

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015 年 12 月 17 日(17.12.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/190168 A1

- (51) 国際特許分類:
B29C 67/00 (2006.01) *B33Y 30/00* (2015.01)
B33Y 10/00 (2015.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/061087
- (22) 国際出願日: 2015 年 4 月 9 日(09.04.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-120650 2014 年 6 月 11 日(11.06.2014) JP
- (71) 出願人: コニカミノルタ株式会社(KONICA MINOLTA, INC.) [JP/JP]; 〒1007015 東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 2 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 柏倉 邦章(KASHIWAKURA, Kuniaki). 宗仲 太弥(MUNENAKA, Taiya). 芳賀 正安(HAGA, Masayasu). 田畑 英二(TABATA, Eiji). 夏原 敏哉(NATSUHARA, Toshiya).
- (74) 代理人: 鷲田 公一(WASHIDA, Kimihito); 〒1600023 東京都新宿区西新宿 1-2-3-7 新宿ファーストウェスト 8 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: THREE-DIMENSIONAL FABRICATION APPARATUS AND THREE-DIMENSIONAL FABRICATION METHOD

(54) 発明の名称: 三次元造形装置および三次元造形方法

図6A

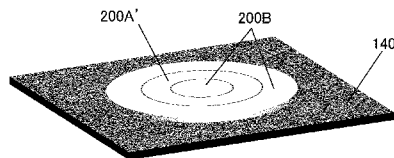


図6B

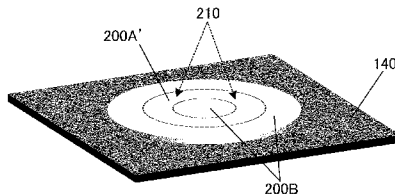
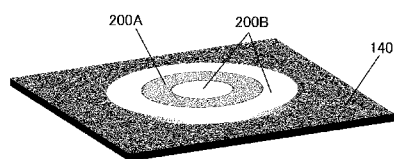


図6C



(57) Abstract: A three-dimensional fabrication apparatus (100) fabricates a three-dimensional fabricated object (200) by forming and laminating multiple fabrication material layers comprising fabrication material layers with a model region for ultimately configuring the three-dimensional fabricated object (200) and fabrication material layers with a region to be ultimately removed from the three-dimensional fabricated product (200) such as a support region. The three-dimensional fabrication apparatus (100) causes a fabrication material-discharging head (121) to discharge a fabrication material in a sol state and cures the discharged fabrication material by applying energy when forming the model region, and causes the fabrication material-discharging head (121) to discharge fabrication material in the sol state and causes the discharged fabrication material to undergo phase transition from the sol state to a gel state when forming a region to be removed.

(57) 要約: 三次元造形装置 (100) は、造形ステージ (140) 上に、最終的に三次元造形物 (200) を構成するモデル領域を有する造形材層と、最終的に三次元造形物 (200) から除去されるサポート領域等の除去対象領域を有する造形材層とを含む複数の造形材層を形成して積層することにより三次元造形物 (200) を造形する。三次元造形装置 (100) は、モデル領域の形成に当たっては、造形材吐出ヘッド (121) にゾル状態の造形材を吐出させ、吐出された造形材にエネルギーを付与して硬化させ、除去対象領域の形成に当たっては、造形材吐出ヘッド (121) にゾル状態の造形材を吐出させ、吐出された造形材をゾル状態からゲル状態に相転移させる。

明 細 書

発明の名称：三次元造形装置および三次元造形方法

技術分野

[0001] 本発明は、三次元造形装置および三次元造形方法に関する。

背景技術

[0002] 三次元の立体物（以下「三次元造形物」）を造形する技術として、ラピッド・プロトタイピング（R P : Rapid Prototyping）と呼ばれる技術が知られている。この技術は、1つの三次元造形物の表面を3角形の集まりとして記述したデータ（S T L（Standard Triangulated Language）フォーマットのデータ）により、積層方向について薄く切った断面形状を計算し、その形状に従って各層を形成して三次元造形物を造形する技術である。また、三次元造形物を造形する手法としては、熔融物堆積方式（F D M : Fused Depositio n Molding）、インクジェット方式、インクジェットバインダー方式、光造形方式（S L : Stereo Lithography）、粉末焼結方式（S L S : Selective Las er Sintering）などが知られている。

[0003] インクジェット方式による三次元造形方法としては、例えば、造形ステージに対してインクジェットヘッドから選択的に例えば光硬化性樹脂のモデル材を吐出する工程、その表面を平滑化する工程、および当該モデル材を硬化させる工程（光硬化性樹脂の場合は光照射工程）によって一層分の造形材層（硬化層）を形成し、この造形材層を複数積層して三次元造形物を造形する技術が提供されている。このような方式によれば、造形対象物の三次元形状に基づいてモデル材を微小な液滴（液滴径：数十〔 μ m〕）として吐出することにより高精細な造形材層が形成されるため、これを積層することにより高精細な三次元造形物を造形することができる。また、インクジェットヘッドとして、複数の吐出ノズルが配列された副走査を不要とする長さを有するインクジェットヘッド（いわゆるラインヘッド）を使用することによって、大きな三次元造形物であっても比較的短時間で造形できるように工夫がされ

ている。

[0004] 積層造形法により所望の形状の目的物を生成する技術として、特許文献1には、目的物を構成する材料を吐出するインクジェットヘッドと、吐出された材料の相変態を促進するための促進因子（例えば、レーザ光）を供給する促進因子供給部を、第2ステージおよび第1ステージにより2次元的に移動可能に支持するとともに、回転機構により回転可能に支持する技術が開示されている。すなわち、特許文献1に記載の技術は、目的物の生成面に対して任意の角度で材料および促進因子を照射できるようにして、サポート無しにオーバーハング部を生成できるようにする。

[0005] また、特許文献2には、常温でゲル状態であり、かつ約80 [°C] でゾル状態に変移する光硬化性成分を用いて立体的な造形物を形成する光造形法の技術が開示されている。特許文献2に記載の技術では、まず80 [°C] 以上に加熱してゾル状態にした樹脂組成物をエレベーター上に一定量押し出し、リコータにより平面供給する。その後、エレベーター上に供給され、常温の条件下で約30 [秒] でゲル化した樹脂組成物の表面に、インクジェットヘッドを用いて紫外光遮断層からなるマスクパターンを描画し、紫外線ランプで露光する。また、マスクパターンを残したままで、樹脂組成物の一層分を光照射処理された層の上に押し出す。このような手順を繰り返すことで造形を行い、立体的な造形物を形成する。造形終了後、超音波振動を付与したトルエン等の溶剤中において、得られたゲル状態のブロックを約80 [°C] で加温処理することによって未硬化樹脂を除去する。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2002-67171号公報

特許文献2：特開2001-49129号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 上述したように、三次元造形物を造形するにあたっては、積層方向について薄く切った造形対象物（立体物）の断面形状を計算し、その形状に従って下層から順に形成して積層するのが一般的である。下層よりも上層に行くほど断面形状が小さくなるような形状、例えばピラミッド構造のような形状であれば、最終的に三次元造形物を構成するモデル領域を形成するモデル材のみで積層していくことが可能である。しかし、例えば球体構造を造形しようとしたとき、最大直径となる中心部よりも下層部分では、上層に行くほど形状が大きくなる部分（オーバーハング部分）を有する。このようなオーバーハング部分を造形するときは、端部付近のモデル材を重力方向に支持するものがないため、モデル領域を支持するサポート領域が必要になる。サポート領域は、最終的に三次元造形物から除去される領域（除去対象領域）でもある。

[0008] 粉体積層方式（インクジェットバインダー方式）や粉末焼結方式により三次元造形物を造形する場合には、層状に敷き詰められた粉体層のうちモデル領域に対してバインダーを吐出したり、高出力のレーザービームの照射により当該モデル領域を直接焼結したりするため、モデル領域以外の粉体層がサポート領域の役割をすることとなる。そのため、粉体積層方式や粉末焼結方式では、サポート領域を形成するために別途サポート材を用意することなく、あらゆる形状の三次元造形物を造形することができる。

[0009] また、光造形方式により三次元造形物を造形する場合には、敷き詰められた光硬化性の樹脂液層のうちモデル領域に対して光の照射を行い、硬化させていく。そのため、硬化させていくモデル領域以外の樹脂液層には若干の流動性があるため、完全にはモデル領域を支持する必要がないとは言えないが、例えば球体程度の三次元造形物であれば特別にモデル領域を支持するためのサポート領域を形成する必要はない。また、熱溶融方式により三次元造形物を造形する場合には、熱可塑性樹脂を加熱により液状化させ、ノズルから吐出して一筆書きのようにして積層していく。ノズルから吐出された樹脂は、ほぼ瞬時に冷却して硬化するため、ある程度のオーバーハング部分であれ

ばモデル領域を支持するサポート領域の形成を必要としない。しかし、光造形方式や熱溶融方式により三次元造形物を造形する場合、激しいオーバーハング部分に対してはモデル領域を支持するサポート領域が必要となるため、必要な部分に光の照射を行い、またはノズルから樹脂を吐出してサポート領域を別途作ることが行われている。サポート領域は、三次元造形物の造形が完了した後に、ニッパなどで除去される。

[0010] 一方、インクジェット方式により三次元造形物を造形する場合には、微小な液滴（モデル材）を一滴ずつ吐出して光照射などにより硬化させて造形していくため、わずかなオーバーハング部分であっても微小な液滴を保持することはできない。つまり、三次元造形物の造形中にモデル領域を支持するためのサポート領域を配置する必要がある。オーバーハング部分の下層全部にサポート領域を配置する必要がある、オーバーハング部分がわずかであっても、当該サポート領域の形成にサポート材を消費してしまう。例えば、造形の後半にオーバーハング部分が存在するようなときでも、最下層からサポート領域を配置していく必要がある。よって、形状によってはモデル材よりもはるかに多くのサポート材を消費することもある。

[0011] また、サポート領域は、三次元造形物の造形後にモデル領域と分離する必要があるため、サポート材はモデル材とは異なる材料である必要がある。例えば、モデル材と同じ光硬化性樹脂であるものの、圧力を加えると簡単に崩れてしまうような柔らかい素材をサポート材として採用し、サポート領域を含む三次元造形物に対して水圧などを加えることによって当該サポート領域をモデル領域から分離する。または、熱可塑性のワックス（いわゆる蠟）をサポート材として採用し、サポート領域を含む三次元造形物を加熱炉に放置し、サポート材のみを溶融させて当該サポート領域の除去を行う。または、光硬化性樹脂ではあるものの水溶性の素材をサポート材として採用し、サポート領域を含む三次元造形物を水中に放置しておくことによって、サポート材を溶解させて当該サポート領域の除去を行う。何れのサポート領域を形成する場合においても、モデル材と異なるサポート材が必要であり、そのため

の吐出ヘッドやインク供給手段が必要となり、コストが増大する。また、光硬化性樹脂のサポート材については、サポート領域の形成の際に光の照射を受けて重合反応しているため再利用することができない。また、熱可塑性のワックス（サポート材）においても、造形動作中にモデル材が当該サポート材に混入してしまい再利用することはできない。そして、再利用することができないサポート材は、廃棄しなければならない。以上のように、インクジェット方式により三次元造形物を造形する場合、他の方式と比べて、三次元造形物の造形コストが増大するという問題があった。

