

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7149291号
(P7149291)

(45)発行日 令和4年10月6日(2022.10.6)

(24)登録日 令和4年9月28日(2022.9.28)

(51)国際特許分類	F I
B 2 2 F 12/90 (2021.01)	B 2 2 F 12/90
B 2 8 B 1/30 (2006.01)	B 2 8 B 1/30
B 2 9 C 64/153 (2017.01)	B 2 9 C 64/153
B 2 9 C 64/268 (2017.01)	B 2 9 C 64/268
B 2 9 C 64/393 (2017.01)	B 2 9 C 64/393

請求項の数 10 (全21頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願2019-561895(P2019-561895)	(73)特許権者	501249191 モナッシュ ユニバーシティ オーストラリア国 3 8 0 0 ビクトリア 州, クレイトン, ウェリントン ロード
(86)(22)出願日	平成30年5月10日(2018.5.10)	(74)代理人	110001427弁理士法人前田特許事務所
(65)公表番号	特表2020-519762(P2020-519762 A)	(72)発明者	ユルク マーテン オーストラリア国 3 8 0 0 ビクトリア 州, クレイトン, ウェリントン ロード モナッシュ ユニバーシティ ファカルテ ィ オブ エンジニアリング内
(43)公表日	令和2年7月2日(2020.7.2)	(72)発明者	モロニコフ アンドレイ オーストラリア国 3 8 0 0 ビクトリア 州, クレイトン, ウェリントン ロード モナッシュ ユニバーシティ ファカルテ ィ オブ エンジニアリング内
(86)国際出願番号	PCT/AU2018/050434		
(87)国際公開番号	WO2018/204981		
(87)国際公開日	平成30年11月15日(2018.11.15)		
審査請求日	令和3年3月15日(2021.3.15)		
(31)優先権主張番号	2017901729		
(32)優先日	平成29年5月10日(2017.5.10)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	オーストラリア(AU)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 付加製造プロセスの品質保証及び制御のための方法及びシステム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

連続する材料の層から3次元物体を製造するための付加製造システムであって、前記付加製造システムは、

エネルギーを前記層内の指定された領域に入力して前記材料を凝固させるためのエネルギー投射アセンブリと、

複数のイメージセンサであって、前記イメージセンサのそれぞれが、前記材料の層の少なくとも一部をカバーする対応する視野を有し、前記視野のそれぞれが前記イメージセンサのうちの他の少なくとも1つの視野に少なくとも部分的にオーバーラップする、複数のイメージセンサと、

前記イメージセンサのそれぞれからの画像データをキャプチャするイメージプロセッサとを備え、

使用中に、前記イメージプロセッサは、前記イメージセンサのそれぞれの露光時間を、前記露光時間が、互い違いに配置され、かつ部分的に互いにオーバーラップするように、制御し、前記イメージプロセッサは、前記イメージセンサからの画像データを組み合わせて、各材料の層の前記指定された領域全体にそれぞれ入力されるエネルギーの単一の空間的に解像した画像を、データ閾値との比較のために提供し、前記指定された領域における潜在的な凝固欠陥の位置を突き止め、

前記システムは、選択的レーザー焼結(SLS)システム、選択的レーザー溶融(SLM)システム、若しくはレーザー粉末床溶融結合(L-PBF)システムであり、前記イ

イメージセンサは、前記層内の対象領域にわたってスキャンするエネルギー入力点における溶融材料からの光放射を記録するように構成されている、又は、

前記システムは、電子ビーム溶融システムである、又は、

前記システムは、マスクされたエネルギー投射システムであり、このシステムにおいては、対象領域の全体が対応する形状のエネルギービームに同時に暴露される

付加製造システム。

【請求項 2】

前記単一の空間的に解像した画像からの画像データは、レーザースキャンヘッドによって辿られる個々のレーザー軌跡に対応する関連する強度値を有するスキャンベクトルに分解される

請求項 1 に記載の付加製造システム。

【請求項 3】

前記イメージセンサは、電荷結合素子 (CCD) アレイ、相補型金属酸化膜半導体 (CMOS) アレイ、又はサイエンティフィック CMOS (sCMOS) アレイである

請求項 1 に記載の付加製造システム。

【請求項 4】

前記イメージプロセッサは、対応する視野の間でオーバーラップする領域内にエネルギー入力点があるときに、前記イメージセンサを選択的に起動及び停止するように構成されている

請求項 1 に記載の付加製造システム。

【請求項 5】

前記エネルギー投射アセンブリは、連続する層の間で所定の停止期間、停止するように構成され、前記イメージプロセッサは、前記イメージプロセッサが前記連続する層のそれぞれのエネルギー入力プロセスの終了を検出することができるように、前記イメージセンサを起動及び停止して、前記所定の停止期間の半分未満のキャプチャ期間内に前記単一の空間的に解像した画像をキャプチャするように構成されている

請求項 1 に記載の付加製造システム。

【請求項 6】

前記材料の層を支えるビルドプラットフォームを収容するためのビルドチャンバを更に備え、前記ビルドチャンバは、製造プロセスを観察するための 1 つ以上の観察窓を有し、前記イメージセンサは、前記ビルドチャンバの外側に取り付けられ、1 つ以上の前記観察窓を通して前記ビルドプラットフォームを観察する

請求項 1 に記載の付加製造システム。

【請求項 7】

前記イメージセンサは、前記ビルドプラットフォーム上の前記材料の層を観察するために前記層の法線に傾斜した角度で配置され、前記イメージプロセッサは、前記イメージセンサのそれぞれからの画像データを、パースペクティブを補正するために処理するように構成されている

請求項 6 に記載の付加製造システム。

【請求項 8】

前記イメージセンサは、それらの光軸が前記層に垂直であるように、前記材料の層の真上に配置される

請求項 1 に記載の付加製造システム。

【請求項 9】

前記イメージプロセッサは、前記指定された領域の前記単一の空間的に解像した画像の画像データを、前記エネルギー投射アセンブリのフィードバック制御のために使用するよう構成されている

請求項 1 に記載の付加製造システム。

【請求項 10】

前記システムは、立体リトグラフィ (STL) システム又はデジタル光投射 (DLP)

10

20

30

40

50

システムである

請求項 1 に記載の付加製造システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、物体の層を順次、堆積及び凝固させることによる 3 次元物体の付加製造 (additive manufacturing) に関する。特に本発明は、選択的レーザー焼結 (SLS: selective laser sintering)、電子ビーム溶融 (EBM: electron beam melting) 及び選択的レーザー溶融 (SLM: selective laser melting) のような粉末床溶融結合 (PBF: powder bed fusion) に関する。

10

【背景技術】

【0002】

選択的レーザー焼結 (SLS)、選択的レーザー溶融 (SLM)、電子ビーム溶融 (EBM) は、粉末床溶融結合 (PBF) 製造の種別である。粉末の形態の原料の連続する層は、3 次元物体が完成するまで、指定された領域 (その 3 次元物体の層に対応する) に堆積し、凝固させられる。これにより、鑄造技術や成形技術を使用しては不可能であったであろう複雑な形状の物体の製造が可能になる。

【0003】

粉末材料の指定された領域は、レーザー又は電子ビームのような加えられたエネルギー源を用いて焼結され、又は溶融する。レーザー又は電子ビームの正確さ及びスピードにより、入り組んだ 3 次元物体を小さな許容誤差で比較的速く製造することが可能になる。通常、コンピュータ制御されたレーザーは、往復するラスタパターンで凝固すべき粉末の領域をスキャンする。SLM 及び EBM プロセスは、粉末材料をエネルギー入力点において完全に溶かすのに対して、SLS システムは、個々の粒子の部分的部分的に溶かして粉末に融合させる。

