

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5035874号
(P5035874)

(45) 発行日 平成24年9月26日(2012.9.26)

(24) 登録日 平成24年7月13日(2012.7.13)

(51) Int.Cl.

B29C 67/00 (2006.01)

F 1

B 2 9 C 67/00

請求項の数 10 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2006-268378 (P2006-268378)
 (22) 出願日 平成18年9月29日 (2006.9.29)
 (65) 公開番号 特開2007-98950 (P2007-98950A)
 (43) 公開日 平成19年4月19日 (2007.4.19)
 審査請求日 平成21年9月29日 (2009.9.29)
 (31) 優先権主張番号 11/240,820
 (32) 優先日 平成17年9月30日 (2005.9.30)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 597013711
 スリーディー システムズ インコーポレーテッド
 アメリカ合衆国 サウスカロライナ州 2
 9730 ロック ヒル スリー ディー
 システムズ サークル 333
 (74) 代理人 100073184
 弁理士 柳田 征史
 (74) 代理人 100090468
 弁理士 佐久間 剛
 (72) 発明者 ペン ウォールストロム
 アメリカ合衆国 オレゴン州 97321
 アルバニー エスタブリュ ペオリア
 ロード 32688

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 改良された高速試作製造装置および方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザを樹脂に層毎に施すことによって、液体樹脂から三次元物体を製造するための装置であって、リコータの移動する長手方向に延在する回転の中心軸の周りで前記装置の作動中に調節するために、コントローラに動作可能に接続され、所定のデータに応答して制御されるリコータを備えた装置。

【請求項 2】

前記リコータの調節のために所定のデータを得るための前記コントローラに動作可能に接続されたセンサをさらに備えることを特徴とする請求項 1 記載の装置。

【請求項 3】

作業面を有する液体樹脂の槽をさらに含み、前記リコータが、該リコータを、移動方向に亘り前記作業面に対して平行に維持するように回転の中心軸の周りに自動的に調節されることを特徴とする請求項 1 記載の装置。

【請求項 4】

前記リコータを調節するために所定のデータを得るための前記コントローラに動作可能に接続されたレーザダイオードセンサをさらに備えることを特徴とする請求項 3 記載の装置。

【請求項 5】

前記リコータが前記コントローラによって、前記作業面に亘り水平に前後に、前記樹脂の表面に関して垂直に上下に、移動可能であることを特徴とする請求項 3 記載の装置。

10

20

【請求項 6】

三次元物体を層毎に構築するように少なくとも一種類の構築媒質に施されたエネルギーに反応して該媒質から前記物体を製造するための装置であって、

a) 構築媒質から三次元物体を製造するためのハウジング内にチャンバを画成する少なくとも 1 つの内部フレームを有するハウジング、

b) 前記チャンバ内に受け入れられるように適合され、前記フレームに関して適所に解放可能に固定された、前記構築媒質のための容器、

c) 前記容器内の前記構築媒質の表面層の選択された部分にエネルギーを供給して、前記層部分を固化するための、前記チャンバ内にあるエネルギー源、

d) 前記構築媒質の固化した層部分を支持するための構築台であって、前記構築媒質の表面下で前記容器内に合うように適合された構築台、

e) 前記構築台を水平方向に解放可能に固定し、それによって、前記構築台を昇降させるために、垂直に上下動し、前記チャンバ内で水平に延在するように前記フレームに平行移動可能に固定された昇降機、

f) 前記構築媒質の表面の上方で垂直および水平に移動するための前記フレームに平行移動可能に固定されたリコータ、および

g) 前記構築媒質へのエネルギー供給を制御するために前記エネルギー源に、前記構築台の垂直平行移動のために前記昇降機に、前記構築媒質の表面をリコートするために前記リコータに、動作可能に接続されたコントローラであって、前記リコータが、前記構築媒質の表面の上方で前記リコータの移動する水平方向に延在する回転の中心軸の周りで調節するために所定のデータに応答して制御されるものであるコントローラ、
を備えた装置。

【請求項 7】

前記リコータが、移動のためのキャリヤに解放可能に固定されていることを特徴とする請求項 6 記載の装置。

【請求項 8】

前記リコータのキャリヤの垂直および水平の移動のために前記フレームに固定された駆動機構、および前記リコータのブレードの長手方向に沿って第 1 のセンサを移動させるための前記キャリヤに固定された駆動機構をさらに備えたことを特徴とする請求項 6 記載の装置。

【請求項 9】

前記リコータの移動方向における複数の地点で前記構築媒質の表面から前記リコータの底面までの距離を決定するために、前記コントローラに動作可能に接続され、前記リコータの長手方向に沿って移動する、前記キャリヤに平行移動可能に固定されたセンサをさらに備えることを特徴とする請求項 7 記載の装置。

【請求項 10】

前記装置がステレオリソグラフィー装置であり、前記容器が液体樹脂のための槽であり、前記エネルギー源がレーザであることを特徴とする請求項 6 記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、三次元物体を製造するために高速試作製造（「R P & M」）する方法および装置に関し、より詳しくは、R P & M システムの生産性および効率の改善にする。

【背景技術】

【0002】

R P & M は、三次元物体または固体イメージを形成するために使用できる技術分野に与えられた名称である。一般に、R P & M 技法は、形成すべき物体の連続断面を表すデータを使用して、構築媒質から三次元物体を層毎に構築する。しばしば C A D / C A M システムと称されるコンピュータ支援設計およびコンピュータ支援製造システムは、一般に、R P & M システムに物体表示を提供する。R P & M の三つの主要な様式としては、固体イメ

10

20

30

40

50

ージのステレオリソグラフィー、レーザ焼結、およびインクジェット印刷が挙げられる。

【0003】

レーザ焼結は、セラミック、ポリマー、およびポリマー被覆金属を含む熱可融性粉末の薄層から固体イメージを構築するものであり、その薄層には、薄層を固化するための十分なエネルギーが与えられる。インクジェット印刷は、結合剤と組み合わされたときに固化する粉末から固体イメージを構築する。ここでの主題が主に扱うステレオリソグラフィーは、一般に樹脂と称される重合性液体の薄層から固体イメージを構築する。

【0004】

ステレオリソグラフィーおよびレーザ焼結システムは、一般に、レーザの変調および精密な方向制御によって、三次元物体の薄い断面を形成し、積み重ねるためにエネルギーを供給する。レーザが、粉末または液体の構築媒質の層の標的区域にエネルギーを与える。この薄い標的層は、構築媒質の作業面と称される。従来の R P & M レーザシステムは、制御コンピュータにより方向付けられるガルバノミラーを有する走査系を用いてレーザビームを位置決めする。ミラーは、S T L フォーマットにモザイク化され(tesselated)、構築ファイルに合併される断面データファイルにスライスされた C A D / C A M プログラムに応答して、レーザビームを偏向させる。

10

【0005】

ステレオリソグラフィーにおいて、薄層の全てが互いに結合して三次元物体を形成するまで、ある薄層の上に別の薄層が重ねられた重合性液体の複数の薄層を連続固化することによって三次元物体が形成される。各層は、所望の三次元物体の薄い断面を表す。重合性液体は、一般に、「樹脂」と称され、樹脂の固化した層は、硬化されたと言われる。実際的な構築媒質としては一般に、通常は紫外線によって、十分に速く硬化する樹脂が挙げられる。紫外線レーザは光の小さく強烈なスポットを生じ、このスポットは、所定のパターンで x - y スキャナにおけるガルバノミラーによって、液体表面に亘り動かされる。このスキャナは、コンピュータ生成ベクトルなどによって駆動される。この技法によって、精密かつ複雑なパターンが迅速に生成される。

20

【0006】

典型的なステレオリソグラフィー・システムは、レーザスキャナ、樹脂を収容するための槽、槽内で昇降できる物体支持台、および制御コンピュータを備えている。このコンピュータは、プラスチック部品を製造するためにシステムを自動的に制御し、物体支持台上に硬化樹脂の薄い断面を一度に 1 つ形成し、所望の三次元物体を層毎に構築する。物体支持台は、硬化済み層を支持し、作業面を画成するために 1 つの層厚分の距離だけ液体樹脂の表面の下で静止する。レーザは、作業面で液体樹脂の選択された部分を硬化させ、次の硬化層を形成する。コンピュータは、新たな樹脂で硬化済み樹脂の表面をリコート(recoat)するようにシステムを制御し、所望の物体が完成するまで、これらの各工程を数千回に亘り繰り返す。構築された 1 つまたは多数の物体および完了した工程順序は、「構築物」および「構築」とも称される。オペレータは、必要に応じて、洗浄とさらなる硬化のために、樹脂槽から構築物を取り出す。槽内に残っている液体樹脂は、硬化済み樹脂の懸濁小片による汚染が酷くない限り、使用可能である。

30

【0007】

新たな樹脂で硬化済み樹脂層をリコートする方法の 1 つは、液体樹脂中に支持台を「過剰に深く浸漬する」工程を必要とする。支持台は、樹脂浴の表面の下に所望の層厚より大きな距離だけ垂直に降下して、硬化済み層に新たな液体樹脂を被覆する。前記システムは、樹脂表面の下で 1 つの層厚分に支持台を上昇させる。過剰の液体樹脂は、重力によって樹脂を 1 分の層厚に平らにするように流れ去る。その後、レーザが作業面にエネルギーを与える。

40

【0008】

薄層が平らになるのにかかる待機期間は、重合性液体の粘度、層厚、部品の外形、断面などを含むいくつかの要因により異なる。最近の樹脂のいくつかは、以前の樹脂よりも迅速に平らになる。レベリング(水平化: leveling)は、樹脂の表面に亘り掃引され、新た

50

な樹脂を塗布し、重力による沈降よりもずっと迅速に過剰な樹脂を除去し、樹脂を収容する槽内の作業面を平らにする、ゼファーブレードと称されることもあるドクターブレードまたは真空支援ドクターブレードの使用により支援することができる。このブレードは、固化層をリコートすると言われ、「リコータ」と称されることも多い。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

レーザのより効率的な使用およびより精密なイメージングのためのレーザシステムへの改良、構築媒質への改良、硬化時間の減少、槽内の樹脂レベルの制御などを含む、R P & M技法を達成する効率を増加させるための様々な改良が提案されてきた。ステレオリソグラフィーシステムに、より短い時間でより多くの物体を製造させ、より精密度が高く、人の介在を少なくする追加の改良を行うことが望ましいであろう。 10

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、三次元物体の無人構築を可能にする高速試作製造装置へのいくつかの改良を提供する。第1の物体の構築が開始した後に人のオペレータが居る必要なく、1つの構築媒質内の同じ位置から次々に2つの三次元物体を連続して構築できる。この装置では、オペレータは、最初の構築の完了と構築媒質からの取出し、二回目の構築の開始、または二回目の構築の完了に付き添う必要がない。装置は一回の構築に使用できるが、この装置では、オペレータが、2つの物体を連続して構築し、必要に応じて、取出し、洗浄、およびさらなる硬化に待機している装置に戻ることができる。 20

【0011】

本発明の装置は、一度に複数の構築を完了でき、それぞれ二回目の無人の構築が行われるように1つのエネルギー源を有する多チャンバユニットに適用できる。最回の構築で完了した物体および二回目の構築で完了した物体の設計は同じでも異なっていても差し支えなく、構築媒質は初回の構築と二回目の構築で同じである。無人の構築順序における第1または第2の構築のいずれかである構築において、隣接したチャンバ内で同時に完了した物体は、通常、同じ構築媒質から調製されるが、硬化を可能にするために、適切な機械とプロセスの調節が行われる限りは、その必要はない。

【0012】

本発明の実施の形態のより具体的な詳細において、本発明は、構築すべき物体の支持台を支持し、昇降させるための昇降機を有するハウジング、液体樹脂（物体はこの樹脂から構築される）を収容するための槽、液体樹脂の選択された薄層を固化させるためのエネルギー源、昇降機から第1の構築物を無人で取り出すためのカート、および昇降機、エネルギー源、カート、および槽内の樹脂レベルを制御するための制御システムを備えた、ステレオリソグラフィーのための装置および方法を提供する。 30

