

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-100309

(P2017-100309A)

(43) 公開日 平成29年6月8日(2017.6.8)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B29C 67/00 (2017.01)	B29C 67/00	4F213
B33Y 10/00 (2015.01)	B33Y 10/00	4K018
B33Y 50/02 (2015.01)	B33Y 50/02	
B22F 3/16 (2006.01)	B22F 3/16	
B22F 3/105 (2006.01)	B22F 3/105	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2015-233627 (P2015-233627)
 (22) 出願日 平成27年11月30日 (2015.11.30)

(71) 出願人 503418715
 株式会社エイチ・ティー・エル
 東京都立川市曙町2-9-1 菊屋川口ビル6F
 (74) 代理人 100093687
 弁理士 富崎 元成
 (74) 代理人 100107951
 弁理士 山田 勉
 (72) 発明者 辰巳 龍司
 東京都立川市曙町2-16-6 テクノビル3F 株式会社エイチ・ティー・エル内
 (72) 発明者 アチャリヤ アチンティヤ
 東京都立川市曙町2-16-6 テクノビル3F 株式会社エイチ・ティー・エル内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元造形方法

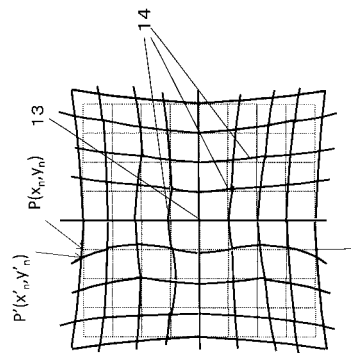
(57) 【要約】

【課題】 パウダーベッド方式において行われる高エネルギービームを用いた3次元造形方法において、高エネルギービームを制御する光学系が有している走査歪あるいは光軸ズレに起因する歪みを、造形物の造形前に測定し、造形データにフィードバックすることにより補正する手段を提供し、また、ズレ量を造形データに補正する手段を提供する。

【解決手段】 スタートプレート上に置かれたスケールプレートに高エネルギービームで中心点13を描いた後に、互いに直行する方向にビームを等間隔で走査し、スケールプレートを取り出して、該ビームの軌跡14と前記中心点との距離からズレ量を測定し、該ズレ量に基づいて造形データを補正した後に、該補正後の造形データに基づいて造形物の造形を行うことにより、当該造形物の寸法を補正する。

【選択図】 図6

【図6】



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

電子ビーム又はレーザービームの高エネルギービームをエネルギー源として用い、造形しようとする一つ以上の造形物の 3 次元 CAD データをレイアウトして作成された造形データに従って前記高エネルギービームを 2 次元に走査し収束する光学系と、

前記高エネルギービームが収束する面であって昇降機構の上面に載せられ、パウダーを保持するスタートプレートとを備え、

前記パウダーを前記スタートプレートに撒きレーキで平坦に均した後に前記高エネルギービームを 2 次元に走査して該パウダーを溶融することにより層を形成し、該形成される層を前記昇降機構を下降させて重ねることにより前記造形物の造形を行う 3 次元造形方法であって、

10

前記スタートプレート上に置かれたスケールプレートに前記高エネルギービームで中心点を描いた後に、互いに直行する方向に前記高エネルギービームを等間隔で走査し、前記スケールプレートを取り出して、該高エネルギービームの軌跡と前記中心点との距離からズレ量を測定し、該ズレ量に基づいて前記造形データを補正した後に、該補正後の造形データに基づいて前記造形物の造形を行うことにより、当該造形物の寸法を補正することを特徴とする 3 次元造形方法。

【請求項 2】

電子ビーム又はレーザービームの高エネルギービームをエネルギー源として用い、造形しようとする一つ以上の造形物の 3 次元 CAD データをレイアウトして作成された造形データに従って前記高エネルギービームを 2 次元に走査し収束する光学系と、

20

前記高エネルギービームが収束する面であって昇降機構の上面に載せられ、パウダーを保持するスタートプレートとを備え、

前記パウダーを前記スタートプレートに撒きレーキで平坦に均した後に前記高エネルギービームを 2 次元に走査して該パウダーを溶融することにより層を形成し、該形成される層を前記昇降機構を上下させて重ねることにより前記造形物の造形を行う 3 次元造形方法であって、