20

【0004】

粉末床溶融結合は多くの産業に大きく興味を持たれているが、新たに設計された部品に対して品質の問題及びプロセスの再現性の欠如が起こり得る。エネルギー入力の変化は、溶融池における適切な凝固の欠如及び 3 次元物体における溶融結合欠陥という結果になり得る。同様に、材料の層における熱的特性 (例えば、局所的な熱伝導率) の変化は、適切な溶融結合を妨げ得る。これらの変化は、エネルギー源の操作パラメータ (例えば、レーザーパワー、レーザースポットサイズ、スキャン速度等) において識別され説明される必要がある。

30

【0005】

これを鑑みて、WO 2007/147221 に記載されているような品質保証システムが開発されている。この方法は、レーザースポットの、粉末材料との相互作用の画像を取り込む。画像データを使用して、レーザー操作パラメータのフィードバック制御によってレーザー溶融池の特性が受け入れ可能な許容範囲内に維持される。これらの技術は製造プロセスを効果的に監視するが、イメージセンサの高サンプリングレートにより膨大な量の画像データが生成される。これにより、十分な能力を持った制御プロセッサに、高フレームレートで取り込まれた大量の画像データ (1 秒当たり何千ものデータ点) を処理させ、製造プロセスのフィードバック制御をリアルタイムで行うことが必要となる。

40

【0006】

US 2013/0314504 に記載されているようなシステムは、凝固及びそれに続く冷却の赤外線放射を撮像するために、赤外線 (I) (波長 < 900nm) 検出器を使用する。これにより、画像取り込みのフレームレートを低くし、よって生成する画像データを少なくすることが可能になる。凝固した粉末層の冷却のプロファイルが、各レベルの製造品質を推測するために使用される。しかし、凝固した粉末の冷却特性を監視することによって、レーザーに対するフィードバック制御において既に固有の遅れが存在する。

【0007】

50

従来技術として示された特許文献又は他の印刷物への本明細書中のいかなる言及も、いずれの請求項の優先日においても、その文献又は印刷物が知られていた、又はそれに含まれる情報が周知の一般的な知識の一部であったと認めるものと解釈されるべきではない。

【発明の概要】

【0008】

上述の問題を念頭において、本発明の1局面は、連続する材料の層から3次元物体を製造するための付加製造システムを提供し、前記付加製造システムは、

エネルギーを前記層内の指定された領域に入力して前記材料を凝固させるためのエネルギー投射アセンブリと、

複数のイメージセンサであって、前記イメージセンサのそれぞれが、前記材料の層の少なくとも一部をカバーする対応する視野を有し、前記視野のそれぞれが前記イメージセンサのうちの他の少なくとも1つの視野に少なくとも部分的にオーバーラップする、複数のイメージセンサと、

前記イメージセンサのそれぞれからの画像データをキャプチャするイメージプロセッサとを備え、

使用中に、前記イメージプロセッサは、前記イメージセンサのそれぞれの露光時間を制御し、前記イメージセンサからの画像データを組み合わせて、各材料の層の前記指定された領域全体にそれぞれ入力されるエネルギーの単一の空間的に解像した画像 (spatially resolved image) を、データ閾値との比較のために提供し、前記指定された領域における潜在的な凝固欠陥の位置を突き止める。

【0009】

本明細書の説明及び特許請求の範囲の全体にわたって、「備える」という語、及び「備えている」のようなその変形は、他の付加物、部品、完全体又はステップを除外することは意図されていない。

【0010】

本発明の付加製造システムは、比較的長い露光時間を使用して、その粉末層において溶解又は焼結された領域の単一の画像をキャプチャする。関係のあるイメージセンサのそれぞれからのオーバーラップする画像データは、指定された領域内の全ての点でのエネルギー入力の単一の空間的に解像した画像を生成するために組み合わせられる。この単一の画像からのピクセルデータは参照画像と比較され、所定の変動を超える差が、その材料の層における潜在的な欠陥として識別される。各層又は3次元物体の「スライス」は、対応する参照画像を有し、イメージセンサから生成された単一の画像は、そのスライス用の参照画像と比較される。

【0011】

高フレームレートでキャプチャされた画像の大きなセットではなく単一の画像から潜在的な欠陥の位置を突き止めることは、データ処理の量を劇的に削減する。これは、製造プロセスのリアルタイムフィードバック制御が遥かに小さな処理能力しか必要としないというように、結果として処理時間を削減する。以下で更に扱われるように、多数のイメージセンサにより、他の場合より遥かに高解像度なスケーラブルシステムが可能になる。

【0012】

エネルギーが入力されるときに材料の凝固をキャプチャすることは、潜在的な欠陥のより正確な指摘をもたらす。対照的に、既知の技術(例えば上述のUS 2013/314504)は、部品の製造品質を推測するために冷却する材料からの赤外線放射をキャプチャする。これは、処理に必要な十分な画像コントラストを提供するために、最大で5秒の露光時間を伴う。本発明において使用される長い露光時間は、凝固直後の画像データもキャプチャし得る。しかし、比較的長い露光時間は、画像のコントラストをもたらす目的のためではなく、データ圧縮のためである。キャプチャされた画像の各ピクセルは、その点におけるエネルギー入力の間に放出される可視放射を示す光度値 (luminosity value) を有する。オーバーラップする視野は、指定された領域全体を確実にカバーするが、制御プロセッサは、適切なイメージセンサの間で切り替えを行って、露光時間を、キャプチャされたデータ

にバックグラウンドノイズが大きな影響を与えないような十分短い時間に保つ。制御プロセッサは、指定された領域を、適切なイメージセンサのそれぞれの間で単に均等に分割、又は、レーザーのラスタパターンを考慮に入れるセンサの間で切り替えを行う他の技術を使用し得る。

【0013】

多数のカメラを使用することによって、大きなセンサアレイを有する高価なイメージセンサを用いることなく、画像の解像度を高めることが可能になる。システムは、更に多くのイメージセンサを加えると視野が広がるという意味でスケーラブルである。更に、異なるイメージセンサからのオーバーラップする同じ小領域の画像データは、ノイズキャリブレーションにも役立つ。対照的に、単一カメラシステムであれば、視野を広げるためには広角レンズ、及び/又はより高い位置が必要である。しかし、粉末床溶融結合機の周囲のスペースには制限があり、広角レンズ、又は「魚眼」レンズは、好ましくない画像歪み及び低解像度を生じさせる。

10

【0014】

各イメージセンサによってキャプチャされたデータは、指定された領域の部分におけるエネルギー入力の空間的に解像した画像である。他のイメージセンサからの画像データと合成されると、比較的小さな量の空間的に解像した画像データを有する単一の画像は、その材料の層内の対象領域全体にわたるエネルギー入力を示す。この単一の画像と参照画像との間の比較は、わずかな処理能力しか必要とせず、レーザー又は電子ビームのリアルタイムフィードバック制御を可能にする。より小さなデータ量は、より容易に記憶され、又はコンポーネントの3次元欠陥マップの構築により容易に使用される。

20

【0015】

他の局面によると、本発明は、付加製造によって3次元物体を製造する方法を提供し、前記方法は、

材料の層を凝固していない形態でビルドチャンバに供給するステップと、

エネルギー投射アセンブリを用いて前記層の指定された領域で前記材料を凝固させるステップと、

複数のイメージセンサを用いて指定された領域の複数の画像をキャプチャするステップであって、前記イメージセンサのそれぞれが、前記材料の層の少なくとも一部をカバーし前記イメージセンサのうちの他の少なくとも1つの視野に少なくとも部分的にオーバーラップする対応する視野を有する、キャプチャするステップと、

30

前記エネルギー投射アセンブリによって前記材料にエネルギーが入力される時に、前記イメージセンサからの画像データが前記指定された領域の単一の空間的に解像した画像を集合的に提供するように、イメージキャプチャの露光時間を設定するステップと、

