

(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2018-66629

(P2018-66629A)

(43) 公開日 平成30年4月26日(2018.4.26)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 L 1/04 (2006.01)	GO 1 L 1/04	
GO 1 G 3/12 (2006.01)	GO 1 G 3/12	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2016-204940 (P2016-204940)	(71) 出願人	000204284 太陽誘電株式会社 東京都中央区京橋二丁目7番19号
(22) 出願日	平成28年10月19日(2016.10.19)	(74) 代理人	100104215 弁理士 大森 純一
		(74) 代理人	100196575 弁理士 高橋 満
		(72) 発明者	官澤 冬樹 東京都台東区上野6丁目16番20号 太陽誘電株式会社内
		(72) 発明者	小山 勝弘 東京都台東区上野6丁目16番20号 太陽誘電株式会社内

最終頁に続く

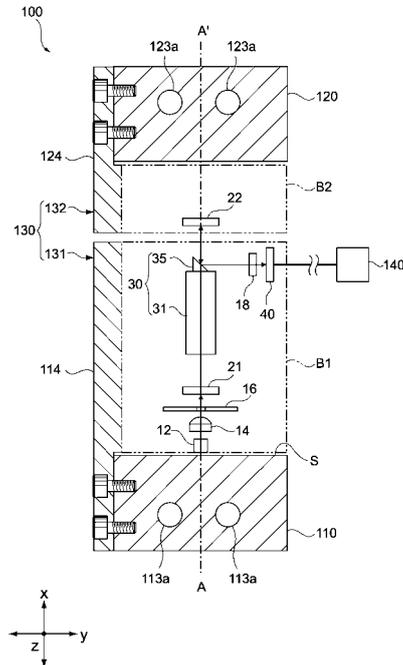
(54) 【発明の名称】 ロードセル

(57) 【要約】

【課題】計測精度の更なる向上を図ることができるロードセルを提供する。

【解決手段】本技術の一形態に係るロードセルは、起歪体と、第1の光学ユニットと、第2の光学ユニットと、検出器と、演算部とを具備する。上記第1の光学ユニットは、光源と、上記光源からの光が入射する第1の回折格子と、受光部とを有する。上記第1の光学ユニットは、上記起歪体の第1の端部に固定され、上記起歪体の中空部に配置される。上記第2の光学ユニットは、上記第1の回折格子から出射した回折光が入射することにより、上記受光部で受光される干渉光を生成する第2の回折格子を有する。上記第2の光学ユニットは、上記起歪体の第2の端部に固定され、上記中空部に配置される。上記検出器は、上記干渉光を検出する。上記演算部は、上記検出器により得られる信号に基づいて上記第1の回折格子に対する上記第2の回折格子の相対変位量を演算する

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の端部と、前記第 1 の端部と一軸方向に対向する第 2 の端部と、前記第 1 の端部と前記第 2 の端部との間に設けられた中空部とを有する起歪体と、

光源と、前記光源からの光が入射する第 1 の回折格子とを有し、前記第 1 の端部に固定され、前記中空部に配置される第 1 の光学ユニットと、

前記第 1 の回折格子から出射した回折光が入射することにより干渉光を生成する第 2 の回折格子を有し、前記第 2 の端部に固定され、前記中空部に配置される第 2 の光学ユニットと

前記干渉光を検出する検出器と、

10

前記検出器により得られる信号に基づいて前記第 1 の回折格子に対する前記第 2 の回折格子の相対変位量を演算する演算部と

を具備するロードセル。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のロードセルであって、

前記第 1 の回折格子および前記第 2 の回折格子は、前記中空部の中心を通り前記一軸方向に平行な中心軸上にそれぞれ配置される

ロードセル。

【請求項 3】

請求項 2 に記載のロードセルであって、

20

前記第 2 の端部に固定され、重量を測定する対象の物体が載せられる載せ台をさらに具備し、

前記第 1 の回折格子および前記第 2 の回折格子は、前記載せ台の重心の直下の位置に配置される

ロードセル。

【請求項 4】

請求項 1 に記載のロードセルであって、

前記第 1 の回折格子および前記第 2 の回折格子は、前記中空部の中心を通り前記一軸方向に平行な中心軸から、前記起歪体の幅方向にオフセットした位置にそれぞれ配置される

ロードセル。

30

【請求項 5】

請求項 4 に記載のロードセルであって、

前記起歪体は、前記第 1 の端部と前記第 2 の端部とを相互に連結し前記中空部を挟んで対向する一对の架橋部をさらに有し、

前記一对の架橋部の少なくとも 1 つは、前記一軸方向に直交する前記起歪体の幅方向に関して異なる厚みを有する

ロードセル。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

40

本技術は、ロードセルに関し、特にロードセルの計測精度の向上に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば特許文献 1 には、歪みゲージが二対、起歪体と呼ばれる弾性体ブロックに貼り付けられた歪みゲージ式ロードセルに関する技術が開示されている。電子秤ないしロードセルの技術分野においては、特許文献 1 のように歪みゲージを起歪体の応力集中部に貼り、荷重時の歪みを検出して、検出した歪みに応じた重量を計算によって求める方法が従来知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【 0 0 0 3 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 7 - 2 1 2 2 5 5 号 公 報

【 発 明 の 概 要 】

【 発 明 が 解 決 し よ う と す る 課 題 】

【 0 0 0 4 】

近年、ロードセルに対する計測精度の向上が要求されている。しかしながら、歪みゲージ式ロードセルではSN比(S/N)の向上に限界があり、したがって計測精度の更なる向上を図ることが困難であった。

【 0 0 0 5 】

以上のような事情に鑑み、本技術の目的は、計測精度の更なる向上を図ることができるロードセルを提供することにある。

【 課 題 を 解 決 す る た め の 手 段 】

【 0 0 0 6 】

本技術の一形態に係るロードセルは、起歪体と、第1の光学ユニットと、第2の光学ユニットと、検出器と、演算部とを具備する。

上記起歪体は、第1の端部と、上記第1の端部と一軸方向に対向する第2の端部と、上記第1の端部と上記第2の端部との間に設けられた中空部とを有する。

上記第1の光学ユニットは、光源と、上記光源からの光が入射する第1の回折格子と、受光部とを有する。上記第1の光学ユニットは、上記第1の端部に固定され、上記中空部に配置される。

上記第2の光学ユニットは、上記第1の回折格子から出射した回折光が入射することにより、上記受光部で受光される干渉光を生成する第2の回折格子を有する。上記第2の光学ユニットは、上記第2の端部に固定され、上記中空部に配置される。

上記検出器は、上記干渉光を検出する。

上記演算部は、上記検出器により得られる信号に基づいて上記第1の回折格子に対する上記第2の回折格子の相対変位量を演算する。

【 0 0 0 7 】

上記ロードセルは、第1の回折格子と第2の回折格子とにより生成される回折光の干渉光に基づいて第1の端部に対する第2の端部の相対変位量を演算するように構成されているため、分解能が高くS/Nの高い高精度な荷重計測を行うことができる。

【 0 0 0 8 】

上記第2の回折格子は、上記一軸方向に平行な上記起歪体の中心軸上にそれぞれ配置されてもよい。この構成は、起歪体に対する測定対象の相対位置が一様でない場合などにおいて、測定対象物の偏置誤差を抑えて高精度な荷重測定を行うことが可能となる。