【0013】

より具体的な実施の形態において、昇降機構成部材は、ステレオリソグラフィー・ハウジング内で昇降機駆動板に取り付けるための昇降機取付ブラケットを含む。取付ブラケットは、昇降機駆動板上の支持棒に着脱可能に係合取付するためのフックおよび樹脂の作業面の水平のx, y平面と精密にアライメントされて取付ブラケットを配置する昇降機駆動板上のセンタリングピンを受容する受容部を有する。 40

【0014】

取付ブラケットは、樹脂槽中に容易に降下され、槽から容易に上昇させられるように垂直に延在する昇降フレームに固定して支持されている。昇降フレームは、物体支持台を支持し、固定するように一組の昇降フォークを提供するために、略水平に延在している。物体支持台は、フォークと、フォークの後方の両側から外側に水平に延在するアームとによって支持されている。支持台は、フォークの前方で脱着可能に係合しているラッチ部材によりフォークに固定されている。ラッチ部材は、スプリングで付勢されたラッチ連結により作動される。ラッチ連結は、ラッチ係合から、ラッチ部材を、それゆえ、支持台を解放

するように、昇降機が樹脂の上に十分に高く上昇されたときに、昇降機支持台上の傾斜部に係合するように動作可能である。

【0015】

昇降機から第1の構築物を取り出すためのカートは、所望であれば、新たな物体支持台を昇降機に取り付けるようにコンピュータ制御により動作させることもできる。支持台は、第2の無人の構築のために槽中に降下させることができる。構築が完了した後、昇降機を上昇させて、樹脂から支持台と構築において完了した三次元物体を取り出して、樹脂をきる。自動取出しカートと以下で称されるカートが、ハウジング中で樹脂槽に精密にドッキングするように設けられている。伸縮式アームが、第1の構築物と関連する支持台と係合し、それを取り出すようにコンピュータ制御命令で延び、所望であれば、このアームを第2の構築のために新たな支持台を取り付けるように延ばすこともできる。

10

【0016】

樹脂槽は、レベルセンサに応答して必要に応じて、追加の液体を槽に供給するための補給樹脂の容器を含む。構築中、槽内の液体を精密に制御されたレベルに維持することができる。樹脂のいくらかが固化し、表面で追加の層を完了するために支持台が樹脂中に構築物を降下させると、樹脂レベルは変動する。第2の構築のために十分な樹脂レベルを維持するために構築の間に槽に樹脂を追加する必要もある。

【0017】

本発明の具体的な実施の形態において、樹脂槽および補給樹脂容器は、無線周波数身元証明（RFID）のためのタグを含む。補給樹脂容器中の樹脂は、間違った樹脂で槽内の樹脂が汚染されるのを防ぐように、槽内の樹脂中に入り込む前に、容易にスクリーニングし、身元確認できる。

20

【0018】

さらに別の実施の形態において、本発明は、樹脂の表面に亘り作業面に対して平行なままにするためにコンピュータ制御できる樹脂レベリングのためのリコータアセンブリを含む。リコータアセンブリは、リコータブレードおよび三方向（y、zおよびシータ）のいずれにおける調節も行うブレードのためのキャリヤを含む：1）樹脂表面に亘りリコータアセンブリが移動する水平y軸方向、2）リコータブレードの底部と樹脂の作業面との間のブレード間隙を提供し、槽からリコータアセンブリを取り出すための、上下に移動する垂直z軸、および3）移動のy軸方向にずっとブレードを樹脂表面に対して平行に維持するための、y軸に対して平行な回転シータ軸。x、y平面は、樹脂の作業面に相当する。

30

【0019】

リコータブレードは、リコータの移動長さに亘りずっと樹脂の作業面から同じ距離に維持される。リコータブレードは、「z」軸に沿って垂直に移動し、リコータの端部が樹脂表面から常に同じ距離にあり、ブレードが樹脂表面に対して平行であるように、リコータの移動する「y」軸に対して平行かつ間隔が置かれている縦軸シータの周りに回転する。本発明のこの実施の形態は、機械エラーを修正し、三次元製品の不正確さを減少させる。機械エラーは、以前は、リコータ装置の退屈な調節を要していた機械式装置における不均一から生じる。

【0020】

40

リコータのコンピュータ制御は、樹脂表面とのレーザ接触を開始する前に、リコータの底部と、得られた樹脂の作業面との間の距離についてのデータセットに応答して与えられる。リコータキャリヤハウジング内に収容されたセンサがこのデータをコンピュータに提供する。このセンサは、ブレードの長手方向（x軸）に沿って動く動作システム上にある。センサは、リコータの移動の多数の点yでのデータを得るために、それぞれが槽の縁に隣接したリコータの両側にある、2つの固定した位置xで樹脂の作業面の水平のx、y平面の上で動作する。リコータは、センサがそこまでの距離を測定する、ブレード間隙検出脚である、各端部での細い脚を有する。脚の底部の厚さが知られており、脚の細い部分の頂面までの距離であるセンサ測定値に加えることができるので、センサから脚の底面までの距離は精密に決定できる。センサは、樹脂の作業面に対する距離を読み取るために、わ

50

ずかな距離×だけずれている。作業面までの距離とリコータの底部の間の差が計算され、このデータは、樹脂槽の各側について記憶される。コンピュータは、使用する特定の樹脂に関する経験データに基づいてz軸に関してブレード間隙を設定する。リコータは、ブレード間隙を固定したままにするように作業面からの各端部での距離を一定に維持するため、シータ軸の周りに回転され、z軸に沿って昇降される。それゆえ、リコータがそれに沿って移動する軌道におけるエラーを含む機械エラーおよび位置決めエラーを考慮し、補正することができる。

【0021】

リコータは、無人の連続構築様式において構築間に交換する必要なく、精密な位置決めおよび工具の必要ない手による容易な取出しと交換のために設計されている。リコータは、各端部でキャリヤに固定して取り付けられている。磁石を用いてもよい。

10

【0022】

ブレードの正確な方向付けは、2つの様式で確認される。リコータキャリヤハウジング上の対応するレセプタクル内に配置するために、ブレードの各端部に異なる形状のアライメントピンが含まれている。リコータキャリヤの各端部には接点が設けられ、その全ては、ブレードがキャリヤハウジング上に正確に配置されていることを示すために、近接スイッチからの信号を生じるように作動されなければならない。リコータは通常、真空支援されており、キャリヤから延在する軟質結合具のための皿穴である、ブレード内の真空レセプタクルが設けられ、そのため、真空の連絡は、キャリヤ上にブレードを正確に配置し、真空にすることによって、単純に確立される。

20

【0023】

本発明の装置および方法は、1つの樹脂槽、またはある層が選択された槽内で固化されている間に他の層がリコートされているような、1つのレーザにより動作される2つ以上の樹脂槽に適用できる。一般に、2つの樹脂槽は、次々にレーザが当てられるが、適切なスキヤナおよびビームスプリッタを用いて、3つ以上にレーザを当てることも可能である。

【0024】

それゆえ、本発明は、最初の構築が完了した後、1つの樹脂槽から無人のステレオリソグラフィー構築を行う。本発明は、無人の構築を可能にするようにステレオリソグラフィー装置への多数の改良を含み、三次元物体の精密な製造に要求される精度の達成を非常に単純化するように自動コンピュータ制御を行えるいくつかの特徴を提供する。これらの改良としては、昇降機から第1の構築物を取り出し、新たな物体支持台を提供するための自動取出しカート、同時構築のための槽間のレーザの切換え、無人構築をサポートするのに十分な樹脂供給を自動的に決定するためにステレオリソグラフィー装置への補給樹脂容器の直接の連結、樹脂の健全性を維持するための樹脂容器のRFID検証、構築中の樹脂の作業面レベルの自動レベリングと構築間の槽の自動補充、作業面とリコータとの間の距離の自動測定およびリコータの回転の自動制御と機械エラーの補正のためのリコータの移動軸に亘るこの距離のマッピング、昇降機からの物体支持台の自動解放と新たな支持台との交換、並びに器具を使わずに完全に手によるリコータブレードの取付けと取出しが挙げられる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

以下、図面に示す実施の形態を参照して、本発明をより詳しく説明する。

【0026】

ここで、図1を参照すると、ステレオリソグラフィーのための2つのチャンバ12, 13を収容するための2チャンバハウジングが10で示されている。このハウジングは、レーザの利用効率を増加させるための2つのチャンバを有している。一回の運転で両方のチャンバ内で物体を構築するように、一方のチャンバにおいて物体表面がリコートされている間に、他方のチャンバにおいてリコートされた物体表面にレーザを施すことができる。多数のチャンバ内でレーザを使用するためのレーザとシステムが以下詳細に取り扱われる

40

50

。

【0027】

ハウジングは、それぞれ、各チャンバ12, 13に1つずつ、観察窓14, 15を対向する側壁上有する。各チャンバは、ヒンジ操作される取外しできる窓を備えたドア16, 17を有する。窓は、支持台と完成した物体の無人の取出しおよび第2の無人の構築のための新たな物体支持台の配置のための自動システムを動作させるために用いられる。

【0028】

槽21は樹脂18を収容している。ステレオリソグラフィー装置は、この樹脂から三次元物体を形成する。槽20は、チャンバ12内に配置されているのが点線で示されている。槽21は、開いているドア17を通してチャンバ13中に導入される準備ができているのが示されている。昇降機取付ブラケット23が、物体支持台30(図2)を樹脂の作業面に対して槽内で昇降できる昇降機昇降板82(図8)に取り付けるために、槽21の後部に隣接して位置している。この支持台は、構築がその上で行われる支持台である。昇降機取付ブラケットはフック86(図8)を有し、それによって、昇降板への取付けが行われる。

10

【0029】

昇降機取付ブラケットおよび昇降機昇降板は、支持台を昇降させるように全てが協働するいくつかの部材を含む昇降機アセンブリの一部として協働する。図2は、槽21の上に配置された、槽と共にチャンバに出し入れできる昇降機部材のサブアセンブリ22を示している。所望であれば、図2に示した取外可能なサブアセンブリは、1つの槽に専用であっても差し支えない。これらの部材は、支持昇降機フレーム24にしっかりと固定された昇降機取付ブラケット23およびフレーム24に支持された昇降機フォーク25を含む。フレーム24は、槽の底部に到達できるように垂直に延在する。フレームに結合したフォークは、フレームの後部から側方に延在して支持台30を支持する間隔の空いた支持部27, 28と協働する。ラッチ36が昇降機フレームの前端にあるタブ33および35と作用して、一旦、構築が完了し、昇降機が槽から持ち上げられたら、支持台の自動取付けと取外しのために支持台を固定したり解放したりする。

20

【0030】

槽21およびチャンバ13に関連する昇降機アセンブリおよびサブアセンブリ22に関する図2および8の先の議論は、槽20およびチャンバ12にも同様に当てはまり、槽20が同様の昇降機部材および物体支持台を有することが認識されよう。この点に関して、1つの槽またはチャンバに関連した、昇降機アセンブリとサブアセンブリ、リコータアセンブリ、槽、プロセス工程、および自動取出しカートの動作の以下の議論は、別の槽またはチャンバにも等しく当てはまる。

30

【0031】

図3は、板状金属カバーが取り外されている支持台30を支持するための昇降機フォーク25およびフレーム24を示し、ラッチリンク37を露出している。ラッチリンク37は、取付けに際してタブ33および35と連動して支持台を固定し、装置から取外しするために支持台をフォークから解放するようにラッチ36を作動させるように動作可能である。ラッチリンクは、ラッチ36に、フォークに取り付けられたときに支持台をフォークに固定し、次いで、支持台が槽の上に十分に上昇させられたときに取外しのために支持台を解放するようにスプリング付勢ロッド38により作動させられる。

40

【0032】

昇降機フォークから支持台を解放するためのラッチリンクの作動が、図22および23を参照して、図9に示されている。図9は、チャンバ12内でこのチャンバ内の槽20内の昇降機フォーク25に固定された支持台30を示している。昇降機アセンブリが十分に高く持ち上げられたときに、ロッド38は、チャンバ部材フレーム92上の傾斜表面90と係合する(図3、9、22および23)。昇降機が上昇し続けると、この傾斜部が、ラッチ解放ロッドを支持台に向かって外側に押し付け、ラッチリンクを作動させて、ラッチ36を解放する。同様に、支持台が空のフォークに取り付けられ、傾斜部が解放ロッドと