前記単一の空間的に解像した画像からの画像データをデータ閾値と比較して、前記指定された領域における潜在的な凝固欠陥の位置を突き止めるステップとを備える。

【0016】

好ましくは、前記露光時間は、互い違いに配置されており、かつ、少なくとも部分的に互いにオーバーラップする。好ましくは、前記エネルギー投射アセンブリは、作業床内の前記材料の層にわたって、往復ラスタパターンでレーザービームをスキャンするように構成された少なくとも1つのスキャニングレーザーヘッドを有し、前記制御プロセッサは、前記ラスタパターンをその層の対象領域に制限するように構成されている。しかし、本発明は、立体リトグラフィシステム、デジタル光投射システム、又は、対象領域全体が対応する形状のエネルギービームに同時に暴露されるマスクされたエネルギー源投射システムにおいても使用され得る。

40

【0017】

本発明のいくつかの実施形態において、前記単一の空間的に解像した画像からの画像データは、前記レーザービームによって辿られる個々のレーザー軌跡に対応する関連する強度値を有するスキャンベクトルに分解される。各スキャントラックに沿ったエネルギー入力レベルを評価することは、欠陥を検出し、更に画像データを参照データと直接

50

比較するより多くのプロセス情報も提供する。

【 0 0 1 8 】

特に好ましい形態において、前記材料は粉末金属である。他の形態では、前記材料は粉末ポリマー、粉末セラミック、又は液体ポリマーである。

【 0 0 1 9 】

好ましくは、前記イメージセンサは、電荷結合素子 (C C D) アレイ、相補型金属酸化膜半導体 (C M O S) アレイ、又はサイエンティフィック C M O S (s C M O S) アレイである。

【 0 0 2 0 】

好ましくは、前記イメージプロセッサは、前記イメージセンサを、対応する視野の間でオーバーラップする領域内にエネルギー入力点があるときに、選択的に起動及び停止するように構成されている。

10

【 0 0 2 1 】

オプションとして、前記エネルギー投射アセンブリは、連続する層の間で所定の停止期間、停止するように構成され、前記イメージプロセッサが前記連続する層のそれぞれのエネルギー入力プロセスの終了を検出することができるように、前記イメージプロセッサは、前記イメージセンサを起動及び停止し、前記所定の停止期間の半分未満のキャプチャ期間内に前記単一の空間的に解像した画像をキャプチャするように構成されている。

【 0 0 2 2 】

いくつかの実施形態において、前記付加製造システムは、前記材料の層を支えるビルドプラットフォームを収容するためのビルドチャンバを更に備え、前記ビルドチャンバは、製造プロセスを観察するための1つ以上の観察窓を有し、前記イメージセンサは、前記ビルドチャンバの外側に取り付けられ、1つ以上の前記観察窓を通して前記ビルドプラットフォームを観察する。

20

【 0 0 2 3 】

オプションとして、前記イメージセンサは、前記ビルドプラットフォーム上の前記材料の層を観察するために前記層の法線に傾斜した角度で配置され、前記イメージプロセッサは、前記イメージセンサのそれぞれからの画像データを、パースペクティブを補正するために処理するように構成されている。これは、ビルドチャンバの側面にある観察窓を通してイメージセンサが「見る」必要がある現存する P B F 設備に本システムを後付けするの

30

【 0 0 2 4 】

好ましくは、前記イメージセンサは、それらの光軸が前記層に垂直であるように、前記材料の層の真上に配置される。この場合、システムは、組立中に P B F 設備に統合される。粉末層の真上にあることにより、パースペクティブを修正する必要が減少する。

【 0 0 2 5 】

好ましくは、前記イメージプロセッサは、前記指定された領域の前記単一の空間的に解像した画像の画像データを、前記エネルギー投射アセンブリのフィードバック制御のために使用するように構成されている。

【 0 0 2 6 】

好ましくは、前記付加製造システムは、選択的レーザー焼結 (S L S) システム、選択的レーザー溶融 (S L M) システム、又は電子ビームシステムであり、前記イメージセンサは、前記層内の対象領域にわたってスキャンするエネルギー入力点における溶融材料からの光放射を記録するように構成されている。当業者は、「光」が、赤外線、可視光及び紫外線を含む電磁放射を指すことが理解できる。

40

【 0 0 2 7 】

本発明の関連する局面において、連続する材料の層から3次元物体を製造するための付加製造システムが提供され、前記付加製造システムは、

エネルギーを前記層内の指定された領域に入力して前記材料を凝固させるためのエネルギー投射アセンブリと、

50

前記材料に入力されたエネルギーを示すデータを受信し、それによって、エネルギー入力
が十分ではない前記指定された領域の部分を、所定の品質要求基準を満たさない欠陥部
分として識別するように構成されたプロセッサとを備え、

前記プロセッサは、前記エネルギー投射アセンブリを機能的に制御して前記欠陥部分に
エネルギーを選択的に与える。

【0028】

好ましくは、前記プロセッサは、前記エネルギー投射アセンブリへの入力パワーを変化
させて前記材料への入力エネルギーを調整するように更に構成されている。

【0029】

好ましくは、前記欠陥部分に選択的に与えられるエネルギーは、前記プロセッサによっ
て制御されて前記材料にカスタマイズされた微細構造を与える。 10

【0030】

好ましくは、カスタマイズされた微細構造は、前記指定された領域の残りの部分におけ
る前記材料の微細構造とは異なる。

【0031】

いくつかの実施形態において、前記エネルギー投射アセンブリは、スキャンするエネル
ギービーム（レーザー又は電子ビームのような）を有し、前記プロセッサは、前記欠陥部
分にエネルギーを与える間、以下のプロセスパラメータ、すなわち、

スキャン速度、

スキャン加速度、 20

スキャン方向、

（隣接するスキャントラック間の間隔である）ハッチ距離（hatch distance）、

（もしあれば、前記レーザーによってスキャンされる領域と前記欠陥部分との間の差で
ある）オフセット距離、

（エネルギービームの入力スポットサイズを変える）ビームフォーカス、及び

ビーム入力パワー変調、

のうちの1つ以上を選択的に制御するように構成されている。

【0032】

オプションとして、前記プロセッサは、前記欠陥部分にエネルギーを与える間、以下の
スキャンパターン、すなわち、 30

（通常のハッチングスタイルパターンでエネルギービームのスキャントラックが前後に
伸長する）方向性ラスタリング（directional rastering）、

（前記エネルギービームのパスが、前記欠陥部分の形状に対応する分離したループの、
等高線状のネステッドラスタリングである）ネステッドコンターループ（nested contour
loops）、及び

（前記エネルギービームのパスが、前記欠陥部分の形状に対応する連続したループの、
等高線状のネステッドラスタリングである）スパイラルワインディング（spiral winding
）、

のうちの1つ以上を選択する。

【0033】 40

オプションとして、前記プロセッサは、前記欠陥部分をいくつかの小部分に分割して前
記エネルギーを前記小部分のそれぞれに異なるプロセスパラメータを用いて与えるように
構成されている。

【0034】

オプションとして、前記プロセッサは、前記欠陥部分にエネルギーを、前記欠陥部分が
前記材料の以前の層において検出された欠陥部分に十分に近い場合に与えるように構成さ
れている。好ましくは、前記プロセッサは、前記以前の層において凝固が生じるように、
前記エネルギー入力の間、1つ以上の前記プロセスパラメータを制御するように構成され
ている。

【0035】 50

好ましくは、前記プロセッサは、前記指定された領域への過剰なエネルギー入力を検出し、前記材料の次の層の指定された領域へのエネルギー入力のためのプロセスパラメータを調節するように構成されている。

【0036】

好ましくは、前記プロセッサは、以前の凝固欠陥の修正の間使用された前記プロセスパラメータでデータベースにアクセスし、前記データベースからの情報を使用して前記欠陥部分へエネルギーを与えるためのプロセスパラメータを選択するように構成されている。

【0037】

好ましくは、複数の同様の付加製造システムが、プロセスパラメータデータを前記データベースに記録する。

【0038】

好ましくは、前記プロセッサは、前記欠陥部分の位置を示す、製造された前記3次元物体のそれぞれの製造品質の記録を、2次元スライス形態又は3次元ボリューム形態で生成するように構成されている。