前記造形データに基づいて試験造形物を造形し、前記試験造形物を取り出して、該試験造形物の形状からズレ量を測定し、該ズレ量に基づいて前記造形データを補正した後に、該補正後の造形データに基づいて前記造形物の造形を行うことにより、当該造形物の寸法を補正することを特徴とする 3 次元造形方法。

30

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載した 3 次元造形方法であって、

前記ズレ量に基づく前記造形データの補正を、該造形データが示す前記造形物の輪郭の位置に対して行うことを特徴とする 3 次元造形方法。

【請求項 4】

請求項 1 に記載した 3 次元造形方法であって、

前記高エネルギービームにより前記スケールプレート上に描かれた一の軌跡と他の軌跡の間における前記造形データの補正は、前記軌跡同士の直近の交点からの補間法により算出することを特徴とする 3 次元造形方法。

40

【請求項 5】

請求項 1 に記載した 3 次元造形方法であって、

前記高エネルギービームにより前記スケールプレート上に描かれた軌跡の座標値を 3 次元スキャナーを用いて読み取り、真値とのズレ量を算出して、該ズレ量に基づいて前記造形データを補正することを特徴とする 3 次元造形方法。

【請求項 6】

請求項 2 に記載した 3 次元造形方法であって、

前期試験造形物の形状を 3 次元スキャナーを用いて読み取り、前記 3 次元 CAD データとの差異をズレ量として検出して、該ズレ量に基づいて前記造形データを補正することを特徴とする 3 次元造形方法。

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、3次元造形方法に関する。

【背景技術】

【0002】

付加的製造方法（アディティブ・マニファクチュアリング、以後「AM法」と呼ぶ）が脚光を浴びている。AM法には、パウダーベッド方式とプール方式がある。パウダーベッド方式では、平坦な板の上に均一に撒かれた高分子化合物や金属のパウダーを、レーザービームや電子ビームの高エネルギービームで焼結あるいは溶融して固め、その上にパウダーを撒き、同じ作業を繰り返して造形を行う。このとき、造形したい形状のデータに従って高エネルギービームを走査しパウダーに照射する。プール方式では、光硬化反応を利用して高分子液に光を照射して所望の形状を硬化させる。これを繰り返すことにより3次元造形を行う。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特表2009-544501号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0004】

前記高エネルギービームを走査したり、画像を照射するときには、一般的には光学レンズやミラーからなる光学系や電磁コイルを用いた電子レンズを使用する。一般に、ビームを平面上に走査するときには、レーザービームならミラーの回転角度の制御、電子ビームなら電磁強度により偏向角度の制御を行う。このように、一般的には、ビーム走査は角度制御されて行われる。図1に示すように、平面に照射される時の単位角度に相当する平面上の単位長さは、走査角により異なってくる。すなわち、角度制御されたビームによる単位走査長は、光軸と成す走査角が大きいほど大きくなる。図2は、走査原理による平面に走査されたビームの軌跡を模式的に示したものである。図2において、例えばCADデータでA点にあるべき点が、走査光学系の歪によってA'点になる。この現象は、レーザービームであるか電子ビームであるかにかかわらず、高エネルギービームを、ある中心点からビームを走査する際に、必ず発生する。このように、走査型光学系には、走査歪が存在することになる。

30

【0005】

更に、光学系を構成する光学部品は光軸が存在し、光学系を構成する時には全ての光軸が一致するように組み立てられる。しかしながら、光軸が完全に一致することは容易なことではなく、また、保守時の部品交換時に光軸を合うように調整することも容易ではない。その結果、光学系の光軸ズレに起因し、図3に示す模式図の軌跡のような歪も存在する。

【0006】

前記のように、走査歪（収差）と光軸ズレによる歪が合成された光学系を用いた造形装置で生成される造形物は、造形物が置かれた位置毎に異なる歪量を有し、期待される形状の造形物を製作することは困難になる。