[0012] 上記問題に対して、特許文献1に記載の技術では、インクジェットヘッドとレーザー光等の促進因子を照射する促進因子供給部の角度を任意に変更することができるように構成し、目的物の生成面に対して任意の角度で造形を行うことで、サポート材がなくてもオーバーハング部分を造形することができるようにしている。しかし、この構成を採用したとしても、全てのオーバーハング形状を造形することは不可能である。さらに言えば、インクジェットヘッドを傾斜させると液滴の着弾精度が悪くなり造形精度に影響するとともに、促進因子供給部の焦点距離が変わってしまい当該促進因子供給部によるレーザー光などの促進因子の供給量は一定にならず、硬化状態を安定させることができない。

[0013] また、特許文献2に記載の技術では、ゾルーゲル相転移する光硬化性樹脂材料を使用し、モデル部分以外はゲル硬化しているため、サポート材を不要にしている。しかし、上述したように光造形方式では、ある程度の三次元造形物の形状であればサポート材は不要である。また、モデル部分とサポート部分とを分けるためのマスクパターンを形成する必要がある、モデル部分とサポート部分との間で別の材料が必要となる。さらに、マスクパターンが最終的な三次元造形物に付着して除去しづらくなる可能性があり、光硬化性樹脂材料の塗布用およびマスクパターンの形成用に、2つ材料付与手段が必要になる。また、造形終了後に除去された光硬化性樹脂材料には、マスクパターンを形成するためのマスク材が混入するため光硬化性樹脂材料の再利用は

難しい。また、光造形方式にゾルーゲル相転移する樹脂液を用いる場合、加熱しながら樹脂液を敷き詰める必要があり、非常に高いエネルギーを必要とする。また、全ての造形後に三次元造形物を取り出す際、樹脂液の全体を加熱してモデル材領域以外の全ての樹脂液をゲル化させる必要があるため、さらに高いエネルギーを必要とする。

[0014] 以上のように、上記特許文献 1, 2 に記載の技術では、上述したような別の問題があるため、モデル領域およびサポート領域等の除去対象領域を有する造形材層を形成するにあたって、必要なコストを抑制するためにこれらの技術をそのまま使用することはできない。

[0015] 本発明の目的は、三次元造形物の造形コストの増大を防止することが可能な三次元造形装置および三次元造形方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0016] 本発明に係る三次元造形装置は、

造形ステージに向けて、ゾルーゲル相転移温度を有するエネルギー硬化性の造形材を吐出して造形材層を形成する造形材吐出ヘッドと、

前記造形材吐出ヘッドにより吐出された前記造形材にエネルギーを付与することによって当該造形材を硬化させるエネルギー付与装置と、

前記造形ステージおよび前記造形材吐出ヘッドのうち少なくとも一方を、両者の相対距離を可変に支持する支持機構と、

前記造形材吐出ヘッド、前記エネルギー付与装置、および、前記支持機構の動作を制御する制御部と、

を備え、

前記制御部は、前記造形材吐出ヘッド、前記エネルギー付与装置、および、前記支持機構を制御して、前記造形ステージ上に、最終的に三次元造形物を構成するモデル領域を有する造形材層と、最終的に三次元造形物から除去される除去対象領域を有する造形材層とを含む複数の造形材層を形成して積層することにより三次元造形物を造形するとともに、前記モデル領域の形成に当たっては、前記造形材吐出ヘッドにゾル状態の前記造形材を吐出させ、

吐出された前記造形材にエネルギーを付与して硬化させ、前記除去対象領域の形成に当たっては、前記造形材吐出ヘッドにゾル状態の前記造形材を吐出させ、吐出された前記造形材をゾル状態からゲル状態に相転移させることを特徴とする。

[0017] 本発明に係る三次元造形方法は、

造形ステージに向けて、ゾルーゲル相転移温度を有するエネルギー硬化性の造形材を吐出して造形材層を形成し、これを繰り返して複数の造形材層を積層することにより三次元造形物を造形し、

前記複数の造形材層には、最終的に三次元造形物を構成するモデル領域を有する造形材層と、最終的に三次元造形物から除去される除去対象領域とを有する造形材層とが含まれており、

ゾル状態の前記造形材を吐出して、吐出された前記造形材にエネルギーを付与して硬化させて前記モデル領域を形成し、

ゾル状態の前記造形材を吐出して、吐出された前記造形材をゾル状態からゲル状態に相転移させて前記除去対象領域を形成することを特徴とする。

発明の効果

[0018] 本発明によれば、1種類の造形材を用いてモデル領域を有する造形材層、および、除去対象領域を有する造形材層、および、モデル領域と除去対象領域とを有する造形材層を形成することができる。つまり、モデル領域および除去対象領域を形成するために、異なる造形材を用いる必要、ひいては異なる造形材を吐出するために吐出ヘッドを複数設ける必要がなくなる。また、除去対象領域を構成する造形材については、エネルギーの付与を受けおらず（すなわち硬化しておらず）、ゲル状態からゾル状態に相転移させて容易に除去することができる。そして、除去した造形材には不純物（異なる造形材）が混じる可能性が低いため、その除去した造形材を廃棄せずに再利用することができる。これにより、三次元造形物の造形コストの増大を防止することができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本実施の形態に係る三次元造形装置の構成を概略的に示す図である。

[図2]本実施の形態に係る三次元造形装置の制御系の主要部を示す図である。

[図3]本実施の形態に係るヘッドユニットの構成を示す図である。

[図4]ゾルーゲル相転移温度を有する造形材について粘度の温度依存性を示す図である。

[図5]本実施の形態に係るエネルギー付与装置の構成を示す図である。

[図6]図 6 A～6 C は、本実施の形態に係る造形材層を形成する動作例を説明する図である。

[図7]本実施の形態に係るサポート領域を除去する様子を示す図である。

[図8]本実施の形態に係るヘッドユニットの構成の変形例を示す図である。

[図9]図 9 A, 9 B は、本実施の形態に係るエネルギー付与装置の構成の変形例を示す図である。

[図10]ゾルーゲル相転移温度を有する造形材について粘度の温度依存性を示す図である。

[図11]造形材吐出ヘッドにより吐出されて着弾した液滴を冷却する構成を示す図である。

[図12]造形材吐出ヘッドにより吐出されて着弾した液滴を冷却する構成を示す図である。

発明を実施するための形態

[0020] 以下、本実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。図 1 は、本実施の形態に係る三次元造形装置 100 の構成を概略的に示す図である。図 2 は、本実施の形態に係る三次元造形装置 100 の制御系の主要部を示す図である。図 1、2 に示す三次元造形装置 100 は、造形ステージ 140 上に、1 種類の造形材からなる複数の造形材層を順に形成して積層することによって、三次元造形物 200 を造形する。造形材層は、最終的に三次元造形物 200 を構成するモデル領域と、三次元造形物 200 の造形動作中にモデル領域を支持し、最終的に三次元造形物 200 から除去されるサポート領域とを有する。サポート領域は、例えば造形対象物がオーバーハングする部分を有して

いる場合等に、モデル領域の外周や内周に設けられ、三次元造形物 200 の造形が完了するまでオーバーハング部分を支持する。サポート領域は、三次元造形物 200 の造形が完了した後に、ユーザーによって除去される除去対象領域でもある。造形材としては、光、放射線等のエネルギーを付与することで硬化するエネルギー硬化性の材料が用いられる。光硬化性樹脂材料などの、エネルギー硬化性の材料は比較的粘度が低く、後述するインクジェット方式の造形材吐出ヘッドから吐出することで、精度の高い三次元造形物 200 を作製することができる。本実施の形態においては、造形材として、光硬化性材料を用いるものとして説明する。なお、図 1 においては、理解を容易にするため、三次元造形物 200 のうちモデル領域に相当する部分は実線で示し、サポート領域に相当する部分は破線で示している。

[0021] 三次元造形装置 100 は、各部の制御や 3D データの取り扱いを行うための制御部 110、制御部 110 の実行する制御プログラムを含む各種の情報を記憶する記憶部 115、造形を用いて造形を行うためのヘッドユニット 120、ヘッドユニット 120 を移動させるための支持機構 130、三次元造形物 200 が形成される造形ステージ 140、各種情報を表示するための表示部 145、外部機器との間で 3D データ等の各種情報を送受信するためのデータ入力部 150、および、ユーザーからの指示を受け付けるための操作部 160 を備える。三次元造形装置 100 には、造形対象物を設計するための、あるいは、三次元測定機を用いて実物を測定して得られた三次元情報に基づいて造形用のデータを生成するためのコンピューター装置 155 が接続される。

[0022] データ入力部 150 は、造形対象物の三次元形状を示す 3D データ（CAD データやデザインデータなど）をコンピューター装置 155 から受け取り、制御部 110 に出力する。CAD データやデザインデータには、造形対象物の三次元形状だけに限らず、造形対象物の表面の一部または全面および内部におけるカラー画像情報が含まれている場合もある。なお、3D データを取得する方法は特に限定されず、有線通信や無線通信、Bluetooth

(登録商標)などの短距離無線通信を利用して取得しても良いし、USB (Universal Serial Bus) メモリなどの記録媒体を利用して取得しても良い。また、この3Dデータは、当該3Dデータを管理および保存するサーバーなどから取得しても良い。

[0023] 制御部110は、CPU (Central Processing Unit) などの演算手段を有しており、データ入力部150から3Dデータを取得し、取得した3Dデータの解析処理や演算処理を行う。制御部110は、3Dデータを解析することによって、最終的に三次元造形物200を構成する領域をモデル領域に設定する。また、制御部110は、モデル領域を支持し、最終的に三次元造形物200から除去される領域をサポート領域に設定する。なお、モデル領域を支持しない領域であっても、最終的に三次元造形物200から除去される領域であれば除去対象領域に設定される場合もある。例えば、積層方向に複数の造形物を造形する際に、隣り合う造形物間の仕切りとなる層を除去対象領域に設定したり、造形物を保護するために目的の造形物の表面を覆うように除去対象領域が設けられるように設定したりすることができる。

[0024] 制御部110は、データ入力部150から取得した3Dデータを、積層方向について薄く切った複数のスライスデータに変換する。スライスデータは、三次元造形物200を造形するための造形材層毎の造形データである。各スライスデータに対しては、モデル領域およびサポート領域がそれぞれ設定されている。なお、スライスデータに対して、モデル領域のみが設定されている場合もあるし、サポート領域のみが設定されている場合もある。サポート領域や上述した表面保護層が必要ない場合もあるし、上述したように、積層方向に多数個の三次元造形物200を作製する際の仕切りの役目で、サポート領域が造形材層の100 [%] を使用する場合もあるからである。スライスデータの厚み、すなわち造形材層の厚みは、造形材層の一層分の厚さに応じた距離 (積層ピッチ) と一致する。例えば、造形材層の厚みが0.05 [mm] である場合、制御部110は、1 [mm] の高さの積層に必要な連続した20 [枚] のスライスデータを3Dデータから切り出す。

