

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7583717号
(P7583717)

(45)発行日 令和6年11月14日(2024.11.14)

(24)登録日 令和6年11月6日(2024.11.6)

(51)国際特許分類		F I	
B 2 2 F	10/50 (2021.01)	B 2 2 F	10/50
B 2 2 F	10/64 (2021.01)	B 2 2 F	10/64
B 2 2 F	10/66 (2021.01)	B 2 2 F	10/66
B 2 2 F	12/20 (2021.01)	B 2 2 F	12/20
B 2 2 F	12/50 (2021.01)	B 2 2 F	12/50
請求項の数 30 (全46頁) 最終頁に続く			
(21)出願番号	特願2021-529067(P2021-529067)	(73)特許権者	520352791
(86)(22)出願日	令和1年11月21日(2019.11.21)		メルド マニュファクチュアリング コー
(65)公表番号	特表2022-507945(P2022-507945		ポレイション
	A)		アメリカ合衆国 バージニア州 2 4 0 7
(43)公表日	令和4年1月18日(2022.1.18)		3 クリスチャンズバーグ テクノロジー
(86)国際出願番号	PCT/US2019/062604		ドライヴ 2 0 0
(87)国際公開番号	WO2020/106952	(74)代理人	100094569
(87)国際公開日	令和2年5月28日(2020.5.28)		弁理士 田中 伸一郎
審査請求日	令和4年11月17日(2022.11.17)	(74)代理人	100103610
(31)優先権主張番号	62/770,551		弁理士 ▲吉▼田 和彦
(32)優先日	平成30年11月21日(2018.11.21)	(74)代理人	100109070
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		弁理士 須田 洋之
		(74)代理人	100098475
			弁理士 倉澤 伊知郎
		(74)代理人	100130937
最終頁に続く			

(54)【発明の名称】 ハイブリッド固体付加および除去製造プロセス、使用される材料、およびハイブリッドプロセスによって造形される部品

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

ハイブリッド製造プロセスであって、
3 D印刷された部品を形成するために1つ以上の付加ステップを介して、ハイブリッド製造システムによって固体フィラー材料（複数可）を3次元で堆積させることであって、前記付加ステップは、
前記ハイブリッド製造システムの中空ツールを介して1つ以上の固体フィラー材料を供給することと、
前記固体フィラー材料（複数可）および／または基板が界面領域において可鍛性および／または粘弾性状態になるように前記中空ツールの回転するショルダによって法線力、剪断力、および／または摩擦力を適用することによって前記固体フィラー材料（複数可）および前記基板の塑性変形を生じさせることにより、前記固体フィラー材料（複数可）を前記中空ツールから前記基板上に堆積させて、前記固体フィラー材料を塑性変形状態で前記基板上に堆積させ、それにより前記3 D印刷された部品を作製することと、
仕上げられた部品を形成するために、3 D印刷された部品上および／または3 D印刷された部品内に表面特徴および／または内部特徴が形成されるように、1つ以上の除去ステップを介してハイブリッド製造システムによって3 D印刷された部品から、堆積された材料を除去することと、を含む、ハイブリッド製造プロセス。

【請求項2】

前記ハイブリッド製造プロセスは、仕上げられた部品を完成させるために追加のツール

、機械、および／または機器を必要としない、請求項 1 に記載のプロセス。

【請求項 3】

前記ハイブリッド製造プロセスは、仕上げられた部品を完成させるために追加のツール、機械、および／または機器を必要とする、請求項 1 に記載のプロセス。

【請求項 4】

他のツールおよび／または機械によって実行される 1 つ以上の造形後ステップによって、3D 印刷された部品を造形することをさらに含む、請求項 1 に記載のプロセス。

【請求項 5】

前記 1 つ以上の造形後ステップは、カレンダー加工ステップを含む、請求項 4 に記載のプロセス。

【請求項 6】

前記 1 つ以上の造形後ステップは、低温ローラの 1 つ以上の対によっておよび／またはそれらの間で実行される圧縮ステップを含む、請求項 4 に記載のプロセス。

【請求項 7】

前記 1 つ以上の造形後ステップは、高温ローラの 1 つ以上の対によっておよび／またはそれらの間で実行される圧縮ステップを含む、請求項 4 に記載のプロセス。

【請求項 8】

前記 1 つ以上の造形後ステップは、前記 3D 印刷された部品を冷却することを含む、請求項 4 に記載のプロセス。

【請求項 9】

前記 1 つ以上の造形後ステップは、前記 3D 印刷された部分を急冷することを含む、請求項 4 に記載のプロセス。

【請求項 10】

前記 1 つ以上の造形後ステップは、前記 3D 印刷された部品を加熱することを含む、請求項 4 に記載のプロセス。

【請求項 11】

前記 1 つ以上の造形後ステップは、前記 3D 印刷された部品をピーニングすることを含む、請求項 4 に記載のプロセス。

【請求項 12】

前記 1 つ以上の造形後ステップは、前記 3D 印刷された部品をレーザ加工することを含む、請求項 4 に記載のプロセス。

【請求項 13】

1 つ以上の追加の処理ステップをさらに含む、請求項 1 に記載のプロセス。

【請求項 14】

前記 1 つ以上の追加の処理ステップは、ピーニングを含む、請求項 13 に記載のプロセス。

【請求項 15】

前記 1 つ以上の追加の処理ステップは、レーザ加工を含む、請求項 13 に記載のプロセス。

【請求項 16】

前記 1 つ以上の追加の処理ステップは、冷却を含む、請求項 13 に記載のプロセス。

【請求項 17】

前記 1 つ以上の追加の処理ステップは、急冷を含む、請求項 13 に記載のプロセス。

【請求項 18】

前記ハイブリッド製造プロセスは、仕上げられた部品に内部特徴を作製することができる、請求項 1 に記載のプロセス。

【請求項 19】

前記ハイブリッド製造プロセスは、仕上げられた部品に表面特徴を作製することができる、請求項 1 に記載のプロセス。

【請求項 20】

前記ハイブリッド製造プロセスは、仕上げられた部品に加熱または冷却チャネルを作製することができる、請求項 1 に記載のプロセス。

【請求項 2 1】

前記ハイブリッド製造プロセスは、付加製造ステップ中に 2 つ以上の固体フィラー材料を堆積させることができる、請求項 1 に記載のプロセス。

【請求項 2 2】

前記ハイブリッド製造プロセスは、1 つ以上の除去ステップを介して、3 D 印刷された部品から固体材料を除去することができる、請求項 1 に記載のプロセス。

【請求項 2 3】

前記 1 つ以上の除去ステップは、前記 3 D 印刷された部品の堆積された固体材料上および／またはその内部での穿孔を含む、請求項 2 2 に記載のプロセス。

10

【請求項 2 4】

前記 1 つ以上の除去ステップは、前記 3 D 印刷された部品の堆積された固体材料上および／またはその内部での切断を含む、請求項 2 2 に記載のプロセス。

【請求項 2 5】

前記 1 つ以上の除去ステップは、前記 3 D 印刷された部品の表面仕上げを含む、請求項 2 2 に記載のプロセス。

【請求項 2 6】

前記 1 つ以上の除去ステップは、前記 3 D 印刷された部品の機械加工を含む、請求項 2 2 に記載のプロセス。

20

【請求項 2 7】

前記ハイブリッド製造システムは、各々が異なる付加製造ステップまたは除去製造ステップを実行することができる少なくとも 2 つのツールを含む、請求項 1 に記載のプロセス。

【請求項 2 8】

前記ハイブリッド製造システムは、付加製造ステップおよび除去製造ステップの両方を実行することができる 1 つのツールのみからなる、請求項 1 に記載のプロセス。

【請求項 2 9】

前記 3 D 印刷された部品に 1 つ以上の事前造形された構成要素を組み込むことをさらに含む、請求項 1 に記載のプロセス。

【請求項 3 0】

30

前記 1 つ以上の事前造形された構成要素は、1 つ以上のパイプを含む、請求項 2 9 に記載のプロセス。

【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、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる、2018年11月21日に
出願された米国仮出願第US62／770，551号の開示に依拠し、その出願日の優先
権および利益を主張する。

【背景技術】

40

【0002】

本発明は、固体製造、材料接合、および付加製造の分野を対象とする。より具体的には、
本発明の実施形態は、仕上げられた3D物体または部品を作製するための付加および除
去ステップを伴うハイブリッド固体製造プロセスを対象とする。

関連技術の説明

【0003】

通常は一層ごとの堆積により3D物体を作るために材料を接合するプロセスとして定義
される付加製造または3D印刷は、多機能および多材料の部品を作製することができる。
しかしながら、3D印刷された層の間の界面が3D構築された物体に弱いスポットを導入
することが非常によくある。つまり、機械的特性の実質的な相違が、3D物体における界

50

面と非界面との材料の微小構造の間に存在し、特定の部位および方向に沿って不均質な特性（失敗）につながる。そのような場合、造形された部品は、バルク材料（複数可）の特性と比較して劣った特性を示す。

【0004】

除去製造は、材料の固体ブロックから材料を連続的に切断することによって3D物体が作られるプロセスである。CNCマシンによって材料を切断することにより、除去製造を行うことができる。CNCマシンの高度なバージョンは、複数のツールを利用し、少なくとも3つの軸（x、y、およびz）を中心に切断するため、オペレータがワークピース（物体）を回転させる必要性を最小限に抑える。

【0005】

多くの用途では、付加および除去製造ステップの連続的な実行、または3D物体のいわゆるハイブリッド付加製造がしばしば必要とされる。ハイブリッド付加製造は、一般に、1つのマシンにおける付加製造（3D印刷）および除去製造（CNCフライス加工）技術の組み合わせと見なされている。

【0006】

固体付加製造技術は、1つの材料、複数の材料、または独自開発の組成物をワークピースに堆積させ、処理された界面ゾーンにおいて材料を混合および均質化し、堆積された材料とワークピースと間にそれらを溶融させずに良好な結合を生じさせることができる、固体熱機械的堆積プロセスである。簡単に言えば、非溶融固体付加製造技術は、内部通路を含む固体付加製造ツールを介して堆積された材料間の摩擦に基づいており、摩擦力および他の力、ならびに生じた熱が、回転ツールの近くで大きな材料変形を生じさせる。ツールに隣接する材料（ツールを介して供給されるフィラー材料およびワークピースの表面材料層）は、しばしばいわゆる可鍛性の状態にあり、機械的に攪拌され、混合される。その非溶融性により、固体付加製造技術は、類似もしくは非類似の材料、または共晶混合物を形成しかつ当技術分野で知られている他の技術によって接合することができなかった材料の堆積の間に、強い界面をもたらす。さらに、固体付加製造システムは、他の技術に関連する課題を克服しながら、付加ステップおよび除去ステップを実行することにより、ハイブリッド付加製造を介して3D物体を製造する可能性を提供する。

【発明の概要】

【0007】

本発明の実施形態は、仕上げられた3D物体または部品を作製するために付加および除去ステップを伴うハイブリッド固体製造プロセスを対象とする。本発明の様々な実施形態が以下に提供される。ただし、これらは限定的であると解釈されるべきではない。

【0008】

実施形態1 ハイブリッド製造プロセスであって、

【0009】

3D印刷された部品を形成するために1つ以上の付加ステップを介してハイブリッド製造システムによってフィラー材料（複数可）を堆積させることを含み、1つ以上の付加ステップは、

【0010】

ハイブリッド製造システムの中空スピンドルまたはツールを介して1つ以上のフィラー材料を供給することと、

【0011】

フィラー材料（複数可）を基板上に堆積させることと、

【0012】

フィラー材料（複数可）および／または基板が界面領域において可鍛性および／または粘弾性状態になるように中空スピンドルまたはツールの回転するショルダによって法線力、剪断力、および／または摩擦力を適用することによってフィラー材料（複数可）および基板の、激しい塑性変形などの塑性変形を生じさせ、それにより3D印刷された部品を作製することと、

【0013】

仕上げられた部品を形成するために3D印刷された部品上および／または3D印刷された部品内に表面特徴および／または内部特徴が形成されるように、1つ以上の除去ステップを介してハイブリッド製造システムによって3D印刷された部品から材料を除去することと、を含む、ハイブリッド製造プロセス。

【0014】

実施形態2ハイブリッド製造プロセスは、仕上げられた部品を完成させるために追加のツール、機械、および／または機器を必要としない、実施形態1に記載のプロセス。

【0015】

実施形態3ハイブリッド製造プロセスは、仕上げられた部品を完成させるために追加のツール、機械、および／または機器を必要とする、実施形態1に記載のプロセス。

10

【0016】

実施形態4他のツールおよび／または機械によって実行される1つ以上の造形後ステップによって3D印刷された部品を造形することをさらに含む、実施形態1または任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0017】

実施形態51つ以上の造形後ステップは、カレンダー加工ステップを含む、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0018】

実施形態61つ以上の造形後ステップは、低温ローラの1つ以上の対によっておよび／またはそれらの間で実行される圧縮ステップを含む、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

20

【0019】

実施形態71つ以上の造形後ステップは、高温ローラの1つ以上の対によっておよび／またはそれらの間で実行される圧縮ステップを含む、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0020】

実施形態81つ以上の造形後ステップは、3D印刷された部品を冷却することを含む、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0021】

実施形態91つ以上の造形後ステップは、3D印刷された部品を急冷することを含む、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

30

【0022】

実施形態101つ以上の造形後ステップは、3D印刷された部品を加熱することを含む、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0023】

実施形態111つ以上の造形後ステップは、3D印刷された部品をピーニングすることを含む、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0024】

実施形態121つ以上の造形後ステップは、3D印刷された部品をレーザ加工することを含む、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

40

【0025】

実施形態131つ以上の追加の処理ステップをさらに含む、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0026】

実施形態141つ以上の追加の処理ステップは、ピーニングを含む、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0027】

実施形態151つ以上の追加の処理ステップは、レーザ加工を含む、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

50

【0028】

実施形態16 1つ以上の追加の処理ステップは、冷却を含む、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0029】

実施形態17 1つ以上の追加の処理ステップは、急冷を含む、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0030】

実施形態18 ハイブリッド製造プロセスは、仕上げられた部品に内部特徴を作製することができる、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0031】

実施形態19 ハイブリッド製造プロセスは、仕上げられた部品に表面特徴を作製することができる、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0032】

実施形態20 ハイブリッド製造プロセスは、仕上げられた部品に加熱または冷却チャネルを作製することができる、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0033】

実施形態21 ハイブリッド製造プロセスは、付加製造ステップ中に2つ以上のフィラー材料を堆積させることができる、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0034】

実施形態22 ハイブリッド製造プロセスは、1つ以上の除去ステップを介して3D印刷された部品から材料を除去することができる、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0035】

実施形態23 1つ以上の除去ステップは、3D印刷された部品上および／または3D印刷された部品内での穿孔を含む、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0036】

実施形態24 1つ以上の除去ステップは、3D印刷された部品上および／または3D印刷された部品内での切断を含む、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0037】

実施形態25 1つ以上の除去ステップは、3D印刷された部品の表面仕上げを含む、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0038】

実施形態26 1つ以上の除去ステップは、3D印刷された部品の機械加工を含む、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0039】

実施形態27 ハイブリッド製造システムは、各々が異なる付加製造ステップまたは除去製造ステップを実行することができる少なくとも2つのツールを含む、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0040】

実施形態28 ハイブリッド製造システムは、付加製造ステップおよび除去製造ステップの両方を実行することができる1つのツールのみからなる、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0041】

実施形態29 3D印刷された部品に1つ以上の事前造形された構成要素を組み込むことをさらに含む、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0042】

実施形態30 1つ以上の事前造形された構成要素は、1つ以上のパイプを含む、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0043】

実施形態31 付加製造プロセスであって

【0044】

第1の材料と第2の材料を接合することを含み、

【0045】

材料は共晶混合物を形成することができ、

【0046】

第1の材料と第2の材料は、1つ以上の追加の材料を介して、共晶混合物を形成しない方法で接合され、

【0047】

任意選択的に、固体付加製造ツールを介して1つ以上のフィラー材料を供給すること、および固体付加製造ツールを第1の材料および／または第2の材料の少なくとも1つの表面上で回転および並進させて、共晶混合物を形成せずに第1の材料および第2の材料をフィラー材料（複数可）と接合させることを含む、付加製造プロセス。

10

【0048】

実施形態32第1および第2の材料は、押し出しによって接合される、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0049】

実施形態33第1および第2の材料は、少なくとも1つのプレートによって接合される、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0050】

実施形態34第1および第2の材料は、少なくとも1つのプレートの1つの表面上で固体付加製造ツールを回転および並進させることによって接合される、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

20

【0051】

実施形態35第1および第2の材料は、少なくとも1つのプレートの2つ以上の表面上で固体付加製造ツールを回転および並進させることによって接合される、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0052】

実施形態36第1および第2の材料は、T構成で接合される、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0053】

実施形態37第1および第2の材料は、コーナ接合構成で接合される、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

30

【0054】

実施形態38付加製造プロセスは、欠陥のあるスポットまたは亀裂を有する部品または基板を修理することができる、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0055】

実施形態39付加製造プロセスは、以前に堆積された下の層に1つの堆積された層材料を押し出すことによって3D部品を印刷することができる、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0056】

