

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7159017号
(P7159017)

(45)発行日 令和4年10月24日(2022.10.24)

(24)登録日 令和4年10月14日(2022.10.14)

(51)国際特許分類 F I
G 0 1 B 11/00 (2006.01) G 0 1 B 11/00 G

請求項の数 9 (全24頁)

(21)出願番号	特願2018-218798(P2018-218798)	(73)特許権者	000146847 D M G 森精機株式会社 奈良県大和郡山市北郡山町 1 0 6 番地
(22)出願日	平成30年11月22日(2018.11.22)	(74)代理人	110000925 特許業務法人信友国際特許事務所
(65)公開番号	特開2020-85606(P2020-85606A)	(72)発明者	田宮 英明 神奈川県伊勢原市鈴川 4 5 株式会社マ グネスケール内
(43)公開日	令和2年6月4日(2020.6.4)	審査官	櫻井 仁
審査請求日	令和3年8月5日(2021.8.5)		

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】

被測定部材の被測定面に対向して配置されたヘッドと、
前記被測定部材の変位を出力する変位出力部と、を備え、
前記ヘッドと前記被測定部材は、前記被測定面と前記ヘッドが対向する方向である高さ方向と直交し、かつ前記被測定面と平行をなす走査方向に相対的に移動可能とし、
前記ヘッドは、
複数の光束群を照射する光照射部と、
前記光照射部から出射された前記複数の光束群を物体光となる第1の光束と、参照光となる第2の光束に分割し、前記第1の光束を前記複数の光束群ごとに、前記被測定面と平行をなし、かつ前記走査方向と直交するトラック方向に所定の間隔を空けて照射し、前記被測定部材によって反射された前記第1の光束と前記第2の光束を重ねた干渉光を生成する変位検出部と、
前記変位検出部により生成された前記複数の光束群ごとの前記干渉光を受光し、複数の干渉信号を出力する受光検出部と、を備え、
前記変位出力部は、
前記受光検出部から出力された前記複数の干渉信号に基づいて、前記被測定面における複数箇所の前記ヘッドに対する前記高さ方向の相対位置情報を算出し、出力する相対位置出力部と、
前記ヘッドに対する前記被測定部材の前記走査方向、及び前記被測定面と平行をなし、

10

20

かつ前記走査方向と直交するトラック方向の座標位置を取得する被測定部材位置情報取得部と、

前記相対位置出力部から出力された前記被測定面における複数箇所の前記高さ方向の相対位置情報と、前記被測定部材位置情報取得部が取得した前記被測定部材の前記走査方向及び前記トラック方向の座標位置に基づいて、前記被測定部材の前記被測定面の状態を示すマップ情報を出力するマップ情報出力部と、を備え、

前記相対位置出力部は、前記被測定面における複数箇所の前記高さ方向の相対位置情報を同期させる同期部を有する

変位検出装置。

【請求項 2】

前記受光検出部は、前記複数の光束群の前記干渉光を別々に受光する複数の受光部を有し、

前記相対位置出力部は、前記複数の受光部から別々に前記干渉信号を取得する複数の相対位置出力部を有し、

前記複数の相対位置出力部は、それぞれ前記干渉信号を A / D 変換する A / D 変換器を有し、

前記同期部は、前記複数の相対位置出力部の前記 A / D 変換器に接続され、前記 A / D 変換器によって出力される信号の時間を同期させる

請求項 1 に記載の変位検出装置。

【請求項 3】

前記変位出力部は、

前記マップ情報出力部により出力された前記マップ情報が記憶されるマップ情報記憶器と、

前記マップ情報記憶器に記憶された第 1 マップ情報と、前記マップ情報出力部により出力された前記第 1 マップ情報よりも新しい第 2 マップ情報とを比較するマップ比較情報出力部と、を備えた

請求項 1 又は 2 に記載の変位検出装置。

【請求項 4】

前記変位検出部は、

前記光束群を前記第 1 の光束と、前記第 2 の光束に分割する光束分割部と、

前記第 1 の光束及び前記第 2 の光束の偏光方向に応じて、前記第 1 の光束及び前記第 2 の光束を透過又は反射する第 1 反射透過部と、

前記第 1 の光束及び前記第 2 の光束の偏光方向を変化させる位相板と、

前記被測定面と対向して配置され、前記光束分割部によって分割された前記第 2 の光束を反射する参照用反射部と、

前記被測定面から反射した前記第 1 の光束を回折し、かつ回折した前記第 1 の光束を再び前記第 1 反射透過部へ入射させる透過型の回折格子と、

前記第 1 反射透過部と対向して配置され、前記第 1 の光束及び前記第 2 の光束の偏光方向に応じて、前記第 1 の光束及び前記第 2 の光束を透過又は反射する第 2 反射透過部と、

前記第 2 反射透過部を透過した前記第 1 の光束と前記第 2 の光束を重ね合わせて前記干渉光を生成し、前記干渉光を前記受光検出部に照射する光束結合部と、を備え、

前記第 1 反射透過部は、

前記光束分割部によって分割された前記第 1 の光束を前記被測定部材に向けて透過させ、前記被測定部材で反射され、かつ前記回折格子によって回折された前記第 1 の光束を前記被測定部材に向けて反射し、

前記第 2 反射透過部は、

前記第 1 反射透過部を透過し、かつ前記被測定部材によって反射された前記第 1 の光束を前記回折格子に向けて反射し、

前記回折格子によって回折され、前記参照用反射部によって再び反射された前記第 2 の光束を前記光束結合部に向けて透過させる

10

20

30

40

50

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の変位検出装置。

【請求項 5】

前記第 1 反射透過部は、前記被測定部材が基準位置にある場合、前記第 1 の光束を、前記被測定部材の特定の位置に導き、

前記被測定面で再び反射された際の前記第 1 の光束の光路が、前記被測定部材における前記特定の位置で前記第 1 の光束が反射した際の光路と重なる

請求項 4 に記載の変位検出装置。

【請求項 6】

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参照用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 4 又は 5 に記載の変位検出装置。

【請求項 7】

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る

請求項 4 から 6 のいずれか 1 項に記載の変位検出装置。

【請求項 8】

前記光照射部は、

光を照射する光源と、

前記光源から照射された前記光を前記トラック方向に所定の間隔を空けて前記複数の光束群に分割する光束群分割部と、を有する

請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の変位検出装置。

【請求項 9】

前記光照射部は、

前記複数の光束群に対応した光を照射する複数の光源を有する

請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の変位検出装置。

【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 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。

【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、被測定面の変位を検出する方法がある（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

20

30

40

50

【 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 ~ 100 数 nm 程度になる。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 6 】

【 文献 】 特開平 5 - 8 9 4 8 0 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 】

また、近年では、被測定部材の高さ方向の変位だけでなく、被測定部材における被測定面の状態を確認することが求められている。しかしながら、特許文献 1 に記載された技術では、被測定部材における被測定面の 1 点の変位しか検出することができず、被測定面の全体の状態を確認するためには、測定作業を複数回行う必要があり、測定作業に時間がかかる、という問題を有していた。

【 0 0 0 8 】

本発明の目的は、測定作業にかかる時間の短縮を図ることができる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、被測定部材の被測定面に対向して配置されたヘッドと、被測定部材の変位を出力する変位出力部と、を備えている。ヘッドと被測定部材は、被測定面とヘッドが対向する方向である高さ方向と直交し、かつ被測定面と平行をなす走査方向に相対的に移動可能としている。

ヘッドは、光照射部と、変位検出部と、受光検出部と、を備えている。

光照射部は、複数の光束群を照射する。変位検出部は、光照射部から出射された複数の光束群を物体光となる第 1 の光束と、参照光となる第 2 の光束に分割する。また、変位検出部は、第 1 の光束を複数の光束群ごとに、被測定面と平行をなし、かつ走査方向と直交するトラック方向に所定の間隔を空けて照射する。そして、変位検出部は、被測定部材によって反射された第 1 の光束と第 2 の光束を重ねた干渉光を生成する。受光検出部は、変位検出部により生成された複数の光束群ごとの干渉光を受光し、複数の干渉信号を出力する。

変位出力部は、相対位置出力部と、被測定部材位置情報取得部と、マップ情報出力部と、を備えている。相対位置出力部は、受光検出部から出力された複数の干渉信号に基づいて、被測定面における複数箇所のヘッドに対する高さ方向の相対位置情報を算出し、出力する。被測定部材位置情報取得部は、ヘッドに対する被測定部材の走査方向、及び被測定面と平行をなし、かつ走査方向と直交するトラック方向の座標位置を取得する。マップ情報出力部は、相対位置出力部から出力された被測定面における複数箇所の高さ方向の相対位置情報と、被測定部材位置情報取得部が取得した被測定部材の走査方向及びトラック方向の座標位置に基づいて、被測定部材の被測定面の状態を示すマップ情報を出力する。相対位置出力部は、被測定面における複数箇所の高さ方向の相対位置情報を同期させる同期部を有する。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 0 】

本発明の変位検出装置によれば、測定作業にかかる時間の短縮を図ることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 1 】

【 図 1 】 本発明の第 1 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

10

20

30

40

50

る。

【図 2】本発明の第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置のヘッド内部の構成を示す平面図である。

【図 3】本発明の第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置の変位検出部の構成を示す概略構成図である。

【図 4】本発明の第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置の回折格子を示すもので、図 4 A は回折格子の一例を示す断面図、図 4 B は回折格子の第 2 の例を示す断面図である。

【図 5】本発明の第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置の受光検出部の構成を示す概略構成図である。

【図 6】本発明の第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置の変位出力部を示すブロック図である。 10

【図 7】本発明の第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置の相対位置出力部を示すブロック図である。