- [0025] また、制御部 110 は、三次元造形物 200 の造形動作中、三次元造形装置 100 全体の動作を制御する。例えば、造形材を所望の場所に吐出するための機構制御情報を支持機構 130 に対して出力するとともに、ヘッドユニット 120 に対してスライスデータを出力する。すなわち、制御部 110 は、ヘッドユニット 120 と支持機構 130 とを同期させて制御する。制御部 110 は、後述するエネルギー付与装置 125 の制御も行う。
- [0026] 表示部 145 は、制御部 110 の制御を受けて、ユーザーに認識させるべき各種の情報やメッセージを表示する。操作部 160 は、テンキー、実行キー、スタートキー等の各種操作キーを備え、ユーザーによる各種入力操作を受け付けて、操作信号を制御部 110 に出力する。
- [0027] 造形ステージ 140 は、ヘッドユニット 120 の下方に配置される。造形ステージ 140 には、ヘッドユニット 120 によって造形材層が形成され、この造形材層が積層されることにより、サポート領域を含む三次元造形物 200 が造形される。
- [0028] 支持機構 130 は、ヘッドユニット 120 および造形ステージ 140 のうち少なくとも一方を、両者の相対距離を可変に支持し、ヘッドユニット 120 と造形ステージ 140 との相対位置を 3 次元で変化させる。具体的には、支持機構 130 は、図 1 に示すように、ヘッドユニット 120 に係合する主走査方向ガイド 132 と、主走査方向ガイド 132 を副走査方向に案内する副走査方向ガイド 134 と、造形ステージ 140 を鉛直方向に案内する鉛直方向ガイド 136 とを備え、さらに図示しないモーターや駆動リール等からなる駆動機構を備えている。
- [0029] 支持機構 130 は、制御部 110 から出力された機構制御情報に従って、図示しないモーターおよび駆動機構を駆動し、キャリッジを兼ねるヘッドユニット 120 を主走査方向および副走査方向に自在に移動させる（図 1 を参照）。なお、支持機構 130 は、ヘッドユニット 120 の位置を固定し、造形ステージ 140 を主走査方向および副走査方向に移動させるように構成しても良いし、ヘッドユニット 120 と造形ステージ 140 との双方を移動さ

せるように構成しても良い。

[0030] また、支持機構 130 は、制御部 110 から出力された機構制御情報に従って、図示しないモーターおよび駆動機構を駆動し、造形ステージ 140 を鉛直方向下方に移動させてヘッドユニット 120 と三次元造形物 200 との間隔を調整する（図 1 を参照）。すなわち、造形ステージ 140 は、支持機構 130 によって鉛直方向に移動可能に構成されており、造形ステージ 140 上に、 N を自然数としたときに、 N 層目の造形材層が形成された後、積層ピッチだけ鉛直方向下方に移動する。そして、造形ステージ 140 上に $N+1$ 層目の造形材層が形成された後、積層ピッチだけ鉛直方向下方に再び移動する。なお、支持機構 130 は、造形ステージ 140 の鉛直方向位置を固定し、ヘッドユニット 120 を鉛直方向上方に移動させても良いし、ヘッドユニット 120 と造形ステージ 140 との双方を移動させても良い。

[0031] ヘッドユニット 120 は、図 2, 3 に示すように、インクジェット方式の造形材吐出ヘッド 121、平滑化装置 123 およびエネルギー付与装置 125 を筐体 120A の内部に備える。

[0032] 造形材吐出ヘッド 121 は、長手方向（副走査方向）に列状に配列された複数の吐出ノズルを有する。造形材吐出ヘッド 121 は、長手方向に直交する主走査方向に走査しながら、造形ステージ 140 に向けて複数の吐出ノズルから造形材の液滴を選択的に吐出する。造形材吐出ヘッド 121 は、1 層分の造形材層が形成される際、その造形材層に対応するスライスデータに対してモデル領域およびサポート領域が設定された領域に、造形材の液滴を吐出する。この吐出動作を、副走査方向にずらしながら複数回繰り返すことにより、造形ステージ 140 上の所望の領域に造形材層を形成する。造形材層のモデル領域は、光エネルギーの照射による硬化処理が施されることにより硬化する。硬化の度合いは照射される光エネルギー量によって異なり、半硬化の状態にすることもできるし、実質的に完全に硬化した状態にすることもできる。ここで、半硬化とは、造形材が、層（造形材層）として形状を維持することができる程度の粘度を有するように完全硬化よりも低い度合いで硬

化された状態を言うものとする。

[0033] このように、制御部 110 からの制御信号によって支持機構 130 が作動するとともに、制御部 110 から送られるスライスデータに基づいて、造形材吐出ヘッド 121 から造形材が選択的に造形ステージ 140 に供給されることで造形が行われる。すなわち、制御部 110、支持機構 130、ヘッドユニット 120、造形材吐出ヘッド 121 等によって造形材層（モデル領域およびサポート領域）が形成される。

[0034] 造形材吐出ヘッド 121 としては、従来公知の画像形成用のインクジェットヘッドが用いられる。なお、造形材吐出ヘッド 121 が有する複数の吐出ノズルは、列状に配列されていれば良く、直線状に並んでいても良いし、ジグザグ配列で全体として直線状になるように並んでいても良い。

[0035] 造形材吐出ヘッド 121 は、造形材を吐出可能な状態で貯留する。本実施の形態では、造形材吐出ヘッド 121 として、例えば、粘度が 5 ~ 15 [mPa · s] の範囲で造形材を吐出できるものを採用することができる。造形材としては、特定波長の光（光エネルギー）が照射されることにより硬化する光硬化性材料が用いられる。光硬化性材料としては、例えば、紫外線硬化性樹脂が挙げられ、アクリル酸エステルまたはビニルエーテル等のラジカル重合系紫外線硬化性樹脂や、エポキシまたはオキセタン等のモノマーやオリゴマーと、樹脂に応じた重合開始剤（反応開始剤）としてアセトフェノンやベンゾフェノン等とを組み合わせ使用するかチオン重合系紫外線硬化性樹脂を用いることができる。光硬化性材料は、硬化を進行させ得る特定波長の光を遮光部材やフィルターなどにより遮断しておくことで、吐出可能な状態で貯留することができる。なお、造形材として、放射線の照射により硬化する放射線硬化材料を用いても良い。

[0036] 本実施の形態では、三次元造形装置 100 は、光硬化性だけでなく、常温（熱したり冷やしたりしない自然な温度）よりも高いゾルーゲル相転移温度を有する造形材を使用して三次元造形物 200 を造形する。ゾルーゲル相転移温度とは、ゾル状態の液体の温度を下げていった場合に相転移が生じて急

激に粘度が上昇する温度である。典型的には、ゾル状態の液体の温度を下げた場合、当該液体の粘度の値が500 [mPa・s]を超えたところの温度とすることができる。粘度の値が500 [mPa・s]を超えると、大きさ数十 [μ m] の液滴は外力を加えない限り流動や変形しない。すなわち、液滴は崩れず、当該液滴の形状を保持しておくことができる。

[0037] 図4は、常温よりも高いゾルゲル相転移温度を有する造形材について粘度の温度依存性を示す図である。粘度の値は、レオメータMCR300 (Paar Physica I社製) を用いて、剪断速度1000 [1/s] の条件で測定した値である。図4において、L1は、ゾルゲル相転移温度を有しない造形材について粘度の温度依存性を示している。L2は、常温よりも高いゾルゲル相転移温度を有する造形材について粘度の温度依存性を示している。

[0038] 図4に示すように、ゾルゲル相転移温度を有しない造形材 (L1) は、温度を下げていくと粘度が線形に上昇していくが、10 [°C] 付近まで下げても500 [mPa・s] を超えることはなく、ゾル状態からゲル状態に相転移しない。一方、常温よりも高いゾルゲル相転移温度を有する造形材 (L2) は、およそ45 [°C] 付近で粘度の値が500 [mPa・s] を超えて、ゾル状態からゲル状態に相転移する。

[0039] 常温よりも高いゾルゲル相転移温度を有する造形材を使用する場合、造形材吐出ヘッド121を60 [°C] 以上に加熱することによって当該造形材の液滴をゾル状態で吐出させることができ、吐出されて着弾した液滴は45 [°C] 以下まで瞬時に自然冷却されてゾル状態からゲル状態に相転移する。そこで、造形材吐出ヘッド121は、制御部110からの制御信号によって造形材吐出ヘッド121をゾルゲル相転移温度以上に加熱し、吐出される造形材をゾル状態に相転移させるためのヒーター122 (加熱装置) を有している (図3を参照)。

[0040] 平滑化装置123は、均しローラー123A、掻き取り部材123B (ブレード) および回収部材123Cを筐体120Aの内部に備える。均しロー

ラー１２３Ａは、制御部１１０の制御下において回転駆動可能であり、造形材吐出ヘッド１２１により吐出された造形材表面に接触して造形材表面の凹凸を平滑化する。その結果、均一な層厚を有する造形材層が形成される。造形材層の表面が平滑化されることにより、次の造形材層を精度良く形成して積層することができるので、高精度の三次元造形物２００を造形することができる。均しローラー１２３Ａの表面に付着した造形材は、均しローラー１２３Ａの近傍に設けられた掻き取り部材１２３Ｂによって掻き取られる。掻き取り部材１２３Ｂによって掻き取られた造形材は、回収部材１２３Ｃによって回収される。なお、掻き取り部材１２３Ｂによって掻き取られた造形材は、造形材吐出ヘッド１２１に供給されて再利用されるものとしても良いし、廃タンク（図示せず）に輸送されるものとしても良い。なお、均しローラー１２３Ａに代えて、他の回転体、例えば、無端ベルトを用いるようにしても構わない。

[0041] エネルギー付与装置１２５は、造形ステージ１４０に向けてゾル状態で吐出された光硬化性樹脂の造形材のうち、モデル領域を構成する造形材に硬化処理（光エネルギー照射処理）を施して半硬化させる露光ヘッドである。造形材として紫外線硬化性材料を用いる場合は、エネルギー付与装置１２５は、造形ステージ１４０に向けて吐出された造形材に紫外線を放射する。図５に示すように、エネルギー付与装置１２５は、主走査方向および副走査方向に二次元状に配置され、光を発光する複数の発光ダイオード１２５Ａ（発光素子）と、発光ダイオード１２５Ａに接続され、発光ダイオード１２５Ａの照射タイミングや露光量を制御する制御基板１２５Ｂと、発光ダイオード１２５Ａから発光された光を集光し、造形材吐出ヘッド１２１によりモデル領域に吐出された造形材に対して、当該集光した光を照射する結像素子１２５Ｃ（商品名：セルフロック（登録商標）レンズ）とを有する。本実施の形態では、発光ダイオード１２５Ａおよび結像素子１２５Ｃの解像度は６００〔dpi〕である。

