

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5905729号  
(P5905729)

(45) 発行日 平成28年4月20日(2016.4.20)

(24) 登録日 平成28年3月25日(2016.3.25)

(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 13 (全 41 頁)

(21) 出願番号	特願2012-18715 (P2012-18715)	(73) 特許権者	000146847
(22) 出願日	平成24年1月31日(2012.1.31)		DMG森精機株式会社
(65) 公開番号	特開2013-152205 (P2013-152205A)		奈良県大和郡山市北郡山町106番地
(43) 公開日	平成25年8月8日(2013.8.8)	(74) 代理人	110000925
審査請求日	平成26年10月23日(2014.10.23)		特許業務法人信友国際特許事務所
(31) 優先権主張番号	特願2011-234765 (P2011-234765)	(72) 発明者	田宮 英明
(32) 優先日	平成23年10月26日(2011.10.26)		神奈川県伊勢原市鈴川45 株式会社マグ
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		ネスケール内
(31) 優先権主張番号	特願2011-289648 (P2011-289648)	審査官	岸 智史
(32) 優先日	平成23年12月28日(2011.12.28)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 変位検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光を照射する光源と、

前記光源から出射された光を被測定部材に入射させる第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、

前記回折格子の回折面は、前記被測定部材の被測定面に対して略直角に配置され、前記第1の光束の光路長が、前記被測定部材が高さ方向に変位しても、常に一定の距離に保たれる

変位検出装置。

## 【請求項 2】

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までの光路長は、略等しく設定されている

請求項 1 に記載の変位検出装置。

## 【請求項 3】

前記被測定部材は、前記被測定面に複数の格子を有する反射型の回折格子スケールである

請求項 1 又 2 に記載の変位検出装置。

## 【請求項 4】

前記被測定部材の前記複数の格子の上には、前記光源から照射された前記光の波長を含む特定の波長だけを反射させる反射膜からなる保護層が設けられている

請求項 3 に記載の変位検出装置。

## 【請求項 5】

前記回折格子は、前記第 1 の光束を透過させる透過型の回折格子である

請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の変位検出装置。

## 【請求項 6】

前記回折格子によって回折され、かつ前記被測定部材の被測定面で反射された前記第 1 の光束を、前記被測定部材の被測定面に反射させて前記回折格子に再び入射させる戻し用反射部を設けた

請求項 5 に記載の変位検出装置。

## 【請求項 7】

前記回折格子は、前記第 1 の光束が通過する前記光束分割部から前記光束結合部までの間に複数配置される

請求項 5 又は 6 に記載の変位検出装置。

## 【請求項 8】

前記回折格子を透過し、回折した前記第 1 の光束が再び前記被測定部材の被測定面に入射する照射スポットは、前記第 1 の光束における前記光束分割部によって分割されて前記被測定部材の被測定面に入射される照射スポットと異なる箇所になる

請求項 5 ~ 7 のいずれかに記載の変位検出装置。

## 【請求項 9】

前記回折格子は、所定の厚さの格子部を有するポリュームタイプのホログラムからなり、

前記格子部の厚みは、格子ピッチの 4 倍以上に設定される

請求項 5 ~ 8 のいずれかに記載の変位検出装置。

## 【請求項 10】

前記回折格子は、前記第 1 の光束を反射させる反射型の回折格子である

請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の変位検出装置。

## 【請求項 11】

被測定部材の被測定面の互いに異なる任意の点における前記被測定面の高さ方向の変位情報を算出する複数の変位検出部と、

前記複数の変位検出部が算出した前記変位情報の平均値を算出する平均演算器と、を備え、

前記複数の変位検出部は、

光を照射する光源と、

前記光源から出射された光を前記被測定部材に入射させる第 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、

10

20

30

40

50

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、を有し、

前記回折格子の回折面は、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  
 第 1 の光束の光路長が、前記被測定部材が高さ方向に変位しても、常に一定の距離に保た  
 れる

10

変位検出装置。

【請求項 1 2】

前記複数の変位検出部は、一つの光源を共有し、共有した前記一つの光源から光が分配  
 される

請求項 1 1 に記載の変位検出装置。

【請求項 1 3】

第 1 反射面と、前記第 1 反射面と間隔を空けて前記第 1 反射面に対向する第 2 反射面を  
 有する被測定部材の変位情報を検出する変位検出装置において、

光を照射する光源と、

前記光源から出射された光を前記被測定部材の前記第 1 反射面に入射させる第 1 の光束  
 と、前記被測定部材の前記第 2 反射面に入射させる第 2 の光束に分割する光束分割部と、

20

前記光束分割部によって分割され、かつ前記第 1 反射面によって反射された前記第 1 の  
 光束及び前記第 2 反射面によって反射された前記第 2 の光束を回折し、回折した前記第 1  
 の光束を再び前記第 1 反射面に入射させ、かつ回折した前記第 2 の光束を前記 2 反射面  
 に入射させる回折格子と、

前記回折格子によって回折され、かつ前記第 1 反射面によって再び反射された前記第 1  
 の光束及び前記第 2 反射面によって再び反射された前記第 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、

30

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部材の変位情報を出力する  
 相対位置情報出力手段と、を備え、

前記回折格子の回折面は、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  
 第 1 の光束の光路長が、前記被測定部材が高さ方向に変位しても、常に一定の距離に保た  
 れる

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係わる  
 。

40

【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 P S D 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  
 う問題があった。

【0003】

50

これに対し、被測定面をミラー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。

【 0 0 0 4 】

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、被測定面の変位を検出する方式がある（例えば、特許文献1を参照）。この方法では、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。

10

【 0 0 0 5 】

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～100nm程度になる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 6 】

【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】

【 0 0 0 7 】

しかしながら、従来の特許文献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、特許文献1に記載された変位検出装置では、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。

30

【 0 0 0 8 】

本発明の目的は、高精度に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。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

上記課題を解決し、本発明の目的を達成するため、本発明の変位検出装置は、光を照射する光源と、光束分割部と、回折格子と、反射部と、光束結合部と、受光部と、相対位置情報出力手段と、を備えている。

光束分割部は、光源から出射された光を被測定部材に入射させる第1の光束と、参照光となる第2の光束に分割する。回折格子は、光束分割部によって分割され、かつ被測定部材の被測定面によって反射された第1の光束を回折し、回折した第1の光束を再び被測定部材の被測定面に入射させる。反射部は、光束分割部によって分割された第2の光束を反射する。光束結合部は、回折格子によって回折され、かつ被測定面によって再び反射された第1の光束と、反射部によって反射された第2の光束を重ね合わせる。受光部は、光束結合部により重ね合わされた第1の光束及び第2の光束との干渉光を受光する。そして、相対位置情報出力手段は、受光部により受光した干渉光強度に基づいて被測定面の高さ方向の変位情報を出力する。また、回折格子の回折面は、被測定部材の被測定面に対して略直角に配置され、第1の光束の光路長が、被測定部材が高さ方向に変位しても、常に一定の距離に保たれる。

40

50

## 【 0 0 1 0 】

また、第 1 の光束における光束分割部から光束結合部までの光路長と、第 2 の光束における光束分割部から光束結合部までの光路長を略等しく設定する。

## 【 0 0 1 1 】

また、本発明の他の変位検出装置は、複数の変位検出部と、平均演算器と、を備えている。複数の変位検出部は、被測定部材の被測定面の互いに異なる任意の点における被測定面の高さ方向の変位情報を算出する。平均演算器は、複数の変位検出部が算出した変位情報の平均値を算出する。

10

また、複数の変位検出部は、それぞれ上述した変位検出装置と同一の構成を有する。

## 【発明の効果】

## 【 0 0 1 2 】

本発明の変位検出装置によれば、従来のような駆動機構を必要としないので、使用時に発生する熱を抑制できる。さらに、駆動機構を駆動させる必要が無いので、応答周波数といった問題も解消され、使用条件を広くすることができる。

## 【 0 0 1 3 】

また、第 1 の光束の光路長と第 2 の光束の光路長の長さを等しく設定しているため、気圧や湿度、温度の変化による光源の波長変動があったとしても、第 1 の光束及び第 2 の光束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、安定した計測が可能となる。

20

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 1 4 】

【図 1】本発明の変位検出装置の第 1 の実施の形態例の構成を示す概略構成図である。

【図 2】本発明の変位検出装置の第 1 の実施の形態例にかかる回折格子の一例を示す側面図である。

【図 3】本発明の変位検出装置の第 1 の実施の形態例にかかる要部を示す説明図である。

【図 4】本発明の変位検出装置の第 1 の実施の形態例にかかる相対位置情報出力手段を示すブロック図である。

30

【図 5】本発明の変位検出装置の第 1 の実施の形態例にかかる被測定部材を示す断面図である。

【図 6】本発明の変位検出装置の第 2 の実施の形態例の構成を示す概略構成図である。

【図 7】本発明の変位検出装置の第 3 の実施の形態例の構成を示す概略構成図である。

【図 8】本発明の変位検出装置の第 3 の実施の形態例における変位検出装置における絶対値用受光部に照射される照射像の例を示す説明図である。

【図 9】本発明の変位検出装置の第 3 の実施の形態例における絶対値用受光部によって検出された光量から得られる信号の特性を示す図である。

【図 10】本発明の変位検出装置の第 4 の実施の形態例の構成を示す概略構成図である。

【図 11】本発明の変位検出装置の第 5 の実施の形態例の構成を示す概略構成図である。

40

【図 12】本発明の変位検出装置の第 6 の実施の形態例の構成を示す概略構成図である。

【図 13】本発明の変位検出装置の第 7 の実施の形態例の構成を示す概略構成図である。

【図 14】本発明の変位検出装置の第 8 の実施の形態例の構成を示す概略構成図である。

【図 15】複数の変位検出部を有する変位検出装置における光源周りの概略構成図である。

【図 16】本発明の変位検出装置の第 9 の実施の形態例の構成を示す概略構成図である。

【図 17】本発明の変位検出装置の第 9 の実施の形態例にかかる要部を示す説明図である。

【図 18】本発明の変位検出装置の第 9 の実施の形態例にかかる回折格子を示すもので、

図 18 A は回折格子の第 1 の例を示す断面図、図 18 B は回折格子の第 2 の例を示す断面

50

図である。

【図 19】本発明の変位検出装置の第 10 の実施の形態例の構成を示す概略構成図である。

【図 20】本発明の変位検出装置の第 11 の実施の形態例の構成を示す概略構成図である。

【図 21】本発明の変位検出装置の第 12 の実施の形態例の構成を示す概略構成図である。

【図 22】被測定部材の変形例を示す断面図である。

【図 23】被測定部材の変形例を示す断面図である。

【図 24】被測定部材の変形例を示す説明図である。

10

【図 25】本発明の変位検出装置の第 1 の利用例を示す模式図である。

【図 26】本発明の変位検出装置の第 2 の利用例を示す模式図である。

【図 27】本発明の変位検出装置の第 13 の実施の形態例の構成を示す概略構成図である。

【図 28】本発明の変位検出装置の第 13 の実施の形態例における要部を示す説明図である。

【図 29】図 27 に示す変位検出装置にかかる被測定ブロックを示すもので、図 29 A は被測定ブロックの一例を示す平面図、図 29 B は被測定ブロックの他の例を示す平面図である。

【図 30】本発明の変位検出装置の第 14 の実施の形態例の構成を示す概略構成図である。

20

【図 31】本発明の変位検出装置の第 15 の実施の形態例の構成を示す概略構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明の変位検出装置の実施の形態例について、図 1 ~ 図 31 を参照して説明する。なお、各図において共通の部材には、同一の符号を付している。また、本発明は、以下の形態に限定されるものではない。

また、以下の説明において記載される各種のレンズは、単レンズであってもよいし、レンズ群であってもよい。

30

【0016】

1. 変位検出装置の第 1 の実施の形態例

まず、本発明の変位検出装置の第 1 の実施の形態例（以下、「本例」という。）の構成を図 1 ~ 図 5 に従って説明する。

【0017】

1-1. 変位検出装置の構成例

図 1 は、変位検出装置の構成を示す概略構成図、図 2 は、変位検出装置の回折格子の一例を示す側面図、図 3 は、変位検出装置の要部を示す説明図、図 4 は、変位検出装置における相対位置情報出力手段の概略構成を示すブロック図である。

【0018】

40

本例の変位検出装置 1 は、回折格子を用いて、被測定面における垂直な方向の変位を検出することができる変位検出装置である。図 1 に示すように、変位検出装置 1 は、光源 2 と、光源から出射される光を 2 つの光束に分割する光束分割部 3 と、回折格子 4 と、反射部の一例を示すミラー 6 と、受光部 8 とを有している。さらに、変位検出装置 1 は、被測定部材 9 の被測定面の直交する方向、すなわち高さ方向の相対位置情報（変位情報）を出力する相対位置情報出力手段 10 を備えている。

【0019】

光源 2 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、発光ダイオード等が挙げられる。

【0020】

50

光源 2 として、可干渉距離が長い光源を用いると、被測定部材 9 の被測定面のチルト等による物体光と参照光の光路長差の影響を受けにくくチルト許容範囲が広がる。また、光源 2 の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。

**【 0 0 2 1 】**

さらに、光源 2 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 2 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 2 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。

10

**【 0 0 2 2 】**

この光源 2 から出射された光は、光束分割部 3 に入射する。なお、光源 2 と光束分割部 3 の間には、コリメートレンズ等からなるレンズ 1 1 が配置されている。レンズ 1 1 は、光源 2 から出射された光を平行光にコリメートする。そのため、光束分割部 3 には、レンズ 1 1 により平行光にコリメートされた光が入射される。

**【 0 0 2 3 】**

光束分割部 3 は、コリメートされた光を物体光である第 1 の光束 L 1 と、参照光である第 2 の光束 L 2 に分割する。第 1 の光束 L 1 は、被測定部材 9 に照射され、第 2 の光束 L 2 は、ミラー 6 に照射される。また、光束分割部 3 は、例えば、光源 2 からの光のうち、s 偏光を反射し、p 偏光を透過する。

20

**【 0 0 2 4 】**

光束分割部 3 では、光が第 1 の光束 L 1 と第 2 の光束 L 2 に分割されるが、その光量比率は、受光部 8 に入射する際に被測定部材 9 側とミラー 6 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。

**【 0 0 2 5 】**

また、光源 2 と光束分割部 3 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。

**【 0 0 2 6 】**

光束分割部 3 と被測定部材 9 との間には、第 1 の位相板 1 2 が配置されており、光束分割部 3 とミラー 6 との間には、第 2 の位相板 1 3 が配置されている。第 1 の位相板 1 2 及び第 2 の位相板 1 3 は、それぞれ 1 / 4 波長板等から構成されている。

30

**【 0 0 2 7 】**

被測定部材 9 は、第 1 の光束 L 1 を回折格子 4 に反射させる。なお、被測定部材 9 としては、ミラー等が用いられる。被測定部材 9 の詳細な構成例については、後述する。本例の回折格子 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 2 8 】**

また、被測定部材 9 は、回折格子 4 によって回折された第 1 の光束 L 1 を再び光束分割部 3 へ反射させる。回折格子 4 は、被測定部材 9 の被測定面に対して略直角、すなわち回折格子 4 の回折面と被測定部材 9 の被測定面で形成される角度がほぼ 90° となるように配置されている。

40

**【 0 0 2 9 】**

なお、回折格子 4 における被測定部材 9 に対する配置する精度は、変位検出装置 1 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 に高い精度を要求する場合、回折格子 4 を被測定部材 9 の被測定面に対して 90° ± 0.5° の範囲に配置することが好ましい。これに対し、回折格子を被測定部材の被測定面に対して 90° から ± 2° の範囲で配置しても、変位検出装置 1 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。

**【 0 0 3 0 】**

また、回折格子 4 に入射した第 1 の光束 L 1 は、回折格子 4 によって反射し、かつ回折

50

される。この回折格子 4 の格子ピッチ は、回折角が回折格子 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 4 の格子ピッチ は、被測定面への入射角を、光の波長を 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 4 が被測定部材 9 の被測定面に対して直角に配置されているため、回折格子 4 への入射角は、 $\theta / 2$  となる。

【式 1】

$$d = \lambda / (2 \sin(\theta / 2))$$

【0031】

そのため、回折格子 4 によって反射し、かつ回折されて再び被測定部材 9 に入射するときの光路が、光束分割部 3 によって分割された第 1 の光束 L 1 が被測定部材 9 によって反射されて回折格子 4 に入射するときの光路に重なり合う。その結果、回折格子 4 によって回折された第 1 の光束 L 1 は、光束分割部 3 から被測定部材 9 に照射された照射スポット P 1 とおなじ点に戻る。そして、第 1 の光束 L 1 は、被測定部材 9 で再び反射され、光束分割部 3 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 3 に戻る。

