

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4779155号
(P4779155)

(45) 発行日 平成23年9月28日(2011.9.28)

(24) 登録日 平成23年7月15日(2011.7.15)

(51) Int.Cl. F 1
G 0 1 B 11/30 (2006.01) G 0 1 B 11/30 1 0 1

請求項の数 8 (全 11 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2007-60647 (P2007-60647) (22) 出願日 平成19年3月9日(2007.3.9) (65) 公開番号 特開2008-224322 (P2008-224322A) (43) 公開日 平成20年9月25日(2008.9.25) 審査請求日 平成21年2月27日(2009.2.27)</p> <p>(出願人による申告)平成18年度、新エネルギー・産業技術総合開発機構委託研究「中小企業基盤技術継承支援事業」産業活力再生特別措置法第30条の適用を受ける特許出願</p>	<p>(73) 特許権者 301021533 独立行政法人産業技術総合研究所 東京都千代田区霞が関1-3-1 (72) 発明者 石川 純 茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法人 産業 技術総合研究所つくばセンター内 審査官 櫻井 仁</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 平面度測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被測定面に沿って移動自在な平面度測定装置本体と、該平面度測定装置本体から独立して準理想平面となる基準液面を形成する液槽とを設け、前記平面度測定装置本体に、被測定面を機械的に做う做い手段および基準液面に対する上下動を計測する光式変位センサを当該做い手段と光式変位センサとが一体的に上下動自在に装着し、基準液面と被測定面の差を測定することにより被測定面の平面度を測定することを特徴とする平面度測定装置。

【請求項2】

光式変位センサを做い手段と垂直同軸上に配置することを特徴とする請求項1記載の平面度測定装置。

【請求項3】

平面度測定装置本体の垂直方向にクロスローラガイドを設け、做い手段および光式変位センサをステージに装着し、前記クロスローラガイドに沿って前記ステージを移動自在に構成することを特徴とする請求項1または請求項2記載の平面度測定装置。

【請求項4】

做い手段として測定輪を用いることを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載の平面度測定装置。

【請求項5】

光式変位センサがレーザー式変位センサであることを特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載の平面度測定装置。

【請求項 6】

平面度測定装置本体の移動をガイドする水平方向ガイドレールを被測定面に沿って設けることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか 1 項に記載の平面度測定装置。

【請求項 7】

基準液面を形成する液槽が光式変位センサの移動経路に沿って所定長さを有して設けられることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか 1 項に記載の平面度測定装置。

【請求項 8】

液槽内にマルトース水溶液を収容して基準液面を形成することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 7 のいずれか 1 項に記載の平面度測定装置。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、機械、精密計測、精密加工等の分野において用いられる比較的、中、大規模なものの平面度を測定するのに用いて好適な平面度測定装置に関し、特に測定精度および測定の操作性の向上を図ることができる平面度測定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来の測定の操作性の向上を図った平面度測定装置としては、基準となる人工物を介在させたものが知られている（例えば、特許文献 1、2、3、4 参照）。

また、一般的ではないが、液面を基準とする平面度測定装置として、光波干渉計測方式のものがある。

20

【0003】

【特許文献 1】特開平 6 - 102030 号公報

【特許文献 2】特開平 7 - 332962 号公報

【特許文献 3】特開平 7 - 270145 号公報

【特許文献 4】特開平 8 - 50017 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上述した従来技術において、

30

(1) 基準が人工物の場合、高精度で大きなもの製作は、極めて高価であるか、場合によっては製造不能である。

(2) 光波干渉計測方式の液面基準平面度測定装置では、被測定物を液中に沈めなければならないこと、被測定面がある程度精度のよい鏡面に限られること、測定レーザービーム径により測定領域が制限されることなど、実用面での問題がある。

【0005】

本発明は、上述した従来技術の問題に鑑みなされたもので、測定の基準となる基準平面として液面を利用しつつ、測定精度の向上はもちろん、測定の操作性の向上および測定対象の制限の少ない実用的な平面度測定装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