[0042] なお、エネルギー付与装置１２５による露光量の制御は、発光ダイオード

125Aに加える電圧や電流等を調整して発光ダイオード125Aの発光強度を変化させることを行うようにしても良いし、結像素子125Cと造形材との間に、光学的なフィルターを挿抜できるように配置したり、複数種類のフィルターを切り替えられるように構成して、これらを挿抜したり切り替えたりすることを行うようにしても良い。

[0043] 本実施の形態では、ノズル解像度が300 [dpi] (ノズルピッチ: 約85 [μ m]) の造形材吐出ヘッド121を用いて、副走査方向における解像度が600 [dpi] の三次元造形物200を造形する。この場合、ノズルピッチよりも小さい距離を単位として、造形材吐出ヘッド121を副走査方向に移動させることで副走査方向における解像度をノズル解像度よりも高くすることができる。

[0044] ヘッドユニット120は、1層分の造形材層を形成する際、主走査方向に造形ステージ140上の一方の端部から他方の端部まで走査しながら(往路)、形成しようとする当該造形材層のモデル領域に設定されている部位、および、当該造形材層のサポート領域に設定されている領域に対して造形材を吐出する(第1動作)。次に、ヘッドユニット120は、造形材吐出ヘッド121による造形材の吐出位置が重ならないように副走査方向に走査する(第2動作)。本実施の形態では、三次元造形物200の解像度と造形材吐出ヘッド121のノズル解像度との比は $600/300=2$ となるので、第2動作では、副走査方向にヘッドユニット120が、ノズル解像度の $1/2$ である42 [μ m] 移動する。次に、ヘッドユニット120は、主走査方向に造形ステージ140上の他方の端部から一方の端部まで走査しながら(復路)、当該造形材層が有するモデル領域およびサポート領域に造形材を吐出する(第3動作)。次に、ヘッドユニット120は、第1動作前の位置(基準位置)に復帰するように副走査方向に走査する(第4動作)。次に、ヘッドユニット120は、主走査方向に造形ステージ140上の一方の端部から他方の端部まで走査しながら、第1および第2動作においてモデル領域に吐出された造形材に光を照射する(第5動作)。最後に、ヘッドユニット120

は、主走査方向に造形ステージ 140 上の他方の端部から一方の端部まで走査して基準位置に復帰する（第 6 動作）。これらの第 1 動作～第 6 動作により、造形ステージ 140 上の所定の領域を走査し、副走査方向における解像度が 600 [dpi] である 1 層分の造形材料層を形成することができる。なお、往路または復路において、造形材の吐出とモデル領域に対する光の照射との両方を実行することによって造形材層を形成しても良い。これにより、造形材の吐出とモデル領域に対する光の照射との両方を実行しない場合と比べて、短時間で 1 層分の造形材料層を形成することができる。

[0045] 次に、模式的に示した図 6 を参照し、三次元造形装置 100 が 1 層分の造形材層を形成する動作例について説明する。図 6 A は、ヘッドユニット 120 の第 1 ～第 4 動作によって、造形ステージ 140 上の所定の領域に対して、未硬化のモデル領域 200 A' およびサポート領域 200 B を有する造形材層が形成された後の様子を示している。図 6 A に示すように、造形ステージ 140 上の中央部から外側に向かって、サポート領域 200 B、未硬化のモデル領域 200 A'、および、サポート領域 200 B がこの順で形成されている。造形材吐出ヘッド 121 によりゾル状態で吐出されて着弾した造形材の液滴は、自然冷却されてゾル状態からゲル状態に相転移し、外力を加えない限り流動や変形しない状態となっている。

[0046] 図 6 B は、ヘッドユニット 120 の第 5 動作によって、第 1 および第 2 動作において未硬化のモデル領域 200 A' を構成する造形材に光 210 が照射されている様子を示している。図 6 C は、ヘッドユニット 120 の第 5 動作によって、第 1 および第 2 動作において未硬化のモデル領域 200 A' を構成する造形材に光 210 が照射された後の様子を示している。モデル領域 200 A を形成するために吐出された造形材に光 210 が照射されることによって、当該造形材は、重合反応を起こし硬化し、モデル領域 200 A となる。

[0047] 次に、模式的に示した図 7 は、三次元造形物 200 の造形が完了した後に、サポート領域 200 B がユーザーによって除去される様子を示している。

まず、造形が完了した三次元造形物 200 を造形ステージ 140 から取り出す。この際、三次元造形物 200 は、造形ステージ 140 との間である程度の接着力で保持されているため、スクレーパーなどを用いて造形ステージ 140 から引きはがされる。その後、三次元造形物 200 は、加熱炉 220 に入れられて放置される。加熱炉 220 は、造形材（三次元造形物 200）が有するゾルーゲル相転移温度以上でなるべく低い温度に設定される。なるべく低い温度が良い理由は、加熱炉 220 の熱によってモデル領域 200A に歪みが生じることを防止するためである。しばらく加熱炉 220 に放置されると、サポート領域 200B の造形材は、ゲル状態からゾル状態に相転移し、つまり溶融し、最終的に三次元造形物 200 を構成するモデル領域 200A から流動して除去される。その後、三次元造形物 200 は、最終的な三次元造形物 200 として加熱炉 220 から取り出される。溶融したサポート領域 200B の造形材 240 は、インクタンク 230 に回収される。インクタンク 230 に回収された造形材 240 には違う物質が混じることがないため、造形材 240 を廃棄する必要がなく、次に三次元造形物 200 を造形する動作に再利用することができる。

[0048] 以上詳しく説明したように、本実施の形態では、三次元造形装置 100 は、造形材吐出ヘッド 121、エネルギー付与装置 125、および、支持機構 130 を制御して、造形ステージ 140 上に、最終的に三次元造形物 200 を構成するモデル領域を有する造形材層と、最終的に三次元造形物 200 から除去されるサポート領域等の除去対象領域を有する造形材層とを含む複数の造形材層を形成して積層することにより三次元造形物 200 を造形する。三次元造形装置 100 は、モデル領域の形成に当たっては、造形材吐出ヘッド 121 にゾル状態の造形材を吐出させ、吐出された造形材にエネルギーを付与して硬化させ、除去対象領域の形成に当たっては、造形材吐出ヘッド 121 にゾル状態の造形材を吐出させ、吐出された造形材をゾル状態からゲル状態に相転移させる。

[0049] このように構成した本実施の形態によれば、1 種類の造形材を用いてモデ

ル領域を有する造形材層、および、除去対象領域を有する造形材層を形成することができる。つまり、モデル領域および除去対象領域を形成するために、異なる造形材を用いる必要、ひいては造形材を吐出する手段を複数設ける必要がなくなる。また、除去対象領域を構成する造形材については、光の照射を受けておらず（すなわち重合反応し硬化しておらず）、ゲル状態からゾル状態に相転移させて容易に除去することができる。そして、除去した造形材には硬化済みの造形材や異なる造形材などが不純物として混じる可能性が低いいため、その除去した造形材を廃棄せずに、次に三次元造形物 200 を造形する動作に再利用することができる。これにより、三次元造形物 200 の造形コストの増大を防止することができる。

[0050] なお、上記実施の形態では、造形材吐出ヘッド 121 とエネルギー付与装置 125 とが一体化される例について説明したが、本発明はこれに限定されない。例えば、図 8 に示すように、造形材吐出ヘッド 121 とエネルギー付与装置 125 とを別体化し、造形材吐出ヘッド 121 およびエネルギー付与装置 125 のそれぞれが独立的に移動できるように構成しても良い。ただし、三次元造形装置 100 をコンパクトにするとともに、造形材吐出ヘッド 121 およびエネルギー付与装置 125 の移動に要する消費電力を抑制する観点からは、造形材吐出ヘッド 121 とエネルギー付与装置 125 とが一体化されていることが好ましい。

[0051] また、造形材吐出ヘッド 121 とエネルギー付与装置 125 とを別体化し、造形ステージ 140 に対してエネルギー付与装置 125 が固定されるように構成しても良い。この場合、エネルギー付与装置 125 は、図 9 に示すように、レーザー光を出射するレーザー光源 250 と、レーザー光源 250 により出射されたレーザー光を、造形材吐出ヘッド 121 により未硬化のモデル領域 200A' に対して照射する光学系とを有する。

[0052] 図 9A は、未硬化のモデル領域 200A' を構成する造形材に対してレーザー光を照射する光学系として、電磁アクチュエータによって平面ミラーを 1 軸回りに回転可能な 2 つのガルバノミラー 252, 254 を設けた構成を

示している。レーザー光源 250 により出射されたレーザー光 258 は、ガルバノミラー 252、ガルバノミラー 254 と反射して、モデル領域 200 A を形成するために吐出された造形材に照射される。ガルバノミラー 252 は、平面ミラーを高速、高精度に駆動させ、レーザー光源 250 により出射されたレーザー光 258 を副走査方向に走査、位置決めを行う。ガルバノミラー 254 は、平面ミラーを高速、高精度に駆動させ、レーザー光源 250 により出射されたレーザー光 258 を主走査方向に走査、位置決めを行う。制御部 110 は、2つのガルバノミラー 252、254 の回転角度とレーザー光の出射タイミングとを制御することによって、造形ステージ 140 上に形成された造形材層の任意位置に対してレーザー光を照射させ、モデル領域を形成することができる。なお、ガルバノミラー 252、254 は、光学系として機能する。

[0053] 図 9 B は、未硬化のモデル領域 200 A' に対してレーザー光を照射する光学系として、電磁アクチュエータによって多面ミラーを 1 軸周りに回転可能なポリゴンミラー 256 と、モーターによって平面ミラーを 1 軸回りに回転可能なガルバノミラー 254 とを設けた構成を示している。ポリゴンミラー 256 は、等速で回転しており、そこにレーザー光が照射されると、多面ミラーで反射された反射光は所定の角度範囲で 1 方向に走査される。この走査されたレーザー光は、ガルバノミラー 254 によってさらに角度を変えられ、最終的にモデル領域 200 A を形成するために吐出された造形材に照射される。ポリゴンミラー 256 は、レーザー光源 250 により出射されたレーザー光 258 を副走査方向に走査、位置決めを行う。ガルバノミラー 254 は、平面ミラーを高速、高精度に駆動させ、レーザー光源 250 により出射されたレーザー光 258 を主走査方向に走査、位置決めを行う。制御部 110 は、ポリゴンミラー 256 とガルバノミラー 254 の回転角度とレーザー光の出射タイミングとを制御することによって、造形ステージ 140 上に形成された造形材層の任意位置（モデル領域）に対してレーザー光を照射させ、モデル領域を形成することができる。なお、ポリゴンミラー 256 およ

びガルバノミラー 254 は、光学系として機能する。

[0054] 図 9 に示したようにエネルギー付与装置 125 を構成した場合、造形される三次元造形物 200 の解像度は、レーザー光源 250 によるレーザー光の発光タイミングと各ミラー（ガルバノミラー 252, 254、ポリゴンミラー 256）の回転速度に応じて決定されるため、造形材吐出ヘッド 121 のノズル解像度（例えば、300 [dpi]）によらない高精細な三次元造形物 200（例えば、1200 [dpi]）を作製することができる。