10

【0032】

なお、回折格子としては、図 2 に示すような回折格子 4 A を用いてよい。

図 2 は、回折格子の一例を示す側面図である。

図 2 に示すように、回折格子 4 A 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である。この回折格子 4 A によれば、被測定部材 9 から反射した第 1 の光束 L 1 や、ミラー 6 から反射した第 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。

20

【0033】

また、図 1 に示すように、ミラー 6 は、光束分割部 3 によって分割された第 2 の光束 L 2 を回折格子 4 に反射するものである。このミラー 6 は、回折格子 4 を間に挟んで被測定部材 9 と対向する位置に設けられている。そして、ミラー 6 の反射面は、被測定部材 9 の被測定面と略平行に配置される。そのため、ミラー 6 の反射面と回折格子 4 の回折面で形成される角度がほぼ  $90^\circ$  となるように、ミラー 6 及び回折格子 4 は配置される。

【0034】

また、ミラー 6 は、回折格子 4 によって回折された第 2 の光束 L 2 を再び光束分割部 3 に反射する。なお、ミラー 6 によって反射され、かつ回折格子 4 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 3 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 3 に戻る。

30

【0035】

このミラー 6 は、第 1 の光束 L 1 における光束分割部 3 から回折格子 4 までの光路長と、第 2 の光束 L 2 における光束分割部 3 から回折格子 4 までの光路長が等しくなるように配置される。ミラー 6 を設けたことで、変位検出装置 1 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 2 の波長変動の影響を受けにくくすることができる。

【0036】

上述したように、ミラー 6 の反射面と回折格子 4 の回折面は、被測定部材 9 と回折格子 4 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 4 によって回折されて再びミラー 6 に入射するときの光路が、ミラー 6 によって反射されて回折格子 4 に入射するときの光路に重なり合う。

40

【0037】

また、光束分割部 3 は、被測定部材 9 及びミラー 6 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、受光部 8 に照射する。すなわち、本例で示す光束分割部 3 は、光を分割する光束分割部としての役割と、第 1 の光束と第 2 の光束を重ね合わせる光束結合部としての役割を有している。

【0038】

50

ここで、光束分割部 3 から被測定部材 9 及び回折格子 4 を介して光束分割部 3 に戻るまでの長さ、光束分割部 3 からミラー 6 及び回折格子 4 を介して光束分割部 3 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の波長変動があったとしても、第 1 の光束 L 1 及び第 2 の光束 L 2 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。

【 0 0 3 9 】

受光部 8 は、光束分割部 3 からの入射された第 1 の光束 L 1 及び第 2 の光束 L 2 を集光する集光レンズ 1 4 と、光を分割するハーフミラー 1 6 と、第 1 の偏光ビームスプリッタ 1 8 と、第 2 の偏光ビームスプリッタ 1 9 とを有している。また、ハーフミラー 1 6 と第 2 の偏光ビームスプリッタ 1 9 との光路上には、例えば 1 / 4 波長板等からなる受光側位相板 1 7 が配置されている。

10

【 0 0 4 0 】

第 1 の偏光ビームスプリッタ 1 8 は、入射される光束の偏光方向が入射面に対して 4 5 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 1 8 における光の出射口側には、第 1 の受光素子 3 3 と、第 2 の受光素子 3 4 が設けられている。また、第 2 の偏光ビームスプリッタ 1 9 における光の出射口側には、第 3 の受光素子 3 5 と、第 4 の受光素子 3 6 が設けられている。

【 0 0 4 1 】

20

これら第 1 の偏光ビームスプリッタ 1 8 及び第 2 の偏光ビームスプリッタ 1 9 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、光を分割するものである。

【 0 0 4 2 】

そして、受光部 8 には、相対位置情報出力手段 1 0 が接続されている。図 4 に示すように、相対位置情報出力手段 1 0 は第 1 の差動増幅器 6 1 a と、第 2 の差動増幅器 6 1 b と、第 1 の A / D 変換器 6 2 a と、第 2 の A / D 変換器 6 2 b と、波形補正処理部 6 3 と、インクリメンタル信号発生器 6 4 とを有している。

【 0 0 4 3 】

第 1 の差動増幅器 6 1 a には、第 1 の受光素子 3 3 及び第 2 の受光素子 3 4 が接続されており、第 2 の差動増幅器 6 1 b には、第 3 の受光素子 3 5 及び第 4 の受光素子 3 6 が接続されている。また、第 1 の差動増幅器 6 1 a には、第 1 の A / D 変換器 6 2 a が接続されており、第 2 の差動増幅器 6 1 b には、第 2 の A / D 変換器 6 2 b が接続されている。そして、第 1 の A / D 変換器 6 2 a 及び第 2 の A / D 変換器 6 2 b は、波形補正処理部 6 3 と接続している。

30

【 0 0 4 4 】

1 - 2 . 変位検出装置の動作

次に、図 1、図 3 及び図 4 を参照して、本例の変位検出装置 1 の動作について説明する。

【 0 0 4 5 】

40

図 1 に示すように、光源から出射した光は、レンズ 1 1 によりコリメートされて平行光となる。そして、レンズ 1 1 によりコリメートされた平行光は、光束分割部 3 に入射する。光束分割部 3 に入射した光は、第 1 の光束 L 1 と第 2 の光束 L 2 に分割される。ここで、光束分割部 3 は、光のうち s 偏光を反射し、p 偏光を透過する。そのため、光束分割部 3 を透過した p 偏光による第 1 の光束 L 1 は、第 1 の位相板 1 2 に照射され、光束分割部 3 により反射された s 偏光による第 2 の光束 L 2 は、第 2 の位相板 1 3 に照射される。

【 0 0 4 6 】

そして、第 1 の光束 L 1 及び第 2 の光束 L 2 は、第 1 の位相板 1 2 及び第 2 の位相板 1 3 により円偏光となる。図 3 に示すように、円偏光となった第 1 の光束 L 1 は、被測定部材 9 の被測定面の任意の照射スポット P 1 に入射角  $\theta$  で入射する。そして、第 1 の光束 L

50

1 は、被測定部材 9 によって反射された回折格子 4 の回折位置 T 1 に入射角  $\theta / 2$  で入射する。

【 0 0 4 7 】

回折格子 4 に入射した第 1 の光束 L 1 は、回折格子 4 によって回折される、そして、回折された第 1 の光束 L 1 は、再び被測定部材 9 に入射する。次に、再び被測定部材 9 に入射した第 1 の光束 L 1 は、被測定部材 9 で反射されて、第 1 の位相板 1 2 に照射される。

【 0 0 4 8 】

一方、ミラー 6 に照射された第 2 の光束 L 2 は、ミラー 6 で反射されて、回折格子 4 に照射される。そして、第 1 の光束 L 1 と同様に、第 2 の光束 L 2 は、回折格子 4 によって回折されて、再びミラー 6 に入射する。

10

【 0 0 4 9 】

上述したように、ミラー 6 は、第 1 の光束 L 1 における光束分割部 3 から回折格子 4 までの光路長と、第 2 の光束 L 2 における光束分割部 3 から回折格子 4 までの光路長が等しくなるように配置されている。そのため、気圧や湿度、温度の変化による光源の波長変動があったとしても、第 1 の光束 L 1 及び第 2 の光束 L 2 が受ける影響を等しくすることができる。

【 0 0 5 0 】

さらに、第 1 の光束 L 1 及び第 2 の光束 L 2 を共に回折格子 4 に入射させて回折させている。これにより、温度変化によって回折格子 4 の回折角に変化が起きても、第 1 の光束 L 1 及び第 2 の光束 L 2 が受ける影響を等しくすることができる。

20

【 0 0 5 1 】

ミラー 6 に再び入射した第 2 の光束 L 2 は、ミラー 6 で反射されて、第 2 の位相板 1 3 に照射される。第 1 の光束 L 1 は、第 1 の位相板 1 2 によって行きと直交した直線偏光、すなわち s 偏光となる。また、第 2 の光束 L 2 は、第 2 の位相板 1 3 によって行きと直交した直線偏光 p 偏光となる。したがって、第 1 の光束 L 1 は、光束分割部 3 を透過して受光部 8 に照射される。また、第 2 の光束 L 2 は、光束分割部 3 で反射されて受光部 8 に照射される。そのため、受光部 8 には、互いに直交した直線偏光の第 1 の光束 L 1 と第 2 の光束 L 2 が重なった光束 L a が入射する。

【 0 0 5 2 】

光束 L a は、集光レンズ 1 4 によって集光されて、ハーフミラー 1 6 に照射される。ハーフミラー 1 6 は、光束 L a を 2 つの光に分割する。ハーフミラー 1 6 を反射した光束 L a は、第 1 の偏光ビームスプリッタ 1 8 に入射する。

30

【 0 0 5 3 】

ここで、第 1 の偏光ビームスプリッタ 1 8 は、互いに偏光方向が 90 度異なる第 1 の光束 L 1 及び第 2 の光束 L 2 の偏光方向が、第 1 の偏光ビームスプリッタ 1 8 の入射面に対してそれぞれ偏光方向が 45 度傾くように傾けて配置されている。これにより、第 1 の光束 L 1 及び第 2 の光束 L 2 は、第 1 の偏光ビームスプリッタ 1 8 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 1 8 を透過した第 1 の光束 L 1 及び第 2 の光束 L 2 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 L 1 と第 2 の光束 L 2 を第 1 の偏光ビームスプリッタ 1 8 によ

40

【 0 0 5 4 】

同様に、第 1 の偏光ビームスプリッタ 1 8 によって反射される第 1 の光束 L 1 及び第 2 の光束 L 2 は、第 1 の偏光ビームスプリッタ 1 8 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 1 8 によって干渉させることができる。

【 0 0 5 5 】

第 1 の偏光ビームスプリッタ 1 8 によって反射された第 1 の光束 L 1 及び第 2 の光束 L 2 との干渉光は、第 1 の受光素子 3 3 によって受光される。また、第 1 の偏光ビームスプリッタ 1 8 を透過した第 1 の光束 L 1 及び第 2 の光束 L 2 との干渉光は、第 2 の受光素子

50

34によって受光される。ここで、第1の受光素子33と第2の受光素子34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。

【0056】

第1の受光素子33と第2の受光素子34によって得られる干渉信号は、 $A \cos(Kx + \phi)$ 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、xは、回折格子4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。

【0057】

ここで、図3に示すように、被測定部材9が高さ方向に $x/2$ だけ移動すると、被測定部材9の測定面に照射される第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9に反射された第1の光束L1は、回折格子4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4は、被測定部材9の被測定面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 $x$ となる。すなわち、回折格子4上を移動する第1の光束L1の移動量は、被測定部材9を移動した際の2倍の $x$ となる。

【0058】

また、回折格子4が被測定部材9の被測定面に対して略直角に配置されているため、被測定部材9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9が高さ方向に変位すると、回折格子4に入射する位置だけが変化する。

【0059】

よって、回折された第1の光束L1には、 $Kx$ の位相が加わる。つまり、被測定部材9が高さ方向に対して $x/2$ だけ移動すると、第1の光束L1は回折格子4上では $x$ だけ移動する。そのため、第1の光束L1には、 $Kx$ 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33、第2の受光素子34によって受光される。

【0060】

ここで、第1の受光素子33及び第2の受光素子34によって得られる干渉信号には、光源2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。

【0061】

一方、図1に示すように、ハーフミラー16を透過した光束Laは、受光側位相板17に入射する。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17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り、第2の偏光ビームスプリッタ19に入射する。

【0062】

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19によって反射され、第3の受光素子35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19を透過し、第4の受光素子36によって受光される。

【0063】

上述したように、第2の偏光ビームスプリッタ19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19に入射される直線偏光の偏光方向は、被測定部材9が高さ方向に $x/2$ 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35と第4の受光素子36でも同様に、 $A \cos(Kx + \phi')$ の干渉信号が得られる。 $\phi'$ は初期位相である。

【0064】

また、第3の受光素子35と第4の受光素子36とで光電変換される信号は、180度位相が異なる。

【0065】

10

20

30

40

50

なお、本実施形態では、第1の偏光ビームスプリッタ18に対して、第3の受光素子35と第4の受光素子36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19を45度傾けて配置している。このため、第3の受光素子35と第4の受光素子36において得られる信号は、第1の受光素子33と第2の受光素子34において得られる信号に対し、90度位相がずれている。

【0066】

したがって、例えば第1の受光素子33と第2の受光素子34で得られる信号をsin信号、第3の受光素子35と第4の受光素子36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。

【0067】

これらの受光素子によって得られる信号は、相対位置情報出力手段10によって演算され、被測定面の変位量がカウントされる。

【0068】

図4に示すように、例えば、本例の相対位置情報出力手段10では、まず、第1の受光素子33と第2の受光素子34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。

【0069】

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において演算される。

【0070】

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。

【0071】

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9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。

【0072】

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9の変位量が検出される。

【0073】

なお、本例の相対位置情報出力手段10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。

【0074】

## 2. 被測定部材の構成例

次に、図5を参照して被測定部材の構成例及び変形例について説明する。

図5は被測定部材を示す断面図である。

【0075】

一般に光源2からの光を反射させる被測定部材9としては、ミラー等が用いられる。図5に示すように、被測定部材9は、基板9bと、基板9b上に積層された反射膜9aとを有している。この反射膜9aは、極めて平坦に加工されている。また、表面を平坦化することで、より正確な高さ方向の変位を検出することが可能となる。さらに、反射膜9aは、光源2の波長を含む特定の波長のみを反射するようにしてもよい。

【0076】

## 3. 変位検出装置の第2の実施の形態例

10

20

30

40

50

次に、図6を参照して本発明の第2の実施の形態例について説明する。

図6は、変位検出装置の構成を示す概略構成図である。

【0077】

この第2の実施の形態例にかかる変位検出装置101と、第1の実施の形態例にかかる変位検出装置1と異なる点は、第2のミラー104を設けて第1の光束L1及び第2の光束L2を2回回折した点である。そのため、ここでは、第2のミラー104について説明し、第1の実施の形態例にかかる変位検出装置1と共通する部分には同一の符号を付して重複した説明を省略する。

【0078】

図6に示すように、変位検出装置101は、回折格子4と対向して第2のミラー104が配置されている。そして、回折格子4によって一回回折された第1の光束L1及び第2の光束L2は、第2のミラー104に照射される。そして、第2のミラー104は、一回回折された第1の光束L1及び第2の光束L2を、一回目の回折位置を同じポイントに向けて反射させる。すなわち、回折格子4の格子ピッチは、被測定面への入射角を、光の波長をとすると、次の式2を満たす値に設定される。

【式2】

$$= / \sin ( / 2 - )$$

【0079】

そのため、第1の光束L1及び第2の光束L2は、回折格子4によって2回回折されて、被測定部材9またはミラー6に戻る。なお、第1の光束L1における光束分割部3から第2のミラー104までの光路長と、第2の光束L2における光束分割部3から第2のミラー104までの光路長は、等しく設定されている。

【0080】

その他の構成は、第1の実施の形態にかかる変位検出装置1と同様であるため、それらの説明は省略する。このような構成を有する変位検出装置101によっても、上述した第1の実施の形態例にかかる変位検出装置1と同様の作用効果を得ることができる。

【0081】

なお、この第2の実施の形態例にかかる変位検出装置101によれば、第1の光束L1及び第2の光束L2を2回回折しているため、得られる干渉信号は  $A \cos ( 2 K x + )$  となる。

【0082】

#### 4. 変位検出装置の第3の実施の形態例

次に、図7、図8及び図9を参照して本発明の変位検出装置の第3の実施の形態例について説明する。

図7は、変位検出装置の構成を示す概略構成図である。図8は、変位検出装置における絶対値用受光部に照射される照射像の例を示す説明図、図9は、絶対値用受光部によって検出された光量から得られる信号の特性を示す図である。

【0083】

この第3の実施の形態例にかかる変位検出装置201が、第1の実施の形態例にかかる変位検出装置1と異なる点は、第2の集光レンズ202及び第3の集光レンズ203設けた点と、絶対位置検出を行う点である。そのため、ここでは、第2の集光レンズ202及び第3の集光レンズ203について説明し、第1の実施の形態例にかかる変位検出装置1と共通する部分には同一の符号を付して重複した説明を省略する。

【0084】

図7に示すように、第1の位相板12と被測定部材9の間には、第1の光束L1を集光する第2の集光レンズ202が設けられている。また、第2の位相板13とミラー6の間には、第2の光束L2を集光する第3の集光レンズ203が設けられている。そして、第2の集光レンズ202及び第3の集光レンズ203によって、第1の光束L1及び第2の光束L2を集光させて、回折格子4に収束する収束光とする。

【0085】

10

20

30

40

50

これにより、被測定部材 9 の被測定面がチルトした（傾いた）際に生じる干渉信号の振幅の低下を抑制することができる。また、光束 L 2 を被測定部材 9 上に集光させるなど、使用目的に応じて被測定部材 9 上に照射されるビーム径を調整してもよい。