40

【0006】

(基本原理)

本発明は、静止した液面を基準とする平面度測定装置である。静止液面は理想的な平面（正確にはジオイド面）を形成するが、力を加えることはできないので、液面計測は非接触で力が加わらない変位計測法、すなわち光計測法しか利用することができない。光を用いた精密変位計測法として、光波干渉がある。

光波干渉計測は、基準面と被測定面を光の波長のみを介して比較するという、最も精度の高い計測法であるが、被測定平面も鏡面であることが求められる。

本発明は、種々の仕上げ面に対応することが条件であり、光波干渉法は利用することができない。本発明は、液面は光式変位センサで、被測定平面は種々の仕上げ面に対応でき

50

る機械的接触による計測を採用する。

図 1 は本発明に係る平面度測定装置の基本原理を示す正面図、第 2 図は同側面図である。

測定に際しては、被測定面上を、光式変位センサを取り付けた測定輪で走査する。

光式変位センサは、被測定平面の形状に沿って上下するが、絶対平面と見なせる液面からの距離を測定すると、この上下動、すなわち被測定面の凹凸が計測できる。高精度を実現するためには、液面上の測定点と、測定輪の接触点の位置を、垂直軸に対して一致させ、測定装置の傾きの影響を最少にすることが重要である（Abbeの原理）。

【 0 0 0 7 】

（解決するための手段）

（ 1 ）上記目的を達成するため本発明の平面度測定装置は、被測定面に沿って移動自在な平面度測定装置本体と、該平面度測定装置本体から独立して準理想平面となる基準液面を形成する液槽を設け、前記平面度測定装置本体に、被測定面を機械的に倣う倣い手段および基準液面に対する上下動を計測する光式変位センサを上下動自在に装着し、基準液面と被測定面の差を測定することにより被測定面の平面度を測定することを特徴としている。

（ 2 ）また、本発明の平面度測定装置は、上記（ 1 ）において、光式変位センサを倣い手段と垂直同軸上に配置することを特徴としている。

（ 3 ）また、本発明の平面度測定装置は、上記（ 1 ）または（ 2 ）において、平面度測定装置本体の垂直方向にクロスローラガイドを設け、倣い手段および光式変位センサをステージに装着し、前記クロスローラガイドに沿って前記ステージを移動自在に構成することを特徴としている。

（ 4 ）また、本発明の平面度測定装置は、上記（ 1 ）ないし（ 3 ）のいずれかにおいて、倣い手段として測定輪を用いることを特徴としている。

（ 5 ）また、本発明の平面度測定装置は、上記（ 1 ）ないし（ 4 ）のいずれかにおいて、光式変位センサがレーザー式変位センサであることを特徴としている。

（ 6 ）また、本発明の平面度測定装置は、上記（ 1 ）ないし（ 5 ）のいずれかにおいて、平面度測定装置本体の移動をガイドする水平方向ガイドレールを被測定面に沿って設けることを特徴としている。

（ 7 ）また、本発明の平面度測定装置は、上記（ 1 ）ないし（ 6 ）のいずれかにおいて、基準液面を形成する液槽が光式変位センサの移動経路に沿って所定長さを有して設けられることを特徴としている。

（ 8 ）また、本発明の平面度測定装置は、上記（ 1 ）ないし（ 7 ）のいずれかにおいて、液槽内にマルトース水溶液を収容して基準液面を形成することを特徴としている。

【発明の効果】

【 0 0 0 8 】

本発明は、以下のような優れた効果を奏する。

（ 1 ）特に、大きな平面の測定に用いた場合、従来のもものと比較して高精度な測定を実現できる。

（ 2 ）測定基準を液面とするため、従来基準を人工物としたものと比べて、安価な平面度測定装置を提供できる。

（ 3 ）従来光波干渉計測方式と比べて、測定操作の向上および測定対象の制限が少ない、実用的な平面度測定装置を提供できる。

【 0 0 0 9 】

（ 4 ）被測定面を測定軸維持のガイドとして利用できるため、高精度平面測定装置であるにもかかわらず、高精度ガイドを必要としない。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 0 】