[0055] また、上記実施の形態では、常温よりも高いゾルーゲル相転移温度を有する造形材を使用して三次元造形物 200 を造形する例について説明したが、本発明はこれに限定されない。例えば、常温よりも低いゾルーゲル相転移温度を有する造形材を使用して三次元造形物 200 を造形しても良い。図 10 は、常温よりも低いゾルーゲル相転移温度を有する造形材について粘度の温度依存性を示す図である。図 10 において、L1 は、ゾルーゲル相転移温度を有しない造形材料について粘度の温度依存性を示している。L3 は、常温よりも低いゾルーゲル相転移温度を有する造形材について粘度の温度依存性を示している。

[0056] 図 10 に示すように、ゾルーゲル相転移温度を有しない造形材（L1）は、温度を下げていくと粘度が線形に上昇していくが、10 [°C] 付近まで下げても 500 [mPa・s] を超えることはなく、ゾル状態からゲル状態に相転移しない。一方、常温よりも低いゾルーゲル相転移温度を有する造形材（線 L3）は、およそ 15 [°C] 付近で粘度の値が 500 [mPa・s] を超えて、ゾル状態からゲル状態に相転移する。

[0057] 常温よりも低いゾルーゲル相転移温度を有する造形材を使用する場合には、造形材吐出ヘッド 121 を特に加熱することなく、常温において当該造形材をゾル状態で吐出させることができるが、着弾した造形材の液滴をゾルーゲル相転移温度以下まで冷却する必要がある。したがって、この場合は、造形ステージ 140 周辺の温度を約 10 [°C] 以下まで冷却可能な冷却装置を設けるのが好ましい（図 11 および図 12 を参照）。冷却装置は、造形材吐

出ヘッド１２１により吐出されて着弾した液滴（造形材）を強制冷却し、ゾル状態からゲル状態に相転移させる。

[0058] 図１１は、熱電変換素子である公知のペルチェ素子を用いて、造形材吐出ヘッド１２１により吐出されて着弾した造形材の液滴を冷却する構成を示す。図１１に示すように、造形ステージ１４０の下方にはペルチェ素子１８０が配設されている。ペルチェ素子１８０は、電源１８５によって通電されることにより、造形ステージ１４０、ひいては造形材吐出ヘッド１２１により吐出されて着弾した液滴（三次元造形物２００）を下方から冷却する。制御部１１０は、造形材吐出ヘッド１２１により吐出されたゾル状態の造形材をゾルーゲル相転移温度以下に冷却するように電源１８５を制御する。なお、ペルチェ素子１８０および電源１８５は、冷却装置として機能する。

[0059] 図１２は、公知のヒートポンプを用いて、造形材吐出ヘッド１２１により吐出されて着弾した液滴を冷却する構成を示す。図１２に示すように、ヘッドユニット１２０および造形ステージ１４０は、造形室１９０内に配置されている。造形室１９０には、配管を介してヒートポンプ１９５が接続されている。ヒートポンプ１９５は、造形室１９０内で暖められて排出された暖気から吸熱し、吸熱された冷気を造形室１９０内に供給するように動作する。制御部１１０は、三次元造形物２００の造形中、造形材吐出ヘッド１２１により吐出されたゾル状態の造形材をゾルーゲル相転移温度以下に冷却する冷気が造形室１９０内に供給されるようにヒートポンプ１９５を制御する。なお、ヒートポンプ１９５は、冷却装置として機能する。

[0060] また、上記各実施の形態では、モデル領域を構成する造形材を１種類としているが、複数種類の造形材を用いてモデル領域を形成するようにしてもよい。この場合、複数種類の造形材のうち１種類を用いてサポート領域を形成すればよい。複数種類の造形材を用いていても、モデル領域を構成する造形材はエネルギーを照射して硬化させるので、サポート領域を構成する造形材を回収する際に不純物として混入する恐れが低く、再利用しやすい。

[0061] また、上記実施の形態は、何れも本発明を実施するにあたっての具体化の

一例を示したものに過ぎず、これらによって本発明の技術的範囲が限定的に解釈されてはならないものである。すなわち、本発明はその要旨、またはその主要な特徴から逸脱することなく、様々な形で実施することができる。

[0062] 2014年6月11日出願の特願2014-120650の日本出願に含まれる明細書、図面および要約書の開示内容は、全て本願に援用される。

符号の説明

- [0063] 100 三次元造形装置
- 110 制御部
 - 120 ヘッドユニット（キャリッジ）
 - 120A 筐体
 - 121 造形材吐出ヘッド
 - 122 ヒーター
 - 123 平滑化装置
 - 123A 均しローラー
 - 123B 掻き取り部材
 - 123C 回収部材
 - 125 エネルギー付与装置
 - 125A 発光ダイオード（発光素子）
 - 125B 制御基板
 - 125C 結像素子
 - 130 支持機構
 - 132 主走査方向ガイド
 - 134 副走査方向ガイド
 - 136 鉛直方向ガイド
 - 140 造形ステージ
 - 145 表示部
 - 150 データ入力部
 - 155 コンピューター装置

1 6 0 操作部
1 8 0 ペルチェ素子
1 8 5 電源
1 9 0 造形室
1 9 5 ヒートポンプ
2 0 0 三次元造形物
2 0 0 A モデル領域
2 0 0 B サポート領域
2 1 0 光
2 2 0 加熱炉
2 3 0 インクタンク
2 4 0 造形材
2 5 0 レーザー光源
2 5 2, 2 5 4 ガルバノミラー
2 5 6 ポリゴンミラー
2 5 8 レーザー光

請求の範囲

[請求項1]

造形ステージに向けて、ゾルーゲル相転移温度を有するエネルギー硬化性の造形材を吐出して造形材層を形成する造形材吐出ヘッドと、
前記造形材吐出ヘッドにより吐出された前記造形材にエネルギーを付与することによって当該造形材を硬化させるエネルギー付与装置と、
、

前記造形ステージおよび前記造形材吐出ヘッドのうち少なくとも一方を、両者の相対距離を可変に支持する支持機構と、

前記造形材吐出ヘッド、前記エネルギー付与装置、および、前記支持機構の動作を制御する制御部と、

を備え、

前記制御部は、前記造形材吐出ヘッド、前記エネルギー付与装置、および、前記支持機構を制御して、前記造形ステージ上に、最終的に三次元造形物を構成するモデル領域を有する造形材層と、最終的に三次元造形物から除去される除去対象領域を有する造形材層とを含む複数の造形材層を形成して積層することにより三次元造形物を造形するとともに、前記モデル領域の形成に当たっては、前記造形材吐出ヘッドにゾル状態の前記造形材を吐出させ、吐出された前記造形材にエネルギーを付与して硬化させ、前記除去対象領域の形成に当たっては、前記造形材吐出ヘッドにゾル状態の前記造形材を吐出させ、吐出された前記造形材をゾル状態からゲル状態に相転移させる三次元造形装置。

[請求項2]

前記造形材は、常温よりも高いゾルーゲル相転移温度を有し、

前記造形材吐出ヘッドから吐出される前記造形材を前記ゾルーゲル相転移温度以上に加熱する加熱装置をさらに備え、

前記造形材吐出ヘッドから吐出された前記造形材は、自然冷却によりゾル状態からゲル状態に相転移させて前記除去対象領域を形成する請求項1に記載の三次元造形装置。

- [請求項3] 前記造形材は、常温よりも低いゾルーゲル相転移温度を有し、
前記造形材吐出ヘッドにより吐出されたゾル状態の前記造形材を冷却する冷却装置をさらに備え、
前記冷却装置は、前記造形材吐出ヘッドから吐出された前記造形材を前記ゾルーゲル相転移温度以下に冷却し、ゾル状態からゲル状態に相転移させて前記除去対象領域を形成する請求項1に記載の三次元造形装置。
- [請求項4] 前記造形材は、光硬化性樹脂であり、
前記エネルギー付与装置は、光を照射することによって前記エネルギーを前記造形材に付与する請求項1～3の何れか1項に記載の三次元造形装置。
- [請求項5] 前記エネルギー付与装置は、
二次元状に配置され、光を発光する複数の発光素子と、
前記発光素子により発光された光を集光し、前記造形材吐出ヘッドにより前記モデル領域に吐出された前記造形材に対して、当該集光した光を照射する結像素子と、
を有する請求項4に記載の三次元造形装置。
- [請求項6] 前記エネルギー付与装置は、
レーザー光を出射するレーザー光源と、
前記レーザー光源により出射されたレーザー光を、前記造形材吐出ヘッドにより吐出された前記造形材に対して照射する光学系と、
を有する請求項4に記載の三次元造形装置。
- [請求項7] 造形ステージに向けて、ゾルーゲル相転移温度を有するエネルギー硬化性の造形材を吐出して造形材層を形成し、これを繰り返して複数の造形材層を積層することにより三次元造形物を造形し、
前記複数の造形材層には、最終的に三次元造形物を構成するモデル領域を有する造形材層と、最終的に三次元造形物から除去される除去対象領域とを有する造形材層とが含まれており、

ゾル状態の前記造形材を吐出して、吐出された前記造形材にエネルギーを付与して硬化させて前記モデル領域を形成し、

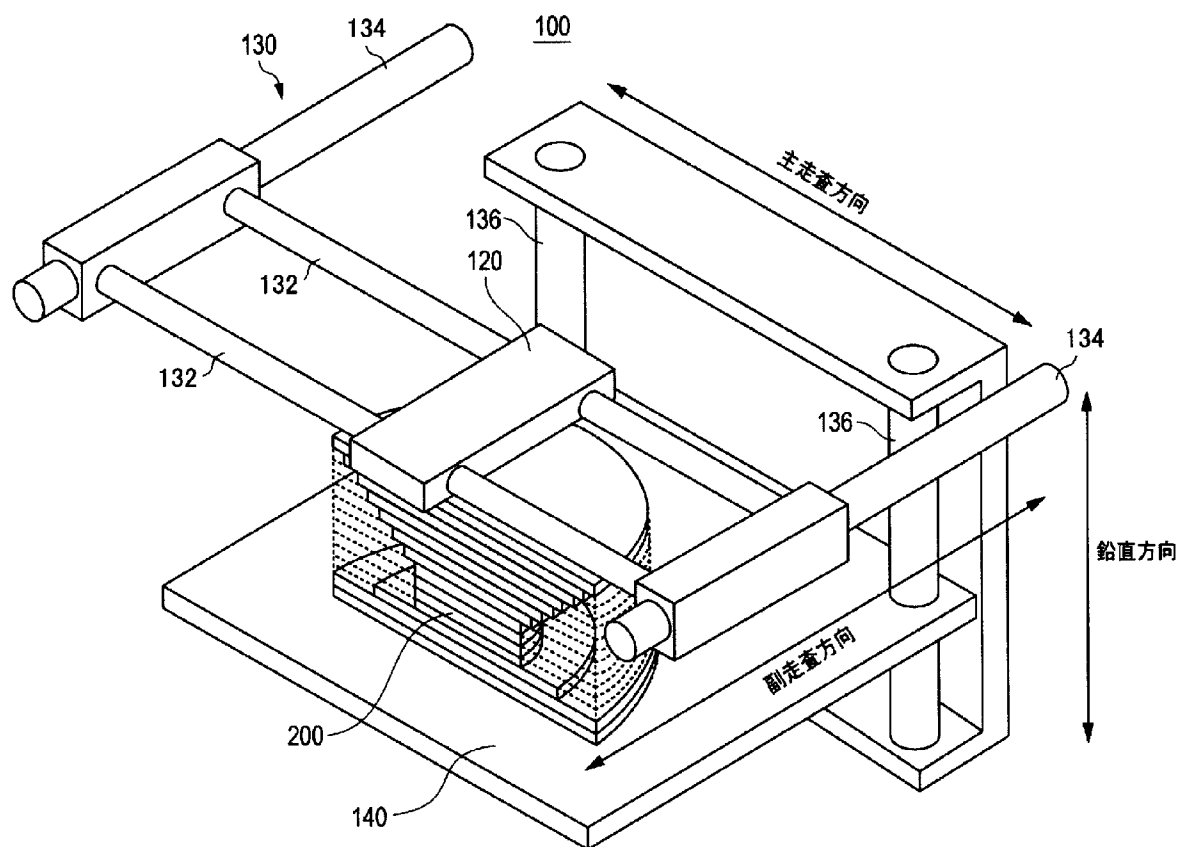
ゾル状態の前記造形材を吐出して、吐出された前記造形材をゾル状態からゲル状態に相転移させて前記除去対象領域を形成する三次元造形方法。

