

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5071114号
(P5071114)

(45) 発行日 平成24年11月14日(2012.11.14)

(24) 登録日 平成24年8月31日(2012.8.31)

(51) Int.Cl.
B29C 67/00 (2006.01)

F I
B29C 67/00

請求項の数 3 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2008-1853 (P2008-1853)	(73) 特許権者	000002185 ソニー株式会社
(22) 出願日	平成20年1月9日(2008.1.9)		東京都港区港南1丁目7番1号
(65) 公開番号	特開2009-160861 (P2009-160861A)	(74) 代理人	100082131 弁理士 稲本 義雄
(43) 公開日	平成21年7月23日(2009.7.23)	(74) 代理人	100121131 弁理士 西川 孝
審査請求日	平成23年1月4日(2011.1.4)	(72) 発明者	葛迫 淳一 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内
		(72) 発明者	木原 信宏 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光造形装置および光造形方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

立体モデルの断面形状データに応じた光を光硬化性樹脂の表面に照射して硬化層を形成し、前記硬化層を積層することにより前記立体モデルを造形する光造形装置において、

前記立体モデルの断面形状データが内接する矩形の領域である最大矩形領域を設定する設定手段と、

前記設定手段により設定された最大矩形領域の1頂点を原点として、光造形の作業が行われるワーク全体領域を複数の矩形の領域に分割したワーク小領域に応じて、前記立体モデルの断面形状データを分割し、前記ワーク小領域に対応する断面形状データであるワーク小領域データを生成するデータ生成手段と、

前記データ生成手段により生成されたワーク小領域データに基づいて前記光硬化性樹脂を露光する露光手段と

を備える光造形装置。

【請求項2】

前記データ生成手段は、前記最大矩形領域を分割する複数の前記ワーク小領域からなる領域の形状が前記最大矩形領域の形状に一致し、それぞれの前記ワーク小領域で均等になるように、前記最大矩形領域内のワーク小領域の大きさを決定する

請求項1に記載の光造形装置。

【請求項3】

立体モデルの断面形状データに応じた光を光硬化性樹脂の表面に照射して硬化層を形成

し、前記硬化層を積層することにより前記立体モデルを造形する光造形方法において、前記立体モデルの断面形状データが内接する矩形の領域である最大矩形領域を設定し、前記最大矩形領域の1頂点を原点として、光造形の作業が行われるワーク全体領域を複数の矩形の領域に分割したワーク小領域に応じて、前記立体モデルの断面形状データを分割し、前記ワーク小領域に対応する断面形状データであるワーク小領域データを生成し、前記ワーク小領域データに基づいて前記光硬化性樹脂を露光するステップを含む光造形方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光造形装置および光造形方法に関し、特に、高精度な造形物を最適な造形時間で造形することができるようにした光造形装置および光造形方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、CAD (Computer Aided Design) で作成された3次元形状データを用いて、立体モデル(造形物)を作成するときには、例えば、数値制御される機械加工機などが用いられ、機械加工により立体モデルが作成される。

【0003】

また、近年、機械加工をすることなく立体モデルを作成するラピッドプロトタイピング(RP: Rapid Prototyping)と呼ばれる手法が、多くの製造現場で注目を集めている。ラピッドプロトタイピングでは、立体モデルの3次元形状データに基づいて、立体モデルをスライスした断面形状の薄板を作成し、その断面形状の薄板を積層することで立体モデルが作成される積層造形法と呼ばれる製造手法が用いられる。

【0004】

また、ラピッドプロトタイピングは、この断面形状の薄板を作成する方法によって、紫外線硬化樹脂を用いた光造形、熱可塑性樹脂を押し出し積層する方法(FDM)、粉末の熔融接着積層方式(SLS)、紙を薄膜積層する方式(LOM)、粉末や硬化触媒を吐出させ積層する方式(Ink-Jet方式)などに分類される。

【0005】

例えば、光造形においては、CADで作成された立体モデルの3次元形状データが、立体モデルの表面が小さな三角形の面で表現されるフォーマットであるSTL (Stereo Lithography) に変換されて、光造形装置に入力される。

【0006】

光造形装置は、3次元形状データから、例えば、0.1~0.2mm程度の一定間隔で、立体モデルをスライスした断面形状データを作成し、断面形状データに応じて、液状の光硬化樹脂の表面に照射する光の照射領域を決定する。光造形装置は、断面形状データの1層ごとに、液状の光硬化樹脂の表面に、その断面形状データに応じた照射領域の光を照射するとともに、液状の光硬化樹脂中の移動架台を、立体モデルをスライスした厚みに応じて垂直方向下方に移動させる。そして、光造形装置は、断面形状データの最下層から最上層まで、光の照射と移動架台の移動とを繰り返すことにより、立体モデルを生成する。

【0007】

光造形装置において、光硬化樹脂の表面に光を照射する方式としては、光ビームを走査させるビームスキャン方式、液晶パネルなどの空間光変調器(SLM: Spatial Light Modulator)を用いて一括して光を照射するSLM投影方式、および、ビームスキャン方式とSLM投影方式とを組み合わせた方式がある。

【0008】

ビームスキャン方式とSLM投影方式とを組み合わせた方式では、空間光変調器を用いて、光硬化樹脂の表面の露光領域に光を一括して照射した後に、光ビームを断面形状データの輪郭線に沿って走査させることにより、短時間で、輪郭がきれいに形成される立体モデルを造形することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 9 】