【 0 0 0 9 】

この場合、上記ロードセルは、上記第2の端部に固定され測定対象物が載せられる載せ台をさらに具備してもよい。この場合、上記第2の回折格子は、上記載せ台の重心の直下の位置に配置される。

【 0 0 1 0 】

一方、上記第2の回折格子は、上記一軸方向に平行な上記起歪体の中心軸から、上記起歪体の幅方向にオフセットした位置にそれぞれ配置されてもよい。このような構成は、起歪体に対する測定対象の相対位置が一様である場合などにおいて、起歪体のクリープによる測定値の変動を抑えて高精度な荷重測定を行うことが可能となる。

【 0 0 1 1 】

上記起歪体は、典型的には、上記第1の端部と上記第2の端部とを相互に連結し上記中空部を挟んで対向する一对の架橋部をさらに有する。この場合、上記一对の架橋部の少なくとも1つは、上記起歪体の幅方向に関して異なる厚みを有してもよい。

【 発 明 の 効 果 】

【 0 0 1 2 】

以上のように、本技術によれば、計測精度の更なる向上を図ることができる。

10

20

30

40

50

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の一実施形態に係るロードセルの外観斜視図である。

【図2】上記ロードセルを備えた荷重測定システムの概略側面図である。

【図3】上記ロードセルの概略平面断面図である。

【図4】上記ロードセルの光学系を説明する概略斜視図である。

【図5】上記ロードセルの光学系を説明する概略側面図である。

【図6】上記ロードセルによる荷重の検出態様を示す図である。

【図7】上記ロードセルの作用を説明する概略上面図である。

【図8】図7に示すロードセルの作用を説明する一実験結果である。

10

【図9】上記ロードセルの作用を説明する概略正面図である。

【図10】本発明の他の実施形態に係るロードセルの概略断面図である。

【図11】上記ロードセルの作用の一例を説明する実験結果である。

【図12】上記ロードセルの作用の一例を説明する実験結果である。

【図13】(a)は上記ロードセルにおける起歪体の構成の変形例を示す概略断面図であり、(b)は(a)におけるE-E線断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本技術に係る実施形態を、図面を参照しながら説明する。

【0015】

20

< 第1の実施形態 >

図1は、本発明の第1の実施形態に係るロードセル100の外観を示す概略斜視図、図2は、ロードセル100を含む荷重測定システム1の概略側面図である。

なお図においてx軸、y軸、及びz軸は、相互に直交する3軸方向を示しており、x軸およびy軸は水平方向を、z軸は高さ方向にそれぞれ相当する。

【0016】

図1に示すように、ロードセル100は、起歪体101と、光変位センサ130と、演算部140とを備える。図2に示すように、荷重測定システム1は、ロードセル100と、固定台104と、載せ台105とを備える。

【0017】

30

[起歪体]

起歪体101は、x軸方向に長さ方向、y軸方向に幅方向、z軸方向に高さ(厚さ)方向を有する直方体、あるいはそれに準じる形状に構成される。起歪体101は、外部応力に比例して変形する弾性体で構成され、典型的には、アルミニウム合金等の金属ブロックで構成される。なお図中、A-A軸は、起歪体101の中心を通りx軸方向に平行な中心軸を示している。

【0018】

起歪体101は、第1の端部110と、第2の端部120と、中空部Sと、2つの架橋部102, 103とを有する。

【0019】

40

第1の端部110および第2の端部120は、x軸方向に相互に対向する。第1の端部110は、起歪体101の固定側の端部(固定端)に相当し、図2に示すように、作業台や架台等の静止系に設置された固定台104に固定される。一方、第2の端部120は、起歪体101の可動側の端部(自由端)に相当し、図2に示すように、測定対象が載置される載せ台105の底部に固定される。

【0020】

中空部Sは、第1の端部110と第2の端部120との間に設けられ、起歪体101をその幅方向(y軸方向)に貫通するx軸方向に長手の貫通孔で構成される。中空部Sには、後述するように光変位センサ130の少なくとも一部が収容される。

【0021】

50

架橋部 102, 103 は、中空部 S を挟んで z 軸方向に相互に対向する板部で構成される。架橋部 102, 103 は、第 1 の端部 110 と第 2 の端部 120 とを相互に連結し、一方の架橋部 102 は起歪体 101 の上面を、他方の架橋部 103 は起歪体 101 の下面をそれぞれ構成する。架橋部 102, 103 は、荷重印加時において第 2 の端部 120 を第 1 の端部 110 に対して z 軸方向に相対変位させる、起歪体 101 の主要な変形領域を構成する。

【0022】

なお、第 1 の端部 110 および第 2 の端部 120 は、荷重印加時に変形しないか、変形するとしてもその変形量は架橋部 102, 103 の変形と比較して無視できるほど小さくなるように構成される。

10

【0023】

固定台 104 は、第 1 の端部 110 の下面に固定される。第 1 の端部 110 には、第 1 の端部 110 と固定台 104 との間を結合するための締結具（図示略）が螺合する複数のネジ孔 113a が設けられている。一方、載せ台 105 は、第 2 の端部 120 の上面に固定される。第 2 の端部 120 には、第 2 の端部 120 と載せ台 105 との間を結合するためのネジ等の締結具（図示略）が螺合する複数のネジ孔 123a が設けられている。

【0024】

[光変位センサ]

光変位センサ 130 は、起歪体 101 の第 1 の端部 110 に固定される第 1 の光学ユニット 131 と、起歪体 101 の第 2 の端部 120 に固定される第 2 の光学ユニット 132 とを有する。

20

【0025】

第 1 の光学ユニット 131 および第 2 の光学ユニット 132 は、起歪体 101 の中空部 S において x 軸方向に対向して配置される第 1 の光学ブロック B1 および第 2 の光学ブロック B2 をそれぞれ有する。

第 1 の光学ブロック B1 は、第 1 の端部 110 の一側面にネジ固定された第 1 の支持アーム 114 に一体的に接続され、中空部 S にその内壁面とは非接触で配置される。

第 2 の光学ブロック B2 は、第 2 の端部 120 の一側面にネジ固定された第 2 の支持アーム 124 に一体的に接続され、中空部 S にその内壁面および第 1 の光学ブロック B1 とは非接触で配置される。

30

【0026】

図 3 は、ロードセル 100（光変位センサ 130）の内部構造を示す中心軸 AA に沿った x y 平面に平行な概略断面図、図 4 は、光変位センサ 130 の光学系を説明する概略斜視図、図 5 は、光変位センサ 130 の光学系を説明する x z 平面に平行な概略側面図である。

【0027】

図 3 に示すように、第 1 の光学ブロック B1 は、光源 12 と、コリメートレンズ 14、18 と、アパーチャ部材 16 と、第 1 の回折格子 21 と、光学部材 30 と、光検出器（PD: Photo Detector（または、Photo Diode））40 とを有する。第 2 の光学ブロック B2 は、第 2 の回折格子 22 を有する。なお図 5 では、光源 12、コリメートレンズ 14、18、アパーチャ部材 16、光検出器 40 の図示が省略されている。

