

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6786442号
(P6786442)

(45) 発行日 令和2年11月18日(2020.11.18)

(24) 登録日 令和2年10月30日(2020.10.30)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 B 11/00 (2006.01) GO 1 B 11/00 G

請求項の数 8 (全 34 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2017-101475 (P2017-101475) (22) 出願日 平成29年5月23日 (2017. 5. 23) (65) 公開番号 特開2018-197659 (P2018-197659A) (43) 公開日 平成30年12月13日 (2018.12.13) 審査請求日 令和1年11月6日 (2019.11.6)</p>	<p>(73) 特許権者 000146847 DMG森精機株式会社 奈良県大和郡山市北郡山町106番地 (74) 代理人 110000925 特許業務法人信友国際特許事務所 (72) 発明者 田宮 英明 神奈川県伊勢原市鈴川45 株式会社マグ ネスケール内 (72) 発明者 野田 航生 神奈川県伊勢原市鈴川45 株式会社マグ ネスケール内 審査官 國田 正久</p>
---	---

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設けられた第1の回折格子と、
 前記被測定部材の前記被測定面に対向して配置されたヘッドと、を備え、
 前記ヘッドと前記被測定部材は、前記被測定面と平行をなす方向及び前記被測定面と直交する方向のうち少なくとも一方に、相対的に移動可能とし、
 前記ヘッドは、
 光を照射する光源と、
 前記光源から照射された前記光を第1の光束と第2の光束に分割し、前記第1の光束を前記第1の回折格子に向けて照射する変位検出部と、
 前記第2の光束と、前記変位検出部を介して前記第1の回折格子から戻ってきた前記第1の光束とを受光する受光部と、を備え、
 前記変位検出部は、
 前記光を前記第1の光束と、前記第2の光束に分割し、かつ分割された前記第1の光束を前記第1の回折格子に向けて照射する光束分割部と、
 前記光束分割部により分割され、前記第1の回折格子により回折された前記第1の光束を回折し、前記第1の光束を再び前記第1の回折格子に照射する第2の回折格子と、
 前記光束分割部により分割された前記第2の光束を反射する参照用反射部材と、
 前記第1の回折格子と前記第2の回折格子により回折された前記第1の光束と、前記参照用反射部材により反射された前記第2の光束を重ね合わせて前記受光部に照射する光束

10

20

結合部と、を備え、

前記第 1 の回折格子への前記第 1 の光束の入射角度、前記第 1 の回折格子の回折角度、前記第 2 の回折格子への前記第 1 の光束の入射角度、前記第 2 の回折格子の回折角度は、前記ヘッドと前記被測定部材の少なくとも一方が前記被測定面と直交する方向に変位した際の、前記第 1 の光束における前記光束分割部から前記第 1 の回折格子に入射するまでの光路長の変位量と、前記第 1 の光束における前記第 1 の回折格子から前記第 2 の回折格子に入射するまでの光路長の変位量が等しくなることを特徴とする

変位検出装置。

【請求項 2】

前記変位検出部は、前記第 1 の光束における前記光束分割部から前記第 1 の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材を介して前記光束結合部までの光路長が等しくなることを特徴とする

請求項 1 に記載の変位検出装置。

【請求項 3】

前記第 1 の回折格子への前記第 1 の光束の入射角度 θ_R 、前記第 1 の回折格子の回折角度 θ_1 、前記第 2 の回折格子への前記第 1 の光束の入射角度 θ_2 は、下記式を満たすことを特徴とする

[式]

$$-\cos(\theta_1 + \theta + \theta_R) / \cos \theta_1 + \{\sin(\theta_1 + \theta + \theta_R) - \cos(\theta_1 + \theta + \theta_R) \tan \theta_1\} \sin \theta_2 = 1$$

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、前記光束分割部により分割された前記第 1 の光束を前記第 1 の回折格子に垂直に入射させることを特徴とする

請求項 1 ~ 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 2 の回折格子の回折は、ブラッグ条件を満たすことを特徴とする

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の変位検出装置。

【請求項 6】

前記ヘッドは、

前記変位検出部からなり、前記第 1 の回折格子の格子ベクトル方向の一側に配置された第 1 変位検出部と、

前記第 1 変位検出部に対して前記第 1 の回折格子の格子ベクトル方向の他側に配置され、前記第 1 変位検出部と同一の構成要素を有する第 2 変位検出部と、

前記光源から照射された光を、前記第 1 変位検出部に照射する光と前記第 2 変位検出部に照射する光に分配する光分配部と、を備え、

前記第 2 変位検出部の前記構成要素は、前記第 1 変位検出部の構成要素に対して前記第 1 の回折格子の格子ベクトル方向に沿って反転して配置されることを特徴とする

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の変位検出装置。

【請求項 7】

前記第 1 の回折格子は、前記被測定面と平行をなす第 1 格子ベクトル方向と、

前記被測定面と平行をなし、かつ前記第 1 格子ベクトル方向と交差する第 2 格子ベクトル方向と、を有し、

前記ヘッドは、

前記変位検出部からなり、前記第 1 の回折格子の前記第 1 格子ベクトル方向の一側に配置された第 1 変位検出部と、

前記第 1 変位検出部に対して前記第 1 の回折格子の前記第 1 格子ベクトル方向の他側に配置され、前記第 1 変位検出部と同一の構成要素を有する第 2 変位検出部と、

前記第 1 の回折格子の前記第 2 格子ベクトル方向の一側に配置され、前記第 1 変位検出部と同一の構成要素を有する第 3 変位検出部と、

10

20

30

40

50

前記第3変位検出部に対して前記第1の回折格子の前記第2格子ベクトル方向の反対側に配置され、前記第1変位検出部と同一の構成要素を有する第4変位検出部と、

前記光源から照射された光を、前記第1変位検出部に照射する光、前記第2変位検出部に照射する光、前記第3変位検出部に照射する光及び前記第4変位検出部に照射する光に分配部と、を備え、

前記第2変位検出部の前記構成要素は、前記第1変位検出部の構成要素に対して前記第1の回折格子の前記第1格子ベクトル方向に沿って反転して配置され

前記第3変位検出部の前記構成要素は、前記第2格子ベクトル方向に沿って配置され、

前記第4変位検出部の前記構成要素は、前記第3変位検出部の前記構成要素に対して前記第1の回折格子の前記第2格子ベクトル方向に沿って反転して配置されることを特徴とする

請求項1～5のいずれか1項に記載の変位検出装置。

【請求項8】

前記変位検出部は、

前記第2の回折格子により再び前記第1の回折格子に照射されて、前記第1の回折格子により回折されて戻ってきた前記第1の光束を再び前記第1の回折格子に向けて照射する再反射部と、

前記再反射部により前記第1の回折格子に照射されて、前記第1の回折格子により回折された前記第1の光束を回折し、前記第1の光束を再び前記第1の回折格子に照射する第3の回折格子と、を備え、

前記第3の回折格子は、前記第2の回折格子に対して前記第1の回折格子の格子ベクトル方向に沿って反転して配置されることを特徴とする

請求項1～5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。

【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、レーザー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。

【0005】

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

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【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】

10

【0007】

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。

【0008】

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。

20

【課題を解決するための手段】

【0009】

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、第1の回折格子と、ヘッドと、を備えている。第1の回折格子は、被測定部材の被測定面に設けられる。ヘッドは、被測定部材の被測定面に対向して配置される。ヘッドと被測定部材は、被測定面と平行で、かつ第1の回折格子の格子ベクトル方向とも平行をなす方向及び被測定面と直交する方向のうち少なくとも一方に、相対的に移動可能としている。