【 0 0 8 6 】

また、回折格子 4 と対向するように絶対値用受光部 3 7 が配置されている。この絶対値用受光部 3 7 は、回折格子 4 に入射した第 1 の光束 L 1 のうち回折格子面から反射した反射光を受光する。絶対値用受光部 3 7 は絶対位置情報出力手段 4 0 に接続されている。

【 0 0 8 7 】

図 8 に示すように、絶対値用受光部 3 7 は、第 5 の受光素子 3 7 C と、第 6 の受光素子 3 7 D とを有している。第 5 の受光素子 3 7 C 及び第 6 の受光素子 3 7 D は、被測定部材 9 が高さ方向に変位した際に、反射光が移動（シフト）する方向に沿って並べて配置されている。この第 5 の受光素子 3 7 C 及び第 6 の受光素子 3 7 D は、絶対位置情報出力手段 4 0 を構成する差動比較器 3 8 に接続されている。

【 0 0 8 8 】

そして、第 5 の受光素子 3 7 C 及び第 6 の受光素子 3 7 D は、検出した光を電気エネルギーに変換（光電変換）して出力信号を生成し、差動比較器 3 8 に出力する。

【 0 0 8 9 】

被測定部材 9 が高さ方向に変位すると、第 1 の光束 L 1 の反射光は、例えば第 5 の受光素子 3 7 C から第 6 の受光素子 3 7 D にシフトする。そして、光電変換した信号を差動比較器 3 8 に通すと、図 9 に示すような信号出力の変化が得られる。この図 9 に示す信号出力の変化におけるゼロクロス位置を絶対位置として、相対位置情報と比較することで被測定部材 9 の絶対位置検出が可能となる。

【 0 0 9 0 】

その他の構成は、第 1 の実施の形態にかかる変位検出装置 1 と同様であるため、それらの説明は省略する。このような構成を有する変位検出装置 2 0 1 によっても、上述した第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 と同様の作用効果を得ることができる。

【 0 0 9 1 】

#### 5 . 変位検出装置の第 4 の実施の形態例

次に、図 1 0 を参照して本発明の変位検出装置の第 4 の実施の形態例について説明する。

図 1 0 は、変位検出装置の構成を示す概略構成図である。

【 0 0 9 2 】

この第 4 の実施の形態例にかかる変位検出装置 3 0 1 が、第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 と異なる点は、光源 2 及び受光素子 3 3 ~ 3 6 を光ファイバによって他の部材から切り離れた点である。そのため、ここでは、光ファイバについて説明し、第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 と共通する部分には同一の符号を付して重複した説明を省略する。

【 0 0 9 3 】

図 1 0 に示すように、光源 2 とレンズ 1 1 の間には、供給用光ファイバ 3 0 2 が配置されている。この供給用光ファイバ 3 0 2 は、変位検出装置 3 0 1 の外部に配置された光源 2 から光をレンズ 1 1 に供給するものである。

【 0 0 9 4 】

また、第 1 の受光素子 3 3 及び第 2 の受光素子 3 4 には、それぞれ第 1 の偏光ビームスプリッタ 1 8 から第 1 の受光用光ファイバ 3 0 3 及び第 2 の受光用光ファイバ 3 0 4 を介して光が供給される。さらに、また、第 3 の受光素子 3 5 及び第 4 の受光素子 3 6 には、それぞれ第 2 の偏光ビームスプリッタ 1 9 から第 3 の受光用光ファイバ 3 0 5 及び第 4 の受光用光ファイバ 3 0 6 を介して光が供給される。

【 0 0 9 5 】

これにより、熱源となる光源 2 を他の部材から離すことができる。また、変位検出装置 3 0 1 から離れた場所で、光源 2 や第 1 ~ 第 4 の受光素子 3 3 ~ 3 6 のメンテナンスが可

10

20

30

40

50

能となり、作業性が向上する。

【 0 0 9 6 】

さらに、熱源を切り離すことで、変位検出装置の温度上昇を控え、安定した計測が可能になる。また、第 1 ~ 第 4 の受光素子 3 3 ~ 3 6 を相対位置情報出力手段 1 0 に近づけることで、電気的な外来ノイズの影響を少なくでき、光ファイバで伝送することで、応答スピードも上げることができる。これらの効果から目的に応じて光源 2 のみを光ファイバによって他の部材から切り離しても良いし、受光素子 3 3 ~ 3 3 のみを光ファイバによって他の部材から切り離しても良い。

【 0 0 9 7 】

その他の構成は、第 1 の実施の形態にかかる変位検出装置 1 と同様であるため、それらの説明は省略する。このような構成を有する変位検出装置 3 0 1 によっても、上述した第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 と同様の作用効果を得ることができる。

10

【 0 0 9 8 】

6 . 変位検出装置の第 5 の実施の形態例

次に、図 1 1 を参照して本発明の変位検出装置の第 5 の実施の形態例について説明する。

図 1 1 は、変位検出装置の構成を示す概略構成図である。

【 0 0 9 9 】

この第 5 の実施の形態例にかかる変位検出装置 4 0 1 が、第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 と異なる点は、回折格子と反射部を一体に構成した点である。そのため、ここでは、回折格子について説明し、第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 と共通する部分には同一の符号を付して重複した説明を省略する。

20

【 0 1 0 0 】

図 1 1 に示すように、この第 5 の実施の形態例にかかる変位検出装置 4 0 1 では、光束分割部 3 によって分割された第 2 の光束 L 2 を直接回折格子 4 0 4 に照射している。そして、回折格子 4 0 4 は、光束分割部 3 によって分割された第 2 の光束 L 2 を光束分割部 3 に反射する。すなわち、この第 5 の実施の形態例に示す回折格子 4 0 4 は、第 2 の光束 L 2 を反射させる反射部としての役割も有している。

【 0 1 0 1 】

なお、第 1 の光束 L 1 における光束分割部 3 から回折格子 4 0 4 までの光路長と、第 2 の光束 L 2 における光束分割部 3 から回折格子 4 0 4 までの光路長は、等しく設定されている。

30

【 0 1 0 2 】

この第 5 の実施の形態例にかかる変位検出装置 4 0 1 では、回折格子 4 0 4 が第 1 の光束 L 1 の回折と、第 2 の光束 L 2 の反射させる反射部の両方の役割を有するため、第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 よりもミラー 6 の部品を削除することができる。

【 0 1 0 3 】

その他の構成は、第 1 の実施の形態にかかる変位検出装置 1 と同様であるため、それらの説明は省略する。このような構成を有する変位検出装置 4 0 1 によっても、上述した第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 と同様の作用効果を得ることができる。

40

【 0 1 0 4 】

7 . 変位検出装置の第 6 の実施の形態例

次に、図 1 2 を参照して本発明の変位検出装置の第 6 の実施の形態例について説明する。

図 1 2 は、変位検出装置の構成を示す概略構成図である。

【 0 1 0 5 】

この第 6 の実施の形態例にかかる変位検出装置 5 0 1 が、第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 と異なる点は、反射部の一例を示すミラーの構成である。そのため、ここでは、ミラーについて説明し、第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 と共通する部分には同一の符号を付して重複した説明を省略する。

50

## 【 0 1 0 6 】

図 1 2 に示すように、反射部の一例を示すミラー 5 0 6 は、光束分割部 3 によって分割された第 2 の光束 L 2 を回折格子 4 に反射させることなく、再び光束分割部 3 に反射させている。また、第 1 の光束 L 1 における光束分割部 3 から回折格子 4 までの光路長と、第 2 の光束 L 2 における光束分割部 3 からミラー 5 0 6 までの光路長が等しくなるようにミラー 5 0 6 が配置されている。

## 【 0 1 0 7 】

その他の構成は、第 1 の実施の形態にかかる変位検出装置 1 と同様であるため、それらの説明は省略する。このような構成を有する変位検出装置 5 0 1 によっても、上述した第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 と同様の作用効果を得ることができる。

10

## 【 0 1 0 8 】

## 8 . 変位検出装置の第 7 の実施の形態例

次に、図 1 3 を参照して本発明の第 7 の実施の形態例について説明する。

図 1 3 は、変位検出装置の構成を示す概略構成図である。

この第 7 の実施の形態例にかかる変位検出装置 6 0 0 は、第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 を 2 台対称に配置したものである。

## 【 0 1 0 9 】

図 1 3 に示すように、変位検出装置 6 0 0 は、第 1 の変位検出部 6 0 1 A と、第 2 の変位検出部 6 0 1 B と、平均演算器 6 0 2 とを有している。第 1 の変位検出部 6 0 1 A 及び第 2 の変位検出部 6 0 1 B は、それぞれ第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 と同一の構成を有している。そのため、ここでは、第 1 の変位検出部 6 0 1 A を構成する構成要素は、第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 の構成要素の符号に A を付し、第 2 の変位検出部 6 0 1 B を構成する構成要素は、変位検出装置 1 の構成要素の符号に B を付して示す。

20

## 【 0 1 1 0 】

第 1 の変位検出部 6 0 1 A は、被測定部材 9 の被測定面の任意の第 1 の照射スポット P a 1 に第 1 の光束 L 1 A を照射する。第 2 の変位検出部 6 0 1 B は、被測定部材 9 の被測定面における第 1 の照射スポット P a 1 とは異なる任意の第 2 の照射スポット P b 1 に第 1 の光束 L 1 B を照射する。そして、この変位検出装置 6 0 0 は、第 1 の照射スポット P a 1 と第 2 の照射スポット P b 1 の間の中心位置を仮想ポイント P として検出する。

30

## 【 0 1 1 1 】

また、平均演算器 6 0 2 は、第 1 の変位検出部 6 0 1 A の第 1 の相対位置情報出力手段 1 0 A 及び第 2 の変位検出部 6 0 1 B の第 2 の相対位置情報出力手段 1 0 B に接続されている。第 1 の相対位置情報出力手段 1 0 A は、第 1 の相対位置情報を算出し、平均演算器 6 0 2 へ出力する。同様に、第 2 の相対位置情報出力手段 1 0 B は、第 2 の相対位置情報を算出し、平均演算器 6 0 2 へ出力する。そして、この平均演算器 6 0 2 は、出力された第 1 の相対位置情報と第 2 の相対位置情報の平均値が求め、仮想ポイント P の相対位置情報として出力する。

## 【 0 1 1 2 】

この第 7 の実施の形態例にかかる変位検出装置 6 0 0 では、被測定部材 9 が高さ方向に変位しても第 1 の照射スポット P a 1 と第 2 の照射スポット P b 1 の間の中心位置を仮想ポイント P は、ずれない。そのため、被測定部材 9 の被測定面に対して常に同じ場所を検出することができる。その結果、被測定部材 9 の被測定面がチルトしても、2 点の平均値を算出することで被測定面のチルトを打ち消すことができる。

40

## 【 0 1 1 3 】

また、この第 7 の実施の形態例にかかる変位検出装置 6 0 0 では、第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 を 2 台配置した例を説明したが、これに限定されるものではなく、3 台以上配置してもよい。例えば、3 台以上の変位検出部を、仮想ポイント P を中心に放射状から放射状に配置し、その中心位置である仮想ポイント P の高さ方向の変位を平均して求めてもよい。あるいは、3 台以上の変位検出部から得られる被測定部材 9 の被測定

50

面の変位情報をそれぞれ個別に計算し、被測定部材 9 の被測定面のチルト情報（傾き）を求めてもよい。

【 0 1 1 4 】

9 . 変位検出装置の第 8 の実施の形態例

次に、第 8 の実施の形態例にかかる変位検出装置について図 1 4 A , 図 1 4 B を参照して説明する。

図 1 4 A 及び図 1 4 B は、変位検出装置の構成を示す概略構成図である。

この第 8 の実施の形態例にかかる変位検出装置 7 0 0 は、第 7 の実施の形態例にかかる変位検出装置 6 0 0 における第 1 の変位検出部 6 0 1 A 及び第 2 の変位検出部 6 0 1 B の光束分割部 3 A , 3 B、反射部であるミラー 6 A , 6 B 及び光源 2 A , 2 B を一体にしたもの

10

【 0 1 1 5 】

図 1 4 A に示すように、光源 2 から照射された光は、レンズ 7 1 1 によって平行光にコリメートされる。そして、平行光にコリメートされた光は、プレビームスプリッタ 7 2 1 によって、第 1 の光 L A と第 2 の光 L B に分割される。第 1 の光 L A は、第 1 の反射ミラー 7 2 2 によって反射されて、光束分割部 7 0 3 に入射する。また、第 2 の光 L B は、第 2 の反射ミラー 7 2 3 によって反射されて、光束分割部 7 0 3 に入射する。

【 0 1 1 6 】

図 1 4 B に示すように、変位検出装置 7 0 0 は、光束分割部 7 0 3 と、4 つの位相体 7 1 2 A , 7 1 3 A , 7 1 2 B , 7 1 3 B と、第 1 の回折格子 7 0 4 A と、第 2 の回折格子 7 0 4 B と、ミラー 7 0 6 と、第 1 の受光部 7 0 8 A と、第 2 の受光部 7 0 8 B とを有している。また、変位検出装置 7 0 0 は、第 7 の実施の形態例にかかる変位検出装置 6 0 0 と同様に、第 1 の相対位置情報出力手段 1 0 A と、第 2 の相対位置情報出力手段 1 0 B と、平均演算器 7 0 2 を有している。

20

【 0 1 1 7 】

光束分割部 7 0 3 は、第 1 の光 L A を、物体光である第 1 の光束 L 1 A と、参照光である第 2 の光束 L 2 A に分割する。また、光束分割部 7 0 3 は、第 2 の光 L B を、物体光である第 1 の光束 L 1 B と、参照光である第 2 の光束 L 2 B に分割する。

【 0 1 1 8 】

第 1 の光 L A を分割した光である第 1 の光束 L 1 A は、第 1 の位相板 7 1 2 A を透過して被測定部材 9 の第 1 の照射スポット P a 1 に照射される。そして、第 1 の光束 L 1 A は、被測定部材 9 に反射されて第 1 の回折格子 7 0 4 A に照射される。これに対し、第 2 の光 L B を分割した光である第 1 の光束 L 1 B は、第 3 の位相板 7 1 2 B を透過して被測定部材 9 の第 2 の照射スポット P b 1 に照射される。そして、第 1 の光束 L 1 A は、被測定部材 9 に反射されて第 2 の回折格子 7 0 4 B に照射される。

30

【 0 1 1 9 】

さらに、第 1 の光 L A を分割した光である第 2 の光束 L 2 A は、第 2 の位相板 7 1 3 A を透過してミラー 7 0 6 に照射される。そして、ミラー 7 0 6 に反射された第 2 の光束 L 2 A は、第 1 の回折格子 7 0 4 A に入射する。また、第 2 の光 L B を分割した光である第 2 の光束 L 2 B は、第 4 の位相板 7 1 3 B を透過してミラー 7 0 6 に照射される。そして、ミラー 7 0 6 に反射された第 2 の光束 L 2 B は、第 2 の回折格子 7 0 4 B に入射する。

40

【 0 1 2 0 】

そして、第 1 の受光部 7 0 8 A には、第 1 の光 L A を分割した 2 つの光である第 1 の光束 L 1 A 及び第 2 の光束 L 2 A が入射される。第 2 の受光部 7 0 8 B には、第 2 の光 L B を分割した 2 つの光である第 1 の光束 L 1 B 及び第 2 の光束 L 2 B が入射される。

【 0 1 2 1 】

その他の構成は、第 7 の実施の形態にかかる変位検出装置 6 0 0 と同様であるため、それらの説明は省略する。このような構成を有する変位検出装置 7 0 0 によっても、上述した第 7 の実施の形態例にかかる変位検出装置 6 0 0 と同様の作用効果を得ることができる。

50

## 【 0 1 2 2 】

また、この第 8 の実施の形態例にかかる変位検出装置 7 0 0 によれば、光源 2 を共有とすることで、光源 2 の劣化による波長の変動等の影響も、平均演算器 7 0 2 によってキャンセルすることができる。

## 【 0 1 2 3 】

次に、複数の変位検出部を有する変位検出装置における光の分配方法について図 1 5 を参照して説明する。

図 1 5 は、複数の変位検出部を有する変位検出装置における光源周りの概略構成図である。

図 1 5 に示すように、光源 2 から照射された光をレンズ 8 0 1 によって平行光にコリメートする。そして、複数のビームスプリッタ 8 0 2 , 8 0 3 , 8 0 4 を設ける。そして、光源 2 から照射された光を複数のビームスプリッタ 8 0 2 , 8 0 3 , 8 0 4 によって、第 1 の光 L A、第 2 の光 L B、第 3 の光 L C、第 4 の光 L D に分割する。第 1 の光 L A は、集光レンズ 8 0 6 に集光されて第 1 の光ファイバ 8 1 1 に照射される。第 2 の光 L B、第 3 の光 L C、第 4 の光 L D も同様に、集光レンズ 8 0 7 , 8 0 8 , 8 0 9 に集光されて、各光ファイバ 8 1 2 , 8 1 3 , 8 1 4 に照射される。

