

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6505220号
(P6505220)

(45) 発行日 平成31年4月24日 (2019. 4. 24)

(24) 登録日 平成31年4月5日 (2019. 4. 5)

(51) Int. Cl.

F I

H05K 1/02 (2006.01)

H05K 1/02 B

H05K 3/12 (2006.01)

H05K 1/02 Z

H05K 3/00 (2006.01)

H05K 3/12 630Z

H05K 3/00 W

請求項の数 17 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2017-521584 (P2017-521584)
 (86) (22) 出願日 平成27年10月23日 (2015. 10. 23)
 (65) 公表番号 特表2018-509747 (P2018-509747A)
 (43) 公表日 平成30年4月5日 (2018. 4. 5)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2015/057114
 (87) 国際公開番号 W02016/065260
 (87) 国際公開日 平成28年4月28日 (2016. 4. 28)
 審査請求日 平成30年7月30日 (2018. 7. 30)
 (31) 優先権主張番号 62/067, 674
 (32) 優先日 平成26年10月23日 (2014. 10. 23)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 508178054
 フェイスブック, インク.
 アメリカ合衆国 カリフォルニア 940
 25, メンロー パーク, ウィロー ロード
 1601
 (74) 代理人 100105957
 弁理士 恩田 誠
 (74) 代理人 100068755
 弁理士 恩田 博宣
 (72) 発明者 エルミエ、ババック
 アメリカ合衆国 94025 カリフォル
 ニア州 メンロー パーク ウィロー ロ
 ード 1601 フェイスブック, インク
 . 内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元製造構造のための構造内導体トレースおよびインターコネクットの製作

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

1つ以上の導体トレースを有する3次元物体を形成するための方法であって、

第1の材料を含む溶液を中間構造の注入構造に注入する工程であって、前記中間構造は、1つ以上の導体トレースのための1つ以上の予め定義された場所を有し、前記中間構造は、前記第1の材料よりも低い電気伝導性、熱導電性、またはその両方を有する第2の材料で形成されており、前記注入構造を備える前記中間構造がアディティブに形成されることによって導体トレース、前記中間構造および前記注入構造の1つ以上を有する前記3次元物体を形成した後、前記第1の材料が前記注入構造を通じて前記中間構造の1つ以上の予め定義された場所に注入されて前記1つ以上の導体トレースを形成する、工程と、

前記中間構造の1つ以上の予め定義された場所に前記第1の材料を注入する工程に続き、前記中間構造から前記注入構造を除去する工程と、

前記中間構造の前記1つ以上の予め定義された場所に注入された前記第1の材料を含む前記溶液を硬化する工程と、

を備える、方法。

【請求項 2】

前記第2の材料は、ポリマー材料、セラミック材料、有機材料、複合材料、金属材料、無機材料、または生物材料である、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記第1の材料は、金属、金属充填ポリマー、または有機導体材料である、請求項1に

記載の方法。

【請求項 4】

前記溶液は、前記溶液に電流を流してジュール熱を生成することによって硬化される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記 1 つ以上の予め定義された場所は、チャンネルであり、前記第 1 の材料を含む前記溶液は、前記チャンネルの少なくとも一部に注入される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記注入構造は、前記 1 つ以上の予め定義された場所と流体連通する注入チャンネルを備え、前記第 1 の材料は、前記注入構造の前記注入チャンネルを通じて前記 1 つ以上の予め定義された場所に注入される、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 7】

前記溶液を注入する工程中に 1 つ以上の注入パラメータを監視するために前記注入構造に隣接する 1 つ以上のセンサを使用する工程をさらに備える、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記溶液を注入する工程中に前記 1 つ以上の注入パラメータを調整する工程をさらに備える、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記注入構造を使用して前記溶液を排出する工程をさらに備える、請求項 6 に記載の方法。

20

【請求項 10】

前記第 1 の材料は、前記第 2 の材料の電気伝導性よりも高い電気伝導性を有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

前記 1 つ以上の導体トレースは複数の導体トレースである、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 12】

前記複数の導体トレースのうちの所与の 1 つは、前記複数の導体トレースのうちの別の 1 つから電気的に絶縁されている、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

前記複数の導体トレースの各々は、電気的接続性、熱接続性、またはその両方のために前記中間構造の外面に接触パッドを備える、請求項 11 に記載の方法。

30

【請求項 14】

前記 1 つ以上の導体トレースは、前記中間構造内にあり、前記方法は、前記 1 つ以上の導体トレースの少なくとも一部を露出させる工程をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 15】

前記中間構造のモデル設計は、前記 1 つ以上の予め定義された場所についての 1 つ以上の構造上の制約を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 16】

電気回路を前記 1 つ以上の導体トレースと電気的に接触させる工程をさらに備える、請求項 1 に記載の方法。

40

【請求項 17】

前記注入構造を除去する工程は、前記中間構造から前記注入構造を破壊する工程を備える、請求項 1 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、3次元製造構造のための構造内導体トレースおよびインターコネクトの製作に関する。

【背景技術】

【0002】

50

３次元（３Ｄ）構造の製造は、特に３Ｄ印刷の進歩および普及を通じて、建築、工業デザイン、自動車製造、医薬、ファッション、および電子機器を含む多様な適用例に対して使用される、急速に進歩している技術である。残念ながら、多くの進歩が本技術分野において遂げられてきたものの、導体材料の３Ｄ印刷を可能にする解決策は、費用、低い伝導性、および製造上の課題を含む、多くの問題に見舞われている。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００３】

本願明細書において認識されるのは、３次元製造（例えば、３Ｄ印刷、機械加工、成形）構造などの、３次元（３Ｄ）構造のための構造内導体トレースおよびインターコネクトを製作するための方法に対する必要性である。本開示は、３次元（３Ｄ）印刷構造のための構造内導体トレースおよびインターコネクトを製作するために使用され得る方法を提供する。このような構造は、例えば、より大きなデバイスまたはシステムを構築するために使用され得る３次元製造（例えば、３Ｄ印刷、機械加工、成形）物体においてインターコネクトを生成することなど、様々な状況において使用され得る。

【課題を解決するための手段】

【０００４】

本開示の一態様は、１つ以上の導体トレースを有する３次元物体を形成するための方法であって、（ａ）３次元物体のモデル設計に従って、第１の材料から生成される中間構造を提供する工程であって、中間構造は、１つ以上の導体トレースのための１つ以上の予め定義された場所を有し、モデル設計は、１つ以上の予め定義された場所を含む、工程と、（ｂ）中間構造の１つ以上の予め定義された場所に隣接して１つ以上の導体トレースを生成する工程であって、１つ以上の導体トレースは、第１の材料よりも高い電気伝導性および／または熱伝導性を有する第２の材料から形成され、それによって、１つ以上の導体トレースを有する３次元物体を形成する、工程と、を備える方法を提供する。いくつかの実施形態において、中間構造は、３次元物体を生み出す初期の３次元物体である。いくつかの実施形態において、中間構造は、アディティブな処理またはサブトラクティブな処理などの３次元製造処理を使用して生成される。いくつかの実施形態において、中間構造は、アディティブにまたはサブトラクティブに生成される。いくつかの実施形態において、（ａ）は、中間構造をアディティブに生成する工程を含む。いくつかの実施形態において、（ａ）は、中間構造をサブトラクティブに生成する工程を備える。

【０００５】

いくつかの実施形態において、第１の材料は、ポリマー材料、セラミック材料、有機材料、複合材料、金属材料、無機材料、または生物材料である。いくつかの実施形態において、第２の材料は、金属、金属充填ポリマー、または有機導体材料である。

【０００６】

いくつかの実施形態において、（ｂ）は、１つ以上の予め定義された場所に隣接して、第２の材料を含む溶液を注入する工程を含む。いくつかの実施形態において、本方法は、溶液を注入する工程の後に溶液を硬化させる工程をさらに備える。いくつかの実施形態において、溶液は、この溶液に電流を流してジュール熱を生成することによって硬化される。いくつかの実施形態において、１つ以上の予め定義された場所は、チャンネルであり、（ｂ）において、溶液は、チャンネルの少なくとも一部に注入される。いくつかの実施形態において、（ｂ）は、１つ以上の予め定義された場所と流体連通する注入チャンネルを有する注入構造を提供する工程と、注入構造の注入チャンネルを通じて１つ以上の予め定義された場所に溶液を注入する工程とを含む。いくつかの実施形態において、本方法は、１つ以上の予め定義された場所に溶液を注入する工程に続き、注入構造を除去する工程をさらに備える。いくつかの実施形態において、本方法は、溶液を注入する工程中に１つ以上の注入パラメータを監視するために注入構造に隣接する１つ以上のセンサを使用する工程をさらに備える。いくつかの実施形態において、本方法は、溶液を注入する工程中に、１つ以上の注入パラメータを調整する工程をさらに備える。いくつかの実施形態において、本方法

は、注入構造を使用して溶液を排出する工程をさらに備える。

【0007】

いくつかの実施形態において、第2の材料は、第1の材料の電気伝導性よりも高い電気伝導性を有する。いくつかの実施形態において、本方法は、(b)に先立って、1つ以上の予め定義された場所の少なくとも一部に隣接してコネクタを配置し、続いて、1つ以上の予め定義された場所に隣接して1つ以上の導体トレースを生成し、それによって、1つ以上の導体トレースをコネクタと接触させる工程をさらに備える。いくつかの実施形態において、本方法は、中間構造におけるポートを通じて、コネクタを1つ以上の導体トレースと接触させる工程をさらに備える。

【0008】

いくつかの実施形態において、1つ以上の導体トレースは、複数の導体トレースである。いくつかの実施形態において、複数の導体トレースのうちの所与の1つは、複数の導体トレースのうちの別の1つから電気的に絶縁されている。いくつかの実施形態において、複数の導体トレースの各々は、電気的接続性および/または熱接続性のために中間構造の外面に接触パッドを備える。

【0009】

いくつかの実施形態において、1つ以上の導体トレースは、中間構造内にあり、(b)は、1つ以上の導体トレースの少なくとも一部を露出させる工程を含む。いくつかの実施形態において、モデル設計は、1つ以上の予め定義された場所についての1つ以上の構造上の制約を含む。いくつかの実施形態において、本方法は、電気回路を1つ以上の導体トレースと電気的に接触させる工程をさらに備える。

【0010】

別の態様において、本開示は、1つ以上の導体トレースを有する3次元物体を形成するためのシステムにおいて、3次元物体のモデル設計に従って、第1の材料からアディティブにまたはサブトラクティブに生成される中間構造から3次元物体を形成するための命令を備えるコンピュータ・メモリであって、中間構造は、1つ以上の導体トレースのための1つ以上の予め定義された場所を有し、モデル設計は、1つ以上の予め定義された場所を含む、コンピュータ・メモリと、コンピュータ・メモリに対して動作可能に結合された1つ以上のコンピュータ・プロセッサであって、1つ以上のコンピュータ・プロセッサは、中間構造の1つ以上の予め定義された場所に隣接して1つ以上の導体トレースを生成するための命令を実行するようにプログラムされており、1つ以上の導体トレースは、第1の材料よりも高い電気伝導性および/または熱伝導性を有する第2の材料から形成され、それによって、1つ以上の導体トレースを有する3次元物体を形成する、コンピュータ・プロセッサと、を備えるシステムを提供する。

【0011】

いくつかの実施形態において、本システムは、1つ以上のコンピュータ・プロセッサに対して動作可能に結合された3次元製造モジュールをさらに備え、3次元製造モジュールは、モデル設計に従って、中間構造をアディティブにまたはサブトラクティブに生成する。いくつかの実施形態において、1つ以上の予め定義された場所は、中間構造におけるチャネルである。いくつかの実施形態において、モデル設計は、1つ以上の予め定義された場所についての1つ以上の構造上の制約を含む。

【0012】

本開示の別の態様は、機械実行可能なコードを備える非一時的なコンピュータ読取可能な媒体であって、機械実行可能なコードは、1つ以上のコンピュータ・プロセッサによって実行されると、1つ以上の導体トレースを有する3次元物体を形成するための方法を実装し、この方法は、(a)3次元物体のモデル設計に従って、第1の材料からアディティブにまたはサブトラクティブに生成される中間構造を提供する工程であって、中間構造は、1つ以上の導体トレースのための1つ以上の予め定義された場所を有し、モデル設計は、1つ以上の予め定義された場所を含む、工程と、(b)中間構造の1つ以上の予め定義された場所に隣接して1つ以上の導体トレースを生成する工程であって、1つ以上の導体