40

【0028】

本実施形態のロードセル 100 は、第 1 の回折格子 21 が第 1 の光学ブロック B1 に支持され、第 2 の回折格子 22 が第 1 の光学ブロック B1 に対して z 軸方向に相対変位可能な第 2 の光学ブロック B2 に支持される。すなわちロードセル 100 は、これら 2 つの回折格子 21, 22 間の z 軸方向の相対変位量に基づいて、起歪体 101 に加わる荷重、あるいは起歪体 101 の歪み、あるいは載せ台 105 に載置される測定対象の重量を検出するように構成される。

【0029】

光源 12 は、LD（Laser Diode）または LED（Light Emitting Diode）であり、図

50

示しないドライバにより駆動される。光源 1 2 は、例えば400nm ~ 900nmで設定される中心波長を持つレーザ光を発生する発光素子であるが、もちろんこのような構成に限られない。

【0030】

コリメートレンズ 1 4 は、光源 1 2 から出射された光を平行光にする。少なくともこれら光源 1 2 およびコリメートレンズ 1 4 により、平行光を発生する光学系が構成される。アパーチャ部材 1 6 は、コリメートレンズ 1 4 から出射された光のビーム径を所定のビーム径に絞る機能を有する。コリメートレンズ 1 4 やアパーチャ部材 1 6 は、原理的には無くても構わない。

【0031】

第 1 の回折格子 2 1 および第 2 の回折格子 2 2 は、共に、同じピッチ P (図 5 参照) で同じ向きに形成された複数の格子線 (格子溝) 2 1 a、2 2 a を有する。第 1 の回折格子 2 1 および第 2 の回折格子 2 2 は、格子線 2 1 a、2 2 a の配列方向 (図では z 軸方向) に相対的に変位することが可能に構成されている。この光変位センサ 1 3 0 は、その相対変位を計測する。

【0032】

第 1 の回折格子 2 1 は透過型の回折格子である。図 5 に示すように、第 1 の回折格子 2 1 は、光源 1 2 から出射された、アパーチャ部材 1 6 からの光を受け、回折光 2 3 (2 3 A、2 3 B) を出射する。この回折光には、複数の次数の回折光、つまり ± 1 次、 ± 2 次、 \dots $\pm n$ (n は自然数) 次の各回折光が含まれる。また、この回折光には、第 1 の回折格子 2 1 をその格子面に垂直に透過する 0 次回折光 (以下、0 次光と言う。) 2 6 も含まれる。

【0033】

説明の便宜上、図 5 を参照して x 軸に沿う線であって、第 1 の回折格子 2 1 および第 2 の回折格子 2 2 の中心を通る軸線に対して、図中右側に発生する回折光 2 3 A を正 (+) の回折光とし、左側に発生する回折光 2 3 B を負 (-) の回折光とする。

【0034】

光学部材 3 0 は、第 1 の回折格子 2 1 から出射された各次数の回折光のうち、特定の 1 の次数の回折光である $\pm m$ 次回折光 2 3 を反射して、第 2 の回折格子 2 2 に導くように構成されている。 $\pm m$ 次回折光 2 3 は、典型的には ± 1 次回折光であるが、例えば ± 2 次、またはそれ以降の他の回折光であってもよい。

【0035】

光学部材 3 0 は、例えば直方体形状の導光部材 3 1 と、これに接続されたプリズムミラー 3 5 とを有する。すなわち、導光部材 3 1 とプリズムミラー 3 5 とは一体で設けられている。

【0036】

プリズムミラー 3 5 は、例えば導光部材 3 1 の x 軸方向の一側面に取り付けられている。プリズムミラー 3 5 は、図 1 に示すように、透明部材の内部に x 軸に対して例えば 45° に配置されたミラー部 3 5 a を有する。プリズムミラー 3 5 は、後述するように、第 2 の回折格子 2 2 において反射された光を光検出器 4 0 に向けて直角に反射する機能を有する。また、プリズムミラー 3 5 は、第 1 の回折格子 2 1 から出射された 0 次光 2 6 を第 2 の回折格子 2 2 側へ導かないように、光検出器 4 0 とは反対側へ反射する反射部材として機能する。

【0037】

導光部材 3 1 の z 軸方向の両側面は、対向する平行な一対の反射面 3 3 a、3 3 b として設けられている。この一対の反射面 3 3 a、3 3 b に、第 1 の回折格子 2 1 で生成された $+m$ 次回折光 2 3 A および $-m$ 次回折光 2 3 B がそれぞれ入射し、一対の反射面 3 3 a、3 3 b はそれらの回折光を第 2 の回折格子 2 2 に導く。

【0038】

一対の反射面 3 3 a、3 3 b は、第 1 の回折格子 2 1 からの $\pm m$ 次回折光 2 3 を全反射

10

20

30

40

50

してもよいし、部分反射してもよい。全反射するか否かは、光の波長、回折格子の構造、各光学部品の配置設計などによる。あるいは、一对の反射面 3 3 a , 3 3 b には、例えば金属膜で構成される反射膜がそれぞれ形成されていてもよい。

【 0 0 3 9 】

導光部材 3 1 の透明材本体が無く、一对の反射面は物理的に独立した 2 つのミラーであってもよい。しかし、導光部材 3 1 の両側面が一对の反射面 3 3 a , 3 3 b として利用され、つまり導光部材 3 1 と一对の反射面 3 3 a , 3 3 b とが一体で設けられることにより、この一对の反射面 3 3 a , 3 3 b を含む導光部材 3 1 の製造が容易になる。また、一对の反射面 3 3 a , 3 3 b の相対的な位置決めが容易になる。

【 0 0 4 0 】

これと同様に、導光部材 3 1 とプリズムミラー 3 5 とは別体であってもよいが、これらが一体で設けられることにより、光学部材 3 0 の製造が容易になり、また、導光部材 3 1 およびプリズムミラー 3 5 の相対的な位置決めが容易になる。

【 0 0 4 1 】

導光部材 3 1 を構成する材料は、例えば石英ガラスである。しかし、他のガラスや、ガラス以外の透明材料であってもよい。例えば樹脂材料から成る透明材料が選択できる。反射面 3 3 a , 3 3 b の面精度は、光源 1 2 が出射する光の中心波長を（例えば $\lambda = 633\text{nm}$ ）とすると、 $\lambda/4$ 以下とされることが好ましい。これら反射面 3 3 a , 3 3 b の面精度が低い場合、所望の形態の干渉光 2 7（後述）を得ることができず、計測精度が低下するおそれがある。

【 0 0 4 2 】

また、反射面 3 3 a , 3 3 b の平行度（角度）は、1分以下とされ、好ましくは30秒以下とされる。反射面 3 3 a , 3 3 b の平行度も、所望の形態の干渉光 2 7 を得るための重要な要素である。