## 【 0 1 2 4 】

このように、一つの光源 2 を複数に分岐させ、光ファイバ 8 1 1 , 8 1 2 , 8 1 3 , 8 1 4 を介して各変位検出部に供給することで、光源 2 の温度変化や長期的な特性の変化もそれぞれの変位検出部が共有することができる。これにより、変位検出部を多数設けても各変位検出部の個体差を無くすことが可能となる。

## 【 0 1 2 5 】

## 1 0 . 変位検出装置の第 9 の実施の形態例

次に、第 9 に実施の形態例にかかる変位検出装置について図 1 6 ~ 図 1 8 を参照して説明する。

図 1 6 は、第 9 の実施の形態例の構成を示す概略構成図、図 1 7 は、第 9 の実施の形態例にかかる要部を示す説明図、図 1 8 は、第 9 の実施の形態例にかかる回折格子を示す図である。

## 【 0 1 2 6 】

第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 では反射型の回折格子 4 を用いたのに対し、この第 9 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 0 0 1 では、透過型の回折格子を用いている。そのため、第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 と共通する部分には同一の符号を付して重複した説明を省略する。

## 【 0 1 2 7 】

図 1 6 に示すように、変位検出装置 1 0 0 1 は、光源 2 と、光束分割部 3 と、透過型の回折格子 1 0 0 4 と、ミラー 6 と、受光部 8 と、相対位置情報出力手段 1 0 と、戻り用反射部である戻り用反射ミラー 1 0 0 5 とを備えている。また、光束分割部 3 と被測定部材 9 との間には、第 1 の位相板 1 2 が配置されており、光束分割部 3 とミラー 6 との間には、第 2 の位相板 1 3 が配置されている。

## 【 0 1 2 8 】

光源 2 から出射された光は、光束分割部 3 によって第 1 の光束 L 1 と第 2 の光束 L 2 に分割される。そして、第 1 の光束 L 1 は、被測定部材 9 の被測定面における第 1 の照射スポット P c 1 に入射する。被測定部材 9 は、第 1 の照射スポット P c 1 に入射した第 1 の光束 L 1 を回折格子 1 0 0 4 に反射させる。

## 【 0 1 2 9 】

さらに、被測定部材 9 と対向する位置には、ミラー 6 が配置されている。ミラー 6 には、光束分割部 3 によって分割された第 2 の光束 L 2 が照射される。第 2 の光束 L 2 は、ミラー 6 の反射面における反射側第 1 の照射スポット S c 1 に入射する。ミラー 6 は、被測定部材 9 と同様に、入射した第 2 の光束 L 2 を回折格子 1 0 0 4 に反射させる。

## 【 0 1 3 0 】

10

20

30

40

50

回折格子 1004 は、入射した光を透過させ、かつ回折する透過型の回折格子である。この回折格子 1004 を透過し、かつ 1 回回折された第 1 の光束 L1 は、被測定部材 9 の被測定面における第 1 の照射スポット Pc1 と異なる第 2 の照射スポット Pd1 に入射する。また、被測定部材 9 は、回折格子 1004 によって 1 回回折され、かつ第 2 の照射スポット Pd1 に入射した第 1 の光束 L1 を戻り用反射ミラー 1005 に反射させる。

【0131】

同様に、回折格子 1004 を透過し、かつ 1 回回折された第 2 の光束 L2 は、ミラー 6 の反射面における反射側第 1 の照射スポット Sc1 と異なる反射側第 2 の照射スポット Sd1 に入射する。そして、ミラー 6 は、回折格子 1004 によって 1 回回折され、かつ反射側第 2 の照射スポット Sd1 に入射した第 2 の光束 L2 を戻り用反射ミラー 1005 に反射させる。

10

【0132】

また、回折格子 1004 は、第 1 の実施の形態例にかかる回折格子 4 と同様に、被測定部材 9 の被測定面に対して略直角、すなわち回折格子 1004 の回折面と被測定部材 9 の被測定面で形成される角度がほぼ 90° となるように配置されている。

【0133】

戻り用反射ミラー 1005 は、第 1 の反射面 1005a と第 2 の反射面 1005b とを有する略三角形のミラーである。第 1 の反射面 1005a には、被測定部材 9 から反射された第 1 の光束 L1 が入射し、第 2 の反射面 1005b には、ミラー 6 から反射された第 2 の光束 L2 が入射する。戻り用反射ミラー 1005 は、第 1 の光束 L1 及び第 2 の光束 L2 を入射したときと同じ光路で被測定部材 9 及びミラー 6 に戻す。

20

【0134】

この戻り用反射ミラー 1005 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。戻り用反射ミラー 1005 を設けたことで、変位検出装置 1 を製造する際に、第 1 の光束 L1 の光路長と第 2 の光束 L2 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 2 の波長変動の影響を受けにくくすることができる。

【0135】

また、戻り用反射ミラー 1005 によって被測定部材 9 に戻された第 1 の光束 L1 は、被測定部材 9 の第 2 の照射スポット Pb1 を反射して、再び回折格子 1004 に入射する。そして、第 1 の光束 L1 は、回折格子 1004 によって 2 回目の回折が行われる。2 回目の回折が行われた第 1 の光束 L1 は、被測定部材 9 に反射されて、光束分割部 3 に戻る。なお、第 2 の光束 L2 も第 1 の光束 L1 と同様に、回折格子 1004 及びミラー 6 を介して光束分割部 3 に戻る。

30

【0136】

第 1 の位相板 12 を光束分割部 3 と被測定部材 9 との間に配置し、第 2 の位相板 13 を光束分割部 3 とミラー 6 との間に配置した例を説明したが、これに限定されるものではない。例えば、第 1 の位相板 12 を戻り用反射ミラー 1005 の第 1 の反射面 1005a に設け、第 2 の位相板 13 を戻り用反射ミラー 1005 の第 2 の反射面 1005b に設けてもよい。

40

【0137】

ここで、図 17 を参照して、第 9 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1001 の要部について説明する。

図 17 に示すように、回折格子 1004 は、被測定部材 9 に対して略垂直に配置されている。そのため、被測定部材 9 の第 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 は、回折格子 1004 に対して入射角  $\theta_2 = \theta_1$  で入射する。さらに、第 1 の光束 L1 は、被測定部材 9 の第 2 の照射スポット Pd1 に入射角  $\theta_2$  で入射する。

【0138】

また、回折格子 1004 の格子ピッチ  $P$  は、回折角が回折格子 4 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 1004 の格子ピッチ  $P$  は

50

、上述したように被測定部材 9 への一回目の入射角を  $\theta_1$ 、二回目の入射角を  $\theta_2$ 、波長を  $\lambda$  とすると、次の式 3 を満たす。

[ 式 3 ]

$$n^2 = n^2 / (\sin(\theta_1 / 2) + \sin(\theta_2 / 2))$$

なお、 $n$  は、正の次数である。

【 0 1 3 9 】

回折格子 1 0 0 4 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 P c 1 と第 2 の照射スポット P d 1 は、回折格子 1 0 0 4 に対して対称に構成することができる。そして、式 3 は、次の式 4 と示すことができる。

[ 式 4 ]

$$2 \sin \theta = n$$

なお、 $\theta$  は、回折格子 1 0 0 4 への入射角及び回折角である。

すなわち、ブラッグ条件を満たすことができ、回折格子 1 0 0 4 によって回折される回折光を強めることが可能となる。

【 0 1 4 0 】

また、角度  $\theta_2$  で被測定部材 9 に入射した第 1 の光束 L 1 は、上述したように、被測定部材 9 により反射され、戻り用反射ミラー 1 0 0 5 に入射する ( 図 1 6 参照 )。そして、戻り用反射ミラー 1 0 0 5 の第 1 の反射面 1 0 0 5 a で反射されて、行きと同じ光路をたどり、再び被測定部材 9 の第 2 の照射スポット P d 1 に入射角  $\theta_2$  で入射される。

【 0 1 4 1 】

さらに、被測定部材 9 によって反射した第 1 の光束 L 1 は、回折格子 4 に角度  $\theta / 2 - \theta_2$  で再び入射する。なお、第 1 の光束 L 1 における 2 回目の回折は、式 2 の条件により回折角  $\theta / 2 - \theta_1$  で回折される。そして、回折格子 1 0 0 4 によって回折された第 1 の光束 L 1 は、再び被測定部材 9 の第 1 の照射スポット P c 1 に入射角  $\theta_1$  で入射される。そのため、被測定部材 9 によって反射された戻りの第 1 の光束 L 1 の光路が、光束分割部 3 によって分割された行きの第 1 の光束 L 1 の光路と重なり合う。

【 0 1 4 2 】

また、図 1 7 に示すように、被測定部材 9 が高さ方向に  $x / 2$  だけ移動すると、被測定部材 9 の測定面に照射される第 1 の光束 L 1 は、第 1 の照射スポット P c 1 から第 1 の照射スポット P c 2 に移動する。また、被測定部材 9 の第 1 の照射スポット P c 1、P c 2 に反射された第 1 の光束 L 1 は、回折格子 1 0 0 4 の回折位置 T 1 から回折位置 T 2 に移動する。さらに、回折格子 1 0 0 4 によって 1 回目の回折が行われた第 1 の光束 L 1 は、被測定部材 9 の第 2 の照射スポット P d 1 から第 2 の照射スポット P d 2 に移動する。

【 0 1 4 3 】

ここで、回折格子 1 0 0 4 は、被測定部材 9 の被測定面に対して略直角に配置されているため、回折位置 T 1 と回折位置 T 2 の間隔は、第 1 の照射スポット P c 1 と第 1 の照射スポット P c 2 の間隔の 2 倍の  $x$  となる。すなわち、回折格子 1 0 0 4 上を移動する第 1 の光束 L 1 の移動量は、被測定部材 9 を移動した際の 2 倍の  $x$  となる。

【 0 1 4 4 】

また、回折格子 1 0 0 4 が被測定部材 9 の被測定面に対して略直角に配置されているため、第 1 の光束 L 1 の光路長は、被測定部材 9 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 L 1 の波長は、変化しない。そして、被測定部材 9 が高さ方向に変位すると、回折格子 1 0 0 4 に入射する位置だけが変化する。

【 0 1 4 5 】

なお、ミラー 6 に照射された第 2 の光束 L 2 においても、第 1 の光束 L 1 と同様であるため、その説明は省略する。

【 0 1 4 6 】

この第 9 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 0 0 1 によれば、第 1 の光束 L 1 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 L 1 には、 $2 K x$  の位相が加わる。K は、 $2 / \lambda$  で示される波数である。また、 $x$  は、回折格子 4 上における第 1 の光束

10

20

30

40

50

L1の移動量を示している。つまり、被測定部材9が高さ方向に対して $x/2$ だけ移動すると、第1の光束L1は回折格子4上では2倍の $x$ 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、 $2Kx$ の位相が加わり、2周期分の光の明暗が生じる干渉光が受光部8によって受光される。

【0147】

すなわち、第1の受光素子33と第2の受光素子34では、 $A \cos(2Kx + \quad)$ の干渉信号を得ることができる。また、第3の受光素子35と第4の受光素子36では、 $A \cos(2Kx + \quad)$ の干渉信号を得ることができる。

【0148】

よって、この第9の実施の形態例にかかる変位検出装置1001によれば、回折格子1004の格子ピッチと第1の実施の形態例にかかる回折格子4の格子ピッチが同じ場合、第1の実施の形態例にかかる変位検出装置1よりも2倍の分解能とすることができる。

【0149】

例えば、回折格子1004の格子ピッチを $0.5515 \mu\text{m}$ 、波長を $780 \text{nm}$ 、回折格子1004の入射角及び回折角を $45^\circ$ に設定したとき、被測定部材9が高さ方向に $0.5515 \mu\text{m}$ 移動する例について説明する。

【0150】

被測定部材9が高さ方向に $0.5515 \mu\text{m}$ 移動すると、第1の光束L1は、回折格子1004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回の光の明暗を受光部8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。

【0151】

また、この第9の実施の形態例にかかる変位検出装置1001によれば、一台の光学系で第1の光束L1を被測定部材9の第1の照射スポットPc1と、第2の照射スポットPd1の2箇所照射している。これにより、1台の光学系で、第7の実施の形態例にかかる変位検出装置600及び第8の実施の形態例にかかる変位検出装置700と同様に、測定ポイントをキャンセルすることができる。

【0152】

さらに、上述したような構成にすることで、被測定部材9の被測定面がチルトしても、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。

【0153】

次に、図18を参照してこの第9の実施の形態例にかかる変位検出装置1001に用いられる回折格子の例について説明する。

図18Aは、回折格子の一例を示す断面図、図18Bは、回折格子の他の例を示す断面図である。

【0154】

図18Aに示す回折格子1004Aは、略透明なガラス基板1004aの一面に例えばクロム(Cr)からなる格子部1004bを形成したものである。一般的に、格子部1004bは、ガラス基板1004aの一面にクロム等の薄膜を真空蒸着によって形成されるため、その厚みは、 $1 \mu\text{m}$ 以下である。

【0155】

図18Bに示す回折格子1004Bは、写真乾板を用いた、いわゆるホログラムである。吸収型のホログラムを用いてもよいが、ここでは位相型のホログラムについて説明する。この回折格子1004Bにおける格子部1004cは、例えば次のようにして形成される。まず、ガラス基板1004aの一面に光に感光する銀塩の乳剤を塗布し、干渉縞を露光し、現像後、漂白する。これにより、格子部1004cには、銀の粒子が残っている箇所1004dと、残っていない箇所1004eが形成される。ここで、銀の粒子が残って

10

20

30

40

50

いる箇所1004dは、屈折率が高く、銀の粒子が残っていない箇所1004eは、屈折率が低くなる。すなわち、位相型のホログラムである。また、材料として写真乾板の代わりにホログラム記録用フォトリソマーを使用してもよい。

【0156】

このような構成を有する回折格子1004Bの場合、所定の角度（入射角）aで光が入射すると、所定の角度（回折角）bで光が出力（回折）される。さらに、式3に示すブラッグ条件を満たすときに、回折格子1004Bによって回折される回折光の出力を最大にすることができる。すなわち、回折格子1004Bによって回折された回折光の量が低下することを防ぐことができる。

【0157】

また、第9の実施の形態例にかかる変位検出装置1001のように複数回回折を行い、入射角と回折角を等しくしたい場合では、回折効率のよい図18Bに示す回折格子1004Bを用いることが好適である。

【0158】

この回折格子1004Bの格子部1004cの厚みN1は、格子ピッチの4倍以上が好ましい。しかしながら、光が格子部1004cで吸収されることを考慮すると、格子部1004cの厚みN1は、格子ピッチの約4～20倍程度に設定することが好ましい。

【0159】

その他の構成は、第1の実施の形態例にかかる変位検出装置1と同様であるため、それらの説明は省略する。このような構成を有する変位検出装置1001によっても、上述した第1の実施の形態例にかかる変位検出装置1と同様の作用効果を得ることができる。

【0160】

11. 変位検出装置の第10の実施の形態例

次に、図19を参照して本発明の変位検出装置の第10の実施の形態例について説明する。

図19は、第10の実施の形態例にかかる変位検出装置の構成を示す概略構成図である。

【0161】

図19に示すように、第10の実施の形態例にかかる変位検出装置1201は、第9の実施の形態例にかかる変位検出装置1001と同様に、透過型の回折格子1004を用いたものである。また、この第10の実施の形態例にかかる変位検出装置1201が、第9の実施の形態例にかかる変位検出装置1001と異なる点は、第1の光束L1及び第2の光束L2を行きの光路に戻さない点である。そのため、第9の実施の形態例にかかる変位検出装置1001と共通する部分には同一の符号を付して重複した説明を省略する。

【0162】

図19に示すように、第10の実施の形態例にかかる変位検出装置1201には、第9の実施の形態例にかかる変位検出装置1001のように戻り用反射部である戻り用反射ミラー1005が設けられていない。そのため、回折格子1004によって一回回折された第1の光束L1は、被測定部材9に反射されて光束結合部1016に入射される。また、回折格子1004によって一回回折された第2の光束L2は、ミラー6に反射されて光束結合部1016に入射される。

【0163】

光束結合部1016は、例えばハーフミラーやビームスプリッタから構成される。この光束結合部1016は、第1の光束L1及び第2の光束L2を重ね合わせると共に、重ね合わせた光束を2つに分配する。光束結合部1016によって分配された光束は、集光レンズ14によって集光されて、第1の偏光ビームスプリッタ18または第2の偏光ビームスプリッタ19に入射する。

【0164】

ここで、第1の光束L1における光束分割部3から光束結合部1016までの光路長と、第2の光束L2における光束分割部3から光束結合部1016までの光路長は、略等し

10

20

30

40

50

く設定されている。そのため、この第10の実施の形態例にかかる変位検出装置1201においても他の実施の形態例にかかる変位検出装置と同様に、気圧や湿度、温度の変化による光源の波長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。