【図 8】本発明の第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置の要部を示す説明図である。

【図 9】本発明の第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置における変位検出動作の他の例を示す説明図である。

【図 10】本発明の第 2 の実施の形態例にかかる変位検出装置の光照射部を示す概略構成図である。

【図 11】本発明の第 3 の実施の形態例にかかる変位検出装置のヘッド内部の構成を示す平面図である。 20

【発明を実施するための形態】

【0012】

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 11 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。

【0013】

1. 第 1 の実施の形態例

まず、本発明の第 1 の実施の形態例（以下、「本例」という。）にかかる変位検出装置の構成を図 1 ~ 図 6 を参照して説明する。 30

【0014】

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である。

【0015】

本例の変位検出装置 1 は、透過型の回折格子を用いて、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、被測定部材 M の被測定面 M a と対向するヘッド 3 と、変位を出力する変位出力部 4（図 6 参照）と、を有している。なお、変位出力部 4 は、ヘッド 3 内に収容してもよく、あるいはヘッド 3 の外部に設けた携帯情報処理端末や、PC（パーソナルコンピュータ）に配置してもよい。 40

【0016】

ヘッド 3 と被測定部材 M のうち少なくとも一方を、被測定面 M a と平行をなす走査方向を示す第 1 の方向 X に移動可能に構成されている。本例では、ヘッド 3 が固定されており、被測定部材 M が第 1 の方向 X に移動する。

【0017】

以下、第 1 の方向 X と直交し、被測定面 M a と平行をなす方向、すなわちトラック方向を第 2 の方向 Y とする。また、第 1 の方向 X 及び第 2 の方向 Y と直交する方向、すなわちヘッド 3 と被測定部材 M が対向する方向である高さ方向を第 3 の方向 Z とする。

【0018】

図 2 は、ヘッド 3 内部の構成を示す概略構成図である。

図 2 に示すように、ヘッド 3 は、光源 1 1 と、光源 1 1 から出射された光を複数光束群に分割する光束群分割部 1 2 と、変位検出部 1 3 と、受光検出部 1 5 とを備えている。

【 0 0 1 9 】

光源 1 1 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。

【 0 0 2 0 】

光源 1 1 として、可干渉距離が長い光源を用いると、被測定部材 M の被測定面 M a 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 1 1 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。

10

【 0 0 2 1 】

さらに、光源 1 1 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 1 1 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 1 1 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。

【 0 0 2 2 】

また、光源 1 1 と光束群分割部 1 2 との間に光ファイバを配置し、光ファイバを用いて光源 1 1 から出射された光 L を光束群分割部 1 2 に導光してもよい。これにより、熱源となる光源 1 1 を後述する変位検出部 1 3 や受光検出部 1 5 から離して配置することができ、より安定した計測が可能となる。

20

【 0 0 2 3 】

この光源 1 1 から出射された光 L は、光束群分割部 1 2 に入射する。なお、光源 1 1 と光束群分割部 1 2 の間には、コリメートレンズ等からなる不図示のレンズが配置されている。レンズは、光源 1 1 から出射された光を平行光にコリメートする。そのため、光束群分割部 1 2 には、レンズ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 4 】

光束群分割部 1 2 は、例えば、複数のビームスプリッタにより構成されている。そして、光束群分割部 1 2 は、第 2 の方向 Y に沿って配置されている。光束群分割部 1 2 は、光源 1 1 から出射され、不図示のレンズにより平行光にコリメートされた光 L を、第 2 の方向 Y に所定の間隔 H 1 を空けて、第 1 光束群 L 1、第 2 光束群 L 2、第 3 光束群 L 3、第 4 光束群 L 4、第 5 光束群 L 5 に分割する。

30

【 0 0 2 5 】

なお、本例では、光束群分割部 1 2 によって光 L を 5 つ光束群 L 1、L 2、L 3、L 4、L 5 に分割した例を説明したが、これに限定されるものではない。光束群分割部 1 2 が分割する数は、4 つ以下でもよく、6 つ以上でもよい。光束群分割部 1 2 は、少なくとも 2 つ以上光束群に分割できればよい。

【 0 0 2 6 】

光束群分割部 1 2 は、分割した光束群 L 1、L 2、L 3、L 4、L 5 を第 1 の方向 X に向けて反射し、変位検出部 1 3 に入射させる。この光源 1 1 と光束群分割部 1 2 により本例の光照射部が構成される。

40

【 0 0 2 7 】

[変位検出部]

図 3 は、変位検出部 1 3 を示す概略構成図である。

図 3 に示すように、変位検出部 1 3 は、光束分割部 2 1 と、第 1 反射透過部 2 2 と、透過型の回折格子 2 3 と、参照用反射部の一例を示すミラー 2 4 と、第 2 反射透過部 2 5 と、第 1 の位相板 2 6 と、第 2 の位相板 2 7 と、光束結合部 2 8 と、第 3 の位相板 2 9 と、を備えている。

【 0 0 2 8 】

50

図 2 に示すように、光束分割部 2 1、第 1 反射透過部 2 2、透過型の回折格子 2 3、ミラー 2 4、第 2 反射透過部 2 5、第 1 の位相板 2 6、第 2 の位相板 2 7、光束結合部 2 8、第 3 の位相板 2 9 は、ヘッド 3 内において第 2 の方向 Y に延在して配置される。また、光束分割部 2 1、第 1 反射透過部 2 2、透過型の回折格子 2 3、ミラー 2 4、第 2 反射透過部 2 5、第 1 の位相板 2 6、第 2 の位相板 2 7、光束結合部 2 8、第 3 の位相板 2 9 は、ヘッド 3 内において第 1 の方向 X に沿って並べて配置される。

【 0 0 2 9 】

また、図 3 に示すように、第 1 反射透過部 2 2 と第 2 反射透過部 2 5 は、第 1 の方向 X において対向して配置される。第 1 反射透過部 2 2 と第 2 反射透過部 2 5 の間には、回折格子 2 3 と、ミラー 2 4 と、第 1 の位相板 2 6 と第 2 の位相板 2 7 が配置されている。なお、ミラー 2 4 は、回折格子 2 3 と第 1 の方向 X において同じ位置に配置され、ミラー 2 4 は、その反射面 2 4 a が第 1 の方向 X 及び第 2 の方向 Y と平行をなし、第 3 の方向 Z において、被測定部材 M の被測定面 M a と対向する位置に配置される。また、第 1 の位相板 2 6 と第 2 の位相板 2 7 は、第 1 の方向 X において回折格子 2 3 と第 2 反射透過部 2 5 の間に配置される。

10

【 0 0 3 0 】

図 2 及び図 3 に示すように、光束分割部 2 1 は、例えば、ビームスプリッタやーフミラーにより構成されている。この光束分割部 2 1 には、光束群分割部 1 2 により分割された第 1 光束群 L 1、第 2 光束群 L 2、第 3 光束群 L 3、第 4 光束群 L 4 及び第 5 光束群 L 5 が入射する。なお、以下の各光束群 L 1、L 2、L 3、L 4、L 5 の光路は、同様であるため、第 1 光束群 L 1 について説明する。

20

【 0 0 3 1 】

光束分割部 2 1 は、入射した第 1 光束群 L 1 を、物体光となる第 1 の光束 L A と、参照光となる第 2 の光束 L B に分割する。光束分割部 2 1 を透過する第 1 の光束 L A は、第 3 の方向 Z において被測定部材 M に向けて進行し、光束分割部 2 1 によって反射された第 2 の光束 L B は、第 3 の方向 Z において被測定部材 M とは反対側に向けて進行する。また、光束分割部 2 1 よりも第 1 の方向 X において光源 1 1 や光束群分割部 1 2 とは反対側には、第 1 反射透過部 2 2 及びミラー 2 4 が配置されている。

【 0 0 3 2 】

第 1 反射透過部 2 2 には、光束分割部 2 1 によって分割された第 1 の光束 L A と、第 2 の光束 L B が入射する。第 1 反射透過部 2 2 は、例えば、偏光ビームスプリッタにより構成されている。本例では、第 1 反射透過部 2 2 は、p 偏光の光を透過させ、s 偏光の光を反射する。

30

【 0 0 3 3 】

第 1 反射透過部 2 2 は、その反射透過面 2 2 a が後述する回折格子 2 3 の回折面と略平行で、かつ被測定部材 M の被測定面 M a 及びミラー 2 4 の反射面 2 4 a に対してほぼ 90° となるように、配置されている。

【 0 0 3 4 】

第 1 反射透過部 2 2 は、光束分割部 2 1 によって分割された第 1 の光束 L A と第 2 の光束 L B を透過させる。第 1 反射透過部 2 2 を透過した第 1 の光束 L A は、被測定部材 M の被測定面 M a に入射する。第 1 光束群 L 1 の第 1 の光束 L A 1 は、被測定面 M a の第 1 照射点 P 1 に入射する。第 2 光束群 L 2 の第 1 の光束 L A 2 は、被測定面 M a の第 2 照射点 P 2 に入射する。第 3 光束群 L 3 の第 1 の光束 L A 3 は、被測定面 M a の第 3 照射点 P 3 に入射する。第 4 光束群 L 4 の第 1 の光束 L A 4 は、被測定面 M a の第 4 照射点 P 4 に入射する。第 5 光束群 L 5 の第 1 の光束 L A 5 は、被測定面 M a の第 5 照射点 P 5 に入射する。なお、第 1 照射点 P 1、第 2 照射点 P 2、第 3 照射点 P 3、第 4 照射点 P 4 及び第 5 照射点 P 5 には、同時に照射される。

40

【 0 0 3 5 】

第 1 照射点 P 1、第 2 照射点 P 2、第 3 照射点 P 3、第 4 照射点 P 4 及び第 5 照射点 P 5 は、第 1 の方向 X において同じ座標である。そして、第 1 照射点 P 1、第 2 照射点 P 2