ここで、特許文献 1 には、立体モデルの大きさに合わせて、光ビームをスキャンするためのミラーと光硬化樹脂の表面との間隔を調整することができる光造形装置が開示されている。

【 0 0 1 0 】

【特許文献 1】特開平 5 - 7 7 3 2 3 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 1 】

上述したように光造形装置は構成されているが、従来よりも高精度な造形物を最適な造形時間で造形することが求められていた。

10

【 0 0 1 2 】

本発明は、このような状況に鑑みてなされたものであり高精度な造形物を最適な造形時間で造形することができるようにするものである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 3 】

本発明の一側面の光造形装置は、立体モデルの断面形状データに応じた光を光硬化性樹脂の表面に照射して硬化層を形成し、前記硬化層を積層することにより前記立体モデルを造形する光造形装置であって、前記立体モデルの断面形状データが内接する矩形の領域である最大矩形領域を設定する設定手段と、前記設定手段により設定された最大矩形領域の 1 頂点を原点として、光造形の作業が行われるワーク全体領域を複数の矩形の領域に分割したワーク小領域に応じて、前記立体モデルの断面形状データを分割し、前記ワーク小領域に対応する断面形状データであるワーク小領域データを生成するデータ生成手段と、前記データ生成手段により生成されたワーク小領域データに基づいて前記光硬化性樹脂を露光する露光手段とを備える。

20

【 0 0 1 4 】

本発明の一側面の光造形方法は、立体モデルの断面形状データに応じた光を光硬化性樹脂の表面に照射して硬化層を形成し、前記硬化層を積層することにより立体モデルを造形する光造形方法であって、立体モデルの断面形状データが内接する矩形の領域である最大矩形領域を設定し、最大矩形領域の 1 頂点を原点として、光造形の作業が行われるワーク全体領域を複数の矩形の領域に分割したワーク小領域に応じて、立体モデルの断面形状データを分割し、ワーク小領域に対応する断面形状データであるワーク小領域データを生成し、ワーク小領域データに基づいて光硬化性樹脂を露光するステップを含む。

30

【 0 0 1 5 】

本発明の一側面においては、立体モデルの断面形状データが内接する矩形の領域である最大矩形領域が設定される。また、最大矩形領域の 1 頂点を原点として、光造形の作業が行われるワーク全体領域を複数の矩形の領域に分割したワーク小領域に応じて、立体モデルの断面形状データが分割し、ワーク小領域に対応する断面形状データであるワーク小領域データが生成される。そして、ワーク小領域データに基づいて光硬化性樹脂が露光される。

40

【発明の効果】

【 0 0 1 6 】

本発明の一側面によれば、高精度な造形物を最適な造形時間で造形することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 7 】

以下、本発明を適用した具体的な実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【 0 0 1 8 】

まず、図 1 を参照して、本発明を適用した光造形装置における光造形の方式であるタイリング方式について説明する。

50

【 0 0 1 9 】

一般に、光造形において、光ビームを走査する範囲、または、空間光変調器を用いて光を照射する範囲を小さくすることで、立体モデルの輪郭を高精度に形成することができ、これにより、立体モデルの寸法精度を向上させることができる。そこで、例えば、光造形の作業が行われる全領域であるワーク全体領域を、複数のワーク小領域に分割し、ワーク小領域ごとに一括露光とビームスキャンを行うタイリング方式が提案されている。

【 0 0 2 0 】

図 1 A には、ワーク全体領域が示されており、図 1 B には、ワーク全体領域の一部であるワーク小領域が示されている。

【 0 0 2 1 】

図 1 において、ワーク全体領域の縦×横は10cm×10cmであり、ワーク小領域の縦×横は1cm×1cmである。即ち、ワーク全体領域は、縦×横が10個×10個のワーク小領域により分割されている。

【 0 0 2 2 】

図 1 A に示すように、ワーク全体領域の中央付近のハッチングが施されている領域が、立体モデルの断面形状データに応じた露光領域であり、このワーク全体領域の下から 2 行目であって、左から 3 列目にあるワーク小領域が拡大されて、図 1 B に示されている。

【 0 0 2 3 】

ここで、一括露光においては、縦×横が1000画素×1000画素である空間光変調器が用いられているとすると、図 1 B に示すように、ワーク小領域は、空間光変調器の画素に応じて、縦×横が1000個×1000個の単位領域（即ち、空間光変調器の 1 画素に対応する領域）に分割される。ワーク小領域の縦×横が1cm×1cmであるので、単位領域の縦×横は10 μ m×10 μ mとなる。

【 0 0 2 4 】

また、図 1 B では、断面形状データの輪郭線が、2点鎖線で表されており、一括露光により露光される単位領域に、斜線のハッチングが施されている。即ち、一括露光では、輪郭線より内側にある単位領域が露光されており、断面形状データの輪郭線が重なっている単位領域、および断面形状データの輪郭線より外側にある単位領域は、露光されない。

【 0 0 2 5 】

そして、一括露光が行われた後、断面形状データの輪郭線の内側に沿ってビームスキャンが行われ、輪郭線の内側の領域であって、一括露光により露光されていない領域が露光される。