【0165】

また、光束結合部1016と被測定部材9との間には、第1の位相板12が配置されており、光束結合部1016とミラー6との間には、第2の位相板13が配置されている。そして、第1の光束L1は、第1の位相板12によって円偏光となる。また、第2の光束L2は、第2の位相板13によって第1の光束L1と反対周りの円偏光となる。

10

【0166】

なお、この第10の実施の形態例にかかる変位検出装置1201では、第1の光束L1及び第2の光束L2は、回折格子1004によって一回だけ回折される。そのため、2回回折する第9の実施の形態例にかかる変位検出装置1001と異なり、被測定部材9が高さ方向に対して $x/2$ だけ移動すると、第1の光束L1には、 $Kx$ の位相が加わる。

【0167】

また、この第10の実施の形態例にかかる変位検出装置1201では、第1の光束L1及び第2の光束L2を被測定部材9やミラー6を介して光束分割部3に戻していない。そのため、第1の光束L1および第2の光束L2が戻る際の偏光方向を考慮する必要がない。その結果、光束分割部3によって分割され被測定部材9に入射される第1の光束L1の偏光方向を被測定部材9の状況に応じて自由に設定することができる。

20

【0168】

すなわち、後述するように、被測定部材9として回折格子スケールを適用し、変位検出装置1201と他の変位検出装置と組み合わせた際に、被測定部材9に光を入射するときの偏光方向を目的に応じて変えることができる。

【0169】

さらに、この第10の実施の形態例にかかる変位検出装置1201では、被測定部材9の被測定面と対向するように遮光板1018が設けられている。この遮光板1018を設けることにより、被測定部材9が回折格子スケールであった場合、被測定部材9で回折した特定の回折光が変位検出装置1201内に迷光として入ることを防ぐことができる。

30

【0170】

その他の構成は、第1の実施の形態例にかかる変位検出装置1、第9の実施の形態例にかかる変位検出装置1001と同様であるため、それらの説明は省略する。このような構成を有する変位検出装置1201によっても、上述した第1の実施の形態例にかかる変位検出装置1や第9の実施の形態例にかかる変位検出装置1001と同様の作用効果を得ることができる。

【0171】

12. 変位検出装置の第11の実施の形態例

次に、図20を参照して本発明の変位検出装置の第11の実施の形態例について説明する。

40

図20は、第11の実施の形態例にかかる変位検出装置の構成を示す概略構成図である。

【0172】

図20に示すように、第11の実施の形態例にかかる変位検出装置1301は、第9の実施の形態例にかかる変位検出装置1001と同様に、透過型の回折格子1004を用いたものである。また、この第11の実施の形態例にかかる変位検出装置1301が、第9の実施の形態例にかかる変位検出装置1001と異なる点は、複数の補助ミラーを設けた点である。そのため、ここでは、複数の補助ミラーについて説明し、第9の実施の形態例にかかる変位検出装置1001と共通する部分には同一の符号を付して重複した説明を省略する。

50

## 【 0 1 7 3 】

図 20 に示すように、回折格子 1 0 0 4 と被測定部材 9 との間には、第 1 の補助ミラー 1 0 2 1 と、第 2 の補助ミラー 1 0 2 2 が配置されている。また、回折格子 1 0 0 4 とミラー 6 との間には、第 3 の補助ミラー 1 0 2 3 と、第 4 の補助ミラー 1 0 2 4 が配置されている。

## 【 0 1 7 4 】

第 1 の補助ミラー 1 0 2 1 と第 2 の補助ミラー 1 0 2 2 の反射面が互いに対向しており、また第 3 の補助ミラー 1 0 2 3 と第 4 の補助ミラー 1 0 2 4 の反射面が互いに対向している。さらに、第 1 の補助ミラー 1 0 2 1 の反射面と第 3 の補助ミラー 1 0 2 3 の反射面は、略同一平面上に配置され、第 2 の補助ミラー 1 0 2 2 の反射面と第 4 の補助ミラー 1 0 2 4 は、略同一平面上に配置されている。

10

## 【 0 1 7 5 】

第 1 の補助ミラー 1 0 2 1 は、被測定部材 9 の第 1 の照射スポット P c 1 によって反射された第 1 の光束 L 1 を反射し、回折格子 1 0 0 4 に入射させる。また、第 1 の補助ミラー 1 0 2 1 は、回折格子 1 0 0 4 から戻った第 1 の光束 L 1 を反射し、被測定部材 9 に入射させている。第 2 の補助ミラー 1 0 2 2 は、回折格子 1 0 0 4 によって一回目の回折が行われた第 1 の光束 L 1 を反射し、被測定部材 9 の第 2 の照射スポット P d 1 に入射させる。そして、第 2 の補助ミラー 1 0 2 2 は、被測定部材 9 から戻った第 1 の光束 L 1 を反射させて、回折格子 1 0 0 4 に入射させている。

## 【 0 1 7 6 】

第 3 の補助ミラー 1 0 2 3 は、ミラー 6 の反射側第 1 の照射スポット S c 1 によって反射された第 2 の光束 L 2 を反射して回折格子 1 0 0 4 に入射させるものである。そして、第 3 の補助ミラー 1 0 2 3 は、回折格子 1 0 0 4 から戻った第 2 の光束 L 2 をミラー 6 へ反射させる。第 4 の補助ミラー 1 0 2 4 は、回折格子 1 0 0 4 によって一回目の回折が行われた第 2 の光束 L 2 をミラー 6 の反射側第 2 の照射スポット S d 1 に反射させる。また、第 4 の補助ミラー 1 0 2 4 は、ミラー 6 の反射側第 2 の照射スポット S d 1 から戻った第 2 の光束 L 2 を回折格子 1 0 0 4 側に反射させる。

20

## 【 0 1 7 7 】

すなわち、第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 3 0 1 では、第 1 の光束 L 1 を第 1 及び第 2 の補助ミラー 1 0 2 1 , 1 0 2 2 を介して被測定部材 9 から回折格子 1 0 0 4 へ、または回折格子 1 0 0 4 から被測定部材 9 へ入射させている。また、第 2 の光束 L 2 を第 3 及び第 4 の補助ミラー 1 0 2 3 , 1 0 2 4 を介してミラー 6 から回折格子 1 0 0 4 へ、または回折格子 1 0 0 4 からミラー 6 へ入射させている。

30

## 【 0 1 7 8 】

そのため、第 1 及び第 2 の補助ミラー 1 0 2 1 , 1 0 2 2 の位置を調整することで、第 1 の光束 L 1 における被測定部材 9 に入射する第 1 の照射スポット P c 1 と第 2 の照射スポット P d 1 の間隔 Q を目的に応じて変化させることができる。なお、ミラー 6 の反射側第 1 の照射スポット S c 1 と反射側第 2 の照射スポット S d 1 の間隔も、第 3 及び第 4 の補助ミラー 1 0 2 3 , 1 0 2 4 の位置を調整することで、種々に調整することができる。

## 【 0 1 7 9 】

そのため、第 1 の照射スポット P c 1 と第 2 の照射スポット P d 1 の間隔 Q を小さくすることができる、被測定部材 9 がチルトすることで生じる第 1 の照射スポット P c 1 と第 2 の照射スポット P d 1 の光路長差をより少なくすることができる。

40

## 【 0 1 8 0 】

その他の構成は、第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1、第 9 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 0 0 1 と同様であるため、それらの説明は省略する。このような構成を有する変位検出装置 1 3 0 1 によっても、上述した第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 や第 9 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 0 0 1 と同様の作用効果を得ることができる。

## 【 0 1 8 1 】

50

### 13. 変位検出装置の第12の実施の形態例

次に、図21を参照して本発明の変位検出装置の第12の実施の形態例について説明する。

図21は、第12の実施の形態例にかかる変位検出装置の構成を示す概略構成図である。

#### 【0182】

図21に示すように、第12の実施の形態例にかかる変位検出装置1401は、第9の実施の形態例にかかる変位検出装置1001と同様に、透過型の回折格子を用いたものである。また、この第12の実施の形態例にかかる変位検出装置1401が、第9の実施の形態例にかかる変位検出装置1001と異なる点は、回折格子を複数設けた点である。そのため、ここでは、回折格子周りの構成について説明し、第9の実施の形態例にかかる変位検出装置1001と共通する部分には同一の符号を付して重複した説明を省略する。

10

#### 【0183】

図21に示すように、第12の実施の形態例にかかる変位検出装置1401は、被測定部材9とミラー6との間に、第1の回折格子1004と、第2の回折格子1044と、戻り用反射ミラー1005と、中間ミラー1042が配置されている。第1の回折格子1004は、第9の実施の形態例にかかる回折格子1004と同様の構成を有しているため、その説明は、省略する。

#### 【0184】

第2の回折格子1044は、第1の回折格子1004と戻り用反射ミラー1005との間に設けられている。また、第2の回折格子1044は、第1の回折格子1004と同様に、被測定部材9の被測定面に対して略直角、すなわち第2の回折格子1044の回折面と被測定部材9の被測定面で形成される角度がほぼ90°となるように配置されている。さらに、第2の回折格子1044は、ミラー6の反射面に対して略直角に配置されている。

20

#### 【0185】

この第2の回折格子1044と第1の回折格子1004の間には、中間ミラー1042が設けられている。中間ミラー1042は、両面に反射面を有している。中間ミラー1042は、その反射面が被測定部材の被測定面及びミラー6の反射面と略平行となるように配置されている。

30

#### 【0186】

この第12の実施の形態例にかかる変位検出装置1401では、第1の回折格子1004を透過し、かつ1回回折された第1の光束L1は、被測定部材9の被測定面における第2の照射スポットPd1に入射する。そして、第2の照射スポットPd1に入射した第1の光束L1は、被測定部材9によって中間ミラー1042に反射される。

#### 【0187】

中間ミラー1042に反射された第1の光束L1は、被測定部材9の被測定面における第3の照射スポットPe1に入射する。被測定部材9は、第3の照射スポットPe1に入射した第1の光束L1を第2の回折格子1044に反射させる。そして、第2の回折格子1044は、第1の回折格子1004と同様に、入射した光を透過させ、かつ回折する透過型の回折格子である。また、第2の回折格子1044は、第1の回折格子1004と同じ格子ピッチを有している。

40

#### 【0188】

そのため、第1の光束L1が第2の回折格子1044を透過することで、第1の光束L1は、2回目の回折が行われる。2回回折された第1の光束L1は、被測定部材9の被測定面における第4の照射スポットPf1に入射し、被測定部材9によって戻り用反射ミラー1005の第1の反射面1005aに反射する。

#### 【0189】

そして、戻り用反射ミラー1005に入射した第1の光束L1は、第1の反射面1005aで反射されて、行きと同じ光路をたどり、第2の回折格子1044によって3回目の

50

回折が行われる。3回目の回折が行われた第1の光束L1は、被測定部材9及び中間ミラー1042によって反射されて、第1の回折格子1004に入射する。そして、第1の回折格子1004によって、第1の光束L1は、4回目の回折が行われる。4回目の回折が行われた第1の光束L1は、被測定部材9に反射されて、光束分割部3に戻る。

【0190】

なお、第1の回折格子1004を透過した第2の光束L2は、第1の光束L1と同様に、被測定部材9の反射側第3の照射スポットSe1及び反射側第4の照射スポットSf1で反射され、かつ中間ミラー1042及び第2の回折格子1044を経て、戻り用反射ミラー1005の第2の反射面1005bに入射する。そして、戻り用反射ミラー1005に反射されて、第2の回折格子1044、中間ミラー1042及び第1の回折格子1004を経て光束分割部3に戻る。

10

【0191】

また、この第12の実施の形態例にかかる変位検出装置1401においても、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、第1の回折格子1004、中間ミラー1042、第2の回折格子1044及び戻り用反射ミラー1005が配置されている。

【0192】

また、第2の回折格子1044は、第1の回折格子1004と同様に、被測定部材9の被測定面に対して略直角に配置されている。第1の光束L1の光路長は、被測定部材9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9が高さ方向に変位すると、第2の回折格子1044に入射する位置だけが変化する。

20

【0193】

さらに、この第12の実施の形態例にかかる変位検出装置1401では、第1の光束L1及び第2の光束L2は、第1の回折格子1004及び第2の回折格子1044によって4回回折される。

【0194】

ここで、被測定部材9が高さ方向に対して $x/2$ だけ移動すると、第1の光束L1には、第9の実施の形態例にかかる変位検出装置1001の2倍の $4Kx$ の位相が加わる。すなわち、第1の受光素子33と第2の受光素子34では、 $\text{Acoss}(4Kx + \quad)$ の干渉信号を得ることができる。また、第3の受光素子35と第4の受光素子36では、 $\text{Acoss}(4Kx + \quad)$ の干渉信号を得ることができる。その結果、この第12の実施の形態例にかかる変位検出装置1401によれば、第9の実施の形態例にかかる変位検出装置1001よりも2倍の分解能を得ることができる。

30

【0195】

なお、第12の実施の形態例にかかる変位検出装置1401では、回折格子を2つ設けた例を説明したが、これに限定されるものではなく、第1の光束L1が通過する光束分割部から光束結合部までの間に、回折格子を3つ以上設けてもよい。

【0196】

また、上述した第12の実施の形態例にかかる変位検出装置1401のように複数の回折格子を設けて複数回回折を行う場合、適用される回折格子としては、回折された回折光の光量の低下が少ない図18Bに示すような回折格子1004Bを用いることが好ましい。

40

【0197】

その他の構成は、第1の実施の形態例にかかる変位検出装置1、第9の実施の形態例にかかる変位検出装置1001と同様であるため、それらの説明は省略する。このような構成を有する変位検出装置1401によっても、上述した第1の実施の形態例にかかる変位検出装置1や第9の実施の形態例にかかる変位検出装置1001と同様の作用効果を得ることができる。

【0198】

50

#### 14. 被測定部材の変形例

次に、図22A～図23G、図24を参照して被測定部材の変形例について説明する。

図22A～図23Gは被測定部材を示す断面図である。図24は、被測定部材を正面から見た平面図及び断面図である。

##### 【0199】

また、本例では、回折格子4に入射する第1の光束L1は、被測定部材9で反射された反射光、すなわち0次光である。回折格子4に入射する第1の光束L1には、被測定部材の格子ピッチの移動が加わることがない。よって、図22A～図23G、図24に示すように、複数の格子9c、溝(スリット)d、d1、d2を有する被測定部材9A～9G、109、209、309、409、509いわゆる回折格子スケールを用いてもよい。

10

##### 【0200】

図22Aに示す被測定部材9Aは、基板9bの上に波形の格子9cを設けたものである。そして、この格子9cの表面には、反射膜9aが形成されている。また、図22Bに示す被測定部材9Bは、基板9bの上に矩形の格子9c'を設けたものである。その他の構成は、図22Aに示す被測定部材9Aと同様であるため、その説明は、省略する。なお、図22A及び図22Bに示す被測定部材9A及び9Bは、格子9c、9c'を露出させたものである。

##### 【0201】

図22Cに示す被測定部材9Cは、図22Bに示す被測定部材9Bの反射膜9aの上に保護層9dを形成してのものである。保護層9dによって反射膜9aを保護することで、取り扱い性を向上させることができる。

20

##### 【0202】

図22Dに示す被測定部材9Dは、図22Bに示す被測定部材9Bの反射膜9a上に接着層9dを介してカバーガラス9eを固定してのものである。この被測定部材9Dによれば、カバーガラス9e保護層の役割を果たすことができる。また、被測定部材9Dの表面をカバーガラス9eによって平坦化することが可能となる。

##### 【0203】

また、図23Eに示す被測定部材9Eのように、図22Dに示す被測定部材9Dにおける接着層9dとカバーガラス9eとの間に、第2の反射膜9a'を介在させてもよい。この第2の反射膜9a'は、光源2の波長を含む特定の波長を反射させるものである。

30

##### 【0204】

なお、図23Fに示す被測定部材9Fのように、図22Dに示す被測定部材9Dにおけるカバーガラス9e上に第2の反射膜9a'を設けてもよい。この第2の反射膜9a'は、図23Eに示す被測定部材9Eの反射膜9a'と同一のものである。また、第2の反射膜9a'を反射防止膜にしてもよい。この場合、被測定面は、格子9'上に設けた第1の反射膜9aとなる。

##### 【0205】

さらに、図23Gに示す被測定部材9Gは、カバーガラス9eの代わりに透明の保護層9fを用いたものである。保護層9fとしては、樹脂からなる保護層を適用してもよいことは、もちろんである。また、第2の反射膜9a'を反射防止膜にしてもよい。この場合、被測定面は、格子9'上に設けた第1の反射膜9aとなる。

40

##### 【0206】

図24Aに示す被測定部材109は、被測定面と平行に一方向に等間隔にスリットdが形成されている。この被測定部材109では、リニアエンコーダによって1次元の計測を行うことができる。