50

、第3照射点P3、第4照射点P4及び第5照射点P5は、第2の方向Yに沿って所定の
間隔H1を空けて配置される。この第1照射点P1、第2照射点P2、第3照射点P3、
第4照射点P4及び第5照射点P5における第2の方向Yの間隔、すなわち照射点の座標
は、後述する変位出力部4に予め格納されている。

【0036】

また、被測定部材Mが基準位置に配置されている場合、第1反射透過部22を通過した
第1の光束LAは、被測定部材Mにおける被測定面Maのほぼ同じ位置である基準点(特
定の位置)に入射される。

【0037】

そして、被測定面Maに入射した第1の光束LAは、被測定面Maによって反射される
。被測定面Maによって反射された第1の光束LAは、第1の位相板26を介して第2反
射透過部25に入射する。また、ミラー24に入射した第2の光束LBは、ミラー24に
よって反射され、第2の位相板27を介して第2反射透過部25に入射する。

10

【0038】

第1の位相板26及び第2の位相板27は、通過する光の偏光方向を変化させるもので
あり、例えば、1/2波長板等から構成されている。そのため、通過する光の偏光方向が
p偏光の場合、s偏光に変化させ、通過する光の偏光方向がp偏光の場合、s偏光に変化
させる。

【0039】

第2反射透過部25は、第1反射透過部22と同様に、偏光ビームスプリッタである。
第2反射透過部25は、p偏光の光を透過させ、s偏光の光を反射する。また、第2反
射透過部25は、その反射透過面25aが後述する回折格子23の回折面と略平行で、かつ
被測定部材Mの被測定面Ma及びミラー24の反射面24aに対してほぼ90°となるよ
うに、配置されている。

20

【0040】

第2反射透過部25によって反射された第1の光束LAは、第1の位相板26を介して
回折格子23に入射する。同様に、第2反射透過部25によって反射された第2の光束L
Bは、第2の位相板27を介して回折格子23に入射する。

【0041】

回折格子23は、透過型の回折格子であり、入射した光を透過させ、かつ回折する。回
折格子23は、被測定部材Mの被測定面Ma及びミラー24の反射面24aに対して略直
角、すなわち回折格子23の回折面と被測定面Ma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。

30

【0042】

なお、回折格子23、第1反射透過部22及び第2反射透過部25における被測定部材
Mに対する配置精度は、変位検出装置1に要求される測定精度によって種々に設定され
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23、第1
反射透過部22及び第2反射透過部25を被測定面Maに対して90°±0.5°程度の
範囲に配置することが好ましい。これに対し、回折格子23、第1反射透過部22及び第
2反射透過部25を、被測定面Maに対して90°から±2°の範囲に配置しても、変位
検出装置1を工作機械等の低い精度の測定に用いる場合には、十分である。

40

【0043】

回折格子23が被測定面Maに対して90°に配置されているため、被測定部材Mの被
測定面Maに第1の光束LAが入射角θ1で入射した場合、第1の光束LAは、回折格子
23に対して入射角θ2=θ1で入射する。

【0044】

なお、回折格子23を透過し、回折された第1の光束LA及び第2の光束LBは、再び
第1反射透過部22に入射する。そして、第1の光束LAは、第1反射透過部22によっ
て反射されて、再び被測定部材Mの被測定面Maに入射する。なお、被測定部材Mが基準
位置に配置されている場合、第1の光束LAは、1回目と同じ基準点に入射される。また

50

、第2の光束LBは、第1反射透過部22によって反射されて、再びミラー24に入射する。

【0045】

また、回折格子23は、その回折角が回折格子23への入射角とほぼ等しくてもよく、あるいは、等しくなくてもよい。なお、回折格子23の格子ピッチは、被測定部材Mへの1回目及び2回目の入射角度を θ_1 、波長を λ 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。

[式1]

$$m\lambda = n d \sin(\theta - \theta_1)$$

【0046】

また、回折格子23としては、例えば、図4A及び図4Bに示すような回折格子23A、23Bを用いてもよい。

図4Aは、回折格子の一例を示す断面図、図4Bは、回折格子の他の例を示す断面図である。

【0047】

図4Aに示す回折格子23Aは、略透明なガラス基板23Aaの一面に例えばクロム(Cr)からなる格子部23bを形成したものである。一般的に、格子部23bは、ガラス基板23Aa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 μ m以下である。

【0048】

図4Bに示す回折格子23Bは、写真乾板を用いた、いわゆるポリウムタイプのホログラムである。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23Bにおける格子部23cは、例えば次のようにして形成される。まず、ガラス基板23Ba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23cには、銀の粒子が残っている箇所23dと、残っていない箇所23eが形成される。ここで、銀の粒子が残っている箇所23dは、屈折率が高く、銀の粒子が残っていない箇所23e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ポリマーを使用してもよい。

【0049】

このような構成を有する回折格子23Bの場合、所定の角度(入射角)で光が入射すると、所定の角度(回折角)で光が出力(回折)される。さらに、ブラッグ条件を満たすときに、回折格子23B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23Bによって回折された回折光の光量が低下することを防ぐことができる。

【0050】

この回折格子23Bの格子部23c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23cで吸収されることを考慮すると、格子部23c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。

【0051】

また、図4Bに示すような、ポリウムタイプのホログラムからなる回折格子23Bは、被測定部材Mから反射した第1の光束LAや、ミラー24から反射した第2の光束LBの回折効率を高めることができ、信号のノイズの低下させることができる。

【0052】

また、図2及び図3に戻って示すように、第2反射透過部25における第1反射透過部22及び回折格子23と対向する側とは反対側、すなわち第2反射透過部25を透過した側には、第3の位相板29と、光束結合部28が配置されている。

【0053】

第3の位相板29は、第1の位相板26及び第2の位相板27と同様に、通過する光の偏光方向を変化させるものであり、例えば、1/2波長板等から構成されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 4 】

光束結合部 2 8 には、第 2 反射透過部 2 5 を透過した第 1 の光束 L A と、第 2 反射透過部 2 5 と透過し、かつ第 3 の位相板 2 9 を通過した第 2 の光束 L B が入射する。光束結合部 2 8 は、偏光ビームスプリッタである。光束結合部 2 8 は、p 偏光の光を透過させ、s 偏光の光を反射する。そして、光束結合部 2 8 は、第 1 の光束 L A と第 2 の光束 L B を重ね合わせ干渉光 L C 1 ~ L C 5 (以下、単に干渉光 L C という) を生成する。光束結合部 2 8 は、重ね合わせた干渉光 L C を受光検出部 1 5 に向けて照射する。

【 0 0 5 5 】

[受光検出部]

次に、受光検出部 1 5 について説明する。

10

図 5 は、受光検出部 1 5 を示す概略構成図である。

【 0 0 5 6 】

図 5 に示すように、受光検出部 1 5 は、第 4 の位相板 3 1 と、ハーフミラーからなりビームスプリッタ 3 2 と、1 / 2 波長板で構成される第 5 の位相板 3 3 と、第 1 の偏光ビームスプリッタ 3 4 と、第 2 の偏光ビームスプリッタ 3 5 とを有している。第 4 の位相板 3 1、ビームスプリッタ 3 2、第 5 の位相板 3 3、第 1 の偏光ビームスプリッタ 3 4 及び第 2 の偏光ビームスプリッタ 3 5 は、変位検出部 1 3 の構成部材と同様に、ヘッド 3 内において第 2 の方向 Y に延在して配置される。

【 0 0 5 7 】

第 4 の位相板 3 1 は、例えば、1 / 4 波長板からなり、通過する干渉光 L C を円偏光に変化させると共に、第 1 の光束 L A と第 2 の光束 L B の偏光方向の向きが互いに逆向きとなるように位相板の光軸が設定されている。

20

【 0 0 5 8 】

ビームスプリッタ 3 2 は、第 4 の位相板 3 1 を透過した干渉光 L C を 2 つに分割する。ビームスプリッタ 3 2 によって分割された光のうち一方の光は、第 1 の偏光ビームスプリッタ 3 4 に入射し、他方の光は、第 5 の位相板 3 3 を介して、第 2 の偏光ビームスプリッタ 3 5 に入射する。

【 0 0 5 9 】

第 5 の位相板 3 3 は、第 2 の偏光ビームスプリッタ 3 5 に入射する干渉光の偏光方向が第 1 の偏光ビームスプリッタ 3 4 に対して 4 5 度傾くように配置されている。第 1 の偏光ビームスプリッタ 3 4 及び第 2 の偏光ビームスプリッタ 3 5 は、s 偏光成分を有する光を反射させ、p 偏光成分を有する光を透過させることで、光を分割する。

30

【 0 0 6 0 】

第 1 の偏光ビームスプリッタ 3 4 及び第 2 の偏光ビームスプリッタ 3 5 における光の出射口側には、第 1 受光部 1 5 A、第 2 受光部 1 5 B、第 3 受光部 1 5 C、第 4 受光部 1 5 D、第 5 受光部 1 5 E (図 7 参照) が配置されている。

【 0 0 6 1 】

第 1 受光部 1 5 A、第 2 受光部 1 5 B、第 3 受光部 1 5 C、第 4 受光部 1 5 D 及び第 5 受光部 1 5 E は、第 2 の方向 Y に沿って所定の間隔 H 1 を空けて配置される。第 1 受光部 1 5 A は、第 1 光束群 L 1 の第 1 干渉光 L C 1 を受光し、第 2 受光部 1 5 B は、第 2 光束群 L 2 の第 2 干渉光 L C 2 を受光し、第 3 受光部 1 5 C は、第 3 光束群 L 3 の第 3 干渉光 L C 3 を受光する。そして、第 4 受光部 1 5 D は、第 4 光束群 L 4 の第 4 干渉光 L C 4 を受光し、第 5 受光部 1 5 E は、第 5 光束群 L 5 の第 5 干渉光 L C 5 を受光する。