実施形態40プロセスは、欠陥のあるスポットまたは亀裂を有する部品または基板を修理することができる、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

40

【0057】

実施形態411つ以上の付加ステップおよび／または除去ステップは、空気以外の媒体中で実行される、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0058】

実施形態42媒体は、水である、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0059】

実施形態431つ以上の付加ステップは、仕上げられた部品の微細構造を精製することができる、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0060】

50

実施形態 4 4 微細構造は、超微細粒微細構造である、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0061】

実施形態 4 5 1つ以上の付加ステップは、仕上げられた部品をコーティングすることができる、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0062】

実施形態 4 6 1つ以上のモジュラプラットフォームを介して 3 D 印刷部品を支持することをさらに含む、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0063】

実施形態 4 7 1つ以上の付加ステップは、異なるクラスの材料を組み込み、それらを一緒に接合する、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

10

【0064】

実施形態 4 8 仕上げられた部品は、サンドイッチ構造である、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0065】

実施形態 4 9 ハイブリッド製造システムは、除去プロセスを実行するように構成された 1つ以上のツールを含む、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0066】

実施形態 5 0 1つ以上のツールは、3 D 印刷された部品を穿孔することができる、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

20

【0067】

実施形態 5 1 1つ以上のツールは、3 D 印刷された部品に表面溝を付けることができる、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0068】

実施形態 5 2 中空スピンドルまたはツールは、内部通路と、フィラー材料（複数可）を追加するために必要に応じて内部通路を開閉する特徴とを含む、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0069】

実施形態 5 3 中空スピンドルまたはツールは、摩耗に耐えることができる仕上げを備えたショルダを含む、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

30

【0070】

実施形態 5 4 中空スピンドルまたはツールは、耐摩耗性材料を含む、先行する実施形態のいずれかに記載のプロセス。

【0071】

実施形態 5 5 1つ以上の付加ステップは、1つ以上の除去ステップの前に、またはその逆で実行される、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0072】

実施形態 5 6 1つ以上の付加ステップおよび 1つ以上の除去ステップは、付加ステップおよび除去ステップが交互になるように実行される、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

40

【0073】

実施形態 5 7 少なくとも 1つの付加ステップおよび少なくとも 1つの除去ステップは、付加ステップおよび除去ステップが交互になるように実行される、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0074】

実施形態 5 8 ハイブリッド製造プロセスであって、

【0075】

第 1 の層を形成するために 1つ以上の付加ステップを介してハイブリッド製造システムによってフィラー材料（複数可）を堆積させることを含み、1つ以上の付加ステップは、

【0076】

50

ハイブリッド製造システムの中空スピンドルまたはツールを介して1つ以上のフィラー材料を供給することと、

【0077】

フィラー材料（複数可）を基板上に堆積させることと、

【0078】

フィラー材料（複数可）および／または基板が界面領域において可鍛性および／または粘弾性になるように中空スピンドルまたはツールの回転するショルダによって法線力、剪断力、および／または摩擦力を適用することによってフィラー材料（複数可）および基板の、激しい塑性変形などの塑性変形を生じさせ、それにより第1の層を作製することと、

【0079】

第1の層に特徴を穿孔、研削、またはフライス加工することと、

【0080】

第1の層の上に第2の層を形成するために1つ以上の付加ステップを介してハイブリッド製造システムによってフィラー材料を堆積させることと、を含む、ハイブリッド製造プロセス。

【0081】

実施形態59特徴は、第1のチャンネルである、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0082】

実施形態60第2の層に第2のチャンネルを穿孔、研削、またはフライス加工することをさらに含み、第2のチャンネルは第1のチャンネルと連通している、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0083】

実施形態61第2の層が事前造形された部品の上に形成されるように、事前造形された部品を第1のチャンネルに配置することをさらに含み、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0084】

実施形態62事前造形された部品は、パイプである、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0085】

実施形態63ハイブリッド製造プロセスであって、

【0086】

第1の層を形成するために1つ以上の付加ステップを介してハイブリッド製造システムによってフィラー材料（複数可）を堆積させることを含み、1つ以上の付加ステップは、

【0087】

ハイブリッド製造システムの中空スピンドルまたはツールを介して1つ以上のフィラー材料を供給することと、

【0088】

フィラー材料（複数可）を基板上に堆積させることと、

【0089】

フィラー材料および／または基板が界面領域において可鍛性および／または粘弾性状態になるように中空スピンドルまたはツールの回転するショルダによって法線力、剪断力、および／または摩擦力を適用することによってフィラー材料（複数可）および基板の、激しい塑性変形などの塑性変形を生じさせ、それにより第1の層を作製することと、

【0090】

第1の層の微細構造を変更する方法で、機械的な力、エネルギー源、または冷却源を第1の層に適用することと、を含む、ハイブリッド製造プロセス。

【0091】

実施形態64エネルギー源は、レーザ、プラズマ、または超音波である、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

10

20

30

40

50

【0092】

実施形態65冷却源は、氷、ドライアイス、空気、気体、または液体である、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0093】

実施形態66機械的な力は、応力、圧縮、またはピーニングである、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

【0094】

実施形態67第1の層の上に第2の層を形成するために1つ以上の付加ステップを介してハイブリッド製造システムによってフィラー材料（複数可）を堆積させることをさらに含み、第2の層の微細構造は第1の層とは異なる、任意の先行する実施形態に記載のプロセス。

10

【0095】

実施形態68ハイブリッド製造システムであって、

【0096】

1つ以上のフィラー材料を受け入れることができる本体およびスロットを有する第1のツールと、

【0097】

フィラー材料に下向きの力を与えることができる押し下げアクチュエータと、を備え、

【0098】

第1のツールは、フィラー材料（複数可）および／またはフィラー材料の下に配設された基板に法線力、剪断力、および／または摩擦力を適用することによってスロットを通して排出されたときにフィラー材料（複数可）の、激しい塑性変形などの塑性変形を生じさせることができるショルダを含み、

20

【0099】

システムは、フィラー材料および／または基板を穿孔、研削、フライス加工、および／または切断することができる1つ以上の特徴をさらに含む、ハイブリッド製造システム。

【0100】

実施形態69第1のツールは、中空ピンをさらに含み、1つ以上の特徴は、中空ピン上に配設されている、任意の先行する実施形態に記載のハイブリッド製造システム。

【0101】

実施形態701つ以上の特徴は、ツールのショルダに配設されている、任意の先行する実施形態に記載のハイブリッド製造システム。

30

【0102】

実施形態711つ以上の特徴は、第1のツール上に配設されていないが、第2のツール上に配設されている、任意の先行する実施形態に記載のハイブリッド製造システム。

【0103】

実施形態72第2のツールは、内部通路を有しない、任意の先行する実施形態に記載のハイブリッド製造システム。

【0104】

実施形態731つ以上の特徴をツール内に格納することができる、任意の先行する実施形態に記載のハイブリッド製造システム。

40

【0105】

実施形態74内部通路を遮断または開放することができるドアをさらに含む、任意の先行する実施形態に記載のハイブリッド製造システム。

【0106】

実施形態75製造プロセスであって、

【0107】

複数の基板を互いに直交して隣接して配置することと、

【0108】

基板の複数の表面上に1つ以上の付加ステップを介してフィラー材料（複数可）を堆積

50

させ、1つ以上の付加ステップは、

【0109】

1つ以上の中空スピンドルまたはツールを介して1つ以上のフィラー材料を供給することと、

【0110】

基板の複数の表面にフィラー材料（複数可）を堆積させることと、

【0111】

フィラー材料（複数可）および／または基板が界面領域において可鍛性および／または粘弾性状態になるように1つ以上の中空スピンドルまたはツールの回転するショルダによって法線力、剪断力、および／または摩擦力を適用することによってフィラー材料（複数可）および基板の、激しい塑性変形などの塑性変形を生じさせ、それにより基板の界面に結合を導入することと、を含む、製造プロセス。

10

【0112】

実施形態76複数の表面は、互いに直交している、任意の先行する実施形態の製造プロセス。

【0113】

実施形態77別個の中空スピンドルまたはツールは、各直交表面上にフィラー材料を堆積させる、任意の先行する実施形態の製造プロセス。

【0114】

実施形態78製造プロセスであって、

20

【0115】

複数の基板を互いに直交して隣接して配置することと、

【0116】

複数のプレートを複数の基板と連通して配置することと、

【0117】

プレートの複数の表面上に1つ以上の付加ステップを介してハイブリッド製造システムによってフィラー材料（複数可）を堆積させることと、を含み、1つ以上の付加ステップは、

【0118】

1つ以上の中空スピンドルまたはツールを介して1つ以上のフィラー材料を供給することと、

30

【0119】

プレートの複数の表面にフィラー材料（複数可）を堆積させることと、

【0120】

フィラー材料（複数可）および／またはプレートが界面領域において可鍛性および／または粘弾性状態になるように中空スピンドルまたはツールの回転するショルダによって法線力、剪断力、および／または摩擦力を適用することによってフィラー材料（複数可）およびプレートの、激しい塑性変形などの塑性変形を生じさせ、それにより基板の界面に結合を導入することと、を含む、製造プロセス。

【0121】

40

実施形態79複数のプレートの表面は、互いに直交している、任意の先行する実施形態の製造プロセス。

【0122】

実施形態80別個の中空スピンドルまたはツールは、プレートの各直交表面上にフィラー材料を堆積させる、任意の先行する実施形態の製造プロセス。

【0123】

これらおよび他の実施形態ならびにそれらの特徴および利点は、前述の詳細な説明で明らかになるであろう。

【0124】

添付の図面は、本発明の実施形態の特定の態様を示しており、本発明を限定するために

50

使用されるべきではない。書面による説明とともに、図面は、本発明の特定の原理を説明するのに役立つ。

【図面の簡単な説明】

【0125】

【図1A】一実施形態による、結合プレートの固体付加製造プロセスの概略図である。

【図1B】一実施形態による、図1Aの固体付加製造プロセスの製品の概略図である。

【図2A】一実施形態による、プレートの少なくとも1つが溝、穴、または他の表面のくぼみを有する、結合プレートの固体付加製造プロセスの概略図である。

【図2B】プレートが異なる溝、穴、または他の表面のくぼみを有する、固体付加製造プロセスの製品の様々な実施形態の概略図である。

10

【図2C】プレートが異なる溝、穴、または他の表面のくぼみを有する、固体付加製造プロセスの製品の様々な実施形態の概略図である。

【図2D】プレートが異なる溝、穴、または他の表面のくぼみを有する、固体付加製造プロセスの製品の様々な実施形態の概略図である。

【図3A】実施形態による、異なる方向に向けられた複数の固体付加製造動作によってプレートを接合することによって製品が作られる、固体付加製造プロセスの製品の概略図である。

【図3B】実施形態による、異なる方向に向けられた複数の固体付加製造動作によって異なる材料を堆積することによって製品が作られる、固体付加製造プロセスの製品の概略図である。

20

【図4A】T接合によって形成された固体付加製造プロセスの製品の概略図であり、図4Bおよび図4Cは、実施形態による、接合の領域における1つ以上のプレートで強化された図4Aの製品を示している。

【図4B】T接合によって形成された固体付加製造プロセスの製品の概略図であり、図4Bおよび図4Cは、実施形態による、接合の領域における1つ以上のプレートで強化された図4Aの製品を示している。

【図4C】T接合によって形成された固体付加製造プロセスの製品の概略図であり、図4Bおよび図4Cは、実施形態による、接合の領域における1つ以上のプレートで強化された図4Aの製品を示している。

【図5A】一実施形態による、コーナ接合において接合される2つの材料を示す概略図である。

30

【図5B】一実施形態による、図5Aの2つの材料が接合部への材料の押し出しによって接合された製品を示す概略図である。

【図5C】一実施形態による、図5Aの2つの材料が、例えば、プレートの表面に沿って、異なる方向に沿って適用される固体付加製造ツールの動作によって接合された製品を示す概略図である。

【図5D】一実施形態による、図5Aの2つの材料が、接合部の近くに材料を堆積させることによって、または接合部の周りに配置されたプレートによって接合された製品を示す概略図である。

【図5E】一実施形態による、図5Aの2つの材料が、接合部に適用された他の材料またはプレートによって接合された製品を示す概略図である。

40

【図6A】一実施形態による、亀裂または欠陥を有する管状構造（図6A）を示す概略図である。

【図6B】一実施形態による、亀裂または欠陥を有する管状構造（図6B）を示す概略図である。

【図6C】一実施形態による、亀裂または欠陥を有する管状構造（図6C）を示す概略図である。

【図6D】一実施形態による、亀裂または欠陥を有する半管状構造（図6D）を示す概略図である。

【図6E】一実施形態による、亀裂または欠陥を有する半管状構造（図6E）を示す概略

50

図である。

【図 6 F】一実施形態による、亀裂または欠陥を有する半管状構造（図 6 F）を示す概略図である。

【図 7 A】実施形態による、1 つ以上の堆付加におけるチャンネルの形成を示す概略図である。

【図 7 B】実施形態による、1 つ以上の堆付加におけるチャンネルの形成を示す概略図である。

【図 7 C】実施形態による、1 つ以上の堆付加におけるチャンネルの形成を示す概略図である。

【図 7 D】実施形態による、1 つ以上の堆付加におけるチャンネルの形成を示す概略図である。

10

【図 7 E】実施形態による、1 つ以上の堆付加におけるチャンネルの形成を示す概略図である。

【図 8 A】一実施形態による、層の堆積（図 8 A）を示す概略図である。

【図 8 B】一実施形態による、堆付加へのチャンネル特徴の導入（図 8 B）を示す概略図である。

【図 9 A】一実施形態による、付加および除去ステップにより構築された部品、ならびに固体付加製造された部品への別の構成要素の組み込みを示す概略図である。

【図 9 B】一実施形態による、付加および除去ステップにより構築された部品、ならびに固体付加製造された部品への別の構成要素の組み込みを示す概略図である。

20

【図 9 C】一実施形態による、付加および除去ステップにより構築された部品、ならびに固体付加製造された部品への別の構成要素の組み込みを示す概略図である。

【図 9 D】一実施形態による、付加および除去ステップにより構築された部品、ならびに固体付加製造された部品への別の構成要素の組み込みを示す概略図である。

【図 9 E】一実施形態による、付加および除去ステップにより構築された部品、ならびに固体付加製造された部品への固体製造システムへの別の構成要素の組み込みを示す写真である。

【図 9 F】一実施形態による、付加および除去ステップにより構築された部品、ならびに固体付加製造された部品への固体製造システムへの別の構成要素の組み込みを示す写真である。

30

【図 9 G】一実施形態による、付加および除去ステップにより構築された部品、ならびに固体付加製造された部品への固体製造システムへの別の構成要素の組み込みを示す写真である。

【図 9 H】一実施形態による、付加および除去ステップにより構築された部品、ならびに固体付加製造された部品への固体製造システムへの別の構成要素の組み込みを示す写真である。

【図 10】一実施形態による、高温ローラもしくは低温ローラの 1 つ以上の対を通過する、またはカレンダー加工機器を通過する、堆積された層のスタックを示す概略図であり、印刷されたスタックが層のより薄いスタックに圧縮されている。

【図 11】一実施形態による、固体付加製造プロセスによる、柔らかい材料から作られた第 1 の層、およびそれに次ぐより硬い材料から作られた特徴の堆積を示す概略図である。

40

【図 12 A】実施形態による、ピーニングステップを経た堆付加の概略図である。

【図 12 B】実施形態による、ピーニングステップを経た堆付加の概略図である。

【図 12 C】実施形態による、ピーニングステップを経た堆付加の概略図である。

【図 12 D】実施形態による、ピーニングステップを経た堆付加の概略図である。

【図 13 A】実施形態による、固体付加製造プロセスによる層の堆積中に急速冷却を達成するために適用される冷気またはガスを示す概略図である。

【図 13 B】実施形態による、固体付加製造プロセスによる層の堆積中に急速冷却を達成するために適用される冷気またはガスを示す概略図である。

【図 13 C】一実施形態による、固体付加製造プロセスによる層の堆積中に急速冷却を達

50

成するために適用される低温液体または低温固体材料を示す概略図である。

【図 1 3 D】一実施形態による、固体付加製造プロセス中のツールを介した堆積が循環する低温媒体中で行われることを示す概略図である。

【図 1 4 A】実施形態による、層を堆積させるために使用され、堆積の表面に沿って移動して微細化された微細構造を生じるように再び使用される固体付加製造ツールを示す概略図である。

【図 1 4 B】実施形態による、層を堆積させるために使用され、堆積の表面に沿って移動して微細化された微細構造を生じるように再び使用される固体付加製造ツールを示す概略図である。

【図 1 4 C】一実施形態による、固体付加製造ツールの形状および／またはツールショルダの特徴が、元の堆積ステップと繰り返されるステップとの間で変化することを示す概略図である。