40

【0007】

本発明は、このような背景のもとになされたものであり、第1の目的は、パウダーベッド方式において行われる高エネルギービームを用いた3次元造形方法において、高エネルギービームを制御する光学系が有している走査歪あるいは光軸ズレに起因する歪みを、造形物の造形前に測定し、造形データにフィードバックすることにより補正する手段を提供することであり、第2の目的は、ズレ量を造形データに補正する手段を提供することである。

50

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、前記課題を解決するために、次のような手段を採る。なお後述する発明を実施するための形態の説明及び図面で使用した符号を参考のために括弧書きで付記するが、本発明の構成要素は該付記したものには限定されない。

【0009】

まず請求項1に係る発明は、

電子ビーム又はレーザービームの高エネルギービーム(1)をエネルギー源として用い、造形しようとする一つ以上の造形物の3次元CADデータ(2)をレイアウトして作成された造形データ(3)に従って前記高エネルギービームを2次元に走査し収束する光学系(5)と、

前記高エネルギービームが収束する面(7)であって昇降機構(8)の上面に載せられ、パウダー(10)を保持するスタートプレート(9)とを備え、

前記パウダーを前記スタートプレートに撒きレーキ(11)で平坦に均した後に前記高エネルギービームを2次元に走査して該パウダーを溶融することにより層を形成し、該形成される層を前記昇降機構を下降させて重ねることにより前記造形物の造形を行う3次元造形方法であって、

前記スタートプレート上に置かれたスケールプレート(12)に前記高エネルギービームで中心点(13)を描いた後に、互いに直行する方向に前記高エネルギービームを等間隔で走査し、前記スケールプレートを取り出して、該高エネルギービームの軌跡(14)と前記中心点との距離からズレ量を測定し、該ズレ量に基づいて前記造形データを補正した後に、該補正後の造形データに基づいて前記造形物の造形を行うことにより、当該造形物の寸法を補正することを特徴とする3次元造形方法である。

【0010】

また請求項2に係る発明は、

電子ビーム又はレーザービームの高エネルギービーム(1)をエネルギー源として用い、造形しようとする一つ以上の造形物の3次元CADデータ(2)をレイアウトして作成された造形データ(3)に従って前記高エネルギービームを2次元に走査し収束する光学系(5)と、

前記高エネルギービームが収束する面(7)であって昇降機構(8)の上面に載せられ、パウダー(10)を保持するスタートプレート(9)とを備え、

前記パウダーを前記スタートプレートに撒きレーキ(11)で平坦に均した後に前記高エネルギービームを2次元に走査して該パウダーを溶融することにより層を形成し、該形成される層を前記昇降機構を下降させて重ねることにより前記造形物の造形を行う3次元造形方法であって、

前記造形データに基づいて試験造形物(15)を造形し、前記試験造形物を取り出して、該試験造形物の形状からズレ量を測定し、該ズレ量に基づいて前記造形データを補正した後に、該補正後の造形データに基づいて前記造形物の造形を行うことにより、当該造形物の寸法を補正することを特徴とする3次元造形方法である。

【0011】

また請求項3に係る発明は、

請求項1又は2に記載した3次元造形方法であって、

前記ズレ量に基づく前記造形データの補正を、該造形データが示す前記造形物の輪郭の位置に対して行うことを特徴とする3次元造形方法である。

【0012】

また請求項4に係る発明は、

請求項1に記載した3次元造形方法であって、

前記高エネルギービームにより前記スケールプレート上に描かれた一の軌跡と他の軌跡の間における前記造形データの補正は、前記軌跡同士の直近の交点からの補間法により算出することを特徴とする3次元造形方法である。

【 0 0 1 3 】

また請求項 5 に係る発明は、
請求項 1 に記載した 3 次元造形方法であって、
前記高エネルギービームにより前記スケールプレート上に描かれた軌跡の座標値を 3 次元スキャナーを用いて読み取り、真値とのズレ量を算出して、該ズレ量に基づいて前記造形データを補正することを特徴とする 3 次元造形方法である。