【0039】

好ましくは、前記プロセッサは、前記データベースからの情報を使用して、以前に製造されたコンポーネント又は特定の構造における記録された欠陥から、欠陥の傾向がより高い部分を自動的に識別し、前記プロセスパラメータを前もって変更して欠陥の形成を避けるように更に構成されている。

【図面の簡単な説明】

【0040】

本発明は、添付の図面に示された好ましい実施形態を参照して、例としてのみ説明される。

【図1】図1は、本発明による付加製造システムの概略図である。

【図2A】図2Aは、SLM付加製造システムの製造領域内で取り込まれた単一の画像を示す。

【図2B】図2Bは、製造領域内の欠陥の空間的に解像した表示を提供するために制御プロセッサによって処理された画像データを示す。

【図3A】図3Aは、マスクを通してエネルギー投射アセンブリに暴露された3次元物体の1つの層からの単一の空間的に解像した画像の図による表現である。

【図3B】図3Bは、図3Aに示された層の潜在的な欠陥として識別された再暴露領域への新たなマスクの図による表現である。

【図4A】図4Aは、エネルギー投射アセンブリに暴露された異なる3次元物体の1つの層からの他の空間的に解像した画像を示す。

【図4B】図4Bは、図4Aの画像におけるピクセルデータから生成された光強度マップを示す。

【図5】図5は、欠陥部分が示された図4Bの光強度マップを示す。

【図6A】図6Aは、識別された欠陥部分の拡大図を示す。

【図6B】図6Bは、図6Aの欠陥部分のために作られた層マスクである。

【図6C】図6Cは、欠陥部分内で使用され得る異なるレーザースキャンパターンを示す。

【図6D】図6Dは、欠陥部分内で使用され得る異なるレーザースキャンパターンを示す。

【発明を実施するための形態】

【0041】

図1を参照して、選択的レーザー溶融システム10は、ビルドチャンバ36内の可動のビルドプラットフォーム12に層14として連続して堆積した粉末材料の選択された凝固する領域から、3次元コンポーネント16を層毎に累加的に作る。ビルドチャンバ36は、製造プロセスを安全に観察するための観察窓28（典型的には半透明のレーザー安全窓）を有する。

【0042】

粉末材料の最上層18は、スキャニングレーザーヘッド20からのレーザービーム22

10

20

30

40

50

に暴露される。レーザービーム 22 は、矢印 24 によって示された方向に所定のラスタパターンで粉末層 18 をスキャンする。レーザー溶融池 46 が、レーザービーム 22 が粉末材料に入射するところに形成される。溶融池 46 は、レーザービーム 22 がラスタパターンでスキャンするにつれてレーザービーム 22 とともに移動し、冷却及び凝固させる溶融した材料を背後に残す。所定のラスタパターンが完了すると、粉末材料の新たな層がビルドプラットフォーム 12 のフロア 26 として堆積され、ビルドプラットフォーム 12 は新たな層の厚さによって下に下がる。

【0043】

プロセッサ 56 は、窓 28 を通して製造プロセスを見るために、チャンバ 36 の外側に配置された 3 つのイメージセンサ 30, 32 及び 34 を制御する。プロセッサ 56 はスキャニングレーザーヘッド 20 も操作してもよく、スキャニングレーザーヘッドは別個に制御されてもよい。同じコントローラを使用すること、又は別個のコントローラをリンクさせることによって、製造プロセスのリアルタイムフィードバックが可能になる。各イメージセンサ 30, 32 及び 34 は、対応する視野 38, 40 及び 42 をそれぞれ有する。組み合わせると、それぞれの視野はビルドチャンバ 36 の最上層をカバーする。しかし、各視野は、少なくとも 1 つの隣接する視野とオーバーラップする。スキャニングレーザーヘッド 20 が最上層 18 における指定された対象領域をスキャンするときに、各イメージセンサ 30, 32 及び 34 は、レーザー溶融池 46 の画像データを、レーザー溶融池 46 が対応する視野 38, 40 及び 42 を移動するにつれてキャプチャする。視野 38 と視野 40 とのオーバーラップ 50 において、レーザー溶融池 46 はイメージセンサ 30 及び 32 の両方によってキャプチャされ得る。これは、オーバーラップのいくつかの部分の 2 セットの画像データをキャプチャし、プロセッサ 56 は、これを、単に 1 セットを捨てることによって 1 つのセットに減らすこと、又は両方の画像データを使用してピクセルデータのノイズを減少させることができる。

【0044】

代替として、特に、いずれのセンサもバックグラウンドノイズが画像データに悪影響を与えるほど長く露光されないように露光時間を割り当てる必要がある場合に、プロセッサ 56 は、オーバーラップ内のある点を選択して 1 つのイメージセンサを停止し、次のイメージセンサを起動する。

【0045】

フィルタ（例えば、ND (neutral density) フィルタ）が、イメージセンサへの入射光を減少させるために使用され得る。他の場合には、バンドパスフィルタが、600 ~ 900 nm（赤から近赤外 (near-IR)）のような選択された波長をキャプチャするために使用され、画像の品質を向上させる。

【0046】

スキャニングレーザーヘッド 20 が最上層 18 に対して所定のラスタパターンを終えると、イメージセンサ 30, 32 及び 34 のそれぞれからの画像データが、オーバーラップの領域においてキャプチャされた二重の画像データを捨てる、又は統合することによって、単一の画像にプロセッサ 56 によって合成 (merge) される。

【0047】

部分のサイズ、イメージセンサの数、及び選択された画像解像度によってはより多くの画像データが存在し得るが、層（又は指定された領域）ごとの単一の空間的に解像した画像は、典型的には 10 キロバイトと 20 メガバイトの間のデータを有する。しかし、現存する技術に対するデータ削減を説明するために、10 キロバイト ~ 20 メガバイトの画像データは 10 - 1 ~ 10 - 4 Hz の範囲のサンプリングレートに相当する。これにより結果として、従来の高解像度カメラを使用すること及びかなり高速なリアルタイム処理が可能になる。

【0048】

図 2A を参照すると、製造層 (build layer) の、又はより大きな製造層内の指定された領域の、単一の空間的に解像した画像 60 が示されている。スキャニングレーザーヘッ

10

20

30

40

50

ドのラスタ方向が、画像内の平行な細い筋によって示されている。プロセッサ56は、この画像を保存された参照画像（図示せず）に対して調整して、図2Bの潜在的欠陥マップを生成する。ここでは、参照ピクセルデータからの受け入れ可能な差異内のピクセルデータ62が、設定された変動を参照画像から超えたピクセルデータ64と明確な対比をなして示されている。領域64は、粉末材料の凝固物内の潜在的な欠陥を示す。連続する層を組み合わせることにより、欠陥のサイズ、分布及び位置の3次元表現が製造物全体にわたってもたらされる。システムは、現存するPBFマシンに取り付けられ得、フィードバック制御システム、又はスタンドアローンの品質監視装置として実装され得る。

【0049】

粉末を横切るレーザー又は電子ビームのスキントラックは、焦点位置及び材料/エネルギー相互作用（すなわち、反射率/吸収）の変化が原因の変動を伴う、入力エネルギー及び材料の放射率（白熱光、赤外又は紫外線放射）を表す光度レベルを有する画像ピクセルデータとしてキャプチャされる。

10

【0050】

キャプチャに続いて、プロセッサは、強度及び波長の閾値を適用する前に、画像を調節してコントラスト範囲を最大化する。処理される材料に基づいて画像に適切な強度又は波長の閾値を適用することによって、放射エネルギーにおける参照画像に対する差は、欠陥、又は適用されたエネルギー若しくはスキャンパターンにおける変動の存在を示す。この方法により、ミクロンからベッド全体のサイズの不具合又は不一致まで、入力エネルギーの変動の検出が可能になり、入力エネルギーの変動は、根底にある機械の不具合の影響又はプロセスの変動（意図的な又は他の）であり得る。

