

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5015326号  
(P5015326)

(45) 発行日 平成24年8月29日(2012.8.29)

(24) 登録日 平成24年6月15日(2012.6.15)

(51) Int.Cl. F I  
**B 2 9 C 67/00 (2006.01)** B 2 9 C 67/00

請求項の数 9 (全 7 頁)

|               |                               |           |                          |
|---------------|-------------------------------|-----------|--------------------------|
| (21) 出願番号     | 特願2010-538427 (P2010-538427)  | (73) 特許権者 | 503267906                |
| (86) (22) 出願日 | 平成20年12月15日(2008.12.15)       |           | イーオーエス ゲゼルシャフト ミット       |
| (65) 公表番号     | 特表2011-506145 (P2011-506145A) |           | ベシュレンクテル ハフツング イレクト      |
| (43) 公表日      | 平成23年3月3日(2011.3.3)           |           | ロ オプティカル システムズ           |
| (86) 国際出願番号   | PCT/EP2008/010637             |           | ドイツ連邦共和国, 8 2 1 5 2 クライリ |
| (87) 国際公開番号   | W02009/083122                 |           | ンク, ミュンヘン, ロバート-シュティル    |
| (87) 国際公開日    | 平成21年7月9日(2009.7.9)           |           | リンカーリング 1                |
| 審査請求日         | 平成22年9月28日(2010.9.28)         | (74) 代理人  | 100077838                |
| (31) 優先権主張番号  | 102007062129.0                |           | 弁理士 池田 憲保                |
| (32) 優先日      | 平成19年12月21日(2007.12.21)       | (74) 代理人  | 100082924                |
| (33) 優先権主張国   | ドイツ(DE)                       |           | 弁理士 福田 修一                |
|               |                               | (72) 発明者  | フィリップ, ヨッヒェン             |
|               |                               |           | ドイツ連邦共和国, 8 2 1 6 6 グレーフ |
|               |                               |           | エルフィンク, ハイムステッテンシュトラ     |
|               |                               |           | ッセ 1 1                   |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 三次元物体の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

三次元物体の断面に相当する層の各所においてガスレーザービームにより造形材料を固化することにより該物体を一層ずつ固化する三次元物体製造方法において、レーザーのパワーを測定し、該測定値に従ってレーザーのパワーを制御する方法であり、パワーの変化する時間ウィンドウにおいて前記パワーの測定を行い、その測定値に従ってレーザーの入力制御信号を制御することを特徴とする方法。

【請求項 2】

前記パワーの変化が急激に生じることを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記パワーの変化がスイッチオン動作、スイッチオフ動作、または 2 つのパワー値の間での切換えであることを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

レーザービームを層上方の軌道において案内し、各軌道が始点を有しており、軌道の始点においてレーザーをスイッチオンし、スイッチオン動作時にパワーの測定を行うことを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 5】

測定値に従ってスイッチオンランプを決定し、スイッチオン動作時に該スイッチオンランプに従ってレーザーの入力制御信号を変更することを特徴とする、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の方法。

## 【請求項 6】

レーザービームを層上方の軌道において案内し、各軌道が始点と終点とを有しており、軌道の始点においてレーザをスイッチオンし、終点においてスイッチオフし、後続の軌道のレーザの入力制御信号は、前の軌道のスイッチオン動作時に測定されたパワーの値に依存することを特徴とする、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の方法。

## 【請求項 7】

前記制御が反復的に行われることを特徴とする、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の方法。

## 【請求項 8】

レーザが CO<sub>2</sub> レーザであることを特徴とする、請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の方法。 10

## 【請求項 9】

パワー測定手段としてセンサを使用し、該センサの応答遅延が約 10 μs 以下であることを特徴とする、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、三次元物体の断面に相当する層の各所においてガスレーザービームにより造形材料を固化することにより該物体を一層ずつ固化する三次元物体製造方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

下掲の特許文献 1 に記載されたレーザー焼結による三次元物体製造方法では、固化の対象となる層の真上の個所においてレーザービームの位置、パワー、および/または直径を測定し、測定の結果を所定の基準値と比較し、その比較結果を基に誤差の表示またはビームの修正を行う。この方法では、固体レーザーを使用するのが好ましいとされている。 20