50

係合しなくなるように昇降機アセンブリが降下されたときに、スプリングがラット解放ロッドとリンクを付勢して、ラッチを閉じ、支持台をフォークのタブ33および35に対して固定する(図28および29)。

【0033】

図7および8は、昇降機アセンブリの部材の第2のサブアセンブリ39を詳しく示している。図7は、ステレオリソグラフィーチャンバに関するこのサブアセンブリを示しており、図8は、第1のサブアセンブリの昇降機取付ブラケット23に関するそのサブアセンブリを示している。第2のサブアセンブリのこれらの部材は、ドア16(図1)の反対の後壁80(図7)に沿ってステレオリソグラフィーチャンバ12内に固定されており、図2に示したサブアセンブリ22の部材のようには、槽に入ったり出たりしない。チャンバの昇降機部材である、図7および8の第2のサブアセンブリのこれら固定された昇降機部材は、第1のサブアセンブリの昇降機部材、槽昇降機部材(図2)、および特に、図8の昇降機取付ブラケット23を受け取って、組合せで、完全な昇降機アセンブリを形成する。2つのサブアセンブリが連結された昇降機アセンブリが、図9に斜視図で示されている。

【0034】

昇降機昇降板82は、昇降機取付ブラケット23上に図8の受容部96中に嵌合し、取付ブラケット23を、それによって、昇降機フレーム24およびフォーク25を水平x、y平面で位置決めする位置決めピン83を備えている。昇降機昇降板82は、取付ブラケットおよび関連するフレームとフォークを樹脂槽中またはそこから昇降させるために、取付ブラケット23(図8)上のフック86と係合するロッド84を備えている。昇降機昇降板82に関して、昇降スクリュー85が図7および8に示されている。昇降スクリュー85は、昇降機昇降板、取付ブラケット、フレームおよびフォークを垂直z軸に沿って昇降させるようにモータ91により回転させられる。また、樹脂槽20を樹脂18の表面112(手短に図12を参照のこと)のx、y平面に対して平行な水平面に位置決めするための位置決めピン88も含まれている。

【0035】

図10は、部分斜視図で、ステレオリソグラフィーチャンバ12内に樹脂槽を受け取るためのz軸に位置する昇降機昇降板82およびそれぞれ、レーザスキャナ100およびリコータブレード42とキャリヤ44のそれに対する位置を示している。槽をステレオリソグラフィーチャンバ中に押し入れ、構築物を調製する工程の順序が図11から23に示されている。槽がその昇降機サブアセンブリおよび固定された支持台と共に本発明のステレオリソグラフィーチャンバ内に押し入れられ、位置決めピン88に心出しされると、次いで、取付ブラケット23が、昇降機昇降板82および昇降ロッド84に垂直にアライメントされる(図11および12)。モータ91が昇降スクリュー85を回転させて、昇降機昇降板を上昇させる(図13)。昇降板が上昇するにつれ、昇降ロッドが取付ブラケット23のフック86に係合し着座し(図13)、位置決めピン83が取付ブラケットの受容部96に係合し着座し(手短に図8を参照のこと)し、それによって、チャンバ昇降機と槽昇降機サブアセンブリを連結し、槽昇降機サブアセンブリを槽内で心出しする。昇降板がさらに上昇するにつれ、槽昇降機サブアセンブリおよび昇降台が樹脂内で上昇する(図14)。昇降板を十分に上昇させると、前述したように、ラッチ36が解放される。昇降板を十分に降下させると、必要であれば、槽と槽昇降機サブアセンブリを取り外せるよう、昇降ロッドを取付ブラケットとの係合から解放させる。通常は、槽は、構築物をその上に有する支持台とは別々に取り外される。

【0036】

ここで、構築前に、ブレード間隙をマッピングするためにリコータアセンブリとその使用の議論を始めると、図15は、y方向に樹脂作業面112を横切るリコータブレード42およびキャリヤ44のチャンバ12を通る断面図を示している。リコータアセンブリは、40で示されている(図4)。リコータアセンブリは、リコータブレード42およびリコータブレードが取り付けられ、そのリコータブレードを動かすキャリヤ44を含む。リ

10

20

30

40

50

コータブレードは、1) y 軸方向に樹脂表面に亘って水平に前後に、2) z 軸方向に垂直に上下に、および3) シータ軸であるブレードの中心の周りに、 y 軸から離れてそれと平行に回転して、図示した軸に沿って動くようにコンピュータ制御されている。リコータブレードと図示したものの従来の機能は、作業面 112 のレーザ走査露光の間に新たな樹脂層のレベリングをスピードアップすることであり、これは一般に、過剰に深い浸漬(deep dipping)と重力沈降(gravity settling)よりも短い期間でより高い精度の部品を提供する。

【0037】

図4のリコータブレードのキャリヤが垂直動作ステージ47に取り付けられている。垂直動作ステージ47は、垂直 z 軸に沿って上下方向にブレードを移動させるためにトラック49に着座している。トラック49は、次に、トラック50に嵌り、トラック50内で移動して、リコータブレードを樹脂表面に亘り水平の y 軸方向に進む。ケーブルドライブおよび関連するステッパベースの線形駆動モータが、本発明の実施のこれらの態様に使用するのに適していると決定された。

【0038】

本発明のリコータアセンブリは、リコータブレードを、移動する長さ中ずっと、樹脂表面に対して平行に維持するために読み取り値をコントローラに提供するセンサ45を含む。リコータブレードの各端部は、樹脂表面から同じ距離に維持される。センサは、キャリヤ44内に収容され、距離の読み取り値が樹脂表面の x 軸に沿った異なる位置で得られるようにキャリヤの長手方向に沿って x 軸方向に移動できる。キャリヤ内でセンサを移動させるために、キャリヤ内に収容された、垂直動作ステージ47内のモータにより動力が供給されたケーブルドライブを使用することができる。

【0039】

樹脂表面に亘って掃引されるときのリコータブレードの樹脂表面からの距離は、「ブレード間隙」と称する。ブレード間隙は一般に、特定の構築に選択された樹脂とその物理的性質に依存し、構築について経験的に予め決定され、ステレオリソグラフィー制御コンピュータのメモリ内に記憶された量である。センサ45の機能は、樹脂表面を横切ってリコータブレードの移動範囲に亘り指定されたようにブレード間隙を維持するのに必要なデータを提供することである。リコータアセンブリが移動するトラック内の変動および機械エンジニアの他の源が、ブレード間隙を変化させ得る。本発明のコンピュータ制御されたリコータアセンブリは、これらの問題を実質的に解決し、この業界でハードウェアの問題であったものを理解し、ソフトウェアの解決策を提供する。

【0040】

センサ45は、レーザダイオードセンサであり、狭い測定範囲を持つ高解像度センサである。イリノイ州、ショウンバーグ所在のオムロン・エレクトロニック・コンポーネンツ(Omron Electronic Components)社から得られるオムロン光学センサモデル番号ZXLMD30がセンサ45として有用であることが分かった。このオムロンのセンサは、高感度であり、標的に接触するように集束エネルギーービームを放出し、反射したビームを受け取ることによって作動する。その反射ビームを比較することによって、標的までの距離をステレオリソグラフィーに十分な精度で決定できる。

【0041】

リコータブレード42は、構築の開始前に、オムロンのセンサ45により得られたデータに応答して樹脂表面に対して平行に維持される。センサはデータを得て、そのデータから、コンピュータコントローラが、リコータブレードの2つの端部に対応する樹脂槽の各端部に沿った2つの点 x で様々な点 y に沿って、リコータブレードの底部76(図6)から樹脂の頂面すなわち作業面112(図12)までの距離を測定する。図4、5、6、15、16Aから16Cおよび17は、このデータを得て、構築中に行われるリコータブレードへの調節をマッピングするためにオムロンのセンサとリコータアセンブリとの間の相互作用を示している。構築中、コンピュータコントローラは、構築前に得たマッピングに応答して、移動軸シータの周りにリコータブレードを回転させて、リコータブレードの2

10

20

30

40

50

つの端部を、 y 軸に沿った間隔の空いた点 \times で樹脂表面から同じ距離に維持する。シータ軸は、樹脂表面の y 軸に対して平行であり、そこから離れた軸である。ブレードが基づいて回転させられるデータはリアルタイムでは得られず、リアルタイムと構築の開始前に得られたマッピングとの間の差は、重大であるとは判定されていない。

【0042】

図 5 および 6 は、図 4 に示したリコータブレードの右手側の端部に対応する、 x 軸に沿ってとられたリコータブレード 42 の端部を示している。図 6 は、ブレードの特徴を完全に示すために、図 5 と同じ端部を、ブレードの底部から示している。一方のみが示されている脚部 56 は、各端部でブレードの底部から側方の外側に延在する。脚部の底面である表面 60 は、測定目的のためのブレードの底部を画成する。各脚部は、ブレードの底部に関するオムロンのセンサの読み取り値を得るために、頂面でブレードから離れた脚部の端部の薄い表面 58 まで切り落とされているかまたは精密研削されている。脚部の底部 60 から切り落とされた部分 58 の頂面までの距離は、固定され、コンピュータ内に記憶される。この脚部の厚さ距離は、オムロンのセンサの動作範囲のために小さい。

10

【0043】

読み取り値を得るために、オムロンのセンサは、リコータブレードの一端に隣接して、 x 軸に沿った一点でキャリヤ内に固定される。図 4、15 および 16A から 16C は、左端部に隣接してキャリヤ内に点線でセンサ 45 を示している。ブレードは、読み取り値を得るときに樹脂に触れず、オムロンのセンサから脚部の頂部を覆い隠す樹脂はない。チャンバに関連する図 15 と、詳細図の図 16A に示されるように、固定位置 x 、 y では、オムロンのセンサ 45 は、センサから脚部 56 の頂面 58 までの距離の読み取り値を得て、脚部の底面 60 に対応し、頂面 58 と底面 60 との間の脚部の所定の厚さに基づく脚部の位置の値を指定する。図 16B に示すように、図 16A と同じ位置で、オムロンのセンサは、脚部と同じ位置を近似し、オムロンのセンサがセンサから樹脂表面 112 の頂面までの読み取り値を得るように十分に小さな距離 x だけ動かされる。コンピュータコントローラは、脚部の底面と樹脂表面に関する 2 つの読み取り値の間の差を決定し、そのデータを記憶する。次いで、図 16C に示したように、リコータアセンブリは、矢印に示されたように距離 y だけ移動して、槽の一方の側に沿った全表面が 1 つの \times に関する様々な点 y でマッピングされるまで、追加のデータ点を得る。その後、オムロンのセンサは、キャリヤの反対側（右側）に移動して、異なる位置 x と同じ位置 y で槽のその側のデータマッピングを得て、マップを完了する。完全なマップがコンピュータ制御により得られ、その後の構築中に使用するために記憶される。

20

【0044】

リコータブレード 42 は、完全に手作業によりキャリヤ 44 に取り付けたり取り外したりすることができる。ステレオリソグラフィー装置のコンピュータは、リコータブレードのアライメントを制御し、以前の装置に関連する単調な工程を実質的に減少させる。図 5 および 6 並びにブレードの取付けと取外しを容易にするリコータブレードとキャリヤの特徴の議論に戻ると、一方だけが図 6 のリコータブレードに示されている刻み付きハンドル 55 が、手作業によりリコータブレードをキャリヤに取り付けたりキャリヤから取り外したりするために用いられる。図 4 および 17 から 19 に見られるように、ブレードの端部には対応するハンドルが図 6 には示されていないのが認識されよう。リコータブレード上の受容部 64（図 5）は、リコータキャリヤ上の対応する位置決めピン 66 を受け入れる。ピン 66 は、断面が丸く示されているが、この形状は異なっていても差し支えない。リコータキャリヤの反対の端部に異なる形状の第 2 の位置決めピンを、またブレード上に対応する受容部を提供することが望ましいであろう。これらの位置決めピンは、オペレータが、ブレードがキャリヤ上に正しく方向付けられていることを確認するのを助ける。それぞれ、ブレードキャリヤの各端部に 1 つと、リコータブレードの各端部の 1 つの、磁石 70 および 71 または他の取付手段により、リコータブレードがキャリヤ上に固定される。他の取付手段を用いても差し支えないが、そには、ブレードの取付けや取外しのための器具が必要となるかもしれない。ブレードがキャリヤ上に適切に適所に固定されていること