20

【0051】

層上の粉末の一樣でない分布を含むプロセスの変動、部分的な形状の凹凸、又は溶融の不安定さ（ポーリング（balling）のような）は、溶融プロセスの間に生じる光強度の変化をもたらす。これらのようなプロセスの変動は、調整された参照物に対する光強度又は波長の変化として現れ、潜在的な欠陥として印を付けられる。プロセス欠陥のマップは、製造された部品の品質の評価、又は新たなプロセスパラメータ若しくは形状の開発に役立つ。

【0052】

プロセスは、製造物内の対象とする各層に繰り返され、その後、層の閾値画像は組み合わせられて、コンピュータ断層写真データ（CT）の再構成と同様に、製造された形状の3次元表現をもたらす。プロセスの操作者には、検出されたいかなる例外も直ちに通知され（電子メール、SMS、表示装置等）、及び/又は機械の状態の変化が実装される。これには、操作者の介入を可能にするための製造プロセスの単なる停止、欠陥のある層の再スキャン、又は機械のプロセスパラメータを変更する予め設定された応答関数の実行を含み得る。

30

【0053】

本発明は、多くの構成の多数のタイプの光学系を伴うさまざまなイメージングシステムを用いて適用され得る。装置は、紫外、可視又は赤外スペクトラム（又はこれらのいかなる組合せも）における制御可能な露光形デジタルイメージングデバイス、焦点調節可能な光学系、堅い固定フレーム、及び画像処理コンピュータを有し得る。更に、システムは、多数の光学フィルタ、パースペクティブシフト（perspective shifting）光学デバイス、及びデータ検討用モニタも含み得る。

40

【0054】

粉末ベッドが比較的大きい場合には、製造領域全体をカバーするため、又は製造領域若しくは関心のある局所領域におけるよりよい解像度を提供するために、更なるカメラが利用され得る。多数のスキャンヘッドを有するレーザースキャンングシステムにおいては、この方法は、製造される部品におけるスキャンパターンのアライメントを検証するために利用され得る。

【0055】

図3A及び3Bを参照すると、PBFシステムのフィードバック制御システムが示され

50

ている。3次元コンポーネントの1つの層3の単一の空間的に解像した画像1が、エネルギー投射アセンブリによって凝固させられるべき粉末材料の指定された領域4を示す。指定された領域4内において、画像1は、粉末の大部分5の十分な凝固を示す。しかし、画像1は、画像データが所定の参照データ又はキャリブレーションデータから過度に異なる欠陥領域6も含む。

【0056】

潜在的な欠陥領域6を識別すると、コントローラ(図示せず)は、最初の露光マスク又はラスタパターン7の範囲内で、第2露光マスク又はラスタパターン8を生成する。新たなマスク又はラスタパターン8の範囲内の粉末材料は、エネルギー投射アセンブリに再び暴露され、粉末を適切に凝固させ、かつ、再暴露された層の空間的に解像した画像から欠陥6を除去する。

10

【0057】

正しく凝固された材料5が影響を受けないように、第2露光マスク8の範囲内の材料のみが再び暴露される。更に、欠陥6の再露光のためのスキャンパラメータは、エネルギー投射アセンブリに既に暴露された材料が過剰に溶けるのを避けるために、おそらくより低いパワー設定に変更され得る。スキャンパラメータの制御又は修正により、任意に選択された領域内のコンポーネントの微細構造をより大きく制御することが可能になるということが、理解される。これにより、コンポーネントの各層において材料特性をカスタマイズすること及び変化させることが可能になる。図4A, 4B, 5及び6A~6Dは、3次元物体の1つの層における欠陥を識別し修復する段階を示す。図4は、レーザーに暴露された後のスキャン層のキャプチャされた画像を示す。ピクセルデータの光度値は、図4Bに示された光強度マップを生成するために使用される。光強度マップは、そのスキャンレベルの参照画像データと比較され、図5に示されたようないかなる潜在的欠陥をも識別する。3次元部品コンター境界3の範囲内で、広い物差し状欠陥4が、スキャンされた領域にわたって伸びている。より小さな欠陥5, 6及び7が、その層の1つの辺に面して位置している。

20

【0058】

スキャン層内の欠陥が識別されると、その欠陥を修復するために中間ステップが行われる。層の露光が完了したが粉末の再コーティングの前に、欠陥部分4を覆う新たな層マスク8が生成される。特定の場合において、欠陥は表面のへこみであり、へこんだ領域を満たすために欠陥修復の前に粉末再コーティングが行われる。適切なレーザースキャンパラメータが選択され、起動されるべき制御プロセッサに転送される。修復されている間、イメージングデバイス及びプロセッサは、修復スキャンの効果を評価し、行われた修復の詳細を後の検討のために製造ログに記録する。完了すると、3次元部品の次の層のための粉末再コーティングで通常の製造プロセスが再び始まる。修復戦略のタイプ及び程度がさまざまな処理オプションと共に選択されることが可能となるように、システムは構成され得る。これは、介入のタイプ、すなわち、監視及び記録のみ、監視、及び設定された閾値より大きな検出された欠陥の報告、監視、及び設定された閾値より大きな検出された欠陥の製造プロセスの休止、監視、及び設定された閾値より大きな検出された欠陥のための修復戦略の実行、又はこれらの戦略のいかなる組合せをも含む。閾値は、欠陥領域のサイズ、相対光強度、予め規定された対象部分の外側にあるエネルギー入力パスの偏差、特定の欠陥タイプ(先に論じたような)の発生、又はそれぞれ上限値及び下限値を有するこれらの値のいかなる組合せについても設定され得る。

30

40

【0059】

ユーザがフィードバック戦略を行うことを選択した場合、欠陥修復のための多数のオプションが存在する。そのようなオプションは、修復タイプ、入力パワー、スキャン速度、ハッチ距離(hatch distance)、オフセット距離、焦点レベルの変更(エネルギー入力スポットのサイズの変更)、スキャン方向、加速度制御又は定速度スキャンパス、及び、さまざまなスキャン部分における入力パワー変調を含む。修復タイプのオプションは、入力エネルギービームが通常のハッチングスタイルパターンで前後に動く長手方向ラスタリン

50

グ 9 (図 6 C を参照)、入力エネルギーパスのスパイラルタイプワインディング 1 0 (図 6 D を参照)、入力エネルギービームが欠陥形状 8 のまわりに指定された欠陥領域を満たすようにオフセットした分離したループをもたらすコンター方向ラスタリング、又は、上述のもののいかなる組合せをも含む。小さな孤立したスポット欠陥 (例えば図 3 A に示された欠陥 6) は、直径が 3 0 0 ミクロン未満であり得る。この場合、修復プロトコルは、小さな多角形、スパイラルラスター、又は溶融池が欠陥を包囲するのを確実にする期間の点入力すら必要とするのみである。識別された欠陥のサイズ及びアスペクトレシオに応じて、一連の多角形、スパイラル又は点が、欠陥を再凝固させるために同時に使用され得る。

【 0 0 6 0 】

欠陥 8 が検出されると、修復領域は、欠陥サイズ 4 より大きく又は小さく、又は欠陥サイズ 4 と同じサイズに選択され得、修復戦略が個々に選択され実行されるいかなる数の分離した部分にも分離され得る。このようにして適した合金システムの微細構造が局所的な部分において修正され得、損傷の反応、強度、可塑性のような向上した特性をもたらし、欠陥を補償する。使用中の合金システムに応じて、エネルギー入力源のパワー及び小休止の時間を変更することによって、変更された特性が達成され得る。

10

【 0 0 6 1 】

1 つの特定の層における小さな欠陥の存在は、重要ではないかもしれない。スキャンパラメータが、その部分がその後の層において再溶融するようなものであり得るからである。この場合、システムは、所定の数の層 (例えば 2 又は 3) より多くについてオーバーラップ又は隣接する部分において欠陥が検出されたかどうか、どの場合に修復戦略が行われたかを監視する。この場合、下の層を凝固させるためにより大きなエネルギー入力がおそらく選択される。