【 0 0 2 6 】

ここで、断面形状データを含むワーク小領域からなる矩形の領域内（図 1 において、破線で示されている領域）において、断面形状データに基づく露光が行われるが、ワーク小領域に対する断面形状データの配置が適切でないと、処理の効率が悪くなる。また、ドットのハッチングが施されている領域のワーク小領域では、断面形状データの領域が、その中央に偏った（歪んだ）（中途半端な）形状となるため、造形される硬化層の精度が低下することがあった。

【 0 0 2 7 】

そこで、本発明を適用した光造形装置では、高精度な造形物を効率よく処理を行うことができるようにする。

【 0 0 2 8 】

図 2 は、本発明を適用した光造形装置の一実施の形態の構成例を示すブロック図である。

【 0 0 2 9 】

図 2 において、光造形装置 1 1 は、一括露光光学系 1 2、ビームスキャン光学系 1 3、偏光ビームスプリッタ 1 4、対物レンズ 1 5、ワーク部 1 6、および制御部 1 7 から構成され、光硬化性樹脂である紫外線硬化樹脂 5 1 に光（紫外線）を照射して光造形を行う。なお、図 2 では、制御部 1 7 が光造形装置 1 1 を構成する各ブロックを制御することを表

10

20

30

40

50

す線のうちの一部の図示は、図が煩雑になるため、省略してある。

【 0 0 3 0 】

一括露光光学系 1 2 は、ワーク部 1 6 にある紫外線硬化樹脂 5 1 の表面を一括して露光する一括露光を行うための光学系であり、光源 2 1、シャッタ 2 2、偏光板 2 3、ビームインテグレータ 2 4、ミラー 2 5、空間光変調器 2 6、および集光レンズ 2 7 から構成される。

【 0 0 3 1 】

光源 2 1 としては、例えば、高出力な青色 LED をアレイ状に配置したものをを用いることができ、光源 2 1 は、一括露光を行うための光を放射する。なお、光源 2 1 としては、コヒーレントなレーザー光源を用いる必要はない。

10

【 0 0 3 2 】

シャッタ 2 2 は、制御部 1 7 の制御に従って、光源 2 1 から放射される光の通過または遮蔽を制御し、一括露光光学系 1 2 による露光のオン/オフを制御する。

【 0 0 3 3 】

偏光板 2 3 は、シャッタ 2 2 を通過した光を所定の偏光光とする。即ち、偏光板 2 3 は、透過型の液晶パネルからなる空間光変調器 2 6 が、光源 2 1 からの光を空間変調することができるように、その光を偏光する。

【 0 0 3 4 】

ビームインテグレータ 2 4 は、偏光板 2 3 により偏光された光を均一化する。ビームインテグレータ 2 4 としては、複数のレンズエレメントを配列してなるフライアイタイプや、四角柱等の柱状のロッドレンズの内部を全反射させる構成としてなるライトロッドタイプ等の一般的なものが用いられる。

20

【 0 0 3 5 】

ミラー 2 5 は、ビームインテグレータ 2 4 により均一化された光を空間光変調器 2 6 に向かって反射する。

【 0 0 3 6 】

空間光変調器 2 6 は、例えば、透過型の液晶パネルからなり、ミラー 2 5 により反射された光が、紫外線硬化樹脂 5 1 上の断面形状データに応じた照射領域を露光するように、制御部 1 7 の制御に従い、その光の一部を空間変調する。

【 0 0 3 7 】

即ち、空間光変調器 2 6 には、断面形状データに応じて、液晶パネルの各画素を駆動させる駆動信号が制御部 1 7 から供給され、空間光変調器 2 6 は、その駆動信号に基づいて、照射領域に対応する画素の液晶の分子の配列を変えて透過する偏光方向を変化させる。これにより、空間光変調器 2 6 は、液晶パネルを通過する光を空間変調し、液晶パネルの 1 画素に対応する領域を、露光を行う単位領域として、断面形状データに応じた形状の光を紫外線硬化樹脂 5 1 に投影する。

30

【 0 0 3 8 】

集光レンズ 2 7 は、空間光変調器 2 6 により空間変調された光が対物レンズ 1 5 を通過する際のディストーションを補正するためのレンズ群により構成され、空間光変調器 2 6 により空間光変調された光を、偏光ビームスプリッタ 1 4 の反射透過面上の対物レンズ 1 5 の前焦点に集光する。例えば、集光レンズ 2 7 と対物レンズ 1 5 とが対称光学系となるように、それぞれのレンズ群を構成することで、ディストーションを少なくすることができる。

40

【 0 0 3 9 】

ビームスキャン光学系 1 3 は、ワーク部 1 6 の紫外線硬化樹脂 5 1 の表面にレーザー光を走査させてビームスキャン露光を行うための光学系であり、光源 3 1、コリメータレンズ 3 2、アナモルフィックレンズ 3 3、ビームエキスパンダ 3 4、ビームスプリッタ 3 5、シャッタ 3 6、ガルバノミラー 3 7 および 3 8、リレーレンズ 3 9 および 4 0、並びに、反射光モニタ部 4 1 から構成される。

【 0 0 4 0 】

50

光源 3 1 は、例えば、青から紫外域程度の比較的波長の短いレーザ光を放射する半導体レーザであり、ビームスキャン光学系 1 3 によりビームスキャンを行うための光ビームを放射する。なお、光源 3 1 としては、半導体レーザ以外に、ガスレーザなどを用いてもよい。