【図 1 4 D】一実施形態による、固体付加製造ツール間の切り替えのステップを示す概略図である。

【図 1 5】一実施形態による、固体付加製造中の 1 つ以上のローラの適用を示す概略図である。

【図 1 6 A】表面が腐食した部品を示す概略図である。

【図 1 6 B】一実施形態による、固体付加製造による図 1 6 A の部品の修理（図 1 6 B）および異物の除去（図 1 6 C）を示す概略図である。

【図 1 6 C】一実施形態による、固体付加製造による図 1 6 A の部品の修理（図 1 6 B）および異物の除去（図 1 6 C）を示す概略図である。

【図 1 6 D】一実施形態による固体付加製造プロセスによる修理前（図 1 6 D）の内部穴を備えたブレードを示す写真である。

【図 1 6 E】一実施形態による固体付加製造プロセスによる修理後（図 1 6 E）の内部穴を備えたブレードを示す写真である。

【図 1 7 A】一実施形態による、固体付加製造プロセスで押し出された硬化リブを備えたプレートを示す写真である。

【図 1 7 B】一実施形態による、固体付加印刷のための基板として使用されるスロット（ダイ）を備えたプレートを示す概略図である。

【図 1 7 C】基板の裏側の材料と、スロット（ダイ）を通じてプレートの裏側に押し出されてリブおよび／またはロック構造（図 1 7 C および 1 7 D）またはコーティング（1 7 E）を形成した材料とを示す概略図である。

【図 1 7 D】基板の裏側の材料と、スロット（ダイ）を通じてプレートの裏側に押し出されてリブおよび／またはロック構造（図 1 7 C および 1 7 D）またはコーティング（1 7 E）を形成した材料とを示す概略図である。

【図 1 7 E】基板の裏側の材料と、スロット（ダイ）を通じてプレートの裏側に押し出されてリブおよび／またはロック構造（図 1 7 C および 1 7 D）またはコーティング（1 7 E）を形成した材料とを示す概略図である。

【図 1 8 A】実施形態による、大きな構造（図 1 8 A）または細長い構造（図 1 8 B）を支持するために固体付加製造プロセスで使用されるモジュラプラットフォームを示す概略図である。

【図 1 8 B】実施形態による、大きな構造（図 1 8 A）または細長い構造（図 1 8 B）を支持するために固体付加製造プロセスで使用されるモジュラプラットフォームを示す概略図である。

【図 1 9 A】実施形態による、固体付加製造プロセス中に埋め込まれたセラミックまたは高性能プラスチックから作られた六角形の部品を示す概略図である。

【図 1 9 B】実施形態による、固体付加製造プロセス中に埋め込まれたセラミックまたは高性能プラスチックから作られた六角形の部品を示す概略図である。

【図 1 9 C】実施形態による、固体付加製造プロセス中に埋め込まれたセラミックまたは高性能プラスチックから作られた六角形の部品を示す概略図である。

10

20

30

40

50

【図 19 D】一実施形態による、固体付加製造プロセスにより堆積されたアルミニウム層に埋め込まれたセラミック六角形部品を示す写真である。

【図 20】一実施形態による、ハイブリッド付加および除去固体製造ステップ中に追加される複合体またはプリプレグ層を示す概略図である。

【図 21 A】実施形態による、様々な形状、延長部、および／または表面特徴を有するハイブリッド固体堆積／溝入れツールを示す概略図である。

【図 21 B】実施形態による、様々な形状、延長部、および／または表面特徴を有するハイブリッド固体堆積／溝入れツールを示す概略図である。

【図 21 C】実施形態による、様々な形状、延長部、および／または表面特徴を有するハイブリッド固体堆積／溝入れツールを示す概略図である。

10

【図 21 D】実施形態による、様々な形状、延長部、および／または表面特徴を有するハイブリッド固体堆積／溝入れツールを示す概略図である。

【図 21 E】実施形態による、様々な形状、延長部、および／または表面特徴を有するハイブリッド固体堆積／溝入れツールを示す概略図である。

【図 21 F】実施形態による、様々な形状、延長部、および／または表面特徴を有するハイブリッド固体堆積／溝入れツールを示す概略図である。

【図 21 G】実施形態による、様々な形状、延長部、および／または表面特徴を有するハイブリッド固体堆積／溝入れツールを示す概略図である。

【図 21 H】実施形態による、様々な形状、延長部、および／または表面特徴を有するハイブリッド固体堆積／溝入れツールを示す概略図である。

20

【図 21 I】実施形態による、様々な形状、延長部、および／または表面特徴を有するハイブリッド固体堆積／溝入れツールを示す概略図である。

【図 21 J】実施形態による、様々な形状、延長部、および／または表面特徴を有するハイブリッド固体堆積／溝入れツールを示す概略図である。

【図 21 K】実施形態による、様々な形状、延長部、および／または表面特徴を有するハイブリッド固体堆積／溝入れツールを示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0126】

ここで、本発明の様々な例示的な実施形態を詳細に参照する。例示的な実施形態の以下の考察は、本発明に対する限定として意図されたものではないことを理解されたい。むしろ、以下の考察は、読者に本発明の特定の態様および特徴のより詳細な理解を与えるために提供される。

30

【0127】

本発明は、付加および除去製造ステップを介して 3D 物体を作製するための固体付加製造法に関する。固体付加製造システムおよび他の製造システムを使用した 3D 物体の製造方法、または造形後方法も開示される。共晶の形成を回避することによって共晶混合物を形成する傾向がある材料を接合する方法も開示される。

【0128】

本出願で提供される実施例および説明では、様々な修正を行うことができ、これは本発明の範囲内にあることも意図されていることに留意されたい。例えば、記載された製造方法は、記載された方法ステップのうちの 1 つ以上を使用して、任意の順序で実施することができる。さらに、1 つの方法の方法ステップは、記載された他の方法のステップおよび／または当業者に知られている方法ステップと交換され得るおよび／または組み合わせられ得る。同様に、本出願で説明される特定のツールの特徴および構成は、省略、交換、および／または、説明されるかもしくは当業者に知られている他の特徴と組み合わせられ得る。さらに、特定の結果を得るためのツール、または本出願に記載された方法の特定のステップを実行するためのツールもまた、本発明の範囲に含まれる。

40

【0129】

いくつかの実施形態では、固体付加製造システムを使用して、2 つの材料 101 および 102 で作られている十分に結合された部品または基板を作り、ここで、材料 101 およ

50

び102は、高温および／または圧力にさらされたときに共晶混合物を形成する傾向がある（図1A）。101と102の材料の固体付加製造接合は、材料101と102との間の界面で共晶混合物を形成することなく行われる。材料の接合は、下のプレート101に接合する必要があるプレート102の上に第3の材料103を適用することによって行われる。固体付加製造ツールの動作は、材料103を堆積することによって始まり、次に、動作は、材料103の堆積された層の表面に沿って続く（図1A）。固体付加製造ツール104の間接的な動作は、下にあるプレート102および101ならびにそれらの界面に加熱および圧力を課すが、層103の表面に沿って課されるものよりもはるかに低い温度および圧力を課す。特定の実施形態では、固体付加製造ツール104は、実際には材料101内へ材料102を押し出させ、したがって、結合された101-102材料の最終的な外観は、混合された材料101および102の界面層を含む（図1B）。他の実施形態では、プレート103は、プレート101に結合される必要があるプレート102の上部に適用される。

【0130】

共晶混合物を形成する材料系の例は、アルミニウム／鋼系（例えば、Al5083またはAl1100および鋼304）、アルミニウム／マグネシウム系、および他の金属または他の材料の組み合わせであるが、それらに限定されない。

【0131】

いくつかの実施形態では、図2A～図2Cに示されるように、底プレート201の表面は、溝、穴、または他の表面のくぼみ201Aを含む。材料203（またはプレート203）の上部での間接的な固体付加製造ツール204の動作により、材料202（またはプレート202）はプレート201の溝または穴に押し出され（「押し込まれ」）、2つのプレート201および202は、共晶混合物を形成することなく、およびそれらの界面において溶融が発生することなく接合される（図2Aおよび図2B）。プレート201の表面上のくぼみ201Aは、接合する必要がある2つの異なる材料間の良好な接合を提供する、鳩尾形状および他のインターロック形状を含む任意の形状およびサイズとすることができる（図2C）。

【0132】

特定の実施形態では、上部材料203の固体付加適用を介した材料201内への材料202の押し出しを使用して、界面溶融することなく、かつ共晶を形成することなく、材料201内に、より硬い材料202の硬化構造を生じさせる（図2D）。さらに別の実施形態では、材料201内へ押し出された材料202は、補強構造201Aとして機能する。さらに他の実施形態では、プレート201へのプレート202の接合は、プレート203を使用し、プレート203の表面に沿って固体付加製造ツールを適用することによって行われる。

【0133】

いくつかの実施形態では、物体（部品）は、物体の2つ以上の表面上での複数の固体付加製造ツール304の動作によって作られ、例えば、物体は、異なる方向に向けられた固体付加製造動作によって作られる（図3A）。例えば、部品は、共晶混合物を形成する材料301、302、および303で作られる。共晶混合物の形成を回避するために、プレート305A、305B、および305Cを利用して、界面301-302、301-303、および302-303に良好な結合を提供する。固体付加製造ツール304は、プレート305Aの表面に沿って高強度の摩擦および他の力を加え、プラットフォーム306上に配置することができる材料303内への材料301および302の押し出しを可能にする。次に、物体を90°回転させ、固体付加製造ツール304の動作がプレート305Bの表面に沿って加えられ、材料301および302の結合を可能にする。界面301-302のより強い横方向結合のために、物体は、固体付加製造ツール304がプレート305Cの表面に沿って同様に動作を加えるように回転させられる。いくつかの実施形態では、材料301、302、および303のより良好な接合を達成するために、301Aおよび303A（図3Aおよび図3B）などのいくつかの材料の表面に溝または他のイン

10

20

30

40

50

ターロック構造が、接合プロセスの前に形成される。

【0134】

特定の実施形態では、図3Bに示されるように、前の実施形態（図3A）で使用されるプレート305A、305B、および305Cの代わりに、固体付加製造ツール304の動作は、301、302、および303ブロックの表面への直接的な材料307、308、および309の堆積を含み、図3Bに示されるように、材料307、308、および309は、いずれの材料301、302、および303とも共晶混合物を形成しないが、界面301-302、301-303、および302-303を十分に結合するために使用される。材料307、308、および309は、同じまたは異なる材料とすることができる。

10

【0135】

特定の実施形態では、部品401および402は、界面において溶融を生じずに接合される必要がある（図4A）。材料403および404は、固体付加製造システムにより401-402接合部の近くに堆積され（図4B）、固体付加製造ツールは、堆積された材料403および404の上に摩擦力および他の力を適用し続け、接合部に溶融を生じることなく401-402接合部をさらに強化する。材料403および404は、同じまたは異なる材料とすることができる。他の実施形態では、プレート403および404は、401-402接合部の近くに配置され、固体付加製造ツールは、これらのプレートの表面に沿って動作する。さらに別の実施形態では、追加のプレート、例えば、405などが追加されて、401と402との間の接合領域における良好な結合および非溶融を確実にする（図4C）。

20

【0136】

いくつかの実施形態では、第3のプレートは、異種材料501および502、または異種材料で作られた部品501および502のコーナ接合のために使用される（図5A）。特定の実施形態では、2つの異種部品501および502は、材料503を接合部内へ押し出すことによって一緒に接合され、接合部は、材料503またはプレート503の表面に沿って固体付加製造ツールの動作を介して押し付けられる（図5B）。別の実施形態では、固体付加製造ツールの動作は、異なる方向に沿って、例えば、プレート503A、503B、504A、および504Bの表面に沿って適用される（図5C）。他の実施形態では、部品501および502は、接合部内の材料の押し出しなしに、ただし501-502接合部の近く（周囲）に503および504材料を堆積させることによって接合される（図5D）。別の実施形態では、プレート503および504は、接合部501-502の周りに配置され、固体付加製造ツールの動作がこれらのプレートの表面に沿って適用される。さらに別の実施形態では、材料501、502、503、および504が共晶混合物を形成し、溶融が界面において回避されるべきである場合、他の材料またはプレート、例えば、材料／プレート505および506が適用され、固体付加製造ツールの動作がそれらの界面において行われる（図5E）。

30

【0137】

いくつかの実施形態では、固体付加製造システムは、高温および／または高圧下で修理される場合、共晶混合物を形成する可能性がある材料で作られた、到達困難なスポットまたは部品の修理に使用される。単なる一例として、欠陥（亀裂）601Cを有する、管状構造601A（図6A）または半管状構造601B（図6D）、または他の任意の湾曲構造は、欠陥スポットの周り（両側）に配置された1つまたは2つの湾曲プレート602および603を使用することによって修理することができる（図6Bおよび図6E）。プレートの1つの表面に沿った（例えば、湾曲したプレート602に沿った）固体付加製造ツールの動作によって、材料602は、欠陥スポット（亀裂）601C内に押し出される（押し込まれる）。修理プロセスの後、下にあるプレート603を取り除くことができ、一方、必要に応じて、余分な上部材料602を機械加工によって取り除くことができる（図6Cおよび図6F）。

40

【0138】

50

特定の実施形態では、固体製造システムは、ハイブリッドマルチタスクシステムとして機能し、付加製造ステップ、ならびに除去製造ステップおよび他の処理ステップを実行する。

【0139】

特定の実施形態では、固体付加製造堆積された部品（物体）は、内部チャンネル、例えば、冷却または加熱チャンネル705（図7B～図7E）を含む。ハイブリッド固体付加製造システムを使用するそのような部品の造形は、以下のステップ、（i）プラットフォーム706上の第1の層701の固体付加堆積（図7A）、（ii）堆積701における特徴（例えば、チャンネル705）の穿孔／フライス加工（図7B）、（iii）別の層702の堆積（図7C）、（iv）内部特徴、例えば、チャンネル705の穿孔／フライス加工（図7D）、および（v）内部特徴、例えば、チャンネル705を有する最終物体が製造されるまで必要に応じて上記のステップを繰り返すこと、を含むが、これらのステップに限定されない。例えば、堆積された層が接続された内部チャンネル705を有する、プラットフォーム706上の4つの固体印刷された層701、702、703、および704で作られた物体が、図7Eに示されている。

10

【0140】

実施形態では、固体付加製造システムは、任意選択的に、最初に層、例えば、801、802、803、および804をプラットフォーム806上に堆積することによって1つ以上またはすべての付加製造ステップを実行し（図8A）、次に材料除去の除去製造ステップが、必要な表面特徴および／または内部特徴、例えば、チャンネル805をもたらすために実行される（図8B）。

20

【0141】

いくつかの実施形態では、固体製造システムは、付加製造動作に加えて、除去製造動作を実行する。除去製造ステップは、フライス加工、旋削、研削、および／または穿孔などのプロセスによって材料を除去（または材料を切断）する。他の実施形態では、固体製造システムは、付加製造ステップのみを実行する一方、除去製造ステップ（フライス加工、旋削、研削、穿孔）は、他のタイプの機械およびツールによって実行される。

【0142】

特定の実施形態では、付加および除去ステップを必要とする部品は、固体製造システムによって構築され、当技術分野で知られている異なる技術によって造形される他の構成要素（複数可）が、固体付加製造された部品に組み込まれる。例えば、固体付加造形は、プラットフォーム906上に層901を堆積することから始まる（図9A）。次に、層901は、チャンネル905を作るために特定の場所から材料を取り除くための除去ステップを経て、チャンネル905に、異なる技術によって製造された構成要素、例えば、パイプが配置される（図9B）。次のステップでは、異なる技術によって作られた構成要素、例えば、パイプ907が、層901におけるチャンネル905に配置され、その後、固体付加製造機械は、層901および埋め込まれたパイプ907の上に次の層902の堆積ステップを開始する（図9D）。そのような部品の写真が図9Eに示されているのに対し、図9Fは、固体付加製造機械によって初期層901および902の上に追加の層が構築された同じ部品を示す。図9Gおよび図9Hは、異なる角度から見た、構築された同じ部品の写真である。

30

40

【0143】

特定の実施形態では、固体付加製造堆積された層および部品は、異なる造形後方法を受ける。例えば、一実施形態では、堆積1001A、1002A、および1003Aのスタックは、ローラ1008Aおよび1008Bの対などの、高温または低温ローラの1つ以上のセット、またはカレンダー加工機器を通過させられ、印刷されたスタックは、層1001B、1002B、および1003Bのより薄いスタックに圧縮される（図10）。これは、層のスタックを造形するための当技術分野で知られている他の方法と比較して有利であり、なぜなら、固体付加製造技術は、スタック内の異なる（または異種）材料から作られた層の間の良好な結合を提供し、この結合は、その後、造形後の様々な操作を受けた

50

とき、層間剥離の兆候を示さないからである。

【0144】

特定の実施形態では、固体付加製造機械は、図11に示されるように、軟質材料1101Aから作られた第1の層を堆積させ、次に、より硬い材料1102Aから作られた特徴を堆積させる。次に、構築された部品は、低温もしくは高温ローラ、ローラの1つ以上の対1108、または油圧プレスの中に配置され、より硬い材料1102Aから作られた特徴は、より軟質の材料から作られた下の層1101B内へ完全にまたは部分的に埋め込まれる。埋め込まれた材料1102Bの形状は、最初に堆積された材料1102Aと同じであり得るか、または異なる可能性がある。