## 【0003】

下掲の特許文献 2 では、請求項 1 の前置部による方法が開示されている。この公知の方法は、ステレオリソグラフィ・システムやレーザー焼結システムのようなラピッドプロトタイプング・システムにおけるレーザーパワーの制御に関する方法である。このようなラピッドプロトタイプング・システムでは、ステレオリソグラフィの場合は液体造形材料を、またレーザー焼結の場合は粉末造形材料を、レーザービームを用いて層ごとに固化することによって物体を固化するが、その際、物体の断面に相当する各層の各所においてレーザービームによる固化が行われる。同時に、レーザービームをスキャナ・システムにより偏光させて、ビームが層上方を通るベクトルのような線に沿って案内されるようにする。製造しようとする物体の各領域について最適な露光量とするのが望ましいが、その露光量は全ての領域で等しい場合と領域ごとに異なる場合があり得る。この公知の方法では、レーザービームのパワーをパワー測定装置を用いて測定した後、所望のパワーと露光の深さが得られるようにレーザーパワーの調整を行う。 30

## 【0004】

特に CO<sub>2</sub> レーザのようなガスレーザーの場合、短時間と長時間でのレーザーのパワーの偏差が、その前のレーザー運転の条件に大きく依存し、しかもレーザー運転の条件は連続的に変化するものである、という問題がある。これに対し、特許文献 2 のような簡単な閉ループ制御では、長時間に亘って安定したレーザーパワーを得る上で適当とは言えない。 40

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0005】

【特許文献 1】 EP - 0 758 952 B1

【特許文献 2】 EP - 1 705 616 A1

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】 50

## 【0006】

本発明の課題は、ラピッドプロトタイピングによる三次元物体製造方法であって、CO<sub>2</sub>レーザのようなガスレーザを使用し、短時間と長時間でのレーザのパワーの偏差を無くすことにより、最初に製造される物体の品質を向上させることのできる製造方法を提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0007】

この課題は、請求項1に記載の方法によって達成される。本発明のさらなる展開については、従属請求項に記載の通りである。

## 【発明の効果】

10

## 【0008】

特に、本発明の方法は、ごく短い遅延にてレーザパワーを自動的に評価することでレーザの入力制御信号を調整することができ、特定のスイッチオンランプによってスイッチオン効果を無くすることができる。こうすることで、10 $\mu$ s程度のレーザパワーの偏差を補正することが可能となる。

## 【0009】

本発明のその他の特長および利点については、図面を基に行う実施形態の説明において示すこととする。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0010】

20

【図1】本発明の実施形態に係るレーザ焼結装置の概略図である。

【図2】パワーの測定値の時間変化を示すグラフであり、レーザビームによって照射される層内の軌道にスイッチオンランプを使用する場合と使用しない場合について示している。

【図3】レーザに対する入力制御信号を概略的に示す曲線である。

【図4】連続する2つの軌道に関するパワー測定値を示す概略図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0011】

以下では、本発明の実施形態に係る、レーザ制御を有するレーザ焼結装置について、図1を参照して説明する。

30

## 【0012】

本装置は、造形用容器1を備え、その中に造形対象の物体3を支持する支持台2が設けられている。支持台2は、造形用容器内で高さ調節手段4によって垂直方向に可動である。塗布した粉末造形材料の固化を行う平面が作業面5を形成している。作業面5の中で粉末材料を固化するために、レーザ6が設けられており、レーザ6はCO<sub>2</sub>レーザのようなガスレーザとして構成することができる。レーザ6がレーザビーム7を生成し、生成したレーザビームを、例えば回転部(不図示)によって回転される1つまたはそれ以上の偏光ミラーの形態を取る偏光手段8と焦点合わせ部9とによって作業面5上に合焦させる。制御装置10が偏光手段8、および必要に応じて焦点合わせ部10を制御して、レーザビーム7を作業面5のいずれかの地点に偏光させるように設けられている。

40

## 【0013】

また、次の層を形成するための粉末造形材料を供給する供給装置11が設けられている。ディスペンサ12を介して造形材料が作業面5に塗布され、平坦化される。

## 【0014】

レーザビーム経路のレーザビーム7の一部7'が、図1に示すように、レーザの内部または外部に配設された部分的に透明なミラー13によって分割される。この部分的に透明なミラー13は、約1%未満のレーザパワーを分割するように構成されている。本実施形態では、部分的に透明なミラー13がビーム経路内の偏光手段8の正面に配置されている。分割されたビーム7'はパワーを測定するセンサ14に衝突する。センサ14は、原子層サーモパイルセンサ(サーモパイルセンサ)として形成するのが好ましい。このセンサ