【 0 0 1 4 】

また請求項 6 に係る発明は、
請求項 2 に記載した 3 次元造形方法であって、
前期試験造形物の形状を 3 次元スキャナーを用いて読み取り、前記 3 次元 C A D データとの差異をズレ量として検出して、該ズレ量に基づいて前記造形データを補正することを特徴とする 3 次元造形方法である。

10

【 発明の効果 】

【 0 0 1 5 】

まず請求項 1 に係る 3 次元造形方法によれば、スタートプレート上に置かれたスケールプレートに走査角ゼロ付近で互いに直行するよう高エネルギービームを走査しその交点を求める（中心点と呼ぶ）。次に 2 次元データに基づき一定量の間隔で供される全角度でビームを走査し収束されたビームの軌跡を描く。この軌跡を測定し、設計上の軌跡との差異、すなわちズレ量を測定し、そのズレ量を 2 次元の造形データに補正する。そして造形開始にあたり、高エネルギービームから出射されたビームが 3 次元 C A D データから STL データに変換された後、2 次元の造形データに変換されたデータに従って照射される際に、上記のように補正された造形データにより光学レンズ系あるいは電子レンズ系によりスタートプレート上のパウダーに走査し収束される。その結果、造形された生成物の形状は歪のないものとなる。

20

【 0 0 1 6 】

また請求項 2 に係る 3 次元造形方法によれば、3 次元 C A D データから変換された造形データに基づき造形物を造形し、その造形物を 3 次元スキャナーで測定して 3 次元 C A D データと比較して、各部位での差分を算出し座標各点での補正值を求めて造形データに補正する。そして造形開始にあたり、高エネルギービームから出射されたビームが 3 次元 C A D データから STL データに変換された後、2 次元の造形データに変換されたデータに従って照射される際に、上記のように補正された造形データにより光学レンズ系あるいは電子レンズ系によりスタートプレート上のパウダーに走査し収束される。その結果、造形された生成物の形状は歪のないものとなる。

30

【 0 0 1 7 】

また請求項 3 に係る 3 次元造形方法によれば、スタートプレート上には前記中心点を中心として造形物を配置した場合、一般的に中心から離れる程前記ズレ量が大きくなる傾向があるので、造形物の配置により実際の造形物には歪みが生じるし、造形物が複数個の場合にも配置される位置によりズレ量が異なるので、前記造形データの造形物の輪郭の位置データにズレ量を補正することにより、正しい寸法の造形を可能にする。

【 0 0 1 8 】

また請求項 4 に係る 3 次元造形方法によれば、造形データは一般的に一定間隔で描かれるスケールプレートの軌跡上にないことが多いので、このような場合には造形データの該当点に直近のスケールプレート上軌跡の交点 2 点のズレ量からの補間値を用い連続的にズレ量の補正を行うことができる。

40

【 0 0 1 9 】

また請求項 5 に係る 3 次元造形方法によれば、スケールプレート上に描かれた軌跡を 3 次元スキャナーを用いて計測しその結果とスケールの真値とを比較して差異を算出しズレ量を補正することができる。

【 0 0 2 0 】

また請求項 6 に係る 3 次元造形方法によれば、造形データを用いて造形した造形物を 3

50

次元スキャナーを用いて計測し各箇所での造形データとの差を計測しズレ量を補正することができる。

【0021】

従来のように、造形物の製作精度が低いと機械加工代を多くとる必要があり、結果として機械加工の削り量が増えるが、本発明により、造形物の制作精度が高くなれば、機械加工代は少なくなり、加工コストを引き下げることができる。特にTi合金のように難加工材料で造形する場合には、効果は顕著である。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】走査光学系における像の歪を示す図である。

10

【図2】走査光学系のビームの軌跡による像の歪を示す図である。

【図3】光学系の光軸ずれに起因するビームの軌跡例を示す図である。

【図4】本発明を適用するパウダーベッド方式の3次元造形装置の構成を模型的に示した図である。

【図5】実際の造形を行う前にスケールプレート12を設置してビームを走査して前記スケールプレートに軌跡を描くための構成を模型的に示した図である。

【図6】図5の構成でスケールプレート12上に描かれた走査軌跡を模型的に示した図である。

【図7】図4の構成においてピラミッド16を造形した際結果で、造形物が光学系の歪等に起因する歪を有していることを示す模型的な図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0023】