10

20

30

40

50

トレースは、第1の材料よりも高い電気伝導性および/または熱伝導性を有する第2の材料から形成され、それによって、1つ以上の導体トレースを有する3次元物体を形成する、工程と、を備える、非一時的なコンピュータ読取可能な媒体を提供する。

【0013】

本開示のさらなる態様および利点は、本開示の例示的な実施形態が図示および説明されている下記の詳細な説明から、当業者には容易に明らかとなるであろう。認識されるように、本開示は、他の実施形態および異なる実施形態も可能であり、そのいくつかの詳細は、全て本開示から逸脱することなく、様々な自明の点において変更が可能である。したがって、図面および説明は、本質的に例示としてみなされるべきであり、制限としてみなされるべきではない。

10

【0014】

参照による援用

本願明細書において言及されるあらゆる刊行物、特許、および特許出願は、あたかも個々の刊行物、特許、または特許出願が参照により援用されるものと具体的かつ個別に示されているのと同じ程度に、本願明細書に援用される。

【0015】

本発明の新規な特徴は、添付の特許請求の範囲において詳細に述べられている。本発明の特徴および利点のより良い理解は、本発明の原理が利用される例示的な実施形態を述べる下記の詳細な説明と、添付の図面（本願明細書においては「図」ともいう）とを参照することによって得られるであろう。

20

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の一実施形態の方法のフローチャート。

【図2A】注入された導体トレースを有する3次元（3D）印刷構造の一例を示す図。

【図2B】注入された導体トレースを有する3次元（3D）印刷構造の一例を示す図。

【図2C】注入された導体トレースを有する3次元（3D）印刷構造の一例を示す図。

【図2D】注入された導体トレースを有する3次元（3D）印刷構造の一例を示す図。

【図2E】注入された導体トレースを有する3次元（3D）印刷構造の一例を示す図。

【図3】導体トレース接触点を露出させるための方法の一例を示す図。

【図4】導体材料注入の前にコネクタを追加する一例を示す図。

30

【図5】空洞壁面の様々な一例を示す図。

【図6A】矩形接触領域を有する空洞を備えた中間構造の一例を示す図。

【図6B】矩形接触領域を有する空洞を備えた中間構造の一例を示す図。

【図6C】矩形接触領域を有する空洞を備えた中間構造の一例を示す図。

【図7】空洞とパッドとを有する中間構造の一例を示す図。

【図8】空洞注入ポートの一例を示す図。

【図9】中間構造の空洞の例を示す図。

【図10A】破断可能なタブと中間構造とを使用して接触点を露出させるための方法を概略的に例示する図。

【図10B】破断可能なタブと中間構造とを使用して接触点を露出させるための方法を概略的に例示する図。

40

【図10C】破断可能なタブと中間構造とを使用して接触点を露出させるための方法を概略的に例示する図。

【図10D】破断可能なタブと中間構造とを使用して接触点を露出させるための方法を概略的に例示する図。

【図10E】破断可能なタブと中間構造とを使用して接触点を露出させるための方法を概略的に例示する図。

【図11A】注入ポートを有する破断可能な構造の例を概略的に例示する図。

【図11B】注入ポートを有する破断可能な構造の例を概略的に例示する図。

【図11C】注入ポートを有する破断可能な構造の例を概略的に例示する図。

50

【図 1 1 D】注入ポートを有する破断可能な構造の例を概略的に例示する図。

【図 1 2 A】排出ポートとセンサ用の固定具とを有する破断可能な構造の一例を示す図。

【図 1 2 B】排出ポートとセンサ用の固定具とを有する破断可能な構造の一例を示す図。

【図 1 2 C】排出ポートとセンサ用の固定具とを有する破断可能な構造の一例を示す図。

【図 1 3 A】破断可能な構造が除去された、図 2 の 3 D 印刷物体の例示的な図。

【図 1 3 B】破断可能な構造が除去された、図 2 の 3 D 印刷物体の例示的な図。

【図 1 3 C】破断可能な構造が除去された、図 2 の 3 D 印刷物体の例示的な図。

【図 1 3 D】破断可能な構造が除去された、図 2 の 3 D 印刷物体の例示的な図。

【図 1 3 E】破断可能な構造が除去された、図 2 の 3 D 印刷物体の例示的な図。

【図 1 3 F】破断可能な構造が除去された、図 2 の 3 D 印刷物体の例示的な図。

10

【図 1 4 A】3 次元製造（例えば、3 D 印刷、機械加工、成形）物体内の導体構造と接触する内蔵型モジュール内に回路を有する装置の一例を示す図。

【図 1 4 B】3 次元製造（例えば、3 D 印刷、機械加工、成形）物体内の導体構造と接触する内蔵型モジュール内に回路を有する装置の一例を示す図。

【図 1 5】本開示の方法を実装するようにプログラムされるか、または別の方法で構成されたコンピュータ・システムを示す図。

【発明を実施するための形態】

【0017】

本発明の様々な実施形態が、本願明細書において図示および説明されているが、このような実施形態は例として提供されているに過ぎないことが、当業者には明らかであろう。多くのバリエーション、変更、および置換が、本発明から逸脱することなく、当業者に想到され得る。本願明細書において説明される本発明の実施形態に対する様々な代替例が採用され得ることが、理解されるべきである。

20

【0018】

本願明細書において使用される、「3 次元」構造または「3 次元」物体という用語は、一般に、3 次元（3 D）製造アプローチ、例えば、アディティブ・アプローチまたはサブトラクティブ・アプローチ（例えば、アディティブ・マニファクチャリングまたはサブトラクティブ・マニファクチャリング）などによって生成される任意の構造または任意の物体を指す。3 D 物体は、1 つ以上のサブ構造、例えば、1 個以上、2 個以上、3 個以上、4 個以上、5 個以上、6 個以上、7 個以上、8 個以上、9 個以上、10 個以上、20 個以上、30 個以上、40 個以上、50 個以上、または 100 個以上の個々の構造を有してもよい。3 D 物体は、最終的な製品であってもよく、またはそれ自体が中間製品であってもよい。後者の場合において、3 D 物体は、他の物体と組み合わせられて、より大きな物体を最終的な製品として生み出してもよく、他の物体のうちのいくつかは、3 次元製造（例えば、3 D 印刷、機械加工、成形）物体であってもよい。

30

【0019】

アディティブ・マニファクチャリングにおいて、3 D 物体は、バットにおけるフォトポリマー樹脂の層ごとの堆積、または層ごとの固化など、層ごとの 3 D 印刷を使用して形成され得る。サブトラクティブ・マニファクチャリングにおいて、3 D 物体は、エッチング、ミリングまたは穿孔などによって、基板から材料を除去することによって形成され得る。3 次元構造を構築するのに適した他の製造工程は、成形、鋳造、形成、接合、鋳造を含む。

40

【0020】

本願明細書において使用される「中間構造」という用語は、一般に、最終的な 3 次元構造または後続の 3 次元構造を生み出すために使用され得る、3 次元製造工程によって生成される任意の構造（または物体）を指す。中間構造は、アディティブ工程もしくはサブトラクティブ工程、または 3 次元構造を生成することが可能な任意の他の工程によって生成され得る。

【0021】

本願明細書において使用される「トレース」という用語は、一般に、電気伝導性の、熱

50

伝導性の、または電気伝導性かつ熱伝導性の部品または要素を指す。いくつかの例において、導体トレースは、導体構造、チャネル、配線、または経路である。トレースは、回路部品を互いに電氣的に接続することが可能であり得る。例えば、トレースは、基板がプリント回路基板である場合には銅または金を含んでもよく、フレックス回路においては銅、金、または印刷堆積物であってもよい。トレースはまた、金属材料、非金属材料、または、これらの混合物から成り得る。トレースは、例えば、銅、アルミニウム、ベリリウム、マグネシウム、モリブデン、亜鉛、コバルト、カドミウム、リチウム、ルテニウム、鉛、ビスマス、錫、インジウム、タングステン、鉄、ニッケル、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、銀、オスミウム、イリジウム、プラチナ、および金から選択される１つ以上の金属を含んでもよい。トレースは、非金属材料、例えば、シリコン、エポキシ樹脂、もしくはアラビア・ガムなど、または有機導体材料を含んでもよい。

10

【 0 0 2 2 】

トレースは、規則的な断面または不規則的な断面を有し得る。いくつかの例において、トレースは、円形、三角形、正方形、矩形、五角形、もしくは六角形、または、これらの部分形状もしくは組み合わせの断面を有する。いくつかの例において、トレースは、約 50 ナノメートル (nm) から 10000 マイクロメートル (ミクロン)、または約 100 nm から 1000 ミクロン、または 200 nm から 100 ミクロン、または 300 nm から 50 ミクロンの幅を有することができる。いくつかの例において、幅は、約 10 nm 以上、50 nm 以上、100 nm 以上、500 nm 以上、1 ミクロン以上、10 ミクロン以上、50 ミクロン以上、100 ミクロン以上、500 ミクロン以上、または 1000 ミクロン以上とすることができる。トレースは、3D 物体の寸法 (例えば、長さ、幅または高さ) の全長、または 3D 物体の寸法の部分長を有することができる。例えば、トレースは、3D 物体の長さの約 90 %、80 %、70 %、60 %、50 %、40 %、30 %、20 %、10 %、または 5 % までとすることができる。

20

【 0 0 2 3 】

本願明細書において使用される「金属」という用語は、一般に、金属を含む、または金属の電気伝導性および/または熱伝導性を有する材料を指す。いくつかの例において、金属材料は、１つ以上の金属を含む。

【 0 0 2 4 】

本開示は、１つ以上の導体トレースを有する 3D 物体を形成するための方法およびシステムを提供する。本開示の方法およびシステムは、電子デバイスもしくは機械デバイスとして、または電子デバイスもしくは機械デバイスの部品としての用途のためなどの、様々な用途のための１つ以上の導体トレースまたはメタライズ層を有し得る 3D 物体の形成を有利に可能にすることができる。

30

【 0 0 2 5 】

図 1 は、3次元 (3D) 製造構造のための構造内導体トレースを製作するための方法 100 を示す。方法 100 は、中間構造を製作すること (S110)、中間構造を後処理すること (S120)、中間構造内に導体材料を注入すること (S130)、および注入された構造を後処理すること (S140) を含み得る。操作 S110 および S120 に対して付加的に、または代替的に、方法 100 は、中間構造を受け取ること (S150) を含んでもよい。いくつかの状況では、操作 S110 が除外されてもよく、方法 100 は、操作 S150 において中間構造を受け取ると、操作 S120 を開始してもよい。

40

【 0 0 2 6 】

方法 100 は、導体トレース、インターコネクต์または他の導体構造と、3次元構造製造 (例えば、3D 印刷、コンピュータ数値制御 (CNC) 機械加工、または成形) を使用して製作された構造との一体化を可能にする機能を果たし得る。この一体化は、3次元構造製造について数多くの可能性を開き得る。つまり、導体構造は、例えば、低抵抗線を通じて電力を送ること、または高帯域信号線を通じて情報を送信することによって、3次元製造 (例えば、3D 印刷、機械加工、成形) 構造において一体化された、または 3次元製造構造に対して結合された電子機器への接続を提供するために使用され得る。一例におい

50

て、2つの電力線と2つの信号線とを使用するユニバーサル・シリアル・バス（USB）2.0データ送信プロトコルのための導体構造など1つ以上の導体構造が、USB伝送のために提供される。このようなアプローチは、3次元製造構造の能力を拡張し（例えば、物体内部の導体ワイヤーメッシュが、接触、温度、または物体応力を検出するためのセンサの一部として使用されてもよく、導体構造がアンテナとして使用されてもよい）、電子部品および/または回路（例えば、RLC回路）を作製し得る。