ヘッドは、光を照射する光源と、変位検出部と、受光部と、を備えている。変位検出部は、光源から照射された光を第1の光束と第2の光束に分割し、第1の光束を第1の回折格子に向けて照射する。受光部は、第2の光束と、変位検出部を介して第1の回折格子から戻ってきた第1の光束とを受光する。

30

変位検出部は、光束分割部と、第2の回折格子と、参照用反射部材と、光束結合部と、を備えている。光束分割部は、光を第1の光束と、第2の光束に分割し、かつ分割された第1の光束を第1の回折格子に向けて照射する。第2の回折格子は、光束分割部により分割され、第1の回折格子により回折された第1の光束を回折し、第1の光束を再び第1の回折格子に照射する。参照用反射部材は、光束分割部により分割された第2の光束を反射する。光束結合部は、第1の回折格子と第2の回折格子により回折された第1の光束と、参照用反射部材により反射された第2の光束を重ね合わせて受光部に照射する。

第1の回折格子への第1の光束の入射角度、第1の回折格子の回折角度、第2の回折格子への第1の光束の入射角度、第2の回折格子の回折角度は、ヘッドと被測定部材の少なくとも一方が被測定面と直交する方向に変位した際の、第1の光束における光束分割部から第1の回折格子に入射するまでの光路長の変位量と、第1の光束における第1の回折格子から第2の回折格子に入射するまでの光路長の変位量が等しくなる。

40

【発明の効果】

【0010】

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。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 1 1 】

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

【図 2】本発明の第 1 の実施の形態例に係る変位検出装置の被測定部材及び第 1 の回折格子を示す斜視図である。

【図 3】本発明の第 1 の実施の形態例に係る変位検出装置における第 1 の回折格子と第 2 の回折格子の回折角度の関係を示す説明図である。

【図 4】本発明の第 1 の実施の形態例に係る変位検出装置における相対位置情報出力手段を示すブロック図である。

【図 5】本発明の第 1 の実施の形態例に係る変位検出装置における第 2 の回折格子の変形例を示すもので、図 5 A は第 2 の回折格子の変形例を示す断面図、図 5 B は第 2 の回折格子の他の変形例を示す断面図である。

10

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

【図 7】本発明の第 2 の実施の形態例に係る変位検出装置における相対位置情報出力手段を示すブロック図である。

【図 8】本発明の第 3 の実施の形態例に係る変位検出装置の構成を示す概略構成図である。

【図 9】本発明の第 3 の実施の形態例に係る変位検出装置における第 1 変位検出部及び第 2 変位検出部の構成を示す概略構成図である。

20

【図 10】本発明の第 3 の実施の形態例に係る変位検出装置における第 3 変位検出部及び第 4 変位検出部の構成を示す概略構成図である。

【図 11】本発明の第 3 の実施の形態例に係る変位検出装置における相対位置情報出力手段を示すブロック図である。

【図 12】本発明の第 3 の実施の形態例に係る変位検出装置における被測定部材及び第 1 の回折格子を示すもので、図 12 A は第 1 の回折格子を示す平面図、図 12 B は第 1 の回折格子を示す断面図である。

【図 13】本発明の第 4 の実施の形態例に係る変位検出装置の構成を示す概略構成図である。

【図 14】本発明の第 4 の実施の形態例に係る変位検出装置における第 1 の回折格子と第 2 の回折格子の入射角度及び回折角度の関係を示す説明図である。

30

【図 15】本発明の第 5 の実施の形態例に係る変位検出装置の構成を示す概略構成図である。

【図 16】本発明の第 6 の実施の形態例に係る変位検出装置の構成を示す概略構成図である。

【図 17】本発明の第 6 の実施の形態例に係る変位検出装置における第 1 の回折格子と第 2 の回折格子の入射角度及び回折角度の関係を示す説明図である。

【図 18】本発明の第 7 の実施の形態例に係る変位検出装置の構成を示す概略構成図である。

【図 19】本発明の第 7 の実施の形態例に係る変位検出装置における第 1 の回折格子と第 2 の回折格子の入射角度及び回折角度の関係を示す説明図である。

40

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

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 19 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。

【 0 0 1 3 】

1. 変位検出装置の第 1 の実施の形態例

50

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3に従って説明する。

【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。図2は、変位検出装置における第1の回折格子が設けられた被測定部材を示す斜視図である。

【0015】

本例の変位検出装置1は、ヘッドと被測定部材のうち少なくとも一方を移動させた際の変位（移動量）を検出する変位検出装置である。

【0016】

図1に示すように、変位検出装置1は、被測定部材2の被測定面2aに設けた第1の回折格子11と、ヘッド3と、相対位置情報出力手段4とを備えている。なお、相対位置情報出力手段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）携帯端末に配置してもよい。

【0017】

ヘッド3と被測定部材2は、被測定面2aに対して平行な方向でかつ第1の回折格子11の格子ベクトル方向S1（図2参照）と平行をなす方向又は、被測定面2aに対して垂直な方向に相対的に移動可能に配置される。すなわち、ヘッド3と被測定部材2のうち少なくとも一方が、被測定面2aと平行な方向又は、被測定面2aと垂直な方向のうち少なくとも一方に移動可能に配置される。

【0018】

以下、被測定面2aに対して平行で、かつ第1の回折格子11の格子ベクトル方向S1（図2参照）と平行をなす方向を第1の方向Xとする。また、被測定面2aに対して平行で、かつ第1の方向Xと直交する方向を第2の方向Yとする。そして、被測定面2aと直交する方向、すなわち第1の方向Xと第2の方向Yとも直交する方向を第3の方向Zとする。

【0019】

図2に示すように、被測定部材2は、平板状に形成されている。被測定部材2におけるヘッド3と対向する被測定面2aには、第1の回折格子11が設けられている。第1の回折格子11は、反射型の回折格子である。

【0020】

第1の回折格子11は、被測定面2aから突出する複数の突条11aにより構成されている。複数の突条11aは、第1の方向Xに沿って所定の間隔を空けて配置されている。複数の突条11aにおける隣り合う2つの突条11aの間隔が、第1の回折格子11の格子ピッチ d_R となる。

【0021】

そして、この複数の突条11aの格子ベクトル方向S1は、第1の方向Xと平行に配置される。また、突条11aが延在する方向（格子ライン方向）S2は、被測定面2aにおいて第2の方向Yと平行になる。なお、格子ベクトル方向S1及び格子ライン方向S2は、被測定面2aと平行をなす平面上に存在する。そして、格子ベクトル方向S1は、第1の方向Xと平行である必要はなく、同様に、格子ライン方向S2は、第2の方向Yと平行である必要はない。

【0022】

なお、本例では、被測定面2aから突出する複数の突条11aによって第1の回折格子11が構成される例を説明したが、これに限定されるものではなく、例えば、被測定部材2の被測定面2aに複数の溝部を形成することで、第1の回折格子11を構成してもよい。

【0023】

また、第1の回折格子11は、例えば、ガラスやシリコンの基板からなる被測定部材2に形成される。そして、第1の回折格子11を構成する複数の突条11aは、例えば金や

10

20

30

40

50

アルミニウム等の反射率の高い材料を被測定部材 2 の被測定面 2 a に蒸着することで形成される。なお、第 1 の回折格子 1 1 の格子ピッチ d_R 及び回折角度 については、後述する。