本発明は、パウダーベッド方式における、電子ビーム又はレーザビームの高エネルギービームをエネルギー源とする3次元造形装置における光線あるいは電子線を制御する光学系が有している収差を、スケールプレートへ描画した軌跡を測定するかあるいはCADデータに基づいて造形した造形物を測定することによって得られたデータと設計データを比較測定し、各部分でのズレ量を算出して、この値を基に造形データへの補正値を求め補正することが可能な3次元造形方法と、スタートプレート上に配置された一つ以上の造形物の各層の輪郭の位置でのズレ量を造形データに補正する3次元造形方法と、スケールプレート上の軌跡の位置と一致しない造形データの位置データがある場合にはスケールプレート軌跡の直近の2点との補間を行う3次元造形法と、スケールデータに基づいて描かれたスケールプレートの軌跡を3次元スキャナーを用いて測定しスケールデータとの差異を測定しズレ量を算出し補正する3次元造形法と、スケールプレートの代わりに3次元CADデータに基づいて造形した造形物を3次元スキャナーで測定し3次元CADデータとの差異を算出し造形データを補正する3次元造形法に関する。

30

【0024】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。高エネルギービームを2次元平面に走査する時には、一般にビームを角度制御する方法を採る。図1にその概要を示しており、ビームの振れ角を n 等分した θ を単位角として制御すると、平面スクリーンに投影される線分像の n 番目の高さ h_n は

40

$$h_n = S(\tan \theta^n - \tan \theta^{n-1}), \quad \text{ここで } h_1 = S \tan \theta, \quad \theta^n - \theta^{n-1} = \theta^{n-1}(\theta - 1)$$

1番目と n 番目の線分像の比率は、次式のようなになる。

$$h_n / h_1 = 1 + \tan \theta \cdot \tan(\theta^{n-1})$$

すなわち、等角度で走査したビームは振れ角によって線分像の寸法が異なっている。

図2はこのような走査時の歪を示す模式図で、データでAにあるべき点は走査時には点A'になる。データが示す点線に対し他の軌跡も太線のようなになる。

【0025】

更に、高エネルギービームを制御する時に用いられる光学系に光軸が存在し、この光軸に沿って光学部品は設置される。当然、各光学部品はビームが光軸に沿って進むように配

50

置されるが、必ずしも理想的な状態が保たれているわけではない。製作誤差や組立時のずれ、あるいは保守時に発生するずれが原因である。その結果、操作されたビームの軌跡は図3に示す一例のように歪んだものとなる。この歪みはそれぞれの光学系の状態により固有のものとなり、図1で示すような数式で表すことは困難である。

【0026】

図4は、このような光学系を用いたパウダーベッド方式を用いた3次元造形装置の模式図であり、本特許の説明にあたってはビームの歪に着目した機能について示している。図4において、3次元CADデータ2はSTLデータに変換され、造形物の配置を含め実際に造形するための層毎の2次元の造形データ3に変換される。この造形データ3にしたがって、制御系4がエネルギー源と光学系5に信号を送り、エネルギー出力、走査の位置、速度、焦点等の制御を行う。エネルギー源から出射された高エネルギービーム1は、光学系5で位置、走査、焦点等をコントロールされたビーム6となり、ビーム収束面7に照射される。図には示していないパウダー収納箱から供給されレーキ11でスタートプレート9上に均一に撒かれたパウダー10がビーム収束面7にあり、選択的加熱、熔融等の加工を受ける。一層の過程が終わると昇降機構8が一ステップ下がり、パウダーが撒かれ次の層の加工を行う。この繰り返し加工により3次元造形がなされる。