【0027】

導体トレースと3次元製造構造とを一体化させるための多くの現行の方法は、3次元製造構造の非導体部分の製作と同様の手法で導体トレースを製作する。いくつかの場合には、導体インクは、堆積直後に硬化もしくは凝固する液体を使用して、または他の硬化方法（加熱、紫外線（UV）放射、もしくは湿潤を含むが、これらに限定されない）を使用して、層ごとに堆積または形成される。これらの場合において、第1の層上のインクは、インクの第2の層の追加の前に、硬化される必要があり得る。この要件は、処理を遅くするだけでなく、層間の電気伝導性の問題も引き起こすことがある（例えば、層間の電気接触は、単一の層にわたる接触ほど良好ではないことがある）。別の場合において、導体インクは、3次元製造構造の表面に存在する開口チャネルの中に堆積され、例えば、トレースがそれ自体で構造的に堅固である場合には、チャネルを充填する、または表面を直接充填する。この方法は、層間の伝導性に存在する問題を低減し得るものの、大抵は2次元構造に限定され、トレース堆積後に付加的な3D印刷または他の製造が行われない限り、前述の方法のように、露出された導体トレースを結果としてもたらし得る。

【0028】

方法100は、低い伝導性を含む、現行の方法に存在する問題のうちの多くを克服しつつ、導体材料と3次元製造構造とが真に3次元的な手法で一体化されることを有利に可能にする。方法100の一部として作製される導体トレースは、 10^{-2} オームメートル（m）、 10^{-3} m、 10^{-4} m、 10^{-5} m、 10^{-6} m、または 10^{-7} mよりも低い抵抗率を有し得る。このような抵抗率は、20で測定され得る。方法100において、構造は、導体材料がそこに望まれる1つ以上の空洞を用いて印刷される（S110）。次いで、この構造は、導体材料注入に向けて構造を準備するために（必要な場合または必要に応じて）後処理され得る（S120）。構造が準備されると、構造の1つ以上の空洞内に導体材料が注入される（S130）。次いで、この構造は、導体材料を硬化させるために、および/または望まれる場合にはトレースを露出させるために、後処理されて（S140）、例えば、図10A～10Eにおいて説明される手法などで、インターコネク트가作製され得る。方法100の結果は、1つ以上の一体化された構造内導体トレースを備える3次元製造構造である。

【0029】

例示的な3次元製造構造（または物体）が、図2A～図2Eに示される。この例示的な構造において、導体トレースは、3次元製造構造に対して結合され得る複数の電子モジュールを接続するために使用され得る。図2Aは、3次元製造構造の透視等角図である。図2Bは、3次元製造構造の透視側面図である。図2Cは、3次元製造構造の透視正面図である。図2Dおよび図2Eは、それぞれ3次元製造構造の等角正面図および等角背面図である。導体トレースのための中間構造201は、図2A～図2Cに示される。中間構造201は、生成されるべき最終的な3D物体または3D構造の少なくとも一部を形成し得る。

【0030】

操作S110は、中間構造（すなわち、導体注入用に設計されている導体注入前の構造）を製作することを含み得る。操作S110は、導体材料の注入が意図された、空洞またはチャネルなど1つ以上の予め定義された場所を含む3次元構造を作製する機能を果たし得る。1つ以上の予め定義された場所は、3D物体または3D構造のモデル設計の一部であり得る。モデル設計は、コンピュータ設計、またはコンピュータ支援設計（CAD）などのコンピュータ支援設計であってもよい。モデル設計は、コンピュータ・メモリ内に記

10

20

30

40

50

憶され得る。いくつかの場合において、モデル設計は、3D物体を生成するためのコンピュータ実行可能な命令を含み得る。モデル設計は、1つ以上の予め定義された場所を有する中間構造を生成するために、3D印刷システムによって使用され得る。

【0031】

操作S110期間中に製作された中間構造は、導体材料を受け取ることに加えて、導体材料の注入を容易にすること、高品質なインターコネクタ用の表面を作製すること、導体線を2つの異なる線に分割すること、およびいずれかの装置（例えば、センサまたは注入デバイス）を部品上または他の固定具上に固定して、部品の処理を容易にする、または方法100の操作期間中における複数の部品の同時の一括処理を可能にすることを含むが、これらに限定されない、多様な他の機能も行うことができる。これらの構造は、例えばインターコネクタ構造の作製を可能にするために、または3D物体をユーザに発送する前に固定構造を除去するために操作S140期間中に取り外され得る、一時的な構造とすることができる。

10

【0032】

3D印刷物体における一時的な構造の例示的な実装が、図13A～図13Fに示される。図13Aは、導体材料が充填され、一時的な構造1302を有する基板1301の等角図である。基板1301は、3D印刷物体であってもよい。図13Bは、導体材料1303が充填され、一時的な構造1302が除去された基板1301の等角図である。図13Cおよび図13Dはそれぞれ、導体材料1303が充填され、一時的な構造1302が除去された基板1301の側面図および正面図である。図13A～図13Dにおける基板1301は、導体材料1303を示すために透明なものとして示されている。図13Eおよび図13Fはそれぞれ、コネクタ・パッド1304を有する基板1301の中実の等角図および正面図である。

20

【0033】

いくつかの実施形態は、一時的な中間構造の集合（例えば、空洞の始まり、終わり、予め定義された場所、および/または空洞の長さに沿った任意の数の場所において、局所的に追加され得る所定の構造上の制約の組み合わせを有する機能的なタブおよび空洞）を提供する。一時的な中間構造は、例えば注入後などに、除去可能であってもよい。空洞およびタブの設計は、空洞を局所的に高くし、その幾何学的形状を横断面に対して最適な接触領域を有するように変更することによって、アレイ状に配置された高品質な接点の作製を可能にし得る。タブの基部の破壊は、コネクタ・パッドを露わにすることを可能にし得る。空洞が構造の除去可能な部分を経由する場合、破壊によって空洞の長さの一部を除去することができ、線を破断させ、したがって、その線の2つの部分の隔離を可能にする。このような幾何学的形状の例が、図10A～図10Eにおいて提示される。空洞の幾何学的形状は、注入装置または監視装置の結合および固定を可能にするようにタブにおいて制約されることができ、それによって、注入ポンプまたはシリンジへの接続を可能にする（例えば、図11を参照）。また、タブ自体の幾何学的形状は、例えば、図12A～図12Cにおいて示されるように、処理のために、またはセンサを取り付けるために、オペレータ（例えば、人間のオペレータもしくはロボット・オペレータ）の手もしくは他の操作ユニット、ツール、または任意の他の装置による取り扱いを可能にするように構成され得る。

30

40

【0034】

図12A～図12Cは、排出ポート1202と、1つ以上のセンサを保持または支持するための固定具1203とを有する破断可能な構造1201の例の様々な図を示す。図12Aは等角図であり、図12Bは側面図である。破断可能な構造1201は、導体材料のための複数の空洞1205を有する中間構造1204に隣接する。固定具1203は、1つ以上のセンサ、例えば、光センサ、温度センサ、圧力センサ、または化学センサなどを、保持または支持し得る。図12Cは、破断可能な構造1201と、これに隣接するフォトマイクロセンサ1206との側面図である。フォトマイクロセンサは、中間構造1204の空洞1205内に導体材料を注入する処理期間中に、破断可能な構造1201における空洞の端部において導体材料の存在を検出するために使用され得る。

50

【 0 0 3 5 】

図 1 0 A ~ 図 1 0 E は、中間構造において接触点を形成するための方法を概略的に例示する。図 1 0 A を参照すると、パッド作製および線の破断のための一時的な中間構造 1 0 0 1 が、非充填状態で提供されている。タブ 1 0 0 2 は、中間構造 1 0 0 1 に隣接して置かれている。中間構造 1 0 0 1 は、複数のチャンネル 1 0 0 4 を含む。次に、中間構造 1 0 0 1 のチャンネル 1 0 0 4 は、図 1 0 B に示されるように、導体材料により充填される。次に、タブ 1 0 0 2 は、機械またはオペレータがタブ 1 0 0 2 に対して力を加えることなどによって破断され、これは、図 1 0 C に示されるように、タブ 1 0 0 2 の基部における制御された破壊を生み出す。ミリング、穿孔または他の操作が行われて、タブの材料が除去され得る。これにより、電気接触などの所与の目的に適した表面特性（例えば、粗さ）を有する接触領域を提供することができる。これは、図 1 0 D（側面図）および図 1 0 E（斜視図）に示されるように、パッド 1 0 0 3 および線の破断を形成する。図 1 0 E は、複数のパッド 1 0 0 3 を示す。複数のパッド 1 0 0 3 や複数の充填されたチャンネル 1 0 0 4 は、互いに電氣的に絶縁され得る、および / または熱的に分離され得る。

10

【 0 0 3 6 】

タブ 1 0 0 2 は、中間構造 1 0 0 1 の複数のチャンネル間に流体アクセス（連絡）を提供し得る。中間構造 1 0 0 1 が充填され、タブ 1 0 0 2 が破断されると、結果として得られるパッド 1 0 0 3 は、互いに分離され得る。

【 0 0 3 7 】

タブ 1 0 0 2 は、様々な利益を有することができる。例えば、タブ 1 0 0 2 は、互いに電氣的に絶縁されたパッド 1 0 0 3 を生成することができる。パッド 1 0 0 3 は、中間構造 1 0 0 1 の外部にあるデバイスまたはシステムからの電気接触および / または熱接触のために使用され得る。いくつかの例において、パッド 1 0 0 3 は、中間構造 1 0 0 1 の外部にある回路に対して電気接触を提供するために使用される。

20

【 0 0 3 8 】

中間構造 1 0 0 1 は、1 個以上、2 個以上、3 個以上、4 個以上、5 個以上、6 個以上、7 個以上、8 個以上、9 個以上、1 0 個以上、2 0 個以上、3 0 個以上、4 0 個以上、5 0 個以上、1 0 0 個以上、または 5 0 0 個以上のパッド 1 0 0 3 を含むことができる。中間構造 1 0 0 1 は、1 個以上、2 個以上、3 個以上、4 個以上、5 個以上、6 個以上、7 個以上、8 個以上、9 個以上、1 0 個以上、2 0 個以上、3 0 個以上、4 0 個以上、5 0 個以上、1 0 0 個以上、または 5 0 0 個以上のチャンネル 1 0 0 4 を含むことができる。

30

【 0 0 3 9 】

図 1 を参照すると、操作 S 1 1 0 は、印刷された構造と共に働き得る電子回路の結合と適当な接続とを可能にする機械的構造の製作も含み得る。

本開示は、その底部に雄ばね搭載コネクタ（例えば、ポゴ・ピンまたはスプリング・フィンガー）を備えた射出成形モジュールに含まれる電子回路を受け入れ、または収容し得るチャンネルおよび / または空洞などの場所を製造（例えば、印刷、機械加工、成形）するための方法も提供する。その場所は、予め定義されていても、または予め決められていてもよい。3 D 物体が処理されると、モジュールは、方法 1 0 0 を通じて作製されたインターコネクタと接触しているコネクタを有した空洞に挿入され得る。モジュールとインターコネクタとの間の電気通信を維持するために、機械的な取り付け機構も、空洞と共に印刷され得る。このような機構は、限定なしに、空洞における結合を可能にするための印刷された特徴部を有するパー屈曲機構、もしくは射出成形されたドアが摺動しモジュール挿入を係止することを可能にするための空洞の側面上のラッチとすることができる、または、これらを含むことができる。

40

【 0 0 4 0 】

図 1 4 A は、3 次元製造物体内の導体構造と接触する内蔵モジュールを備える装置の例を示す。例示される例の装置は、ドア 1 4 0 1 と、内蔵回路 1 4 0 2 と、ばね搭載コネクタ 1 4 0 3 と、機械的結合特徴部 1 4 0 4 と、導体材料パッド 1 4 0 5 と、導体構造を有する 3 次元製造基板 1 4 0 6 と、回路用の空洞 1 4 0 7 とを含む。図 1 4 B は、ドア 1 4

50

01が挿入された状態で、3次元製造基板1406中に結合された内蔵回路1402を示す。ここで、ばね搭載コネクタ1403は、導体材料パッド1405と接触している。

【0041】

操作S110は、中間構造を3D印刷することによって中間構造を製作することを含み得る。操作S110は、付加的に、または代替的に、任意の他のアディティブ・マニファクチャリング処理によって、または任意の適切な手法で（例えば、射出成形、CNCミリング、鋳造もしくは水ジェット切断によって）、中間構造を製作することを含んでもよい。