##### 【0207】

図24Bに示す被測定部材209は、被測定面と平行に等間隔に形成された第1のスリットd1と、第1のスリットd1に対して角度dで交わる第2のスリットd2が形成されている。第1のスリットd1の格子ピッチと、第2のスリットd2の格子ピッチは、同じ長さに設定してもよく、あるいは異なる長さでもよい。これの被測定部材209は、2

50

つのリニアエンコーダによって2次元の計測を行うことができる。

【0208】

図24Cに示す被測定部材309は、同心円上に略円弧状の第1のスリットd1が形成されると共に、放射状に第2のスリットd2が形成されている。この被測定部材309は、いわゆるロータリーエンコーダとして、回転移動する工作機械の可動部分等の位置検出を行うことができる。また、この被測定部材309によれば、角度情報を検出しながら、半径方向の偏心成分も計測することが可能である。さらに、被測定部材309Aのように、第1のスリットd1と、放射状の第2のスリットd2を重ね合わせてもよい。

【0209】

図24Eに示す被測定部材409は、基板409bの一面に略円柱状に形成された複数の突起409aを設けたものである。この被測定部材409では、複数の突起409aの間に形成された隙間が格子スリットとなる。そして、2つの格子ベクトル方向が角度eで交わっている。なお、突起409aの形状は、略円柱状に限定されるものではなく、四角錐台形状や直方体形状に形成してもよい。

【0210】

図24Eに示す被測定部材409に対して図24Fに示す被測定部材509は、基板509bの一面に略円柱状に窪んだ複数の凹部509aを設けたものである。この被測定部材509では、複数の凹部509aの間に形成された隙間が格子スリットとなる。

【0211】

15．変位検出装置の利用例

次に、上述した第1～第12の実施の形態例にかかる変位検出装置の利用例について図25及び図26を参照して説明する。

図25は、第1の利用例について示す模式図である。図26は、第2の利用例について示す模式図である。

なお、図25及び図26に示す利用例における被測定部材9は、例えば上述した図23～図24に示す回折格子スケールを用いたものである。

【0212】

図25に示す利用例では、被測定部材9における被測定面と平行をなす第1の方向Xの変位を検出するX軸用リニアエンコーダ901と、被測定部材9における被測定面と平行をなし、第1の方向Yと直交する第2の方向Yの変位を検出するY軸用リニアエンコーダ902が設けられている。また、被測定部材9の被測定面の高さ方向Zの検出するために上述した本例の変位検出装置1を設けている。

【0213】

これにより、X軸用リニアエンコーダ901及びY軸用リニアエンコーダ902によって、被測定部材9のX軸Y軸の変位を計測し、本例の変位検出装置1によって被測定部材9の被測定面の高さ方向、すなわちZ軸の変位を検出することができる。これにより、3次元の計測が可能となる。

【0214】

図26に示す利用例における被測定部材9Hは、Z軸を中心に回転するものである。そして、この利用例では、被測定部材9Hの角度情報を検出するロータリーエンコーダ903と、被測定部材9の高さ方向Zの検出するために上述した本例の変位検出装置1を設けている。この利用例では、被測定部材9Hの角度情報と、Z軸の変位を検出することができ、3次元の計測が可能となる。

【0215】

16．変位検出装置の更に他の実施の形態例

次に、本発明の変位検出装置の更に他の実施の形態例について図27～図31を参照して説明する。

図27～図31に示す変位検出装置1501～1701は、間隔を空けて互いに対向する2つの反射面を有する部材の変位情報を検出する装置である。

【0216】

10

20

30

40

50

### 16-1. 変位検出装置の第13の実施の形態例

まず、第13の実施の形態例にかかる変位検出装置について図27～図29を参照して説明する。

図27は、第13の実施の形態例にかかる変位検出装置の構成を示す概略構成図、図28は、図27に示す変位検出装置の要部を示す説明図である。

#### 【0217】

図27に示すように、この第13の実施の形態例にかかる変位検出装置1501は、光学系ブロック1502と、被測定部材に装着される被測定ブロック1503とを有している。この変位検出装置1501は、光学系ブロック1502と、被測定ブロック1503との相対的な変位を検出することができる装置である。すなわち、この第13の実施の形態例にかかる変位検出装置1501によれば、被測定ブロック1503が被測定部材に相当する。

10

#### 【0218】

光学系ブロック1502は、光源2と、光束分割部3と、透過型の回折格子1004と、受光部8と、相対位置情報出力手段10と、戻り用反射ミラー1005とを備えている。この光学系ブロック1502は、第9の実施の形態例にかかる1001の光源2と、光束分割部3と、回折格子1004と、受光部8と、相対位置情報出力手段10と、戻り用反射ミラー1005と同様の構成を有している。

#### 【0219】

被測定ブロック1503は、略U字状に形成されている。この被測定ブロック1503は、第1反射片部1504と、第2反射片部1505と、接続片部1506とを有している。第1反射片部1504と第2反射片部1505は、互いに対向して配置される。そして、第1反射片部1504と第2反射片部1505は、一端側を接続片部1506によって接続されている。そのため、被測定ブロック1503が高さ方向に移動すると、第1反射片部1504及び第2反射片部1505も同じだけ移動する。

20

#### 【0220】

また、第1反射片部1504における第2反射片部1505と対向する一面は、光を反射する第1反射面1507となっている。同様に、第2反射片部1505における第1反射片部1504と対向する一面は、光を反射する第2反射面1508となっている。そして、第1反射片部1504の第1反射面1507と第2反射片部1505の第2反射面1508は、略平行に配置される。

30

#### 【0221】

そして、被測定ブロック1503における第1反射片部1504と、第2反射片部1505の間には、光学系ブロック1502における回折格子1004及び戻り用反射ミラー1005が設置された部分が挿入される。このとき、回折格子1004の一面、いわゆる回折面は、第1反射片部1504の第1反射面1507及び第2反射片部1505の第2反射面1508に対して略垂直に配置される。また、戻り用反射ミラー1005は、被測定ブロック1503における接続片部1506側に配置される。

#### 【0222】

その他の構成は、その他の構成は、第9の実施の形態例にかかる変位検出装置1001と同様であるため、それらの説明は省略する。

40

#### 【0223】

ここで、図28を参照して、第13の実施の形態例にかかる変位検出装置1501の要部について説明する。

図28に示すように、被測定ブロック1503が高さ方向に $x/2$ だけ移動すると、第1反射片部1504の第1反射面1507及び第2反射片部1505の第2反射面1508も高さ方向に $x/2$ だけ移動する。

#### 【0224】

また、回折格子1004は、被測定ブロック1503の第1反射面1507及び第2反射面1508に対して略直角に配置されている。そのため、第1の光束L1及び第2の光

50

束L2の光路長は、被測定ブロック1503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及び第2の光束L2の波長は、第9の実施の形態例にかかる変位検出装置1001と同様に、変化しない。そして、被測定ブロック1503が高さ方向に変位すると、回折格子1004に入射する第1の光束L1及び第2の光束L2の位置だけが変化する。

#### 【0225】

図17に示す第9の実施の形態例にかかる変位検出装置1001と同様に、第1反射面1507及び第2反射面1508が高さ方向に $x/2$ 移動すると、回折格子1004上を移動する第1の光束L1及び第2の光束L2の移動量は、第1反射面1507及び第2反射面1508を移動した際の2倍の $x$ となる

10

#### 【0226】

そして、第1反射面1507に照射される第1の光束L1は、行きと戻りで回折格子1004を2回透過するため、2回回折される。そのため、第1の光束L1には、 $2Kx$ の位相が加わる。

#### 【0227】

また、第2反射面1508も第1反射面1507と同じ量だけ移動するため、第2反射面1508に照射される第2の光束L2は、第1の光束L1と同様に、回折格子1004に入射する位置が、第1の光束L1と同じ長さだけ変化する。

#### 【0228】

ここで、第1反射面1507は、回折格子1004に $x/2$ だけ近づき、第2反射面1508は、回折格子1004に $x/2$ だけ離れる。そのため、第2の光束L2は、回折格子1004を透過することで、第1の光束L1とは正負の異なる位相が加わる。そして、第2の光束L2も第1の光束L1と同様に、行きと戻りで回折格子1004を2回透過するため、2回回折される。これらにより、第2の光束L2には、 $-2Kx$ の位相が加わる。したがって、第1の光束L1と第2の光束L2の位相差は、 $4Kx$ となる。

20

#### 【0229】

すなわち、第1の受光素子33と第2の受光素子34では、 $A \cos(4Kx + \quad)$ の干渉信号を得ることができる。また、第3の受光素子35と第4の受光素子36では、 $A \cos(4Kx + \quad)$ の干渉信号を得ることができる。その結果、この第13の実施の形態例にかかる変位検出装置1501によれば、第9の実施の形態例にかかる変位検出装置1001よりも2倍の分解能を得ることができる。

30

#### 【0230】

この変位検出装置1501においても、第9の実施の形態例にかかる変位検出装置1001と同様に、例えば、回折格子1004の格子ピッチを $0.5515 \mu\text{m}$ 、波長を $780 \text{nm}$ 、回折格子1004の入射角及び回折角を $45^\circ$ に設定する。そして、被測定ブロック1503が高さ方向に回折格子1004の格子ピッチ分、 $0.5515 \mu\text{m}$ 移動する例について説明する。

#### 【0231】

被測定ブロック1503が高さ方向に $0.5515 \mu\text{m}$ 移動すると、第1の光束L1及び第2の光束L2は、回折格子1004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及び第2の光束L2は、2回回折される。また、第1の光束L1及び第2の光束L2には、正負の異なる位相が加わるため、第1の光束L1と第2の光束L2の位相差は、 $8Kx$ となる。すなわち、得られる信号の1周期は、 $0.5515 \mu\text{m} / 8 = 0.0689 \mu\text{m}$ となる。

40

#### 【0232】

このような構成を有する変位検出装置1501によっても、上述した第1の実施の形態例にかかる変位検出装置1や第9の実施の形態例にかかる変位検出装置1001と同様の作用効果を得ることができる。

#### 【0233】

次に、図29を参照してこの第13の実施の形態例にかかる変位検出装置1501に用

50

いられる被測定ブロックの例について説明する。

図29Aは、被測定ブロックの一例を示す平面図、図29Bは、被測定ブロックの他の例を示す平面図である。

【0234】

図29Aに示す被測定ブロック1503Aは、第1反射面1507を有する第1反射ミラー1511と、第2反射面1508を有する第2反射ミラー1512とを有している。第1反射ミラー1511と第2反射ミラー1512は、接着剤を用いた接着や固定ねじを用いた締結固定等の固定方法によって接続片部1506に固定されている。そして、第1反射ミラー1511の第1反射面1507と第2反射ミラー1512の第2反射面1508は、略平行に対向している。

10

【0235】

このような構成を有する被測定ブロック1503Aは、接続片部1506に2枚の反射ミラー1511、1512を取り付けただけの単純な構成を有しているため、ブロック全体を小型化することが容易にできる。

【0236】

図29Aに被測定ブロック1503Bは、ブロック片1513に、矩形状に開口した溝1509を形成したものである。そして、ブロック片1513に形成した溝1509の一面1513aには、第1反射ミラー1511と固定され、一面1513aと対向する他面1513bには、第2反射ミラー1512が固定されている。

【0237】

このような構成を有する被測定ブロック1503Bによれば、被測定部材に溝1509を設け、その溝1509内に2枚の反射ミラー1511、1512を設置することで形成することができる。

20

【0238】

16-2. 変位検出装置の第14の実施の形態例

次に、第14の実施の形態例にかかる変位検出装置について、図30を参照して説明する。

図30は、第14の実施の形態例にかかる変位検出装置の構成を示す概略構成図である。

【0239】

図30に示すように、この第14の実施の形態例にかかる変位検出装置1601は、第13の実施の形態例にかかる変位検出装置1501と同様に、光学系ブロック1602と、被測定部材に装着される被測定ブロック1603とを有している。

30

【0240】

光学系ブロック1602には、図1～図14に示す第1～第8の実施の形態例にかかる変位検出装置1, 101, 201, 301, 401, 501, 600, 700と同様に反射型の回折格子4が用いられている。また、この光学系ブロック1602は、図10に示す第4の実施の形態例にかかる変位検出装置301と同様に、レンズ11と、光束分割部3と、回折格子4と、受光部8を構成する第1の偏光ビームスプリッタ18及び第2の偏光ビームスプリッタ19とを有している。

40

【0241】

レンズ11には、供給用光ファイバ302を介して光源2から光が照射される。第1の偏光ビームスプリッタ18によって分割された光は、第1の受光用光ファイバ303及び第2の受光用光ファイバ304を介して第1の受光素子33及び第2の受光素子34に供給される。また、第2の偏光ビームスプリッタ19によって分割された光は、第3の受光用光ファイバ305及び第4の受光用光ファイバ306を介して第3の受光素子35及び第4の受光素子36に供給される。

【0242】

これにより、熱源となる光源2を光学系ブロック1602から離すことができる。また、光学系ブロック1602から離れた場所で、光源2や第1～第4の受光素子33～36

50

のメンテナンスが可能となり、作業性が向上する。

【 0 2 4 3 】

さらに、熱源を切り離すことで、光学系ブロック 1 6 0 2 の温度上昇を控え、安定した計測が可能になる。また、第 1 ~ 第 4 の受光素子 3 3 ~ 3 6 を相対位置情報出力手段 1 0 に近づけることで、電気的な外来ノイズの影響を少なくでき、光ファイバで伝送することで、応答スピードも上げることができる。これらの効果から目的に応じて、第 4 の実施の形態例にかかる変位検出装置 3 0 1 と同様に、光源 2 のみを光ファイバによって光学系ブロックから切り離しても良いし、受光素子 3 3 ~ 3 3 のみを光ファイバによって光学系ブロックから切り離しても良い。

【 0 2 4 4 】

また、光学系ブロック 1 6 0 2 の回折格子 4 の一面、いわゆる回折面が、被測定ブロック 1 6 0 3 の第 1 反射面 1 6 0 7 及び第 2 反射面 1 6 0 8 に対して略垂直となるように、光学系ブロック 1 6 0 2 に被測定ブロック 1 6 0 3 が配置される。

【 0 2 4 5 】

そして、光束分割部 3 によって分割された第 1 の光束 L 1 は、第 1 反射面 1 6 0 7 によって反射されて、回折格子 4 に入射する。また、第 2 の光束 L 2 も同様に、第 2 反射面 1 6 0 8 によって反射された、回折格子 4 に入射する。

【 0 2 4 6 】

被測定ブロック 1 6 0 3 が高さ方向に移動すると、第 1 反射片部 1 6 0 4 及び第 2 反射片部 1 6 0 5 も移動する。そのため、この第 1 4 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 6 0 1 においても、第 1 3 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 5 0 1 と同様に、第 1 の光束 L 1 と第 2 の光束 L 2 にそれぞれ異なる正負の位相差が加わる。

【 0 2 4 7 】

その結果、この第 1 4 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 6 0 1 によれば、回折格子 4 の格子ピッチが同じ場合、第 4 の実施の形態例にかかる変位検出装置 3 0 1 よりも 2 倍の分解能とすることができる。

【 0 2 4 8 】

その他の構成は、第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 や第 1 3 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 5 0 1 と同様であるため、それらの説明は省略する。このような構成を有する変位検出装置 1 6 0 1 によっても、上述した第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 や第 1 3 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 5 0 1 と同様の作用効果を得ることができる。

【 0 2 4 9 】

1 6 - 3 . 変位検出装置の第 1 5 の実施の形態例

次に、第 1 5 の実施の形態例にかかる変位検出装置について、図 3 1 を参照して説明する。

図 3 1 は、第 1 5 の実施の形態例にかかる変位検出装置の構成を示す概略構成図である。

【 0 2 5 0 】

図 3 1 に示すように、この第 1 5 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 7 0 1 は、第 1 3 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 5 0 1 と同様に、光学系ブロック 1 7 0 2 と、被測定部材に装着される被測定ブロック 1 7 0 3 とを有している。

【 0 2 5 1 】

光学系ブロック 1 7 0 2 は、第 1 2 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 4 0 1 と同様に、光源 2 と、光束分割部 3 と、透過型の第 1 の回折格子 1 0 0 4 及び第 2 の回折格子 1 0 4 4 と、受光部 8 と、相対位置情報出力手段 1 0 と、戻り用反射ミラー 1 0 0 5 と、中間ミラー 1 0 4 2 とを有している。また、被測定ブロック 1 7 0 3 は、光学系ブロック 1 7 0 2 における第 1 の回折格子 1 0 0 4 、中間ミラー 1 0 4 2 、第 2 の回折格子 1 0 4 4 及び戻り用反射ミラー 1 0 0 5 を含む部分を間に挟む、第 1 反射片部 1 7 0 4 と、第 2 反射片部 1 7 0 5 とを有している。