40

【 0 0 6 2 】

第 1 受光部 1 5 A は、第 1 受光素子 4 1 A、第 2 受光素子 4 2 A、第 3 受光素子 4 3 A 及び第 4 受光素子 4 4 A を有している。第 1 受光素子 4 1 A と第 2 受光素子 4 2 A は、第 1 の偏光ビームスプリッタ 3 4 の出射口側に配置されており、第 3 受光素子 4 3 A と第 4 受光素子 4 4 A は、第 2 の偏光ビームスプリッタ 3 5 の出射口側に配置されている。

【 0 0 6 3 】

なお、第 2 受光部 1 5 B、第 3 受光部 1 5 C、第 4 受光部 1 5 D 及び第 5 受光部 1 5 E

50

は、第1受光部15Aと同様に、4つの受光素子を有している。そして、第1受光素子41B～41Eと第2受光素子42B～42Eは、第1の偏光ビームスプリッタ34の出射口側に配置されている。また、第3受光素子43B～43Eと第4受光素子44B～44Eは、第2の偏光ビームスプリッタ35の出射口側に配置されている。

【0064】

第1受光部15A、第2受光部15B、第3受光部15C、第4受光部15D及び第5受光部15Eは、各受光素子41A～43Eが受光し、光電変換した信号を変位出力部4に出力する。

【0065】

上述したように、第5の位相板33は、第2の偏光ビームスプリッタ35に入射する干渉光の偏光方向が第1の偏光ビームスプリッタ34に対して45度傾くように配置されている。そのため、第1受光素子41A～41Eの干渉信号の位相が \sin である場合、第2受光素子42A～42Eの干渉信号の位相は、 $-\sin$ となる。そして、第3受光素子43A～43Eの干渉信号の位相は、 \cos となり、第4受光素子44A～44Eの干渉信号の位相は、 $-\cos$ となる。

10

【0066】

[変位出力部]

次に、図6及び図7を参照して変位出力部4の構成について説明する。

図6は、変位出力部4を示すブロック図である。

【0067】

図6に示すように、変位出力部4は、相対位置出力部101と、被測定部材位置情報取得部102と、マップ情報出力部103と、マップ情報記憶器104と、マップ比較情報出力部105とを有している。

20

【0068】

相対位置出力部101は、第1受光部15A、第2受光部15B、第3受光部15C、第4受光部15D及び第5受光部15Eが受光し、光電変換した信号を受信する。相対位置出力部101は、受信した信号に基づいて、被測定部材Mの被測定面Maにおけるヘッド3に対する第3の方向Zの相対変化の変位情報を算出し、出力する。なお、相対位置出力部101の詳細な構成については、後述する。そして、相対位置出力部101は、算出した第3の方向Zの変位情報をマップ情報出力部103に出力する。

30

【0069】

被測定部材位置情報取得部102は、例えば、ヘッド3とは別に設けられたエンコーダから被測定部材Mにおけるヘッド3に対する第1の方向X及び第2の方向Yの位置情報を取得する。そして、被測定部材位置情報取得部102は、取得した被測定部材Mにおける第1の方向X及び第2の方向Yの位置情報をマップ情報出力部103及びマップ情報記憶器104に出力する。

【0070】

なお、本例では、ヘッド3とは別に設けられたエンコーダから第1の方向X及び第2の方向Yの位置情報を取得する例を説明したが、これに限定されるものではない。例えば、ヘッド3に被測定部材Mの第1の方向X及び第2の方向Yの位置情報を測定する変位検出部を設け、この変位検出部から被測定部材Mの第1の方向X及び第2の方向Yの位置情報を取得してもよい。

40

【0071】

マップ情報出力部103には、予め変位検出部13における照射点P1、P2、P3、P4、P5の位置座標が格納されている。マップ情報出力部103は、相対位置出力部101から出力された被測定面Maにおける第3の方向Zの変位情報と、被測定部材位置情報取得部102がから取得した被測定部材Mにおける第1の方向X及び第2の方向Yの位置情報に基づいて、被測定面Maの状態、すなわちマップ情報を演算し、出力する。

【0072】

マップ情報出力部103には、マップ情報記憶器104と、マップ比較情報出力部10

50

5が接続されている。マップ情報出力部103は、演算した被測定面Maのマップ情報をマップ情報記憶器104とマップ比較情報出力部105に出力する。

【0073】

マップ情報記憶器104は、被測定部材位置情報取得部102から出力された被測定部材Mにおける第1の方向X及び第2の方向Yの位置情報と、マップ情報出力部103から出力された被測定部材Mのマップ情報を記憶する。また、マップ情報記憶器104には、マップ比較情報出力部105が接続されている。そして、マップ情報記憶器104は、記憶しているマップ情報をマップ比較情報出力部105に出力する。マップ比較情報出力部105は、マップ情報記憶器104に記憶されている第1マップ情報と、マップ情報出力部103から出力された第2マップ情報と、を比較する。

10

【0074】

次に、図7を参照して相対位置出力部101の詳細な構成について説明する。

図7は、相対位置出力部101を示すブロック図である。

【0075】

図7に示すように、相対位置出力部101は、第1相対位置出力部101Aと、第2相対位置出力部101Bと、第3相対位置出力部101Cと、第4相対位置出力部101Dと、第5相対位置出力部101Eと、同期部の一例を示すクロック同期部69を有している。

【0076】

第1相対位置出力部101Aは、第1受光部15Aから干渉信号を受信し、第2相対位置出力部101Bは、第2受光部15Bから干渉信号を受信し、第3相対位置出力部101Cは、第3受光部15Cから干渉信号を受信する。また、第4相対位置出力部101Dは、第4受光部15Dから干渉信号を受信し、第5相対位置出力部101Eは、第5受光部15Eから干渉信号を受信する。

20

【0077】

第1相対位置出力部101Aは、第1光束群L1の第1の光束LA1が被測定面Maに入射した第1照射点P1の第3の方向Zの相対位置情報を算出する。第2相対位置出力部101Bは、第2光束群L2の第1の光束LA2が被測定面Maに入射した第2照射点P2の第3の方向Zの相対位置情報を算出する。第3相対位置出力部101Cは、第3光束群L3の第1の光束LA3が被測定面Maに入射した第3照射点P3の第3の方向Zの相対位置情報を算出する。第4相対位置出力部101Dは、第4光束群L4の第1の光束LA4が被測定面Maに入射した第4照射点P4の第3の方向Zの相対位置情報を算出する。そして、第5相対位置出力部101Eは、第5光束群L5の第1の光束LA5が被測定面Maに入射した第5照射点P5の第3の方向Zの相対位置情報を算出する。

30

【0078】

なお、第1相対位置出力部101A、第2相対位置出力部101B、第3相対位置出力部101C、第4相対位置出力部101D及び第5相対位置出力部101Eは、それぞれ同一の構成を有しているため、ここでは第1相対位置出力部101Aについて説明する。

【0079】

第1相対位置出力部101Aは、2つの差動増幅器61a、61bと、2つのA/D変換器62a、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とを備えている。

40

【0080】

第1差動増幅器61aには、第1受光素子41Aと第2受光素子42Aが接続されており、第2差動増幅器61bには、第3受光素子43Aと第4受光素子44Aが接続されている。また、第1差動増幅器61aには、第1のA/D変換器62aが接続されており、第2差動増幅器61bには、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と接続している。また、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。

【0081】

50

第1差動増幅器61aは、第1受光素子41A及び第2受光素子42Aから干渉信号を受信し、第2差動増幅器61bは、第3受光素子43A及び第4受光素子44Aから干渉信号を受信する。第1差動増幅器61a及び第2差動増幅器61bは、それぞれ受信した干渉信号を差増幅し、干渉信号の直流成分をキャンセルする。

【0082】

第1差動増幅器61aで差動増幅された信号は、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。

【0083】

また、第2差動増幅器61bで差動増幅された信号は、第2のA/D変換器62b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。なお、第1受光素子41A及び第2受光素子42Aで得られる干渉信号の位相がsin信号である場合、第3受光素子43A及び第4受光素子で得られる干渉信号の位相は、cos信号である。そのため、波形補正処理部63で補正された信号は、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において演算される。

【0084】

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カイロ等により正逆の判別が行われる。これにより、ヘッド3と被測定部材Mとの第3の方向Zの相対的な変位量が、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。

【0085】

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LAと第2の光束LB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、ヘッド3と被測定部材Mとの第3の方向Zにおける相対的な変位量を検出することができる。

【0086】

また、本例の相対位置出力部101が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。

【0087】

なお、インクリメンタル信号発生器64では、1クロックあたりの位相変化を演算することで、被測定部材Mにおける第3の方向Zの変位をデジタル信号として発生させている。

【0088】

また、第1相対位置出力部101A、第2相対位置出力部101B、第3相対位置出力部101C、第4相対位置出力部101D及び第5相対位置出力部101Eの第1のA/D変換器62aと第2のA/D変換器62bは、クロック同期部69に接続されている。

【0089】

クロック同期部69は、第1相対位置出力部101A～第5相対位置出力部101Eにおける第1のA/D変換器62aと第2のA/D変換器62bによって出力される信号の時間を同期させている。これにより、第1相対位置出力部101A、第2相対位置出力部101B、第3相対位置出力部101C、第4相対位置出力部101D及び第5相対位置出力部101Eで検出される第3の方向Zの変位量の検出時間を同期させることができる。その結果、被測定面Maにおける複数の箇所(第1照射点P1～第5照射点P5)の第3の方向Zの変位量を同時に検出することができる。