【 0 0 2 4 】

この被測定部材 2 に設けた第 1 の回折格子 1 1 は、ヘッド 3 から照射された光を回折して所定の回折角度によって再びヘッド 3 に戻す。

【 0 0 2 5 】

ヘッド 3 は、変位検出部 5 と、光源 6 と、変位検出部 5 に設けられた受光部 7 とを有している。なお、受光部 7 は、変位検出部 5 内に配置してもよく、あるいは変位検出部 5 の外側に配置してもよい。光源 6 には、例えば半導体レーザダイオードやスーパーluminescence diode、ガスレーザ、固体レーザ、発光ダイオード等が挙げられる。

10

【 0 0 2 6 】

光源 6 として、可干渉距離が長い光源を用いると、被測定部材 2 の被測定面 2 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 6 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 7 】

さらに、光源 6 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 6 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 6 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。

20

【 0 0 2 8 】

なお、光源 6 の数は、1 つに限定されるものではなく、複数の光源 6 を配置して互いの光りを重ね合わせることで光量を増加させてもよい。

【 0 0 2 9 】

光源 6 から出射された光 L は、変位検出部 5 に入射する。なお、光源 6 と変位検出部 5 の間には、コリメートレンズ等からなるレンズ 1 6 が配置されている。レンズ 1 6 は、光源 6 から出射された光 L を平行光にコリメートする。そのため、変位検出部 5 には、レンズ 1 6 により平行光にコリメートされた光 L が入射される。

30

【 0 0 3 0 】

変位検出部 5 は、光源 6 から照射された光 L を被測定部材 2 の第 1 の回折格子 1 1 に向けて照射し、被測定部材 2 から戻ってきた光 L を受光部 7 に導く。変位検出部 5 は、第 2 の回折格子 1 2 と、光束分割部 1 3 と、参照光用反射部材の一例を示す参照用ミラー 1 4 と、物体光用反射部材の一例を示す物体用ミラー 1 5 と、第 1 の位相板 1 7 と、第 2 の位相板 1 8 と、を有している。

【 0 0 3 1 】

光束分割部 1 3 としては、例えば、偏光ビームスプリッタにより構成される。そして、光束分割部 1 3 は、s 偏光の光を反射し、p 偏光の光を透過させる。光束分割部 1 3 には、光源 6 から照射され、レンズ 1 6 により平行光にコリメートされた光 L が入射される。そして、光束分割部 1 3 は、光 L 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 の 2 つの光束に分割する。本例では、光束分割部 1 3 を透過する p 偏光の光が第 1 の光束 L 1 となり、光束分割部 1 3 によって反射される s 偏光の光が第 2 の光束 L 2 となる。第 1 の光束 L 1 は、第 1 の回折格子 1 1 に向かって進行し、第 2 の光束 L 2 は、参照用ミラー 1 4 に向かって進行する。

40

【 0 0 3 2 】

光束分割部 1 3 では、光 L 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、後述する受光部 7 に入射する際に、第 1 の回折格子 1 1 側と、参照用ミラー 1 4 側でそれぞれが同じ光量となるような比率にすることが好ましい。

【 0 0 3 3 】

50

さらに、光源 6 と光束分割部 1 3 との間に偏光板を設けてもよい。これにより、s 偏光及び p 偏光に対して直交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 3 4 】

また、光束分割部 1 3 として偏光ビームスプリッタを用いた例を説明したが、これに限定されるものではない。光束分割部 1 3 としては、例えば、ハーフミラーと位相板を組み合わせ構成してもよい。

【 0 0 3 5 】

光束分割部 1 3 と被測定部材 2 の被測定面 2 a、すなわち第 1 の回折格子 1 1 との間には、第 1 の位相板 1 7 が配置されており、光束分割部 1 3 と参照用ミラー 1 4 との間には、第 2 の位相板 1 8 が配置されている。

10

【 0 0 3 6 】

第 1 の位相板 1 7 と第 2 の位相板 1 8 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、 $1/4$ 波長板等から構成されている。そのため、第 1 の位相板 1 7 及び第 2 の位相板 1 8 は、通過する光が p 偏光の場合、進行方向を中心軸として第 1 の向きに回転する円偏光に変化させる。また、通過する光が第 1 の向きに回転する円偏光の場合、s 偏光に変化させる。さらに、通過する光が s 偏光の場合、進行方向を中心軸として第 1 の方向とは反対である第 2 の向きに回転する円偏光に変化させる。そして、通過する光が第 2 の向きに回転する円偏光の場合、p 偏光に変化させる。

20

【 0 0 3 7 】

また、また、光源 6、レンズ 1 6、光束分割部 1 3 及び第 1 の位相板 1 7 は、光束分割部 1 3 を透過する光、すなわち第 1 の光束 L 1 の進行方向が第 3 の方向 Z と平行になるように配置される。そのため、光束分割部 1 3 を透過し、第 1 の位相板 1 7 を通過した第 1 の光束 L 1 は、被測定部材 2 の被測定面 2 a、すなわち第 1 の回折格子 1 1 に対して垂直に入射する。これにより、被測定部材 2 が第 3 の方向 Z に変位しても第 1 の回折格子 1 1 に入射される第 1 の光束 L 1 の入射点 P の位置は、第 1 の回折格子 1 1 上において変化しない。

【 0 0 3 8 】

第 2 の回折格子 1 2 は、第 1 の回折格子 1 1 によって回折されて変位検出部 5 に戻った第 1 の光束 L 1 が入射する位置に配置される。第 2 の回折格子 1 2 は、その平面が第 3 の方向 Z に対して傾斜して配置されている。第 2 の回折格子 1 2 は、光を透過させ、かつ透過した光を回折させる透過型の回折格子である。なお、第 2 の回折格子 1 2 の格子ピッチ d_{\perp} 及び回折角度 θ については、後述する。

30

【 0 0 3 9 】

第 2 の回折格子 1 2 における第 1 の回折格子 1 1 から入射した第 1 の光束 L 1 が透過する方向には、物体用ミラー 1 5 が配置されている。また、物体用ミラー 1 5 は、第 2 の回折格子 1 2 を透過した第 1 の光束 L 1 が反射面に対して垂直に入射する位置に配置されている。そして、物体用ミラー 1 5 には、第 1 の光束 L 1 が垂直に入射するため、物体用ミラー 1 5 は、第 1 の光束 L 1 を、入射する際の光路と反射した後の光路が一致するように反射させる。

40

【 0 0 4 0 】

物体用ミラー 1 5 により反射された第 1 の光束 L 1 は、行きの光路と同じ光路を通過して、第 2 の回折格子 1 2、第 1 の回折格子 1 1、第 1 の位相板 1 7 の順に、再び光束分割部 1 3 に入射する。すなわち、第 1 の光束 L 1 における光束分割部 1 3 から物体用ミラー 1 5 までの光路（以下、「行き光路」という。）と、物体用ミラー 1 5 から光束分割部 1 3 までの光路（以下、「帰り光路」という。）が一致する。そのため、帰り光路の際に、再び第 1 の回折格子 1 1 に入射する位置は、行き光路と同じ照射点 P に入射される。