30

40

50

を示すために近接スイッチ 7 5 を作動させるように、接点 7 2 を設けることができる。キャリヤ上のリコータブレードに関する正確な位置を知らせるように近接スイッチを作動させるために 3 点の接触が必要とされるように、図示したように、キャリアの一方の端部に 1 つ、反対の端部に 2 つ、合計で 3 つ、そのような接点を設けることが有用である。

【 0 0 4 5 】

リコータブレードは、図 6 における逆さにされた位置で見られる真空通路 7 7 を底面 7 6 に有する。真空通路は、従来の様式で新たな樹脂層を平らにするのに役立つ。ブレードは、真空が作動されたか否かをオペレータが見るための、中央に位置する観察窓 7 8 (図 4) を有する。ブレードとキャリヤとの真空接続は、硬く (ハードに) 嵌め込まれておらず、完了するのに器具は必要ない。真空接続は、接続が、ブレードとキャリヤの中央に位置する協働する封止真空ポートの間、一般に、ブレード上の真空カップとキャリヤ上の協働部材との間に設けられるという点で、「ソフト」である。

【 0 0 4 6 】

ステレオリソグラフィーチャンバ内に槽を取り付ける前に、リコータアセンブリは「待機」させられる。すなわち、リコータブレードは、チャンバのドアに最も近い y 軸方向に配置され、カートのように操作できるように底部に車輪が固定された槽の通路を外れて z 軸方向に持ち上げられる (図 1 1 および 1 2) 。槽は、リコータアセンブリに衝突せずに、チャンバ中に押し入れられる。槽が一旦取り付けられると、リコータアセンブリは、樹脂表面とリコータブレードの底面との間の関係をマッピングするために樹脂表面に隣接して、そこから間隔が置かれるように降下させられる (図 1 7) 。本発明は、樹脂作業面の上でブレード間隙よりも大きい距離に保持されたリコータブレードによりマッピングを行う。この距離は、ブレードの脚部が樹脂により覆われないことを確実にするのに十分である。もし覆われてしまったら、ブレード間隙を調節するのに必要とされるデータを生成するオムロンのセンサの能力に悪影響が及ぼされるであろう。

【 0 0 4 7 】

構築が始まると、リコータブレードの真空がオンにされ、ブレードが、樹脂に対して所定のブレード間隙まで降下させられる (図 1 4) 。真空が、ブレード内の真空通路 7 7 中と観察窓 7 8 中に樹脂を引き込む。脚部は、一般に、ブレードが表面を掃引するときにそれらの上に樹脂を有する。この操作は、新たな樹脂層を支持台上の構築物上に塗布する毎に行える。

【 0 0 4 8 】

構築の精度は、槽中の樹脂を正確なレベルに維持することに対して非常に敏感である。構築平面は、構築の開始前に確立される。レーザ走査システム 1 0 0 (図 1 9) は、チャンバに固定して取り付けられており、作業面の x 、 y 平面が位置できる z 値の範囲を確立する、「構築面」と称される、空間で特定の点で樹脂の作業面に当たるように制御される。本発明のリコータブレードの効果的なレベリングを自動化する能力は、樹脂表面のマッピングが構築前に確立されたときと同じレベルに樹脂を維持することに依存する。

【 0 0 4 9 】

第 2 のオムロンの液体レベルセンサが 8 7 で示されており (図 7 および 9) 、槽内の樹脂のレベルおよび追加の樹脂を槽に加えるべきか否かを決定するために、チャンバハウジングの後部にある昇降機フレームにしっかりと固定されている。センサ 8 7 は、構築中に構築面を維持するために樹脂を加えたり除去したりする必要があるか否かを決定する。構築中、センサ (図 3 0) は、ずっと同じレベル、それゆえ、マッピング中に得られたものとブレードから同じ距離に維持するために、樹脂を加えたり除去したりできるように槽内の樹脂のレベルを決定する。このオムロンのセンサは、センサが、作業面のレーザによる連続走査間で動作し、適切な樹脂レベルに到達したときにスイッチが切られるという点で、閉ループで動作するレーザダイオードセンサである。

【 0 0 5 0 】

樹脂レベルの制御に使用するための補給樹脂容器 1 2 7 , 1 2 8 , 1 2 9 を備えた槽 2 1 が、取外しできるカバー 1 4 1 と共に、図 3 2 に示されている。樹脂容器 1 2 7 , 1 2

10

20

30

40

50

8 および 129 は、取付けと取外しを容易にするために係合ハンドル 136, 137 および 138 により槽から旋回式に離される傾けられる貯蔵部 133, 134 および 135 内にそれぞれ保持されている。各容器 127, 128 および 129 は、迅速取外二重切離し連結により、槽 21 に連結されている。各容器 127, 128 および 129 は、連結されたときに、樹脂が容器から連結部を通じて槽 21 中に流動できるように、槽 21 上の対応する貯蔵部 133, 134 および 135 内の連結部と係合するノズル（両方とも示されていない）を有する。各ノズルにはRFIDタグが成形されているか、または他の様式でノズルに組み込まれている。各連結は「スマート・カプラ」である。何故ならば、樹脂タイプ、樹脂のバッチ番号、使用期限、樹脂容積および潜在的に容器が用いられている槽とステレオリソグラフィー装置の身元などの、容器とその中の樹脂についてのデータを検出し、ステレオリソグラフィー装置の制御コンピュータに送るためのリーダが、そのカプラに成形されているかまたは他の様式で組み込まれているからである。リーダは近接リーダであり、それゆえ、ステレオリソグラフィー装置の制御コンピュータは、間違った樹脂または期限の切れた樹脂が容器内に取り付けられている場合、容器のノズルが貯蔵部の連結を介して槽に継手連結される前に、オペレータに警告を発することができる。槽とステレオリソグラフィー装置のコンピュータとの間のこのデータフローは、槽とステレオリソグラフィー装置が適切なケーブルにより連結されたときに、データおよびパワーポート 101 を通じて行われる。各容器は、そこから槽中に流動する樹脂の量を追跡記録することもできる。補給樹脂容器の内の 2つ（127, 128）は、構築の間に槽を補充し、ベローズ・ポンプ 102 により動作して、420リットルの容量の槽について、毎分約1リットルの樹脂の十分な一回の動作量を供給する。槽 21 の壁に取り付けられた 2 つのオムロンの超音波センサ（図示せず）が、樹脂を加える必要があるか否かを知らせるために、構築前に樹脂が所定の最小値と最大値との間にあるか否かを決定する。各槽 21 も、図 11 および 12 の昇降機取付フック 86 が支持されている外壁に、リーダ 81 により読み取られるRFIDタグ 19 を有し、このリーダが、槽の身元、樹脂の初期量および取付け日に関するデータをステレオリソグラフィー装置の制御コンピュータに送る。

【0051】

樹脂は、最初に、ライン 106 を介して、ある容器、例えば、容器 128 から供給され、その容器から空になつたら、構築の開始前に樹脂が最低レベル未満であることの超音波センサからの検出に応答して、ステレオリソグラフィー装置の制御コンピュータにより開けられた適切なバルブを持つバルブアセンブリ 131 によって、ライン 107 を介して他の容器、例えば、容器 127 から供給される。補充樹脂は、供給容器から、バルブアセンブリ 131 および供給ライン 111 を通じてベローズ・ポンプ 102 まで、入口ポートを介して、出口ポート（両方とも図示されていない）を通して、槽 21 に流動する。別の容器 129 は、入口ライン 108 および流出ライン 109 を介してリザーバとして機能して、センサ 87 による検出に応答してステレオリソグラフィー装置の制御コンピュータからの命令によって同様に作動されたバルブアセンブリ 131 内の二方向フローバルブによって、構築中の変動に応答して槽内のレベルを低下させたり上昇させたりする。液体レベルセンサ 87 は、各層の間の槽内の正確なレベルの読み取り値をとる。樹脂は、固化したときに収縮するであろう。支持台と構築物が降下されたときにそれらによる樹脂の移動が、槽内の樹脂のレベルに影響を与えるであろう。構築中の樹脂レベルを制御するための有用なポンプは、正確に制御された少量の流体を供給するための、蠕動ポンプ 104 などの定量ポンプであり、槽内のレベルを緊密に制御できるように樹脂を加えたり除去したりするために何回かのストロークを要するであろう。蠕動ポンプは、正確な制御を行うために、数回のストロークで約1ミリリットルの容積の流体を供給できる。バルブアセンブリ 131 は、必要であれば、槽 21 からの樹脂を、ライン 110 を通し、バルブアセンブリ 131、ライン 111、ベローズ・ポンプ 102、ライン 113 を通して、槽 21 に戻して循環させることができる。この循環特徴は、槽 21 内の樹脂の量を保存し、粘度の上昇を防ぐのに役立てることができる。このアセンブリは、ステレオリソグラフィー装置のソフトウェアにより自動的にまたはオペレータによって開始される構築の間にもっともうまく用

10

20

30

40

50

いることができる。

【0052】

オムロンのセンサにより発せられるレーザビームの焦面は、樹脂表面またはリコータブレードの平面にあるか否かにかかわらず同じであることが認識されよう。検出器アレイを用い、ガウスビーム分布を確立する従来のビームプロファイラシステムは、レーザビームのビーム位置および幅を決定する。このシステムは、自動校正であり、異なる樹脂についてカスタマイズされたブレード間隙の設定が可能な3軸スキャナを用いて、ビームの焦点距離を変化させることができる。この情報を長期に亘り格納すると、本発明の個々のシステムにおける特定の樹脂に関するデータログファイルのライブラリーが設立される。

【0053】

精密な樹脂の配置を確認し、異なる樹脂を混合するような費用のかかるエラーを避けるように、無線周波数身元証明タグ（RFID技術）で樹脂容器に印を付けることが有用である。オペレータは、樹脂が異なる場合、樹脂槽を補給容器に連結する前に警告を受け、正確な樹脂を確認することができる。

【0054】

ステレオリソグラフィーに一般的に用いられるタイプのレーザシステムは、本発明の方法および装置の実施において有用である。レーザビームを位置決めするためにガルバノミラーを用いたx, y走査レーザが有用である。物体117の層115を固化するために所定の経路で、構築面である樹脂の作業面112にエネルギーを供給する走査システム100が図19、20および21に示されている。レーザ窓が、通常、加熱されているプロセスチャンバからレーザシステムとガルバノメータシステムを隔離している。

【0055】

レーザをより効果的に使用できるようにレーザビームの複数の連続経路を生成するために、ダイナミックビーム偏光器を用いても差し支えない。効率を増加させるために、本発明の実施と共に、1つのレーザを用いて、同時構築のために二つ以上の別々のステレオリソグラフィーチャンバ12, 13（図1）およびガルバノメータシステムにエネルギーを提供することができる。あるチャンバ内の三次元物体が新たな樹脂層によりリコートされている間、構築のリコートの間にレーザが使用されない状態で待機していないように、レーザが隣接するチャンバ内で走査露光を行うことができる。

【0056】

レーザ制御システムは、精度を損なわずにより大きな物体を製造できるようにレーザの焦点を動的に変えることができる。図9および18に示すように、チャンバの後部に位置し、チャンバの昇降機サブアセンブリフレーム92に取り付けられた検出器セル89が、スキャナ100（図18）により提供される、樹脂を固化するのに用いられるレーザビームの強度、焦点距離およびスポットサイズを制御するための情報を提供する。オムロンのセンサの場合のように、3軸スキャナが、樹脂の中央にあるかまたは層の外縁にあるかにかかわらず、構築が同じ品質と精度であるように、レーザの焦点距離およびスポットサイズを変化させるのに有用である。

【0057】

図19は、斜視図で、樹脂の表面のx, y平面におけるレーザの走査露光を示している。構築の過程が図20から23に示されている。所望の物体の支持層が最初に固化すべきものであるのが理解されよう。チャンバを通った断面の図20に示したように、断面層115がレーザビームの適用により固化されるにつれて、支持台が徐々に降下される。レーザが一層を固化し、昇降機が支持台を降下させて新たな樹脂層を提供し、リコータが樹脂を平らにして1つの層厚を提供する。レーザの走査露光と樹脂のリコートを連続して何回も行った後、支持台は、図21に示すようにかなりの深さまで降下され、1つの構築物体117が完成した。次いで、昇降機が、図22に断面図で、図23に斜視図で示すように、樹脂から構築物と支持台を取出し位置まで移動させる。