【0145】

特定の実施形態では、堆積物は、以下のプロセスのいずれかによって、すなわちショットピーニング、レーザーピーニング、超音波ピーニング、またはそれらの組み合わせによって実行されるピーニングステップを受ける。例えば、一実施形態では、固体付加製造プロセスによって堆積された層1201Aは、ピーニング、ショット、レーザーもしくは超音波ピーニング、またはそれらの組み合わせ1209を受ける（図12A）。ピーニングプロセスは、堆積加1201Bにおける元の微細構造の微細化をもたらす。次に、追加の層を固体付加製造プロセスによって堆積させることができ、これらの層は、ピーニングプロセス1209を受けることができ、これにより、微細構造1202Bへの、元の微細構造1202Aの微細化された微細構造が生じる（図12B）。これらのステップは、構造または部品を構築するために必要に応じて複数回繰り返すことができる。微細構造1202Bは、元の固体付加製造された微細構造1202Aと比較して微細化されており、いくつかの実施形態では、材料に応じて、粒子サイズは5〜10μmの範囲、より好ましくは1〜5μmの範囲、または1μm未満であり、したがって超微細粒状（UFG）微細構造を示す。

【0146】

いくつかの実施形態では、ピーニングプロセスは、図12Cおよび図12Dに概略的に示されているプロセスのような堆積ステップとともに実行される。固体付加製造ツール1204は、第1の層1201A（図12C）を堆積させ、その後、ピーニングデバイス1209は、堆積された1201A層の表面に影響を及ぼし、微細構造の微細化を引き起こして、微細構造1201Bをもたらす。次に、追加の層1202Aが、固体付加製造ツール1204によって、微細化された構造を有する層1201Bの上に堆積され、その結果、ピーニングデバイス1209は、第2の層1202Aの微細構造の微細化を引き起こし、微細化された微細構造1202Bをもたらす（図12D）。微細化された微細構造は、UFG微細構造の範囲、または元の粒子よりもはるかに小さい粒子の他の範囲にあることができる。

【0147】

特定の実施形態では、結晶粒微細化は、固体付加製造された堆積物の急速な冷却または急冷によって可能になる。単なる一例として、冷氣またはガス（CO₂）1310が、固体付加製造ツール1304による層の堆積中に吹き付けられ、微細化された微細構造またはUFG微細構造1301をもたらす（図13A）。微細化された微細構造1301、1302などを有する複数の堆積物は、ツール1304を用いた固体堆積のステップと、それに続く低温ガス1310を用いた微細構造微細化のステップを複数回繰り返すことによって可能である（図13B）。

【0148】

他の実施形態では、低温液体（例えば、水）または低温固体材料（例えば、ドライアイス）1311は、堆積物を急速に冷却するためにツール1304を介した堆積中に配設され、したがって、堆積された微細構造1301の微細化を引き起こす（図13C）。

【0149】

さらに別の実施形態では、ツール1304を介した堆積は、循環する低温媒体1312内で行われ、したがって、微細構造の微細化は、堆積中に同時に行われる（図13D）。

【0150】

特定の実施形態では、プラズマまたはレーザ動作を使用して、堆付加の微細構造に変化を生じさせる。

【0151】

特定の実施形態では、ツール1404は、層1401Aを堆積させるために使用され、ツールは、堆積された層の表面に沿って移動して、微細化された微細構造またはさらにUFG微細構造1401Bを生じさせるために再び使用される（図14A）。特に、同じツールが、元の層1401Aを堆積させるために使用され、繰り返しの動きで、フィラー材料を追加せずに圧縮および／または摩擦ツールとしてのみ使用されるが、他の実施形態では、元のステップにおけるフィラー材料の堆積速度は、繰り返されるステップにおいて材料を追加する速度とは異なる。処理条件、例えば、ツールの回転、ツールの横方向の速度、ツールの温度などは、元の堆積ステップと繰り返される動きの間で異なる。これらの動作ステップは、必要に応じて複数回繰り返され、微細化された微細構造1401B、1402Bなどを備えた層から作られた構造または部品を構築する（図14B）。

10

【0152】

他の実施形態では、ツールの形状および／またはツールショルダの特徴は、元の堆積ステップと繰り返されるステップとの間で変化する（図14C）。例えば、特定の形状／ツールショルダ特徴1404Aを備えたツールは、層1401Aの元の固体堆積において使用される。次に、ツールは、形状のないツール／ツール特徴のないツール1404Bに切り替えられ、堆付加1401Aの表面に沿って移動し、微細構造の微細化またはUFG微細構造1404Bを生じさせる。ツール1404Aおよび1404Bを切り替えるこれらのステップは、微細化された微細構造1401B、1402Bなどを備えた複数の層から作られた部品または構造を構築する際に、必要に応じて複数回繰り返すことができる（図14D）。

20

【0153】

特定の実施形態では、1つ以上のローラ1513がプラットフォーム1506の下で使用され、そこでは、固体付加製造がツール1504を介して行われる（図15）。堆付加1501の微細構造は、下のローラ1513の動きによって影響を受ける。ローラ1513は、堆積中およびその後、ツール1504およびプラットフォーム1506によって堆付加に適用される応力を制御する。

30

【0154】

いくつかの態様において、固体製造ハイブリッド機械は、修理が困難な部品または溶接不可能な材料から作られた部品の修理に使用される。修理プロセスは、付加ステップのみ、または除去ステップのみ、またはその両方（付加ステップおよび除去ステップの組み合わせ）を伴い得る。例えば、一実施形態では、部品1601Aの表面は、非常に腐食した1601Bである（図16A）。この部品は、当技術分野で知られている従来の方法による腐食した表面の修理プロセスをより困難にする表面開口部1601Cを備えた空洞を含む。事前の表面処理なしの腐食した部品1601Aは、固体付加修理プロセスを受け、追加の層1602が、部品1601Aの腐食した表面の上に追加される（図16B）。次に、機械加工の次のステップで、余分な材料が取り除かれ、腐食した表面が層1602で覆われ、これは、部品1601Aが作られた材料と同じまたは異なる材料とすることができる（図16C）。固体付加製造修理プロセスの特定の例を図16Dおよび図16Eに示す。内部穴のあるブレードは、事前の表面処理を行わずに固体付加製造プロセスにより修理され（図16D）、次に修理されたブレードが機械加工される（図16E）。

40

【0155】

いくつかの態様において、ハイブリッド固体付加製造システムは、ボンド（接着剤）を構造物における弱点として導入する、事前造形された部品を構造物に結合することなど、当技術分野で知られている他のプロセスによって追加または製造することが困難な特徴の押し出しに使用される。特定の実施形態では、強化リブまたは硬化リブは、固体付加製造によって押し出され、固体付加プロセスにより押し出された硬化リブを備えたプレートの

50

写真が図17Aに示されている。この目的のために、一実施形態では、固体付加印刷のための基板1706として使用されるプレートは、スロット（ダイ）1706Aを有する（図17B）。固体付加製造ツール1704は、基板1706の裏側に材料を堆積させ、材料1702Aは、スロット（ダイ）を通してプレートの裏側に押し出され、リブ1702C、増強および／またはロッキング構造1702Dを形成する（図17Cおよび図17D）。特定の実施形態では、材料1702Aの流動特性および適用される処理条件に応じて、基板1706Aのスロット全体に押し出された材料1702Aは、基板1706Aの裏側におけるコーティング1702Eとして機能する（図17E）。表側は、余分な堆積した材料を除去するために研磨または機械加工することができる。

【0156】

いくつかの態様において、大きな物体は、固体付加製造プロセスによって構築され、そのような大きな物体を支持するためのモジュラプラットフォームが使用される。特定の例は、4つの構成部品1806A、1806B、1806C、および1806Dを含むモジュラプラットフォームを伴う（図18A）。そのようなプラットフォームは、ハイブリッド固体付加および除去製造ステップによる大きなおよび／または重い部品1801の構築中の応力を効率的に支持する。別の実施形態では、モジュラプラットフォームは、ハイブリッド固体製造プロセスによって修理を受けるパイプ1802などの細長い物体を支持するために、プレート1806Aおよび1806Bを含む細長い大きなアスペクト比のプラットフォームを含む（図18B）。

【0157】

いくつかの態様において、最終的な物体の一部は、ハイブリッド固体製造プロセスの前に造形される。そのような部品は、最終的な所望の構造を実現するためのテンプレートまたは構築ブロックとして使用される。例えば、一実施形態では、セラミックまたは高性能プラスチック1901Aから作られた六角形部品がプラットフォーム／基板1906A上に配置され（図19A）、次いで、材料1901Bが、これらの部品1901Aの周りに固体付加製造ツール1904を介して堆積される（図19B）。いくつかの実施形態では、初期基板／プラットフォーム1906A、部品1901Aを含む堆付加1901B、次いで、堆付加1902Bに埋め込まれた部品1902Aを備える別の基板1906Bなどを含む多層複合構造を達成するために、ステップを複数回繰り返すことができる（図19C）。埋め込まれたセラミック六角形部品を備えるそのような構造は、弾道および他の軍事事用途において使用することができる。固体付加製造によって堆積され、その後機械加工されたアルミニウム層に埋め込まれたセラミック六角形部品の写真を図19Dに示す。

【0158】

いくつかの態様において、複合層またはプリプレグ層は、ハイブリッド付加および除去固体製造ステップの間に追加される。一実施形態では、例えば、ポリマーマトリックスに一軸または二軸に配置された炭素繊維を含む複合層2003は、基板2006の上に配置され、次いで、次の層2001が、固体付加製造によって複合層2003の上に堆積される（図20）。別の実施形態では、層2003は、プリプレグ層、例えば、一軸、二軸、または多軸に配置された炭素繊維または他の繊維のシートである。いくつかの実施形態では、複合層またはプリプレグ層2003は、表面の活性化または機能化を誘発し、下の層（基板）および上の層へのより良好な結合を促進するために、化学的手段、レーザもしくはプラズマ、または任意の他の手段によって前もって処理される。複数の複合層および／またはプリプレグ層ならびにそれらの間の固体堆付加を含む多層構造を構築するために、これらのステップを繰り返すことができる。

【0159】

いくつかの態様において、フィラー材料の堆積、および部品または基板の表面への溝、穴、またはチャネルの導入はすべて、様々な形状、延長部および／または表面特徴を有するハイブリッド固体堆積／溝入れツールを用いて実行される。一実施形態では、ツールは、フィラー材料を供給するための通路（チャネル）2104B、フィラー材料を供給するための延長部—中空ピン2104C、および穿孔特徴2104Dを備えた本体2104A

を有する（図 2 1 A）。チャネルを有しないが、異なる穿孔特徴 2 1 0 4 E または切断特徴 2 1 0 4 F のみを有するツールが、それぞれ、図 2 1 B および図 2 1 C に示されている。形状およびサイズが類似または異なる 1 つ以上の穿孔または切削ツール延長部 2 1 0 4 F および 2 1 0 4 G が、ツールショルダから延在していてもよい（図 2 1 D および図 2 1 E）。ツールショルダと、その延長部との間の高強度の摩擦および他の力を部品または基板の表面に適用することにより、穿孔が行われる。穴またはチャネルの形成後、穿孔ツールを、それを通じてフィラー材料が追加される内部通路を備える固体付加製造ツールと切り替えることにより、次の製造ステップが実行される。

【0160】

他の実施形態では、付加および除去製造ステップの両方を実行することができるハイブリッド固体製造ツールが使用される。一例として、固体製造ツールにおけるツール延長部は、格納可能 2 1 0 4 H である（図 2 1 F および図 2 1 G）。より具体的には、延長部がツールショルダから延長されると、フィラー材料通路は「ドア」2 1 0 4 I によって閉鎖される（図 2 1 F）。延長部がツールの本体内に格納されると、通路が開き、フィラーが作業面を通過できるようになる（図 2 1 G）。

【0161】

いくつかの実施形態では、ツール表面は、ツール堆積中および穿孔中の耐摩耗性（摩耗抵抗）を増大させるためにセラミックコーティング 2 1 0 4 J でコーティングされるのに対し（図 2 1 H）、他の実施形態では、ツールの一部 2 1 0 4 K は、ツール耐摩耗性、ひいては寿命を増大させるためにセラミック材料で造形される（図 2 1 I）。高い耐摩耗性／摩耗抵抗を有することが当技術分野で知られている他の任意の材料が、ツールコーティング 2 1 0 4 J またはツール部分 2 1 0 4 K を作るために使用され得る。さらに別の実施形態では、増大した耐摩耗性を有するツール部分は、より良好な混合、穿孔、または他の操作を可能にするために、突起または他の表面特徴を有することができる（図 2 1 J および図 2 1 K）。

【0162】

実施形態によれば、固体付加製造プロセス（複数可）は、例えば、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる米国出願公開第 2 0 1 0 / 0 2 8 5 2 0 7 号、第 2 0 1 2 / 0 2 7 9 4 4 1 号、第 2 0 1 5 / 0 1 6 5 5 4 6 号、第 2 0 1 7 / 0 2 1 6 9 6 2 号に記載された任意のツール（固体付加製造ツール）であり得るまたはそれらを含む機械またはシステム（例えば、本明細書において互換的に使用される、固体付加製造機械または固体付加製造システム）によって実行される。一実施形態によれば、固体付加製造機械または固体付加製造システムは、摩擦ベース製造ツールを含み、摩擦ベース造形ツールは、摩擦加熱および圧縮荷重を受けたときに変形に抵抗することができる材料から形成された非消耗本体と、本体を通して長さ方向に通路を画定し、かつ本体の回転中にスロートの材料に法線力を加えるように成形されたスロットと、を含む。

【0163】

別の実施形態によれば、固体付加製造機械は、本体およびスロットを有する非消耗部材を含み、スロットは、基板に対するコーティング材料の摩擦加熱を課するのに十分な速度で回転させられたときに本体からコーティング材料に回転を与えるために、スロット内に配設された消耗材料に法線力を加えるように成形されており、本体は、スロットから基板への消耗材料の分配および圧縮負荷のための下向き力アクチュエータと、基板に対して本体を回転および並進させるための 1 つ以上のアクチュエータまたはモータと、に動作可能に接続されており、本体は、基板に積載された消耗材料を本体と基板との間の容積に捕捉するための、および基板上のコーティングの表面を形成および剪断するための表面を含む。

【0164】

他の特定の実施形態は、以下を含む摩擦ベース造形ツールを含む。（a）基板上への堆積前にその中に配設された消耗コーティングまたはフィラー材料を収容するための中空内部を含むスピンドル部材であって、スピンドルの内部は、スピンドルの回転中に消耗材料を回転させるために、スピンドルの内部に配設された消耗材料に法線力を加えるように成

10

20

30

40

50

形されている、スピンドル部材と、(b) 下向き力アクチュエータであって、スピンドルから基板への消耗材料の分配および圧縮負荷のためにスピンドルと、基板に対してスピンドルを回転および並進させるための1つ以上のモータまたはアクチュエータと動作可能に通信する、下向き力アクチュエータと、を含み、スピンドルは、平坦な表面形状、または積載された消耗材料の機械的攪拌を強化するための構造を備えた表面形状を有するショルダ表面を含み、そのショルダ表面は、積載された消耗材料をショルダと基板との間の容積に捕捉するように、および基板上のコーティングの表面を形成および剪断するように動作可能に構成されている。

【0165】

いくつかの実施形態では、スロートは、非円形の断面形状を有する。さらに、消耗固体、粉末、または粉末充填チューブタイプコーティング材料を含む消耗材料として、任意のフィラー材料を使用することができる。粉末タイプのコーティング材料の場合、粉末はツールの内部スロート内に緩くまたは密に詰めることができ、法線力が、密に詰められた粉末フィラー材料に、より効率的に加えられる。粉末フィラー材料の詰め込みは、コーティングプロセスの前または最中に行うことができる。

【0166】

さらに、消耗フィラー材料部材と組み合わせられた、本明細書に記載の任意の構成、または本明細書に記載の本発明による方法を実施するために必要な任意の構成を含むツール構成が、提供される。したがって、本発明のツール実施形態は、非消耗部分（熱および圧力下での変形に抵抗する）を単独で、または消耗コーティング材料もしくは消耗フィラー材料（例えば、そのような消耗材料は、非消耗部分がさらされる熱および圧力の量の下で変形、溶融、または可塑化するものを含む）と一緒に含む。

【0167】

本発明の別の態様は、傷ついた表面を修理する、異なる厚さの基板を得るために表面を構築する、2つ以上の基板を一緒に接合する、または基板の表面における穴を充填するなど、基板上に表面層を形成する方法を提供することである。そのような方法は、本出願に記載のツールを用いて基板上にコーティングまたはフィラー材料を堆積させること、および任意選択的に、例えば、堆積されたコーティング材料を基板の材料と組み合わせることでより均質なコーティング-基板界面を形成するための機械的手段を含む、堆積されたコーティング材料を摩擦攪拌することを含むことができる。堆積および攪拌は、同時に実行することも、それらの間で間隔を空けて、または間隔を空けずに順に実行することができる。堆積および攪拌は、単一のツール、または同じもしくは異なる別個のツールを使用して実行することもできる。

