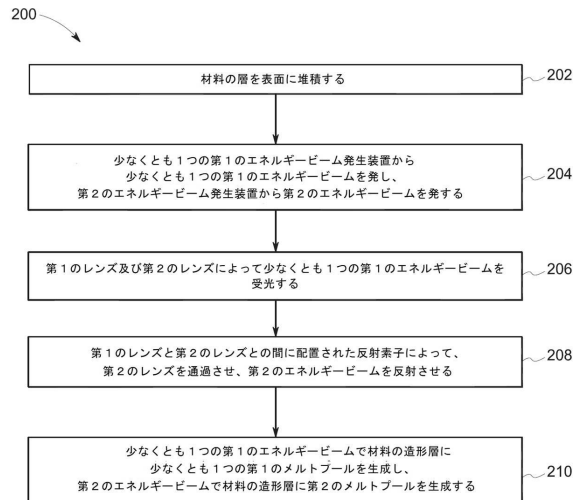
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(72)発明者 オストロバーコフ、ビクター、ペトロビッチ
アメリカ合衆国 12309 ニューヨーク ニスカユナ 1 リサーチ サークル ゼネラル
エレクトリック カンパニー 内

審査官 関口 貴夫

(56)参考文献 特開2008-162188 (JP, A)
特開2009-083240 (JP, A)
韓国登録特許第10-1682087 (KR, B1)
特表2016-501369 (JP, A)
米国特許出願公開第2016/0114431 (US, A1)
特開2008-155480 (JP, A)
特開平10-128854 (JP, A)
中国特許出願公開第106984813 (CN, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B29C 64/00-64/40
B33Y 10/00、30/00
B22F 3/00