【0058】

図24から31は、完成した構築物と支持台の自動の取出しと第2の構築物の完成に含

10

20

30

40

50

まれる工程順序を示す。図24は、上述したように支持台のラッチを解放するために上昇させられた、支持台30上に支持された完成した構築物体117を有する本発明のステレオリソグラフィーチャンバの側面図を示す。チャンバ内の完成した構築物のこの段階の斜視図が図23に示されている。樹脂から構築物を上昇させる前に、リコータブレード42およびキャリヤ44は待機させられていることが認識されよう。第2の構築をそれによって行えるようにする無人の支持台の交換を行うためにコンピュータコントローラ126に連結された自動取出しカート120も図24に示されている。カート120は、構築物体117と支持台30を取り出し、槽に新たな支持台を供給するために、それぞれ、垂れ受け122を支持し、搬送するための伸縮式アームセグメント123および125(図25)を有する。

10

【0059】

図24の側面断面図は、取出しカートが、ステレオリソグラフィーチャンバの図1のドア16または17と接触して、窓が手作業で取り除かれるかまたは開放位置まで旋回され、樹脂槽の一部の下に押し込まれることを示している。図1に示したように、ドアは、底部に開口部を画成するブラシを有し、その開口部を通して、自動取出しカートのローラが進入する。伸縮式アームが、問題なく支持台を交換できるように槽と昇降機と協働するように、自動取出しカートは槽とドッキングすべきである。図32は、樹脂槽へのドッキングを確実にするために使用できる接続器具132および139を示している。ドッキングは自動化されておらず、ステレオリソグラフィー装置のためのコントローラ126(図24)にカートを連結するオペレータにより行われる。チャンバドア16、17の窓(図1)は、自動的に構築物を取り出せるように、オペレータにより取り除かれるか、またはヒンジ式に開かれる。

20

【0060】

構築が終わった後、支持台30および構築物体117は、フォークとフレーム24にタブ33および35で支持台を固定するラッチ36を解放するために、十分に高く上昇させられる。伸縮式アーム123は、昇降機フレーム24が垂れ受け上に配置されるように、その上に垂れ受け122を有するカートから伸びる(図25)。昇降機フレームは降下される。垂れ受けとフォークは、支持台と構築物が垂れ受け上に置かれ、フレームが通過するように構成される(図26)。伸縮式アーム123は引っ込められ、構築物体および支持台は、チャンバから取り出されてカート上に置かれる。次いで、ラッチ36がまだ解放位置にある間に、昇降機フレームは、新たな支持台を受け取るように降下される(図27)。

30

【0061】

伸縮式アーム125が、図28に示されるように延ばされ、その上に新たな支持台124を有している。次いで、昇降機フレームは、新たな支持台と係合しそれを受け取るように上昇させられ、伸縮式アームが引っ込められる(図29)。支持台を昇降機フレームに固定するラッチ36は、支持台が十分に降下されるまで、ラッチが開かれる方法とは反対に、係合しないことが認識されよう。

【0062】

新たな支持台が適所に配置され、ラッチが固定したら、昇降機が、上述したように、第2の構築のために加える必要のある樹脂の量に関する測定のために、新たな支持台を樹脂槽中に樹脂表面の下に降下させることができる(図30)。図31に示したように、取り出された第1の構築物体117および樹脂槽の上に支持台上で持ち上げられた第2の構築物体130が提供されたときに、第2の構築が完了する。

40

【0063】

本発明の装置をいくつか詳細に説明してきたが、ここで、プロセス工程の検討に移る。図33は、本発明による1つの槽内での無人構築を行うための基本的な流れ図を示している。無人の構築様式において、この装置は、第1の三次元物体を構築し、槽と昇降機から完成した構築物体を取り出し、第2の無人の構築を完了する。第1の構築物が取り出された後、この装置は、昇降機上に新たな支持台を取り付け、必要に応じて樹脂パラメータを

50

調節し、第2の構築物を完成させ、樹脂槽から第2の構築物を取り出す。1つの槽または隣接する複数の槽において一回の構築で同時にいくつかの物体を構築しても差し支えなく、図33は、1つの槽内での1つの物体の無人構築を示していることが認識されよう。多槽プロセスにおいて、他の槽で無人構築を同時に行うこともできる。

【0064】

図33における工程140によるプロセスの開始で、人間のオペレータは、いくつかの機能を実行する。無人の構築様式を選択したら、オペレータは、最初に、典型的に物体表示ためのCAD/CAMプログラムを使用して、物体表示を入力する必要がある。次いで、オペレータは、最初の構築に必要とされる樹脂の体積を決定し、その構築物の体積が装置の設計制限内にあるか否かを判断する。例えば、装置の容量が20キログラム以下の樹脂を用いた部品構築を含むときに、選択された物体がそれより多くを必要とする場合、オペレータは異なる構築様式を選択する必要がある。設計容量が第1の有人構築を行えるが、第2の無人構築は行えない場合、無人様式は選択できない。

10

【0065】

また、オペレータは、リコータブレードが取り付けられ、取り付けるときに樹脂槽に衝突しないように、通路を外れて上に待機していることを確認する。樹脂槽が一旦取り付けられたら、オペレータは、槽が正確に取り付けられ、槽が正しいタイプの十分な樹脂を収容していることを確認すべきである。通常、槽は、昇降機取付けブラケット、昇降機支持フレームとフォーク、およびラッチ36とタブ33, 35によりフォークに固定される構築台を含む昇降機サブアセンブリを含む。槽および昇降機サブアセンブリの全体は、チャンバ昇降機サブアセンブリに係合するように、ステレオリソグラフィーチャンバ内に転がして入れられる。

20

【0066】

樹脂表面とリコータブレードとの間の関係は、構築前のこの時点または別の時点でマッピングすることができ、そのデータは、構築中に使用するために記憶される。特定の樹脂が一旦確認されたら、選択された樹脂のブレード間隙、槽内で再現可能に制御される樹脂のレベル、次いで、これらの条件に関するマップが、ある期間に亘り同じ装置に有用である。

【0067】

工程142によれば、オペレータは、一度、初期要件を満たし、無人構築がサポートされていることが確認された自動取出しカートを取り付ける。自動取出しカートを取り付けるために、オペレータは、自動取出しカートの伸縮式アームが、支持台と第1の構築物を取り出すためにプロセスチャンバ中に延びることができるように、チャンバのドアにある窓をヒンジ式に開けるかまたは取り外す。オペレータは、自動取出しカートを槽にドッキングさせ、チャンバの窓を閉じる。チャンバは加熱され、プロセスの妨害を防ぐために、チャンバのドアは閉じたままにする。屑と熱の損失を最小にするためにブラシで覆われたチャンバのドアの底部における切抜き部を通して、車輪付き脚部が自動取出しカートからチャンバ中に延在している。槽と自動取出しカートは、自動操作のために、一方が他方にドッキングされたときに、一貫した位置に維持されるように構成されている。また、オペレータは、自動取出しカートが自動操作の制御のためにステレオリソグラフィー装置のコンピュータに接続されていることを確認する。

30

【0068】

オペレータは、無人構築様式のために本発明の装置の準備中のどの時点で変更を行ってもよい。その結果、装置をうまく作動させるには、オペレータが、装置についての情報を複数回確認する必要がしばしばある。それゆえ、最初の構築の開始前に、最初の構築が完了したときに、空の支持台が実際に、取付けのために自動取出しカート上の適所にあることを、オペレータに確認させるようにコンピュータコントローラに指示させることが有用である。あるいは、支持台が適切に適所にあることの確認は、適切なセンサを用いて行つても差し支えない。

【0069】

40

50

工程 144 によれば、オペレータは、リコータアセンブリと昇降機を開始位置まで移動させる。昇降機は、槽中に降下され、作業面を画成するように樹脂の表面のすぐ下のレベルに移動される。リコータアセンブリは、脚部の底部と樹脂の作業面との間に所定のブレード間隙を画成するように降下される。

【0070】

レーザとリコータを実際に始動させる直前のこの時点で、オペレータに動作パラメータを確認するように指示することが有用である。オペレータは、構築台がフォーク上に実際に取り付けられていることを確認すべきである。構築を、構築台が適所にない状態で開始した場合には、生産性と樹脂の損失という結果は、高くなる。構築台が昇降機のフォークの適所にない場合、オペレータは、リコータを待機させ、昇降機を構築台解放位置まで上昇させ、新たな構築台を取り付けなければならない。構築台の存在が一旦確認されたら、樹脂とチャンバの温度を確認する。一般に、温度制御は、連続的に行われるコンピュータ制御機能である。それにもかかわらず、オペレータが、構築を開始する前に温度が適性であることを確認することが有用である。オペレータは、槽が十分な樹脂を有していることも確認すべきである。装置の容量が構築に適切である場合でさえも、その装置は、槽が樹脂を含有し、樹脂レベルが、構築面の精巧なレベル制御に必要な槽中の所定の最小レベルと最大レベルの間にあることを確認するように検査されるべきである。

【0071】

また、オペレータは、工程 148 によれば、補給樹脂容器が、構築間に槽に補充し、構築中を精巧なレベル制御のために十分な樹脂を含有していることも確認すべきである。十分ではない場合、オペレータは、工程 149 によれば、システムによって、ある程度しか満たされていない容器を満タンの容器と交換し、その新たな容器が槽中と同じ樹脂を含有していることを確認するように指示されるべきである。樹脂が同じであることを確認する効率的な方法の 1 つは、無線周波数確認ルーチン、または「RFID」ルーチンを実行することである。槽への連結を完了する前に、自動確認のために容器内に RFID タグを容器内に含ませることができ、その後、オペレータは、樹脂が同じである場合、取付けを完了できる。容器と槽に RFID タグを使用することによって、システムの樹脂と樹脂の利用についてのデータ収集を、各容器に関して、槽に関する昇降機サブアセンブリ上の特定の RFID リーダおよび槽上のスマート・カプラ上の個々の RFID リーダからのデータフローにより行うことができる。

【0072】

上述したパラメータが満たされた場合、構築に取りかかることができる。オペレータは、工程 150 にしたがって、リコータの真空をオンにし、それぞれ、工程 152 および 154 に示したように、樹脂レベルおよび樹脂とチャンバの温度を調節すべきである。この時点で、樹脂レベルは所定の最小レベルと最大レベルの間にあり、そのレベルは、これらのレベル内において選択された構築平面の正確なレベルに調節される。材料は、この目的のために用いられる 2 つの補給樹脂容器に連結された定量ポンプにより槽に出し入れされ、センサに応答して自動的に制御される。

【0073】

リコタブレードは、レーザを受けるように作業面を用意し、工程 156 にしたがって、支持層の調製により、実際のステレオリソグラフィーを今では開始できる。この時点で、もはやオペレータがプロセスに付き添う必要はなく、構築が、コンピュータ制御機能に完全に基づいて、進行する。一般に、各層が固化した後、昇降機は、新たな樹脂コーティングを受け取るために昇降機を降下させ、次の槽にレーザを発するために構築台を十分に上昇させる。樹脂レベルは、固化による収縮量および樹脂表面の下の構築台と物体の移動により必要に応じて調節される。リコタブレードは、作業面を用意するために各層の間で表面を掃引し、工程 158 にしたがって構築が進行する。工程 156 および 158 は重複してもよい。