【0042】

操作S110は、レーザベースのステレオリソグラフィーベースの3D印刷技法（SLA）または被マスク画像投影ベースのSLA技法を使用して中間構造を製作することを含み得る。操作S110は、付加的に、または代替的に、押出技法（例えば、熱溶解積層法もしくはシリンジ堆積）、粉末技法（例えば、レーザ焼結）、粉末床技法、インクジェット・ヘッド技法（例えば、マルチジェット印刷、ポリジェット）、積層物体製造技法、および/または任意の他のアディティブ・マニファクチャリング技法を使用して中間構造を製作することを含み得る。

【0043】

操作S110は、フォトリソグラフィーを用いて中間構造を製作することを含み得るが、しながら、付加的に、または代替的に、ポリマー材料（例えば、熱可塑性ポリマーもしくは熱硬化性ポリマー）、セラミック、糖類、コンクリート、ガラス、有機複合材料、金属材料、無機物、生物材料（例えば、生物組織）または任意の他の適切な材料を含んでもよい。

【0044】

操作S110は、製造上の制約のセットに従って中間構造を製作することを含み得る。製造上の制約は、一次的な制約（すなわち、中間構造製作処理に固有の制約）と、二次的な制約（すなわち、導体材料注入処理に関連する制約）との両方を含み得る。一次的な制約は、製作の方法に基づいて異なり得る。一次的な制約の例は、層ごとの製造処理の垂直解像度、層ごとの製造処理の平面解像度、および製造処理のユニット間の公差のばらつきを含む。二次的な制約は、材料制約、構造上の制約、および/または導体材料注入に関する中間構造製作処理に対する任意の他の制約を含み得る。

【0045】

材料制約のいくつかの例は、反応度制約（例えば、導体材料と接触する中間構造の材料は、導体材料を劣化させたり、導体材料によって劣化させられたりするべきではない）、熱制約（例えば、材料は、後処理期間中または導体材料注入および処理期間中に、中間構造が構造的または審美的に変形または劣化しない、実質的に高いガラス転移温度および荷重たわみ温度を有するべきであり、材料の形および色は、処理100の後に制御されたままであるべきである）、ならびに材料の機械的制約（例えば、バルク材料は、導体材料注入によって機械的に変形するべきではない）を含む。他の材料制約は、中間構造の特性によって招かれ得る（例えば、中間構造が、操作S140期間中に除去されるべきである場合、未処理の材料は、操作S110の後にチャネルの中から取り除くことが可能であるべきであり、その結果、材料は、構造からのきれいな除去を可能にする機械的特性を有して印刷される微細構造を許容し得る）。これらの制約は、例示的な制約として与えられている。例えば、いくつかの場合には、導体材料注入による空洞の機械的な変形が望ましいことがある。さらに、同じ構造の異なる部分に対しては、異なる制約が望ましいことがある。例えば、異なる電気信号を搬送することを意図された導体トレースは、異なる材料要件および構造上の要件を有し得る。

【0046】

構造上の制約のいくつかの例は、空洞寸法制約、空洞アクセス制約、空洞曲率半径制約、空洞非交差制約、および構造上の機械的制約を含む。このような制約は、形成されるべき3D物体に基づいて選択され得る。例えば、空洞曲率半径は、3D物体の一部が約0 .

10

20

30

40

50

1メートル以上の曲率半径を有することを必要とし得る。

【0047】

空洞寸法制約は、空洞の最小幅および最大幅、空洞の最小長さおよび最大長さに対する制約を含み得る。より一般的には、寸法制約は、空洞形状に対する任意の制約を含んでもよい。

【0048】

いくつかの例において、空洞寸法制約は、空洞の内部構造に対する制約を含み得る。例えば、空洞制約は、図5に示されるように、滑らかな円形の壁、波形の壁、内部平面、または内部付属物を空洞が有することを規定してもよい。空洞は、（不規則的であろうと、または不規則的であろうと）任意の形状を有し得る。他の例示的な空洞が、図6A～図6C、図7、図10A～図10E、図11A～図11Dおよび図12A～図12Cに示されている。

10

【0049】

空洞寸法制約は、数多くの他の構造設計考慮事項に関連し得る。例えば、空洞壁の粗さは、注入された導体材料がどのように空洞壁を流れるか、またはコーティングするかにおいて役割を果たし得る。また、空洞寸法制約は、空洞および/または注入された導体材料の機械的特性（例えば、応力、ひずみ、剛性）または電気的特性（例えば、抵抗、インダクタンス、静電容量）に影響を及ぼし得る。空洞寸法は、付加的に、または代替的に、空洞と注入された導体材料との間の相互作用（例えば、誘起された毛細管力、材料の流れ抵抗）に影響を及ぼし得る。例えば、接触パッドの表面近くの空洞は、図6A～図6Cおよび図7に示されるように、接触面領域を増加させるような形状にされてもよい。このような形状は、円形、三角形、正方形、矩形、またはこれらの部分形状もしくは組み合わせであってもよい。空洞寸法は、操作S110からの未処理の材料がどのようにチャネルから取り除かれるかにも影響を及ぼし得る（例えば、粘性のあるフォトリソ樹脂は、直径があまりにも小さいチャネルから出されることが困難であり得る）。また、空洞寸法制約は、製作処理または材料の制約によって規定され得る（例えば、いくつかのステレオリソグラフィー機械においては、0.5mm未満のチャネルが印刷されることは困難であり得る）。

20

【0050】

図6A～図6Cは、矩形の接触領域を有する空洞を備えた中間構造の例の様々な図を示す。矩形パッド601は、図6Aおよび図6Bに示されている。図6Aは、未充填の矩形パッド601を有する中間構造を示す。矩形パッド601は、回路を有するより大きな構造を構築する際に役立ち得る、他の構造に対する接続のためのコネクタ・パッドとなり得る。図6Bは、注入を受けて充填された矩形パッド601を有する中間構造を示す。図6Cは、後処理後の矩形パッド601の上面図である。

30

【0051】

図7は、中間構造700の例示的な図を示す。中間構造700は、導体材料の注入のための支持構造702と流体連通する複数の空洞701を有する。パッド703は、注入後に形成される。パッド703は、他の構造との電気通信または熱伝達のために使用される接触領域を提供し得る。パッド703は、中間構造700の表面に対して高くされてもよい。パッド703は、円形、三角形、正方形または矩形などの様々な断面を有し得る。1つのパッド703が示されているが、しかしながら、中間構造700は、2個以上、3個以上、4個以上、5個以上、6個以上、7個以上、8個以上、9個以上、10個以上のパッドなどの、接触領域を備えた複数のパッドを有してもよい。

40

【0052】

空洞アクセス制約は、中間構造が各空洞のための開口を有して、この開口内に導体材料が注入されることを可能にすることを要求し得る。図8の開口801などのこの開口は、例えば、注入ポートと称され得る。ただし、開口は、注入以外の目的、または注入に加えた目的のために使用されてもよい。例えば、注入ポートは、空洞へのアクセス、導体材料の注入、導体材料の排出、または任意の他の用途のために使用されてもよい。同様に、開

50

口は、排出ポート（材料排出を対象とする場合）またはアクセス・ポート（他の目的のため）としても指定され得る。

【0053】

中間構造は、チャンネルと流体連通する1つの開口を有し得る（例えば、図8を参照）。代替案として、中間構造は、各々が1つのチャンネルまたは複数のチャンネルと流体連通する、2個以上、3個以上、4個以上、5個以上、6個以上、7個以上、8個以上、9個以上、10個以上、20個以上、30個以上、40個以上、または50個以上の開口を有してもよい。このような1つ以上のチャンネルは、注入、排出または他のアクセスを許容し得る。

【0054】

空洞アクセス制約は、各空洞が注入ポートおよび排出ポート（例えば、導体材料注入および導体材料排出を対象としたポート）を備えることを規定してもよく、所望の構造または所与の構造に応じてこれらのポートの場所をさらに規定してもよい。

【0055】

付加的に、または代替的に、空洞アクセス制約は、中間構造の空洞がアクセス点を有することを要求してもよい。例えば、空洞は、ドリルもしくはミルが、または3次元製造構造から材料を除去する任意の他の操作が、後処理操作S120またはS140において注入ポートを開けることができる、中間構造の表面の近くのセクションを有する。これらの空洞アクセス制約は、導体材料注入を可能にすることへ向けられ得る。空洞アクセス制約は、導体材料の機能的な側面へ向けられる制約も含み得る。例えば、空洞アクセス制約は、空洞に対する電気接触が望まれる位置において、または、むしろ、空洞を最終的に充填する導体材料が望まれる位置において、空洞が中間構造の表面の近くになることを規定してもよい。これは、そのような領域における局所的な構造上の制約を規定すること、例えば、高くされた接触パッド（例えば、図7を参照）を必要とすることなどに及び得る。図3に示されるように、例示的な構造は、そのような制約を、電気接点を露出させるために後処理と共に使用する。図10A～図10E、図11A～図11Dおよび図12A～図12Cにおいて説明されるタブなどのタブも、そのような構造上の制約の例である。

【0056】

空洞アクセス制約は、空洞寸法制約または他の制約と結び付けられ得る。例えば、空洞アクセス点は、形状、サイズ、位置、向き、またはアクセス点に関連する任意の他のパラメータに関する特定の制約を有してもよい。例えば、空洞アクセス制約は、注入シリンジをより良好に受け入れるために、または注入性能を高めるために、空洞注入ポートが角度をつけられ、（図8に示されるように）空洞の後続のセクションよりも大きな直径を有することを規定してもよい。

【0057】

空洞アクセス制約は、中間構造の異なる3次元体積に対応する複数の注入（および/もしくは排出、またはアクセス）ポートを規定することも含み得る。このことは、中間構造の様々な部分へのアクセスを可能にし得る。いくつかの場合において、これらの注入ポートは、一時的なアクセスのために設計され得る。ポートは、中間構造の製作後のある時点で、閉鎖またはカバーされ得る。異なる3次元平面または3次元体積に対応する複数の注入ポートは、単一の平面または単一の体積内に配置され得る。例えば、構造は、図9に示されるように、中間構造内部の2つ以上の別個の平面に対応する1つの平面において配置された4つの注入ポートを有してもよい。

【0058】

空洞アクセス制約は、中間機能構造内部のチャンネルへのアクセスおよび連続性を可能にするために、チャンネルの形状、寸法、向き、場所および/または直径を規定することも含み得る。これは、例えば、インターコネクトの作製を可能にする除去可能なタブ、排出ポートの注入部を有する除去可能なタブ、2つの線の分割を行う除去可能なタブ、および/または注入操作S130を監視するための取り付け固定具を有する除去可能なタブを含んでもよい。

10

20

30

40

50

【0059】

空洞曲率半径制約は、空洞の最小曲率半径に対する制限を含み得る。空洞非交差制約は、空洞と他の空洞との、または空洞と中間構造における他の導体材料との交差に対する制限を含み得る。例えば、別個の電気信号を搬送する導体トレースを支持することを意図された空洞は、電氣的絶縁を必要とすることがあり、そのため、このことは、空洞が交差しないことを必要とし得る。このことは、導体トレースが互いに電氣的に絶縁されたままであることを許容し得る。構造上の機械的制約は、中間構造の物理的な構造に対する制限を含み得る。いくつかの例においては、中間構造が導体材料注入処理によって変形されることは望ましくないことがある。一例において、空洞深さは、後処理期間中に基板に対する損傷を防止するために材料において制御されるべきである。なぜなら、表面に近い空洞によって作製される薄い領域は、変形、破壊または変色する傾向があるためである。構造上の機械的制約は、構造上の機械的制約が材料と構造との両方に依存し得る点において、材料の機械的制約とは異なり得る（例えば、バルクの状態の材料は制約を満たし得る一方で、同じ材料から成る大部分が中空の格子は制約を満たさないことがある）。代替的に、構造上の機械的制約は、材料には全く依存しなくてもよい。