10

20

30

40

50

## 【 0 2 5 2 】

その他の構成は、第 1 2 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 4 0 1 及び第 1 3 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 5 0 1 と同様であるため、それらの説明は省略する。すなわち、この第 1 5 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 7 0 1 は、第 1 2 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 4 0 1 と第 1 3 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 5 0 1 を組み合わせたものである。

## 【 0 2 5 3 】

この第 1 5 の実施の形態例における第 1 の光束 L 1 は、行きと戻りで第 1 の回折格子 1 0 0 4 及び第 2 の回折格子 1 0 4 4 により 4 回回折される。また、第 2 の光束 L 2 も同様に、行きと戻りで第 1 の回折格子 1 0 0 4 及び第 2 の回折格子 1 0 4 4 により 4 回回折される。

10

## 【 0 2 5 4 】

そして、被測定ブロック 1 7 0 3 が高さ方向に  $x/2$  だけ移動すると、第 1 の光束 L 1 には、 $4Kx$  の位相が加わり、第 2 の光束 L 2 には、第 1 の光束 L 1 と正負の異なる  $-4Kx$  の位相が加わる。したがって、第 1 の光束 L 1 と第 2 の光束 L 2 の位相差は、 $8Kx$  となる。

## 【 0 2 5 5 】

その結果、この第 1 5 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 7 0 1 によれば、第 1 3 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 4 0 1 よりも 2 倍の分解能を得ることができる。

## 【 0 2 5 6 】

このような構成を有する変位検出装置 1 7 0 1 によっても、上述した第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 や第 1 3 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 4 0 1 と同様の作用効果を得ることができる。

20

## 【 0 2 5 7 】

第 1 3 ~ 第 1 5 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 5 0 1、1 6 0 1 及び 1 7 0 1 は、例えば光学系ブロックと被測定ブロックを板ばねによって連結することで、板ばね機構の変位を検出することができる。また、光学系ブロックと被測定ブロックをアクチュエータの内部に内蔵することとで、アクチュエータの変位情報を検出することが可能となる。

## 【 0 2 5 8 】

なお、本発明は上述しかつ図面に示した実施の形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した発明の要旨を逸脱しない範囲内で種々の変形実施が可能である。上述した実施の形態例では、光源から照射される光は、気体中だけでなく、液体中又は真空中の空間を飛ばして光を供給するようにしてもよい。

30

## 【 0 2 5 9 】

また、反射部を示すミラー 6 を被測定部材 9 の移動に連動するように移動させてもよい。すなわち、被測定部材 9 における高さ方向の移動量と同じ移動量だけ反射部を示すミラー 6 を移動させる。これにより、第 1 ~ 第 1 2 の実施の形態例にかかる変位検出装置においても、第 1 3 ~ 第 1 5 の実施の形態例にかかる変位検出装置と同様に、第 2 の光束 L 2 に第 1 の光束 L 1 と正負の異なる位相を加えることができる。

40

## 【 符号の説明 】

## 【 0 2 6 0 】

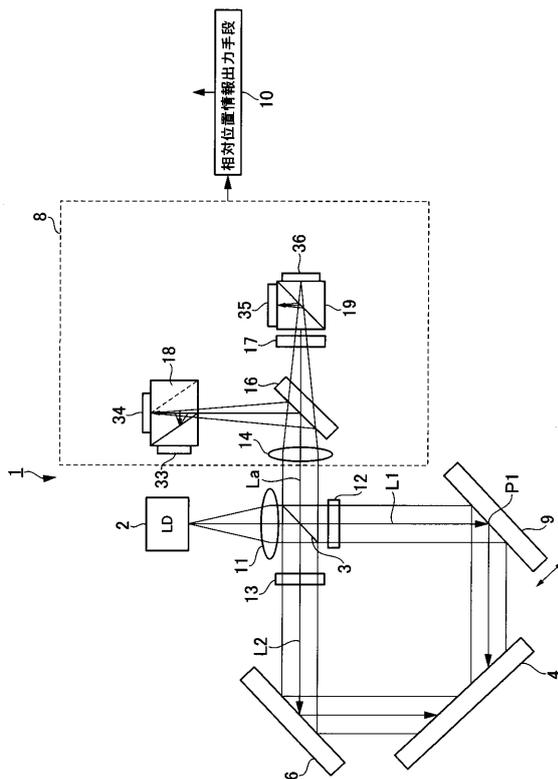
1, 1 0 1, 2 0 1, 3 0 1, 4 0 1, 5 0 1, 6 0 0, 7 0 0, 1 0 0 1, 1 2 0 1, 1 3 0 1, 1 4 0 1, 1 5 0 1, 1 6 0 1, 1 7 0 1 ... 変位検出装置、 2 ... 光源、 3, 7 0 3 ... 光束分割部 ( 光束結合部 )、 4, 1 0 0 4 ... 回折格子、 6, 5 0 6 ... ミラー ( 反射部 )、 8 ... 受光部、 9, 9 A, 9 B, 9 C, 9 D, 9 E, 9 F, 9 G, 9 H, 1 0 9, 2 0 9, 3 0 9, 4 0 9, 5 0 9 ... 被測定部材、 9 a, 9 a ' ... 反射膜、 9 c, 9 c, ' ... 格子 9 d ... 保護層、 9 e ... カバーガラス、 1 0, 1 0 A, 1 0 B ... 相対位置情報出力手段、 1 1 ... レンズ、 1 2 ... 第 1 の位相板、 1 3 ... 第 2 の位相板、 1 4 ... 集光レンズ、 1 6 ... ハーフミラー、 1 7 ... 受光側位相板、 1 8 ... 第

50

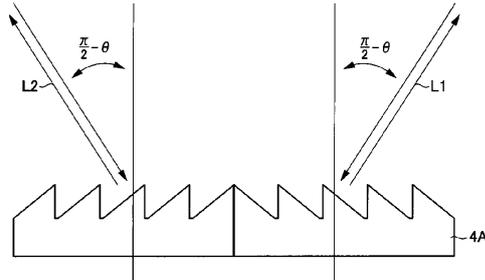
1の偏光ビームスプリッタ、 19...第2の偏光ビームスプリッタ、 33...第1の受光素子、 34...第2の受光素子、 35...第3の受光素子、 36...第4の受光素子、 37...絶対値用受光部、 37C...第5の受光素子、 37D...第6の受光素子、 38...差動比較器、 40...絶対位置情報出力手段、 104...第2のミラー、 202...第2の集光レンズ、 203...第3の集光レンズ、 404...回折格子(反射部)、 601A...第1の変位検出部、 601B...第2の変位検出部、 602...平均演算器、 704A...第1の回折格子、 704B...第2の回折格子、 708...第1の受光部、 708B...第2の受光部、 1005...戻り用反射ミラー(戻り用反射部)、 1016...光束結合部、 1021, 1022, 1023, 1024...補助ミラー、 1042...中間ミラー、 1044...第2の回折格子、 1502, 1602, 1702...光学系ブロック、 1503, 1603, 1703...被測定ブロック(被測定部材)、 1507, 1607, 1707...第1反射面、 1508, 1608, 1708...第2反射面、 L1, L1A, L1B...第1の光束、 L2, L2A, L2B...第2の光束、 P1, P2, Pa1, Pb1, Pc1, Pc2, Pd1, Pd2, Pe1, Pf1, Sc1, Sd1, Se1, Sf1...照射スポット、 T1, T2...回折位置、 ...格子ピッチ