【0168】

特定の方法は、基板に対するコーティング材料の摩擦加熱および圧縮負荷を使用して基板上にコーティングを堆積させることを含み、それにより、ツールは、摩擦加熱および圧縮負荷中にコーティング材料を支持し、コーティングの表面を形成および剪断するように動作可能に構成されている。

【0169】

実施形態では、ツールおよび消耗材料は、好ましくは、基板に対して回転する。ツールは、消耗材料に取り付けることができ、任意選択的に、コーティング材料上でのツールの再配置を可能にする方法で取り付けることができる。そのような実施形態は、使用中にコーティング材料とツールとの回転速度の差がないように構成することができる。あるいは、消耗材料およびツールは、ツールのスロートを通じた消耗材料の連続的または半連続的な供給または堆積を可能にするために取り付けることができない。そのような設計では、使用中、堆積中に消耗材料とツールとの間で回転速度に差がある可能性がある。同様に、実施形態は、ツールとは独立してまたはツールに依存して回転される消耗材料を提供する。

【0170】

好ましくは、消耗材料は、ツールのスロートを通して、かつ任意選択的に、消耗材料を、スロートを通して引き出すかまたは押し出すことによって送達される。実施形態では、

消耗材料は外面を有し、ツールは内面を有し、外面および内面は、キーおよびロックタイプの嵌合を可能にするために相補的である。任意選択的に、ツールのスロートおよび消耗材料は、縦方向にスライド可能に係合することができる。さらに、ツールのスロートは内径を有することができ、消耗材料は、内径に対して同心の円筒形のロッドとすることができる。さらに、ツールは、内面を備えたスロートを有することができ、消耗材料は外面を有することができ、これらの面は、係合またはインターロックして、ツールから消耗材料に回転速度を提供することができる好ましい実施形態では、消耗フィラーまたはコーティング材料は、ツールのスロート内におよび／またはツールを通して連続的または半連続的に供給および／または送達される。基板の新しい表面を形成するための任意の堆積させられた消耗材料の切断は、好ましくは、基板上に任意の酸化物バリアコーティングを分散させる方法で行われる。

10

【0171】

本発明のさらに別の態様は、基板上に表面層を形成する方法を提供することであり、これは、基板の穴を充填することを含む。この方法は、充填材料の粉末を穴（複数可）に配置し、摩擦加熱および圧縮荷重を穴内の充填材料粉末に適用して、充填材料を固めることを含む。

【0172】

さらに別の実施形態では、固体付加製造機械は、本明細書に記載されているツールを含むことに加えて、基板を含む。消耗フィラー材料または基板（複数可）として機能することができる材料は、金属および金属材料、ポリマーおよびポリマー材料、セラミックおよび他の強化材料、ならびにこれらの材料の組み合わせを含むことができる。実施形態では、フィラー材料は、基板材料（複数可）の材料と同種または異種の材料とすることができる。フィラー材料および基板（複数可）は、ポリマー材料または金属材料を含むことができ、限定されることなく、金属-金属の組み合わせ、金属マトリックス複合体、ポリマー、ポリマーマトリックス複合体、ポリマー-ポリマーの組み合わせ、金属-ポリマーの組み合わせ、金属-セラミックの組み合わせ、およびポリマー-セラミックの組み合わせを含む。

20

【0173】

1つの特定の実施形態では、フィラー材料は、本明細書に記載の任意の形態の金属または金属フィラー材料などの導電性材料を含む。導電性フィラー材料、または基板（複数可）は、例えば、Al、Ni、Cr、Cu、Co、Au、Ag、Mg、Cd、Pb、Pt、Ti、Zn、またはFe、Nb、Ta、Mo、W、金属酸化物、またはこれらの金属の1つ以上を含む合金を含む、任意の金属から独立して選択することができる。実施形態では、フィラー材料または基板（複数可）は、ポリマー材料またはプラスチック材料などの非導電性材料を含む。フィラー材料として有用なポリマー材料の非限定的な例は、ポリオレフィン、ポリエステル、ナイロン、ビニル、ポリビニル、アクリル、ポリアクリル、ポリカーボネート、ポリスチレン、ポリウレタンなどを含む。追加の例を以下に示す。

30

【0174】

さらに別の実施形態では、フィラー材料は、少なくとも1つの金属材料および少なくとも1つのポリマー材料を含む複合材料である。他の実施形態では、界面において複合材を作製するために複数の材料の組み合わせを使用することができる。

40

【0175】

フィラー材料は、以下を含むがこれらに限定されないいくつかの形態とすることができる：1) 単一組成の金属粉末またはロッド；2) マトリックス金属と強化粉末を混合して、供給材料として使用することができる；または3) マトリックスの固体ロッドに穴を開けて（例えば、チューブまたは他の中空円筒タイプの構造を作り出すために）、補強粉末、または金属マトリックス複合材と補強材の混合物を充填することができる。後者では、マトリックスと補強材の混合は、造形プロセス中にさらに行うことができる。実施形態では、フィラー材料は、中実の金属ロッドであり得る。一実施形態では、フィラー材料はアルミニウムである。

50

【0176】

実施形態によれば、フィラー材料および／または基板（複数可）は、プラスチック、ホモポリマー、コポリマー、またはポリマー材料から独立して選択され、ポリマー材料は、ポリエステル、ナイロン、ポリビニル、例えば、ポリ塩化ビニル（PVC）、ポリ塩化ビニリデン（PVDC）、ポリフッ化ビニリデン（PVDF）、ポリアクリル酸、ポリエチレンテレフタレート（PETもしくはPETE）、ポリブチレンテレフタレート（PBT）、ポリアミド（PA）、ナイロン（Ny6、Ny66）、ポリラクチド、ポリカーボネート、ポリスチレン、ポリウレタン、エンジニアリングポリマー、例えば、ポリエーテルケトン（PEK）、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）、ポリアリールエーテルケトン（PAEK）、アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン（ABS）、ポリフェニレン・スルファイド（PPS）、ポリスルホン（PSU）、ポリフェニルスルホン（PPSU）、ポニフェニレンオキシド（PPO）、ポリフェニレン・スルファイド（PPS）、ポリオキシメチレンプラスチック（POM）、ポリフタルアミド（PPA）、ポリアクリルアミド（PARA）、および／またはポリオレフィン、例えば、高密度ポリエチレン（HDPE）、低密度ポリエチレン（LDPE）、環状オレフィンコポリマー（COC）、ポリプロピレン、複合材、混合物、強化材料、もしくは金属マトリックスおよびセラミック相を含む金属マトリックス複合材を含み、ここで、金属マトリックスは、金属、金属合金、または金属間化合物のうちの1つ以上を含み、セラミック相は、セラミックを含み、金属材料、金属マトリックス複合材（MMC）、セラミック、セラミック材料、例えば、SiC、TiB₂、および／またはAl₂O₃などから独立して選択され、金属は、Al、Ni、Cr、Cu、Co、Au、Ag、Mg、Cd、Pb、Pt、Ti、Zn、Fe、Nb、Ta、Mo、W、金属酸化物、またはこれらの金属の1つ以上を含む合金を含み、ならびに任意のこれらの材料の組み合わせを含む。

【0177】

本発明は、様々な特徴を有する特定の実施形態を参照して説明されてきた。上記の開示に照らして、本発明の範囲または精神から逸脱することなく、本発明の実施において様々な修正および変形を行うことができることは当業者には明らかであろう。当業者は、開示された特徴が、所与の用途または設計の要件および仕様に基づいて、単独で使用され得る、任意の組み合わせで使用され得る、または省略され得ることを認識するであろう。ある実施形態が特定の特徴を「含む」ことに言及する場合、その実施形態は、代替的に、その特徴の任意の1つ以上「からなる」または「から本質的になる」ことができることを理解されたい。本発明の他の実施形態は、本発明の仕様および実施を考慮することにより当業者に明らかであろう。

【0178】

特に、本明細書において値の範囲が提供されている場合、その範囲の上限と下限との間の各値も具体的に開示されていることに留意されたい。これらのより小さい範囲の上限と下限は、独立してその範囲に含まれ得るかまたは除外され得る。単数形の「a」、「an」、「the」は、文脈が明確に別段の定めをしないかぎり、複数の指示対象を含む。明細書および実施例は、本質的に例示的なものと見なされ、本発明の本質から逸脱しない変形は、本発明の範囲内に含まれることが意図されている。さらに、本開示において引用されるすべての参考文献は、各々個々に参照によりその全体が本明細書に組み込まれ、したがって、本発明の開示を可能にすることを補足する効率的な方法を提供するとともに、当業者のレベルを詳述する背景を提供することが意図されている。

