

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5936399号  
(P5936399)

(45) 発行日 平成28年6月22日 (2016. 6. 22)

(24) 登録日 平成28年5月20日 (2016. 5. 20)

(51) Int. Cl. F I  
**GO 1 B 9/02 (2006. 01)** GO 1 B 9/02  
**GO 1 B 11/00 (2006. 01)** GO 1 B 11/00 G

請求項の数 5 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2012-62044 (P2012-62044)	(73) 特許権者	000146847
(22) 出願日	平成24年3月19日 (2012. 3. 19)		DMG森精機株式会社
(65) 公開番号	特開2013-195205 (P2013-195205A)		奈良県大和郡山市北郡山町106番地
(43) 公開日	平成25年9月30日 (2013. 9. 30)	(74) 代理人	100067736
審査請求日	平成26年11月28日 (2014. 11. 28)		弁理士 小池 晃
		(74) 代理人	100096677
			弁理士 伊賀 誠司
		(74) 代理人	100106781
			弁理士 藤井 稔也
		(74) 代理人	100113424
			弁理士 野口 信博
		(74) 代理人	100150898
			弁理士 祐成 篤哉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 位置検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測定光を出射する光源と、

前記光源から出射された測定光を被測定部材に入射させる物体光となる第1の光束と、参照光となる第2の光束に分割する光束分割部と、

前記光束分割部によって分割され、かつ前記被測定部材の被測定面によって反射された前記第1の光束を回折し、回折した前記第1の光束を再び前記被測定部材の被測定面に入射させる回折格子と、

前記光束分割部によって分割された前記第2の光束を反射する反射部と、

前記光束分割部によって分割された第1の光束と第2の光束の少なくとも一方の光路長を調整する光路長調整手段と、

前記回折格子によって回折され、かつ前記被測定面によって再び反射された前記第1の光束と、前記反射部によって反射された前記第2の光束を重ね合わせる光束結合部と、前記光束結合部により重ね合わされた前記第1の光束及び前記第2の光束の干渉光を受光する受光部と、

前記受光部により受光した干渉光強度に基づいて前記被測定面の高さ方向の変位情報を出力する相対位置情報出力手段と、

を備え、

前記回折格子の格子ベクトルは、前記被測定部材の被測定面に対して略直角に配置され、前記被測定部材が高さ方向に変位しても、前記第1の光束の光路長が常に一定の距離に

10

20

保たれることを特徴とする変位検出装置。

【請求項 2】

前記光路長調整手段は、前記第 1 の光束における前記光束分割部から前記回折格子を介して前記光束結合部に戻るまでの光路長と、前記第 2 の光束における前記光束分割部から前記反射部を介して前記光束結合部に戻るまでの光路長との一致点を含む光路長調整範囲を有する請求項 1 に記載の変位検出装置。

【請求項 3】

前記光路長調整手段は、光学プリズムを移動させることで、当該光学プリズムを通過する光束の光路長を調整する請求項 1 の変位検出装置。

【請求項 4】

前記回折格子は反射型回折格子であり、  
前記光路長調整手段は、前記回折格子を入射される光束の光軸方向に移動させることで光路長を調整する請求項 1 の変位検出装置。

【請求項 5】

前記光路長調整手段は、第 1 の光束もしくは第 2 の光束もしくはその両方を反射する反射鏡を移動させることで、光路長を調整する請求項 1 の変位検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光源から出射された測定光を用いた非接触センサによって被測定面の変位を検出する変位検出装置に関し、詳しくは被測定面の垂直な方向の変位を検出する技術に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来から、被測定面の変位や形状を非接触で測定する装置として光を用いた変位検出装置が広く利用されている。代表的な例としては、レーザ光を被測定面に照射し、反射光の位置の変化を PSD (Position Sensitive Device) で検出する方法がある。しかしながら、この方法では、被測定面の傾きの影響を受けやすく、感度が低く、測定範囲を広げると測定の分解能が落ちるといった問題があった。

【0003】

これに対し、被測定面を鏡面としてマイケルソンの干渉計を使用する方法がある。この方法は、検出範囲が広く、直線性に優れるが、測定範囲が広がると光源の波長の変化と空気の屈折率の変化を受ける。

【0004】

一方、光源から出射した光を対物レンズで被測定面に集光し、被測定面で反射した反射光を非点光学素子で集光して受光素子に入射させて、非点収差法によりフォーカスエラー信号を生成する。そして、フォーカスエラー信号を用いてサーボ機構を駆動させ、対物レンズの焦点位置が被測定面となるように対物レンズを変位させる。このとき、対物レンズに連結部材を介して一体的に取り付けられたリニアスケールの目盛を読み取ることで、被測定面の傾きの変化を受けにくく、大きな測定範囲を高い分解能で計測できるメリットがあった。

【0005】

特許文献 1 に開示された変位検出装置では、変位検出の高精度化を図るために、対物レンズの開口数 (NA: Numerical Aperture) を大きくして被測定面に集光させるビーム径を小さくしている。例えば、被測定面に結像されるビーム径を 2 μm 程度にすると、リニアスケールの検出精度は、数 nm ~ 100 数 nm 程度になる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

10

20

30

40

50

【特許文献1】特開平5 - 89480号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、特許文献1に記載された変位検出装置では、例えば磁石とコイルを用いたアクチュエータ等のような駆動機構により対物レンズをその光軸方向に上下運動させている。そのため、アクチュエータの構造や質量によって対物レンズの上下運動のメカ的な応答周波数が制限されていた。その結果、上記変位検出装置では、高速で振動する被測定物の計測は難しかった。また、検出点を絞れる反面、被測定物上の異物やビーム形状に近い細かな形状変化の影響を受け、大きな誤差を発生する、という問題があり、その使用条件に制約が生じてしまっていた。

10

【0008】

さらに被測定物が、積層された構造である場合、その中から任意の層にフォーカスサーボをかけるのは、非常に困難であり、安定した計測が不可能であった。

【0009】

そこで、本発明の目的は、上記の如き従来の問題点に鑑み、高精度に積層された被測定部材の高さ方向の変位を検出でき、高速で安定した計測が可能な変位検出装置を提供することにある。

【0010】

本発明の他の目的、本発明によって得られる具体的な利点は、以下に説明される実施の形態の説明から一層明らかにされる。

20

【課題を解決するための手段】

【0011】

すなわち、本発明は、変位検出装置であって、測定光を出射する光源と、前記光源から出射された測定光を被測定部材に入射させる物体光となる第1の光束と、参照光となる第2の光束に分割する光束分割部と、前記光束分割部によって分割され、かつ前記被測定部材の被測定面によって反射された前記第1の光束を回折し、回折した前記第1の光束を再び前記被測定部材の被測定面に入射させる回折格子と、前記光束分割部によって分割された前記第2の光束を反射する反射部と、前記光束分割部によって分割された第1の光束と第2の光束の少なくとも一方の光路長を調整する光路長調整手段と、前記回折格子によって回折され、かつ前記被測定面によって再び反射された前記第1の光束と、前記反射部によって反射された前記第2の光束を重ね合わせる光束結合部と、前記光束結合部により重ね合わされた前記第1の光束及び前記第2の光束の干渉光を受光する受光部と、前記受光部により受光した干渉光強度に基づいて前記被測定面の高さ方向の変位情報を出力する相対位置情報出力手段とを備え、前記回折格子の格子ベクトルは、前記被測定部材の被測定面に対して略直角に配置され、前記被測定部材が高さ方向に変位しても、前記第1の光束の光路長が常に一定の距離に保たれることを特徴とする。