【 0 0 4 1 】

さらに、第 1 の光束 L 1 は、行き光路と帰り光路で第 1 の回折格子 1 1 と第 2 の回折格子 1 2 によってそれぞれ 2 回ずつ回折される。

50

【 0 0 4 2 】

参照用ミラー 1 4 は、光束分割部 1 3 によって分割された第 2 の光束 L 2 の進行方向に配置されている。参照用ミラー 1 4 は、その反射面が光束分割部 1 3 における第 2 の光束 L 2 を照射する面と平行に配置されている。すなわち、参照用ミラー 1 4 は、その反射面に第 2 の光束 L 2 が垂直に入射する位置に配置される。そして、参照用ミラー 1 4 には、第 2 の光束 L 2 が垂直に入射するため、参照用ミラー 1 4 は、第 2 の光束 L 2 を、入射する際の光路と反射した後の光路が一致するように反射する。

【 0 0 4 3 】

参照用ミラー 1 4 により反射された第 2 の光束 L 2 は、行きの光路と同じ光路を通過して、第 2 の位相板 1 8 を通過して、再び光束分割部 1 3 に入射する。第 1 の光束 L 1 における光束分割部 1 3 から物体用ミラー 1 5 に反射されて再び光束分割部 1 3 に戻るまでの光路長の長さ、第 2 の光束 L 2 における光束分割部 1 3 から参照用ミラー 1 4 に反射されて再び光束分割部 1 3 に戻るまでの光路長の長さが等しくなるように、また、参照用ミラー 1 4 及び物体用ミラー 1 5 が配置されている。

10

【 0 0 4 4 】

これにより、気圧、湿度や温度の変化によって光源 6 の波長変動があった場合でも、第 1 の光束 L 1 と第 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、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。さらに、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。

20

【 0 0 4 5 】

また、光束分割部 1 3 は、物体用ミラー 1 5 によって反射されて戻ってきた第 1 の光束 L 1 と、参照用ミラー 1 4 によって反射されて戻ってきた第 2 の光束 L 2 を重ね合わせる。そして、光束分割部 1 3 は、重ね合わせた第 1 の光束 L 1 と第 2 の光束 L 2 を受光部 7 に照射する。すなわち、本例で示す光束分割部 1 3 は、光束を分割する光束分割部としての役割と、第 1 の光束 L 1 と第 2 の光束 L 2 を重ね合わせる光束結合部としての役割を有している。

【 0 0 4 6 】

受光部 7 は、集光レンズ 2 1 と、ハーフミラー 2 2 と、第 1 の偏光ビームスプリッタ 2 4 と、第 2 の偏光ビームスプリッタ 2 5 とを有している。また、ハーフミラー 2 2 と、第 2 の偏光ビームスプリッタ 2 5 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 2 3 が配置されている。

30

【 0 0 4 7 】

集光レンズ 2 1 は、光束分割部 1 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。また、集光レンズ 2 1 は、後述する第 1 の受光素子 3 1、第 2 の受光素子 3 2、第 3 の受光素子 3 3 及び第 4 の受光素子 3 4 上でビーム径が適当な大きさになるように光を集光する。ハーフミラー 2 2 は、光を分割する。ハーフミラー 2 2 によって分割された光は、第 1 の偏光ビームスプリッタ 2 4、又は受光側位相板 2 3 を介して第 2 の偏光ビームスプリッタ 2 5 に入射する。

【 0 0 4 8 】

第 1 の偏光ビームスプリッタ 2 4 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 2 4 における光の出射口側には、第 1 の受光素子 3 1 と、第 2 の受光素子 3 2 が設けられている。また、第 2 の偏光ビームスプリッタ 2 5 における光の出射口側には、第 3 の受光素子 3 3 と、第 4 の受光素子 3 4 が設けられている。

40

【 0 0 4 9 】

これら第 1 の偏光ビームスプリッタ 2 4 及び第 2 の偏光ビームスプリッタ 2 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、光を分割するものである。

【 0 0 5 0 】

50

第1の受光素子31、第2の受光素子32、第3の受光素子33及び第4の受光素子34は、光を受光し、干渉信号を得る。そして、受光部7には、相対位置情報出力手段4が接続されている。受光部7は、第1の受光素子31、第2の受光素子32、第3の受光素子33及び第4の受光素子34が得た干渉信号を相対位置情報出力手段4に出力する。

【0051】

1-2. 第1の回折格子と第2の回折格子の関係

次に、上述した構成を有する第1の回折格子11と第2の回折格子12の関係について図3を参照して説明する。

図3は、第1の回折格子11と第2の回折格子12の回折角度の関係を示す説明図である。

10

【0052】

図3に示すように、第1の回折格子11には、第1の光束L1が第3の方向Zに沿って垂直に入射する。なお、第1の回折格子11の格子ベクトル方向S1は図2に示すように、第1の方向Xと平行をなしている。そして、第1の回折格子11は、回折角度 θ で回折する。ここで、第1の光束L1の波長を λ 、第1の回折格子11の格子ピッチ d_R とすると、第1の回折格子11の回折角度 θ は、下記式1及び式2により算出することができる。

[式1]

$$\sin \theta = \lambda / d_R$$

20

[式2]

$$\theta = \sin^{-1}(\lambda / d_R)$$

【0053】

第1の回折格子11で回折した第1の光束L1は、第2の回折格子12に入射され、第2の回折格子12で回折する。このときの第2の回折格子12の格子ベクトル方向は、第1の方向Xと第3の方向Zで形成される平面上に存在する。また、第2の回折格子12の格子ベクトル方向は、第1の光束L1における第1の回折格子11への入射角度に対して、角度 τ で傾斜している。すなわち、第2の回折格子12の格子ベクトル方向は、第3の方向Zに対して角度 τ で傾斜している。

30

【0054】

第1の光束L1における第2の回折格子12に対して角度 ϕ で入射した場合、第2の回折格子12がブラッグ条件を満たせば、第2の回折格子12は、回折角度 ϕ で回折する。そのため、ブラッグ条件は、次の式3及び式4を満たすように第2の回折格子12の格子ピッチ d_T 又は回折角度 ϕ を設定すればよい。なお、 λ は、第1の光束L1の波長である。

[式3]

$$\sin \phi + \sin \phi = \lambda / d_T$$

[式4]

$$\phi = \sin^{-1}(\lambda / 2d_T)$$

40

【0055】

第2の回折格子12がブラッグ条件を満たすことで、例えば、後述する透過型のポリウムタイプホログラムの第2の回折格子12M(図5A参照)を用いれば、非常に高い回折効率を得ることができる。しかしながら、第2の回折格子12への入射角度 ϕ と、格子ピッチ d_T の設計に制限がかかるため、第2の回折格子12としては、ポリウムタイプホログラムを用いずに、厚みのない透過型の回折格子を用いてもよい。厚みのない透過型の回折格子を用いることで、入射角度と回折角度の選択に自由度を持たせることができる。

50

【 0 0 5 6 】

第2の回折格子12がブラッグ条件を満たす場合、第2の回折格子12により2回目（1回目は第1の回折格子11）の回折をした第1の光束L1は、物体用ミラー15によって反射されて再び第2の回折格子12に入射する。なお、図1及び図3に示すように、被測定部材2が第3の方向Zに変位していない場合、第1の光束L1における第2の回折格子12に入射する入射点Qの位置は、変化しない。また、被測定部材2が第1の方向X又は第2の方向Yに変位しても、第1の光束L1における第2の回折格子12に入射する入射点Qの位置は、変化しない。そして、第2の回折格子12によって3回目の回折をした第1の光束L1は、第1の回折格子11に入射し、第1の回折格子11により4回目の回折を行う。