【 0 0 4 3 】

導光部材 3 1 の反射面 3 3 a , 3 3 b の、第 1 の回折格子 2 1 および第 2 の回折格子 2 2 が配列される方向（x 軸方向）の長さ a、および、それに直交する方向（y 軸方向）の長さ b は、特に限定されない。例えば $a = 5\text{mm} \sim 10\text{mm}$ 、 $b = 2\text{mm} \sim 5\text{mm}$ とされ、寸法公差は $\pm 0.1\text{mm}$ とされる。この場合、第 1 の回折格子 2 1 および第 2 の回折格子 2 2 の格子線のピッチは、 $1\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ とされ、好ましくは $1.5\mu\text{m} \sim 4\mu\text{m}$ 、より好ましくは $2\mu\text{m}$ とされる。なお、反射面 3 3 a , 3 3 b の z 軸方向の長さは、光の波長、回折格子の構造、各光学部品の配置設計などによって設定される。

【 0 0 4 4 】

第 2 の回折格子 2 2 は反射型の回折格子である。第 2 の回折格子 2 2 には、光学部材 3 0 から出射された $\pm m$ 次回折光 2 3 が入射することにより、干渉光 2 7 を生成して出射する機能を有する。具体的には、図 5 に示すように、 $+m$ 次回折光 2 3 A が第 2 の回折格子 2 2 の格子面で反射された $\pm p$ 次回折光（ p は m を含む自然数）が生成される。 $-m$ 次回折光 2 3 B も第 2 の回折格子 2 2 の格子面で反射されることにより、 $\pm p$ 次回折光が生成される。

【 0 0 4 5 】

なお、第 2 の回折格子 2 2 で生成された $+m$ 次回折光 2 3 A による 0 次光は、 $-m$ 次回折光 2 3 B が進行してきた光路を戻す。第 2 の回折格子 2 2 で生成された $-m$ 次回折光 2 3 B による 0 次光は、 $+m$ 次回折光 2 3 A が進行してきた光路を戻す。

【 0 0 4 6 】

なお、反射型の第 2 の回折格子 2 2 は、主材料が透明材料で構成される回折格子の格子パターン領域の表面（格子面）に金属膜が形成されるように構成されていてもよいし、または、主材料が金属で構成されていてもよい。

【 0 0 4 7 】

図 5 では、第 2 の回折格子 2 2 から出射する回折光としての $\pm p$ 次回折光のうち $-m'$ 次回折光 2 5（2 5 A、2 5 B）のみを示している。この「 m' 」は、一对の反射面 3 3

10

20

30

40

50

a, 3 3 bで反射された回折光の次数である「m」と同じ次数を意味する。説明をわかり易くするため、第1の回折格子2 1から出射する回折光の次数に対して、第2の回折格子2 2から出射する回折光の次数に「'」に形式的に付しているが、これらの次数は同じである。

【0048】

典型的には、 $\pm m$ 次回折光2 3が上記したように ± 1 次回折光である場合、 $\pm m'$ 次回折光2 5も ± 1 次回折光である。これら $+m'$ 次回折光2 5 Aおよび $-m'$ 次回折光2 5 Bが干渉することで、干渉光2 7が生成される。干渉光2 7は、x軸方向に沿ってプリズムミラー3 5に入射する。

【0049】

プリズムミラー3 5は、第1の面およびその反対側に設けられた第2の面を有する。第1の面は、第1の回折格子2 1および導光部材3 1を透過してx軸方向に沿って進行する0次光2 6を、z軸方向へ直角に反射し、光検出器4 0が配置される側とは逆側へ進行させる。第2の面は、第2の回折格子2 2で生成された $\pm m'$ 次回折光2 5 (2 5 A、2 5 B)が干渉して得られる干渉光2 7を、z軸方向へ直角に反射し、光検出器4 0へ向けて進行させる。

【0050】

光検出器4 0は、第2の回折格子2 2から出射された干渉光2 7を検出する。第1の回折格子2 1および第2の回折格子2 2が相対的にz軸方向に移動するとき、光検出器4 0は、格子線2 1 a (2 2 a)のピッチごとに、明暗のセットを1周期とする周期性の光量(光強度に対応)を得る。その周期性を持つ波形は、典型的にはサインカーブとなる。光検出器4 0は、検出した光量を電気信号に変換して演算部1 4 0に出力する。

【0051】

演算部1 4 0は、光検出器4 0と電氣的に接続される。演算部1 4 0は、典型的には、起歪体1 0 1の外部に配置される。演算部1 4 0は、例えばAD変換器および演算回路を備える。演算回路は、上記電圧信号に応じた変位を出力するように構成される。AD変換器および/または演算回路は、光検出器4 0に一体に設けられていてもよい。

【0052】

以上のように構成される本実施形態の光変位センサ1 3 0においては、導光部材3 1に設けられた対向する平行な一対の反射面3 3 a, 3 3 bにより特定次数の回折光であるm次回折光がそれぞれ反射させられ、第2の回折格子2 2に導かれる。また、プリズムミラー3 5により0次光2 6が光検出器4 0とは反対側へ反射される。すなわち、実質的に $\pm m$ 次回折光2 3のみが第2の回折格子2 2に入射し、0次光2 6を含む他の次数の回折光である変位計測に不要な光が機械的に遮断される。したがって、不要な光が光検出器4 0に入射することによるノイズの発生を実質的に無くすることができ、変位の計測精度を高めることができる。

【0053】

特に本実施形態によれば、第1の回折格子2 1からの0次光2 6を反射する機能、および第2の回折格子2 2からの干渉光2 7を反射する機能を、1つのプリズムミラー3 5で兼用でき、光学ユニットの小型化に寄与する。

【0054】

[本実施形態の作用]

図6 (a)は、比較例として、従来の歪みゲージを貼り付けたロードセルに荷重をかけたときの計測態様を示す図である。図6 (b)は本実施形態に係るロードセル1 0 0に荷重をかけたときの計測態様を示す図である。図6ではいずれも横軸に時間、縦軸に荷重の検出値をとり、荷重(1)を印加したとき及び荷重(1)を取り除いたときの検出値の変化と、荷重(2)を印加したとき及び荷重(2)を取り除いたときの検出値の変化が示されている。図6 (b)に示すように、本実施形態に係るロードセル1 0 0によれば、比較例よりも荷重印加中における出力変化が少なく、したがって起歪体1 0 1に作用する荷重を高精度に検出することができる。

10

20

30

40

50

【0055】

以上のように、本実施形態に係るロードセル100は、第1の回折格子21と第2の回折格子22とにより生成される回折光の干渉光に基づいて第1の端部に対する第2の端部の相対変位量を演算するように構成されているため、分解能が高くS/Nの高い高精度な荷重計測を行うことができる。

【0056】

さらに本実施形態に係るロードセル100においては、図3に示すように、第2の回折格子22が起歪体101の中心軸AA上に配置されている。このため、載せ台105に対する測定対象の載置位置の相違による測定誤差（以下、偏置誤差ともいう）を抑制することができる。

10

ここで、偏置誤差とは、載せ台105に載せる測定対象の位置の違いによって現れる測定値の誤差をいう。

【0057】

本発明者らは、図7(a)に示すように、平面的に見て、第2の回折格子22が起歪体101の中心軸AAからy軸方向にオフセットするように設計された光学系を備えたロードセル100Aと、図7(b)に示すように、平面的に見て、第2の回折格子22が起歪体101の中心軸AA上に位置するように設計された光学系を備えたロードセル100を用意した。そして、これらロードセル100A、100に平面形状が正方形の載せ台105を設置し、載せ台105の重心（中心）位置Gから離れた4つの位置（本例では載せ台105の四隅位置）に所定重量の測定対象を載置したときの各ロードセル100A、100の出力（測定結果）を評価した。その評価結果を図8(a)、(b)に示す。なお、載せ台105の重心位置Gは、載せ台105の各辺の垂直二等分線に相当する対称軸BB、CCの交点である。対称軸BBは、起歪体101の中心軸AAと平面視において一致する。