30

【0012】

本発明に係る変位検出装置において、前記光路長調整手段は、前記第1の光束における前記光束分割部から前記回折格子を介して前記光束結合部に戻るまでの光路長と、前記第2の光束における前記光束分割部から前記反射部を介して前記光束結合部に戻るまでの光路長との一致点を含む光路長調整範囲を有する。

40

【0013】

また、本発明に係る変位検出装置において、前記光路長調整手段は、例えば、光学プリズムを移動させることで、当該光学プリズムを通過する光束の光路長を調整するものとすることができる。

【0014】

また、本発明に係る変位検出装置では、例えば、前記回折格子は反射型回折格子であり、前記光路長調整手段は、前記回折格子を入射される光束の光軸方向に移動させることで光路長を調整するものとするることができる。

50

## 【 0 0 1 5 】

さらに、本発明に係る変位検出装置において、前記光路長調整手段は、例えば、第1の光束もしくは第2の光束もしくはその両方を反射する反射鏡を移動させることで、光路長を調整するものとするができる。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 1 6 】

本発明によれば、光束分割部によって分割された被測定部材に入射させる物体光となる第1の光束、又は、参照光となる第2の光束の少なくとも一方の光路長を光路長調整手段で調整することにより、高精度に積層された被測定部材の高さ方向の変位を検出でき、高速で安定した計測を行うことができる。

10

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 1 7 】

【 図 1 】 本発明を適用した変位検出装置の構成例を示すブロック図である。

【 図 2 】 上記変位検出装置に備えられた光路長調整手段の構造例を模式的に示す側面図である。

【 図 3 】 上記変位検出装置に備えられた反射型の回折格子の構成例を模式的に示す側面図である。

【 図 4 】 上記変位検出装置により測定される多層の被測定面を有する被測定部材の構造を模式的に示すに示す側面図である。

【 図 5 】 上記変位検出装置における 模式的に示すに示す側面図である。

20

【 図 6 】 上記変位検出装置に備えられた相対位置情報検出部における相対位置情報出力部の構成を示すブロック図である。

【 図 7 】 上記変位検出装置における被測定部材の被測定面に照射される第1の光束の上記被測定面上での照射スポットと回折格子上における回折位置の関係を模式的に示す図である。

【 図 8 】 本発明を適用した変位検出装置の他の構成例を示すブロック図である。

【 図 9 】 本発明を適用した変位検出装置の他の構成例を示すブロック図である。

【 図 1 0 】 本発明を適用した変位検出装置の他の構成例を示すブロック図である。

【 図 1 1 】 上記変位検出装置において、被測定部材の被測定面に照射された第1の光束の上記被測定面による反射と透過型の回折格子による回折の状態を模式的に示す側面図である。

30

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 1 8 】

以下、本発明を実施するための形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

## 【 0 0 1 9 】

本発明は、例えば図1のブロック図に示すような構成の変位検出装置100に適用される。

## 【 0 0 2 0 】

この変位検出装置100は、回折格子14を用いて被測定部材1の被測定面1aにおける垂直な方向（測定方向Z）の変位を該被測定面1aにより反射される測定光L1に基づいて検出するものであって、光源10と、この光源10から出射される測定光L0を2つの光束L1, L2に分割する光束分割部12と、回折格子14と、反射鏡18と、上記被測定部材1の被測定面1aにより反射される測定光L1に基づいて、上記測定方向Zの相対位置を光学的に検出する相対位置検出部20を備える。

40

## 【 0 0 2 1 】

光源10には、例えば半導体レーザダイオードやスーパーluminescenceダイオード、ガスレーザ、固体レーザ、発光ダイオード、白色光等が挙げられる。

## 【 0 0 2 2 】

光源10として、可干渉距離が短い光源を用いると、可干渉距離が短くなるほど、不要な迷光の干渉によるノイズを防ぐことができ、高精度な計測をすることができる。したが

50

って、光源 10 は、可干渉距離ができるだけ短い光源を用いることが望ましい。

【0023】

さらに、光源 10 として、シングルモードのレーザを用いると、波長を安定させるために、光源 10 の温度をコントロールすることが望ましい。また、シングルモードのレーザの光に、高周波重畳などを付加して、光の可干渉性を低下させてもよい。さらに、マルチモードのレーザを用いる場合も、ペルチェ素子等で光源 10 の温度をコントロールすることで、不要な迷光の干渉によるノイズを防ぎ、さらに安定した計測が可能になる。

【0024】

この光源 10 から出射された測定光 L0 は、コリメートレンズ等からなるレンズ 11 を介して光束分割部 12 に入射されている。レンズ 11 は、光源 10 から出射された測定光 L0 を平行光にコリメートする。そのため、光束分割部 12 には、レンズ 11 により平行光にコリメートされた測定光 L0 が入射される。

【0025】

光束分割部 12 は、コリメートされた測定光 L0 を物体光である第 1 の光束 L1 と、参照光である第 2 の光束 L2 に分割する。第 1 の光束 L1 は、物体光として、第 1 の位相板 13 を介して被測定部材 1 に照射され、第 2 の光束 L2 は、参照光として、第 2 の位相板 15 と光路長調整プリズム 17a を介して反射鏡 18 に照射される。また、光束分割部 12 は、例えば、光源 10 から入射される測定光 L0 のうち、s 偏光を反射し、p 偏光を透過する偏光ビームスプリッタからなる。

【0026】

光束分割部 12 では、測定光 L0 が第 1 の光束 L1 と第 2 の光束 L2 に分割されるが、その光量比率は、相对位置検出部 20 の受光部 20A に入射する際に被測定部材 1 側と反射鏡 18 側でそれぞれが同じ光量になるような比率にすることが好ましい。

【0027】

また、光源 10 と光束分割部 12 との間に偏光板を設けてもよい。これにより、それぞれの偏光に対して直行した偏光成分としてわずかに存在する漏れ光、ノイズを除去することができる。

【0028】

また、第 1 の位相板 13 及び第 2 の位相板 15 は、それぞれ 1/4 波長板等から構成されている。

【0029】

ここで、光路長調整プリズム 17a は、図 2 に示すように、参照光として入射される第 2 の光束 L2 の光軸と直交する方向に可動部 17b により移動されることにより、第 2 の光束 L2 の光路長を可変する光路長調整手段として機能する。上記可動部 17b には、ステージやピエゾ素子が用いられる。

【0030】

光路長調整プリズム 17a と可動部 17b による光路長調整手段 17 は、光束分割部 12 から回折格子 14 までの第 2 の光束 L2 の光路中に設けられることにより、第 2 の光束 L2 の光路長を任意に調整できる。