10

20

30

40

50

【図面】
【図 1 A】

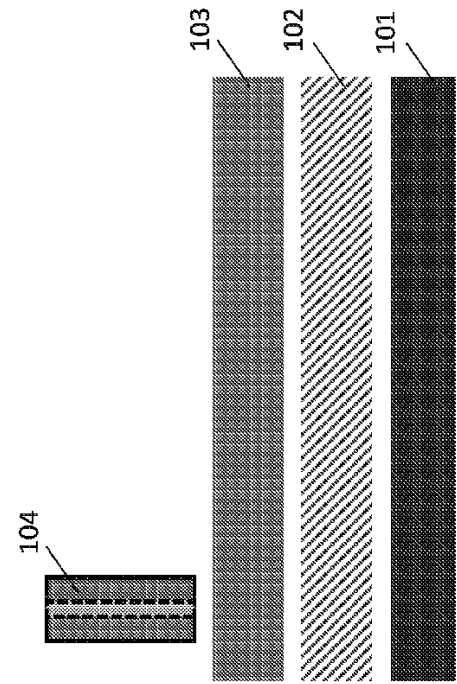


FIG. 1A

【図 1 B】

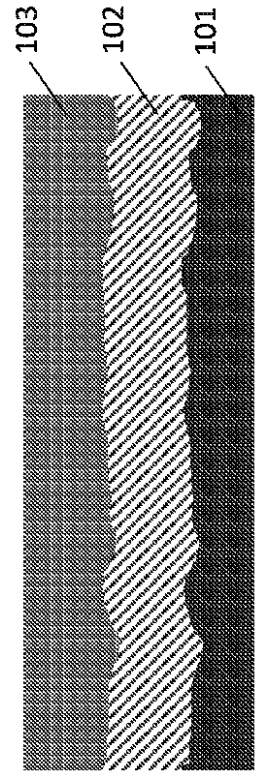


FIG. 1B

【図 2 A】

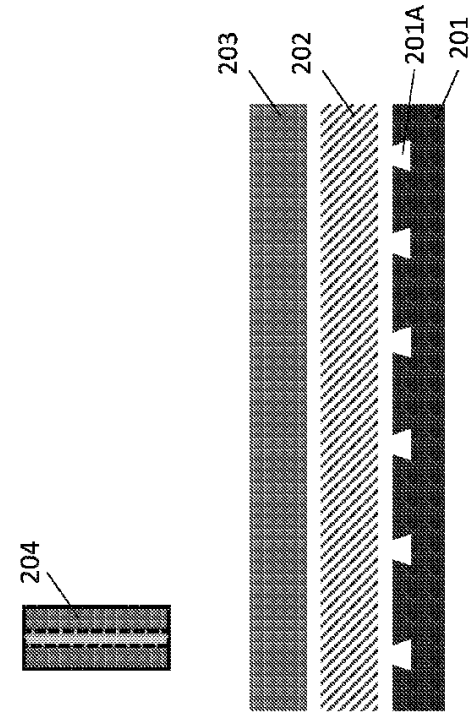


FIG. 2A

【図 2 B】

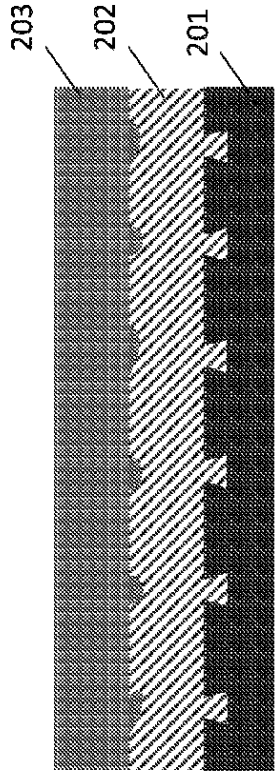


FIG. 2B

10

20

30

40

50

【図 2 C】

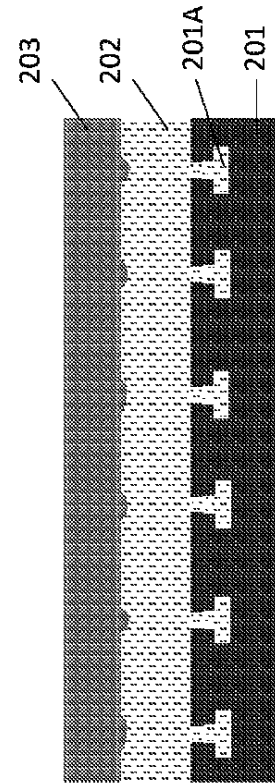


FIG. 2C

【図 2 D】

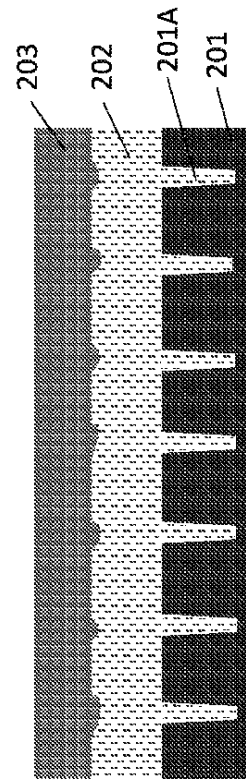


FIG. 2D

【図 3 A】

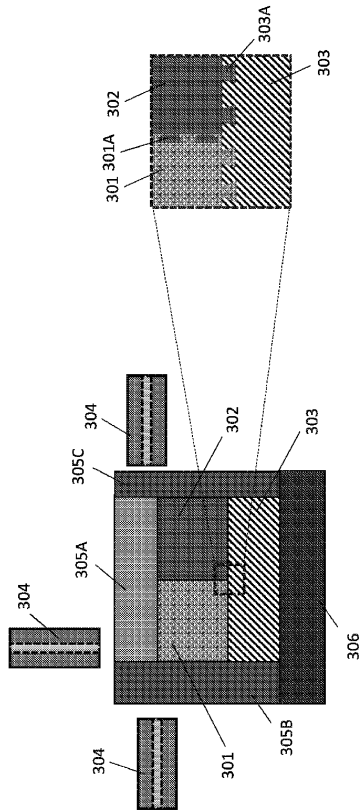


FIG. 3A

【図 3 B】

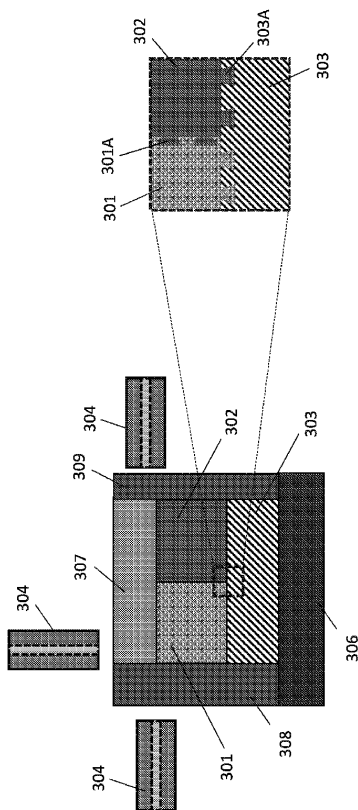


FIG. 3B

10

20

30

40

50

【図 4 A】

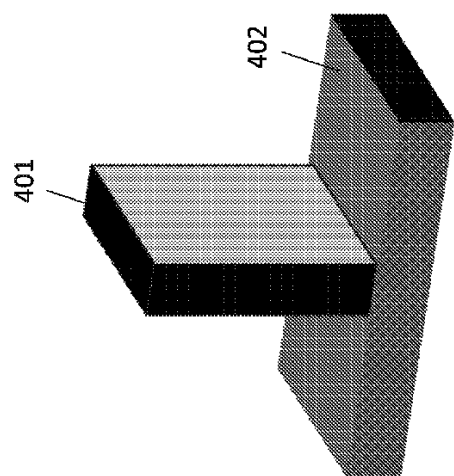


FIG. 4A

【図 4 B】

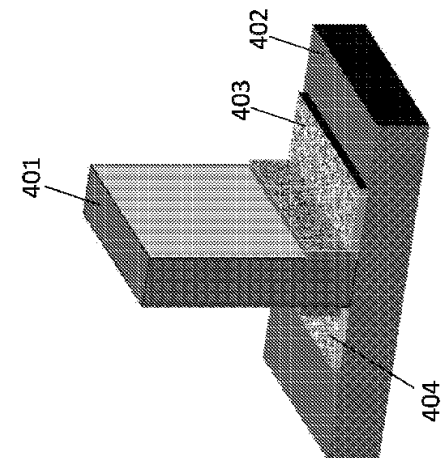


FIG. 4B

【図 4 C】

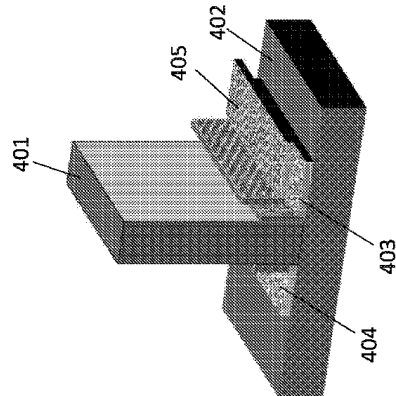


FIG. 4C

【図 5 A】

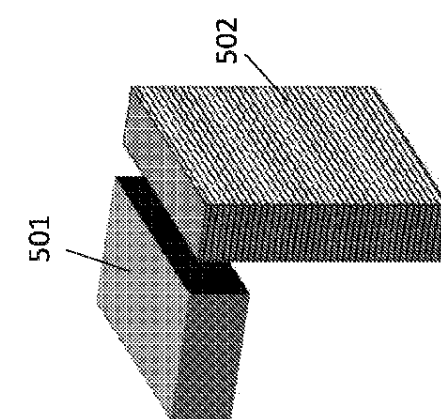


FIG. 5A

10

20

30

40

50

【図 5 B】

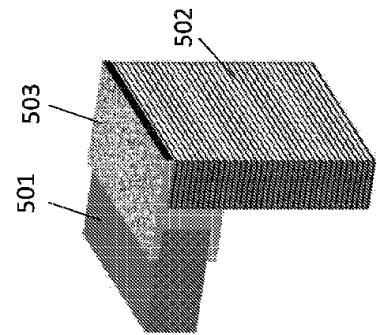


FIG. 5B

【図 5 C】

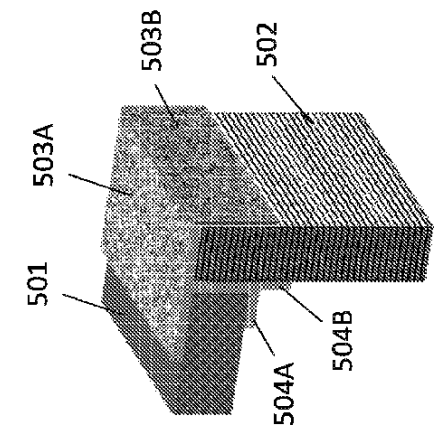


FIG. 5C

【図 5 D】

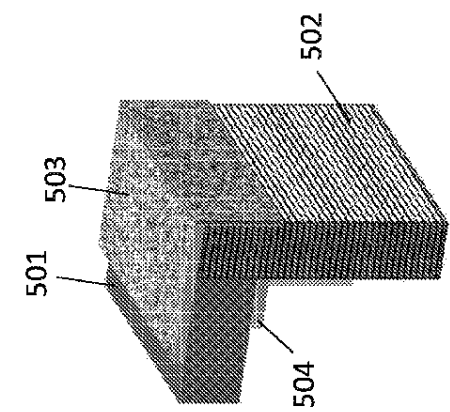


FIG. 5D

【図 5 E】

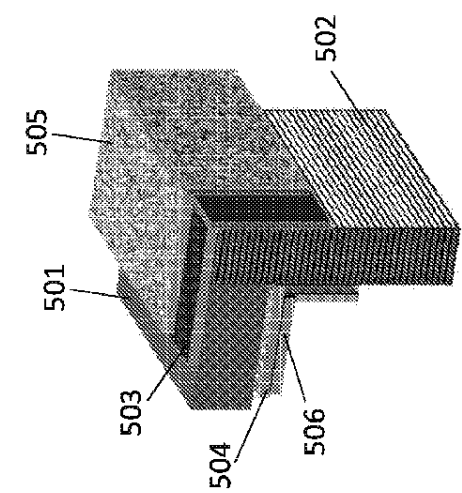


FIG. 5E

10

20

30

40

50

【図 6 A】

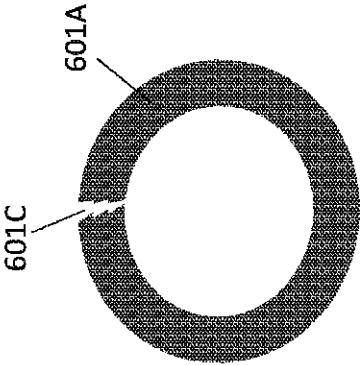


FIG. 6A

【図 6 B】

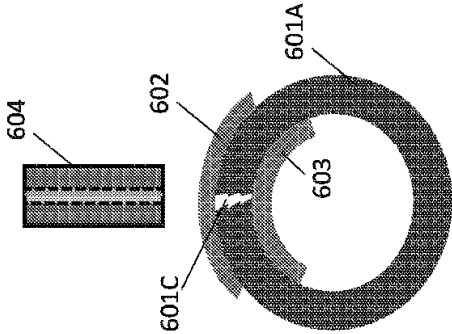


FIG. 6B

【図 6 C】

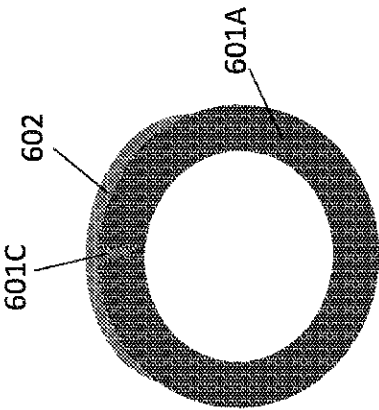


FIG. 6C

【図 6 D】

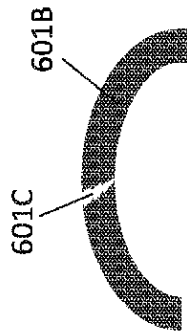


FIG. 6D

10

20

30

40

50

【図 6 E】

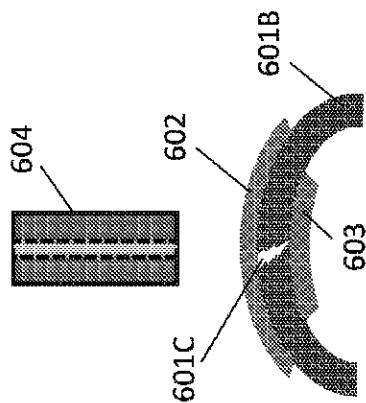


FIG. 6E

【図 6 F】

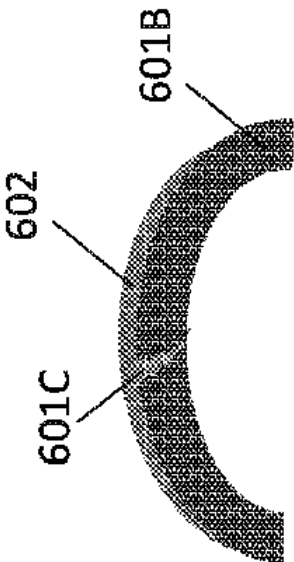


FIG. 6F

【図 7 A】

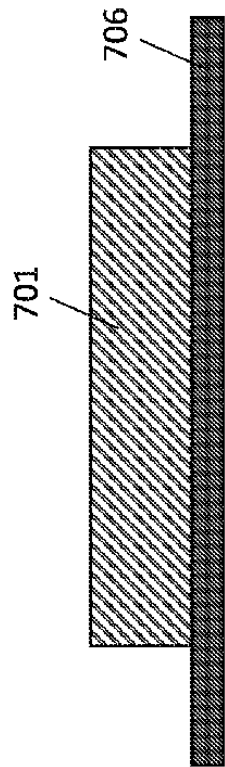


FIG. 7A

【図 7 B】

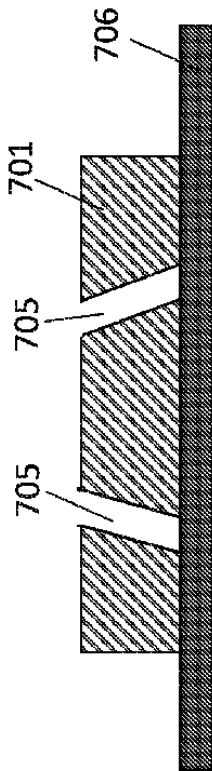


FIG. 7B

10

20

30

40

50

【図 7 C】

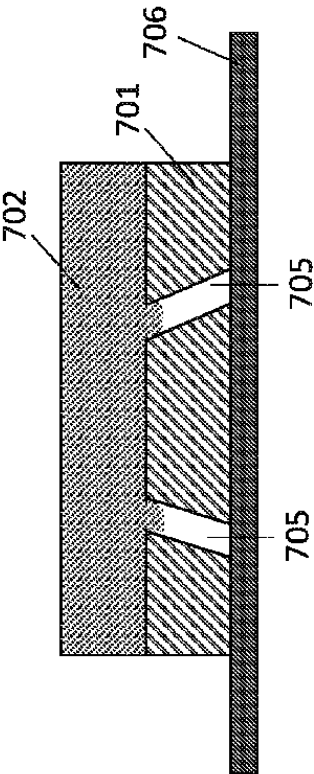


FIG. 7C

【図 7 D】

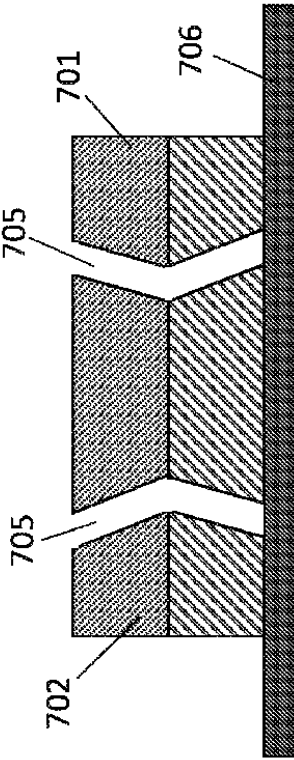


FIG. 7D

【図 7 E】

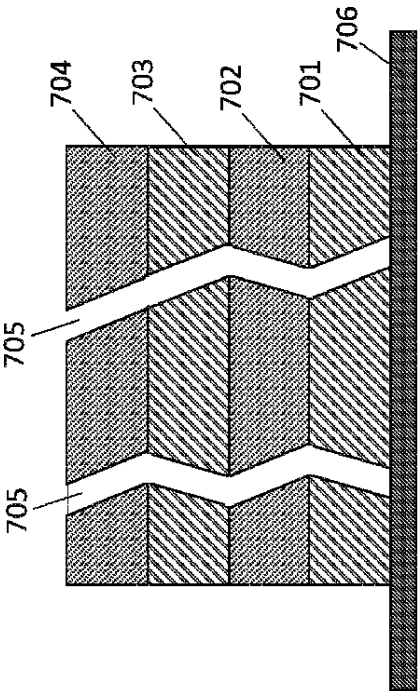


FIG. 7E

【図 8 A】

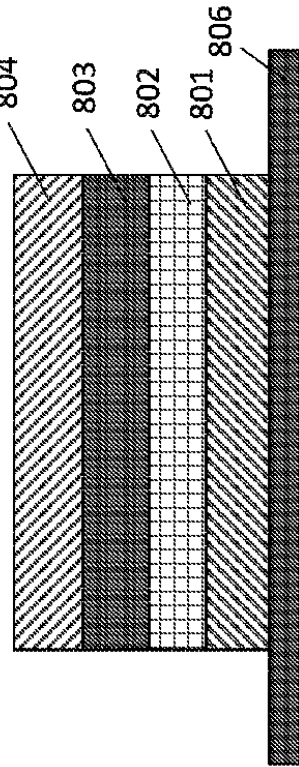


FIG. 8A

10

20

30

40

50

【図 8 B】

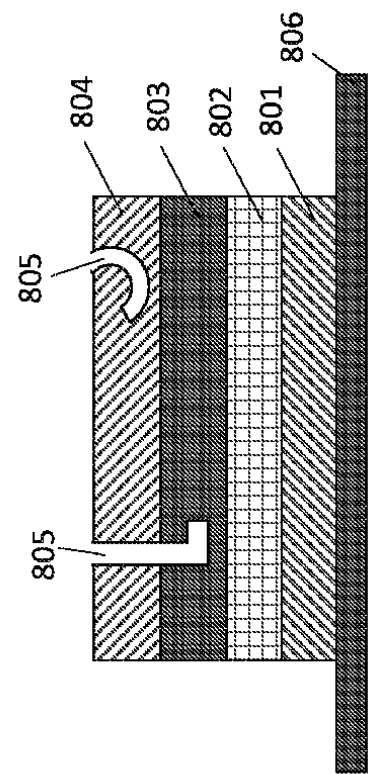


FIG. 8B

【図 9 A】

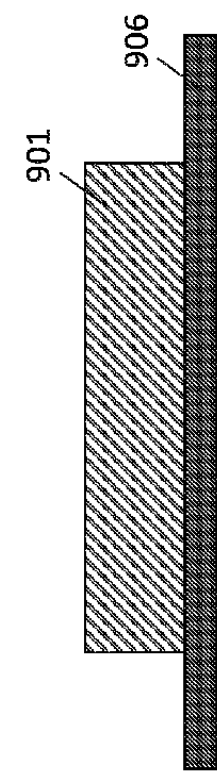


FIG. 9A

【図 9 B】

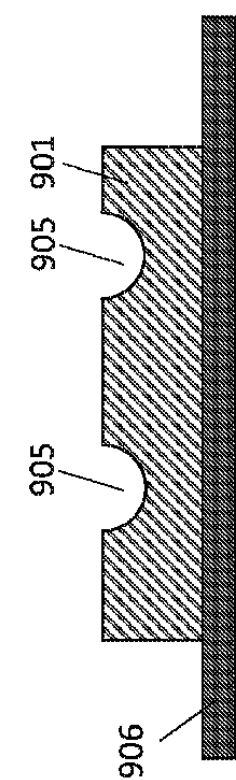


FIG. 9B

【図 9 C】

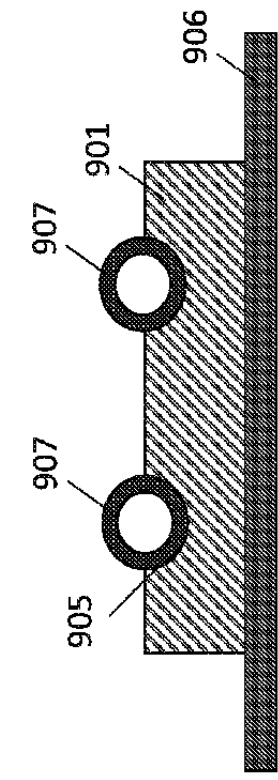


FIG. 9C

10

20