50

の応答遅延は約  $10 \mu s$  と短いものである。そのため、レーザの単パルスの分解が可能となる。このセンサは特に、レーザのスイッチオン特性の記録を通常の造形動作と同時に与えるように構成されている。

**【 0 0 1 5 】**

動作に際して、支持台 2 を一層ごとに下降させながら、物体に相当する作業面 5 において各層各所に新たな粉末層を塗布した後レーザビーム 7 により固化させる。同時に、レーザビーム 7 が作業面 5 上の各軌道に沿って案内されるように偏光手段 8 の制御が行われる。例えば、公知の露光パターンは、横に並んだ複数の平行軌道である。通常の場合、各軌道の終点でレーザをスイッチオフし、新たな軌道の始点においてレーザをスイッチオンする。

10

**【 0 0 1 6 】**

図 2 は、1 本の軌道に関してセンサ 1 4 によって測定したレーザパワーの時間変化を示したものである。曲線 1 は本発明による制御を実施した場合に測定されたレーザパワーを示している。この場合、曲線の左の部分にはっきりと見えるように、レーザのスイッチオンはオーバシュート 1 a を伴う。すなわち、軌道の始点においてパワーが高くなり過ぎることである。軌道の全てまたは大部分がこのようなパワーの偏差を示した場合、軌道に沿って固化が均等に行われなくなるため、物体の造形に誤差が生まれる結果となる。

**【 0 0 1 7 】**

好適な実施形態による方法では、オーバシュートを含むスイッチオン動作の期間に相当する実時間でレーザのパワーをセンサ 1 4 によって測定する。この期間を図 2 では  $t_1$  で示している。

20

**【 0 0 1 8 】**

レーザの入力制御信号についてのスイッチオンランプは、パワーの測定値から決定されるが、このスイッチオンランプはスイッチオン動作時間  $t_1$  における入力制御信号の時間変化の依存度を示すものであり、図 2 に示す曲線 1 のオーバシュート 1 a を補正するようにスイッチオンランプが選択される。図 2 の曲線 2 は、スイッチオン動作において選択されたスイッチオンランプに応じて入力制御信号が変更される場合のパワーの測定値を表している。

**【 0 0 1 9 】**

図 3 は、入力制御信号の値の時間変化を概略的に示している。スイッチオンランプを使用しない場合、入力制御信号はゼロから所定の値へと急激に変化する。そのため、図 2 に示すようなオーバシュートが生じる結果となる。スイッチオンランプを使用すると、入力制御信号の値は所定の関数に従って増加する。図 3 は、この機能の有利な形状を示しており、スイッチオン時のパルスの後に制御信号が一時的に減衰している。これによって目標とするレーザパワーに早急に到達することができる一方、図 2 に示すようなオーバシュートが防止される。

30

**【 0 0 2 0 】**

スイッチオンランプは制御パワーの時間変化を示す。このランプはいくつかのパラメータの関数であり、特に所望のレーザパワー、レーザをスイッチオンする前の休止期間の他、その前のスイッチ条件の集合に依存する。例えば、ランプを経験的に決定した上でパラメータをテーブルに記録しても良いし、あるいは計算する関数を規定することもできる。

40

**【 0 0 2 1 】**

図 4 に示す軌道  $n$  と軌道  $n + 1$  のように、多くの軌道が相互に連なっており、レーザはそれらの軌道を層内で追跡する。オーバシュートを無くすためにスイッチオン動作中に軌道  $n$  においてレーザパワーの実時間測定を行うことで決定されるスイッチオンランプが、次の軌道  $n + 1$  に関して既に考慮されている。スイッチオン動作中に軌道  $n + 1$  において測定されるパワーを、今度は次の軌道のスイッチオンランプの修正に用いることができる。このように、この方法は反復性である。

**【 0 0 2 2 】**

ここに開示する方法によると、センサ 1 4 の時間分解能の範囲まで、すなわち約  $10 \mu$

50

sの範囲までのレーザーパワーの偏差を補正することができる。これにより、レーザーパワーの安定化は絶えず変化するレーザー運転の履歴に依存することが無くなるため、レーザーパワーの安定化を長時間に亘って行うことが可能となる。