20

【 0 0 6 2 】

特定の部分の光強度の増加によって、過剰なエネルギー入力の部分又は変形部分が検出され得る。この場合、2 回目の修復スキャンは望ましくなく、そのため異なる手法が適用され得る。過剰なエネルギー入力が検出されると、システムは製造ファイルのその後の層のスキャン戦略を修正し、その特定の層のための局所的な部分におけるエネルギー入力を減少させる。後にパワーが減少させられ得る層の数は、その後の層のそれぞれのための他のスキャンパラメータと共に、可変である。

【 0 0 6 3 】

より洗練されたフィードバックシステムは、以前に実行された応答のセット (すなわち、学習セット (learning set)) に基づいて、機械学習アルゴリズムの使用によって自律的に動作してフィードバック戦略を決定する。機械学習セットは、多数の機械及びユーザにわたるユーザ応答を追跡することによって開発され、共通のデータベースに接続される。

30

【 0 0 6 4 】

システムは、いかなる欠陥部分又は修復部分の位置をも、製造品質の記録として、2 次元スライス形態又は 3 次元ボリューム形態で記録する。そのような情報によって、操作者が設計を改良すること、又はメンテナンス若しくは修理を必要とする機械の問題を見つけることが可能になる。記録及び製造画像は、部品の適合性の永久的な記録又は将来の診断評価のために保存され得る。

40

【 0 0 6 5 】

製造記録及び学習セットは、また、欠陥のより高い傾向のある部分を自動的に識別するために使用される。前に製造されたコンポーネント又はコンポーネント内の特定の構造 (例えば、傾斜した表面、特定の角度、厚さ等) における記録された欠陥は、欠陥修正について関連付けられた記録を有する。同一又は類似のコンポーネント及び構造は、現在の製造物において識別され、プロセッサは、欠陥の形成を避けるためにプロセスパラメータを前もって変更する。

【 0 0 6 6 】

本発明のさまざまな局面及び特徴が、以下の番号が付けられた段落において広く説明される。

50

【 0 0 6 7 】

連続する材料の層から 3 次元物体を製造するための付加製造システムであって、前記付加製造システムは、

エネルギーを前記層内の指定された領域に入力して前記材料を凝固させるエネルギー投射アセンブリと、

複数のイメージセンサであって、前記イメージセンサのそれぞれが、前記材料の層の少なくとも一部をカバーする対応する視野を有し、前記視野のそれぞれが前記イメージセンサのうちの他の少なくとも 1 つの視野に少なくとも部分的にオーバーラップする、複数のイメージセンサと、

前記イメージセンサのそれぞれからの画像データをキャプチャするイメージプロセッサとを備え、

10

使用中に、前記イメージプロセッサは、前記イメージセンサのそれぞれの露光時間を制御し、前記イメージセンサからの画像データを組み合わせて、各材料の層の前記指定された領域全体にそれぞれ入力されるエネルギーの単一の空間的に解像した画像を、データ閾値との比較のために提供し、前記指定された領域における潜在的な凝固欠陥の位置を突き止める。

【 0 0 6 8 】

前記露光時間は、互い違いに配置されており、かつ、少なくとも部分的に互いにオーバーラップする

段落 0 0 6 7 に記載の付加製造システム。

20

【 0 0 6 9 】

前記エネルギー投射アセンブリは、前記ビルドチャンバ内の前記材料の層にわたって往復ラスタパターンでスキャンするように構成された少なくとも 1 つのスキャンングレーザヘッド又はスキャンング電子ビームを有し、前記制御プロセッサは、前記ラスタパターンをその層の前記対象領域に制限するように構成されている

段落 0 0 6 7 又は段落 0 0 6 8 に記載の付加製造システム。

【 0 0 7 0 】

前記単一の空間的に解像した画像からの画像データは、前記レーザースキャンヘッドによって辿られる個々のレーザー軌跡に対応する関連する強度値を有するスキャンベクトルに分解される

段落 0 0 6 9 に記載の付加製造システム。

30

【 0 0 7 1 】

前記粉末材料は、粉末金属、粉末ポリマー、粉末セラミック、又はこれらの組み合わせである

段落 0 0 6 7 に記載の付加製造システム。

【 0 0 7 2 】

前記イメージセンサは、電荷結合素子 (C C D) アレイ、相補型金属酸化膜半導体 (C M O S) アレイ、又はサイエンティフィック C M O S (s C M O S) アレイである

段落 0 0 6 7 に記載の付加製造システム。

【 0 0 7 3 】

前記イメージプロセッサは、対応する視野の間でオーバーラップする領域内にエネルギー入力点があるときに、前記イメージセンサを選択的に起動及び停止するように構成されている

段落 0 0 6 7 に記載の付加製造システム。

40

【 0 0 7 4 】

前記エネルギー投射アセンブリは、連続する層の間で所定の停止期間、停止するように構成され、前記イメージプロセッサは、前記イメージプロセッサが前記連続する層のそれぞれのエネルギー入力プロセスの終了を検出することができるように、前記イメージセンサを起動及び停止して、前記所定の停止期間の半分未満のキャプチャ期間内に前記単一の空間的に解像した画像をキャプチャするように構成されている

50

段落 0 0 6 7 に記載の付加製造システム。

【 0 0 7 5 】

前記材料の層を支えるビルドプラットフォームを収容するためのビルドチャンバを更に備え、前記ビルドチャンバは、製造プロセスを観察するための 1 つ以上の観察窓を有し、前記イメージセンサは、前記ビルドチャンバの外側に取り付けられ、1 つ以上の前記観察窓を通して前記ビルドプラットフォームを観察する

段落 0 0 6 7 に記載の付加製造システム。

【 0 0 7 6 】

前記イメージセンサは、前記ビルドプラットフォーム上の前記材料の層を観察するために前記層の法線に傾斜した角度で配置され、前記イメージプロセッサは、前記イメージセンサのそれぞれからの画像データを、パースペクティブを補正するために処理するように構成されている

10

段落 0 0 7 4 に記載の付加製造システム。

【 0 0 7 7 】

前記イメージセンサは、それらの光軸が前記層に垂直であるように、前記材料の層の真上に配置される

段落 0 0 6 9 に記載の付加製造システム。

【 0 0 7 8 】

前記イメージプロセッサは、前記指定された領域の前記単一の空間的に解像した画像の画像データを、前記エネルギー投射アセンブリのフィードバック制御のために使用するよう

20

段落 0 0 6 7 に記載の付加製造システム。

【 0 0 7 9 】

前記システムは、選択的レーザー焼結 (S L S) システム、選択的レーザー溶融 (S L M) システム、又はレーザー粉末床溶融結合 (L - P B F) システムであり、前記イメージセンサは、前記層内の対象領域にわたってスキャンするエネルギー入力点における溶融材料からの光放射を記録するように構成されている

段落 0 0 6 7 に記載の付加製造システム。

【 0 0 8 0 】

前記システムは、電子ビーム溶融システムである

30

段落 0 0 6 7 に記載の付加製造システム。

【 0 0 8 1 】

前記システムは、マスクされたエネルギー投射システムであり、このシステムにおいては、対象領域の全体が対応する形状のエネルギービームに同時に暴露される

段落 0 0 6 7 に記載の付加製造システム。

【 0 0 8 2 】

前記システムは、立体リトグラフィ (S T L : stereolithography) システム又はデジタル光投射 (D L P : digital light projection) システムである

段落 0 0 8 1 に記載の付加製造システム。

【 0 0 8 3 】

40

付加製造によって 3 次元物体を製造する方法であって、前記方法は、材料の層を凝固していない形態でビルドチャンバに供給するステップと、エネルギー投射アセンブリを用いて前記層の指定された領域で前記材料を凝固させるステップと、

複数のイメージセンサを用いて指定された領域の複数の画像をキャプチャするステップであって、前記イメージセンサのそれぞれが、前記材料の層の少なくとも一部をカバーし前記イメージセンサのうちの他の少なくとも 1 つの視野に少なくとも部分的にオーバーラップする対応する視野を有する、キャプチャするステップと、