[請求項8]

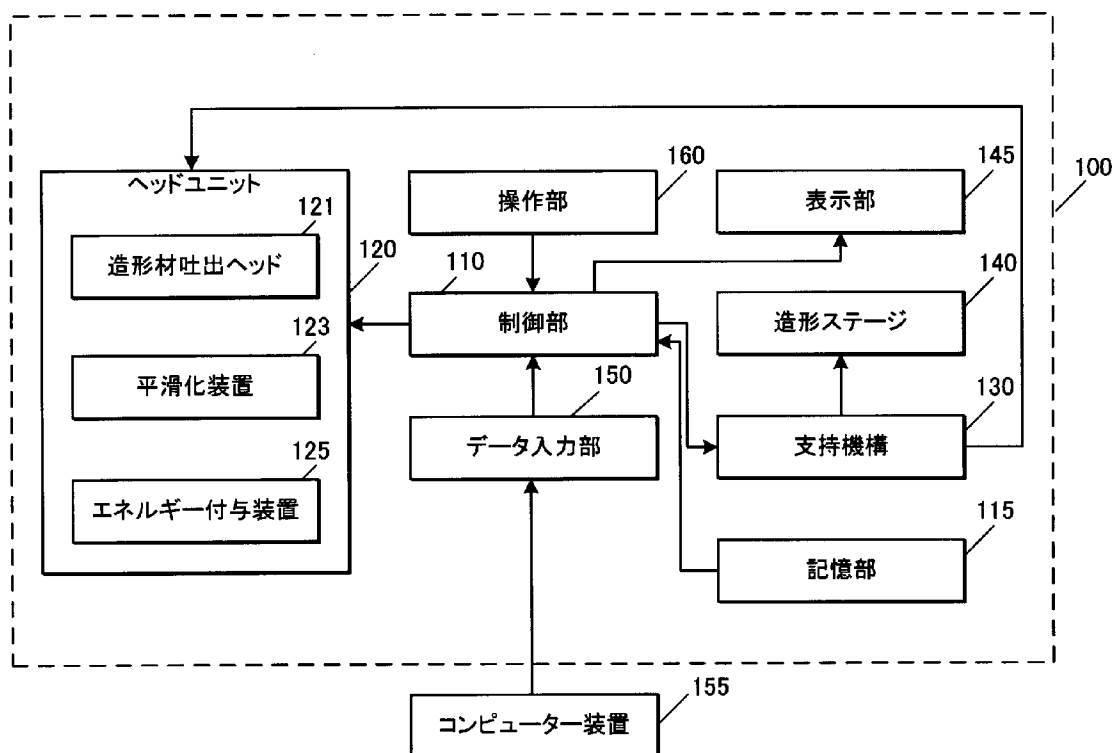
前記造形材は、光硬化性樹脂であり、

光を照射することによって前記エネルギーを前記造形材に付与する請求項7に記載の三次元造形方法。

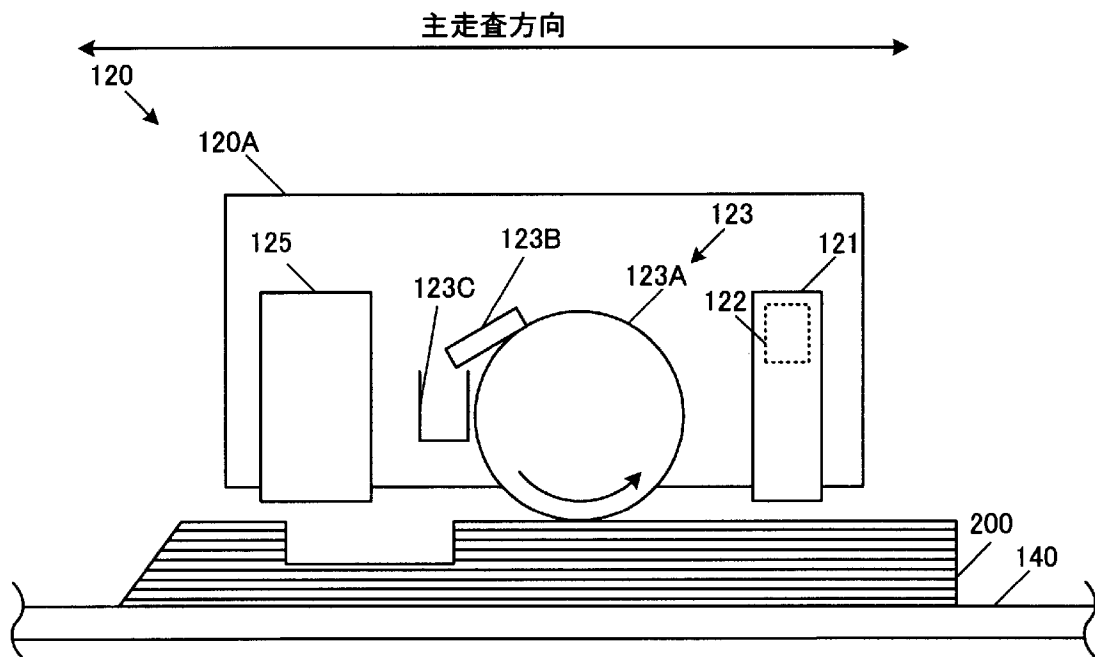
[図1]



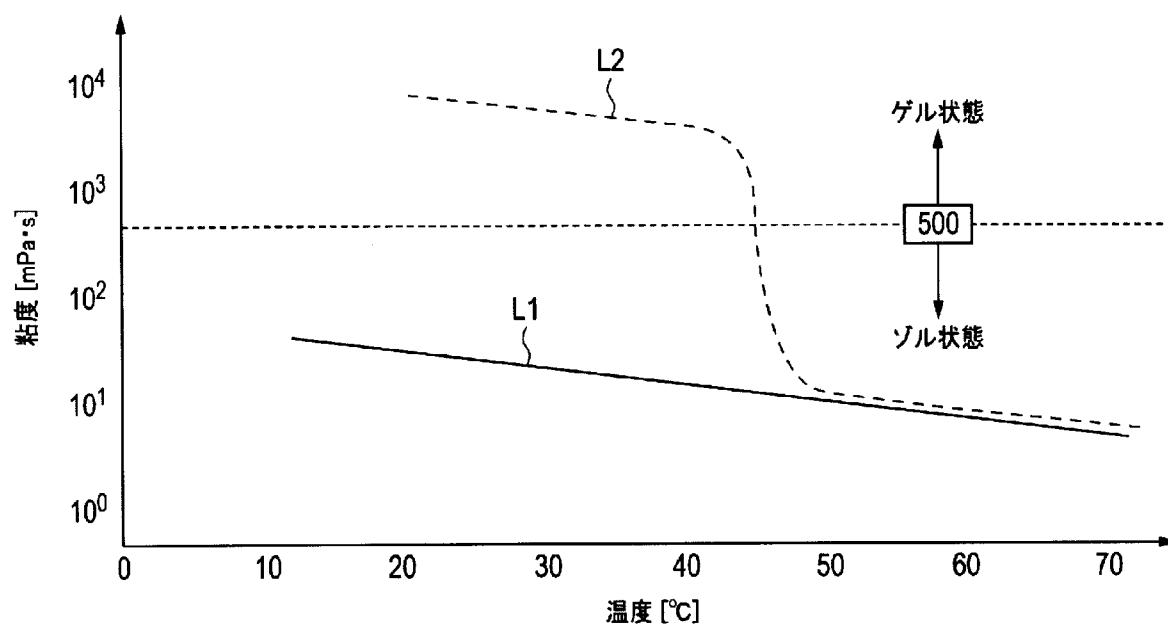
[図2]



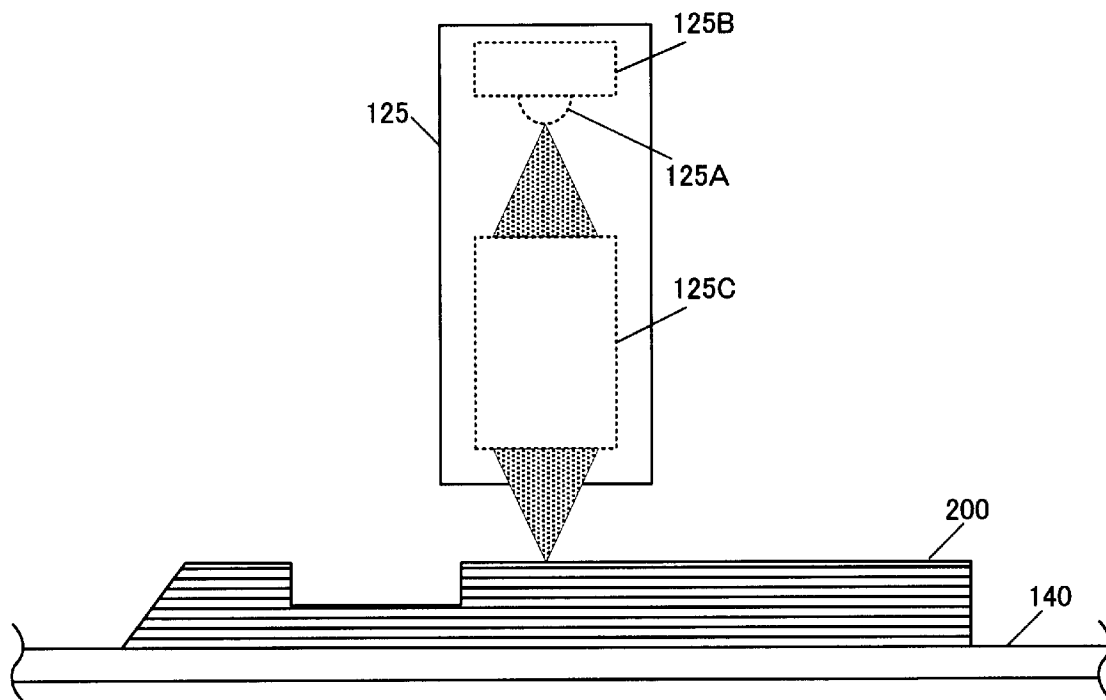
[図3]