10

【0060】

図1を参照すると、操作S120は、中間構造を後処理することを含み得る。操作S120は、導体材料の注入に向けて中間構造を準備する機能を果たし得る。操作S120は、支持体（例えば、製作において使用されるが、最終的な形態において望まれない、その他意図されない中間構造の部分）を除去すること、乾燥させることもしくは硬化させること、焼き付けること（すなわち、上昇させた温度に中間構造を暴露すること）、表面を摩耗させること（例えば、研磨すること）、（例えば、基板の表面を機能させるための）化学的後処理、または導体材料注入に向けて中間構造を準備する任意の他の処理を含み得る。操作S120は、構造表面上の望ましくない突起または粗さを除去するために、溶剤槽に中間構造を配置し、この槽を超音波処理することを含んでもよい。溶剤槽は、例えばエタノールもしくはイソプロパノールなどのアルコール、または過酸化水素などの過酸化物を含み得る。操作S120は、付加的に、または代替的に、中間構造の空洞内に溶剤もしくは化学薬品を注入すること、および/または（化学処理、機械的処理、もしくは任意の適切な処理により）注入ポートを洗浄することを含んでもよい。空洞の内部に注入される化学薬品は、例えばエタノールもしくはイソプロパノールなどのアルコール、過酸化水素などの過酸化物、硫酸などの酸、または、過マンガン酸カリウムもしくは任意の他の化学薬品のような他の化学薬品を含んでもよい。チャンネルは、熱硬化性エポキシ、離型剤、錆止め剤または触媒などの材料の注入に向けてチャンネルを準備するためのコーティングを受け入れることができる。

20

30

【0061】

代替案として、操作S120は、図4に示されるように、導体材料とのインターフェースを可能にするための1つ以上のコネクタを追加することを含んでもよい。1つ以上のコネクタは、例えば注入によって、導体材料が形成される前に、導体材料が形成されている期間中に、または導体材料が形成された後に、追加され得る。いくつかの場合においては、導体材料形成前に1つ以上のコネクタを追加することによって、導体材料は、液体状態である間にコネクタの周りを流れることが可能となり、導体材料硬化後にコネクタとの適切な接触を提供し得る。これは、導体材料と1つ以上のコネクタとの間のオーム接触を提供し得る。この技法は、任意の目的のために空洞を充填している導体材料に対する電氣的アクセスを提供するために使用され得る。例えば、コネクタは、図4に示されるように、アクセスを提供するために露出されてもよい。別の例として、コネクタは、コンデンサを間に挟んだ2つの接続点を含んでもよい。このようなコネクタは、2つの別個の空洞における導体トレースを容量的に結合させるために使用され得る。別の例として、コネクタは、フィルタリング回路または他の回路を含んでもよい。

40

【0062】

操作S120は、方法100の一部として行われ得るが、しかしながら、代替的に、後

50

処理が必要とされない場合には行われなくてもよい。

操作 S 1 1 0 において中間構造を製作することの代替案として、方法 1 0 0 は、操作 S 1 5 0 において中間構造を受け取ることを含んでもよい。操作 S 1 5 0 において受け取られた中間構造は、操作 S 1 2 0 において後処理を受け得る。操作 S 1 5 0 の中間構造は、操作 S 1 1 0 の中間構造と実質的に類似し得るが、しかしながら、付加的に、または代替的に、任意の適切な構造であってもよい。

【 0 0 6 3 】

操作 S 1 3 0 は、中間構造内に導体材料を注入することを含み得る。操作 S 1 3 0 は、中間構造の空洞を導体材料を用いて充填することによって、導体トレースを形成する機能を果たし得る。

【 0 0 6 4 】

操作 S 1 3 0 を通じた材料の注入は、例えば図 1 1 A ~ 図 1 1 E において説明されたような中間機能構造（例えば、埋め込まれた注入ポートまたは排出ポートを有する除去可能なタブ）を使用することを通じて行われ得る。

【 0 0 6 5 】

図 1 1 A は、未充填の注入構造 1 1 0 1 の側面図を示す。注入構造 1 1 0 1 は、1 つ以上の注入ポートおよび / または排出ポートを備えることができる。注入構造 1 1 0 1 は、破断可能なタブとすることができる。注入構造 1 1 0 1 は、中間構造 1 1 0 3 におけるチャンネル 1 1 0 2 と流体連通する。図 1 1 B は、中間構造 1 1 0 3 におけるチャンネル 1 1 0 2 と流体連通する注入構造 1 1 0 1 の側面斜視図を示す。導体材料は、図 1 1 C に示されるように、注入構造 1 1 0 1 における注入ポート 1 1 0 4 を通じて注入されて、チャンネル 1 1 0 2 を充填し得る。チャンネル 1 1 0 2 が充填されると、注入構造 1 1 0 1 は、図 1 1 D に示されるように、接点 1 1 0 5 を生み出すために破断され得る。

【 0 0 6 6 】

操作 S 1 3 0 において注入される導体材料は、エポキシであっても、または中間構造の空洞内に注入され、次いでペースト / 液体を固めるために硬化され得る他のペーストもしくは粘性液体であってもよい。導体材料は、上記の特性を有する任意の適切な導体材料であり得る。導体材料の流れは、3 0 0 0 0、1 0 0 0 0、4 0 0 0、3 0 0 0、2 0 0 0、または 1 0 0 0 未満のレイノルズ数を有し得る。導体材料は、約 0 . 0 0 1 パスカル秒 (Pa · s) 以上、0 . 0 1 Pa · s 以上、0 . 1 Pa · s 以上、1 Pa · s 以上、1 . 5 Pa · s 以上、2 Pa · s 以上、1 0 Pa · s 以上、5 0 Pa · s 以上の粘度を有し得る。粘度は、約 0 . 0 0 1 Pa · s から 1 0 Pa · s まで、または 0 . 0 1 Pa · s から 1 0 0 Pa · s までであってもよい。例えば、導体材料は、導体フィラーを備えるエポキシであってもよく、導体フィラーは、例えば、エポキシ樹脂と 1 つ以上の金属粒子（例えば、薄片、マイクロビーズ、またはナノ粒子）との反応から形成されてもよく、これは硬化剤と混合され得る。1 つ以上の金属粒子は、銅、アルミニウム、ベリリウム、マグネシウム、モリブデン、亜鉛、コバルト、カドミウム、リチウム、ルテニウム、鉛、ビスマス、錫、インジウム、タンゲステン、鉄、ニッケル、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、銀、オスミウム、イリジウム、プラチナ、および金から選択された 1 つ以上の材料から成る粒子を含み得る。導体フィラーは、微粉末化され得る。別の例として、導体材料は、マルチパート（例えば、2 パート）触媒作用またはめっき処理の一部として堆積される材料であってもよい。導体材料の他の例は、熱硬化性の導体ポリマー、紫外線硬化型の導体ポリマー、熱硬化性シリコン、湿気硬化型シリコン、低融点温度金属、熔融金属、導体生物材料、および屈曲可能な金属ワイヤーを含む。

【 0 0 6 7 】

導体材料は、中間構造における注入に先立って準備される一液性自己硬化型エポキシから形成され得る。付加的に、または代替的に、二液性エポキシ材料の場合には、導体材料は、（例えば、エポキシ樹脂および触媒 / 硬化剤を同時にまたは交互に注入することによって）注入処理の直前にまたは注入処理期間中に混合され得る。導体材料は、自己硬化型であり得る（すなわち、この材料は、室温で硬化によって形成される）。付加的に、また

10

20

30

40

50

は代替的に、導体材料は、例えば、導体材料に電流（例えば、高いアンペア数の連続的な電流、もしくは高電圧の短パルス）を流すことによって、光（例えば、紫外線ランプ）によって、もしくはこれらの組み合わせによって、または3D構造の完全性を維持しつつ材料を適当に硬化させるのに必要な任意の他の処理などによって、（例えば、オープン内で）より高い温度で硬化されてもよい。

【0068】

操作S130は、シリンジまたはポンプ・システムを使用して、中間構造内に未硬化の（例えば、液体ノペースト状の）導体材料を注入することを含み得る。付加的に、または代替的に、操作S130は、例えば図11A～図11Eにおいて説明されるように、注入システム（例えば、注入ポートまたは排出ポートを有するタブ）に対して接続するための機能的な中間構造を使用することを含み得る。付加的に、または代替的に、操作S130は、中間構造の空洞内に未硬化の導体材料を流す任意の適切な方法を含んでもよい。例えば、導体材料は、低粘度を達成するように加熱され、空洞内に流し込まれるか、空洞内に吸い込まれるか、または空洞内に噴霧されてもよい。別の例においては、真空システムが、排出ポートを使用して、空洞と注入ポートに存在する導体材料との間に圧力差を作り出して、導体材料が空洞に入る結果をもたらしてもよい。材料の流れは、圧力差を誘起する代替的な方法、電磁力の印加、毛細管力の存在、および/または任意の他の適切な技法を含む他の技法によって、付加的に、または代替的に誘起されてもよい。

【0069】

操作S130は、注入パラメータを監視すること（S131）を含み得る。注入パラメータを監視すること（S131）は、注入処理についておよび/または操作S130において注入されている材料についての情報を提供し得る。例えば、操作S131は、注入流速（例えば、材料がシリンジ先端などの送達デバイスから出る流速）、注入質量（例えば、中間構造内に注入される材料の量）、注入圧力（例えば、シリンジ先端もしくは空洞内のある点における局所的圧力）、注入温度、または他の適切な注入処理パラメータを監視することを含んでもよい。操作S131は、他のパラメータを監視することも含み得る。例えば、操作S131は、ある体積の導体材料の電気的特性（例えば、抵抗、静電容量、またはインダクタンス）を測定することを含んでもよい。操作S131は、注入前の注入パラメータを監視すること（例えば、注入前の導体材料の温度を監視すること）、注入期間中の注入パラメータを監視すること（例えば、注入期間中の流速を監視すること）、または注入後の注入パラメータを監視すること（例えば、導体材料が硬化した際の2つの空洞点間の抵抗を監視すること）を含み得る。

【0070】

操作S131において説明されたような監視は、例えば、中間構造に対して取り付けられた装置を使用して行われ得ることによって、注入流速（例えば、材料が空洞内のある局所点から出る流速）、注入質量（例えば、中間構造内に注入される材料の量）、注入圧力（例えば、空洞内のある点における局所的圧力）、注入温度、空洞の充填のレベル（例えば、導体材料が排出ポートに存在することを確認すること。このことは、チャネルが完全に充填されたことを示し得る）、または他の適切な注入処理パラメータなどの、注入パラメータの局所的な監視を可能にすることができる。このようなセンサ取り付けの例は、図12A～図12Cにおいて提示される。

【0071】

図1を参照すると、操作S130は、注入パラメータを変更すること（S132）を付加的に含み得る。操作S132は、導体材料の特性（例えば、抵抗率、粘度、密度等）を変更するために、注入期間中に制御可能な注入パラメータを適応させ得る。操作S132は、操作S131に応じて行われてもよく（例えば、パラメータは、所望の結果もしくは所定の結果に到達するために、フィードバック処理を使用して適応される）、レシピもしくはアルゴリズムに応じて行われてもよい（例えば、流速は、空洞充填を最適化もしくは最大化するために時間と共にゆっくりと増加される）。

【0072】

制御可能な注入パラメータは、注入流速、材料温度、材料組成（例えば、ある割合のエポキシ樹脂を硬化剤に変更すること、エポキシ樹脂中に存在する金属もしくは他の導電剤の量を変更すること、もしくは材料全体を変更すること）、注入圧力、注入粘度、注入場所、または、導体材料注入に関連する任意の他の適切な制御可能なパラメータを含み得る。

【0073】

いくつかの場合において、空洞の内面は、導体材料でコーティングされ得る。これは、導体材料注入と同様の手法で行われ得るが、しかしながら、代替的に、無電解めっきなどの別の手法で行われてもよい。次いで、内面は、接地され得るか、さもなければ、電圧源／電流源に接続され得る。次いで、導体材料が注入されるのと同時に、または導体材料が注入された直後に、電流が導体材料を通して接地された表面まで流れるように、電位が導体材料に印加され得る。この電位は、ジュール熱によって生成され得る熱の放散も促進させるために短パルスでも印加され得る。電流の流れが加熱をもたらす状況では、このような加熱は、導体材料の特性を変更するために、または導体材料の硬化を誘起するために使用され得る。電圧および／または電流／電力は、操作S132の一部として制御され得る。