【 0 0 4 1 】

コリメータレンズ 3 2 は、光源 3 1 から放射される光ビームの発散角を変換して略平行光とする。アナモルフィックレンズ 3 3 は、コリメータレンズ 3 2 により略平行光とされた楕円形状の光ビームを整形して略円形状にする。

【 0 0 4 2 】

ビームエキスパンダ 3 4 は、アナモルフィックレンズ 3 3 により略円形状にされた光ビームのビーム径（ビームの直径）を、対物レンズ 1 5 の開口、NA（開口数）等に適した所望のビーム径に変換してビーム径のサイズ調整を行う。

【 0 0 4 3 】

ビームスプリッタ 3 5 は、光源 3 1 から照射される光ビームを透過させて、ワーク部 1 6 にある紫外線硬化樹脂 5 1 に向かわせるとともに、紫外線硬化樹脂 5 1 で反射され、各光学系を通過してくる戻り光を、反射光モニタ部 4 1 に向かって反射する。

【 0 0 4 4 】

シャッタ 3 6 は、制御部 1 7 の制御に従って、ビームスプリッタ 3 5 を透過した光ビームの通過または遮蔽を制御し、ビームスキャン光学系 1 3 によるビームスキャン露光のオン/オフを制御する。なお、光源 3 1 が半導体レーザであるときには、半導体レーザにおいて光ビームの放射を直接変調することにより、ビームスキャン露光のオン/オフを制御することができるので、シャッタ 3 6 を設けずにビームスキャン光学系 1 3 を構成するようにしてもよい。

【 0 0 4 5 】

ガルバノミラー 3 7 および 3 8 は、所定の方向に回転可能とされた反射手段と、電気信号に応じて反射手段の回転方向の角度を調整する調整手段とを有し、調整手段が反射手段の角度を調整することで、反射手段により反射される光ビームを、所定の方向に走査させる。

【 0 0 4 6 】

即ち、ガルバノミラー 3 7 は、シャッタ 3 6 を透過した光ビームを、ガルバノミラー 3 8 に向かって反射させるとともに、紫外線硬化樹脂 5 1 の表面である液面に平行な面内の所定の方向である X 方向に走査させる。ガルバノミラー 3 8 は、ガルバノミラー 3 7 により反射された光ビームを、偏光ビームスプリッタ 1 4 に向かって反射させるとともに、紫外線硬化樹脂 5 1 の表面である液面に平行な面内の、X 方向に直交する方向である Y 方向に走査させる。

【 0 0 4 7 】

リレーレンズ 3 9 および 4 0 は、一又は複数のレンズを有するレンズ群からなり、ガルバノミラー 3 7 および 3 8 により光ビームがスキャンされるスキャン角度にわたり、平行入射光ビームを平行に出射する。即ち、リレーレンズ 3 9 は、ガルバノミラー 3 7 で反射された光ビームを、ガルバノミラー 3 8 上に結像し、リレーレンズ 4 0 は、ガルバノミラー 3 8 で反射された光ビームを、偏光ビームスプリッタ 1 4 の反射透過面上に結像する。

【 0 0 4 8 】

このように、ガルバノミラー 3 7 とガルバノミラー 3 8 との間にリレーレンズ 3 9 を設け、ガルバノミラー 3 8 と偏光ビームスプリッタ 1 4 との間にリレーレンズ 4 0 を設けることで、近接する位置に配置されていないガルバノミラー 3 7 とガルバノミラー 3 8 とにより光ビームをスキャンさせても、偏光ビームスプリッタ 1 4 の反射透過面上に光ビームを結像させ、一括露光光学系 1 2 からの光と合成させることができる。

【 0 0 4 9 】

反射光モニタ部 4 1 は、紫外線硬化樹脂 5 1 の表面で反射された戻り光を、例えば、非点収差法や三角測量法を用いて検出する。反射光モニタ部 4 1 により検出される戻り光は

10

20

30

40

50

、ビームスキャン光学系 13 から紫外線硬化樹脂 51 に照射される光ビームのフォーカス調整などに利用される。例えば、反射光モニタ部 41 により検出された戻り光に基づいて、ビームエキスパンダ 34 が有する複数のレンズを駆動させてビーム径のサイズを調整したり、ビームエキスパンダ 34 を透過した光ビームの平行度を調整するレンズを設けて、そのレンズによりビーム径のサイズを調整したりすることができる。また、反射光モニタ部 41 により検出された戻り光に基づいて、空間光変調器 26 や対物レンズ 15 を光軸方向に移動させることで、一括露光において紫外線硬化樹脂 51 に結像される光のフォーカスを調整することができる。

【0050】

偏光ビームスプリッタ 14 は、一括露光光学系 12 からの光と、ビームスキャン光学系 13 からの光ビームとを合成し、それらの光を紫外線硬化樹脂 51 に導く。なお、偏光ビームスプリッタ 14 は、その反射透過面が、対物レンズ 15 の前側焦点位置に一致するように配置されている。

10

【0051】

対物レンズ 15 は、一又は複数のレンズを有するレンズ群からなり、一括露光光学系 12 からの光を紫外線硬化樹脂 51 の表面に結像させるとともに、ビームスキャン光学系 13 からの光ビームを集光する。

【0052】

また、対物レンズ 15 は、ビームスキャン光学系 13 のガルバノミラー 37 および 38 により偏向された光ビームが、紫外線硬化樹脂 51 の表面において等速度で走査されるように、即ち、紫外線硬化樹脂 51 の表面において均一な走査線速度で走査されるように構成されている。