前記エネルギー投射アセンブリによって前記材料にエネルギーが入力されるときに、前記イメージセンサからの画像データが前記指定された領域の単一の空間的に解像した画像

50

を集合的に提供するように、イメージキャプチャの露光時間を設定するステップと、

前記単一の空間的に解像した画像からの画像データをデータ閾値と比較して、前記指定された領域における潜在的な凝固欠陥の位置を突き止めるステップとを備える。

【0084】

前記エネルギー投射アセンブリは、前記ビルドチャンバ内の前記材料の層にわたって、その層の前記対象領域に制限された往復ラスタパターンでスキャンするように構成された少なくとも1つのスキャニングレーザーヘッド又はスキャニング電子ビームを有する段落0083に記載の方法。

【0085】

前記単一の空間的に解像した画像からの画像データを、前記レーザースキャンヘッドによって辿られる個々のレーザー軌跡に対応する関連する強度値を有するスキャンベクトルに分解することを更に備える

段落0083又は段落0084に記載の方法。

【0086】

前記粉末材料は、粉末金属、粉末ポリマー、粉末セラミック、又はこれらの組み合わせである

段落0083～0085のいずれか1つに記載の方法。

【0087】

前記イメージセンサは、電荷結合素子(CCD)アレイ、相補型金属酸化膜半導体(CMOS)アレイ、又はサイエンティフィックCMOS(sCMOS)アレイである

段落0083～0086のいずれか1つに記載の方法。

【0088】

前記イメージセンサは、前記イメージセンサのそれぞれに対応する視野の間でオーバーラップする領域内にエネルギー入力点があるときに、選択的に起動及び停止される

段落0083に記載の方法。

【0089】

前記エネルギー投射アセンブリは、連続する層の間で所定の停止期間、停止し、前記イメージセンサは、前記連続する層のそれぞれのエネルギー入力プロセスの終了を検出するために、起動及び停止させられて、前記所定の停止期間の半分未満のキャプチャ期間内に前記単一の空間的に解像した画像をキャプチャする

段落0083～0088のいずれか1つに記載の方法。

【0090】

前記材料の層は、ビルドチャンバに収容されたビルドプラットフォーム上で支えられ、前記ビルドチャンバは、製造プロセスを観察するための1つ以上の観察窓を有し、前記イメージセンサは、前記ビルドチャンバの外側に取り付けられ、1つ以上の前記観察窓を通して前記ビルドプラットフォームを観察する

段落0083～0089のいずれか1つに記載の方法。

【0091】

前記イメージセンサは、前記ビルドプラットフォーム上の前記材料の層を観察するために前記層の法線に傾斜した角度で配置され、前記イメージプロセッサは、前記イメージセンサのそれぞれからの画像データを、パースペクティブを補正するために処理するように構成されている

段落0089に記載の方法。

【0092】

前記イメージセンサは、それらの光軸が前記層に垂直であるように、前記材料の層の真上に配置される

段落0083に記載の方法。

【0093】

前記指定された領域の前記単一の空間的に解像した画像の画像データは、前記エネルギー投射アセンブリのフィードバック制御のために使用される

10

20

30

40

50

段落 0083 ~ 0092 のいずれか 1 つに記載の方法。

【0094】

選択的レーザー焼結 (S L S) システム、又は選択的レーザー溶融 (S L M) システムを動作させるプロセッサによって実行され、前記イメージセンサが、前記層内の対象領域にわたってスキャンするエネルギー入力点における溶融材料からの光放射を記録するように構成されている

段落 0083 ~ 0093 のいずれか 1 つに記載の方法。

【0095】

電子ビーム溶融システムを動作させるプロセッサによって実行される

段落 0083 ~ 0094 のいずれか 1 つに記載の方法。

【0096】

マスクされたエネルギー投射システムを動作させるプロセッサによって実行され、このシステムにおいては、対象領域の全体が対応する形状のエネルギービームに同時に暴露される

段落 0083 ~ 0094 のいずれか 1 つに記載の方法。

【0097】

立体リトグラフィ (S T L) システム又はデジタル光投射 (D L P) システムを動作させるプロセッサによって実行される

段落 0083 ~ 0092 のいずれか 1 つに記載の方法。

【0098】

連続する材料の層から 3 次元物体を製造するための付加製造システムであって、前記付加製造システムは、

エネルギーを前記層内の指定された領域に入力して前記材料を凝固させるためのエネルギー投射アセンブリと、

前記材料に入力されたエネルギーを示すデータを受信し、それによって、エネルギー入力が十分ではない前記指定された領域の部分を、所定の品質要求基準を満たさない欠陥部分として識別するように構成されたプロセッサとを備え、

前記プロセッサは、前記エネルギー投射アセンブリを機能的に制御して前記欠陥部分にエネルギーを選択的に与える。

【0099】

前記プロセッサは、前記エネルギー投射アセンブリへの入力パワーを変化させて前記材料への入力エネルギーを調整するように更に構成されている

段落 0098 に記載の付加製造システム。

【0100】

前記欠陥部分に選択的に与えられるエネルギーは、前記プロセッサによって制御されて前記材料にカスタマイズされた微細構造を与える

段落 0099 に記載の付加製造システム。

【0101】

前記カスタマイズされた微細構造は、前記指定された領域の残りの部分における前記材料の微細構造とは異なる

段落 0100 に記載の付加製造システム。

【0102】

前記エネルギー投射アセンブリは、スキャンするエネルギービームを有し、前記プロセッサは、前記欠陥部分にエネルギーを与える間、以下のプロセスパラメータ、すなわち、

スキャン速度、

スキャン加速度、

スキャン方向、

隣接するスキャントラック間の間隔であるハッチ距離、

もしあれば、前記エネルギービームによってスキャンされる領域と前記欠陥部分との間の差であるオフセット距離、

10

20

30

40

50

エネルギービームの入力スポットサイズが変わるビームフォーカス、及び
前記エネルギービームのパワーを変えるビーム入力パワー変調、
のうちの1つ以上を選択的に制御するように構成されている
段落 0 0 9 8 に記載の付加製造システム。

【 0 1 0 3 】

前記プロセッサは、前記欠陥部分にエネルギーを与える間、以下のスキャンパターン、
すなわち、
通常のハッチングスタイルパターンでエネルギービームのスキャントラックが前後に伸
長する方向性ラスタリング (directional rastering)、
前記エネルギービームが前記欠陥部分に近い固定位置に指定された期間保持される点露
光 (point exposure)、

10

前記エネルギービームのパスが、前記欠陥部分の形状に対応する分離したループの、等
高線状のネステッドラスタリングであるネステッドコンターループ (nested contour lo
ops)、及び

前記エネルギービームのパスが、前記欠陥部分の形状に対応する連続したループの、等
高線状のネステッドラスタリングであるスパイラルワインディング (spiral winding)、
のうちの1つ以上を選択する

段落 0 0 9 8 に記載の付加製造システム。

【 0 1 0 4 】

前記プロセッサは、前記欠陥部分をいくつかの小部分に分割して前記エネルギーを前記
小部分のそれぞれに異なるプロセスパラメータを用いて与えるように構成されている
段落 0 0 9 8 に記載の付加製造システム。

20

【 0 1 0 5 】

前記プロセッサは、前記欠陥部分にエネルギーを、前記欠陥部分が前記材料の少なくと
も1つの以前の層において検出された欠陥部分に十分に近い場合に与えるように構成され
ている

段落 0 0 9 8 に記載の付加製造システム。

【 0 1 0 6 】

前記プロセッサは、前記以前の層においても凝固が生じるように、前記エネルギー入力
の間、1つ以上の前記プロセスパラメータを制御するように構成されている
段落 0 1 0 5 に記載の付加製造システム。

30

【 0 1 0 7 】

前記プロセッサは、前記指定された領域への過剰なエネルギー入力を検出し、前記材料
の次の層の指定された領域へのエネルギー入力のためのプロセスパラメータを調節するよ
うに構成されている