本発明に係る平面度測定装置の最良の形態を実施例に基づいて図面を参照して以下に説明する。

【実施例 1】

【 0 0 1 1 】

図 3 ~ 図 9 は、本発明に係る平面度測定装置の実施の形態を示すものであって、図 3 は平面度測定装置全体の側面図、図 4 は本体正面図、図 5 は本体側面図、図 6 は本体上面図、図 7 はクロスローラガイドの断面図、図 8 は光式変位センサの原理を説明する正面図、図 9 はガイドレール及び液槽を主に説明するための斜視図である。

【 0 0 1 2 】

図 3 において、被測定物 5 0 の上には、平面度測定装置本体 1、液槽 2 および水平方向ガイドレール 3 が載置されている。平面度測定装置本体 1 には光式変位センサ 4 および測定輪 1 8 が装着され、該光式変位センサ 4 は表示部を備えたコントローラ 5 にケーブル 6 で接続されている。コントローラ 5 は、光式変位センサ 4 から送られてくる液槽 2 の液面の変位情報に基づいて被測定物 5 0 の平面度を計算し表示する。コントローラ 5 には周辺機器としてパソコン 7 が接続されている。

10

平面度測定装置本体 1 は被測定物 5 0 の上面に沿って移動可能な構造であるが、液槽 2 および水平方向ガイドレール 3 は本体 1 の移動方向（図 1 では紙面に直交する方向）に沿って所定の長さを有し、被測定物 5 0 の表面に固定的に設置されている。

【 0 0 1 3 】

図 4 ないし図 6 に示すように、平面度測定装置本体 1 は、3 輪ガイド台 1 1 および該 3 輪ガイド台 1 1 上に垂直に立てられたクロスローラガイド 1 2 により形成された略逆 T 状のフレームを有する。

3 輪ガイド台 1 1 には、3 個のガイド車輪 1 3 が二等辺三角形のそれぞれの頂点の位置に移動方向に直交する車軸を介して設けられており、該ガイド車輪の回転により一定方向に移動可能である。この場合、3 個のガイド輪のうち、2 個は前記した光式変位センサ 4 の取付けられる側（以下「測定側」という。）にほぼ軌を一にして設けられる。また、3 輪ガイド台 1 1 の測定側には、図 3 に示す水平方向ガイドレール 3 に接触しながら転動する 2 個の転動輪 1 4 が前記ガイド輪 1 3 に近接して装着されるとともに、該転動輪 1 4 に隣接して水平方向ガイドレール 3 に対して吸着性を呈する吸着マグネット 1 5 が装着されている。

20

さらに、3 輪ガイド台 1 1 の測定側のガイド輪 1 3 の 1 つに接触して転動するロータリエンコーダ 1 6 が装着されており、該ロータリエンコーダ 1 6 と前記の表示一体型コントローラ 5 とは信号線 1 7 で接続されている。

30

【 0 0 1 4 】

高精度を実現するためには、液面上の測定点と、測定輪の接触点の位置を、垂直軸に対して一致させ、測定装置の傾きの影響を最少にすることが重要である。測定点の同軸配置により、装置の傾きによる測定誤差の発生を最少にできるとはいえ、高精度測定のためには測定装置の姿勢は変化しないことが望ましい。リニアモーションガイド等の高精度ガイド機構に測定装置を取り付ければ、姿勢をほぼ一定に保ちながらの測定が実現できる。しかし、長大物の測定には、それをカバーするリニアモーションガイドガイドが必要となり、設置や移動が困難になること、高価格になることなど実用面での問題が生じる。