20

【0053】

例えば、対物レンズ 15 としては、入射角 θ に比例した像高 Y をもち、焦点距離 f と入射角 θ との積が像高 Y となるような関係 ($Y = f \times \theta$) を有する所謂 f レンズが用いられる。換言すると、 f レンズは、走査される光ビームの走査速度が、レンズへの入射位置によらず、常に一定となるように設計されたレンズである。このような対物レンズ 15 を用いることで、走査線速度がばらつくことによる設計形状と実際の硬化層の形状との違いが発生することを防止することができ、高精細な造形が実現される。

【0054】

ワーク部 16 は、収容容器 52、ステージ 53、駆動部 54 から構成される。

30

【0055】

収容容器 52 は、液状の紫外線硬化樹脂 51 を収容する。

【0056】

ステージ 53 は、収容容器 52 の紫外線硬化樹脂 51 に浸漬され、紫外線硬化樹脂 51 の表面である液面に対して直交する垂直方向 (図 2 の矢印 Z の方向)、および、液面に沿う方向 (即ち、矢印 Z の方向に対して垂直な X - Y 方向) に移動可能とされる。

【0057】

駆動部 54 は、制御部 17 の制御に従い、収容容器 52 およびステージ 53 を駆動する。例えば、駆動部 54 は、露光が行われるワーク小領域 (図 1) ごとに、X - Y 方向にステージ 53 を移動させ、立体モデルの硬化層が 1 層形成されるごとに 1 ステップずつステージ 53 を Z 方向下方に硬化層の厚さ (図 2 および 4 の厚さ d) に従って移動させる。また、駆動部 54 は、紫外線硬化樹脂 51 の表面が、対物レンズ 15 の後側焦点位置に一致するように、収容容器 52 を垂直方向に駆動する。

40

【0058】

制御部 17 は、光源 21 を制御して、光源 21 からの光の放射をオン/オフさせたり、シャッタ 22 を制御して、紫外線硬化樹脂 51 の露光をオン/オフさせたり、駆動部 54 を制御して、収容容器 52 およびステージ 53 を駆動させる。また、制御部 17 は、立体モデルの断面形状データに基づいて、照射領域に対応する空間光変調器 26 の画素が光を透過するように、空間光変調器 26 の各画素を駆動する駆動信号を空間光変調器 26 に供

50

給する。

【0059】

ここで、制御部17は、ワーク全体領域に対する断面形状データの位置を調整して、処理を効率よく行うことができるようにする。

【0060】

図3を参照して、断面形状データの位置が調整されたワーク全体領域の例について説明する。

【0061】

図3には、図1と同様のワーク全体領域が示されている。また、図3では、断面形状データが内接する矩形の領域（以下、適宜、マックスボックスと称する）が、破線で示されている。

10

【0062】

図3に示すように、制御部17は、マックスボックスの左下の頂点Pが、ワーク小領域の交点に一致するように、即ち、マックスボックスの左辺と下辺を、ワーク小領域の境界線に一致させるように断面形状データを移動させる。このように断面形状データを移動させることにより、効率よく処理を行うことができる。

【0063】

即ち、例えば、断面形状データを分割するワーク小領域の数を少なくすること、具体的には、図1の例では、断面形状データを分割するワーク小領域の数は56（7×8）であったが、図3の例では、断面形状データを分割するワーク小領域の数を42（6×7）にすること（約25%の削減）ができる。従って、露光処理を行う対象となるワーク小領域の数が減るので、露光処理に必要な時間を短縮すること、即ち、立体モデルの造形時間を短縮（最適化）することができる。

20

【0064】

また、図3のマックスボックスにおいて、右側のワーク小領域では、断面形状データの領域が左側に偏っている。そこで、このような偏りを解消する例が考えられる。なお、マックスボックスの右側の頂点を、ワーク小領域の交点に一致させた場合には、左側のワーク小領域で、断面形状データの領域が右側に偏ることになる。

【0065】

次に、図4を参照して、断面形状データの位置が調整されたワーク全体領域の他の例について説明する。

30

【0066】

図4のワーク全体領域では、マックスボックス内のワーク小領域のX方向の寸法が調整されている。

【0067】

即ち、マックスボックス内のワーク小領域のX方向の寸法 Lx' は、次の式(1)で表される。

【0068】

$$Lx' = Lx + (Mx - Lx \times Nx) / Nx \quad \dots (1)$$

【0069】

但し、式(1)において、 Lx は、ワーク小領域の初期値として設定されている寸法であって、図1に示したように、例えば、1cmである。また、 Mx は、マックスボックスのX方向の寸法であり、 Nx は、マックスボックス内のX方向に配置されるワーク小領域の数である。

40

【0070】

このようにマックスボックス内のワーク小領域のX方向の寸法 Lx' を決定することで、マックスボックス内のワーク小領域のそれぞれについてのX方向の寸法 Lx' が均等に決定される。また、マックスボックス内のワーク小領域からなる領域（図4では6×6のワーク小領域からなる領域）の形状が、マックスボックスの形状と一致、即ち、マックスボックスの四辺が、ワーク小領域どうしの境界線と一致する。従って、マックスボックス

50

内のワーク小領域における断面形状データの偏り（歪み）も低減させることができる。これにより、ワーク小領域において断面形状データが偏ることにより生じる精度の低下を抑制し、高精度で立体モデルを造形することができる。