10

【 0 0 5 7 】

ここで、被測定部材2、すなわち第1の回折格子11が第3の方向Zに長さZだけ移動した例について説明する。

図3に示すように、第1の回折格子11が第3の方向Zに沿って上方、すなわちヘッド3に接近する向きに長さZ移動すると、第1の回折格子11の入射点P2に入射する時点で、第1の光束L1の光路長は、長さZ短くなる。なお、第1の光束L1は、被測定部材2の被測定面2a、すなわち第1の回折格子11に対して垂直に入射している。そのため、被測定部材2が第3の方向Zに変位しても第1の回折格子11に入射される第1の光束L1の入射点P1、P2の位置は、第1の回折格子11上において変化しない。

【 0 0 5 8 】

第1の回折格子11が第3の方向Zに沿って上方、すなわちヘッド3に接近する向きに長さZ移動すると、第1の光束L1における第2の回折格子12に入射する位置は、入射点Q1から入射点Q2に変化する。そして、第1の回折格子11の入射点P2から第2の回折格子12の入射点Q2までの光路長は、第1の回折格子11が第3の方向Zに移動していない時の第1の回折格子11の入射点P1から第2の回折格子12の入射点Q1までの光路長よりも長さM1だけ長くなる。さらに、第2の回折格子12の入射点Q2から物体用ミラー15までの距離は、第1の回折格子11が第3の方向Zに移動していない時の第2の回折格子12の入射点Q1から物体用ミラー15までの光路長よりも長さM2だけ長くなる。

20

【 0 0 5 9 】

そのため、 $Z = M1 + M2$ を満たせば、第1の回折格子11が第3の方向Zに移動しても第1の光束L1の光路長は、一定となる。また、 $Z = M1 + M2$ を満たす条件は、第1の回折格子11の回折角度 ϕ と、第2の回折格子12の回折角度 θ から下記式5が示される。

30

[式 5]

$$-\cos(\phi + \theta) / \cos \phi + \{ \sin(\phi + \theta) - \cos(\phi + \theta) \tan \phi \} \sin \phi = 1$$

【 0 0 6 0 】

したがって、第1の回折格子11の回折角度 ϕ と第2の回折格子12の回折角度 θ は、上記式5を満たす。これにより、第1の回折格子11が第3の方向Zに移動しても第1の光束L1の光路長を一定にすることができる。なお、第1の光束L1が物体用ミラー15によって反射し、光束分割部13に戻る光路にも適用できる。従って、第1の光束L1における帰り光路の光路長も常に一定にすることができる。

40

【 0 0 6 1 】

上述したように、被測定部材2が第1の方向X又は第2の方向Yに変位しても、第1の光束L1における第2の回折格子12に入射する入射点Qの位置は、変化しないため、第1の光束L1の光路長を一定に保つことができる。その結果、第1の回折格子11が第1の方向X、第2の方向Y及び第3の方向Zに移動しても第1の光束L1の光路長が変化しないため、第1の光束L1の光路長と第2の光束L2の光路長を常に一定に保つことができる。

50

【 0 0 6 2 】

例えば、光源 6 の波長 が 7 9 0 n m、第 1 の回折格子 1 1 の格子ピッチ d_R が 1 μ m、第 1 の回折格子 1 1 への第 1 の光束 L 1 の入射角度が 0 度、第 2 の回折格子 1 2 の格子ピッチ d_T の場合、第 1 の回折格子 1 1 の回折角度 5 2 . 2 °、第 2 の回折格子 1 2 の回折角度 4 5 . 9 °となる。

【 0 0 6 3 】

1 - 3 . 相対位置情報出力手段の構成例

次に、図 4 を参照して相対位置情報出力手段 4 の構成例について説明する。

図 4 は、本例の相対位置情報出力手段 4 を示すブロック図である。

【 0 0 6 4 】

図 4 に示すように、相対位置情報出力手段 4 は、第 1 差動増幅器 6 1 a と、第 2 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。

10

【 0 0 6 5 】

第 1 差動増幅器 6 1 a には、第 1 の受光素子 3 1 及び第 2 の受光素子 3 2 が接続されており、第 2 差動増幅器 6 1 b には、第 3 の受光素子 3 3 及び第 4 の受光素子 3 4 が接続されている。また、第 1 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 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。また、波形補正処理部 6 3 は、インクリメンタル信号発生器 6 4 に接続されて

20

【 0 0 6 6 】

第 1 差動増幅器 6 1 a は、第 1 の受光素子 3 1 及び第 2 の受光素子 3 2 から干渉信号を受信し、第 2 差動増幅器 6 1 b は、第 3 の受光素子 3 3 及び第 4 の受光素子 3 4 から干渉信号を受信する。第 1 差動増幅器 6 1 a 及び第 2 差動増幅器 6 1 b は、それぞれ受信した干渉信号を差動増幅し、干渉信号の直流成分をキャンセルする。

【 0 0 6 7 】

第 1 差動増幅器 6 1 a で差動増幅された信号は、第 1 の A / D 変換器 6 2 a によって A / D 変換され、波形補正処理部 6 3 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 6 4

30

【 0 0 6 8 】

また同様に、第 2 差動増幅器 6 1 b で差動増幅された信号は、第 2 の A / D 変換器 6 2 b によって A / D 変換される。そして、波形補正処理部 6 3 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 9 0 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 6 4 から出力される。

【 0 0 6 9 】

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、ヘッド 3 と被測定部材 2 との第 1 の方向 X 又は第 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。

40

【 0 0 7 0 】

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 L 1 と第 2 の光束 L 2 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、変位検出装置 1 により被測定部材 2 とヘッド 3 との相対的な変位量（移動量）が検出される。

【 0 0 7 1 】

なお、本例の相対位置情報出力手段 4 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。

【 0 0 7 2 】

50

1 - 4 . 変位検出装置の動作例

次に、図 1、図 3 及び図 4 を参照して、上述した構成を有する変位検出装置 1 の動作例について説明する。

【 0 0 7 3 】

図 1 に示すように、光源 6 から出射した光 L は、レンズ 1 6 によりコリメートされて平行光となる。レンズ 1 6 によりコリメートされた平行光 L は、光束分割部 1 3 に入射する。光束分割部 1 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。上述したように、光束分割部 1 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 1 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 7 に照射される。また、光束分割部 1 3 によって反射された s 偏光による第 2 の光束 L 2 は、第 2 の位相板 1 8 に照射される。

10

【 0 0 7 4 】

第 1 の光束 L 1 の偏光方向は、p 偏光であるため、第 1 の光束 L 1 は、第 1 の位相板 1 7 を通過することで、進行方向を中心軸として第 1 の向きに回転する円偏光に変化する。また、第 2 の光束 L 2 の偏光方向は、s 偏光であるため、第 2 の光束 L 2 は、第 2 の位相板 1 8 を通過することで、進行方向を中心軸として第 2 の向きに回転する円偏光に変化する。

【 0 0 7 5 】

第 1 の位相板 1 7 を通過した第 1 の光束 L 1 は、被測定部材 2 の被測定面 2 a、すなわち第 1 の回折格子 1 1 の照射点 P に垂直に入射する。そして、図 3 に示すように、第 1 の光束 L 1 は、第 1 の回折格子 1 1 によって回折角度 で回折する。2 回目の回折が行われた第 1 の光束 L 1 は、第 2 の回折格子 1 2 に入射角度 で照射点 Q (図 1 参照) に入射する。上述したように、第 2 の回折格子 1 2 は、ブラッグ条件を満たしているため、第 1 の光束 L 1 は、第 2 の回折格子 1 2 によって回折角度 で回折する。