【0031】

これにより、透明ガラスなどの保護膜で表面が覆われた被測定部材 1 の被測定面 1a や図 3 に示すように多層膜で形成された被測定部材 1 の各層の境界面 1A, 1B...1N を被測定面 1a とする場合にも、 $L2 = L1$  の条件が成立する被測定面 1a を検出することができる。さらに光源 10 の可干渉距離が短いので、 $L2 = L1$  の条件が成立する層の境界面のみを被測定面 1a として選択して検出することができる。

【0032】

ここで、一般に被測定部材 1 としては、ミラー等が用いられるが、透明ガラスなどの保護膜で表面が覆われた被測定部材 1 の被測定面 1a や図 3 に示すように多層膜で形成された被測定部材 1 の各層の境界面 1A, 1B...1N を被測定面 1a とする場合には、保護膜のない被測定部材 1 の表面を被測定面 1a とする場合と光路長が異なるため、可干渉

10

20

30

40

50

距離が短い光源では、表面 1 s の反射光で干渉信号が得られても、媒体内の層の境界面 1 A , 1 B . . . 1 N による反射光との干渉信号は得られない。

【 0 0 3 3 】

各層の境界面 1 A , 1 B . . . 1 N を被測定面 1 a とする多層膜で形成された被測定部材 1 の例としては、多層膜や半導体のウエハなどがあげられる。

【 0 0 3 4 】

表面反射の場合、被測定部材 1 の変動によって光路長  $A = A'$  ,  $B = B'$  より  $A + B$  と  $A' + B'$  が、常に等しいことため、一度第 1 の光束 L 1 と第 2 の光束 L 2 の長さを等しく調整してしまえば、第 1 の光束 L 1 の光路内の媒体の屈折率が変化しない限り、安定して検出が可能になる。一方、表面反射と、積層した媒体内の屈折率  $n$  とする場合、 $A = A'$  であっても媒体内は、 $B < B'$  になるため、光路長に差が生じる。よって各層の面を検出するためには、図 4 の ( A ) , ( B ) に示すように、それぞれの第 1 の光束 L 1 の光路長に一致させるように第 2 の光束 L 2 を調整する必要がある。

10

【 0 0 3 5 】

光路長調整プリズム 1 7 a と可動部 1 7 b による光路長調整手段 1 7 は、この光路長の差を解消し、各層の面を選択して検出する働きをする。

【 0 0 3 6 】

上記光路長調整手段 1 7 は、物体光である第 1 の光束 L 1 における光束分割部 1 2 から回折格子 1 4 を介して上記光束結合部 1 2 に戻るまでの光路長と、参照光である第 2 の光束 L 2 における光束分割部 1 2 から回折格子 1 4 を介して上記光束結合部 1 2 に戻るまでの光路長との一致点を含む光路長調整範囲を有している。

20

【 0 0 3 7 】

なお、この変位検出装置 1 0 0 では、上記光路長調整手段 1 7 により第 2 の光束 L 2 を調整に連動して反射鏡 1 8 を回転させて、回折格子 1 4 への第 2 の光束 L 2 の入射角が変化しないようにしている。

【 0 0 3 8 】

この変位検出装置 1 0 0 において、回折格子 1 4 は、入射した光を反射させ、かつ回折させる反射型の回折格子である。

【 0 0 3 9 】

そして、被測定部材 1 は、回折格子 1 4 によって回折された第 1 の光束 L 1 を反射して、再び光束分割部 1 2 へ戻す。回折格子 1 4 は、被測定部材 1 の被測定面 1 a に対して略直角、すなわち回折格子 1 4 の回折面と被測定部材 1 の被測定面 1 a で形成される角度がほぼ  $90^\circ$  となるように配置されている。

30

【 0 0 4 0 】

なお、回折格子 1 4 における被測定部材 1 に対する配置する精度は、変位検出装置 1 0 0 に要求する測定精度によって種々設定されるものである。すなわち、変位検出装置 1 0 0 に高い精度を要求する場合、回折格子 1 8 を被測定部材 1 の被測定面 1 a に対して  $90^\circ \pm 0.5^\circ$  の範囲に配置することが好ましい。これに対し、回折格子 1 4 を被測定部材 1 の被測定面 1 a に対して  $90^\circ$  から  $\pm 2^\circ$  の範囲で配置しても、変位検出装置 1 0 0 を工作機械等の低精度の測定に用いる場合には、十分である。

40

【 0 0 4 1 】

また、回折格子 1 4 に入射した第 1 の光束 L 1 は、回折格子 1 4 によって反射し、かつ回折される。この回折格子 1 4 の格子ピッチ は、回折角が回折格子 1 4 への入射角とほぼ等しくなるように設定される。すなわち、回折格子 1 4 の格子ピッチ は、被測定面 1 a への入射角を  $\theta$  、光の波長を  $\lambda$  とすると、次の式 1 を満たす値に設定することが好ましい。なお、上述したように、回折格子 1 4 が被測定部材 1 の被測定面 1 a に対して直角に配置されているため、回折格子 1 4 への入射角は、 $\theta / 2$  となる。

【 0 0 4 2 】

$$= \lambda / ( 2 \sin ( \theta / 2 - \alpha ) ) \quad \dots \text{式 1}$$

【 0 0 4 3 】

50

そのため、回折格子 14 によって反射し、かつ回折されて再び被測定部材 1 の被測定面 1 a に入射するときの光路が、光束分割部 12 によって分割された第 1 の光束 L 1 が被測定部材 1 の被測定面 1 a によって反射されて回折格子 14 に入射するときの光路に重なり合う。その結果、回折格子 14 によって回折された第 1 の光束 L 1 は、光束分割部 12 から被測定部材 1 の被測定面 1 a に照射された照射スポット P 1 と同じ点に戻る。そして、第 1 の光束 L 1 は、被測定部材 1 の被測定面 1 a で再び反射され、光束分割部 12 から照射されたときの光路と同じ光路を通過して光束分割部 12 に戻る。

【0044】

なお、回折格子 14 としては、例えば図 5 の側面図に一例を示すような構造の回折格子が用いられる。

【0045】

この回折格子 14 は、溝の断面形状を鋸歯状に形成した、いわゆるブレード回折格子 14 A, 14 B からなる。この回折格子 14 によれば、被測定部材 1 の被測定面 1 a で反射された物体光である第 1 の光束 L 1 や、反射鏡 18 で反射された参照光である第 2 の光束 L 2 の回折効率を高めることができ、信号のノイズを低下させることができる。

【0046】

また、反射鏡 18 は、図 1 に示すように、光束分割部 12 によって分割された第 2 の光束 L 2 を回折格子 14 に反射するものである。この反射鏡 18 は、回折格子 14 を間に挟んで被測定部材 1 と対向する位置に設けられている。そして、反射鏡 18 の反射面は、被測定部材 1 の被測定面 1 a と略平行に配置される。そのため、反射鏡 18 及び回折格子 14 は、反射鏡 18 の反射面と回折格子 14 の回折面で形成される角度がほぼ 90° となるように配置される。