20

【0058】

図8(a)は、図7(a)に示すロードセル100Aの出力であり、図8(b)は、図7(b)に示すロードセル100の出力(z)である。各図において、横軸は測定対象の載置位置、縦軸は出力をそれぞれ示し、「WL1」、「WL2」、「WR1」および「WR2」は、図7(a)、(b)に示す載せ台105上の測定対象Wの載置点にそれぞれ対応する。各載置点は、載せ台105の重心位置Gから等距離の位置とした。本実験例では、WL1 WL2 WR2 WR1の順で測定対象の載置位置を変更し、各載置位置におけるロードセルの出力（変位量）をそれぞれ測定した。

30

【0059】

図8(a)、(b)に示すように、図7(a)に示すロードセル100Aにおいては、載せ台105上の測定対象の位置によって測定結果が異なる（偏置誤差が大きい）のに対して、図7(b)に示すロードセル100においては、測定対象の位置によらずほぼ一定の（偏置誤差が小さい）測定結果が得られた。これは、ロードセル100A、100における第2の回折格子22の位置と、載せ台105の重心位置Gとの間の相対位置の違いによるものである。

【0060】

特に本実験例では、図7(a)に示すロードセル100Aにおいては、第2の回折格子22の位置が載せ台105の重心位置Gからオフセットした位置に配置され、図7(b)に示すロードセル100においては、第2の回折格子22の位置が載せ台105の重心位置Gとほぼ一致する。後者であるロードセル100においては、第2の回折格子22が各載置点（WL1、WL2、WR1、WR2）から見て対称な位置にあるため、測定対象の載置位置による出力誤差（偏置誤差）が効果的に抑制されるものと考えられる。

40

【0061】

第2の回折格子22の位置が起歪体101の中心軸AAからオフセットしているロードセル100Aの出力が測定対象の載置位置によって異なる理由は、以下のように考えることができる。図9は、ロードセル100Aと載せ台105との関係を模式的に示す正面

50

図であり、(a)は荷重無印加時、(b)、(c)は荷重印加時をそれぞれ示している。なお各図中、符号PSは、荷重無印加時における第2の回折格子22の光軸位置が属する基準平面である。

【0062】

ここで、図9(b)に示すように、WL1-WL2側に測定対象Wが偏置された場合、起歪体101は中心軸に関して反時計方向の捩じり応力を受けることで図中左方側へ変形する。このとき、梶子の原理により、起歪体101を支点、測定対象Wの載置ポイントを力点、第2の回折格子22の設置ポイントを作用点とすると、第2の回折格子22のz軸上の位置(高さ)は、荷重無印加時の位置(PS)よりもわずかに上方へ変位する。その結果、第1の回折格子21に対する第2の回折格子22の変位量(z)は、上記変位分だけ減じられることになる(図8(a)のWL1、WL2の出力参照)。

10

【0063】

一方、図9(c)に示すように、WR1-WR2側に測定対象Wが偏置された場合、起歪体101は中心軸に関して時計方向の捩じり応力を受けることで図中右方側へ変形するため、上記とは反対に、第2の回折格子22のz軸上の位置(高さ)は、荷重無印加時の位置(PS)よりもわずかに下方へ変位する。その結果、第1の回折格子21に対する第2の回折格子22の変位量(z)は、上記変位分だけ上乗せされることになる(図8(a)のWR1、WR2の出力参照)。

【0064】

以上のように、第2の回折格子22の位置が起歪体101の中心軸AA(対称軸BB)からオフセットしている場合には、WL1-WL2側とWR1-WR2側との間で大きな偏置誤差が発生しやすい。このため、第2の回折格子22の位置を中心軸AA(対称軸BB)上に設定することで、載せ台105のy軸方向の偏置誤差を小さくすることができる。一方、第2の回折格子22の位置を対称軸CC上に設定することで、載せ台105のx軸方向の偏置誤差を小さくすることができる。さらに、第2の回折格子22の位置を中心軸AA(対称軸BB)と対称軸CCとの交点(すなわち重心位置G)に設定することで、x、yの各軸方向の偏置誤差を同時に小さくすることができる(図8(b)参照)。

20

【0065】

以上、本実施形態によれば、第2の回折格子22が載せ台105の重心位置Gの直下に配置されるため、偏置誤差による測定値のバラツキを抑えて高精度な荷重測定を行うことができる。したがって、起歪体101に対する測定対象Wの相対位置(載せ台105に対する測定対象Wの載置位置)が一様でない測定環境などにおいて有利となる。

30

【0066】

<第2の実施形態>

図10は、本発明の第2の実施形態に係るロードセル200の構成を示す概略断面図である。以下、第1の実施形態と異なる構成について主に説明し、第1の実施形態と同様の構成については同様の符号を付しその説明を省略または簡略化する。

【0067】

ロードセル200は、光変位センサ230の構成が上述の第1の実施形態と異なる。すなわち本実施形態の光変位センサ230は、第2の回折格子22が起歪体101の中心軸AAから起歪体101の幅方向(y軸方向)にオフセットした位置に配置されている。

40

【0068】

第2の回折格子22を上記位置に設定するために、本実施形態では、第1の光学ブロックB1および第2の光学ブロックB2の光軸が中心軸Aよりも起歪体101の幅方向(y軸方向)に所定距離だけオフセットした位置に設定される。これにより、第1の光学ブロックB1および第2の光学ブロックB2の構成を変更することなく、第2の回折格子22を任意の位置に配置できるとともに、第2の回折格子22に対する光源12や第1の回折格子21、光検出器40等の独立した位置合わせが不要となる。

【0069】

50

以上のように構成される本実施形態のロードセル200は、図7(a)を参照して説明したロードセル100Aに相当する。本実施形態のロードセル200によれば、クリープ現象に起因する、経過時間に応じた変位量の誤差を抑えることができる。図11を参照して、クリープ現象について説明する。

【0070】

図11は、図7(a)において載せ台105の中央部に5kgの測定対象を載置し、その後30分保持したときの、光変位センサ230の出力(変位量)の時間変化の一例を示している。図11に示すように変位量が時間の経過に伴って変化する現象は、クリープ現象と呼ばれ、光センサ230の光軸(第1の光学ブロックB1から第2の光学ブロックB2へ向かう光束(光線)。以下同じ)のオフセットによるロードセル200の非対称構造によるものである。本例のように時間経過に伴って変位量が上昇する現象は、第2の回折格子22に作用する下向きの変位によるものであり、ここではプラス方向のクリープともいう。

10

【0071】

クリープ現象による変位量の時間変化の態様は、荷重がかかる位置、さらに言えば、起歪体101に対する測定対象の位置により異なる。図12(a)は、測定対象がWL1-WL2側に偏置された場合のクリープ現象の一例を示しており、図12(b)は、測定対象がWR1-WR2側に偏置された場合のクリープ現象の一例を示している。