本発明の測定装置の測定対象は、精度の高い平面である。したがって、この平面をガイド面とすると、高い精度で測定軸の垂直性が維持できる。

40

【 0 0 1 5 】

図 4 ないし 7 はこの考えに基き、被測定平面ガイドを実現するため、3 輪ガイド台 1 1 上に垂直に立てられたクロスローラガイド 1 2 を示したものである。

クロスローラガイド 1 2 は、3 輪ガイド台 1 1 の移動方向の略中央に位置して 3 輪ガイド台 1 1 上に垂直に固定された固定ガイド 2 5 を備え、該固定ガイド 2 5 は金属材料等から形成され剛性の大きい断面形状をしている。該クロスローラガイド 1 2 の固定ガイド 2 5 には、光式変位センサ 4 を装着した上側ステージ 2 0 および測定輪 1 8 が装着された下側ステージ 2 1 が上下動自在に保持されている。測定輪 1 8 の動きにしたがって下側ステージ 2 1 が上下動すると上側ステージ 2 0 も一体的に上下動するように形成する。

上下のステージ 2 0、2 1 の間隔は、図 5 に示すように、マイクロメーター 2 2 による

50

調整が可能であり、光式変位センサ 4 の高さ設定が行えるようになっている。

下側ステージ 2 1 に装着された測定輪 1 8 は、図 4 および図 5 に示すように、被測定物 5 0 の上面に沿って転動可能なように下側ステージ 2 1 から片持ち式に測定側に突出したブラケット 2 3 の軸 2 4 に取付けられている。図 4 ないし図 6 に示すように、光式変位センサ 4 と測定輪 1 8 とは、平面視で、光式変位センサ 4 の中心と測定輪 1 8 の中心とが一致するようにして設けられる。

【 0 0 1 6 】

図 7 は、クロスローラガイド 1 2 におけるステージ 2 0、2 1 の保持状態の一例を示したものである。

クロスローラガイド 1 2 の固定ガイド 2 5 は、断面コ字状をしており、内側面両側にそれぞれ、レール 2 6 がボルト 2 7 により固定されている。

一方、ステージ 2 0、2 1 は、その断面が固定ガイド 2 5 のコ字状凹部に嵌合する凸部 3 0 を有し、該凸部 3 0 の両側には、それぞれ、レール 2 8 がボルト 2 9 によりレール 2 6 に対向して設けられている。レール 2 6 とレール 2 8 との間には、ローラユニット 3 1 が介在して設けられ、ステージ 2 0、2 1 が固定ガイド 2 5 に沿ってスムーズに上下動できるようになっている。

【 0 0 1 7 】

光式変位センサ 4 および測定輪 1 8 は、3 輪ガイド台 1 1 上に垂直に立てられた同軸の 2 つのステージ 2 0、2 1 にそれぞれ固定され、これらのステージ 2 0、2 1 はクロスローラガイド 1 2 の固定ガイド 2 5 により保持され、垂直方向にのみ一体的に自由に動くことができる。

【 0 0 1 8 】

図 8 は、光式変位センサ 4 を用いて静止した基準液面の位置を測定する原理を説明した正面図である。この例では、光式変位センサとしてレーザー式変位センサを採用している。

レーザー式変位センサ 4 は、三角測量を応用した方式で、発光素子である半導体レーザー 3 1 と光位置検出素子 3 2 の組み合わせで構成されている。半導体レーザー 3 1 の光 3 3 は投光レンズ 3 4 を通し集光され、測定対象物である液槽の液面 3 5 に照射される。液面 3 5 で拡散反射された光線の一部は、受光レンズ 3 6 を通して光位置検出素子 3 2 上にスポットを結ぶ。液面 3 5 が上下方向に移動すると、スポットも移動するので、そのスポットの位置を検出することにより該液面 3 5 の上下方向の変位量を検知することができる。

【 0 0 1 9 】

測定において、測定位置決定のために、水平方向にもガイドが必要になる。図 9 に示すように、水平方向ガイドレール 3 が本体 1 の移動方向に沿って所定の長さを有して被測定物 5 0 の表面に固定的に設置される。水平方向ガイドレール 3 は、例えば、正方形断面を持つ着磁性ステンレス製で、ガイド面 3 7 は研削仕上げされている。