【0047】

また、反射鏡 18 は、回折格子 14 によって回折された第 2 の光束 L 2 を再び反射して光束分割部 3 に戻る。なお、反射鏡 18 によって反射され、かつ回折格子 14 によって回折された第 2 の光束 L 2 も、第 1 の光束 L 1 と同様に、光束分割部 12 から照射されたときの光路と同じ光路を通過して光束分割部 12 に戻る。

【0048】

この反射鏡 18 は、第 1 の光束 L 1 における光束分割部 12 から回折格子 14 までの光路長と、第 2 の光束 L 2 における光束分割部 12 から回折格子 14 までの光路長が等しくなるように配置される。反射鏡 18 を設けたことで、この変位検出装置 100 を製造する際に、第 1 の光束 L 1 の光路長と第 2 の光束 L 2 の光路長や光軸の角度を調整し易くすることができる。その結果、気圧や湿度や温度の変化による光源 10 の波長変動の影響を受けにくくすることができる。

【0049】

上述したように、反射鏡 18 の反射面と回折格子 14 の回折面は、被測定部材 1 の被測定面 1 a と回折格子 14 の関係と同様に、略直角に配置することが好ましい。これにより、回折格子 14 によって回折されて再び反射鏡 18 の反射面に入射するときの光路が、反射鏡 18 によって反射されて回折格子 14 に入射するときの光路に重なり合う。

【0050】

また、光束分割部 12 は、被測定部材 1 及び反射鏡 18 から反射されて戻ってきた第 1 の光束 L 1 及び第 2 の光束 L 2 を重ね合わせて、相対位置検出部 20 の受光部 20 A に照射する。すなわち、この変位検出装置 100 における光束分割部 12 は、測定光 L 0 を第 1 の光束 L 1 と第 2 の光束 L 2 に分割する光束分割部としての役割と、第 1 の光束 L 1 と第 2 の光束 L 2 を重ね合わせる光束結合部としての役割を有している。

【0051】

ここで、光束分割部 12 から被測定部材 1 及び回折格子 14 を介して光束分割部 12 に戻るまでの長さ、光束分割部 12 から反射鏡 18 及び回折格子 14 を介して光束分割部 12 に戻るまでの長さは、略等しく設定されている。すなわち、第 1 の光束 L 1 と第 2 の光束 L 2 の光路長を等しく設定したため、気圧や湿度、温度の変化による光源 10 の波長

10

20

30

40

50

変動があったとしても、第1の光束L1及び第2の光束L2が受ける影響を等しくすることができる。その結果、気圧補正や湿度補正、温度補正を行う必要がなく、周囲環境に関わらず安定した測定を行うことができる。

【0052】

相対位置検出部20は、受光部20Aと相対位置情報出力部20Bからなる。

【0053】

相対位置検出部20の受光部20Aは、光束分割部12により重ね合わされた第1の光束L1と第2の光束L2が入射される集光レンズ21と、この集光レンズ21により集光された第1の光束L1と第2の光束L2すなわち入射光を分割するハーフミラー22と、このハーフミラー22により分割された入射光が入射される第1の偏光ビームスプリッタ23と、上記ハーフミラー22により分割された入射光が例えば1/4波長板等からなる受光側位相板24を介して入射される第2の偏光ビームスプリッタ25を備える。

10

【0054】

これら第1の偏光ビームスプリッタ23及び第2の偏光ビームスプリッタ25は、s偏光成分を有する干渉光を反射させ、p偏光成分を有する干渉光を透過させて、第1の光束L1と第2の光束L2との干渉光を分割するものである。

【0055】

第1の偏光ビームスプリッタ23は、入射される光束の偏光方向が入射面に対して45度傾くように配置されている。この第1の偏光ビームスプリッタ23における光の出射口側には、第1の受光素子26と、第2の受光素子27が設けられている。また、第2の偏光ビームスプリッタ25における光の出射口側には、第3の受光素子28と、第4の受光素子29が設けられている。

20

【0056】

また、相対位置検出部20の相対位置情報出力部20Bは、図6に示すように、第1の差動増幅器61aと、第2の差動増幅器61bと、第1のA/D変換器62aと、第2のA/D変換器62bと、波形補正処理部63と、インクリメンタル信号発生器64とを有している。

【0057】

第1の差動増幅器61aは、受光部20Aの第1の受光素子26及び第2の受光素子27が入力端に接続され、出力端に第2のA/D変換器62bが接続されている。また、第2の差動増幅器61bは、受光部20Aの第3の受光素子28及び第4の受光素子29が入力端に接続され、出力端に第2のA/D変換器62bが接続されている。そして、第1のA/D変換器62a及び第2のA/D変換器62bは、波形補正処理部63に接続されている。波形補正処理部63は、インクリメンタル信号発生器64に接続されている。

30

【0058】

このような構成の変位検出装置100において、光束分割部12により重ね合わされて、相対位置検出部20の受光部20Aに入射される第1の光束L1と第2の光束L2は、第1の偏光ビームスプリッタ23に対してそれぞれp偏光成分とs偏光成分を有することになる。したがって、第1の偏光ビームスプリッタ23を透過した第1の光束L1及び第2の光束L2は、同じ偏光方向を有する偏光同士が干渉する。よって、第1の光束L1と第2の光束L2を第1の偏光ビームスプリッタ23によって干渉させることができる。

40

【0059】

同様に、第1の偏光ビームスプリッタ23によって反射される第1の光束L1及び第2の光束L2は、第1の偏光ビームスプリッタ23に対して同じ偏光方向を有する偏光同士が干渉する。そのため、第1の偏光ビームスプリッタ23によって干渉させることができる。

【0060】

第1の偏光ビームスプリッタ23によって反射された第1の光束L1及び第2の光束L2との干渉光は、第1の受光素子26によって受光される。また、第1の偏光ビームスプリッタ23を透過した第1の光束L1及び第2の光束L2との干渉光は、第2の受光素子

50

27によって受光される。ここで、第1の受光素子26と第2の受光素子27とによって光電変換される信号は、180度位相の異なる信号となる。

【0061】

したがって、第1の受光素子26と第2の受光素子27によって、 $A \cos(Kz + \phi)$ の干渉信号が得られる。Aは、干渉の振幅であり、Kは $2\pi/\lambda$ で示される波数である。また、zは、回折格子14上における第1の光束L1の移動量を示しており、 $\phi$ は、初期位相を示している。 $\lambda$ は、回折格子4における格子のピッチである。

【0062】

ここで、図7に示すように、被測定部材1が高さ方向に $z/2$ だけ移動すると、被測定部材1の被測定面1aに照射される第1の光束L1は、照射スポットP1から照射スポットP2に移動する。また、被測定部材1の被測定面1aで反射された第1の光束L1は、回折格子14の回折位置T1から回折位置T2に移動する。ここで、回折格子14は、被測定部材1の被測定面1aに対して略直角に配置されているため、回折位置T1と回折位置T2の間隔は、照射スポットP1と照射スポットP2の間隔の2倍のzとなる。すなわち、回折格子14上を移動する第1の光束L1の移動量は、被測定部材1を移動した際の2倍のzとなる。