30

40

50

【図 9 D】

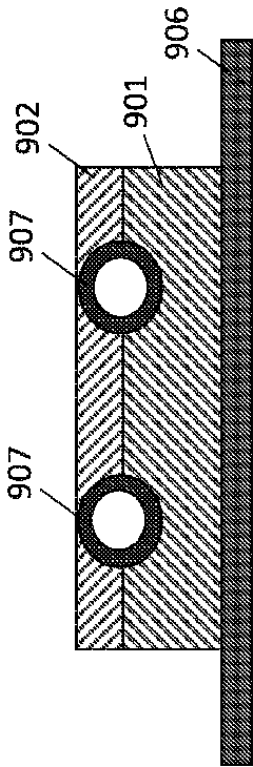


FIG. 9D

【図 9 E】

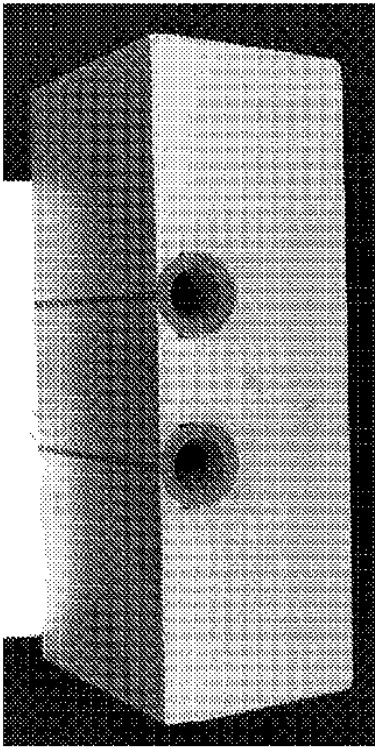


FIG. 9E

【図 9 F】

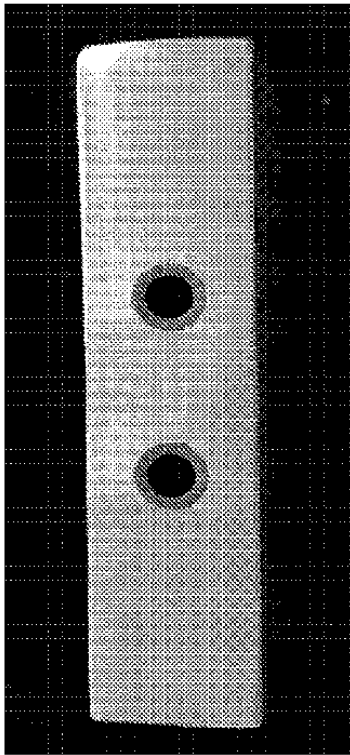


FIG. 9F

【図 9 G】

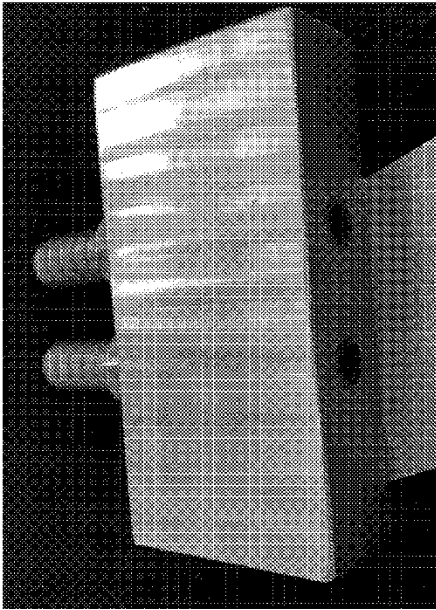


FIG. 9G

10

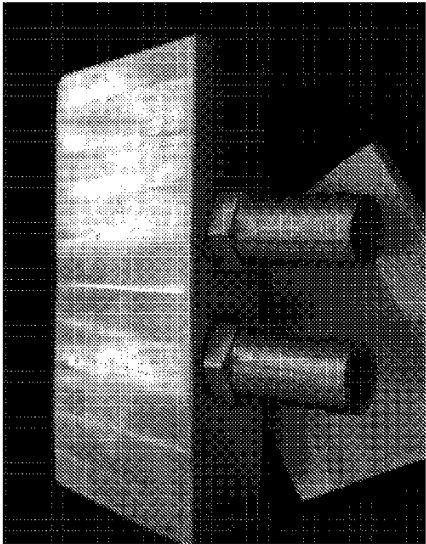
20

30

40

50

【図 9 H】



【図 1 0】

FIG. 9H

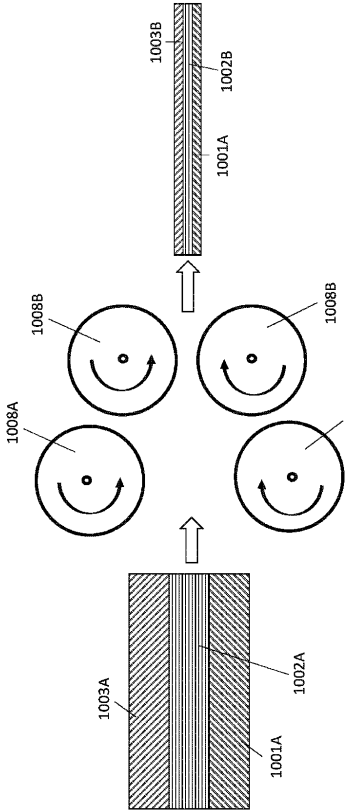


FIG. 10

10

20

【図 1 1】

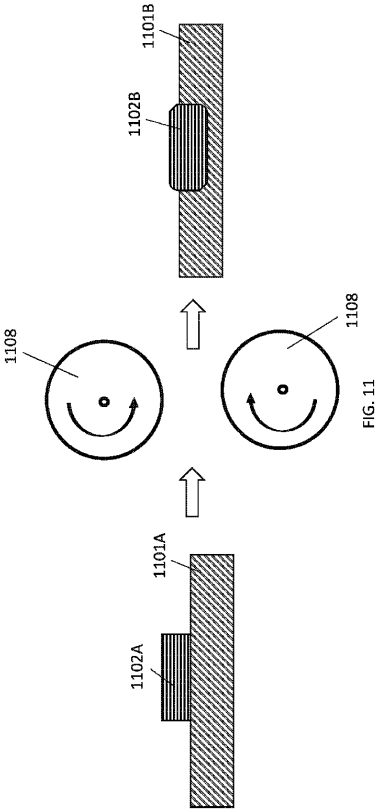


FIG. 11

【図 1 2 A】

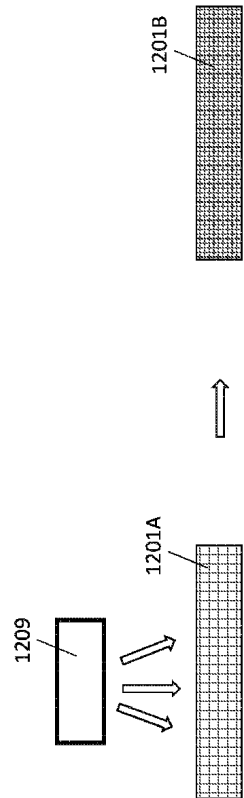


FIG. 12A

30

40

50

【図 1 2 B】

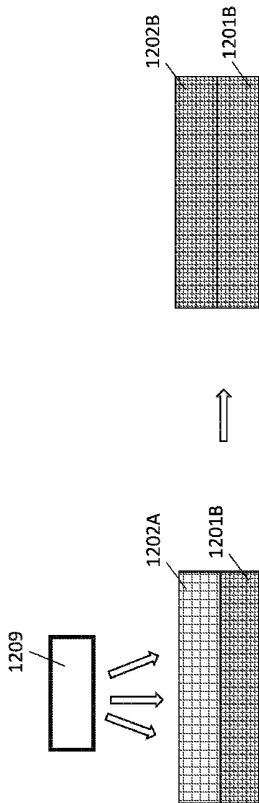


FIG. 12B

【図 1 2 C】

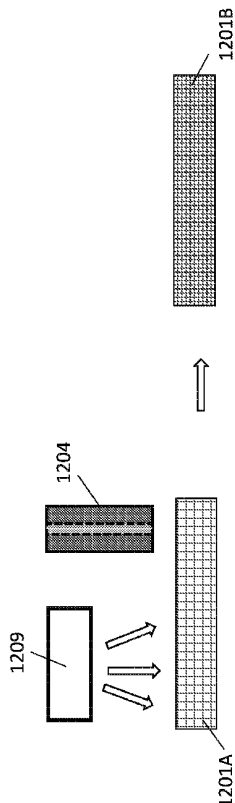


FIG. 12C

【図 1 2 D】

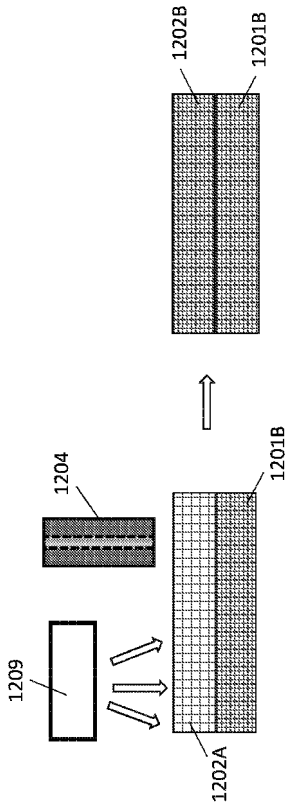


FIG. 12D

【図 1 3 A】

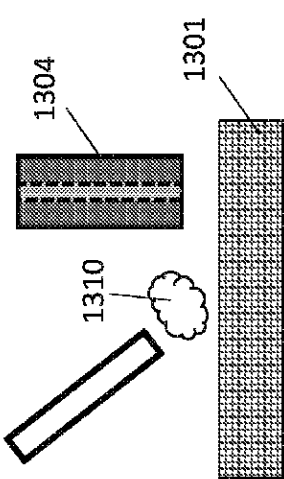


FIG. 13A

10

20

30

40

50

【図 1 3 B】

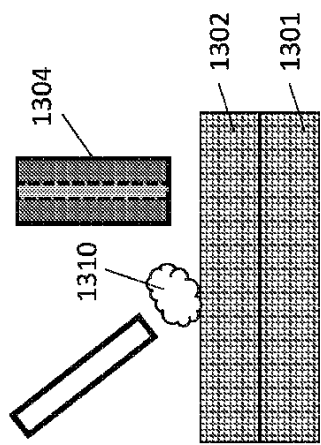


FIG. 13B

【図 1 3 C】

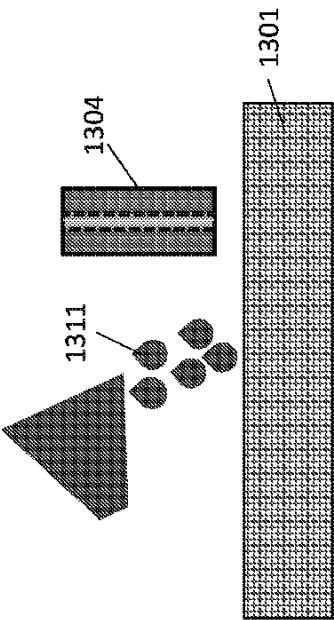


FIG. 13C

【図 1 3 D】

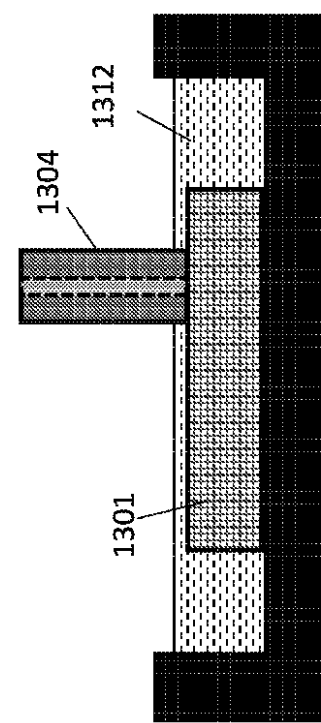


FIG. 13D

【図 1 4 A】

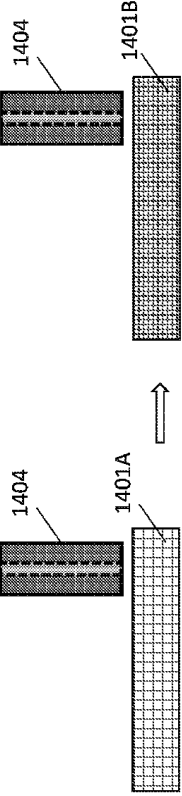


FIG. 14A

10

20

30

40

50

【図 1 4 B】

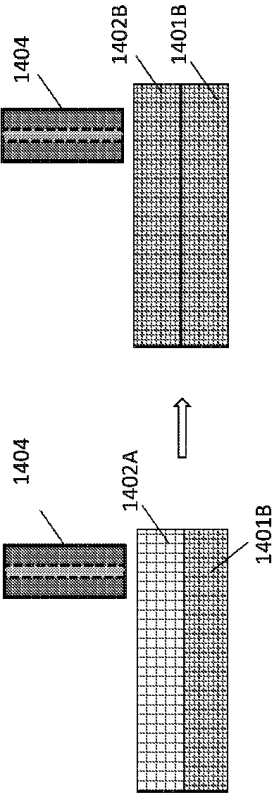


FIG. 14B

【図 1 4 C】

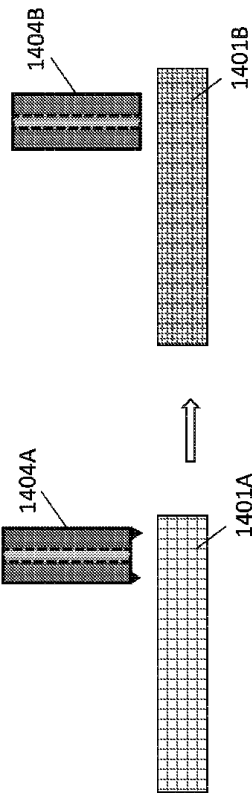


FIG. 14C

【図 1 4 D】

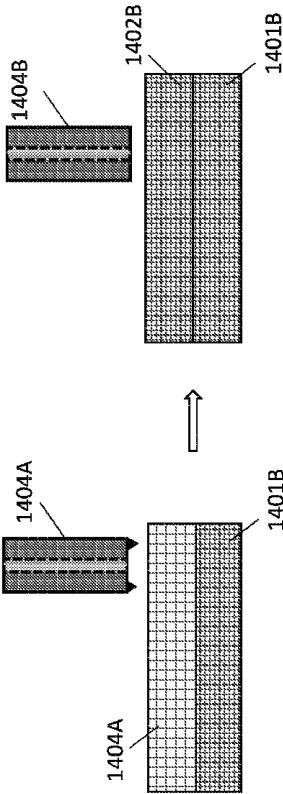


FIG. 14D

【図 1 5】

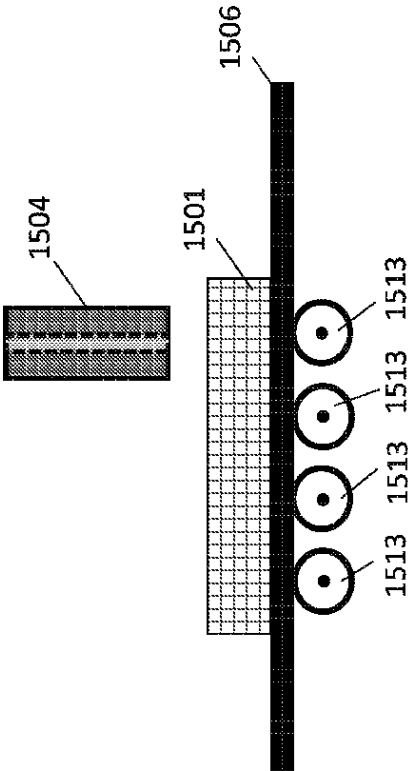


FIG. 15

10

20

30

40

50

【図 1 6 A】

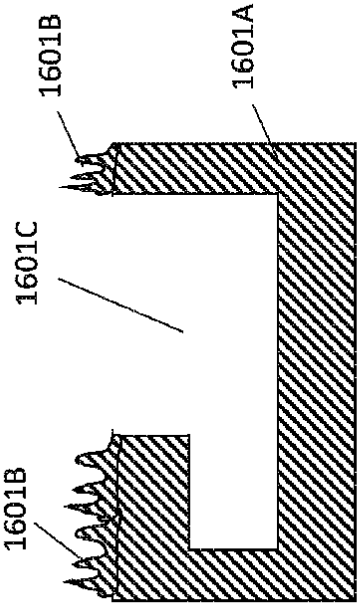


FIG. 16A

【図 1 6 B】

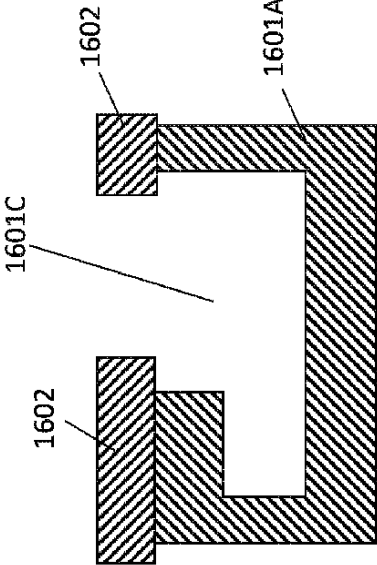


FIG. 16B

【図 1 6 C】

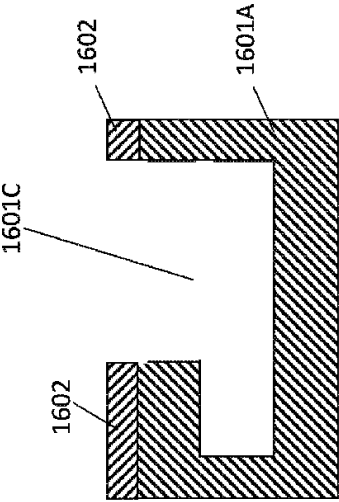


FIG. 16C

【図 1 6 D】



FIG. 16D

10

20

30

40

50

【図 16 E】

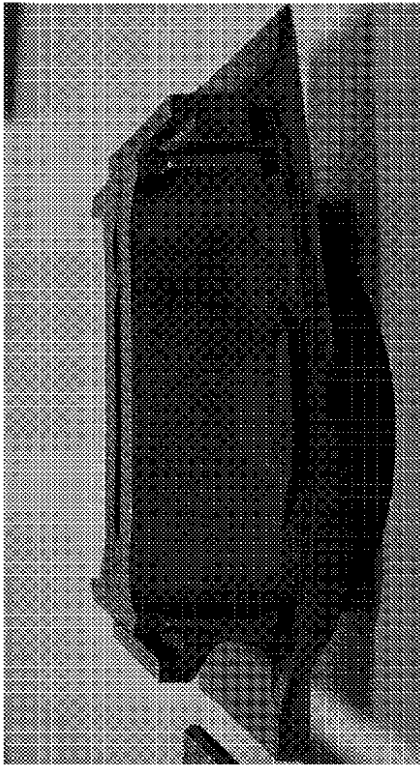


FIG. 16E

【図 17 A】

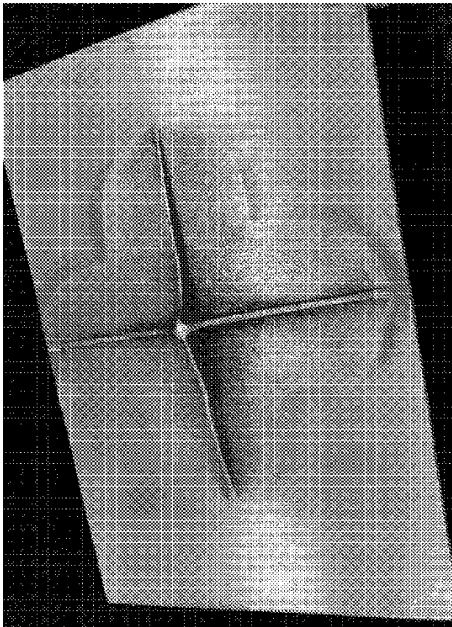


FIG. 17A

【図 17 B】

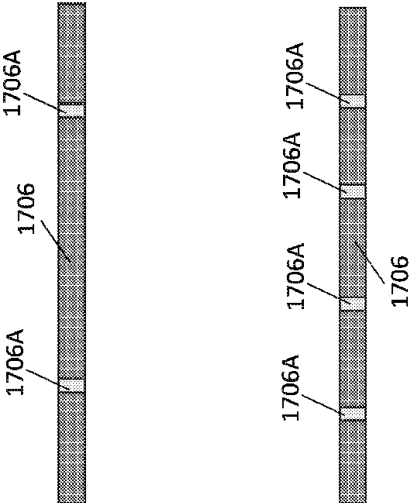


FIG. 17B

【図 17 C】

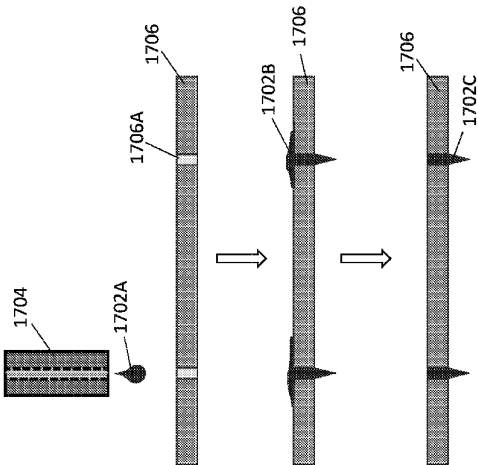


FIG. 17C

10

20

30

40

50

【図 17 D】

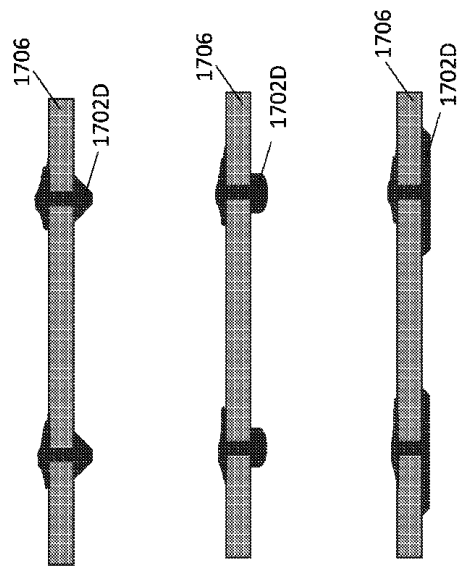


FIG. 17D

【図 17 E】

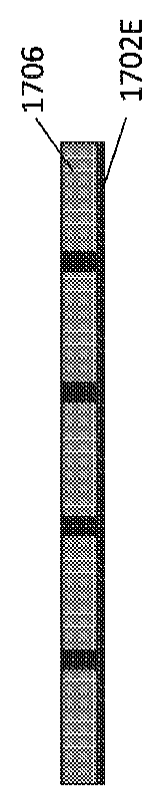


FIG. 17E

【図 18 A】

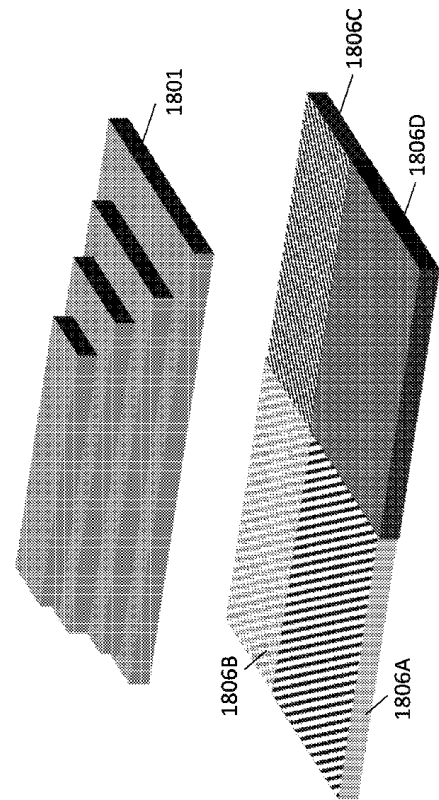


FIG. 18A

【図 18 B】

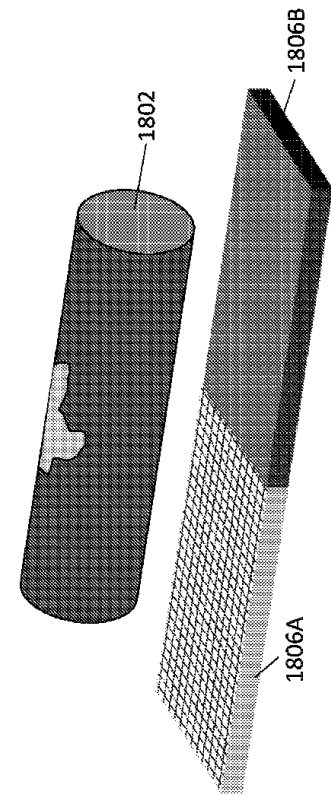


FIG. 18B