【0071】

また、このようにマックスボックス内のワーク小領域のX方向の寸法L×'を決定することで、断面形状データを分割するワーク小領域の数を少なくすること、図4の例では、断面形状データを分割するワーク小領域の数を36（6×6）にすること（図1の例より約36%の削減）ができる。これにより、造形時間をさらに短縮することができる。

【0072】

なお、図3および4において、断面形状データ内に示されている座標は、断面形状データの移動や回転などの処理を行う際に基準となる座標である。また、マックスボックス内のワーク小領域のX方向の寸法L×'を大きくした結果、ワーク小領域が空間光変調器26により一括露光が可能な領域より広くなったときには、その領域は、ビームスキャン光学系13により露光される。

【0073】

次に、図5は、光造形装置11による光造形を行う処理を説明するフローチャートである。

【0074】

例えば、光造形装置11に、CADで作成された立体モデルの3次元形状データが入力され、光造形を開始する操作が行われると、ステップS11において、制御部17は、CADで作成された立体モデルの3次元形状データをSTLに変換するプログラムを実行し、立体モデルの3次元形状データをSTLに変換する。

【0075】

ステップS11の処理後、処理はステップS12に進み、制御部17は、STLに変換された3次元形状データから立体モデルの断面形状データを作成し、処理はステップS13に進む。また、立体モデルの断面形状データを作成する際に、例えば、立体モデルの姿勢および向きが決定され、造形中における立体モデルの転倒を防止するための部材を造形するためのデータなどが作成される。

【0076】

ステップS13において、制御部17は、ステップS12の処理で作成された断面形状データのマックスボックスを設定し、図3または図4を参照して説明したように、マックスボックスの1頂点が、ワーク小領域の交点と一致するように、断面形状データの位置を調整する。そして、制御部17は、ワーク小領域の交点と一致するマックスボックスの頂点Pを原点として、ワーク小領域データを作成する。

【0077】

ステップS13の処理後、処理はステップS14に進み、制御部17は、ステップS13で生成したワーク小領域データに従って、一括露光光学系12の各ブロックを制御し、ワーク小領域を一括露光し、処理はステップS15に進む。

【0078】

ステップS15において、制御部17は、ステップS13で生成したワーク小領域データに従って、ビームスキャン光学系13の各ブロックを制御し、ワーク小領域をビームスキャン露光する。

【0079】

ステップS15の処理後、処理はステップS16に進み、制御部17は、制御部17は、ステップS12で作成された全ての断面形状データに基づいた露光が行われたか否かを判定する。

【0080】

ステップS16において、制御部17が、全ての断面形状データに基づいた露光が行われていないと判定した場合、処理はステップS13に戻り、以下、同様の処理が繰り返される。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 1 】

一方、ステップ S 1 6 において、制御部 1 7 が、全ての断面形状データに基づいた露光が行われたと判定した場合、立体モデルが完成しており、処理は終了する。

【 0 0 8 2 】

以上のように、光造形装置 1 1 では、マックスボックスの 1 頂点が、ワーク小領域の交点と一致するように、断面形状データの位置を調整して、ワーク小領域データを作成するので、図 3 または図 4 を参照して説明したように、造形時間を短縮することができるとともに、立体モデルの精度を向上させることができる。

【 0 0 8 3 】

このような光造形装置 1 1 を用いて、マイクロチップや、コネクタ、マイクロカプセルなど、または、各種の微細な部品の試作品を造形することができる。そして、例えば、光造形装置 1 1 を用いて造形された造形物は、高強度で造形されているので、ニッケルなどでメッキし、その型を転写するとき、積層方向にクラックが生じるようなことがない。

【 0 0 8 4 】

なお、本実施の形態においては、対物レンズ 1 5 として f レンズが用いられているが、対物レンズ 1 5 としては、通常の集光機能を有するレンズを用いることができる。この場合、ガルバノミラー 3 7 および 3 8 の回転速度を制御することにより、光ビームを均一な走査線速度で走査させるようにビームスキャン光学系 1 3 が構成される。また、光ビームをスキャンさせる手段としては、ガルバノミラー 3 7 および 3 8 以外に、ポリゴンミラー等を用いてもよい。

【 0 0 8 5 】

さらに、空間光変調器 2 6 としては、透過型の液晶パネルの他、入力信号に応じて傾き角度が変化する微小な反射ミラーを複数配列してなるデジタルマイクロミラーデバイス (DMD : Digital Micromirror Device) や、反射型液晶素子 (LCOS : Liquid Crystal On Silicon) 等を用いてもよい。デジタルマイクロミラーデバイスを用いる場合、各マイクロミラーが 1 単位領域に対応し、偏光版 2 3 を設けず一括露光光学系 1 2 を構成することができる。

【 0 0 8 6 】

また、本発明は、空間光変調器 2 6 により空間変調された光を、紫外線硬化樹脂 5 1 の上方から照射する手法である自由液面法により光造形を行う光造形装置 1 1 の他、例えば、空間光変調器 2 6 により空間変調された光を、紫外線硬化樹脂 5 1 と収容容器 5 2 との界面に照射する手法である規制液面法により光造形を行う光造形装置に適用することができる。