10

【0074】

いくつかの場合において、操作S130は、導体材料と共に非導体材料を注入することを含み得る。これらの材料は、同時に混合物により注入され、注入された材料の伝導性を変えるために、操作S132の一部として変えられ得る。付加的に、または代替的に、これらの材料は、連続して注入されてもよい。例えば、導体材料の2回の注入間の絶縁材料の短期間の注入が、空洞内コンデンサを作製するために使用されてもよい。材料に対する変更は、操作S132において制御され得る。

20

【0075】

操作S140は、注入された構造を後処理することを含み得る。操作S140は、導体材料注入を行った後の中間構造であり得る、注入された構造に対する任意の操作を行う機能を果たし得る。このような操作は、完成された3D構造を作製するために必要である、または望まれ得る。いくつかの場合において、操作S140は排除されてもよい。例えば、いかなるポストベーキングも必要としないことがある自己硬化型エポキシが使用される状況では、後処理が必要でないこともある。操作S140は、様々な操作、例えば、（例えば、磨くこと、拭き取ること、ミリング、もしくは穿孔によって）過剰な導体材料を除去すること、注入された構造を光および／もしくは熱に暴露すること（例えば、対流式オープン、電子レンジもしくは赤外線オープン、および／もしくはUVランプ）、乾燥させること、硬化させること、もしくは焼き付けること、注入された構造を1つ以上の溶剤に暴露すること、接触面を露出させるために使用され得る、表面を摩耗させること（例えば、研磨）、ジュール熱を生じさせるように連続的にもしくはパルス状に電位を印加すること、（例えば、図3に示されるように）接触面を露出させること、図4に示されるコネクタに類似し得るが、しかしながら、注入後に追加されるコネクタを追加すること、ならびに／または、完成した構造のために望まれる任意の他の処理を含んでもよい。

30

【0076】

いくつかの場合には、操作S130において、中間構造は、一液性エポキシ材料を含む導体材料を注入され得る。エポキシ材料は、銀などの1つ以上の金属を含み得る。操作S140において、中間構造は、次いで、多段階（例えば、2段階）硬化処理において処理され得る。まず、中間構造は、対流式オープンまたは任意の他の適当な加熱装置において第1の温度（例えば、75℃以下）で加熱され得る。このような処理は、未処理時には実質的に低い導電率を有し得るエポキシが、その浸透限界に到達する、または超えることを可能にして、エポキシが第1の抵抗率安定状態に到達することを可能にする。ある期間（例えば、約30分間以上、1時間以上または2時間以上）にわたって第1の温度で加熱した後、中間構造における導体材料は、中間構造の1つの端部において露出され（例えば、中間構造の1つの端部において接地され）、中間構造の別の端部において電位が印加され

40

50

得る。このような場合には、導体材料を流れる（例えば、最大で約 20 アンペアの）電流の流れは、導体材料のジュール熱を生成することがあり、このことは、エポキシの迅速で、局所的な、かつ、高品質の最終的な硬化を可能にし得る。次いで、付加的な後処理が、操作 S 140 の一部として行われ得る。

【0077】

注入された部分の付加的な後処理は、一時的な中間機能構造の除去を含むことができ、一時的な中間機能構造は、手動で（例えば、タブによって構造の除去を可能にする破壊が作り出される場合などに、中間構造を傾けることによって）、工具を用いて、または必要に応じて任意の他の後処理操作で（例えば、ピンセット、クランプ、ミリング、穿孔、および/もしくはレーザー切断を使用して）、注入された部分から除去され得る。一時的な機能 10 的な中間構造を破断することは、審美的な利益を有することができ、不必要な目に見える機能的な構造を有しない（例えば、注入ポートもしくは排出ポートを除去すること）、または固定具を有しない最終的な物体を可能にし得る。中間機能構造を除去するこの操作は、インターコネクトを露出させること、または 1 本の線を分離された複数の線に分割すること、または除去可能な中間構造の幾何学的形状によって可能となる任意の他の機能などによって、最終的な機能構造も生み出し得る（例えば、図 10 を参照）。

【0078】

操作 S 140 は、付加的に、または代替的に、注入された構造にさらに材料を追加することを含んでもよい。例えば、注入された構造は、注入ポートをカバーするために、またはさらなる特徴を追加するために、注入後に 3D プリンタへ戻されてもよい。 20

【0079】

いくつかの場合において、操作 S 140 は、注入された構造に電子機器を追加することを含み得る。例えば、操作 S 130 または操作 S 140 期間中に追加されたソケット・コネクタに対して、マイクロプロセッサが追加されてもよい。次いで、マイクロプロセッサは、ポリマー（例えば、熱可塑性物質またはフォトリソグレイム）によりカバーされて、注入された構造内に封止され得る。

【0080】

コンピュータ・システム

本開示は、本開示の方法を実装するようにプログラムされたコンピュータ制御システムを提供する。図 15 は、中央処理装置（CPU、本願明細書においては「プロセッサ」および「コンピュータ・プロセッサ」ともいう）1505 を含むコンピュータ・システム 1501 を示しており、この中央処理装置 1505 は、シングル・コア・プロセッサもしくはマルチ・コア・プロセッサであっても、または並列処理のための複数のプロセッサであってもよい。コンピュータ・システム 1501 は、メモリまたはメモリ・ロケーション 1510（例えば、ランダム・アクセス・メモリ、読み出し専用メモリ、フラッシュ・メモリ）、電子記憶ユニット 1515（例えば、ハード・ディスク）、1 つ以上の他のシステムと通信するための通信インターフェース 1520（例えば、ネットワーク・アダプタ）、ならびに周辺デバイス 1525（例えば、キャッシュ、他のメモリ、データ・ストレージおよび/または電子ディスプレイ・アダプタなど）も含む。メモリ 1510、ストレージ・ユニット 1515、インターフェース 1520 および周辺デバイス 1525 は、通信 40 バス（実線）を介して、マザーボードなどの CPU 1505 と通信する。ストレージ・ユニット 1515 は、データを記憶するためのデータ・ストレージ・ユニット（またはデータ・リポジトリ）であってもよい。コンピュータ・システム 1501 は、通信インターフェース 1520 を活用して、コンピュータ・ネットワーク（「ネットワーク」）1530 と動作可能に結合され得る。ネットワーク 1530 は、インターネット、インターネットおよび/もしくはエクストラネット、またはインターネットと通信するイントラネットおよび/もしくはエクストラネットであってもよい。ネットワーク 1530 は、いくつかの場合には、電気通信ネットワークおよび/またはデータ・ネットワークである。ネットワーク 1530 は、1 つ以上のコンピュータ・サーバを含むことができ、これにより、クラウドコンピューティングなどの分散型コンピューティングを可能にすることができる。ネ 50

ットワーク 1530 は、いくつかの場合には、コンピュータ・システム 1501 を活用して、ピア・ツー・ピア・ネットワークを実装することができ、これは、コンピュータ・システム 1501 に結合されたデバイスをクライアントまたはサーバとして機能させるようにイネーブルし得る。

【0081】

CPU 1505 は、プログラムまたはソフトウェアにおいて具現化され得る、一連の機械読取可能な命令を実行することができる。この命令は、メモリ 1510 などのメモリ・ロケーションに記憶され得る。命令は、CPU 1505 を対象とすることができ、この命令は、本開示の方法を実装するように CPU 1505 を後でプログラムその他によって構成することができる。CPU 1505 によって行われる動作の例は、フェッチ、デコード、実行、およびライトバックを含むことができる。

10

【0082】

CPU 1505 は、集積回路などの回路の一部であってもよい。システム 1501 の 1 つ以上の他の構成要素は、この回路内に含まれ得る。いくつかの場合において、この回路は、特定用途向け集積回路 (ASIC) である。

【0083】

ストレージ・ユニット 1515 は、ドライバ、ライブラリ、および保存されたプログラムなどの、ファイルを記憶することができる。ストレージ・ユニット 1515 は、ユーザ・データ、例えば、ユーザ嗜好およびユーザ・プログラムを記憶することができる。コンピュータ・システム 1501 は、いくつかの場合には、イントラネットまたはインターネットを通じてコンピュータ・システム 1501 と通信する遠隔サーバ上に位置するなど、コンピュータ・システム 1501 の外部に存在する、1 つ以上の付加的なデータ・ストレージ・ユニットを含むことができる。

20

【0084】

コンピュータ・システム 1501 は、ネットワーク 1530 を通じて、1 つ以上の遠隔コンピュータ・システムと通信することができる。例えば、コンピュータ・システム 1501 は、ユーザの遠隔コンピュータ・システムと通信することができる。遠隔コンピュータ・システムの例は、パーソナル・コンピュータ (例えば、ポータブル PC)、スレート PC もしくはタブレット PC (例えば、Apple (登録商標) iPad (登録商標)、サムソン (Samsung) (登録商標) ギャラクシータブ (Galaxy Tab))、電話、スマートフォン (例えば、Apple (登録商標) iPhone (登録商標)、Android (登録商標) 対応デバイス、Blackberry (登録商標))、または携帯情報端末を含む。ユーザは、ネットワーク 1530 を介して、コンピュータ・システム 1501 にアクセスすることができる。

30

【0085】

本願明細書において説明されるような方法は、コンピュータ・システム 1501 の電子ストレージ・ロケーション上、例えばメモリ 1510 または電子ストレージ・ユニット 1515 上などに記憶された機械 (例えば、コンピュータ・プロセッサ) 実行可能なコードによって実装され得る。機械実行可能なコードまたは機械読取可能なコードは、ソフトウェアの形態で提供されてもよい。使用期間中に、コードは、プロセッサ 1505 によって実行され得る。いくつかの場合において、コードは、ストレージ・ユニット 1515 から取得され、プロセッサ 1505 によってすぐにアクセスできるようにメモリ 1510 上に記憶され得る。いくつかの状況では、電子ストレージ・ユニット 1515 は排除されてもよく、機械実行可能な命令がメモリ 1510 に記憶される。

40

【0086】

コードは、コードを実行するように適合されたプロセッサを有する機械で使用するために事前にコンパイルされ、構成されてもよく、またはランタイム期間中にコンパイルされてもよい。コードは、事前にコンパイルされて、またはコンパイルされながら実行するようコードをイネーブルするように選択され得るプログラミング言語で供給され得る。

【0087】

50

本開示の方法は、コンピュータ読取可能な命令を記憶したコンピュータ読取可能な媒体を受け入れるようにプログラムその他によって構成された機械において具現化される、および/または、少なくとも部分的にこの機械によって実装され得る。命令は、3Dプリンタおよび/または注入シリンジなどの注入デバイスもしくは注入システムと一体化され得るコンピュータ実行可能な構成要素によって実行され得る。コンピュータ読取可能な媒体は、任意の適切なコンピュータ読取可能な媒体上、例えば、RAM、ROM、フラッシュ・メモリ、EEPROM、光デバイス(CDもしくはDVD)、ハード・ドライブ、フロッピー(登録商標)・ドライブ、または任意の適切なデバイス上などに記憶され得る。コンピュータ実行可能な構成要素は、汎用プロセッサまたは特定用途向けプロセッサであってもよいが、しかしながら、任意の適切な専用ハードウェアまたはハードウェア/ファームウェア組み合わせデバイスが、代替的に、または付加的に、命令を実行することができる。