20

【 0 0 7 6 】

第 2 の回折格子 1 2 によって回折された第 1 の光束 L 1 は、物体用ミラー 1 5 に垂直に入射する。そして、第 1 の光束 L 1 は、再び第 2 の回折格子 1 2 に向けて、物体用ミラー 1 5 によって反射される。第 1 の光束 L 1 は、入射角度 で第 2 の回折格子 1 2 に入射する。このとき、第 1 の光束 L 1 は、行き光路と同じ第 2 の回折格子 1 2 における照射点 Q に入射する。そして、第 2 の回折格子 1 2 によって 3 回目の回折が行われ、第 1 の回折格子 1 1 に入射角度 で、行き光路と同じ照射点 P に入射する。

30

【 0 0 7 7 】

このように、第 1 の回折格子 1 1 に対する行き光路の照射点 P と帰り光路の照射点 P を同じ 1 点にすることで、第 1 の回折格子 1 1 がチルトした際に生じる影響を小さくすることができる。また、第 2 の回折格子 1 2 に対する行き光路の照射点 Q と帰り光路の照射点 Q を同じ 1 点にすることで、同様の効果を得ることができる。さらに、さらに、2 点の中心点を仮想測定点として検出する従来の変位検出装置よりも検出精度を向上させることができる。

【 0 0 7 8 】

次に、第 1 の光束 L 1 は、第 1 の回折格子 1 1 で 4 回目の回折が行われて、第 1 の位相板 1 7 に照射される。このときの第 1 の光束 L 1 の偏光方向は、進行方向を中心軸として第 1 の向きに回転する円偏光である。そのため、第 1 の光束 L 1 は、第 1 の位相板 1 7 によって、行きの偏光方向である p 偏光と直交する s 偏光に変化する。

40

【 0 0 7 9 】

一方、参照用ミラー 1 4 に照射された第 2 の光束 L 2 は、参照用ミラー 1 4 で反射されて、再び第 2 の位相板 1 8 に照射される。このときの第 2 の光束 L 2 の偏光方向は、進行方向を中心軸として第 2 の向きに回転する円偏光である。そのため、第 2 の光束 L 2 は、第 2 の位相板 1 8 によって、行きの偏光方向である s 偏光と直交する p 偏光に変化する。

【 0 0 8 0 】

第 1 の位相板 1 7 を通過した第 1 の光束 L 1 は、再び光束分割部 1 3 に入射し、第 2 の

50

位相板 18 を通過した第 2 の光束 L 2 は、再び光束分割部 13 に入射する。このとき、第 1 の光束 L 1 の偏光方向は、s 偏光であるため、光束分割部 13 によって反射されて受光部 7 に照射される。また、第 2 の光束 L 2 の偏光方向は、p 偏光であるため、光束分割部 13 を透過し、受光部 7 に照射される。そのため、受光部 7 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 が重なり合った光束が入射する。

【0081】

光束は、集光レンズ 21 によって集光されて、ハーフミラー 22 に照射される。ハーフミラー 22 は、光束を 2 つの光に分割する。ハーフミラー 22 を透過した光束は、第 1 の偏光ビームスプリッタ 24 に入射する。

【0082】

ここで、第 1 の偏光ビームスプリッタ 24 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 24 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 24 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 24 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 24 によって干渉させることができる。

【0083】

同様に、第 1 の偏光ビームスプリッタ 24 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 24 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 24 によって干渉させることができる。

【0084】

第 1 の偏光ビームスプリッタ 24 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 1 の受光素子 31 によって受光される。また、第 1 の偏光ビームスプリッタ 24 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 2 の受光素子 32 によって受光される。ここで、第 1 の受光素子 31 と第 2 の受光素子 32 とによって光電変換される干渉信号は、180 度位相の異なる信号となる。

【0085】

そして、第 1 の受光素子 31 と第 2 の受光素子 32 によって得られる干渉信号は、 $A \times \cos(2 \times K_1 x + 2 \times B \times K_2 z + \phi)$ の干渉信号が得られる。ここで、A は、干渉の振幅であり、 K_1 は、 $2\pi / d_R$ で示される第 1 の回折格子 11 の波数である。また、x は、第 1 の回折格子 11 の移動量、すなわちヘッド 3 と被測定部材 2 における第 1 の方向 X への相対的な変位量を示している。一方、 K_2 は、 $2\pi / d_T$ で示される第 2 の回折格子 12 の波数である。z は、第 2 の回折格子 12 に入射する第 1 の光束 L 1 における第 2 の回折格子 12 の格子ベクトル方向の移動量を示している。なお、 d_R は、第 1 の回折格子 11 の格子ピッチであり、 d_T は、第 2 の回折格子 12 の格子ピッチである。また、 ϕ は、初期位相を示している。

【0086】

さらに、B は、第 2 の回折格子 12 の格子ベクトル方向が第 3 の方向 Z に対して傾斜角度 θ_T で傾斜することに伴う係数である。そして、第 2 の回折格子 12 のへの入射角度 (ブラッグ条件では、回折角度も同じになる) を θ とした場合、 $B = \cos \theta_T + \sin \theta_T \times \tan \theta$ で示すことができる。

【0087】

ここで、ヘッド 3 と被測定部材 2 が第 1 の方向 X に相対的に $x/2$ だけ移動すると、第 1 の回折格子 11 に照射される第 1 の光束 L 1 の照射点が第 1 の方向 X に $x/2$ だけ移動する。すなわち、第 1 の光束 L 1 は、第 1 の回折格子 11 上を第 1 の方向 X に $x/2$ だけ移動する。そのため、第 1 の光束 L 1 には、 $K_1 x$ 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 31 と第 2 の受光素子 32 によって受光される。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 8 】

なお、ヘッド3と被測定部材2が第1の方向Xに相対的に移動しても、第1の光束L1における第2の回折格子12上での照射点は、変化しない。そのため、第1の光束L1には、第1の回折格子11によって回折された位相のみが加わる。

【 0 0 8 9 】

また、ヘッド3と被測定部材2が第3の方向Zに相対的に $Z / (2 \times B)$ だけ移動すると、第2の回折格子12に照射される第1の光束L1の照射点が第2の回折格子12の格子ベクトル方向に $Z / 2$ だけ移動する。すなわち、第1の光束L1は、第2の回折格子12上を格子ベクトル方向に $Z / 2$ だけ移動する。そのため、第1の光束L1には、 $K2z$ 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31と第2の受光素子32によって受光される。

10

【 0 0 9 0 】

なお、上述したように、第1の光束L1は、第3の方向Zと平行に第1の回折格子11に入射する。そのため、第1の光束L1は、第1の回折格子11に垂直に入射する。したがって、ヘッド3と被測定部材2が第3の方向Zに相対的に移動しても、第1の光束L1における第1の回折格子11上での照射点は、変化しない。そのため、第1の光束L1には、第2の回折格子12によって回折された位相のみが加わる。

【 0 0 9 1 】

さらに、第1の回折格子11の回折角度 θ_1 と、第2の回折格子12の回折角度 θ_2 は、上記式5を満たす。そのため、ヘッド3と被測定部材2が第3の方向Zに相対的に Z で移動しても、 θ_1 と θ_2 と図3に示す $M1 + M2$ の和が常に0になる。その結果、第1の光束L1の光路長が変化せず、ヘッド3と被測定部材2が第3の方向Zに相対的に Z で移動しても、第1の光束L1における第2の回折格子12に入射する位置だけが変化する。