[図4]



[図5]



[図6]

図6A

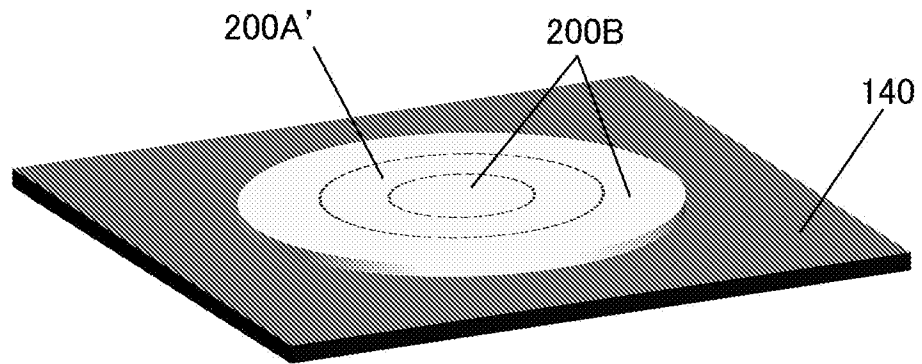


図6B

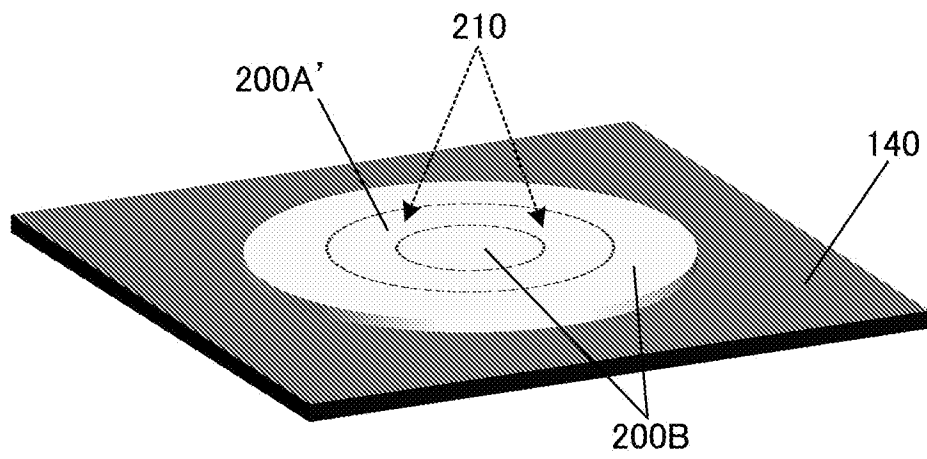
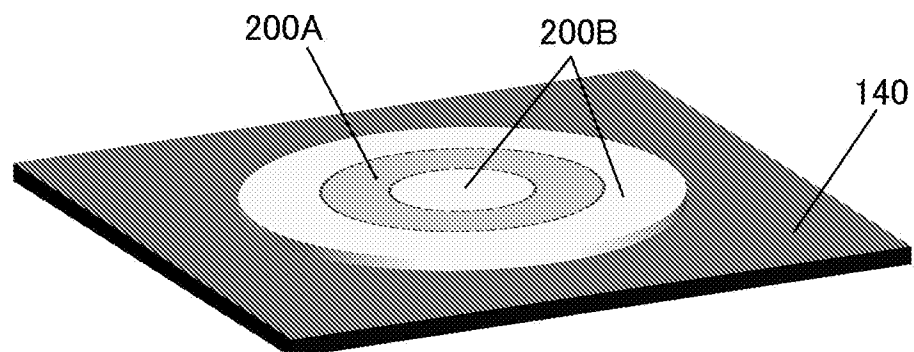
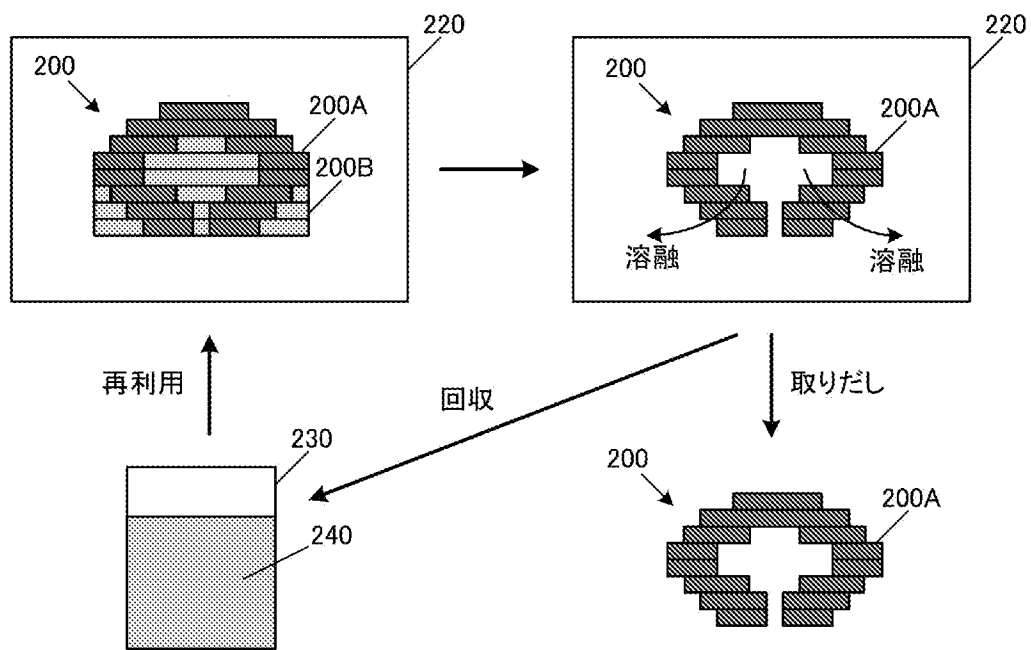


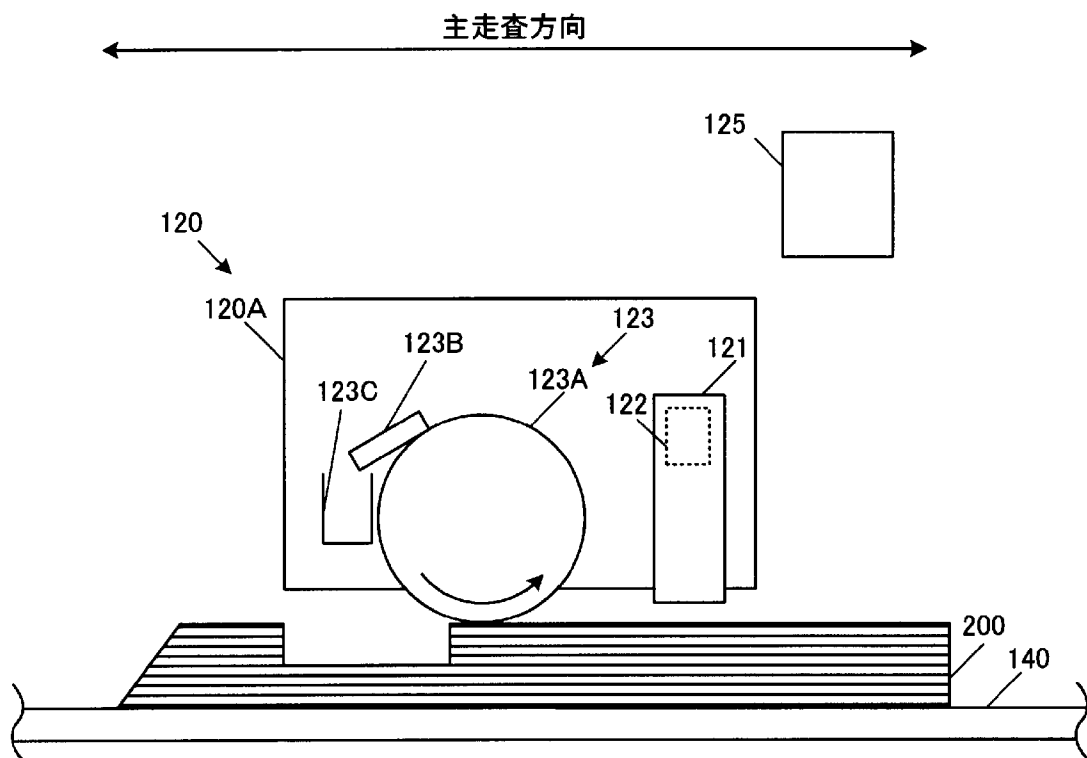
図6C



[図7]



[図8]



[図9]

【図9】

図9A

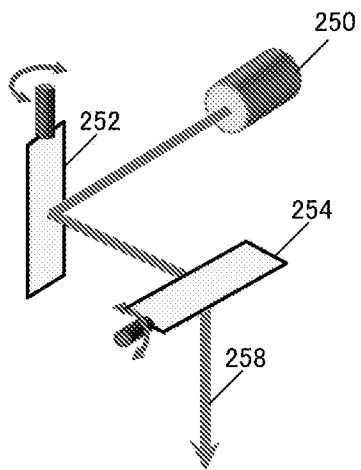
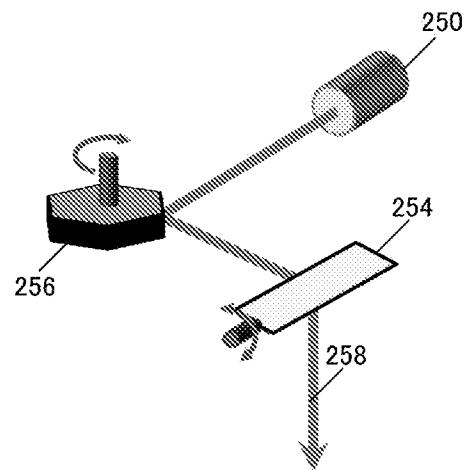
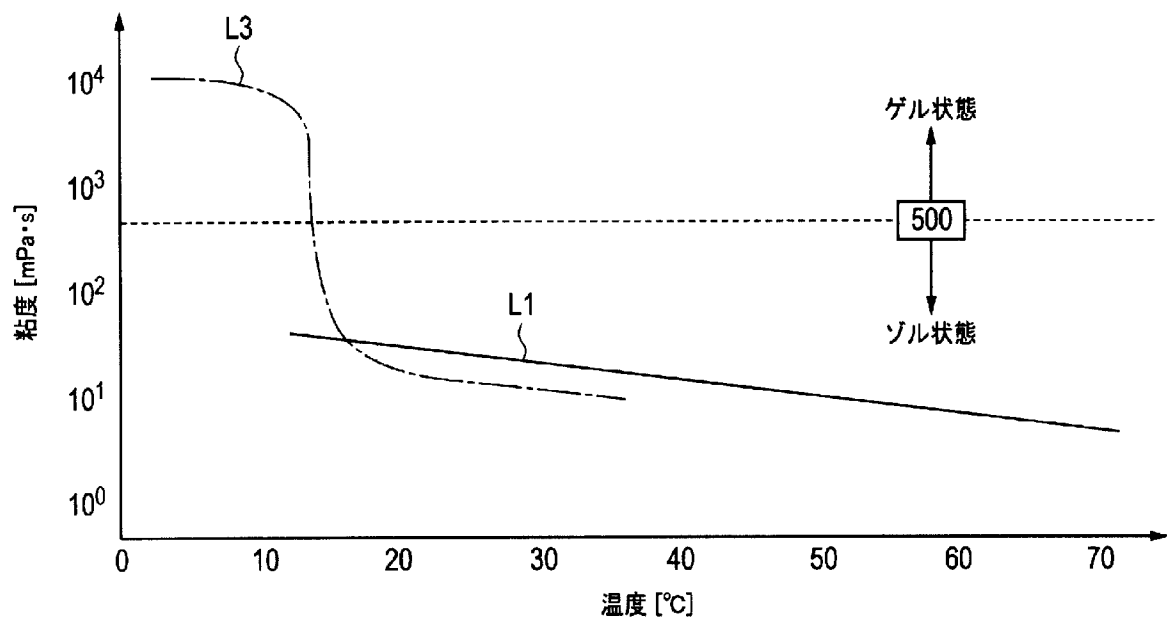