【0090】

このように、相対位置出力部101A～101Eを構成する要素のうち出力される信号の周波数が高いA/D変換器62a、62bを同期させることで、より正確なマップ情報を取得することができる。

【0091】

10

20

30

40

50

なお、本例では、各相対位置出力部 101A ~ 101E の A/D 変換器 62a、62b をクロック同期部 69 によって同期させた例を説明したが、これに限定されるものではない。例えば、A/D 変換器 62a、62b とは異なる要素で同期させてもよく、あるいは相対位置出力部 101A ~ 101E を構成する全ての要素、すなわち 2 つの差動増幅器 61a、61b と、2 つの A/D 変換器 62a、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 に同期部を接続させて同期させてもよい。

【0092】

1-2. 変位検出装置の動作

次に、図 1 ~ 図 3、図 8 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。

図 8 は、変位検出装置の要部を示す説明図である。

10

【0093】

図 2 及び図 3 に示すように、光源から出射した光 L は、不図示のレンズによりコリメートされて平行光となる。そして、レンズによりコリメートされた平行光は、光束群分割部 12 に入射する。光束群分割部 12 に入射した光は、第 2 の方向 Y に所定の間隔 H1 を空けて、第 1 光束群 L1、第 2 光束群 L2、第 3 光束群 L3、第 4 光束群 L4 及び第 5 光束群 L5 に分割される。そして、第 1 光束群 L1、第 2 光束群 L2、第 3 光束群 L3、第 4 光束群 L4 及び第 5 光束群 L5 は、変位検出部 13 に入射する。

【0094】

なお、第 1 光束群 L1、第 2 光束群 L2、第 3 光束群 L3、第 4 光束群 L4 及び第 5 光束群 L5 における変位検出部 13 から受光検出部 15 までの光路は、ほぼ同一であるため、ここでは、第 1 光束群 L1 について説明する。

20

【0095】

変位検出部 13 に入射した第 1 光束群 L1 は、光束分割部 21 により物体光となる第 1 の光束 LA と、参照光となる第 2 の光束 LB に分割される。第 1 の光束 LA 及び第 2 の光束 LB は、第 1 反射透過部 22 を透過する。そして、第 1 の光束 LA は、被測定部材 M の被測定面 Ma に入射し、第 2 の光束 LB は、ミラー 24 に入射する。

【0096】

上述したように、第 1 光束群 L1 の第 1 の光束 LA1 は、被測定面 Ma の第 1 照射点 P1 に入射する。第 2 光束群 L2 の第 1 の光束 LA2 は、被測定面 Ma の第 2 照射点 P2 に入射する。第 3 光束群 L3 の第 1 の光束 LA3 は、被測定面 Ma の第 3 照射点 P3 に入射する。第 4 光束群 L4 の第 1 の光束 LA4 は、被測定面 Ma の第 4 照射点 P4 に入射する。第 5 光束群 L5 の第 1 の光束 LA5 は、被測定面 Ma の第 5 照射点 P5 に入射する。

30

【0097】

第 1 照射点 P1、第 2 照射点 P2、第 3 照射点 P3、第 4 照射点 P4 及び第 5 照射点 P5 は、第 1 の方向 X において同じ座標である。そして、第 1 照射点 P1、第 2 照射点 P2、第 3 照射点 P3、第 4 照射点 P4 及び第 5 照射点 P5 は、第 2 の方向 Y に沿って所定の間隔 H1 を空けて配置される。この第 1 照射点 P1、第 2 照射点 P2、第 3 照射点 P3、第 4 照射点 P4 及び第 5 照射点 P5 における第 2 の方向 Y の間隔、すなわち照射点の座標は、後述する変位出力部 4 に予め格納されている。

【0098】

ここで、図 8 に示すように、被測定部材 M が基準位置にある場合、第 1 の光束 LA は、被測定部材 M の基準点 P0 に入射角 θ_1 で入射する。そして、第 1 の光束 LA は、被測定部材 M によって 1 回目の反射をし、第 1 の位相板 26 (図 3 参照) を介して第 2 反射透過部 25 に入射する。第 1 の光束 LA は、第 1 の位相板 26 を通過することで、p 偏光から s 偏光に偏光方向が変化する。そのため、第 1 の光束 LA は、第 2 反射透過部 25 の反射透過面 25a によって反射し、回折格子 23 の任意の回折位置 T0 に入射角 $\theta_2 = \theta_1$ で入射する。

40

【0099】

第 1 の光束 LA は、回折格子 23 により回折されて、第 1 反射透過部 22 に入射する。上述したように、第 1 の光束 LA は、s 偏光に偏光方向が変化しているため、第 1 反射透

50

過部 2 2 の反射透過面 2 2 a によって反射され、再び被測定部材 M の被測定面 M a に入射する。

【 0 1 0 0 】

ここで、第 1 反射透過部 2 2 の反射透過面 2 2 a は、回折格子 2 3 によって回折された第 1 の光束 L A を一回目と同じ基準点 P に同じ入射角 θ_1 で入射可能なように配置されている。そのため、被測定部材 M が基準位置にある場合、第 1 の光束 L A は、一回目とほぼ同じ位置である被測定部材 M の基準点 P 0 に入射角 θ_1 で入射する。

【 0 1 0 1 】

その後、第 1 の光束 L A は、1 回目の光路とほぼ同じ光路をたどり、被測定部材 M によって反射されて、第 1 の位相板 2 6 (図 3 参照) を介して第 2 反射透過部 2 5 に入射する。第 1 の光束 L A は、第 1 の位相板 2 6 を通過することで、s 偏光から p 偏光に偏光方向が変化する。そのため、第 1 の光束 L A は、第 2 反射透過部 2 5 を透過し、光束結合部 2 8 に入射する。

10

【 0 1 0 2 】

なお、被測定部材 M の基準点 P 0 に入射されて、図 8 に実線で示す第 1 の光束 L A の光路を基準光という。

【 0 1 0 3 】

このように、被測定部材 M が基準位置にある場合、本例では、第 1 の光束 L A における被測定部材 M に対する 1 回目の照射位置と 2 回目の照射位置を基準点 P 0 のほぼ同じ位置に照射させることができる。これにより、被測定部材 M における検出ポイント間隔 Q を極力小さくすることができる。

20

【 0 1 0 4 】

また、図 3 に示すように、物体光である第 2 の光束 L B は、ミラー 2 4 で反射されて、第 2 の位相板 2 7 を介して第 2 反射透過部 2 5 に入射する。第 2 の光束 L B は、第 2 の位相板を通過することで、p 偏光から s 偏光に偏光方向が変化する。そのため、第 2 の光束 L B は、第 2 反射透過部 2 5 によって反射されて、回折格子 2 3 に入射する。そして、第 2 の光束 L B は、回折格子 2 3 によって回折されて、第 1 反射透過部 2 2 に入射する。

【 0 1 0 5 】

第 2 の光束 L B は、s 偏光であるため、第 1 反射透過部 2 2 によって反射され、再びミラー 2 4 に入射する。そして、第 2 の光束 L B は、ミラー 2 4 によって反射されて、第 2 の位相板 2 7 を介して第 2 反射透過部 2 5 に入射する。第 2 の光束 L B は、第 2 の位相板を通過することで、s 偏光から p 偏光に偏光方向が変化する。そのため、第 2 の光束 L B は、第 2 反射透過部 2 5 によって透過する。

30

【 0 1 0 6 】

第 2 反射透過部 2 5 を透過した第 2 の光束 L B は、第 3 の位相板 2 9 を介して光束結合部 2 8 に入射する。

【 0 1 0 7 】

ここで、第 1 の光束 L A における光束分割部 2 1 から光束結合部 2 8 までの光路長と、第 2 の光束 L B における光束分割部 2 1 から光束結合部 2 8 までの光路長は、互いに等しくなるように、ミラー 2 4 が配置されている。これにより、変位検出装置 1 を製造する際に、第 1 の光束 L A の光路長と第 2 の光束 L B 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、気圧補正、湿度補正や温度補正を行うことなく、周囲環境に関わらず安定した測定を行うことができる。

40

【 0 1 0 8 】

さらに、第 1 の光束 L A 及び第 2 の光束 L B を同じ回折格子 2 3 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 2 3 の回折角に変化が起きても、第 1 の光束 L A 及び第 2 の光束 L B が受ける影響を等しくすることができる。

【 0 1 0 9 】

ここで、図 8 に示すように、被測定部材 M が基準位置から第 3 の方向 Z である高さ方向へ $z/2$ だけ移動した場合について説明する。

50

図 8 に示すように、被測定部材 M が基準位置から高さ方向へ $z/2$ だけ移動すると、1 回目の第 1 の光束 L A の照射位置は、被測定部材 M の基準点 P 0 から第 1 の照射位置 P b 1 に移動する。なお、被測定部材 M への入射角 θ_1 は、基準点 P 0 に照射される第 1 の光束 L A の入射角 θ_1 と同じである。そして、第 1 の光束 L A は、点線で示す光路をたどり、回折格子 2 3 に入射角 $\theta/2 - \theta_1$ で入射する。なお、被測定部材 M への入射角が等しいため、移動した際の第 1 の光束 L A における回折格子 2 3 への入射角 $\theta/2 - \theta_1$ は、基準光路をたどる第 1 の光束 L A の回折格子 2 3 への入射角 $\theta/2 - \theta_1$ と同じである。

【 0 1 1 0 】

さらに、第 1 の光束 L A における回折格子 2 3 への入射位置は、回折位置 T 0 から回折位置 T 1 に移動する。ここで、回折格子 2 3 は、被測定部材 M の被測定面 M a に対して略直角に配置されているため、回折位置 T 0 と回折位置 T 1 の間隔は、被測定部材 M の移動距離の 2 倍の z となる。そして、第 1 の光束 L A には、回折格子 2 3 上を移動した z 分の波数のみの位相が加算される。