20

【 0 0 9 2 】

ここで、上述したように、第1の受光素子31及び第2の受光素子32によって得られる干渉信号には、光源6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。

【 0 0 9 3 】

一方、図1に示すように、ハーフミラー22を反射した光束は、受光側位相板23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からなる光束は、受光側位相板23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25に入射する。

30

【 0 0 9 4 】

この直線偏光のs偏光成分は第2の偏光ビームスプリッタ25によって反射され、第3の受光素子33に受光される。また、p偏光成分は、第2の偏光ビームスプリッタ25を透過し、第4の受光素子34によって受光される。

【 0 0 9 5 】

上述したように、第2の偏光ビームスプリッタ25に入射する直線偏光は、互いに逆回りの円偏光の重ね合わせによって生じている。そして、第2の偏光ビームスプリッタ25に入射される直線偏光の偏光方向は、ヘッド3と被測定部材2が第1の方向Xに相対的に $d_R / 2$ だけ移動すると $1 / 2$ 回転する。また、ヘッド3と被測定部材2が第1の方向Xに相対的に $d_T / (2 \times B)$ だけ移動しても、第2の偏光ビームスプリッタ25に入射される直線偏光の偏光方向は、 $1 / 2$ 回転する。

40

【 0 0 9 6 】

したがって、第3の受光素子33と第4の受光素子34でも、第1の受光素子31及び第2の受光素子32と同様に、 $A \times \cos(2 \times K1x + 2 \times B \times K2z + \phi)$ の干渉信号が得られる。 ϕ は初期位相である。

【 0 0 9 7 】

また、第3の受光素子33と第4の受光素子34とで光電変換される信号は、180度

50

位相が異なる。

【0098】

なお、本例では、第1の偏光ビームスプリッタ24に対して、第3の受光素子33と第4の受光素子34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25を45度傾けて配置している。このため、第3の受光素子33と第4の受光素子34において得られる信号は、第1の受光素子31と第2の受光素子32において得られる信号に対し、90度位相がずれている。

【0099】

したがって、例えば第1の受光素子31と第2の受光素子32で得られる信号を \sin 信号、第3の受光素子33と第4の受光素子34で得られる信号を \cos 信号として用いることによりリサージュ信号を取得することができる。

10

【0100】

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4によって演算され、ヘッド3と被測定部材2との相対的な変位量がカウントされる。これにより、ヘッド3と被測定部材2との相対的な変位量を検出することができる。

【0101】

本例の変位検出装置1では、変位検出部5の受光部7で得られる干渉信号には、第1の方向Xと第3の方向Zの変位情報が含まれる。そのため、ヘッド3と被測定部材2が第1の方向Xのみに相対的に移動する際の、ヘッド3と被測定部材2の第1の方向Xへの相対的な変位を検出する装置に適用できる。または、ヘッド3と被測定部材2が第3の方向Zのみに相対的に移動する際の、ヘッド3又は被測定部材2の第3の方向Zへの相対的な変位を検出する装置にも適用できる。すなわち、本例の変位検出装置1は、1つの装置で2通りの使用方法を有している。

20

【0102】

1-5. 第2の回折格子の変形例

次に、図5A及び図5Bを参照して回折格子の変形例について説明する。

図5Aは第2の回折格子の変形例を示す断面図、図5Bは第2の回折格子の他の変形例を示す断面図である。

【0103】

図5Aに示す第2の回折格子12M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。この第2の回折格子12Mにおける格子部12bは、例えば次のようにして形成される。まず、ガラス基板12a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12bには、銀の粒子が残っている箇所と、残っていない箇所が形成される。

30

【0104】

ここで、銀の粒子が残っている箇所は、屈折率が高く、銀の粒子が残っていない箇所は、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。

【0105】

図5Bに示す第2の回折格子12Nは、略透明なガラス基板12aの一面に例えばクロム(Cr)からなる格子部12cを形成したものである。一般的に、格子部12cは、ガラス基板12a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。

40

【0106】

また、図5Aに示す第2の回折格子12M及び図5Bに示す第2の回折格子12Nにおいて、入射角度を a 、回折角度を b とした場合、下記式6のブラッグ条件を満たすとき、 $a = b$ となる。なお、 n は、整数である。

[式6]

$$\sin\phi a + \sin\phi b = n\lambda / d_T$$

【 0 1 0 7 】

また、図 5 A に示す第 2 の回折格子 1 2 M の場合、ブラッグ条件を満たすときに、第 2 の回折格子 1 2 M 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、第 2 の回折格子 1 2 M 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。

【 0 1 0 8 】

2. 第 2 の実施の形態例

次に、図 6 及び図 7 を参照して第 2 の実施の形態例にかかる変位検出装置について説明する。 10

図 6 は、第 2 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 7 は、第 2 の実施の形態例にかかる変位検出装置における相対位置情報出力手段を示すブロック図である。

【 0 1 0 9 】

この第 2 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 0 1 は、第 1 の方向 X と第 3 の方向 Z の 2 次元の変位情報を出力可能な変位検出装置である。そのため、ここでは、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 1 0 】

図 6 に示すように、変位検出装置 1 0 1 は、第 1 の回折格子 1 1 1 が設けられた被測定部材 2 と、ヘッド 3 と、相対位置情報出力手段 1 0 4 とを備えている。ヘッド 3 と被測定部材 2 は、第 1 の方向 X と第 3 の方向 Z の 2 方向に相対的に移動可能に構成されている。 20

【 0 1 1 1 】

第 1 の回折格子 1 1 1 は、後述するヘッド 1 0 3 の第 1 変位検出部 5 A 側では、回折光の向きが第 1 の方向 X の一側を向いている。また、第 1 の回折格子 1 1 1 は、後述するヘッド 1 0 3 の第 2 変位検出部 5 B 側では、回折光の向きが第 1 の方向 X の他側を向いている。そのため、第 1 の回折格子 1 1 1 としては、ブレード回折格子を用いることが好ましい。

【 0 1 1 2 】

ヘッド 1 0 3 は、第 1 変位検出部 5 A と、第 2 変位検出部 5 B と、光源 6 と、レンズ 1 6 と、光源側位相板 1 0 6 と、光分配部 1 0 7 とを備えている。第 1 変位検出部 5 A は、ヘッド 3 の第 1 の方向 X の一側に配置され、第 2 変位検出部 5 B は、ヘッド 3 の第 1 の方向 X の他側に配置されている。 30

【 0 1 1 3 】

そして、第 1 変位検出部 5 A と第 2 変位検出部 5 B における第 1 の方向 X の間には、光源 6、レンズ 1 6、光源側位相板 1 0 6 及び光分配部 1 0 7 が配置されている。光源側位相板 1 0 6 は、光源 6 から出射された光 L の偏光軸を調整し、例えば、光軸に対して 4 5 ° 傾いた円偏光に調整する。

【 0 1 1 4 】

光源側位相板 1 0 6 を通過した光 L は、光分配部 1 0 7 に照射される。光分配部 1 0 7 は、例えば、ミラー 1 0 7 a と、ハーフミラー 1 0 7 b により構成されている。ハーフミラー 1 0 7 b は、ミラー 1 0 7 a よりも光源 6 側に配置されている。 40