【0074】

構築が一旦完了したら、構築を停止し、レーザをオフにし、次いで、構築台を交換する

10

20

30

40

50

ために、オペレータの付き添い無しで、装置が続行する。工程 160 にしたがって、構築台上の構築物と共に、昇降機が樹脂槽から完全に出るように、装置は、リコータアセンブリを、昇降機のフォークの経路の上に外れて待機させる。昇降機は、昇降機の構築台を固定するラッチが解放され、構築台をフォークから取り外すことができる取出し位置まで上昇させられる。今では、昇降機フォーク、構築台、および構築物は、槽の上方に位置しており、フォーク、構築台、および構築物体とまだ接触している未使用樹脂は、工程 164 によれば、槽中に流れ落ちる。有効な排液を行う十分なドウェル時間後、工程 166 にしたがって、自動取出しカートが構築台と、完成し排液された構築物体とを取り出す。コンピュータコントローラが、自動取出しカートの伸縮式アーム上に構築台と構築物を載せるためにフォークを下げられるように、一組の伸縮式アームを自動取出しカートから昇降機フォークの下へと伸ばす。伸縮式アーム上に排液受けに構築台と完了した構築物体が置かれるように、排液受けが伸縮式アーム上にあることが望ましい。伸縮式アームは、昇降機フォークとステレオリソグラフィーチャンバから構築台と構築物体を取り出すように引っ込められる。10

【 0075 】

最初の構築物がチャンバから取り出された後、昇降機は、工程 168 にしたがって、新たな構築台を受け取る位置にフォークを移動させる。伸縮式アームは再度、自動取出しカートから伸びる。自動取出しカートの構造に応じて、そのカートは、一組または二組の伸縮式アームを有していてもよい。二組ある場合、最初の構築物体と構築台は、チャンバの外部の適所に保持される。一組の場合、最初の構築物体は、チャンバと槽の上の区域に再び入り、フォークの上に位置している。工程 170 にしたがって、昇降機フォークは、伸縮式アームから新たな構築台と係合しそれを受け取るように上昇させられ、次いで、伸縮式アームが外され、第 2 の構築物体が完了し、オペレータが装置に戻るまで、最初の構築物体と構築台は自動取出しカートに貯蔵される。20

【 0076 】

新たな構築台が一旦取り付けられたら、装置は、工程 172 に示したように以前の工程のいくつかを繰り返すように戻る。昇降機は、新たな構築台を樹脂中に降下させ（工程 171）、構築台を適切なレベルに配置する。装置は、自動的に、センサに応答して、槽に補充し、樹脂レベルと温度を調節し、作業面を掃引して第 2 の構築の準備をする。第 2 の構築が進行し、完了したら、リコータが待機させられ、昇降機が槽から出た上の位置に第 2 の構築物と構築台を上昇させる。30

【 0077 】

オペレータが戻ったときに、最初と第 2 の構築は完了しており、第 1 の構築物体は自動取出しカート上でチャンバの外部に貯蔵されており、第 2 の構築物体はチャンバ内にあり、槽の上で排液され、取出しの用意ができる。単独の構築は、物体を構築する工程で似ており、自動取出しカートは所望のように取り付けられていてもいなくてもよいことが理解されるであろう。いずれの場合にも、単独の構築について、装置は、最初の構築後に停止するように指示されている。図 1 の装置は 2 チャンバ装置であり、各カートに 1 つずつでチャンバの外部に 2 つの構築物と、各チャンバ内に 1 つずつでチャンバ内に 2 つの構築物を提供するために、1 つのレーザ、および各チャンバについて別々のスキャナと自動取出しカートを使用して、二回の無人構築を行うことができる。40

【 0078 】

上述した説明と関連する図面に示された教示の恩恵を受けた当業者には、ここに述べた本発明の多くの改変と他の実施の形態が思い浮かべられるであろう。したがって、本発明は、開示された特定の実施の形態に制限されるべきではなく、改変と他の実施の形態が添付の特許請求の範囲に含まれることが意図されているのが理解されよう。特定の用語がここに用いられているが、それらは、一般的な説明の意味であって、制限の目的に用いられているのではない。

【 図面の簡単な説明 】

【 0079 】

【図1】ステレオリソグラフィーにより物体を製造するための本発明の2チャンバハウジングとそれに関連する樹脂槽を示す斜視図

【図2】物体支持台および支持台を樹脂内で昇降させるための昇降機のサブアセンブリを分解図でその上に位置しているのを示す樹脂槽の斜視図

【図3】昇降機サブアセンブリの様々な詳細を示すためにそこから一部分が取り除かれた、図2の昇降機サブアセンブリの一部の斜視図

【図4】本発明のリコータアセンブリの斜視図

【図5】図4のリコータアセンブリの一端のリコータキャリヤとリコータブレードの分解部分斜視図

【図6】図5のリコータブレードの部分の裏面の部分斜視図

10

【図7】昇降機サブアセンブリの一部を示す、本発明のステレオリソグラフィーチャンバの内側の後の斜視図

【図8】図2の昇降機サブアセンブリの一部に対する関係を示す、図7の昇降機サブアセンブリの部分斜視図と分解図

【図9】図2と8の昇降機サブアセンブリの組み立てられた様子を示す部分斜視図

【図10】昇降機の移動軸（垂直z軸）、リコータブレードとキャリヤの移動軸（水平の前方から後方へのy軸）、およびブレード間隙センサの移動軸（y軸と水平の側方のx軸）を示す、チャンバハウジングの一部の部分切取り図

【図11】プロセスチャンバに進入する樹脂カートを示す断面側面図

【図12】プロセスチャンバ内の位置にあり昇降機に取り付けられた樹脂カートおよび支持台の昇降を示す断面側面図

20

【図13】プロセスチャンバ内の位置にあり昇降機に取り付けられた樹脂カートおよび支持台の昇降を示す断面側面図

【図14】プロセスチャンバ内の位置にあり昇降機に取り付けられた樹脂カートおよび支持台の昇降を示す断面側面図

【図15】ブレード間隙を維持するための読み取り値を得るセンサおよび樹脂表面を横切るリコータアセンブリの斜視図

【図16】樹脂表面の上に隔離され、ブレード間隙を維持するための読み取り値を得るリコータアセンブリを示す側面図

【図17】槽を横切るリコータアセンブリの動きとレーザスキーナの関係を示す斜視図

30

【図18】ステレオリソグラフィーレーザビームの極端な位置でのスポットサイズ、焦点長さ、およびパワーの評価を示す斜視図

【図19】樹脂の層を固化するためのレーザビームの適用を示す斜視図

【図20】構築された1つの物体の構築の完了段階を示す図19の斜視図の断面側面図

【図21】構築された1つの物体の構築の完了段階を示す図19の斜視図の断面側面図

【図22】取出し位置まで樹脂のレベルの上に上昇させられた構築物体と支持台の断面側面図

【図23】取出し位置まで樹脂のレベルの上に上昇させられた構築物体と支持台の斜視図

【図24】第1の構築物の完了を含む自動取出しカートの動作を示す側面図

【図25】第1の構築物の完了とカートへの取出しを含む自動取出しカートの動作を示す側面図

40

【図26】第1の構築物のカートへの取出しを含む自動取出しカートの動作を示す側面図

【図27】第1の構築物のカートへの取出しを含む自動取出しカートの動作を示す側面図

【図28】新たな支持台の取付けを含む自動取出しカートの動作を示す側面図

【図29】新たな支持台の取付けを含む自動取出しカートの動作を示す側面図

【図30】第2の構築物の形成を含む自動取出しカートの動作を示す側面図

【図31】第2の構築物の完了と層からの取出しを含む自動取出しカートの動作を示す側面図

【図32】補給樹脂容器およびその上に取り付けられたレベル維持容器を備えた本発明の樹脂槽の斜視図

50

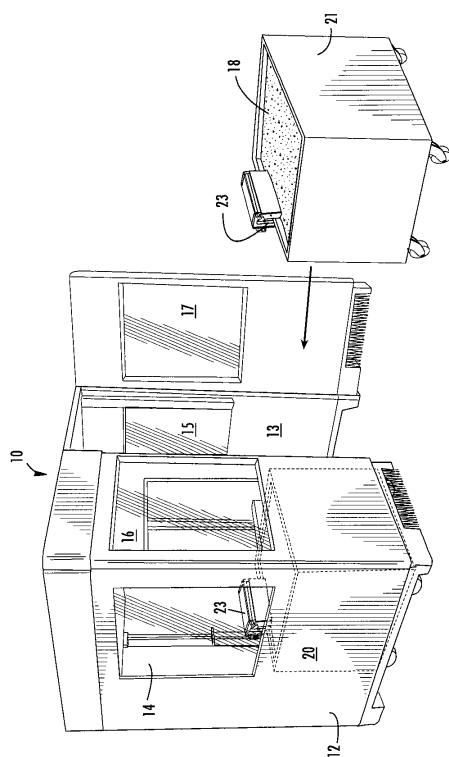
【図33】第2の無人の構築の完了に広く採用される工程を示す流れ図

【符号の説明】

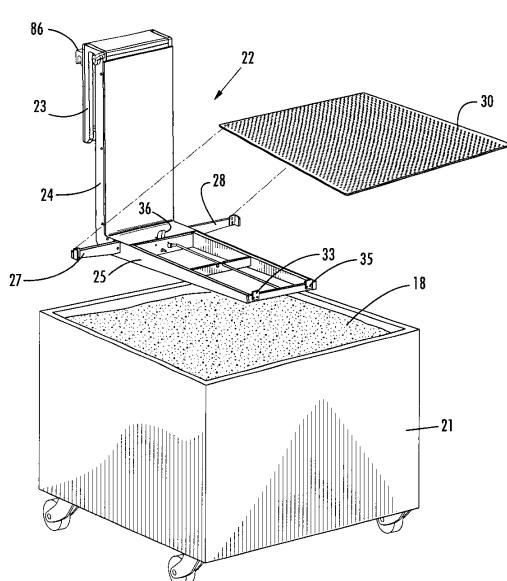
【0080】

10	2 チャンバハウジング	
12, 13	チャンバ	
14, 15	観察窓	
16, 17	ドア	
20, 21	槽	
23	昇降機取付ブラケット	10
24	フレーム	
25	フォーク	
30, 124	物体支持台または構築台	
42	リコータブレード	
45	センサ	
100	スキャナ	
120	自動取出しカート	
123, 125	伸縮式アーム	
127, 128, 129	補給樹脂容器	