10

【 0 1 1 1 】

そして、第 1 の光束 L A は、第 1 反射透過部 2 2 に反射されて、再び被測定部材 M に入射する。2 回目の第 1 の光束 L A の照射位置は、被測定部材 M の第 1 の照射位置 P b 1 から第 2 の照射位置 P b 2 に移動する。なお、被測定部材 M への入射角 θ_1 は、基準点 P 0 に照射される第 1 の光束 L A の入射角 θ_1 及び、1 回目の第 1 の光束 L A の入射角 θ_1 と同じである。

【 0 1 1 2 】

また、被測定部材 M に照射された 2 回目の第 1 の光束 L A は、一点鎖線で示す光路は、実線で基準光路と一致するさらに、第 1 の光束 L A の光路長は、被測定部材 M が高さ方向に変位しても、常に一定となっている。すなわち、第 1 の光束 L A の波長は、変化しない。従って、第 1 の光束 L A には、回折格子 2 3 上を回折位置 T 0 から回折位置 T 1 まで移動した z 分の波数のみの位相が加算される。

20

【 0 1 1 3 】

また、変位検出装置 1 は、第 1 の照射位置 P b 1 と第 2 の照射位置 P b 2 の間の中心位置 P a を検出位置として、検出する。図 8 に示すように、中心点 P a は、基準点 P 0 とほぼ一致している。そのため、被測定部材 M が高さ方向に移動しても、常にほぼ同じ検出位置の変位を検出することができる。これにより、検出ポイント間隔 Q が狭い被測定面の計測が可能となる。

30

【 0 1 1 4 】

図 3 に戻り、光束結合部 2 8 に入射した第 1 の光束 L A は、p 偏光であるため、光束結合部 2 8 を透過する。また、第 2 の光束 L B は、第 3 の位相板 2 9 を通過することで、s 偏光から p 偏光に偏光方向が変化する。そのため、光束結合部 2 8 に入射した第 2 の光束 L B は、光束結合部 2 8 によって反射される。これにより、第 1 の光束 L A と第 2 の光束 L B は、光束結合部 2 8 により重ね合わされて、干渉光 L C となる。そして、干渉光 L C は、受光検出部 1 5 の第 4 の位相板 3 1 に入射する。

【 0 1 1 5 】

ここで、第 1 の光束 L A が p 偏光であり、第 2 の光束 L B が s 偏光であるため、干渉光 L C が第 4 の位相板 3 1 を通過することで、第 1 の光束 L A と第 2 の光束 L B は、回転方向が互いに逆向きの円偏光となる。また、第 1 の光束 L A には、回折格子 2 3 上を移動した分の波数の位相が加算されている。そのため、第 1 の光束 L A における回折格子 2 3 上を移動した分の波数の位相加算に伴って回転する直線偏光を有する干渉光を得ることができる。この直線偏光の回転は、被測定部材 M が回折格子 2 3 の格子ピッチ だけ高さ方向に移動すると 1 回転する。

40

【 0 1 1 6 】

また、干渉光 L C は、ビームスプリッタ 3 2 により 2 つに分割される。分割された光のうち一方の光は、第 1 の偏光ビームスプリッタ 3 4 に入射し、他方の光は、第 5 の位相板 3 3 を介して、第 2 の偏光ビームスプリッタ 3 5 に入射する。そして、第 1 の偏光ビーム

50

スプリッタ 3 4 及び第 2 の偏光ビームスプリッタ 3 5 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。

【0117】

第 1 の偏光ビームスプリッタ 3 4 を透過した干渉光は、第 1 受光素子 4 1 A によって受光される。また、第 1 の偏光ビームスプリッタ 3 4 によって反射された干渉光は、第 2 受光素子 4 2 A によって受光される。ここで、第 1 受光素子 4 1 A と第 2 受光素子 4 2 A 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。

【0118】

同様に、第 2 の偏光ビームスプリッタ 3 5 を透過した干渉光は、第 3 受光素子 4 3 A によって受光される。また、第 2 の偏光ビームスプリッタ 3 5 を透過した干渉光は、第 4 受光素子 4 4 A によって受光される。ここで、第 3 受光素子 4 3 A と第 4 受光素子 4 4 A 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。

【0119】

第 1 受光素子 4 1 A と第 2 受光素子 4 2 A、第 3 受光素子 4 3 A と第 4 受光素子 4 4 A は、 $\cos(2Kx + \phi)$ の干渉信号を得る。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、被測定部材 M における第 3 の方向 Z である高さ方向の変位量を示しており、 ϕ は、初期位相を示している。 λ は、回折格子 2 3 における格子のピッチである。

【0120】

上述したように、被測定部材 M が高さ方向に $z/2$ だけ移動すると、被測定部材 M の測定面に照射される第 1 の光束 L A は、基準点 P 0 から第 1 の照射位置 P b 1 に移動する。また、被測定部材 M に反射された第 1 の光束 L A は、回折格子 2 3 の回折位置 T 0 から回折位置 T 1 に移動する。そして、回折位置 T 0 と回折位置 T 1 の間隔は、基準点 P 0 と第 1 の照射位置 P b 1 の間隔の 2 倍の z となる。すなわち、回折格子 2 3 上を移動する第 1 の光束 L A の移動量は、被測定部材 M を移動した際の 2 倍の z となる。

【0121】

また、回折格子 2 3 が被測定部材 M 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 M が高さ方向に変位しても、第 1 の光束 L A の光路長は常に一定となり、第 1 の光束 L A の波長は、変化しない。そして、被測定部材 M が第 3 の方向 Z (高さ方向) に変位すると、回折格子 2 3 に入射する位置だけが変化する。

【0122】

すなわち、被測定部材 M が高さ方向に z だけ移動すると、回折された第 1 の光束 L A には、 $2Kz$ の位相が加わる。そのため、2 周期の光の明暗が生じる干渉光が、第 1 受光素子 4 1 A、第 2 受光素子 4 2 A、第 3 受光素子 4 3 A 及び第 4 受光素子 4 4 A によって受光される。

【0123】

ここで、第 1 受光素子 4 1 A、第 2 受光素子 4 2 A、第 3 受光素子 4 3 A 及び第 4 受光素子 4 4 A によって得られる干渉信号には、光源 1 1 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 1 1 の波長に変動が起きても干渉強度には、影響を受けない。

【0124】

さらに、第 3 受光素子 4 3 A と第 4 受光素子 4 4 A において得られる信号は、第 1 受光素子 4 1 A と第 2 受光素子 4 2 A において得られる信号に対し、90 度位相がずれている。したがって、第 1 受光素子 4 1 A と第 2 受光素子 4 2 A で得られる信号を sin 信号とし、第 3 受光素子 4 3 A と第 4 受光素子 4 4 A において得られる信号を cos 信号とすることで、リサーチ信号を取得することができる。

【0125】

これらの受光素子によって得られる信号は、変位出力部 4 の相対位置出力部 1 0 1 による演算され、被測定面 M a における第 1 照射点 P 1、第 2 照射点 P 2、第 3 照射点 P 3、第 4 照射点 P 4 及び第 5 照射点 P 5 の変位量を検出することができる。なお、クロック同

10

20

30

40

50

期部 69 により、第 1 相対位置出力部 101A、第 2 相対位置出力部 101B、第 3 相対位置出力部 101C、第 4 相対位置出力部 101D 及び第 5 相対位置出力部 101E は、クロック同期部 69 により同期が取られているため、被測定面 Ma 上の複数の点の変位量を同時に検出することができる。

【0126】

なお、相対位置出力部 101 による出力される変位情報には、絶対位置情報が含まれない。しかしながら、インクリメンタル信号には、周期が $\cos(2Kx)$ のアブソリュート情報が含まれる。例えば、回折格子 23 のピッチが $1.6 \mu\text{m}$ である場合、インクリメンタル信号には、1 周期 $0.8 \mu\text{m}$ のアブソリュート情報が含まれる。例えば、高精度な半導体製造装置の場合、ステージ上の被測定部材 M の高さを計測するに当たって、 $0.8 \mu\text{m}$ の高さの繰り返し再現性でステージを移動させることは容易である。

10

【0127】

相対位置出力部 101 は、演算した各照射点 P1、P2、P3、P4、P5 における第 3 の方向 Z の変位情報をマップ情報出力部 103 に出力する。また、マップ情報出力部 103 には、被測定部材位置情報取得部 102 から被測定部材 M における第 1 の方向 X 及び第 2 の方向 Y の位置情報が出力されている。これにより、マップ情報出力部 103 は、各照射点 P1、P2、P3、P4、P5 の被測定面 Ma における第 1 の方向 X 及び第 2 の方向 Y の座標位置を演算する。そして、マップ情報出力部 103 は、相対位置出力部 101 から出力された各照射点 P1、P2、P3、P4、P5 における第 3 の方向 Z の変位情報と、各照射点 P1、P2、P3、P4、P5 における第 1 の方向 X 及び第 2 の方向 Y の座標位置とを対応付ける。これにより、マップ情報出力部 103 は、被測定面 Ma における各点の第 3 の方向 Z の変位情報を出力することができる。

20

【0128】

さらに、図 1 に示すように、ヘッド 3 又は被測定部材 M を第 1 の方向 X に移動させた際に、マップ情報出力部 103 は、各照射点 P1、P2、P3、P4、P5 における第 3 の方向 Z の変位情報と、被測定部材 M における第 1 の方向 X 及び第 2 の方向 Y の位置情報を同時に取得する。これにより、被測定部材 M の被測定面 Ma 全体の状態（マップ情報）を高速に検出することができる。その結果、高精度に被測定部材 M の高さ方向（第 3 の方向 Z）の変位を高分解能かつ安定して検出でき、測定作業にかかる時間の短縮を図ることができる。