【0072】

光変位センサ230の光軸は図7(a)に示すように、WR1-WR2側に偏っている。このとき、変位量を測定する位置が遠いWL1-WL2側に測定対象が置かれた場合のクリープ現象による変位量は小さくなる方向に推移し(図12(a))、反対に、変位量を測定する位置が近いWR1-WR2側に測定対象が置かれた場合のクリープ現象による変位量は大きくなる方向に推移する(図12(b))。その理由は、第1の実施形態において説明したように、梃子の原理で第2の回折格子22に作用する変位に起因するクリープ現象による(図9(b)、(c)参照)。

20

【0073】

すなわち、WL1-WL2側に測定対象が置かれた場合、第2の回折格子22に上向きのモーメントが作用するため、図12(a)に示すようにクリープ現象による変位量の変化が小さくなる(以下、マイナスクリープともいう)。一方、WR1-WR2側に測定対象が置かれた場合、第2の回折格子22に下向きのモーメントが作用するため、図12(b)に示すようにクリープ現象による変位量の変化が大きくなる(以下、プラスクリープともいう)。

30

【0074】

図11および図12に示す例では、第2の回折格子22に上向きのモーメントが作用するときの方が、クリープ現象に起因する変位量の時間変化を小さくすることができる。したがって、起歪体101の中心軸AAに関して、光変位センサ230の光軸が設定される方向とは反対側にオフセットした領域に測定対象を載置することで、クリープ現象に基づくロードセル200の出力の時間変化を抑制し、測定対象の高精度な重量測定を安定に行うことが可能となる。

40

【0075】

本実施形態のロードセル200によれば、起歪体101に対する測定対象の相対位置が一様である場合などにおいて、起歪体101のクリープによる測定値の変動を抑えて高精度な荷重測定を行うことが可能となる。例えば、ベルトコンベアにロードセル200を組み込み、ベルトコンベア上の決まった位置に置かれる物体の重量を、ロードセル200で検知するような場合において有利となる。

【0076】

なお本実施形態では、起歪体101の光軸AAに対する光変位センサ230の光軸のオフセット量を最適化することで、上記クリープ現象の影響を受けにくいロードセル200の出力特性に調整することができる。上記オフセット量は、起歪体101の形状や大き

50

さ、測定対象の載置位置などによって適宜設定することができる。

【 0 0 7 7 】

(変形例)

本実施形態においては、図 1 3 (a) , (b) に示すように、起歪体の少なくとも 1 つの架橋部の厚みを幅方向に異ならせることで、クリープ現象の影響を抑えるようにしてもよい。(a) は起歪体の側断面図であり、(b) は (a) における E E 線断面図である。同図に示す起歪体 3 0 1 は、架橋部 1 0 2 の肉厚が起歪体 3 0 1 の各側面において異なり、L 側 (W L 1 - W L 2 側) の肉厚が R 側 (W R 1 - W R 2 側) の肉厚よりも小さく形成される。

【 0 0 7 8 】

上記構成の起歪体 3 0 1 において、L 側に偏って測定対象が載置されたときは、起歪体 3 0 1 の z 軸方向の変位量が増加するため、R 側にオフセットして配置される第 2 の回折格子 2 2 に作用する上向き変位量 (マイナスクリープ) は小さくなる。一方、R 側に偏って測定対象が載置されたときは、起歪体 3 0 1 の z 軸方向の変位量が減少するため、R 側にオフセットして配置される第 2 の回折格子 2 2 に作用する下向き変位量 (プラスクリープ) は小さくなる。上記構成によれば、荷重が L 側および R 側のいずれに作用したとしても、クリープ現象をキャンセルすることができるため、載せ台 1 0 5 の有効エリアが広がるというメリットを有する。

【 0 0 7 9 】

架橋部 1 0 2 の肉厚は、図 1 3 (b) に示すように、架橋部 1 0 2 の幅方向に向かって連続的に変化するように構成される。これにより、架橋部 1 0 2 の一部の領域に対する集中荷重を防止することができる。架橋部 1 0 2 の肉厚は特に限定されず、測定対象の重さ、光変位センサ 2 3 0 の位置などに応じて適宜設定可能である。架橋部 1 0 2 の L 側と R 側の肉厚を最適化することで、載せ台 1 0 5 上の測定対象の位置に依存することなく、安定した荷重測定が可能となる。なお、架橋部 1 0 2 に代えて又は加えて、架橋部 1 0 3 の肉厚を L 側と R 側とで異ならせてもよい。

【 0 0 8 0 】

さらに上記構成の起歪体 3 0 1 によれば、荷重が L 側に作用したときと荷重が R 側に作用したときのいずれにおいて、x 軸まわりの捩じり応力に対して R 側の高い変形抵抗が得られる。このため、載せ台 1 0 5 に対する測定対象の載置位置の相違による測定誤差 (偏置誤差) の低減も図ることができる。したがって、本例によれば、第 1 の実施形態と同様の作用効果を得ることが可能となる。

【 0 0 8 1 】

さらに以上の実施形態では、第 2 の回折格子 2 2 は反射型の回折格子で構成されたが、これに限られず、透過型の回折格子で構成されてもよい。この場合、光検出器 4 0 は、第 2 の回折格子の背面側に配置されてもよい。また、第 1 の回折格子 2 1 と第 2 の回折格子 2 2 とを結ぶ光学系路が直線的に構成されたが、当該光学系路はミラーやプリズム等によって適宜折り返されてもよい。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 2 】

- 1 ... 荷重測定システム
- 1 2 ... 光源
- 2 1 ... 第 1 の回折格子
- 2 2 ... 第 2 の回折格子
- 4 0 ... 光検出器
- 1 0 0 , 2 0 0 ... ロードセル
- 1 0 1 , 3 0 1 ... 起歪体
- 1 0 2 , 1 0 3 ... 架橋部
- 1 0 4 ... 固定台
- 1 0 5 ... 載せ台

10

20

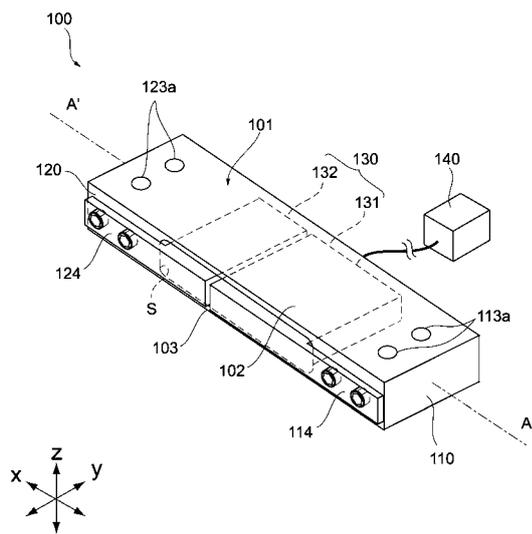
30

40

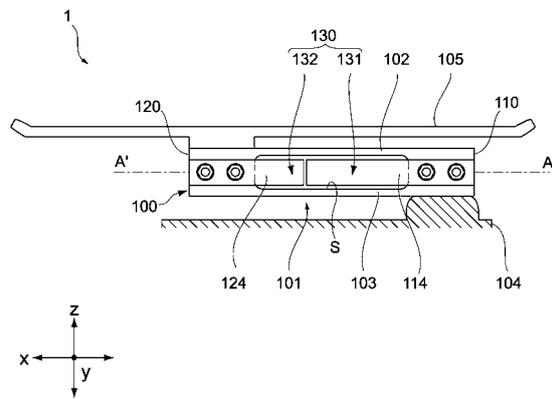
50

- 1 1 0 ... 第 1 の 端 部
- 1 2 0 ... 第 2 の 端 部
- 1 3 0 , 2 3 0 ... 光 変 位 セ ン サ
- 1 3 1 ... 第 1 の 光 学 ユ ニ ッ ト
- 1 3 2 ... 第 2 の 光 学 ユ ニ ッ ト
- 1 4 0 ... 演 算 部
- B 1 ... 第 1 の 光 学 ブ ロ ッ ク
- B 2 ... 第 2 の 光 学 ブ ロ ッ ク