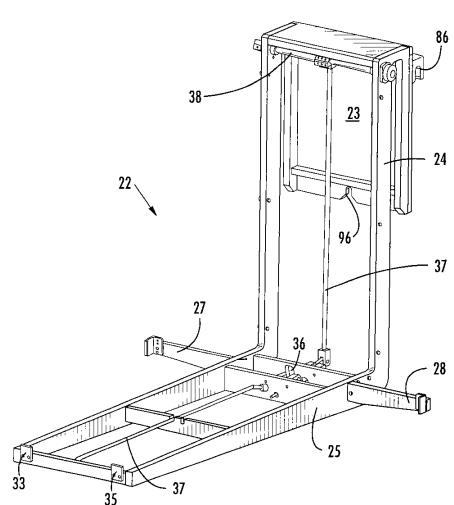
【図1】



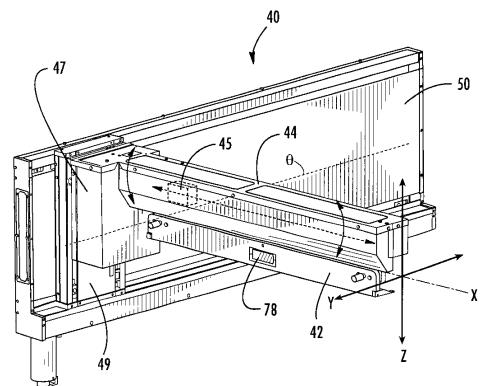
【図2】



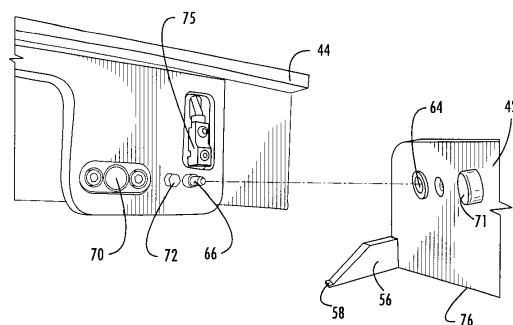
【図3】



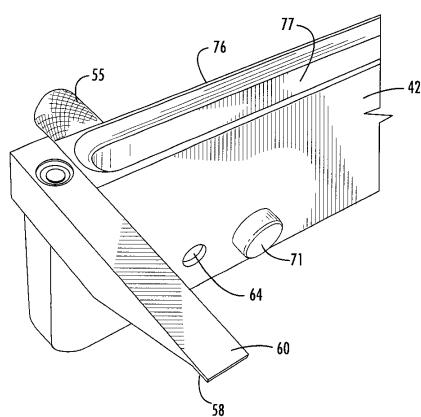
【図4】



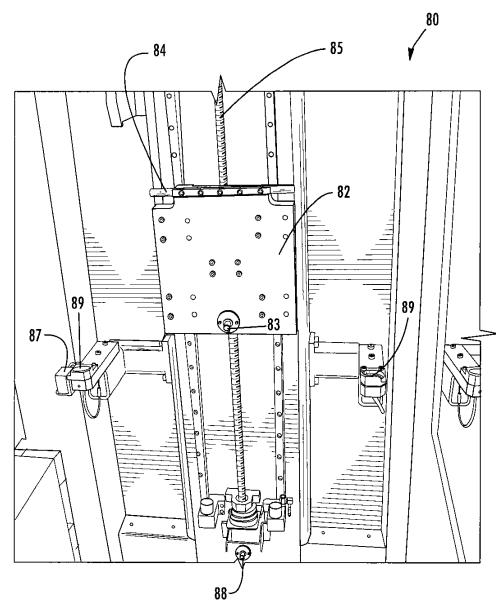
【図5】



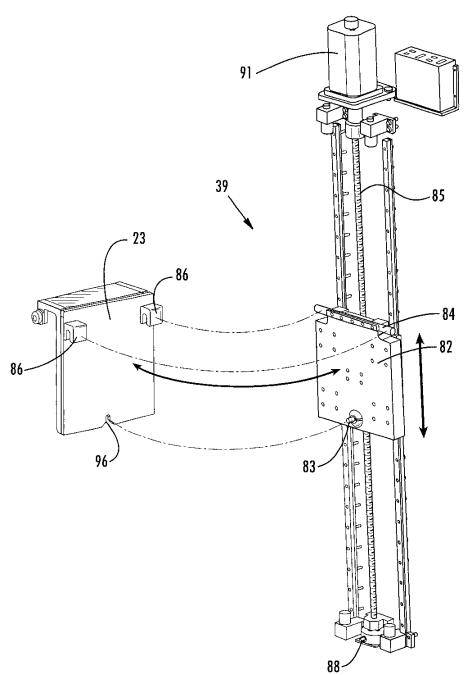
【図6】



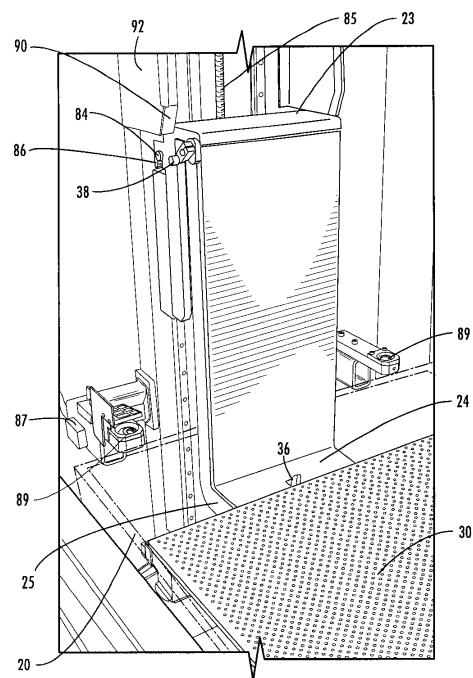
【図7】



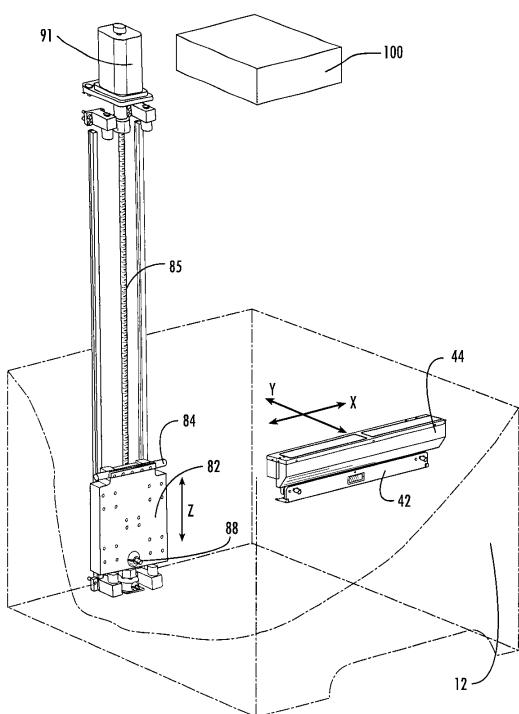
【図8】



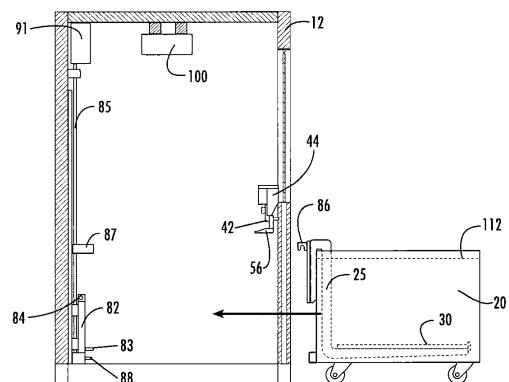
【図9】



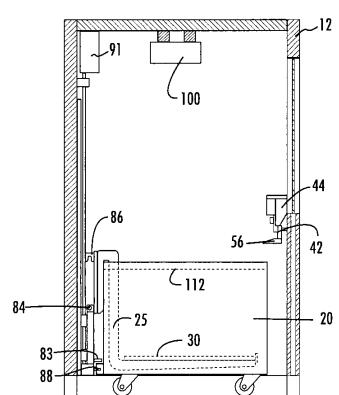
【図10】



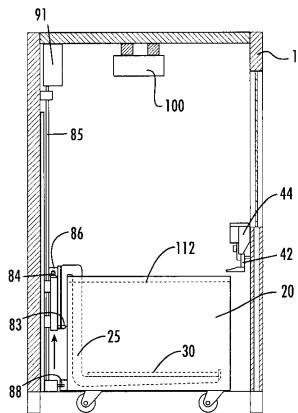
【図11】



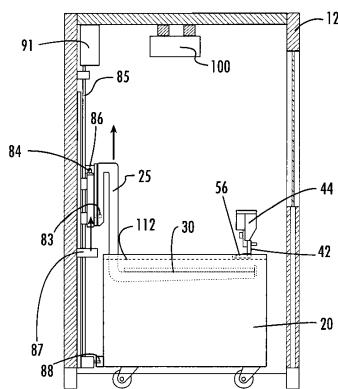
【図12】



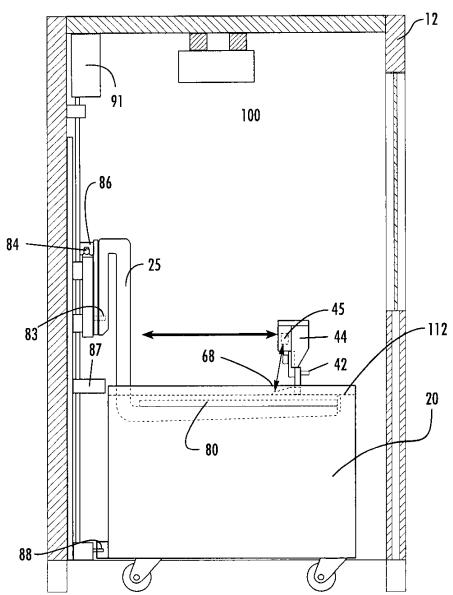
【図13】



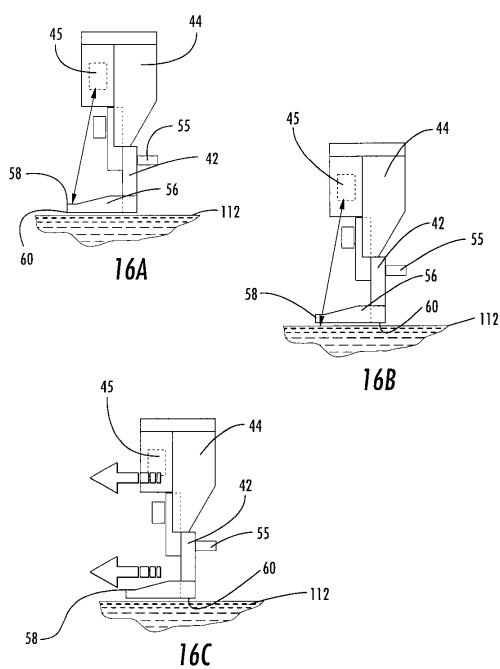
【図14】



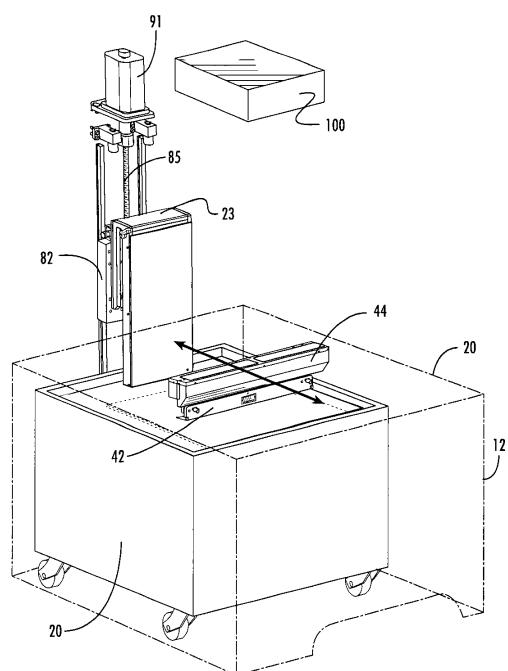
【図15】



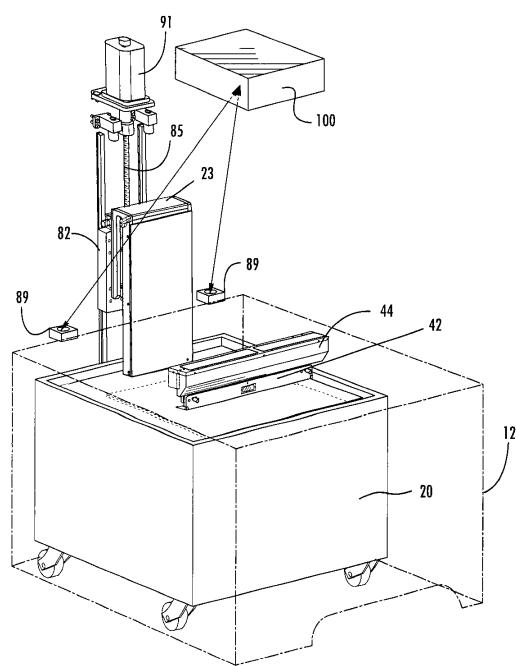
【図16】



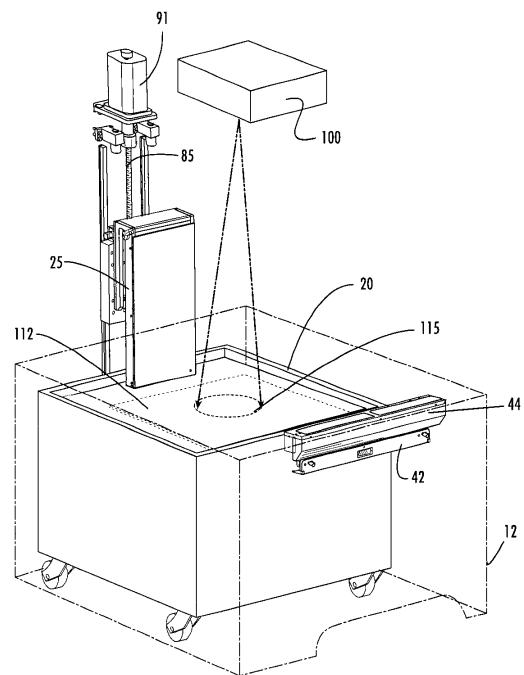
【図17】