【 0 0 8 7 】

例えば、収容容器 5 2 の底面をガラスなどの光を透過する材料で構成し、そのガラスと紫外線硬化樹脂 5 1 と界面に、空間光変調器 2 6 により空間変調された光が、紫外線硬化樹脂 5 1 の下方から照射される。即ち、立体モデルの断面形状データに応じた光が照射される紫外線硬化樹脂 5 1 の表面は、ガラスと紫外線硬化樹脂 5 1 と界面を含むものである。

【 0 0 8 8 】

規制液面法では、収容容器 5 2 とステージ 5 3 との距離が 1 層分の硬化層の厚みとなるようにステージ 5 3 を配置し、収容容器 5 2 の底面のガラスを介して紫外線硬化樹脂 5 1 に照射される光により、立体モデルの硬化層が 1 層形成されるのに応じて、1 ステップずつ 1 層分の硬化層の厚みとなるように垂直方向上方にステージ 5 3 を駆動させる処理を繰り返すことにより、立体モデルが形成される。

【 0 0 8 9 】

このように、光が照射される紫外線硬化樹脂 5 1 の表面 (界面) を、ガラスにより規制することにより、硬化層の 1 層分の厚みが正確に造形されるので、積層精度を向上させることができ、これにより、立体モデルを高精度に形成することができる。

【 0 0 9 0 】

また、上述した制御部 17 が行う一連の処理は、ハードウェアにより実行することもできるし、ソフトウェアにより実行することもできる。一連の処理をソフトウェアにより実行する場合には、そのソフトウェアを構成するプログラムが、専用のハードウェアに組み込まれているコンピュータ、または、各種のプログラムをインストールすることで、各種の機能を実行することが可能な、例えば汎用のパーソナルコンピュータなどに、プログラム記録媒体からインストールされる。

【0091】

図7は、上述した一連の処理をプログラムにより実行するコンピュータのハードウェアの構成例を示すブロック図である。

【0092】

コンピュータにおいて、CPU (Central Processing Unit) 101, ROM (Read Only Memory) 102, RAM (Random Access Memory) 103 は、バス104により相互に接続されている。

【0093】

バス104には、さらに、入出力インタフェース105が接続されている。入出力インタフェース105には、キーボード、マウス、マイクロホンなどよりなる入力部106、ディスプレイ、スピーカなどよりなる出力部107、ハードディスクや不揮発性のメモリなどよりなる記憶部108、ネットワークインタフェースなどよりなる通信部109、磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、或いは半導体メモリなどのリムーバブルメディア111を駆動するドライブ110が接続されている。

【0094】

以上のように構成されるコンピュータでは、CPU101が、例えば、記憶部108に記憶されているプログラムを、入出力インタフェース105及びバス104を介して、RAM103にロードして実行することにより、上述した一連の処理が行われる。

【0095】

コンピュータ (CPU101) が実行するプログラムは、例えば、磁気ディスク (フレキシブルディスクを含む)、光ディスク (CD-ROM (Compact Disc-Read Only Memory), DVD (Digital Versatile Disc) 等)、光磁気ディスク、もしくは半導体メモリなどよりなるパッケージメディアであるリムーバブルメディア111に記録して、あるいは、ローカルエリアネットワーク、インターネット、デジタル衛星放送といった、有線または無線の伝送媒体を介して提供される。

【0096】

そして、プログラムは、リムーバブルメディア111をドライブ110に装着することにより、入出力インタフェース105を介して、記憶部108にインストールすることができる。また、プログラムは、有線または無線の伝送媒体を介して、通信部109で受信し、記憶部108にインストールすることができる。その他、プログラムは、ROM102や記憶部108に、あらかじめインストールしておくことができる。

【0097】

なお、コンピュータが実行するプログラムは、本明細書で説明する順序に沿って時系列に処理が行われるプログラムであっても良いし、並列に、あるいは呼び出しが行われたとき等の必要なタイミングで処理が行われるプログラムであっても良い。また、プログラムは、1つのCPUにより処理されるものであっても良いし、複数のCPUによって分散処理されるものであっても良い。