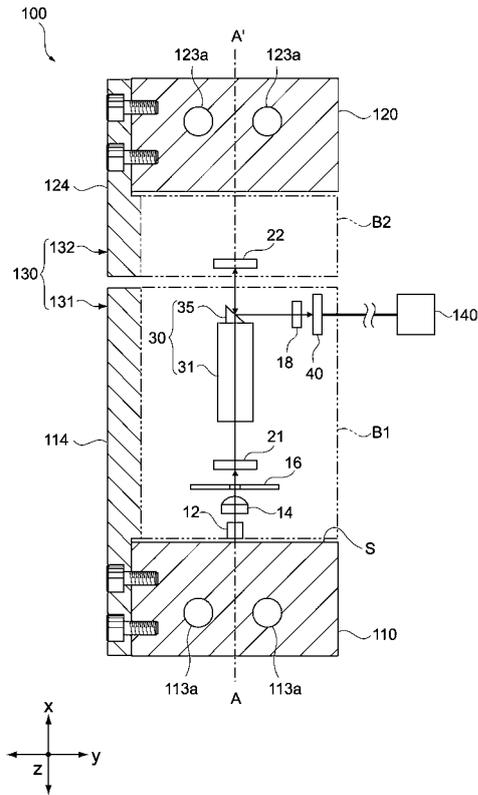
【 図 1 】



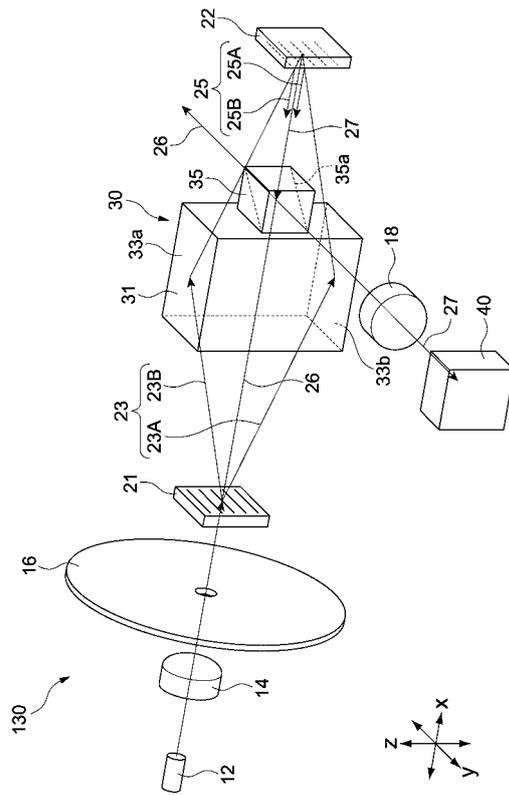
【 図 2 】



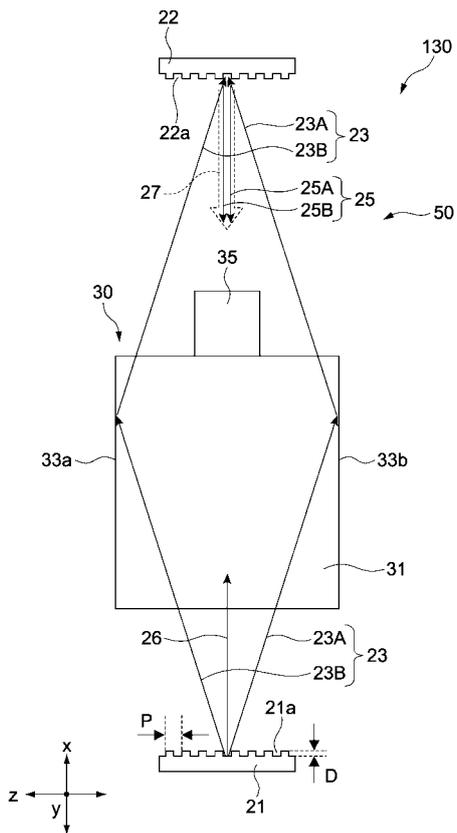
【 図 3 】



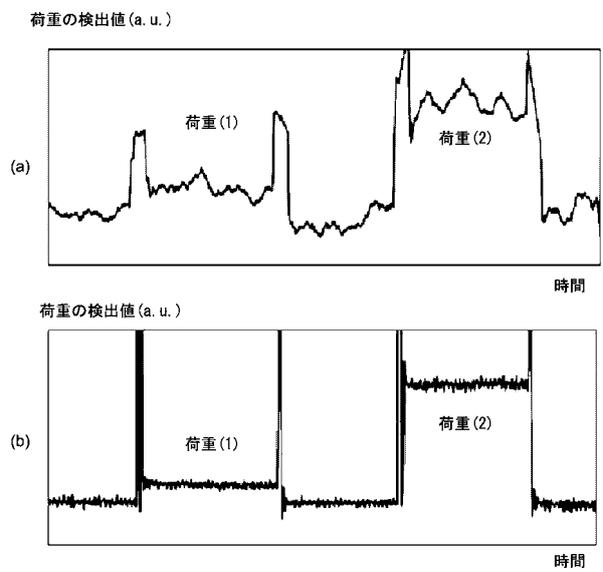
【 図 4 】



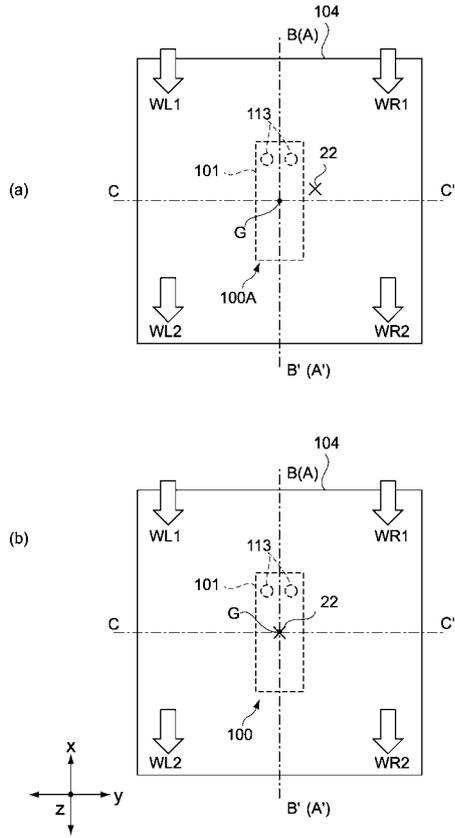
【 図 5 】



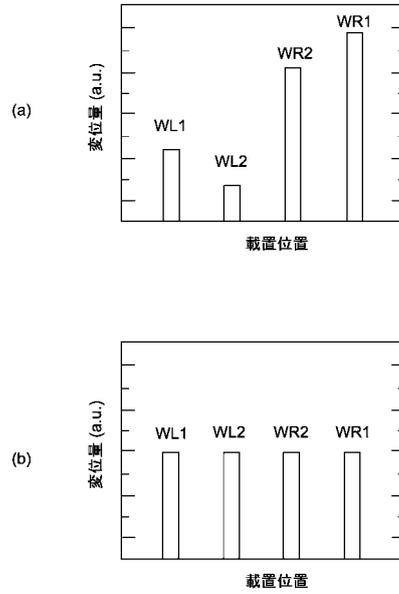
【 図 6 】



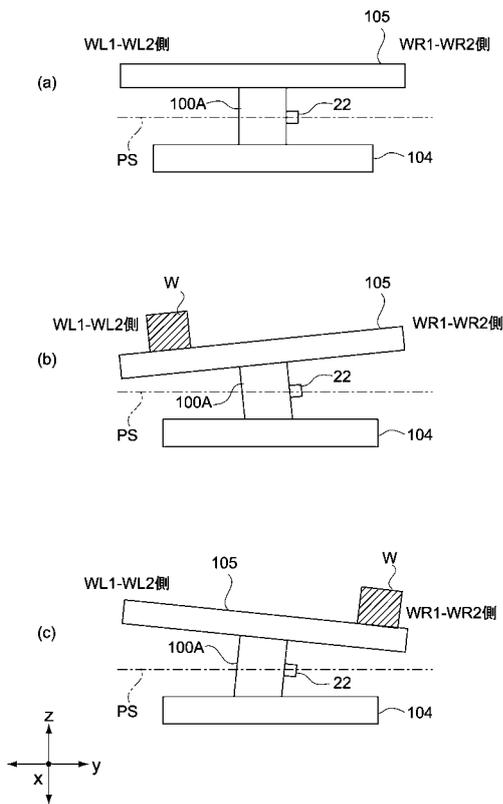
【 図 7 】