10

【0027】

しかしながら、前記の工程で制作される造形物は、図2あるいは図3で示した形状の歪んだものであり、大きな製作誤差となっている。前記欠点を解決する方法の一つとして、図5に示す方法を採用。図4で説明した構成において、パウダー10の代わりにスケールプレート12の上面をビーム収束面7に合わせて設置し、ビーム6を光軸上に合わせ、ビーム6を走査して縦横に直線を描く。この縦線と横線の交点13が光軸の中心である。その後、縦及び横軸に単位間隔で横及び縦にビーム6を走査して直線を描くと図6のような太線の軌跡14を得る。この軌跡の位置データを、XY軸に高精度の位置測定機能をもった顕微鏡のような測定器を用いて読み取る。この時、図6において、入力データ点 $P(x_n, y_n)$ は実際には点 $P'(x'_n, y'_n)$ に照射されることになるため、点 $P(x_n, y_n)$ と点 $P'(x'_n, y'_n)$ の差分 (x_n, y_n) を造形データに補正することにより正しい位置点 $P(x_n, y_n)$ に照射することができる。3次元造形装置においては、常に2次元での造形を繰り返しおこなうので、前記の補正を各層に行えば望んだ形状の造形物を得ることができる。

20

【0028】

前記の点 $P(x_n, y_n)$ のように軌跡が交わった点以外の点の場合の補正值は、該当点の周辺の軌跡データから加重平均で求めることができる。

30

【0029】

本発明の他の実施形態について説明する。図7において、15は、前記の補正を行わずにスタートプレート9上に造形した試験造形物を示しており、点線で示したピラミッド16は、正しく造形された場合の造形物を示している。このように歪んだ造形物を座標の基準点を明確にして3次元スキャナーを用いて計測し、その形状データと造形データを比較することにより造形データへの補正值を得ることができる。

【符号の説明】

【0030】

- 1 ... 高エネルギービーム（電子ビーム又はレーザービーム）
- 2 ... 3次元CADデータ（STLデータ）
- 3 ... 造形データ
- 4 ... 制御系
- 5 ... 光学系
- 6 ... ビーム
- 7 ... ビーム収束面
- 8 ... 昇降機構
- 9 ... スタートプレート
- 10 ... パウダー

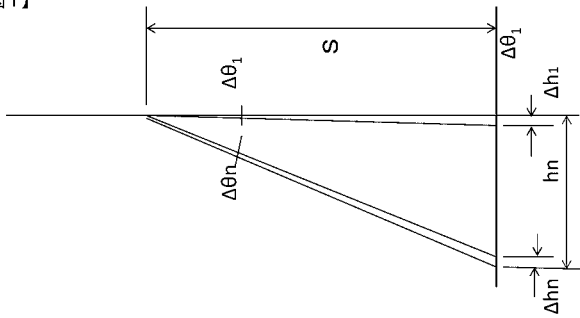
40

50

- 1 1 ... レーキ
- 1 2 ... スケールプレート
- 1 3 ... 光軸の中心
- 1 4 ... ビームの軌跡
- 1 5 ... 試験造形物
- 1 6 ... ピラミッド

【 図 1 】

【 図1】



走査光学系における像の歪(位置ずれ)

ビームの振れ角 θ を n 分割した単位角を $\Delta\theta$ 、スクリーンに投影される線分像の n 番目の高さを Δhn とすると、その関係は $\Delta h_1 = S \tan \Delta\theta_1$
 $\Delta hn = S (\tan \theta_n - \tan \theta_{n-1})$ 、
 ここで $\theta_n - \theta_{n-1} = \Delta\theta_n = \Delta\theta_1 = \Delta\theta$