30

【0129】

また、マップ情報出力部 103 が演算したマップ情報をマップ情報記憶器 104 に記憶させる。そして、マップ比較情報出力部 105 により、マップ情報記憶器 104 に記憶されている以前に測定した第 1 マップ情報と、マップ情報出力部 103 から出力された現時点の被測定面 Ma の状態を示す第 2 マップ情報とを比較する。なお、第 2 マップ情報は、第 1 マップ情報よりも新しい情報である。これにより、図 1 に示すように、基準となる基準被測定部材 MA と、他の被測定部材 M との第 3 の方向 Z の変位量、すなわち形状の違いを比較することができる。

【0130】

図 9 は、本例の変位検出装置 1 における変位検出動作の他の例を示す説明図である。

40

さらに、図 9 に示すように、ヘッド 3 又は被測定部材 M を第 1 の方向 X に沿って往復移動させることで、被測定部材 M の初期値に対する経時的な変化を観察することもできる。これにより、被測定部材 M を加工する前と、加工した後のマップ情報を取得することができる。

【0131】

2. 第 2 の実施の形態例

次に、第 2 に実施の形態例にかかる変位検出装置について図 10 を参照して説明する。

図 10 は、第 2 の実施の形態例にかかる変位検出装置の光照射部を示す概略構成図である。

【0132】

50

この第2の実施の形態例にかかる変位検出装置が第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、光照射部の構成である。そのため、ここでは、光照射部についてのみ説明し、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。

【0133】

図10に示すように、第2の実施の形態例にかかる変位検出装置の光照射部は、光源11と、コリメートレンズ18と、アイソレータ19と、不図示の光束群分割部を有している。コリメートレンズ18とアイソレータ19は、光源11と光束群分割部の間に配置される。

【0134】

コリメートレンズ18は、光源11から照射された光Lを平行光にコリメートし、アイソレータ19に照射する。光Lを平行光にコリメートすることで、十分なビーム径を確保することができる。これにより、被測定面Maに小さな凹凸や異物があった場合でも、平均化することができ、干渉信号の乱れを緩和することができる。

【0135】

アイソレータ19は、光Lを一方向だけ通過させ、逆方向には光を遮断する光学素子である。光源11から出射された光Lが直線偏光である場合、アイソレータ19によって直線偏光の向きが変わる。

【0136】

これにより、変位検出部13に照射され、変位検出部13によって反射された0次光が光源11に戻ることをアイソレータ19により抑制することができる。その結果、光源11の不要光によるモードホップ、いわゆる波長の飛びが発生することを軽減することができる。

【0137】

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。このような光照射部を有する変位検出装置によっても、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。

【0138】

3. 第3の実施の形態例

次に、第3に実施の形態例にかかる変位検出装置について図11を参照して説明する。

図11は、第3の実施の形態例にかかる変位検出装置のヘッド内部の構成を示す概略構成図である。

【0139】

この第3の実施の形態例にかかる変位検出装置が第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、光照射部の構成である。そのため、ここでは、光照射部についてのみ説明し、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。

【0140】

図11に示すように、第3の実施の形態例にかかる変位検出装置は、複数の光源11A、11B、11C、11D、11Eと、変位検出部13Aと、受光検出部15と、不図示の変位出力部とを有している。複数(5つ)の光源11A、11B、11C、11D、11Eは、第2の方向Yに沿って並べて配置されている。なお、第1光源11Aからは、第1光束群L1が照射され、第2光源11Bからは、第2光束群L2が照射され、第3光源11Cからは第3光束群L3が照射される。そして、第4光源11Dからは、第4光束群L4が照射され、第5光源11Eからは、第5光束群L5が照射される。

【0141】

そして、第1光束群L1は、変位検出部13Aの光束分割部21によって物体光となる第1の光束LA1と、参照光となる第2の光束LB1に分割される。そして、第1の光束LA1と第2の光束LB1は、光束結合部28により重ね合わされて干渉光LC1となる。干渉光LC1は、受光検出部15に入射する。

10

20

30

40

50

【 0 1 4 2 】

また、第 2 光束群 L 2、第 3 光束群 L 3、第 4 光束群 L 4、第 5 光束群 L 5 における変位検出部 1 3 A から受光検出部 1 5 までの光路は、第 1 光束群 L 1 と同様であるため、その説明は省略する。

【 0 1 4 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。このように複数の光源 1 1 A ~ 1 1 E を有する変位検出装置によっても、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 1 4 4 】

なお、第 3 の実施の形態例にかかる変位検出装置によれば、光束群分割部を省略することができるだけでなく、受光検出部 1 5 で検出される光量を増加させることができる。また、第 3 の実施の形態例にかかる変位検出装置においても、第 2 の実施の形態例にかかる変位検出装置のように、光源 1 1 A ~ 1 1 E と変位検出部 1 3 A の間に、コリメートレンズ 1 8 及びアイソレータ 1 9 を配置してもよい。

【 0 1 4 5 】

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。

【 0 1 4 6 】

また、ミラー 2 4 を被測定部材 M 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 M における高さ方向の移動量と同じ移動量だけミラー 2 4 を移動させる。これにより、第 2 の光束 L B に第 1 の光束 L A と正負の異なる位相を加えることができる。

【 符号の説明 】

【 0 1 4 7 】

1 ... 変位検出装置、 3 ... ヘッド、 4 ... 変位出力部、 1 1 ... 光源、 1 2 ... 光束群分割部、 1 3 ... 変位検出部、 1 5 ... 受光検出部、 1 5 A ... 第 1 受光部、 1 5 B ... 第 2 受光部、 1 5 C ... 第 3 受光部、 1 5 D ... 第 4 受光部、 1 5 E ... 第 5 受光部、 1 8 ... コリメートレンズ、 1 9 ... アイソレータ、 2 1 ... 光束分割部、 2 2 ... 第 1 反射透過部、 2 2 a、2 5 a ... 反射透過面、 2 3 ... 回折格子、 2 4 ... ミラー（参照用反射部）、 2 4 a ... 反射面、 2 5 ... 第 2 反射透過部、 2 8 ... 光束結合部、 4 1 A ... 受光素子、 4 2 A ... 第 2 受光素子、 4 3 A ... 第 3 受光素子、 4 4 A ... 第 4 受光素子、 6 1 a ... 第 1 差動増幅器、 6 1 b ... 第 2 差動増幅器、 6 2 a ... 第 1 の A / D 変換器、 6 2 b ... 第 2 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、 6 9 ... クロック同期部（同期部）、 1 0 1 ... 相対位置出力部、 1 0 1 A ... 第 1 相対位置出力部、 1 0 1 B ... 第 2 相対位置出力部、 1 0 1 C ... 第 3 相対位置出力部、 1 0 1 D ... 第 4 相対位置出力部、 1 0 1 E ... 第 5 相対位置出力部、 1 0 2 ... 被測定部材位置情報取得部、 1 0 3 ... マップ情報出力部、 1 0 4 ... マップ情報記憶器、 1 0 5 ... マップ比較情報出力部、 H 1 ... 間隔、 L 1 ... 第 1 光束群、 L 2 ... 第 2 光束群、 L 3 ... 第 3 光束群、 L 4 ... 第 4 光束群、 L 5 ... 第 5 光束群、 L A ... 第 1 の光束、 L B ... 第 2 の光束、 L C ... 干渉光、 P 0 ... 基準点、 P 1 ... 第 1 照射点、 P 2 ... 第 2 照射点、 P 3 ... 第 3 照射点、 P 4 ... 第 4 照射点、 P 5 ... 第 5 照射点、 P b 1 ... 第 1 の照射位置、 P b 2 ... 第 2 の照射位置、 T 0、T 1 ... 回折位置、 X ... 第 1 の方向（走査方向）、 Y ... 第 2 の方向（トラック方向）、 Z ... 第 3 の方向（高さ方向）