本体 1 に設けられた 2 個の転動輪 1 4 および吸着マグネット 1 5 により、本体 1 はガイド面 3 7 に倣って移動する。

【 0 0 2 0 】

図 9 に示すように、基準液面を形成するための液を収容する液槽 2 も水平方向ガイドレール 3 と同様に本体 1 の移動方向に沿って所定の長さを有して被測定物 5 0 の表面に本体 1 とは独立して設置されている。これは本体 1 を移動した際に発生する振動が液面に伝わるのを避けるためである。液槽 2 には、光式変位センサ 4 から出射する光が基準液面に直接到達できるように、光の移動経路に沿って一定幅のスリット 3 8 が形成されている。また、本体 1 と独立して設置するため、および、水平方向ガイドレール 3 を設置するスペース確保のため、3 本の足 3 9 で片持状に支持されている。なお、4 0 はバランスウエイトである。

【 0 0 2 1 】

基準面用液体について説明する。

基準液面用の液体に求められる条件は次のとおりである。

(1) 均一で適度な粘性を持つこと。基準液面には振動等の影響は避けつつ、可能な限り短時間で定常状態に到達することが求められる。粘度を実験的に決めることを考えると、粘度の調整を容易に行えることが望ましい。

(2) 測定光を散乱しないこと。液面での反射のみを検出するためには、液中での散乱が無いことが必要である。

(3) 蒸発成分が光テコ式位置センサの光学系を汚染しないこと。

(4) 錆を発生させにくいこと。

(5) 廃棄に際して環境負荷が少ないこと。

上記の条件を満足させる液体として、油溶性のものと水溶性のものについて検討を行った。当初、防錆の観点から高粘度潤滑油を検討したが、蒸気が光学系に影響を与えそうであること等の理由で採用を断念し、最終的には入手性、粘度の調整の容易性、廃棄・洗浄の容易性、水溶性としては錆を発生させにくいことからマルトース（麦芽糖）の水溶液を選択した。マルトース水溶液の原液は水分量が少なく、高粘度で表面が固化しやすいが、水を加えることにより適度な粘度を実現しつつ、表面の固化も防ぐことができる。

【0022】

本発明の平面度測定装置の動作を確認するために、鋼製の定盤を被測定面と見立ててその一部の平面度を測定した。その結果を図10に示す。

測定は、定盤面上の15cmのラインに沿って行った。途中2カ所、10cmの間隔を置いて5mm幅に切断したセロテープが、マーカーとして定盤に貼り付けてある。

図10は、デジタルストレージオシロスコープを低速掃引させた状態で、手動により平面度測定装置を1往復させ、その時の光式変位センサからのアナログ出力を記録したものである。位置センサの感度は、 $100\mu\text{m}/\text{V}$ であるので、オシロスコープの1目盛（ 200mV ）は $20\mu\text{m}$ に相当する。手動のため往と復で速度が異なり、横軸（時間軸）は倍率が一定ではないが、縦軸の対応する位置の高さ（液面に対する変動）は、マーカーのセロテープを含め、 $1/1000$ のオーダーで一致している。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明に係る平面度測定装置の基本原理を示す正面図である。

【図2】本発明に係る平面度測定装置の基本原理を示す同側面図である。

【図3】本発明の実施の形態に係る平面度測定装置全体の側面図である。

【図4】本発明の実施の形態に係る平面度測定装置の本体正面図である。

【図5】本発明の実施の形態に係る平面度測定装置の本体側面図である。

【図6】本発明の実施の形態に係る平面度測定装置の本体上面図である。

【図7】本発明の実施の形態に係る平面度測定装置のクロスローラガイドの断面図である。

【図8】本発明の実施の形態に係る平面度測定装置の光式変位センサの原理を説明する正面図である。

【図9】本発明の実施の形態に係る平面度測定装置のガイドレール及び液槽を主に説明するための斜視図である。

【図10】本発明の平面度測定装置を用いて平面度を測定した結果を示す図である。

【符号の説明】

【0024】

- 1 平面度測定装置本体
- 2 液槽
- 3 水平方向ガイドレール
- 4 光式変位センサ
- 5 表示一体型コントローラ
- 6 ケーブル
- 7 パソコン
- 11 3輪ガイド台