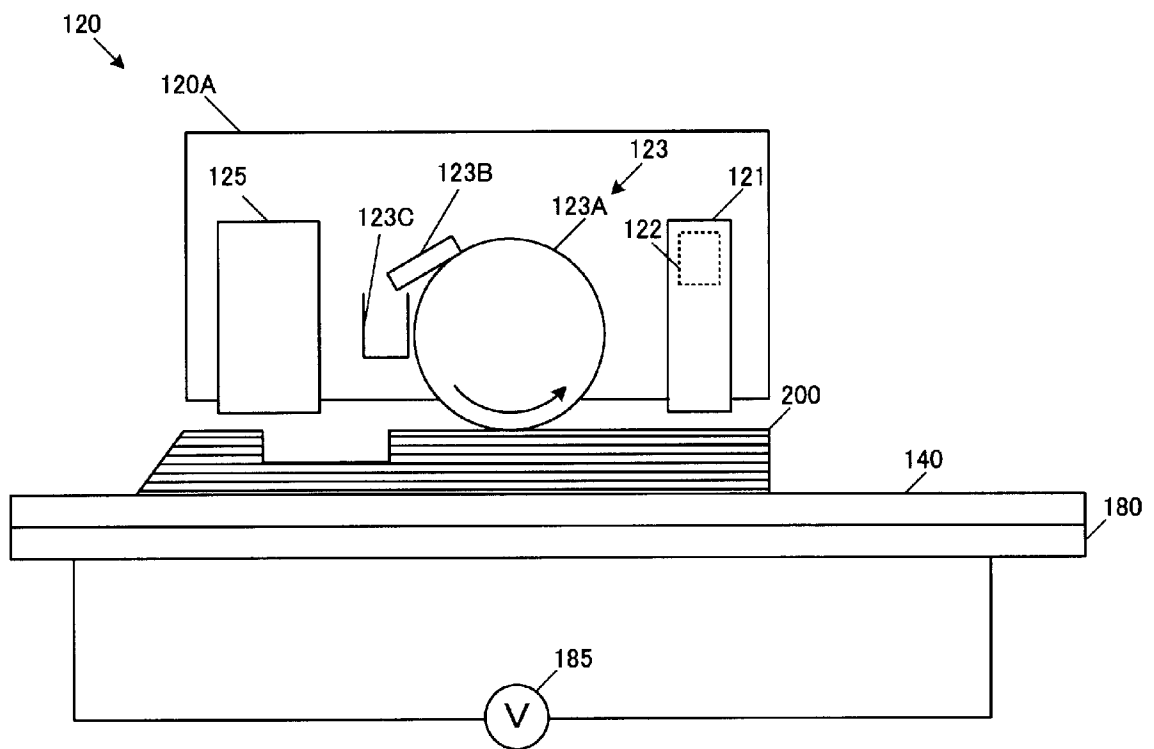
図9B



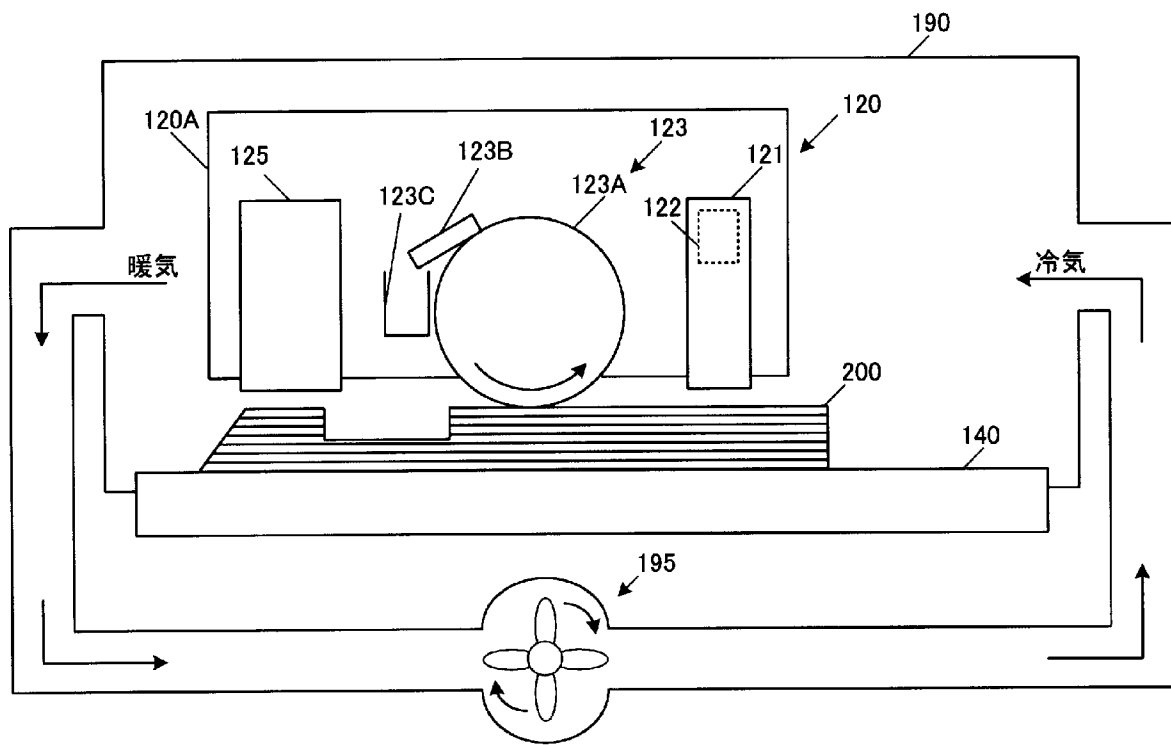
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/061087

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B29C67/00(2006.01)i, B33Y10/00(2015.01)i, B33Y30/00(2015.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B29C67/00-67/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2011-520652 A (Costabeber Ettore Maurizio), 21 July 2011 (21.07.2011), claims; paragraphs [0058] to [0063], [0073] to [0078]; fig. 1 to 8 & US 2011/0121491 A1 & WO 2009/138859 A2 & EP 2285552 A & IT VI20080109 A & CA 2724075 A & CN 102026797 A & KR 10-2011-0021871 A & IL 208870 D & AT 533612 T & RU 2010150897 A & HK 1155418 A & IT VI20080109 A1	1, 3, 4, 6-8 5
X Y	JP 2012-232578 A (Xerox Corp.), 29 November 2012 (29.11.2012), claims; paragraphs [0006], [0028], [0031], [0056] to [0059], [0072], [0073] & US 2012/0282448 A1 & CN 102765268 A & CA 2775530 A1	1, 2, 4, 6-8 5

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
06 July 2015 (06.07.15)

Date of mailing of the international search report
14 July 2015 (14.07.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/061087

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2005-53024 A (Yugen Kaisha CTT Corporation), 03 March 2005 (03.03.2005), claims; paragraphs [0023], [0027] to [0029] (Family: none)	5
Y	JP 2006-44017 A (Nabtesco Corp.), 16 February 2006 (16.02.2006), claims; paragraphs [0026], [0051], [0069]; fig. 1, 5, 6 (Family: none)	5
A	JP 2000-309057 A (Teijin Seiki Co., Ltd.), 07 November 2000 (07.11.2000), claims; paragraphs [0017], [0018], [0020] & US 6627376 B1 & US 2004/0094870 A1 & EP 1057615 A2 & DE 60018842 T	1-8
E,X	WO 2015/049834 A1 (Konica Minolta, Inc.), 09 April 2015 (09.04.2015), claims; paragraphs [0079] to [0083] (Family: none)	1,2,4,7,8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B29C67/00(2006.01)i, B33Y10/00(2015.01)i, B33Y30/00(2015.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B29C67/00-67/08

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2011-520652 A（コスタベベル，エットーレ，マウリツィオ） 2011.07.21，特許請求の範囲，【0058】-【0063】，【0073】-【0078】，	1, 3, 4, 6-8
Y	図 1～図 8 & US 2011/0121491 A1 & WO 2009/138859 A2 & EP 2285552 A & IT VI20080109 A & CA 2724075 A & CN 102026797 A & KR 10-2011-0021871 A & IL 208870 D & AT 533612 T & RU 2010150897 A & HK 1155418 A & IT VI20080109 A1	5

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 6 . 0 7 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

1 4 . 0 7 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

増田 亮子

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 7 1

4 R

9 2 6 7

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	JP 2012-232578 A (ゼロックス コーポレーション) 2012. 11. 29, 特許請求の範囲, 【0006】, 【0028】, 【0031】, 【0056】 - 【0059】, 【0072】, 【0073】 & US 2012/0282448 A1 & CN 102765268 A & CA 2775530 A1	1, 2, 4, 6-8 5
Y	JP 2005-53024 A (有限会社シーティティコーポレーション) 2005. 03. 03, 特許請求の範囲, 【0023】, 【0027】 - 【0029】 (ファミリーなし)	5
Y	JP 2006-44017 A (ナブテスコ株式会社) 2006. 02. 16, 特許請求の範囲, 【0026】, 【0051】, 【0069】, 図 1, 図 5, 図 6 (ファミリーなし)	5
A	JP 2000-309057 A (帝人製機株式会社) 2000. 11. 07, 特許請求の範囲, 【0017】, 【0018】, 【0020】 & US 6627376 B1 & US 2004/0094870 A1 & EP 1057615 A2 & DE 60018842 T	1-8
E, X	WO 2015/049834 A1 (コニカミノルタ株式会社) 2015. 04. 09, 請求の範囲, [0079] - [0083] (ファミリーなし)	1, 2, 4, 7, 8