段落 0 0 9 8 に記載の付加製造システム。

【 0 1 0 8 】

前記プロセッサは、以前の凝固欠陥の修正の間使用された前記プロセスパラメータでデ
ータベースにアクセスし、前記データベースからの情報を使用して前記欠陥部分へエネル
ギーを与えるためのプロセスパラメータを選択するように構成されている

40

段落 0 0 9 8 に記載の付加製造システム。

【 0 1 0 9 】

複数の同様の付加製造システムが、プロセスパラメータデータを前記データベースに記
録する

段落 0 1 0 8 に記載の付加製造システム。

【 0 1 1 0 】

前記プロセッサは、前記欠陥部分の位置を示す、製造された前記3次元物体のそれぞれの
の製造品質の記録を、2次元スライス形態又は3次元ボリューム形態で生成するように構
成されている

段落 0 0 9 8 に記載の付加製造システム。

50

【 0 1 1 1 】

前記プロセッサは、前記データベースからの情報を使用して、以前に製造されたコンポーネント又は特定の構造における記録された欠陥から、欠陥の傾向がより高い部分を自動的に識別し、前記プロセスパラメータを前もって変更して欠陥の形成を避けるように更に構成されている

段落 0 1 0 8 ~ 0 1 1 0 のいずれか 1 つに記載の付加製造システム。

【 0 1 1 2 】

本発明は、本明細書において例としてのみ説明されてきた。当業者は、本発明の広い概念の精神及び範囲から逸脱しない多くの変形及び修正を容易に理解する。

10

20

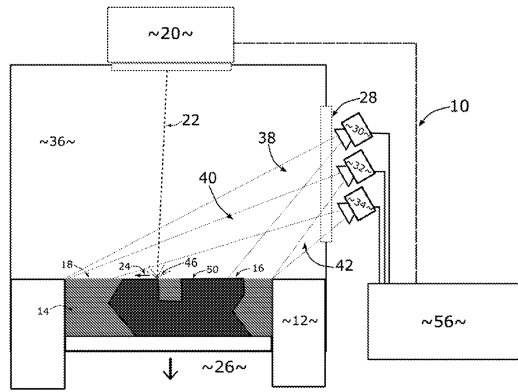
30

40

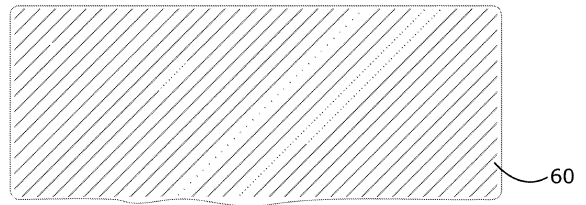
50

【図面】

【図 1】

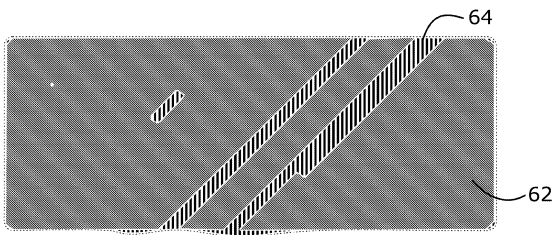


【図 2 A】

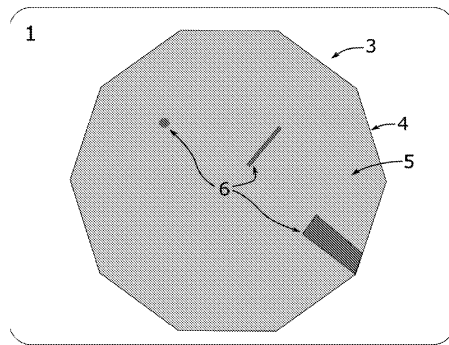


10

【図 2 B】

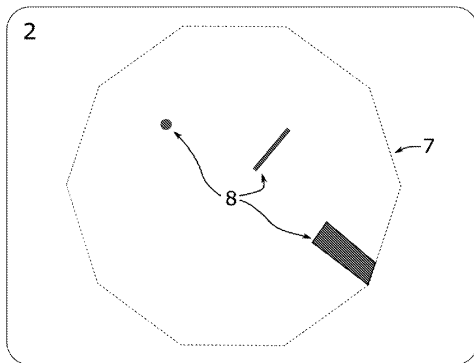


【図 3 A】

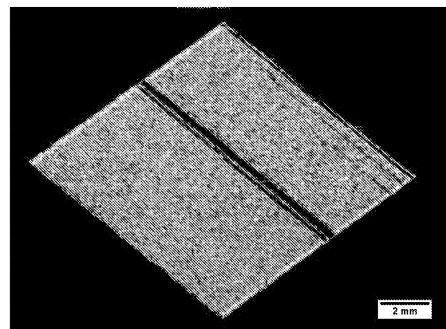


20

【図 3 B】



【図 4 A】

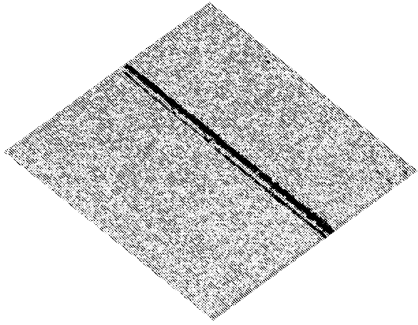


30

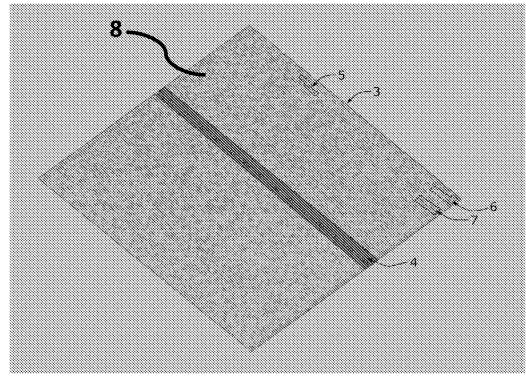
40

50

【 図 4 B 】

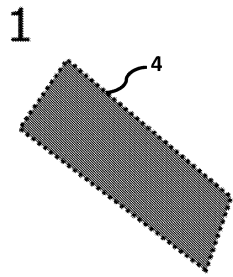


【 図 5 】

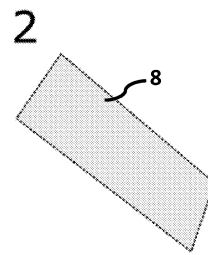


10

【 図 6 A 】

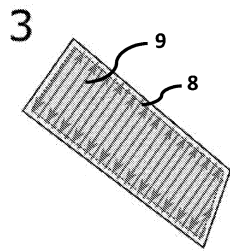


【 図 6 B 】

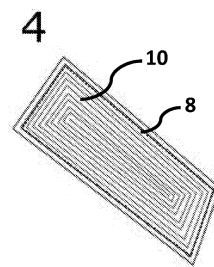


20

【 図 6 C 】



【 図 6 D 】



30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

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
B 3 3 Y	50/02	(2015.01)	B 3 3 Y	50/02

審査官 松村 駿一

(56)参考文献

特表 2 0 1 6 - 5 3 5 6 9 0 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 5 / 0 1 6 5 6 8 1 (U S , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 1 5 / 0 1 6 5 6 8 3 (U S , A 1)
欧州特許出願公開第 0 3 1 6 2 4 7 4 (E P , A 1)
国際公開第 2 0 1 6 / 1 2 3 5 4 9 (W O , A 1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B名)

B 2 2 F 1 2 / 9 0
B 2 8 B 1 / 3 0
B 2 9 C 6 4 / 1 5 3
B 2 9 C 6 4 / 2 6 8
B 2 9 C 6 4 / 3 9 3
B 3 3 Y 1 0 / 0 0
B 3 3 Y 3 0 / 0 0
B 3 3 Y 5 0 / 0 2