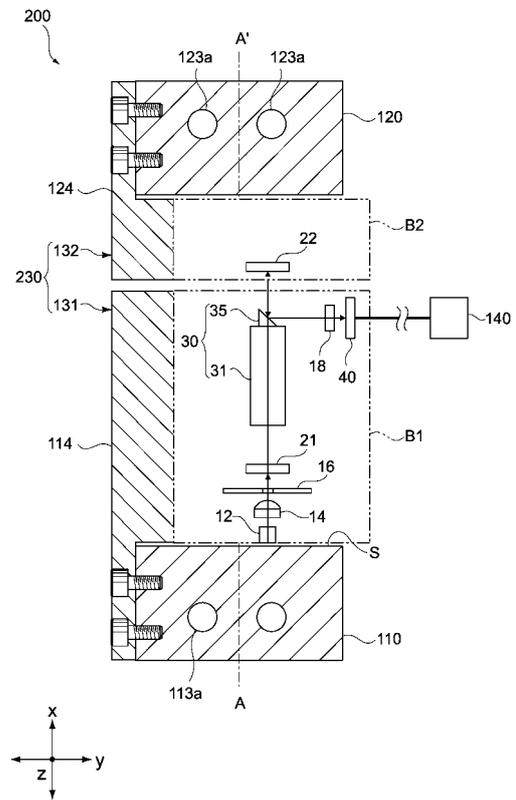
【 図 8 】



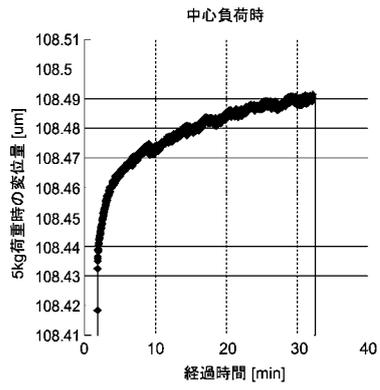
【 図 9 】



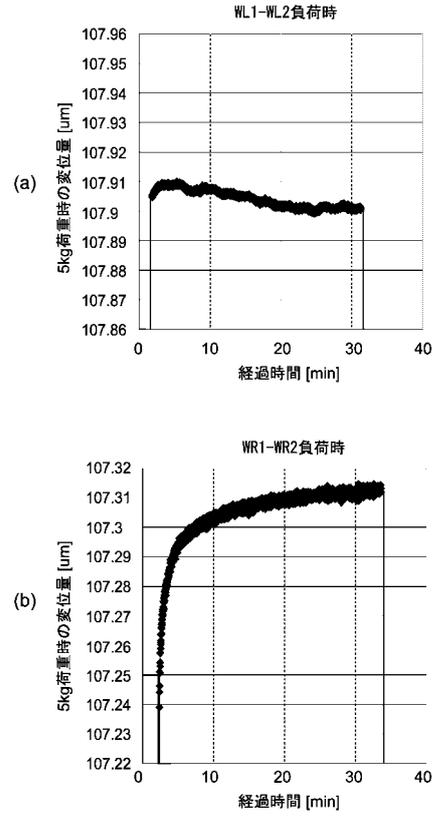
【 図 10 】



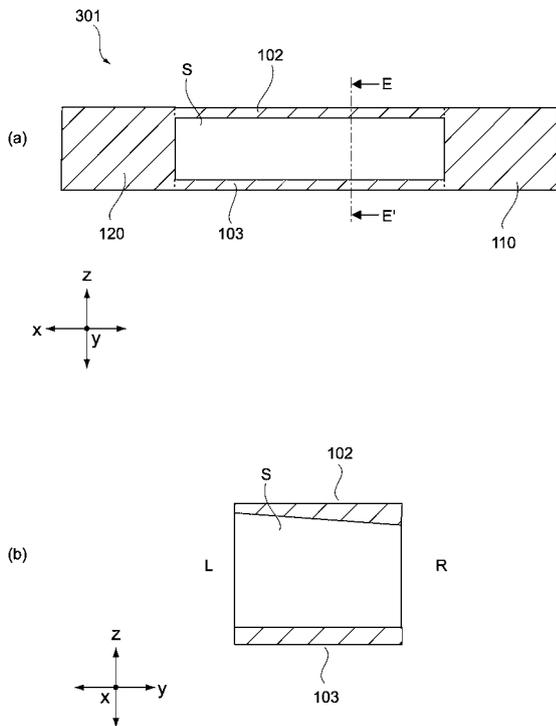
【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



フロントページの続き

- (72)発明者 松田 勲
東京都台東区上野6丁目1番20号 太陽誘電株式会社内
- (72)発明者 萩原 康仁
東京都台東区上野6丁目1番20号 太陽誘電株式会社内
- (72)発明者 浜本 貴樹
東京都台東区上野6丁目1番20号 太陽誘電株式会社内