【0098】

なお、本発明の実施の形態は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0099】

【図1】タイリング方式について説明する図である。

【図2】本発明を適用した光造形装置の一実施の形態の構成例を示すブロック図である。

10

20

30

40

50

【図3】断面形状データの位置が調整されたワーク全体領域の例について説明する図である。

【図4】断面形状データの位置が調整されたワーク全体領域の他の例について説明する図である。

【図5】光造形装置11による光造形を行う処理を説明するフローチャートである。

【図6】コンピュータの構成例を示すブロック図である。

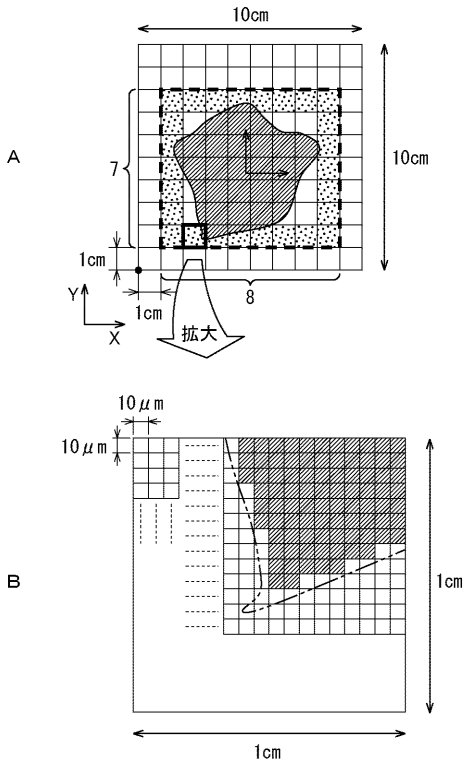
【符号の説明】

【0100】

11 光造形装置, 12 一括露光光学系, 13 ビームスキャン光学系, 14 偏光ビームスプリッタ, 15 対物レンズ, 16 ワーク部, 17 制御部, 21 光源, 22 シャッタ, 23 偏光版, 24 ビームインテグレータ, 25 ミラー, 26 空間光変調器, 27 集光レンズ, 28 駆動部, 31 光源, 32 コリメータレンズ, 33 アナモルフィックレンズ, 34 ビームエキスパンダ, 35 ビームスプリッタ, 36 シャッタ, 37および38 ガルバノミラー, 39および40 リレーレンズ, 41 反射光モニタ部, 51 紫外線硬化樹脂, 52 収容容器, 53 駆動部

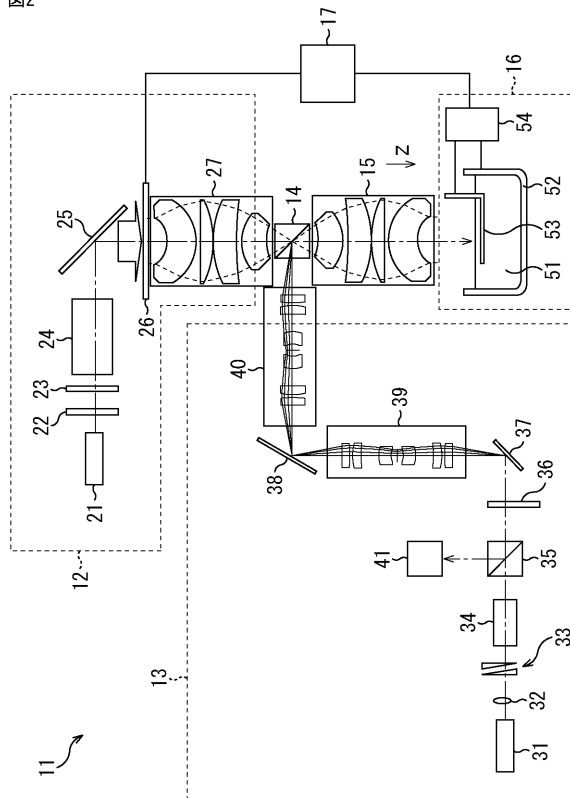
【図1】

図1



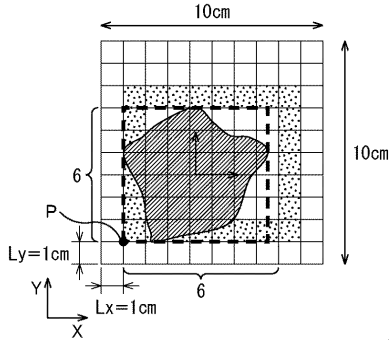
【図2】

図2



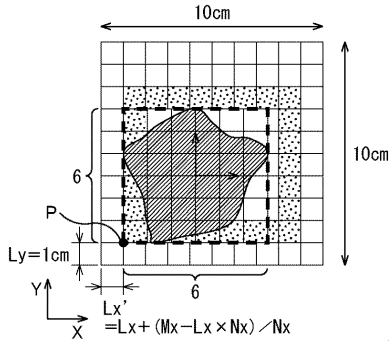
【図3】

図3



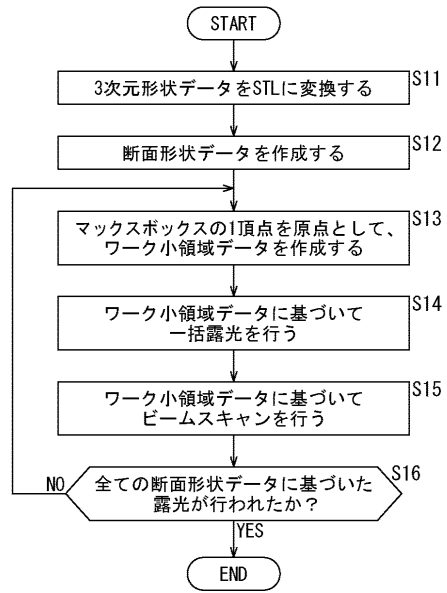
【図4】

図4



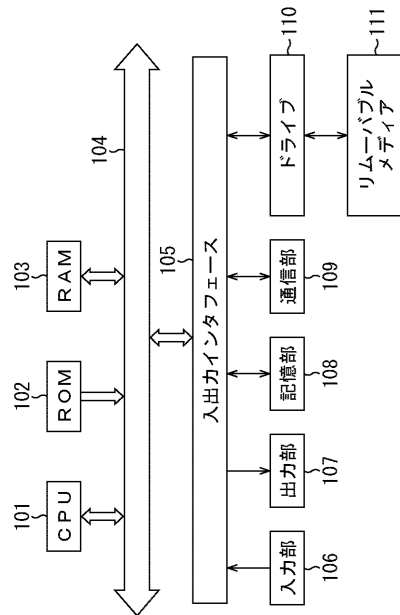
【図5】

図5



【図6】

図6



フロントページの続き

(72)発明者 本田 勝久
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内

審査官 増田 亮子

(56)参考文献 特開2002-251209(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B29C 67/00