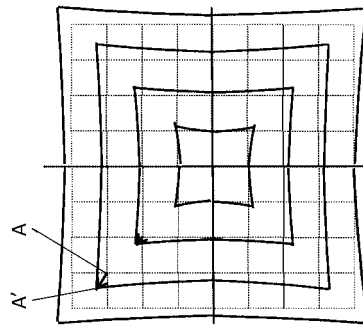
1番目とn番目の線分像の比率は次式のようになる。

$$\Delta hn / \Delta h_1 = 1 + \tan n\Delta\theta \cdot \tan(n-1)\Delta\theta$$

すなわち、等角度で走査してもビームの振れ角によって線分像が異なることになる。

【 図 2 】

【 図2】

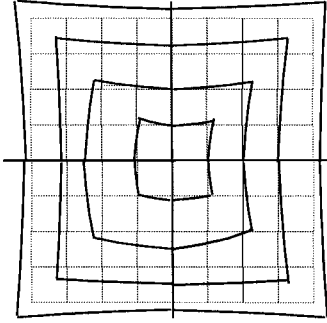


走査光学系のビーム軌跡にみる像の歪

【 図 3 】

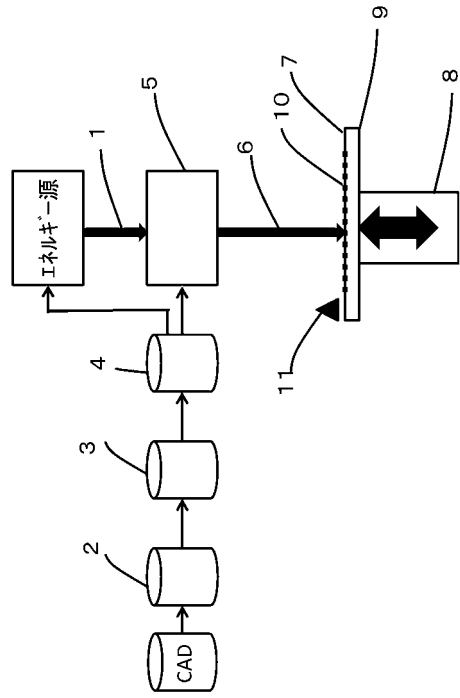
【図3】

光学系の光軸ずれに起因するビームの軌跡例



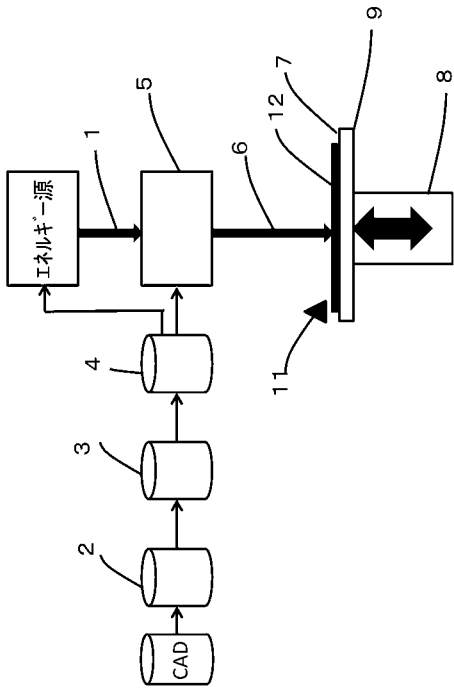
【 図 4 】

【図4】



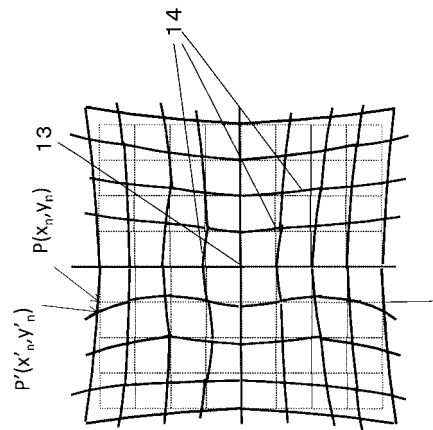
【 図 5 】

【図5】



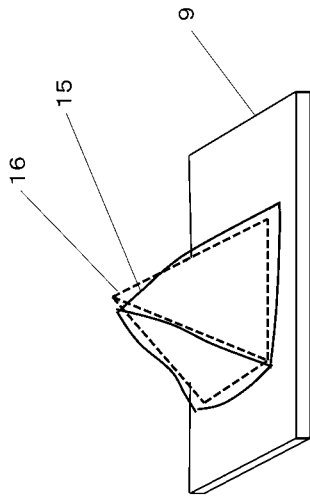
【 図 6 】

【図6】



【 図 7 】

【 図 7 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4F213 AC04 AP11 AR12 WA25 WB01 WL02 WL12 WL34 WL43 WL73
WL76 WL77 WL85 WL92
4K018 CA44 EA51 EA60