【0063】

また、回折格子14が被測定部材1の被測定面1aに対して略直角に配置されているため、被測定部材1が高さ方向に変位しても、P2-T2間の距離と、P2-P1-T1間の距離が一定であることから、第1の光束L1の光路長は常に一定となることが分かる。すなわち、第1の光束L1の波長は、変化しない。そして、被測定部材1が高さ方向に変位すると、回折格子14に入射する位置だけが変化する。

【0064】

よって、回折された第1の光束L1には、Kzの位相が加わる。つまり、被測定部材1が高さ方向に対して $z/2$ だけ移動すると、第1の光束L1は回折格子14上ではzだけ移動する。そのため、第1の光束L1には、Kzの位相が加わり、1周期の光の明暗が生じる干渉光が第1の受光素子26、第2の受光素子27によって受光される。

【0065】

ここで、第1の受光素子26及び第2の受光素子27によって得られる干渉信号には、光源10の波長に関する成分が含まれていない。よって、気圧や湿度、温度の変化による光源の波長に変動が起きても干渉強度には、影響を受けない。

【0066】

一方、ーフミラー22を透過した光束Laは、受光側位相板24を介して第2の偏光ビームスプリッタ25に入射される。互いに偏光方向が90度異なる直線偏光である第1の光束L1及び第2の光束L2からなる光束Laは、受光側位相板24を透過することにより、互いに逆回りの円偏光となる。そして、この互いに逆回りの円偏光は同一光路上にあるので、重ね合わされることにより直線偏光となって、第2の偏光ビームスプリッタ25に入射される。

【0067】

この直線偏光のs偏光成分は第2の偏光ビームスプリッタ25によって反射され、第3の受光素子28に受光される。また、p偏光成分は、第2の偏光ビームスプリッタ25を透過し、第4の受光素子29によって受光される。

【0068】

上述したように、第2の偏光ビームスプリッタ25に入射する直線偏光は、互いに逆回りの円偏光の重ね合わせによって生じている。そして、第2の偏光ビームスプリッタ25に入射される直線偏光の偏光方向は、被測定部材1が高さ方向に $z/2$ だけ移動すると1/2回転する。したがって、第3の受光素子28と第4の受光素子29でも同様に、 $A \cos(Kz + \phi)$ の干渉信号が得られる。 $\phi$ は初期位相である。

【0069】

また、第3の受光素子28と第4の受光素子29とで光電変換される信号は、180度

10

20

30

40

50

位相が異なる。

【0070】

なお、この変位検出装置100では、第1の偏光ビームスプリッタ23に対して、第3の受光素子28と第4の受光素子29に受光される光束を分割する第2の偏光ビームスプリッタ26を45度傾けて配置している。このため、第3の受光素子28と第4の受光素子29において得られる信号は、第1の受光素子26と第2の受光素子27において得られる信号に対し、90度位相がずれている。

【0071】

したがって、例えば第1の受光素子26と第2の受光素子27で得られる信号をsin信号、第3の受光素子28と第4の受光素子29において得られる信号をcos信号として用いることによりリサージュ信号を取得することができる。

10

【0072】

これらの受光素子26～29によって得られる信号は、相対位置情報出力部20Bによって演算され、被測定面1aの変位量がカウントされる。

【0073】

相対位置情報出力部20Bでは、まず、受光部20Aの第1の受光素子26と第2の受光素子27で得られた位相が互いに180度異なる信号を第1の差動増幅器61aによって差動増幅し、干渉信号の直流成分をキャンセルする。

【0074】

そして、この信号は、第1のA/D変換器62aによってA/D変換され、波形補正処理部63によって信号振幅とオフセットと位相が補正される。この信号は、例えばA相のインクリメンタル信号としてインクリメンタル信号発生器64から出力される。

20

【0075】

また同様に、第3の受光素子35及び第4の受光素子36で得られた信号は、第2の差動増幅器61bによって差動増幅され、第2のA/D変換器62bによってA/D変換される。そして、波形補正処理部63により信号振幅とオフセットと位相とが補正され、A相と位相が90度異なるB相のインクリメンタル信号としてインクリメンタル信号発生器64から出力される。

【0076】

こうして得られた2相のインクリメンタル信号は、図示しないパルス弁別回路等により正逆の判別が行われ、これにより、被測定部材1の被測定面1aの高さ方向の変位量が、プラス方向であるかマイナス方向であるかを検出できる。

30

【0077】

また、図示しないカウンタによってインクリメンタル信号のパルス数をカウントすることにより、第1の光束L1と第2の光束L2の干渉光強度が上述の周期の何周期分変化したのかを計測できる。これにより、被測定部材1の被測定面1aの変位量が検出される。

【0078】

なお、この変位検出装置100における相対位置情報出力部20Bの出力する相対位置情報は、上述の2相のインクリメンタル信号であってもよいし、それから算出された変位量、変位方向を含む信号であってもよい。

40

【0079】

ここで、上記変位検出装置100では、光束分割部12から回折格子14までの第2の光束L2の光路中に光路長調整プリズム17aと可動部17bによる光路長調整手段17を設けることにより、第2の光束L2の光路長を任意に調整できるようにしたが、光束分割部12から回折格子14までの第1の光束L1の光路中に光路長調整プリズム17aと可動部17bによる光路長調整手段17を設けることにより、第1の光束L1の光路長を調整するようによい。

【0080】

また、図8に示す変位検出装置100Aのように、参照光である第2の光束L2を反射する反射鏡18を第2の光束L2の光軸と直交する配置して、可動部17Aにより上記反

50

射鏡 18 を第 2 の光束 L 2 の光軸方向に移動させて第 2 の光束 L 2 の光路長を調整する光路長調整手段を備えるものとする。この場合、光路長調整手段は、物体光である第 1 の光束 L 1 における光束分割部 12 から回折格子 14 を介して上記光束結合部 12 に戻るまでの光路長と、参照光である第 2 の光束 L 2 における光束分割部 12 から反射鏡 18 を介して上記光束結合部 12 に戻るまでの光路長との一致点を含む光路長調整範囲を有するものとされる。上記可動部 17A には、ステージやピエゾ素子が用いられる。

【0081】

さらに、図 9 に示す変位検出装置 100B のように、物体光である第 1 の光束 L 1 を回折させる反射型の回折格子 14A と参照光である第 2 の光束 L 2 を回折させる反射型の回折格子 14B を分離して配し、上記回折格子 14A と回折格子 14B の一方又は両方を可動部 17A, 17B により被測定面 1a の測定方向 Z と直交する方向 X に移動させて第 1 の光束 L 1 と第 2 の光束 L 2 の一方又は両方の光路長を調整する光路長調整手段を備えるものとする。この変位検出装置 100B において、上記回折格子 14A と回折格子 14B は、光路長調整手段による調整範囲で第 1 の光束 L 1 と第 2 の光束 L 2 の光路長を一致させることができるように予め測定方向 Z と直交する方向 X にずらして配置される。

【0082】

上記可動部 17A, 17B には、ステージや板バネやピエゾ素子が用いられる。また、上記可動部 17A, 17B を温度調節し、物体の温度膨張を利用して移動させても良い。