10

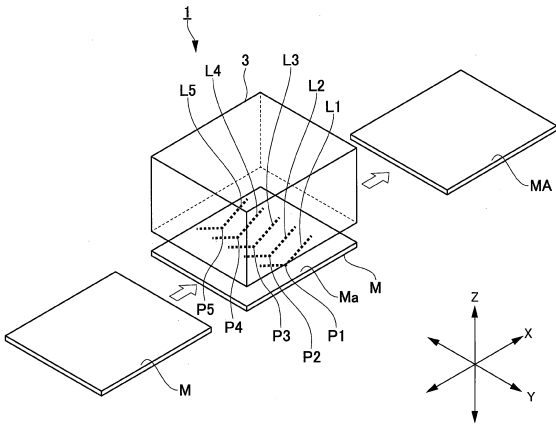
20

30

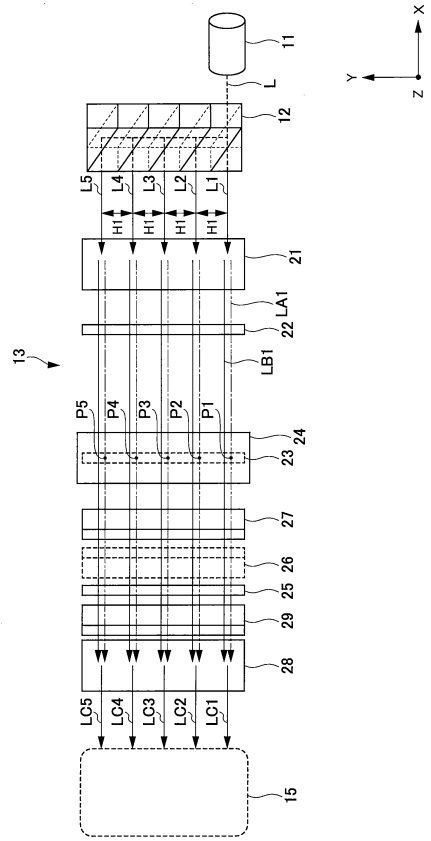
40

50

【図面】
【図 1】



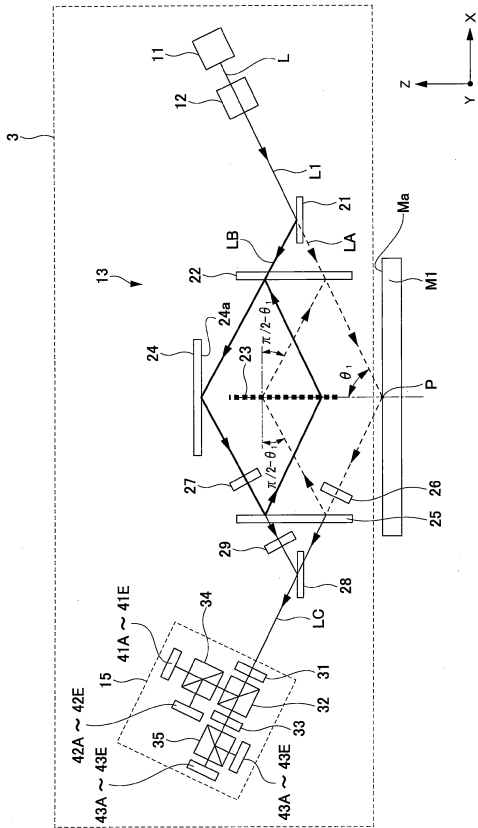
【図 2】



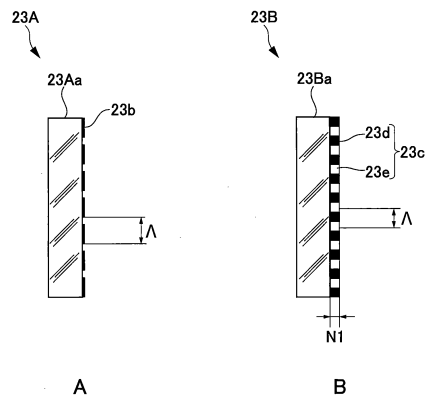
10

20

【図 3】



【図 4】

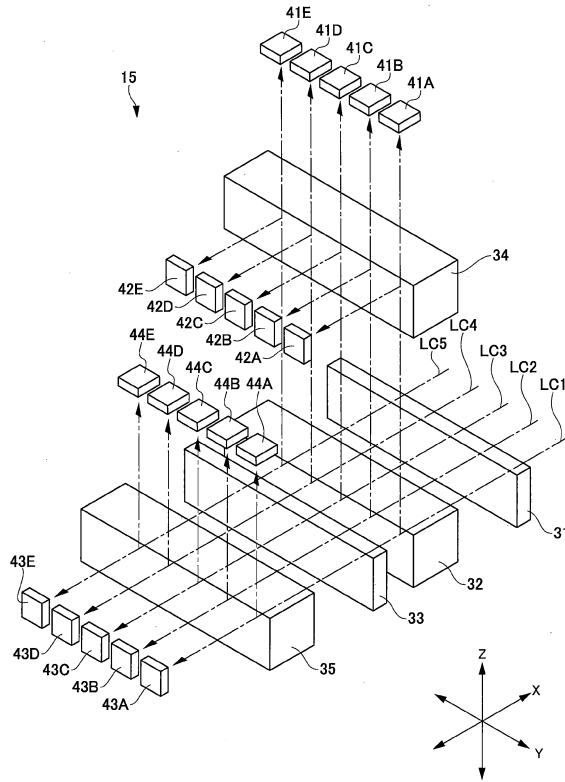


30

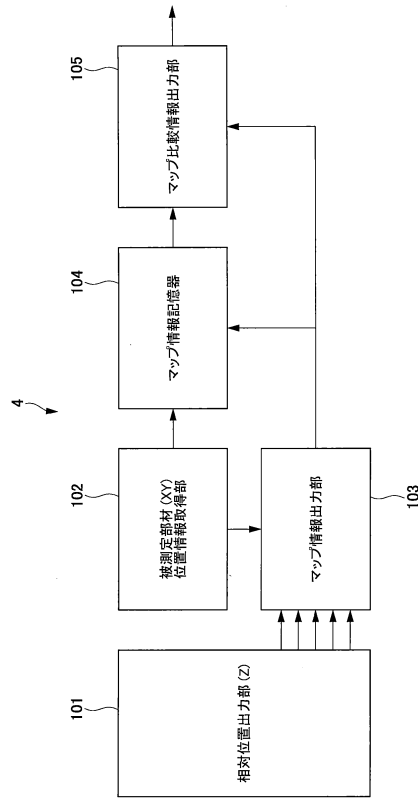
40

50

【図5】



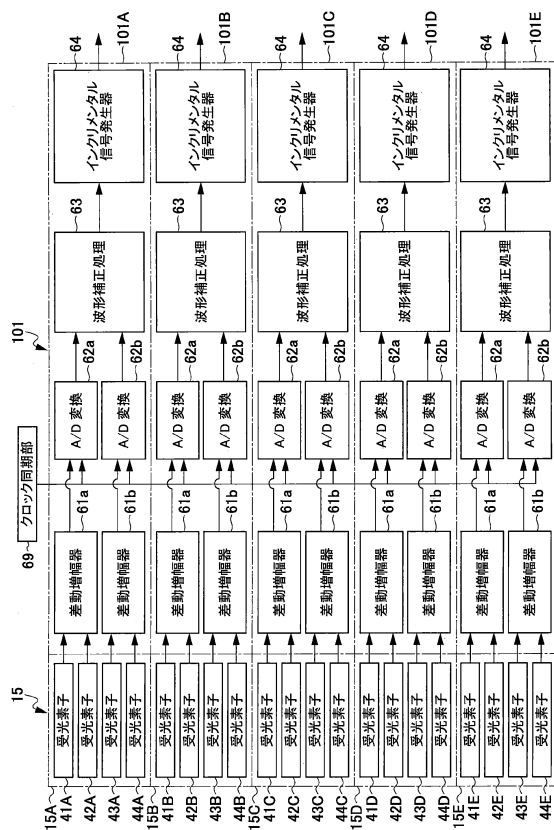
【図6】



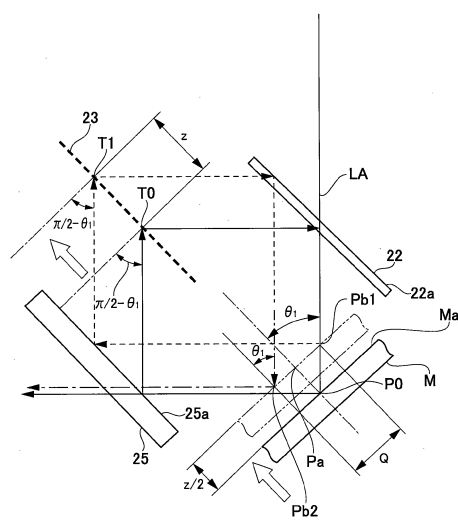
10

20

【図7】



【図8】

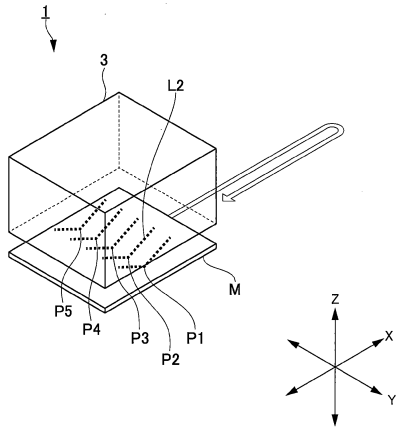


30

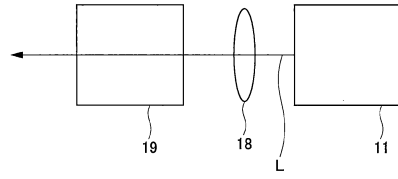
40

50

【 図 9 】



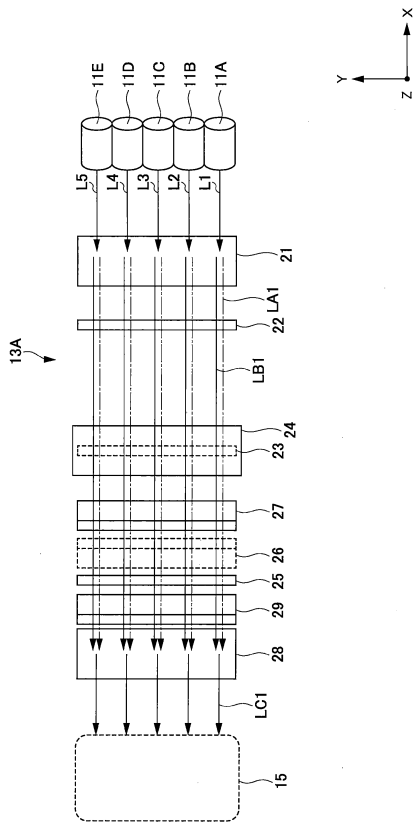
【 図 10 】



10

20

【 図 11 】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2016 - 014600 (JP, A)
特開 2014 - 025766 (JP, A)
特開 2012 - 132740 (JP, A)
米国特許出願公開第 2007 / 0086013 (US, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G01B 11 / 00 - 11 / 30
G01B 9 / 02
G01D 5 / 26 - 5 / 38