10

20

30

40

50

【図 19 A】

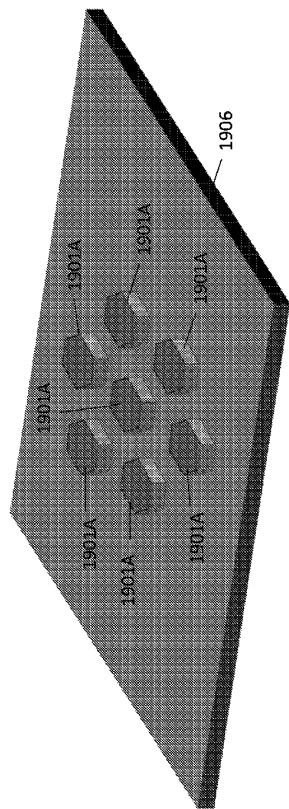


FIG. 19A

【図 19 B】

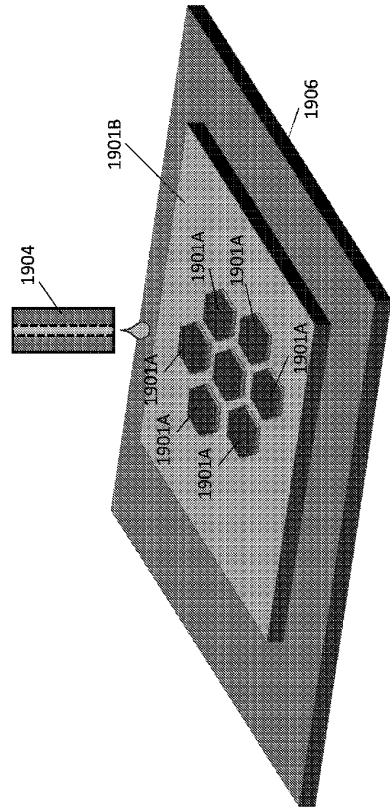


FIG. 19B

【図 19 C】

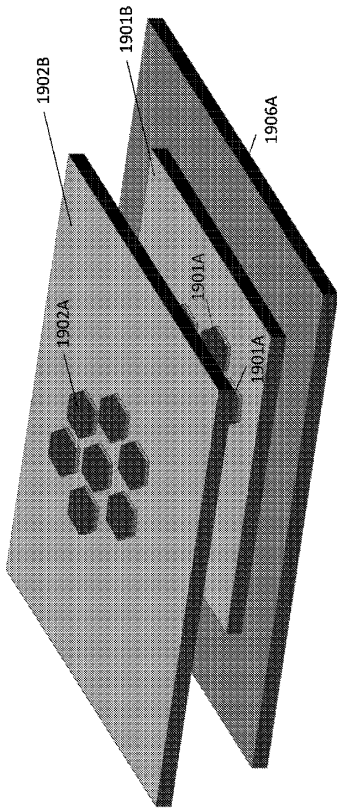


FIG. 19C

【図 19 D】

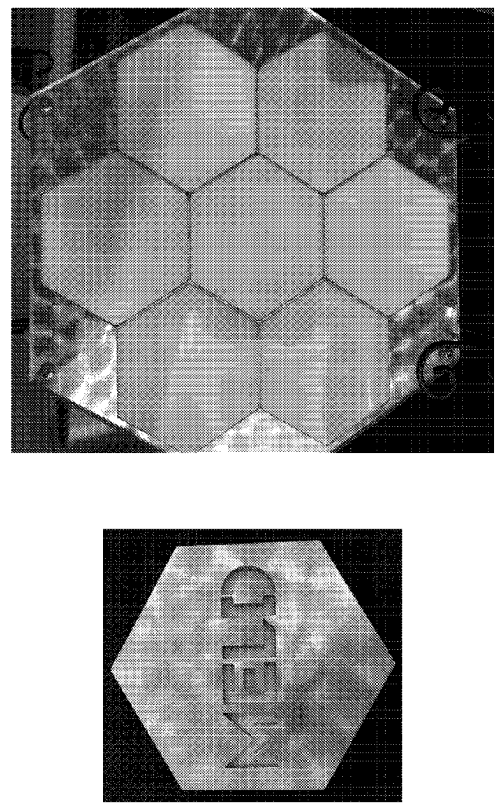


FIG. 19D

10

20

30

40

50

【図 2 0】

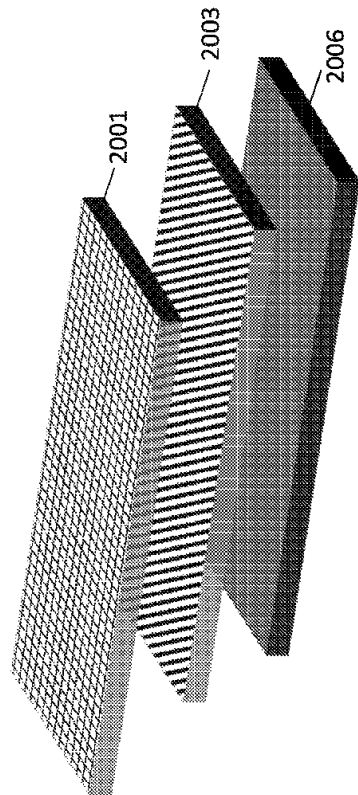


FIG. 20

【図 2 1 A】

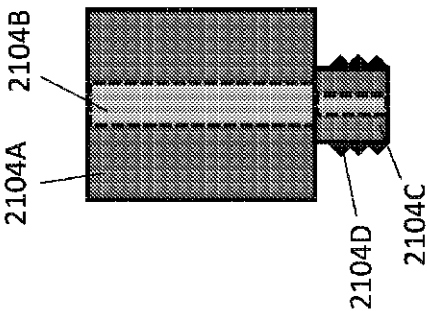


FIG. 21A

【図 2 1 B】

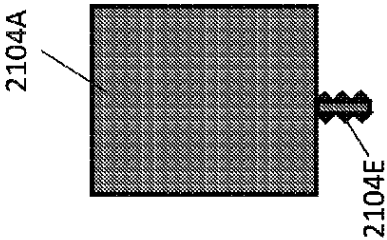


FIG. 21B

【図 2 1 C】

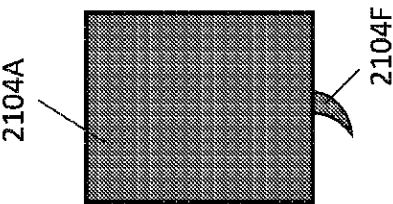


FIG. 21C

10

20

30

40

50

【図 2 1 D】

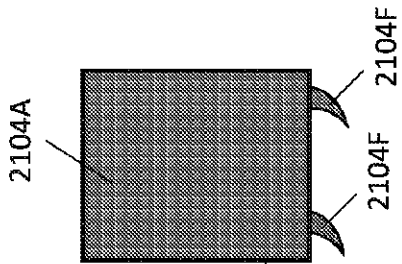


FIG. 21D

【図 2 1 E】

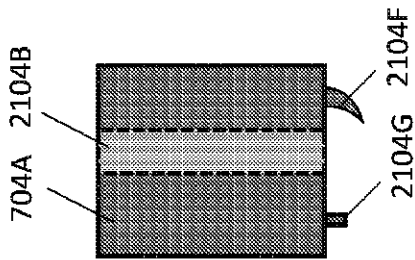


FIG. 21E

10

【図 2 1 F】

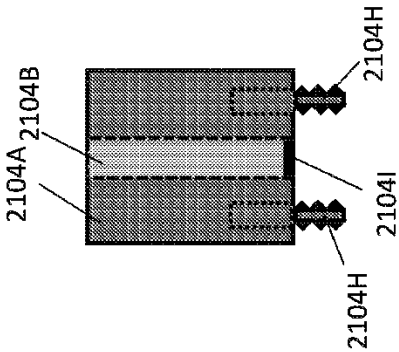


FIG. 21F

【図 2 1 G】

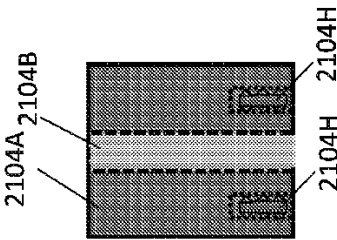


FIG. 21G

20

【図 2 1 H】

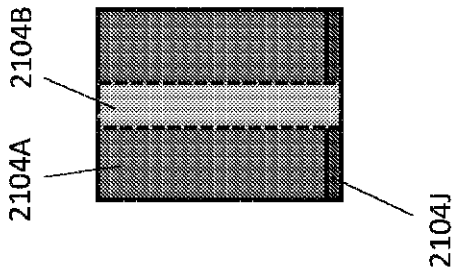


FIG. 21H

【図 2 1 I】

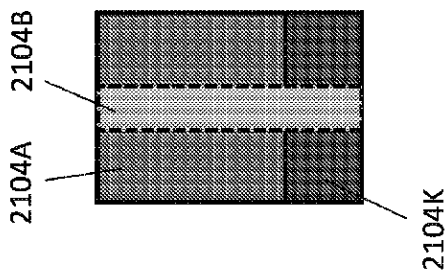


FIG. 21I

30

40

50

【図 2 1 J】

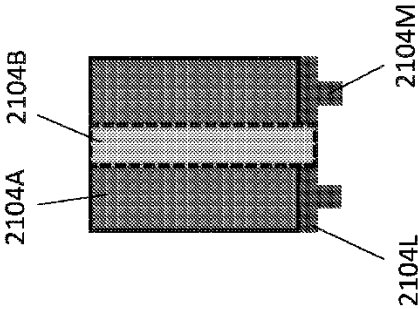


FIG. 21J

【図 2 1 K】

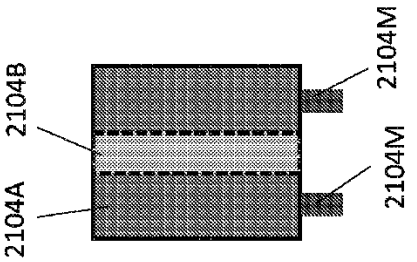


FIG. 21K

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類	F I	
B 2 2 F 12/63 (2021.01)	B 2 2 F 12/63	
B 2 3 K 20/12 (2006.01)	B 2 3 K 20/12	3 6 0
B 2 9 C 64/194 (2017.01)	B 2 9 C 64/194	
B 2 9 C 64/205 (2017.01)	B 2 9 C 64/205	
B 2 9 C 64/321 (2017.01)	B 2 9 C 64/321	
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 40/10 (2020.01)	B 3 3 Y 40/10	
C 2 2 C 1/04 (2023.01)	C 2 2 C 1/04	Z
B 2 9 C 64/188 (2017.01)	B 2 9 C 64/188	

- 弁理士 山本 泰史
- (74)代理人 100144451
- 弁理士 鈴木 博子
- (74)代理人 100159846
- 弁理士 藤木 尚
- (72)発明者 コックス チェイス
- アメリカ合衆国 バージニア州 2 4 1 4 1 ラドフォード ヒドゥン ヴァリー レーン 9
- (72)発明者 ガルギロ クリストファー
- アメリカ合衆国 バージニア州 2 4 0 6 0 ブラックスバーク ワシントン ストリート 6 1 4 アパートメント 6
- (72)発明者 ハードウィック ナンシー
- アメリカ合衆国 バージニア州 2 4 0 6 0 ブラックスバーク ブキャナン ドライブ 9 0 4

審査官 岡田 隆介

- (56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 1 8 / 0 1 9 3 9 2 2 (U S , A 1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

B 2 2 F 1 0 / 1 8

B 2 2 F 1 0 / 5 0

B 2 2 F 1 0 / 6 6

B 2 2 F 1 0 / 6 4

B 2 3 K 2 0 / 1 2

B 2 9 C 6 4 / 1 1 8

B 2 9 C 6 4 / 1 9 4