【0083】

なお、上記変位検出装置 100A, 100B において、上記変位検出装置 100 と共通する構成要素については、図中に同一の符号を付して重複した説明を省略する。

【0084】

また、上記変位検出装置 100 において、相対位置情報検出部 20 は、上記被測定部材 1 の被測定面 1a により反射される測定光 L 1 を反射型回折格子 14 を介して受光する受光部 20A を備え、上記受光部 20A により得られる光検出出力に基づいて上記被測定面 1a の上記測定方向 Z の相対位置情報を相対位置情報出力部 20B から出力するものとしたが、本発明は、例えば図 10 に示すように、被測定部材 1 の被測定面 1a により反射される測定光 L 1 を透過型回折格子 14C を介して受光する受光部 20A を備え、上記受光部 20A により得られる光検出出力に基づいて上記被測定面 1a の上記測定方向 Z の相対位置情報を相対位置情報出力部 20B から出力する変位検出装置 100C に適用することもできる。

【0085】

すなわち、図 10 に示す変位検出装置 100C は、上記変位検出装置 100 と同様に、測定方向 Z とは垂直な方向 X に相対移動可能な被測定部材 1 の被測定面 1a の変位を該被測定面 1a により反射される測定光 L 1 に基づいて検出するものであって、光源 10 と、この光源 10 から出射される測定光 L 0 を 2 つの光束 L 1, L 2 に分割する光束分割部 12 と、透過型の回折格子 14C、反射鏡 18 と、戻り用反射鏡ブロック 19 と、上記被測定部材 1 の被測定面 1a により反射される測定光 L 1 に基づいて、上記測定方向 Z の相対位置と絶対位置を光学的に検出する相対位置検出部 20 と絶対位置検出部 30 を備える。

【0086】

なお、この変位検出装置 100C において、上記変位検出装置 100 と共通する構成要素については、図中に同一の符号を付して重複した説明を省略する。

【0087】

この変位検出装置 100C では、光源 10 から出射された測定光 L 0 がレンズ 11A によりコリメートされ平行光として光束分割部 12 に入射され、光束分割部 12 により物体光である第 1 の光束 L 1 と、参照光である第 2 の光束 L 2 に分割される。

【0088】

光束分割部 12 で分割された第 1 の光束 L 1 は、第 1 の位相板 13 を介して被測定部材 1 の被測定面 1a における第 1 の照射スポット Pc1 に入射され、この被測定面 1a で反

10

20

30

40

50

射されて透過型の回折格子 14C に入射される。

【0089】

回折格子 14C は、入射された光を透過させ、かつ回折する透過型の回折格子である。

【0090】

すなわち、この変位検出装置 100C では、上記変位検出装置 100 における反射型の回折格子 18 に替えて上記透過型の回折格子 14C が設けられている。

【0091】

そして、この透過型の回折格子 14C に入射された第 1 の光束 L1 は、当該透過型の回折格子 14C を透過し、かつ 1 回回折されて、被測定部材 1 の被測定面 1a における上記第 1 の照射スポット Pc1 と異なる第 2 の照射スポット Pd1 に入射され、この被測定面 1a で反射されて戻り用反射鏡ブロック 19 の第 1 の反射面 19A に入射される。

10

【0092】

また、上記透過型の回折格子 14C に入射された第 1 の光束 L1 は、当該透過型の回折格子 14C を透過し、絶対位置検出部 30 の受光部 31 に入射される。

【0093】

また、光束分割部 12 で分割された第 2 の光束 L2 は、第 2 の位相板 15 と光路長調整プリズム 17a を介して反射鏡 18 に入射され、この反射鏡 18 を介して被測定部材 1 の被測定面 1a における第 1 の照射スポット Sc1 に入射され、この被測定面 1a で反射されて透過型の回折格子 14C に入射される。

【0094】

20

そして、この透過型の回折格子 14C に入射された第 2 の光束 L2 は、当該透過型の回折格子 14C を透過し、かつ 1 回回折されて、反射鏡 18 の反射面における上記第 1 の照射スポット Sc1 と異なる第 2 の照射スポット Sd1 に入射され、この反射面で反射されて戻り用反射鏡ブロック 19 の第 2 の反射面 19B に入射される。

【0095】

戻り用反射鏡ブロック 19 は、第 1 の反射面 19A と第 2 の反射面 19B とを有する略三角形のミラーである。第 1 の反射面 19A は、被測定部材 1 の被測定面 1a で反射されて入射された第 1 の光束 L1 を反射して入射したときと同じ光路で被測定部材 1 の被測定面 1a と透過型の回折格子 14C を介して光束分割部 12 に戻す。また、第 2 の反射面 19B は、反射鏡 18 の反射面で反射されて入射された第 2 の光束 L2 を反射して入射したときと同じ光路で反射鏡 18 の反射面と透過型の回折格子 14C を介して光束分割部 12 に戻す。

30

【0096】

この変位検出装置 100C において、戻り用反射鏡ブロック 19 は、第 1 の光束 L1 の光路長と、第 2 の光束 L2 の光路長が等しくなるように配置される。また、この戻り用反射鏡ブロック 19 は、被測定部材 1 の被測定面 1a の測定方向 Z に可動部 17C により移動させることができるようになっている。上記可動部 17C には、ステージや板バネやピエゾ素子が用いられる。また、上記可動部 17C を温度調節し、物体の温度膨張を利用して移動させても良い。

【0097】

40

すなわち、この変位検出装置 100C は、上記可動部 17C により戻り用反射鏡ブロック 19 を被測定部材 1 の被測定面 1a の測定方向 Z に移動させることによって、第 1 の光束 L1 と第 2 の光束 L2 の光路長を調整する光路長調整手段を備えている。この変位検出装置 100C では、上記光路長調整手段によって、第 1 の光束 L1 の光路長と第 2 の光束 L2 の光路長を調整することで、被測定部材 1 が積層された反射面であっても、各層の境界面からの第 1 の光束 L1 に光路長を調整して、測定対象の境界面を選択して検出することができる。

【0098】

そして、この変位検出装置 100C では、被測定部材 1 及び反射鏡 18 から反射されて光束分割部 3 に戻ってきた重ね合わせされた第 1 の光束 L1 及び第 2 の光束 L2 を相対位

50

置検出部 20 の受光部 20A で受光することにより、上記変位検出装置 100 と同様に、上記受光部 20A により得られる光検出出力に基づいて上記被測定面 1a の上記測定方向 Z の相対位置情報を相対位置情報出力部 20B から出力する。

【0099】

ここで、この変位検出装置 100C において、透過型の回折格子 14C は、被測定部材 1 の被測定面 1a に対して略垂直に配置されており、図 11 に示すように、被測定面 1a における第 1 の照射スポット Pc1 に入射角  $\theta_1$  で入射した第 1 の光束 L1 が入射角  $\theta_1 / 2 - \theta_1$  で入射される。さらに、第 1 の光束 L1 は、被測定部材 1 の被測定面 1a における第 2 の照射スポット Pd1 に入射角  $\theta_2$  で入射される。