【0023】

変形実施形態においては、安定化を行うことなくレーザーの動作を長時間に亘ってセンサにより監視し、測定により得たパワー曲線を基に、個々の動作モードまたは個々の露光パターンの分類を行い、そこから適切なスイッチオンランプを算出する。その後、所定のスイッチオンランプを基に、上記の反復処理によりレーザーパワーの制御をそれぞれの層に適用する。

【0024】

また、レーザーのパワーを記録し、記録された時間について使用される軌道にこのレーザーパワー割当てることが可能となる。

【0025】

さらに別の変形例では、露光する軌道の中で、スイッチオン挙動を加速挙動に適用することができる。

【0026】

本発明は上に述べた実施形態に限定されるものではない。本発明はガスレーザーを用いる全てのラピッドプロトタイピング法に使用可能である。

【0027】

さらに、本発明は、スイッチオン挙動に基づくレーザーパワーの制御に限定されるものではなく、例えば、スイッチオフ動作、低レーザーパワーから高レーザーパワーへの変化またはその逆を含む動作など、レーザーパワーが変化する全ての動作を測定・制御することができる。

10

20

【図1】

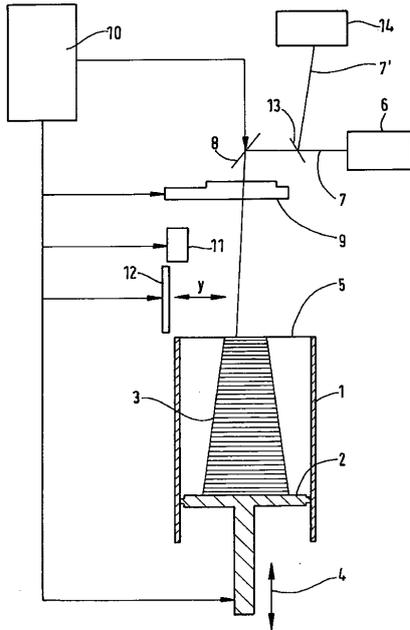
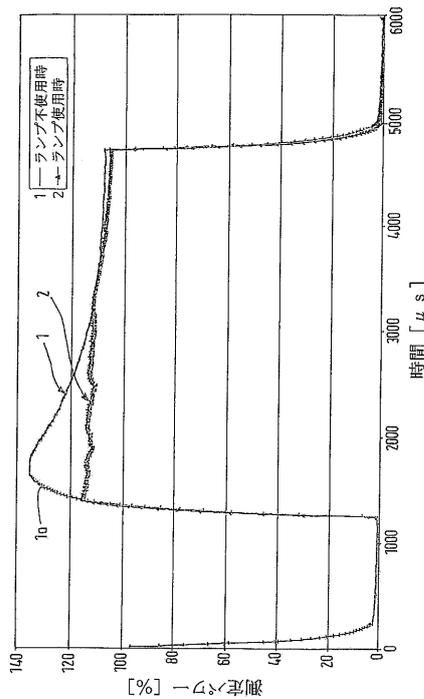
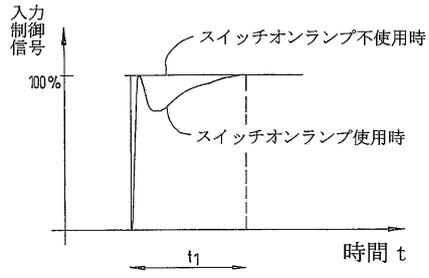


FIG.1

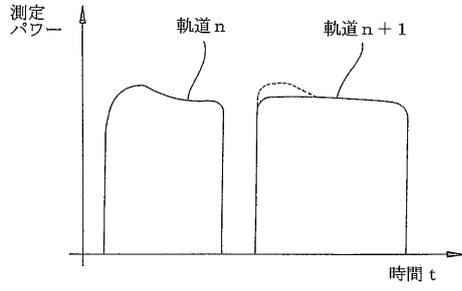
【図2】



【図3】



【図4】



---

フロントページの続き

審査官 原田 隆興

(56)参考文献 米国特許第06085122(US,A)  
特開2000-296560(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
B29C 67/00