10

【0088】

本願明細書において提供されたシステムおよび方法の態様、例えば、コンピュータ・システム1501などは、プログラミングにおいて具現化され得る。本技術の様々な態様は、あるタイプの機械読取可能な媒体上で搬送される、または具現化される、典型的には機械(またはプロセッサ)実行可能なコードおよび/または関連付けられたデータの形態の「製品」または「製造物品」と見なされてもよい。機械実行可能なコードは、メモリ(例えば、読み出し専用メモリ、ランダム・アクセス・メモリ、フラッシュ・メモリ)またはハード・ディスクなどの電子ストレージ・ユニット上に記憶され得る。「ストレージ」タイプの媒体は、ソフトウェア・プログラミングのための非一時的な記憶をいつでも提供し得る、様々な半導体メモリ、テープ・ドライブ、ディスク・ドライブなどの、コンピュータ、プロセッサなどの有形メモリ、またはこれらの関連付けられたモジュールのうちのいずれかまたは全てを含むことができる。ソフトウェアの全部または一部は、インターネットまたは様々な他の通信ネットワークを介して時折通信され得る。このような通信は、例えば、1つのコンピュータまたはプロセッサから別のコンピュータまたはプロセッサへの、例えば、管理サーバまたはホスト・コンピュータからアプリケーション・サーバのコンピュータ・プラットフォームへの、ソフトウェアのダウンロードをイネーブルし得る。したがって、ソフトウェア要素を担持し得る別のタイプの媒体は、有線ネットワークおよび光回線ネットワーク(optical landline network)を介して、ならびに様々なエアリンク上で、ローカル・デバイス間の物理インターフェース上などで使用されるような、光波、電波および電磁波を含む。このような波を搬送する物理的要素、例えば、有線リンクもしくは無線リンク、または光リンクなども、ソフトウェアを担持する媒体としてみなされ得る。本願明細書においては、非一時的な有形の「記憶」媒体に制限されない限り、コンピュータまたは機械「読み取り可能な媒体」などの用語は、実行のためにプロセッサに命令を提供することに関与する任意の媒体を指す。

20

30

【0089】

このため、機械読取可能な媒体、例えばコンピュータ実行可能なコードは、有形の記憶媒体、搬送波媒体または物理送信媒体を含むが、これらに限定されない、多くの形態を取り得る。不揮発性記憶媒体は、例えば、光ディスクまたは磁気ディスク(図面に示されるデータベース等を実装するために使用され得るものなどの、任意のコンピュータ等におけるストレージ・デバイスのうちの任意のものなど)を含む。揮発性記憶媒体は、そのようなコンピュータ・プラットフォームのメイン・メモリなどの動的メモリを含む。有形送信媒体は、同軸ケーブル(コンピュータ・システム内にバスを構成するワイヤーを含む、銅線および光ファイバー)を含む。搬送波送信媒体は、無線周波数(RF)通信および赤外線(IR)データ通信期間中に生成される信号または波などの、電気信号もしくは電磁信号、または音波もしくは光波の形態を取り得る。そのため、コンピュータ読取可能な媒体の一般的な形態は、例えば、フロッピー(登録商標)・ディスク、フレキシブル・ディスク、ハード・ディスク、磁気テープ、任意の他の磁気媒体、CD-ROM、DVDもしくはDVD-ROM、任意の他の光媒体、パンチカード紙テープ、複数パターンの穴を有する

40

50

任意の他の物理記憶媒体、RAM、ROM、PROMおよびEPROM、FLASH-EPROM、任意の他のメモリチップもしくはカートリッジ、データもしくは命令を伝える搬送波、このような搬送波を送るケーブルもしくはリンク、またはコンピュータがプログラミング・コードおよび/もしくはデータを読み出し得る任意の他の媒体を含む。コンピュータ読取可能な媒体のこれらの形態のうちの多くは、1つ以上の命令の1つ以上のシーケンスを、実行のためにプロセッサへ搬送することに関与し得る。

【0090】

コンピュータ・システム1501は、例えば、1つ以上の中間構造を含む、製造（例えば、印刷、機械加工、成形）のための3D物体の設計仕様を提供するためのユーザ・インターフェース（UI）1540を備えた電子ディスプレイ1535を含むこと、または電子ディスプレイ1535と通信することができる。UIの例は、限定なしに、グラフィカル・ユーザ・インターフェース（GUI）およびウェブベースのユーザ・インターフェースを含む。

10

【0091】

コンピュータ・システム1501は、3D構造製造システム（またはモジュール）1545を含むこと、または3D構造製造システム（またはモジュール）1545と通信することができる。3D製造システム1545は、例えば、アディティブ・マニファクチャリングまたはサブトラクティブ・マニファクチャリングにより、3D物体を生成することができる。3D構造製造システム1545は、3D印刷システムであってもよく、ポリマー材料などの様々な材料から成る3D物体をアディティブに生成することができる。3D印刷システム1545の例は、ウォールストローム（Wahlstrom）らに対する米国特許第7,520,740号明細書において提供されており、この米国特許は、全体的に本願明細書に援用される。3D構造製造システム1545は、CNC機械加工であってもよく、プラスチックまたは金属などの様々な材料から3D構造をサブトラクティブに生成することができる。3D構造製造システム1545の別の例は、ハイアット（Hyatt）らに対する国際公開第2015/127271号において提供されており、これは、全体的に本願明細書に援用される。

20

【0092】

本開示の方法およびシステムは、1つ以上のアルゴリズムによって実装され得る。アルゴリズムは、中央処理装置1505による実行時にソフトウェアによって実装され得る。このアルゴリズムは、例えば、図1の方法100による3D物体の形成を容易にすることができる。このアルゴリズムは、方法100の様々な操作を実装することができる。

30

【0093】

本開示の方法およびシステムは、様々な3次元物体、例えば、電子デバイス、マイクロ流体デバイス、機械デバイス、医療デバイス、推進デバイス、建築構造、建造物、無線通信デバイス、生物工学処理された構造、人工臓器または生物医学的デバイスなどを形成するために使用され得る。このような3次元物体は、商業的環境、産業的環境、または軍事環境などの様々な環境において使用され得る。

【0094】

本開示の方法およびシステムは、他の方法およびシステム、例えば、欧州特許出願公開第1209959号明細書、欧州特許出願公開第2779272号明細書、米国特許出願公開第2002/0062987号明細書、米国特許出願公開第2011/0253435号明細書、米国特許出願公開第2014/0054795号明細書、米国特許出願公開第2014/0272522号明細書、米国特許第6,100,178号明細書、米国特許第6,833,511号明細書、および米国特許第8,033,014号明細書などにおいて説明される方法およびシステムと組み合わせられてもよく、これらの各々は、全体的に本願明細書に援用される。

40

【0095】

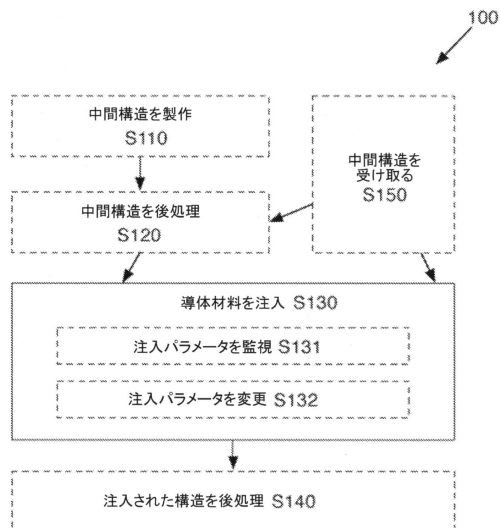
本発明の好適な実施形態が、本願明細書において図示および説明されてきたが、このような実施形態は例として提供されているに過ぎないことが、当業者には明らかであろう。

50

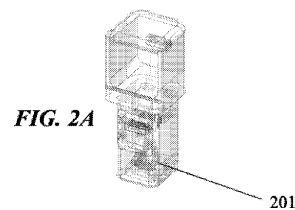
本発明は本願明細書内に提供される特定の例によって限定されることを意図されない。本発明は、前述の明細書を参照しつつ説明されてきたが、本願明細書における実施形態の説明および例示は、限定的な意味で解釈されることを意図されていない。多数のバリエーション、変更、および置換が、本発明から逸脱することなく、当業者に今や想到されるであろう。さらに、本発明のあらゆる態様は、多様な条件および変数に依存する本願明細書において述べられた具体的な描写、構成または相対的割合に限定されないことが、理解されるべきである。本願明細書において説明された本発明の実施形態に対する様々な代替案は、本発明を実施する際に採用され得ることが、理解されるべきである。したがって、本発明は、そのような任意の代替案、変形例、バリエーションまたは均等物もカバーすることが予期される。下記の請求項が本発明の範囲を定義すること、ならびに、これらの請求項の範囲内の方法および構造およびそれらの均等物は請求項によってカバーされることが意図される。