10

20

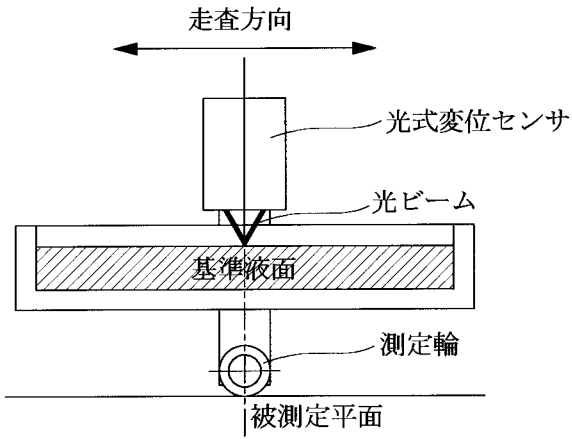
30

40

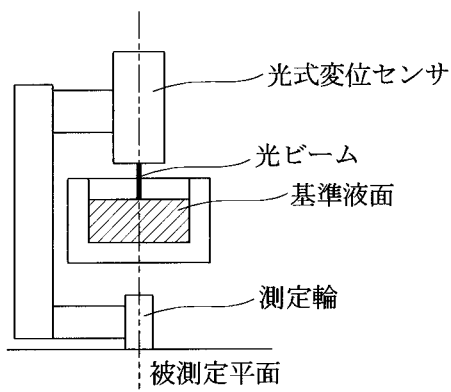
50

1 2	クロスローラガイド	
1 3	ガイド車輪	
1 4	転動輪	
1 5	吸着マグネット	
1 6	ロータリエンコーダ	
1 7	信号線	
1 8	測定輪	
2 0	上側ステージ	
2 1	下側ステージ	
2 2	マイクロメーター	10
2 3	ブラケット	
2 4	軸	
2 5	固定ガイド	
2 6	レール	
2 7	ボルト	
2 8	レール	
2 9	ボルト	
3 0	凸部	
3 1	半導体レーザー	
3 2	光位置検出素子	20
3 3	半導体レーザーの光	
3 4	投光レンズ	
3 5	液槽の液面	
3 6	受光レンズ	
3 7	ガイド面	
3 8	スリット	
3 9	足	
4 0	バランスウエイト	
5 0	被測定物	30