10

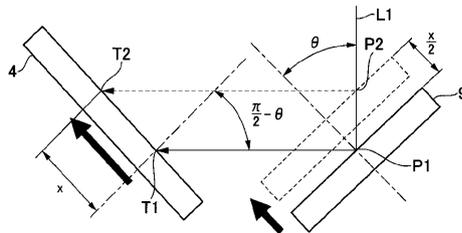
【図1】



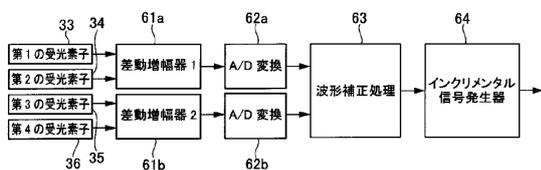
【図2】



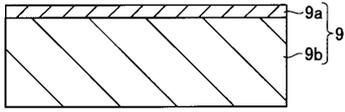
【図3】



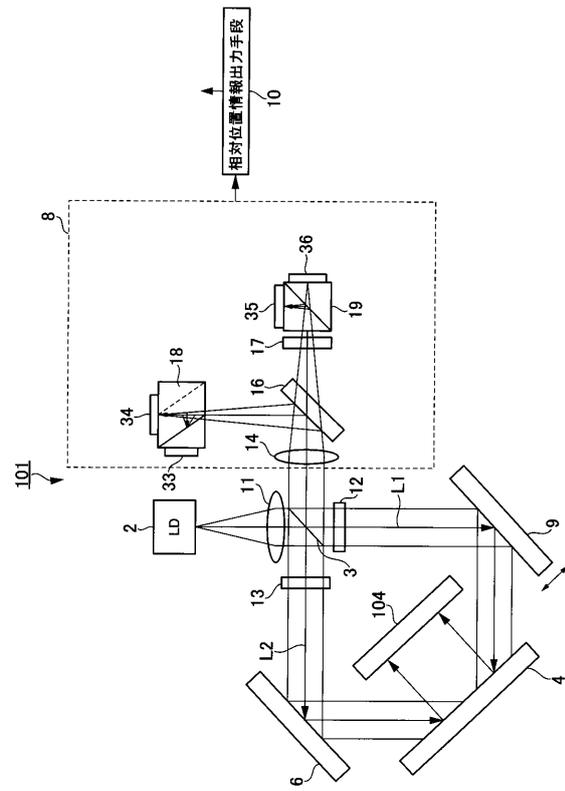
【図4】



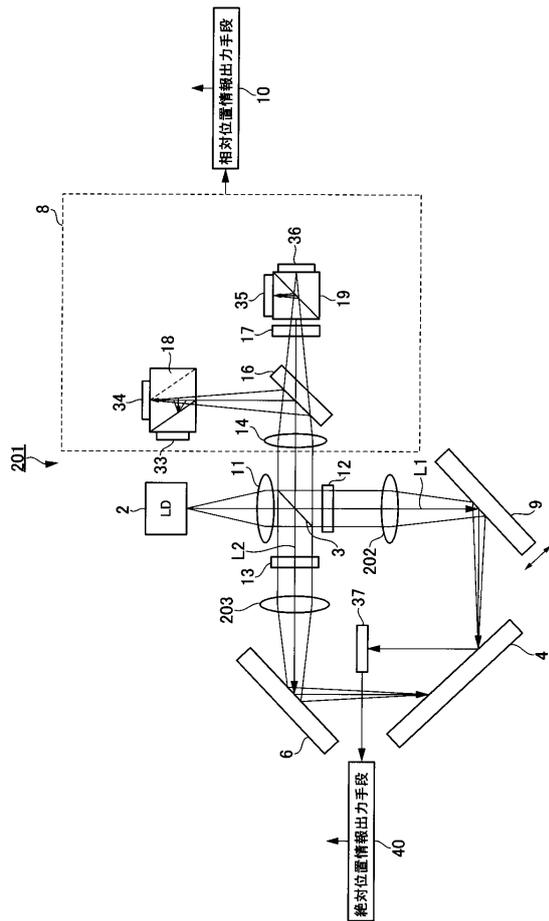
【図5】



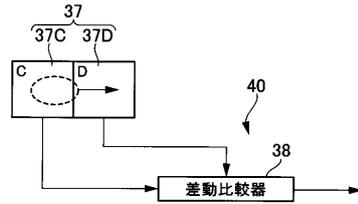
【図6】



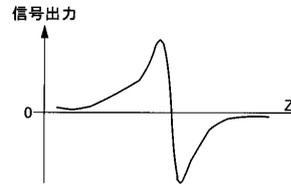
【図7】



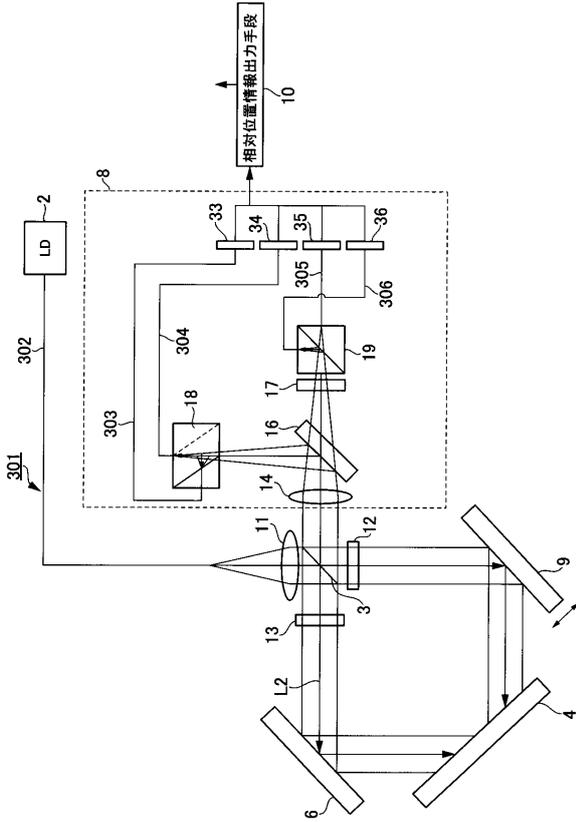
【図8】



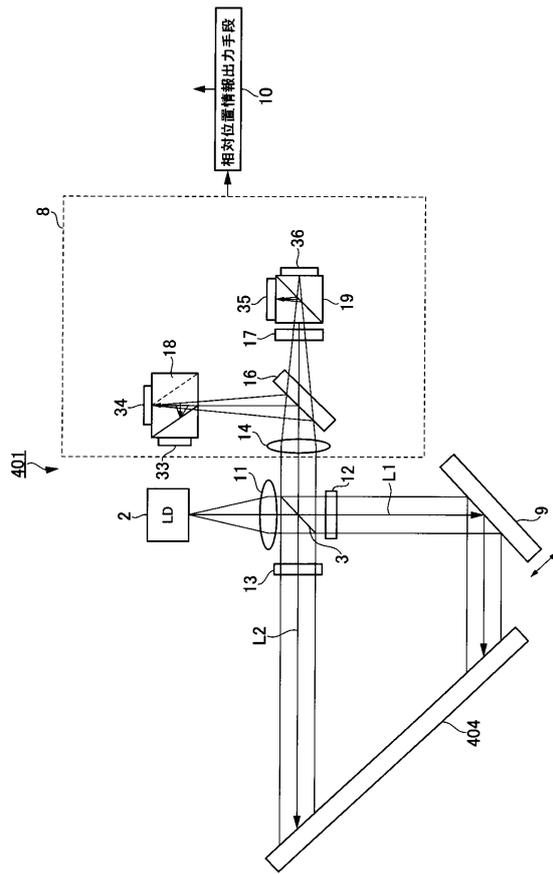
【図9】



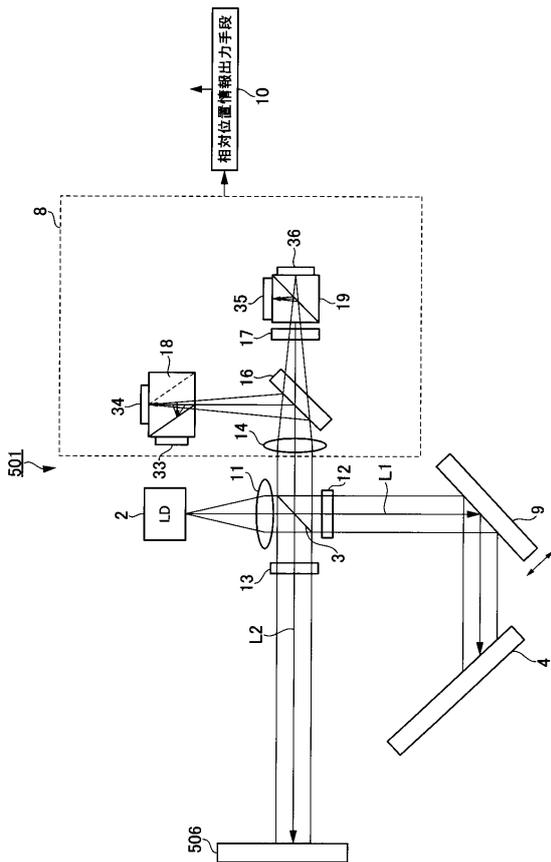
【図10】



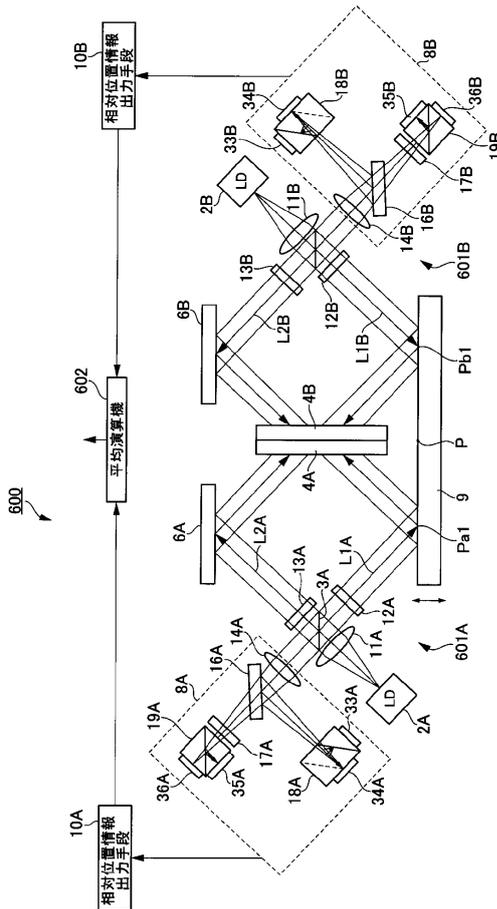
【図11】



【図12】

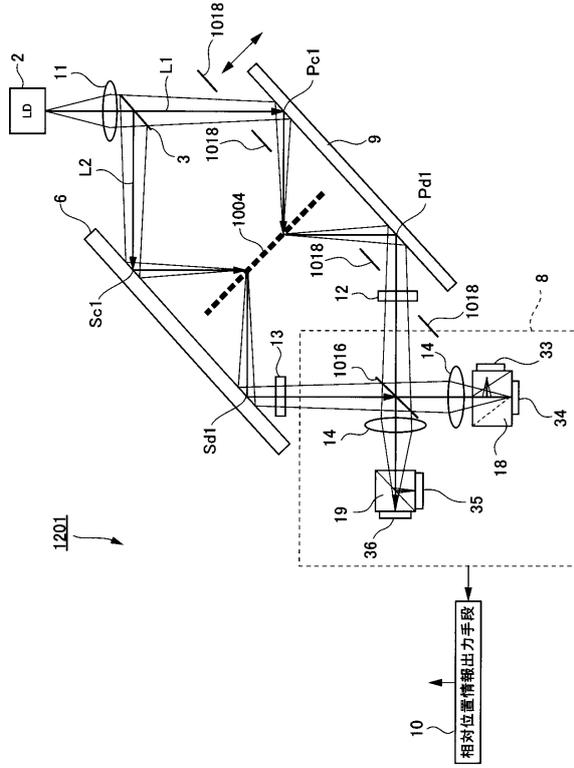


【図13】

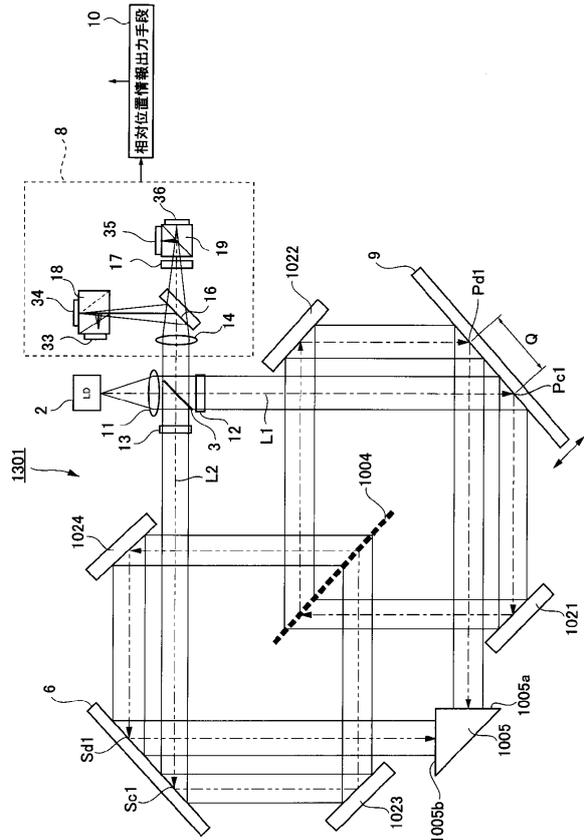




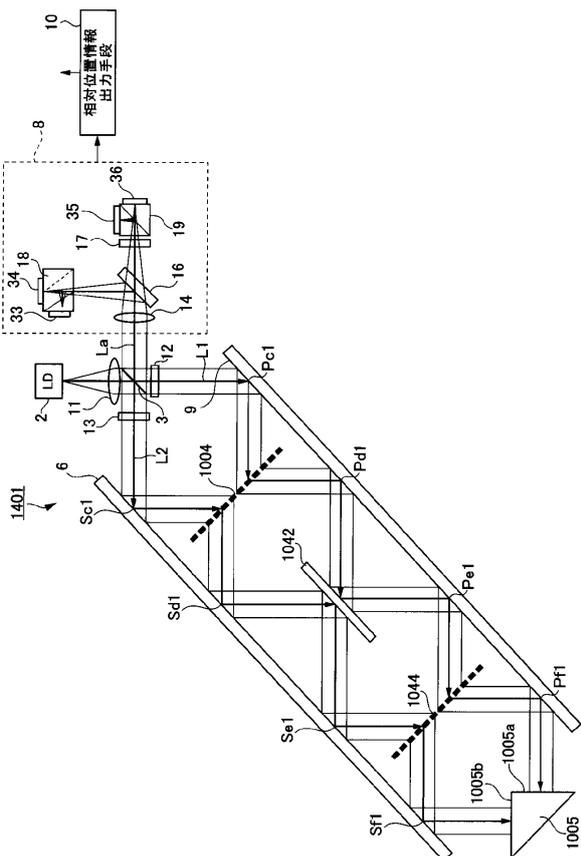
【図19】



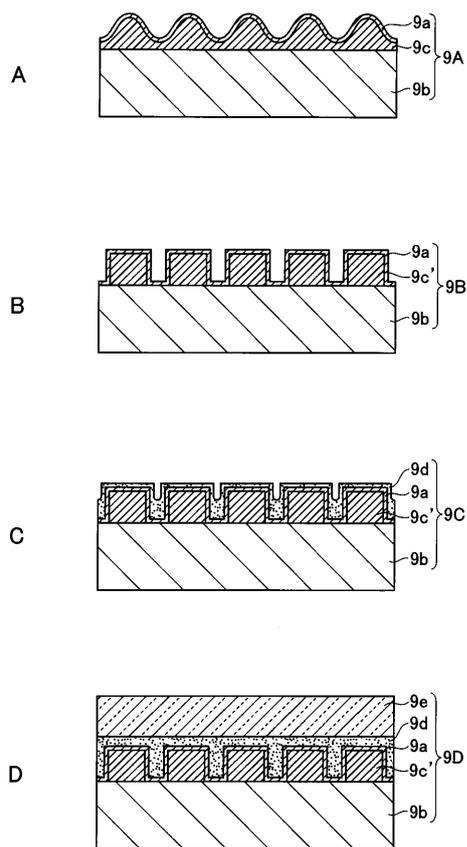
【図20】



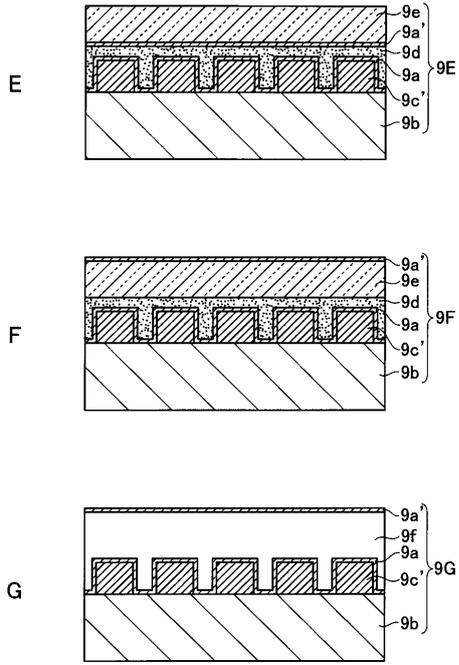
【図21】



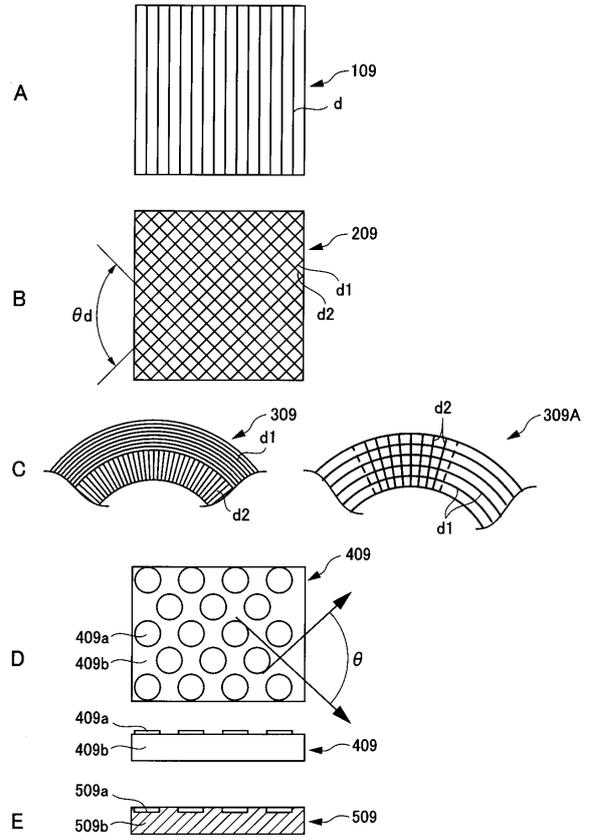
【図22】



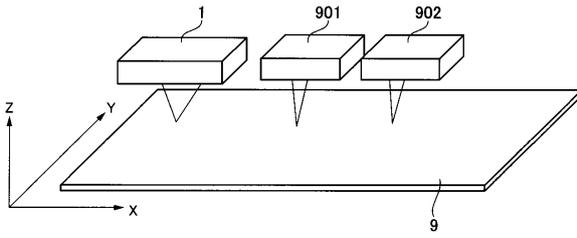
【 2 3 】



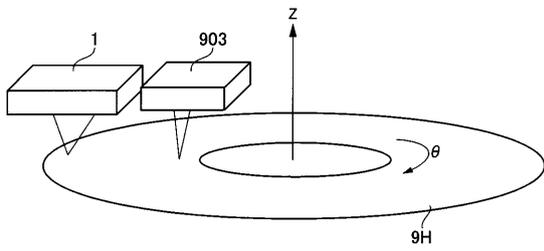
【 2 4 】



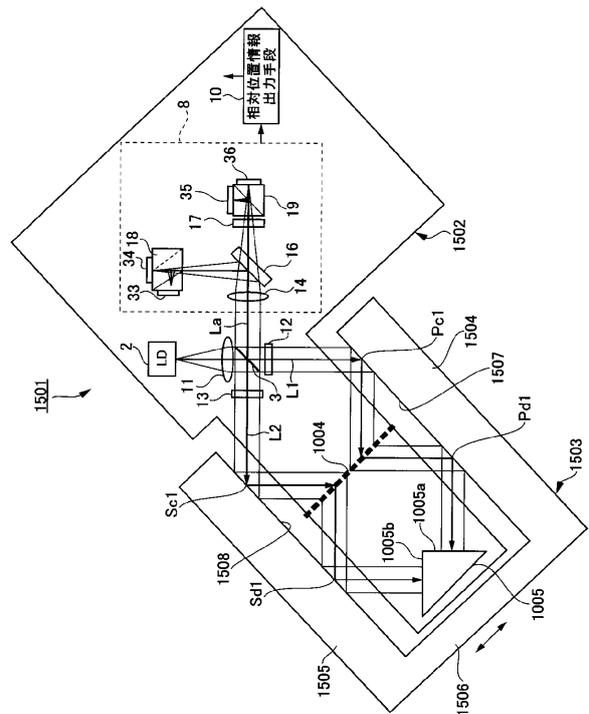
【 2 5 】



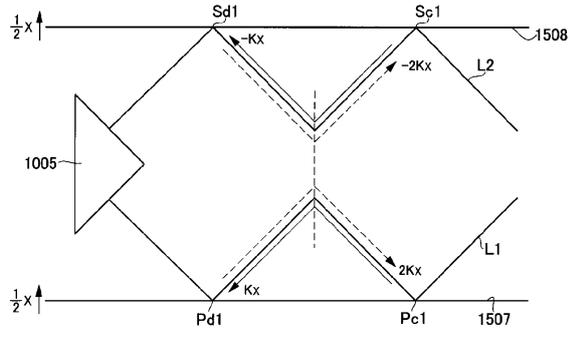
【 2 6 】



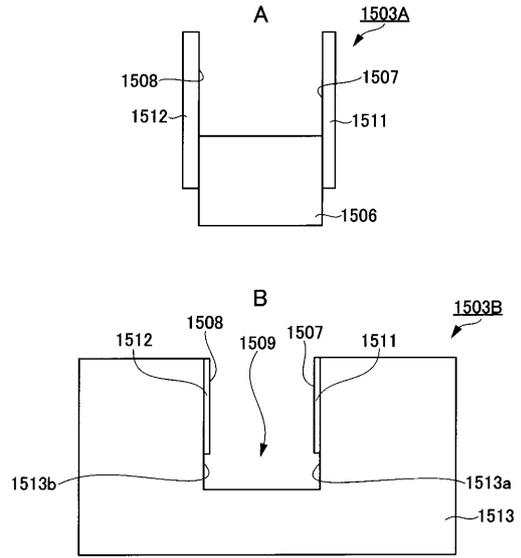
【 2 7 】



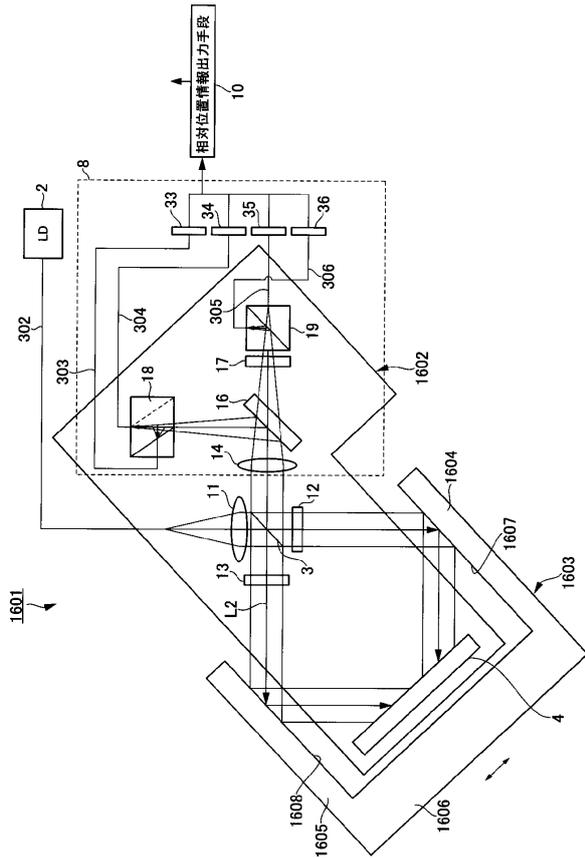
【図 28】



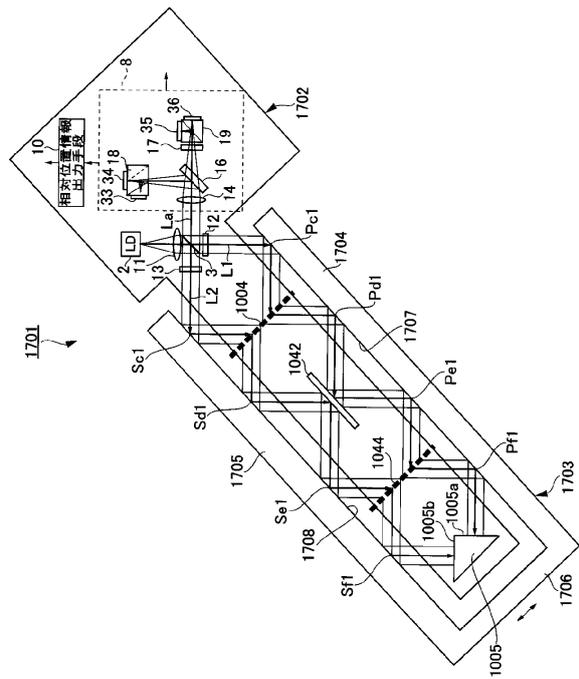
【図 29】



【図 30】



【図 31】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 米国特許第03809481 (US, A)  
特開平02 - 298804 (JP, A)  
特開2007 - 218833 (JP, A)  
特開2010 - 038654 (JP, A)  
特開2006 - 106000 (JP, A)  
特開平04 - 213006 (JP, A)  
特開平04 - 221704 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 9/00 - 11/30