【0100】

また、回折格子 14C の格子ピッチ  $P$  は、回折角が回折格子 14C への入射角とほぼ等しくなるように設定されることが好ましい。すなわち、回折格子 14C の格子ピッチ  $P$  は、上述したように被測定部材 1 の被測定面 1a の一回目の入射角を  $\theta_1$ 、二回目の入射角を  $\theta_2$ 、波長  $\lambda$  とすると、次の式 2 を満たす。

【0101】

$$P = \lambda / (\sin(\theta_1 / 2 - \theta_1) + \sin(\theta_1 / 2 - \theta_2)) \quad \dots \text{式 2}$$

【0102】

なお、 $n$  は、正の次数である。

【0103】

回折格子 14C への入射角と回折角が等しくなる場合、第 1 の照射スポット Pc1 と第 2 の照射スポット Pd1 は、回折格子 14C に対して対称に構成することができる。そして、式 2 は、次の式 3 にて示すことができる。

$$2 \sin \theta_1 = n \lambda \quad \dots \text{式 3}$$

【0104】

なお、 $\theta_1$  は、回折格子 14C の入射角及び回折角である。

【0105】

すなわち、ブラッグ条件を満たすことができ、回折格子 14C によって回折される回折光を強めることが可能となる。

【0106】

また、角度  $\theta_2$  で被測定部材 1 の被測定面 1a に入射した第 1 の光束 L1 は、被測定部材 1 の被測定面 1a により反射され、戻り用反射鏡ブロック 19 の第 1 の反射面 19A に入射し、この第 1 の反射面 19A で反射されて、行きと同じ光路をたどり、再び被測定部材 1 の被測定面 1a の第 2 の照射スポット Pd1 に入射角  $\theta_2$  で入射される。

【0107】

さらに、被測定部材 1 の被測定面 1a によって反射した第 1 の光束 L1 は、回折格子 14C に角度  $\theta_1 / 2 - \theta_2$  で再び入射される。なお、第 1 の光束 L1 における 2 回目の回折は、式 1 の条件により回折角  $\theta_1 / 2 - \theta_1$  で回折される。そして、回折格子 14C によって回折された第 1 の光束 L1 は、再び被測定部材 1 の被測定面 1a の第 1 の照射スポット Pc1 に入射角  $\theta_1$  で入射される。そのため、被測定部材 1 の被測定面 1a によって反射された戻りの第 1 の光束 L1 の光路が、光束分割部 12 によって分割された行きの第 1 の光束 L1 の光路と重なり合う。

【0108】

また、被測定部材 1 の被測定面 1a が高さ方向に  $z / 2$  だけ移動すると、被測定部材 1 の被測定面 1a に照射される第 1 の光束 L1 は、第 1 の照射スポット Pc1 から第 1 の照射スポット Pc2 に移動する。また、被測定部材 1 の被測定面 1a における第 1 の照射スポット Pc1、Pc2 で反射された第 1 の光束 L1 は、回折格子 14C の回折位置 T1 から回折位置 T2 に移動する。さらに、回折格子 14C によって 1 回目の回折が行われた第 1 の光束 L1 は、被測定部材 1 の被測定面 1a における第 2 の照射スポット Pd1 から第 2 の照射スポット Pd2 に移動する。

【0109】

10

20

30

40

50

ここで、回折格子14Cは、被測定部材1の被測定面1aに対して略直角に配置されており、回折位置T1と回折位置T2の間隔は、第1の照射スポットPc1と第1の照射スポットPc2の間隔の2倍のzとなる。すなわち、回折格子14C上を移動する第1の光束L1の移動量は、被測定部材1を移動した際の2倍のzとなる。

【0110】

また、回折格子14Cが被測定部材1の被測定面1aに対して略直角に配置されており、第1の光束L1の光路長は、被測定部材1が高さ方向に変位しても、常に一定となる。すなわち、第1の光束L1の波長は、変化しない。そして、被測定部材1が高さ方向に変位すると、回折格子14Cに入射する位置だけが変化する。

【0111】

なお、反射鏡18に照射された第2の光束L2においても、第1の光束L1と同様であるため、その説明は省略する。

【0112】

この変位検出装置100Cでは、第1の光束L1を2回回折している。そのため、2回回折された第1の光束L1には、 $2Kz$ の位相が加わる。Kは、 $2/\lambda$ で示される波数である。また、zは、回折格子14C上における第1の光束L1の移動量を示している。つまり、被測定部材1が高さ方向に対してz/2だけ移動すると、第1の光束L1は回折格子14C上では2倍のzだけ移動する。さらに、2回回折することで、第1の光束L1には、 $2Kz$ の位相が加わり、2周期分の光の明暗が生じる干渉光が相対位置検出部20の受光部20Aによって受光される。

【0113】

すなわち、上記受光部20Aの第1の受光素子26と第2の受光素子27では、 $\cos(2Kz + \phi)$ の干渉信号を得ることができる。また、第3の受光素子28と第4の受光素子29では、 $\cos(2Kz + \phi')$ の干渉信号を得ることができる。

【0114】

よって、この変位検出装置100Cでは、回折格子14Cの格子ピッチと上述の変位検出装置100における回折格子14の格子ピッチが同じ場合、上記変位検出装置100よりも2倍の分解能とすることができる。

【0115】

例えば、回折格子14Cの格子ピッチを $0.5515\mu\text{m}$ 、波長を $780\text{nm}$ 、回折格子14Cの入射角及び回折角を $45^\circ$ に設定したとき、被測定部材1の被測定面1aを高さ方向に $0.5515\mu\text{m}$ だけ移動した場合、第1の光束L1は、回折格子14C上を $0.5515\mu\text{m}$ の2倍、すなわち2ピッチ分移動する。さらに、第1の光束L1は、2回回折されるため、4回の光の明暗を相対位置検出部20の受光部20Aによって得ることができる。すなわち、得られる信号の1周期は、 $0.5515\mu\text{m}/4 = 0.1379\mu\text{m}$ となる。

【0116】

また、この変位検出装置100Cでは、一台の光学系で第1の光束L1を被測定部材1の被測定面1aにおける第1の照射スポットPc1と第2の照射スポットPd1の2箇所

【0117】

に照射しているため、1台の光学系で、測定ポイントをキャンセルすることができる。さらに、上述したような構成にすることで、被測定部材1の被測定面1aがチルトしても、第1の照射スポットPc1に照射するときと第2の照射スポットPd1に照射するときによってチルトを打ち消すことができる。そのため、第1の光束L1の光路長に変化が生じ難くなり、第1の光束L1の光路長と、第2の光束L2の光路長との差を小さくすることができる。

【符号の説明】

【0118】

1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E 被測定部材、1a 被測定面、2 基板、3 反射膜、10 光源、11 レンズ、12 光束分割部、13, 16 位相板、14, 14