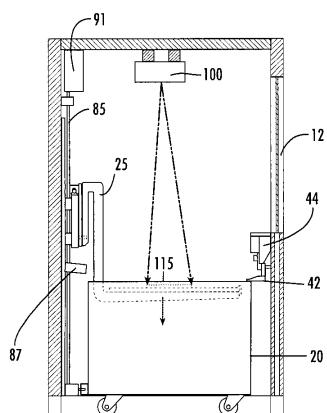
【図18】



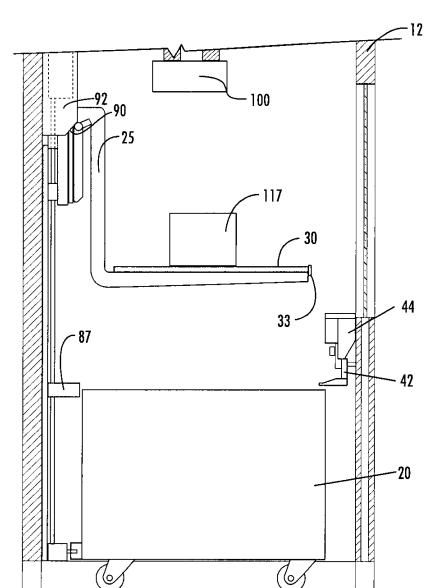
【図19】



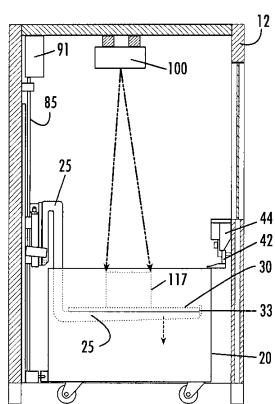
【図20】



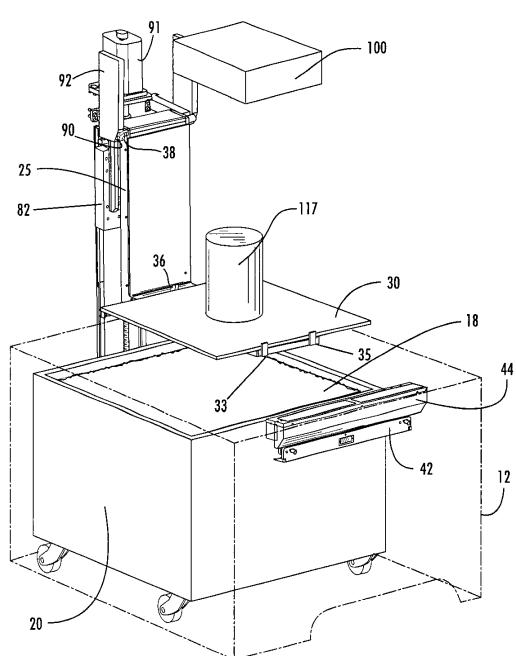
【図22】



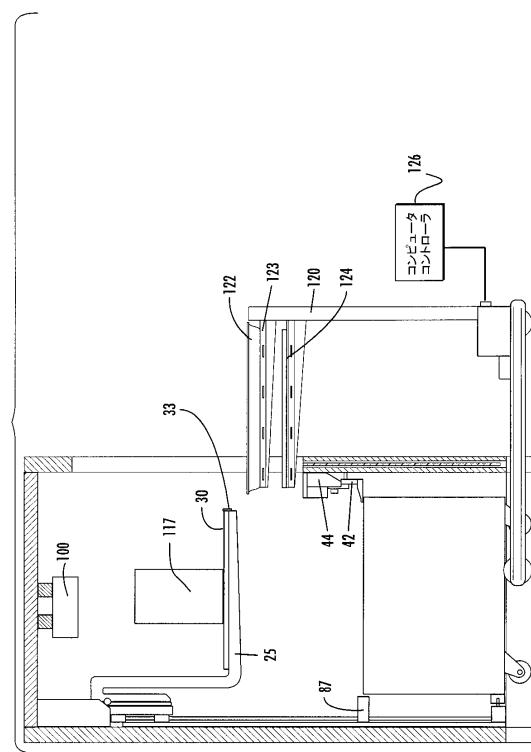
【図21】



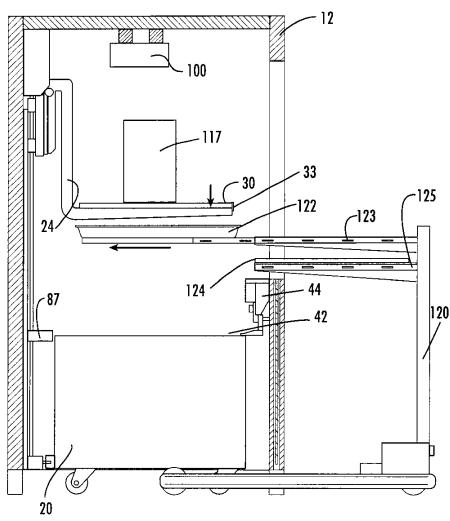
【図23】



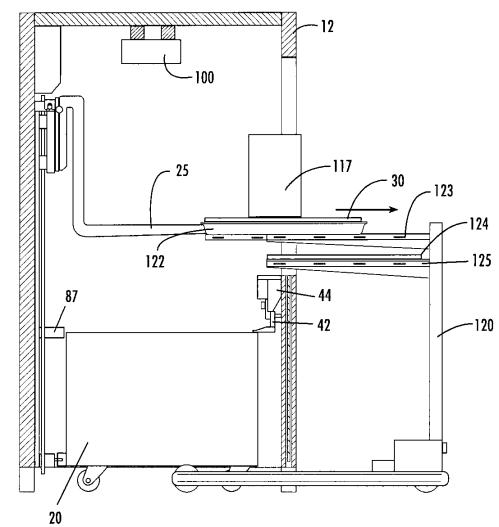
【図24】



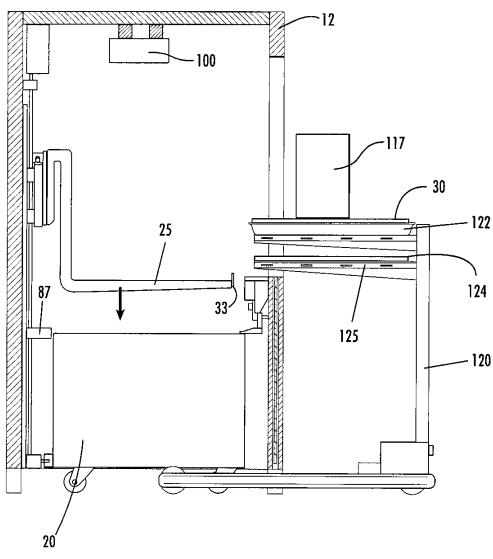
【図25】



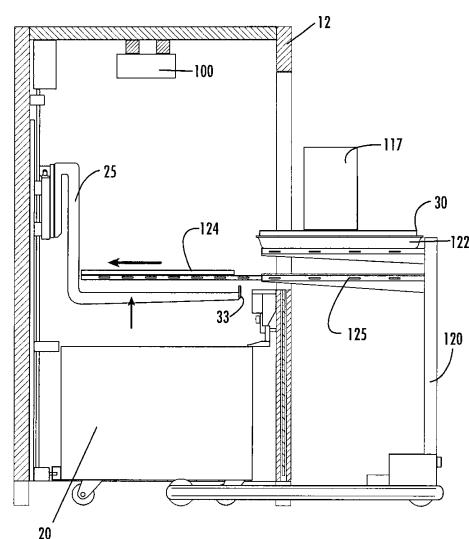
【図26】



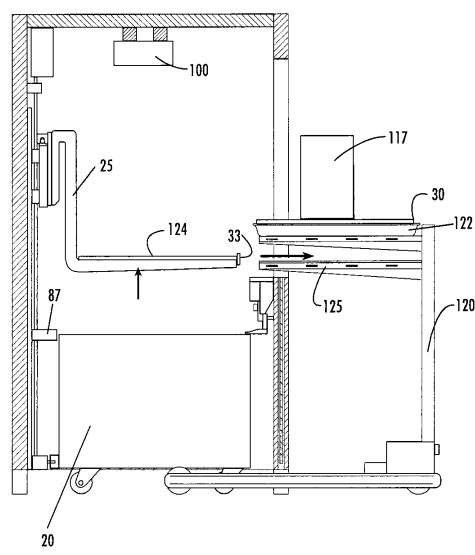
【図27】



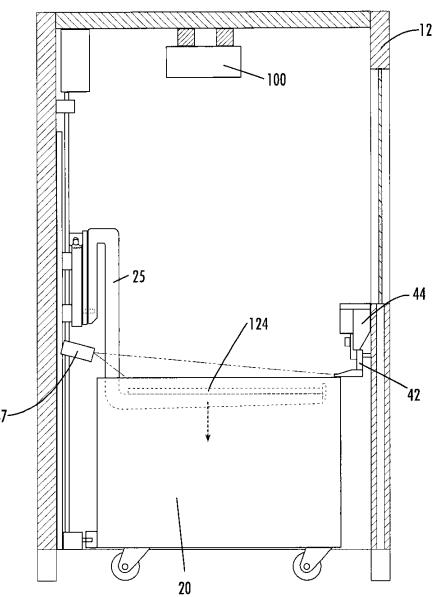
【図28】



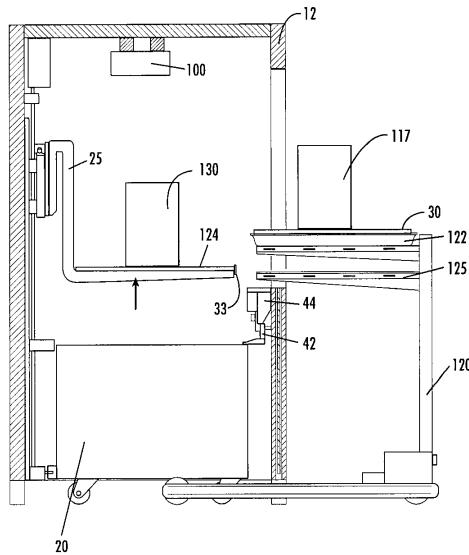
【図29】



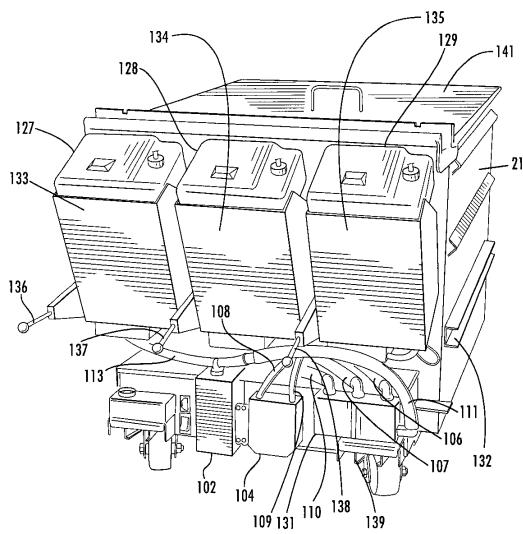
【図30】



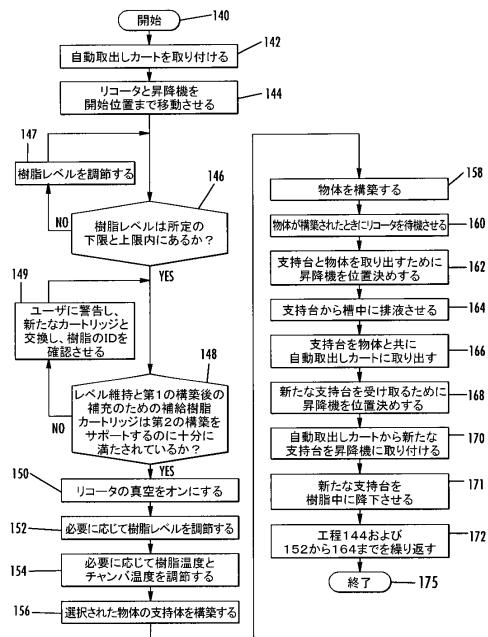
【図31】



【図32】



【図3-3】



フロントページの続き

審査官 増田 亮子

(56)参考文献 特開2001-287272(JP,A)
特開2003-334863(JP,A)
特開2007-196515(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B29C 67/00