10

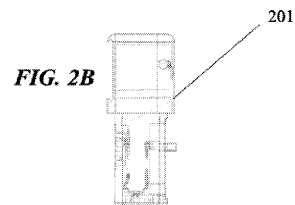
【図 1】



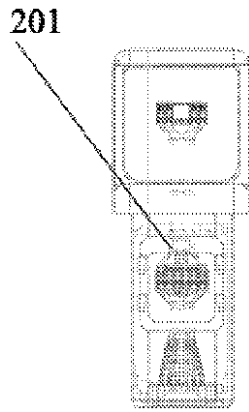
【図 2 A】



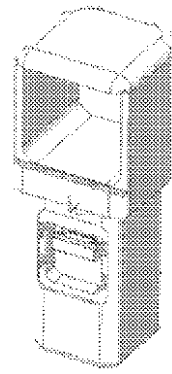
【図 2 B】



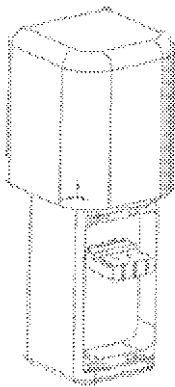
【図 2 C】

**FIG. 2C**

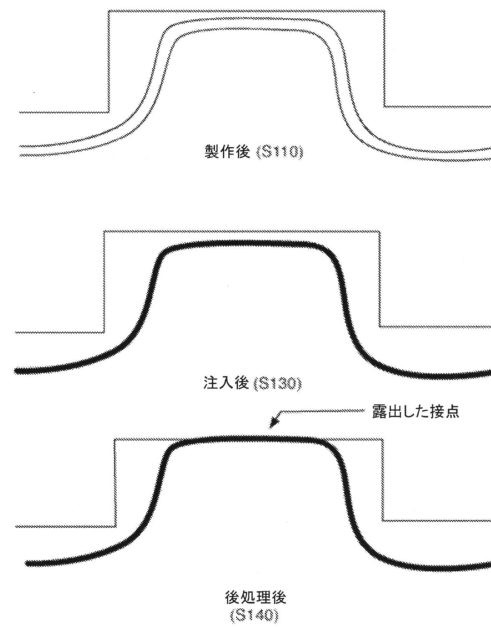
【図 2 D】

**FIG. 2D**

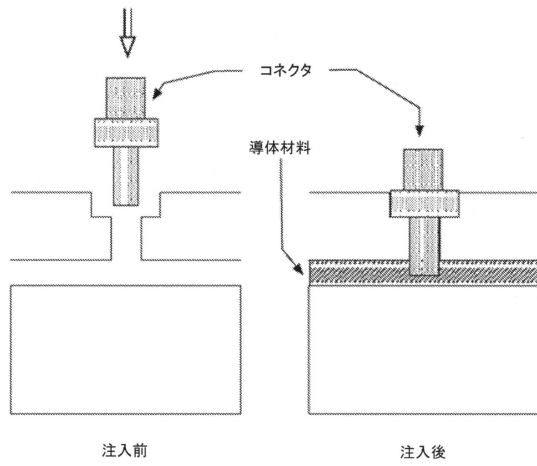
【図 2 E】

**FIG. 2E**

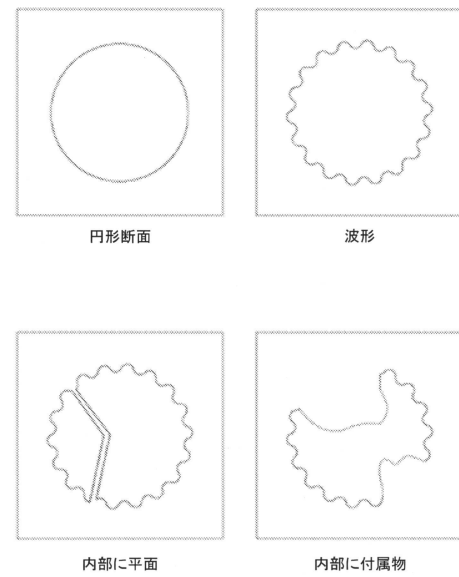
【図 3】



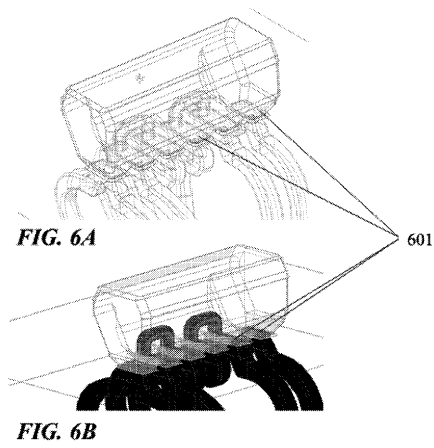
【図 4】



【図 5】



【図 6 A - 6 B】



【図 7】

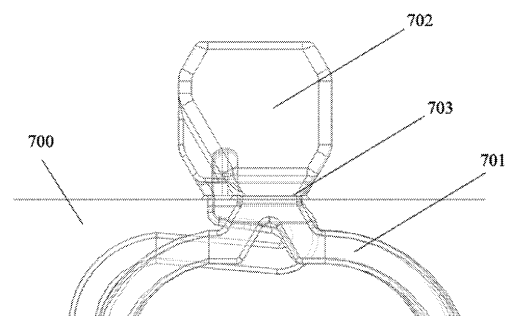


FIG. 7

【図 6 C】

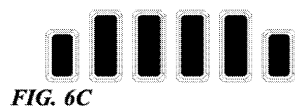


FIG. 6C

【図 8】

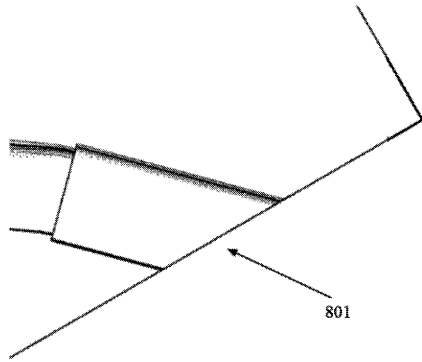
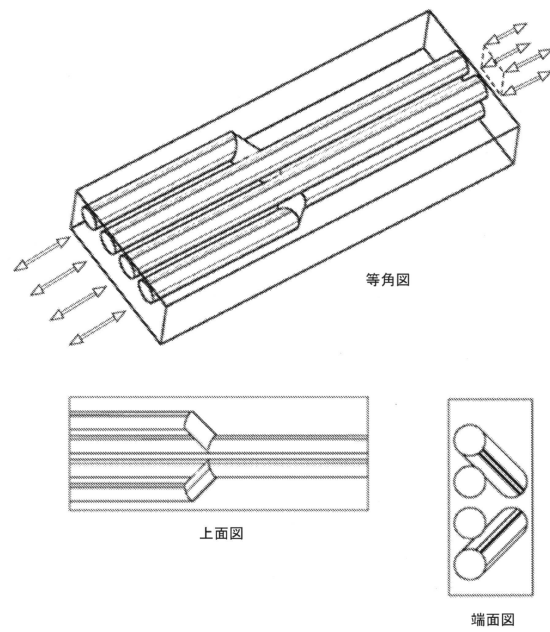


FIG. 8

【図 9】



【図 10 A】

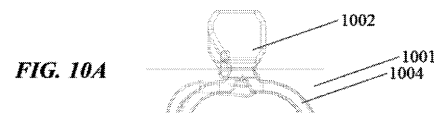


FIG. 10A

【図 10 B】

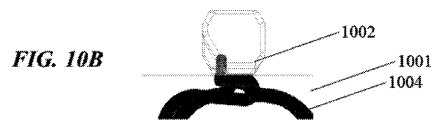
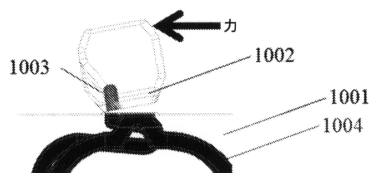


FIG. 10B

【図 10 C】



【図 10 D】



FIG. 10D

【図 10 E】



FIG. 10E

【図 11 A - 11 B】

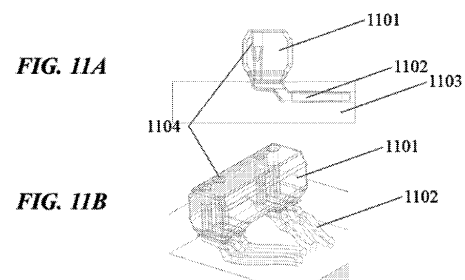


FIG. 11A

FIG. 11B

【図 11 C】

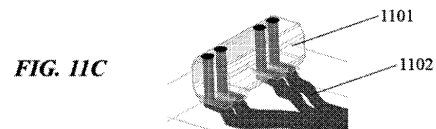


FIG. 11C

【図 11 D】

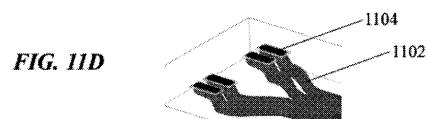


FIG. 11D

【図 12 A】

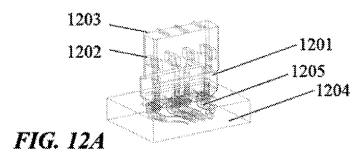
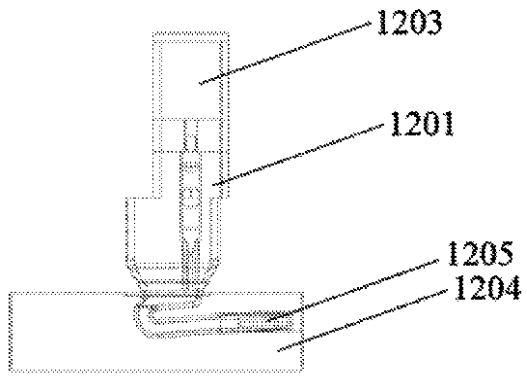
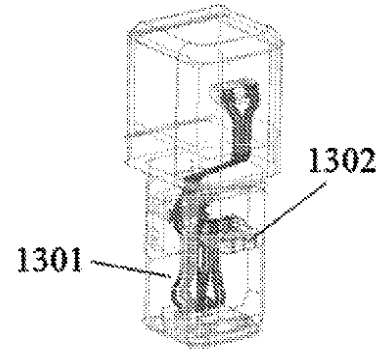


FIG. 12A

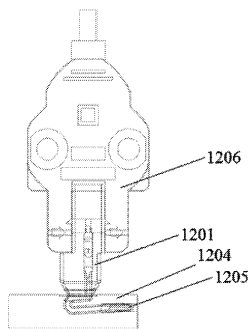
【図 12 B】

**FIG. 12B**

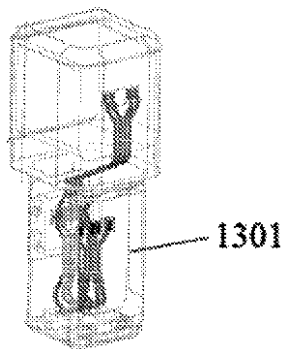
【図 13 A】

**FIG. 13A**

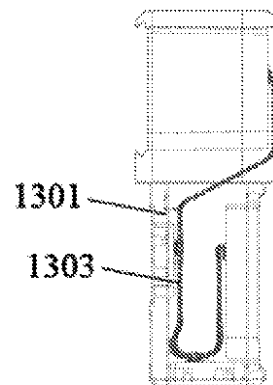
【図 12 C】

**FIG. 12C**

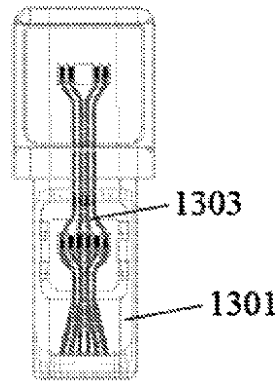
【図 13 B】

**FIG. 13B**

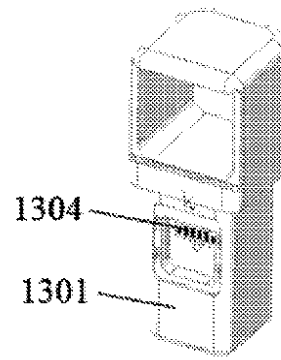
【図 13 C】

**FIG. 13C**

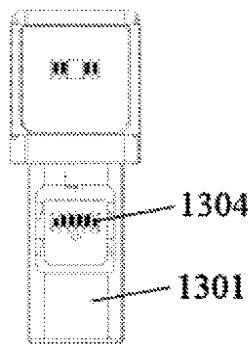
【図 13 D】

**FIG. 13D**

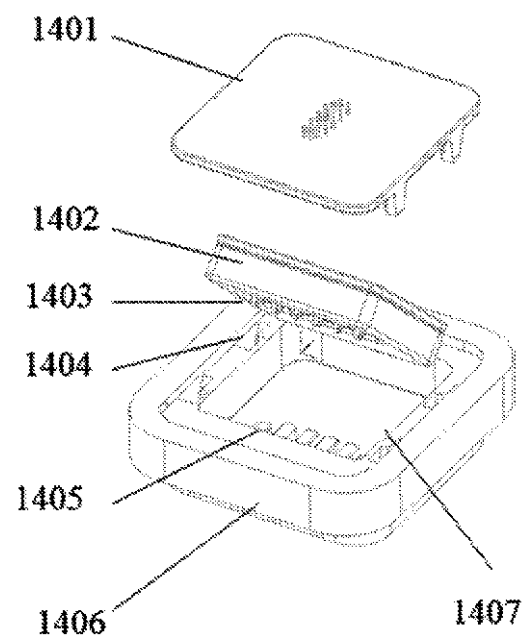
【図 13 E】

**FIG. 13E**

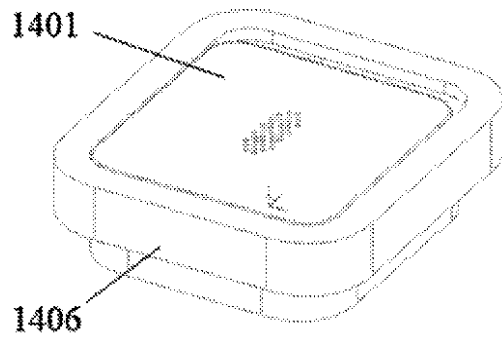
【図 13 F】

**FIG. 13F**

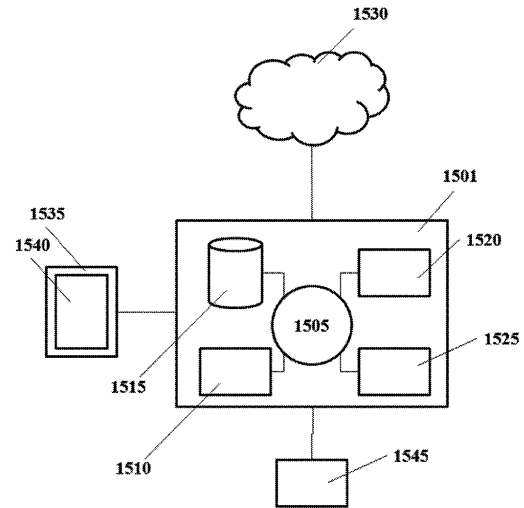
【図 14 A】

**FIG. 14A**

【図 14 B】

**FIG. 14B**

【図 15】

**FIG. 15**

フロントページの続き

(72)発明者 パラン、サウラブ

アメリカ合衆国 94025 カリフォルニア州 メンロー パーク ウィロー ロード 160
1 フェイスブック, インク. 内

(72)発明者 クロッセン、レックス ウェンターズ

アメリカ合衆国 94025 カリフォルニア州 メンロー パーク ウィロー ロード 160
1 フェイスブック, インク. 内

(72)発明者 ジャス、アレクサンドル

アメリカ合衆国 94025 カリフォルニア州 メンロー パーク ウィロー ロード 160
1 フェイスブック, インク. 内

審査官 井上 和俊

(56)参考文献 特開2012-028545(JP, A)

特開2001-156414(JP, A)

特開昭61-145889(JP, A)

特開2015-198153(JP, A)

米国特許出願公開第2015/77215(US, A1)

米国特許出願公開第2010/314041(US, A1)

米国特許出願公開第2003/42912(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H05K 1/02

H05K 3/00

H05K 3/12