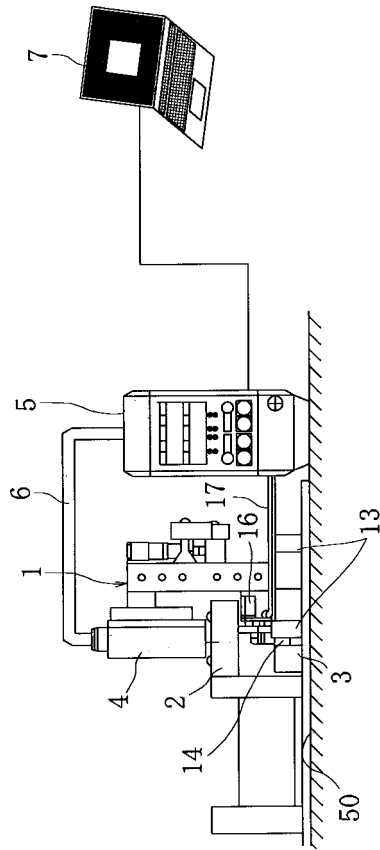
【図1】



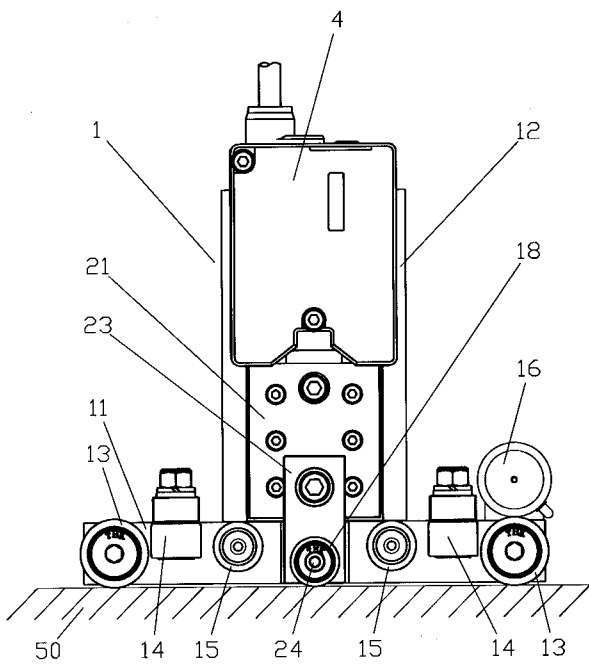
【図2】



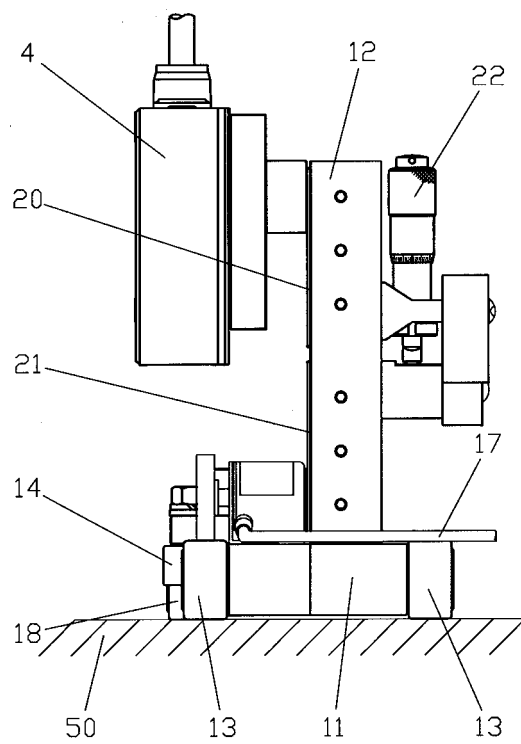
【図3】



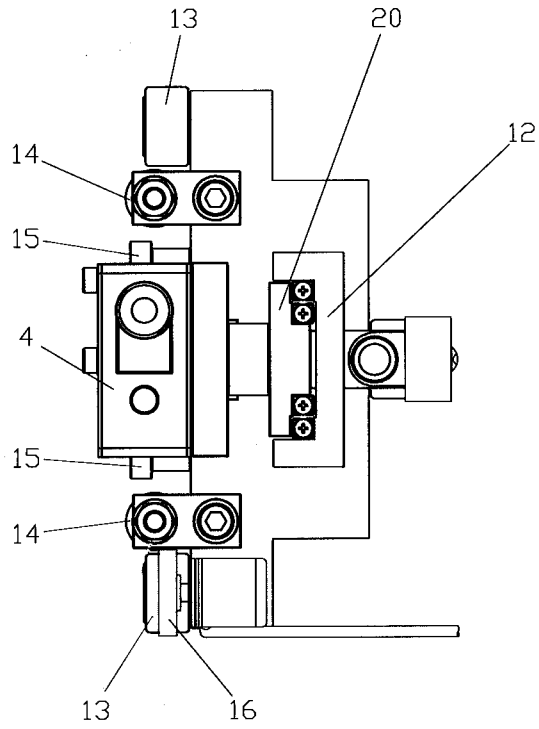
【図4】



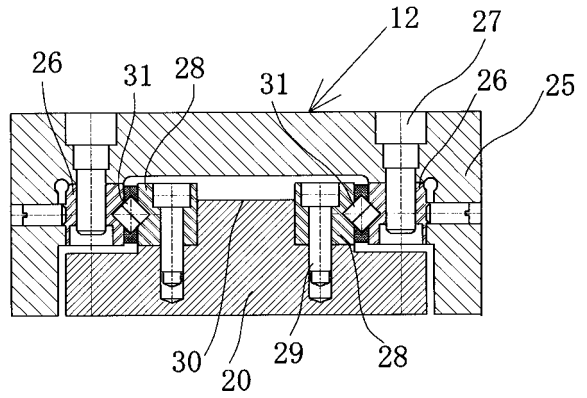
【図5】



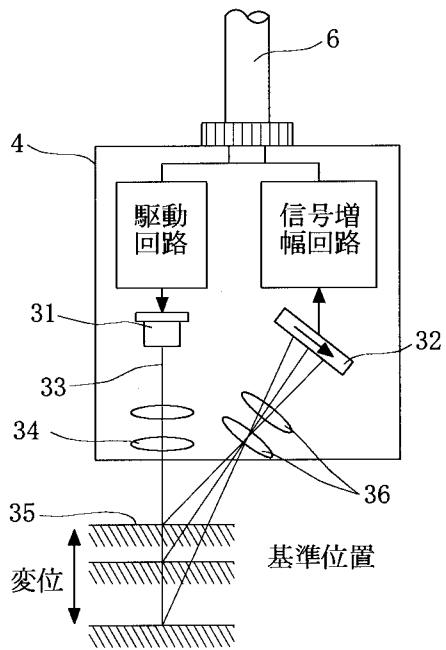
【図6】



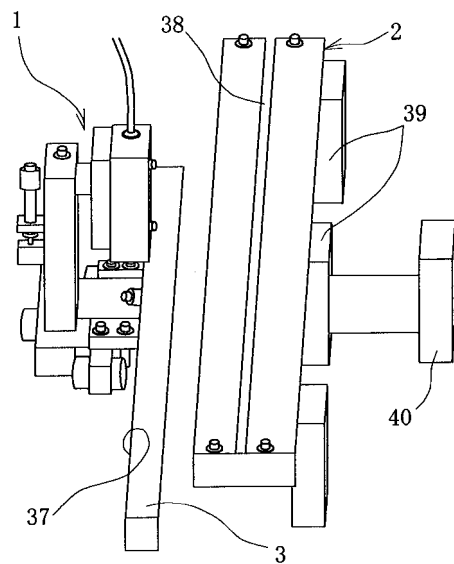
【図7】



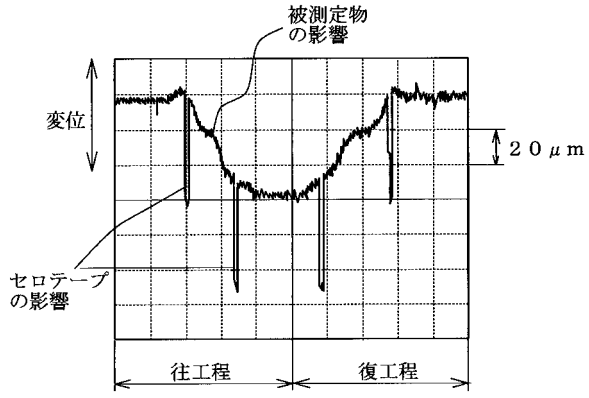
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2003-337019(JP,A)
特開平10-221045(JP,A)
実開昭54-160051(JP,U)
実開昭63-165512(JP,U)
特開平02-251717(JP,A)
特開平07-270145(JP,A)
特開平06-102030(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 11/00~11/30
G01B 21/00~21/32
G01C 7/02