10

20

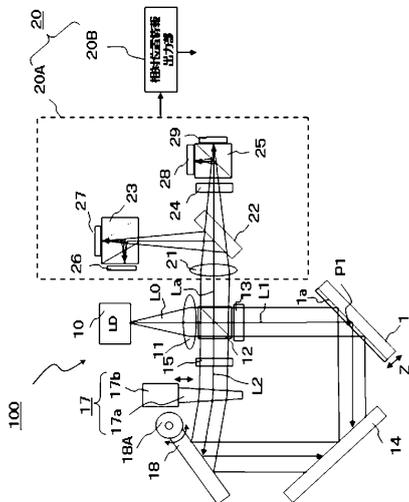
30

40

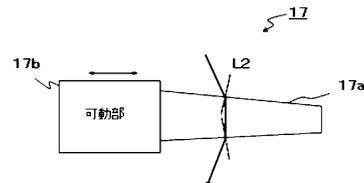
50

A, 14 B, 14 C 回折格子、17 光路長調整手段、17 a 光路長調整プリズム、  
17 b, 17 A、17 B, 17 C 可動部、18 反射鏡、19 戻り用反射鏡ブロック  
、19 A, 19 B 反射面、20 相対位置検出部、20 A 受光部、20 B 相対位置  
情報出力部、21 集光レンズ、22 ハーフミラー、23, 25 偏光ビームスプリッ  
タ、24, 22 3 位相板、26 ~ 29 受光素子、6 1 a, 6 1 b 差動増幅器、6 2  
a, 6 2 b 第1のA/D変換器、6 3 波形補正処理部、6 4 インクリメンタル信号  
発生器、1 0 0, 1 0 0 A, 1 0 0 B, 1 0 0 C 変位検出装置

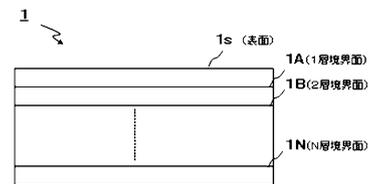
【図1】



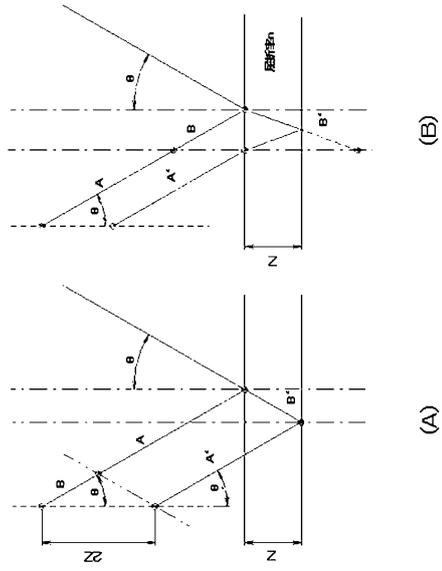
【図2】



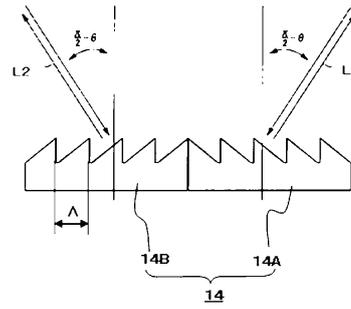
【図3】



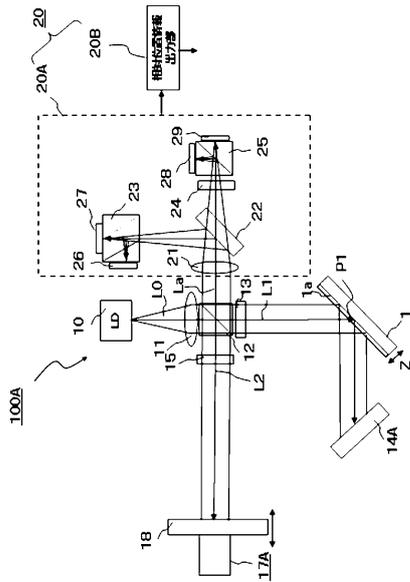
【 図 4 】



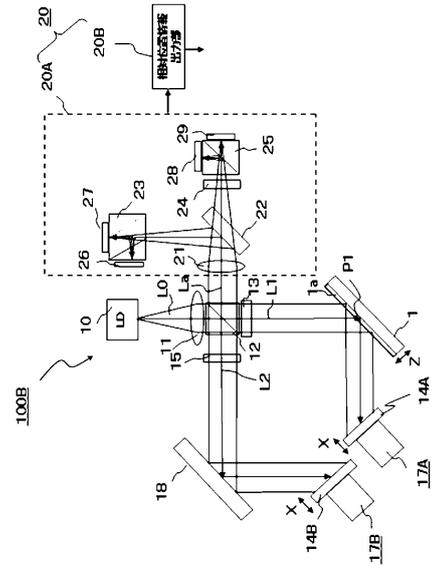
【 図 5 】



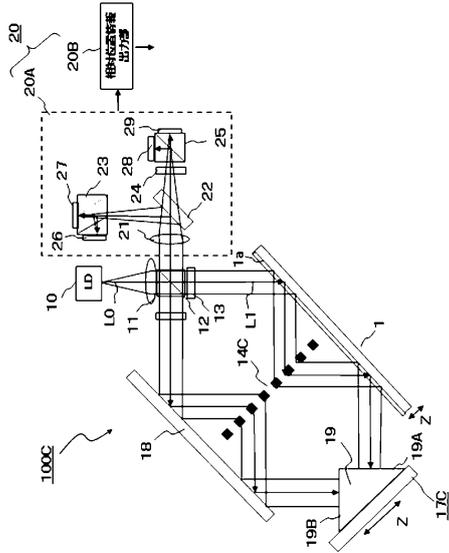
【 図 8 】



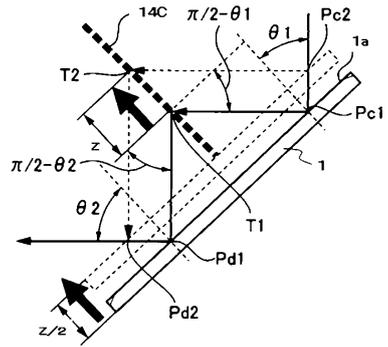
【 図 9 】



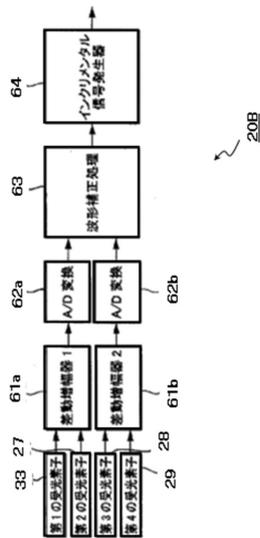
【図10】



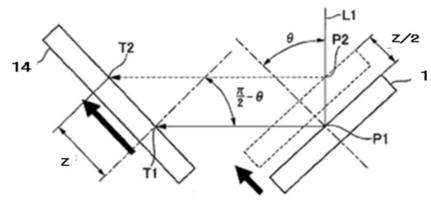
【図11】



【図6】



【図7】



---

フロントページの続き

(72)発明者 田宮 英明  
神奈川県伊勢原市鈴川45 株式会社マグネスケール内

審査官 神谷 健一

(56)参考文献 米国特許第03809481(US,A)  
特開2001-091223(JP,A)  
特開2006-106000(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G01B 9/00 - 11/30  
G01D 5/26 - 5/38