【 0 1 1 5 】

ハーフミラー 1 0 7 b における第 1 の方向 X の他側への反射率は、5 0 % に設定されている。そのため、ハーフミラー 1 0 7 b は、光源側位相板 1 0 6 を通過した光 L を第 3 の方向 Z におけるミラー 1 0 7 a 側と第 1 の方向 X の他側に向けて等しく分配する。そして、ハーフミラー 1 0 7 b を反射した光 L B は、第 2 変位検出部 5 B の光束分割部 1 3 B に向けて照射される。

【 0 1 1 6 】

ハーフミラー 107b を透過した光 LA は、ミラー 107a に入射される。ミラー 107a は、入射した光 LA を第 1 変位検出部 5A の光束分割部 13A に向けて反射する。

【0117】

第 1 変位検出部 5A は、第 1 の実施の形態例にかかる変位検出部 5 と同様に、受光部 7A と、第 2 の回折格子 12A と、光束分割部 13A と、参照用ミラー 14A と、物体用ミラー 15A と、第 1 の位相板 17A と、第 2 の位相板 18A と、を備えている。受光部 7A は、相対位置情報出力手段 104 の第 1 相対位置情報出力部 4A に接続されている。そして、受光部 7A は、得られた干渉信号を第 1 相対位置情報出力部 4A に送信する。

【0118】

第 1 変位検出部 5A の受光部 7A は、下記式 7 に示す干渉信号を得る。ここで、A1 は、干渉の振幅である。

[式 7]

$$A1 \times \cos(2K1x + 2 \times B \times K2z + \delta)$$

【0119】

第 2 変位検出部 5B は、第 1 の実施の形態例にかかる変位検出部 5 と同様に、受光部 7B と、第 2 の回折格子 12B と、光束分割部 13B と、参照用ミラー 14B と、物体用ミラー 15B と、第 1 の位相板 17B と、第 2 の位相板 18B と、を備えている。受光部 7B は、相対位置情報出力手段 104 の第 2 相対位置情報出力部 4B に接続されている。そして、受光部 7B は、得られた干渉信号を第 2 相対位置情報出力部 4B に送信する。

【0120】

また、第 2 変位検出部 5B を構成する第 2 の回折格子 12B、光束分割部 13B、参照用ミラー 14B、物体用ミラー 15B、第 1 の位相板 17B 及び第 2 の位相板 18B は、第 1 変位検出部 5A に対して第 1 の方向 X に沿って反転して配置されている。

【0121】

第 2 変位検出部 5B の受光部 7B は、下記式 8 に示す干渉信号を得る。ここで、A2 は、干渉の振幅である。

[式 8]

$$A2 \times \cos(-2K1x + 2 \times B \times K2z + \delta)$$

【0122】

上記式 7 と式 8 に示すように、第 1 変位検出部 5A の受光部 7A と、第 2 変位検出部 5B の受光部 7B が得られる干渉信号における第 1 の方向 X の変位情報は、正負が異なっている。

【0123】

図 7 に示すように、相対位置情報出力手段 104 は、第 1 相対位置情報出力部 4A と、第 2 相対位置情報出力部 4B と、演算部 114 とを有している。上述したように、第 1 変位検出部 5A の受光部 7A と、第 2 変位検出部 5B の受光部 7B が得られる干渉信号における第 1 の方向 X の変位情報は、正負が異なっている。

【0124】

そのため、第 1 相対位置情報出力部 4A からの変位情報 A と、第 2 相対位置情報出力部 4B からの変位情報 B を足し合わせることで、第 3 の方向 Z の変位情報のみを取り出すことができる。また、第 1 相対位置情報出力部 4A の変位情報 A から第 2 相対位置情報出力部 4B の変位情報 B を引くことで、第 1 の方向 X の変位情報のみを取り出すことができる。

【0125】

そして、演算部 114 は、第 1 相対位置情報出力部 4A からの変位情報 A と、第 2 相対位置情報出力部 4B からの変位情報 B を足し合わせて、2 で割ることで、ヘッド 103 と被測定部材 2 との第 3 の方向 Z への相対位置の変位情報を演算している。また、演算部 114 は、第 1 相対位置情報出力部 4A の変位情報 A から第 2 相対位置情報出力部 4B の変

10

20

30

40

50

位情報 B を引き、2 で割ることで、ヘッド 103 と被測定部材 2 との第 1 の方向 X の変位情報を演算している。

【0126】

これにより、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 の方向 X と第 3 の方向 Z の 2 次元の変位情報を出力することができる。

【0127】

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 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。

【0128】

3. 第 3 の実施の形態例

次に、図 8 ~ 図 12 を参照して第 3 の実施の形態例にかかる変位検出装置について説明する。

図 8 は、第 3 の実施の形態例に係る変位検出装置の構成を示す概略構成図である。図 9 は、第 3 の実施の形態例に係る変位検出装置における第 1 変位検出部及び第 2 変位検出部の構成を示す概略構成図である。図 10 は、第 3 の実施の形態例に係る変位検出装置における第 3 変位検出部及び第 4 変位検出部の構成を示す概略構成図である。図 11 は、第 3 の実施の形態例に係る変位検出装置における相対位置情報出力手段を示すブロック図である。図 12 A 及び図 12 B は、第 3 の実施の形態例に係る変位検出装置における第 1 の回折格子を示すものである。

【0129】

この第 2 の実施の形態例にかかる変位検出装置 101 は、第 1 の方向 X と、第 3 の方向 Z と、第 1 の方向 X 及び第 3 の方向 Z とも直交する第 2 の方向 Y の 3 次元の変位情報を出力可能な変位検出装置である。そのため、ここでは、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。

【0130】

図 8、図 9 及び図 10 に示すように、変位検出装置 201 は、第 1 の回折格子 211 が設けられた被測定部材 202 と、ヘッド 203 と、相対位置情報出力手段 204 とを備えている。ヘッド 203 と、被測定部材 202 は、第 1 の方向 X、第 2 の方向 Y 及び第 3 の方向 Z の 3 方向に相対的に移動可能に構成されている。

【0131】

図 12 A 及び図 12 B に示すように、被測定部材 202 は、平板状に形成されている。被測定部材 202 の被測定面 202 a には、第 1 の回折格子 211 が設けられている。第 1 の回折格子 211 は、第 1 の方向 X と平行をなす第 1 格子ベクトル方向と、第 2 の方向 Y と平行をなす第 2 格子ベクトル方向を有している。

【0132】

また、第 1 の回折格子 211 は、複数の突起 211 a により構成されている。複数の突起 211 a は、被測定面 202 a から第 3 の方向 Z に向けて突出している。この複数の突起 211 a は、第 1 の方向 X と平行をなす第 1 格子ベクトル方向と、第 2 の方向 Y と平行をなす第 2 格子ベクトル方向に沿ってそれぞれ間隔を空けて格子状に配置されている。

【0133】

なお、第 3 の実施の形態例にかかる第 1 の回折格子 211 を複数の突起 211 a により構成した例を説明したが、これに限定されるものではなく、例えば、被測定部材 202 の被測定面 202 a に形成された複数の凹部によって第 1 の回折格子 211 を構成してもよい。

【0134】

図 8、図 9 及び図 10 に示すように、ヘッド 203 は、第 1 変位検出部 5 A と、第 2 変位検出部 5 B と、第 3 変位検出部 5 C と、第 4 変位検出部 5 D と、光源 6 と、レンズ 16 と、光源側位相板 106 と、光分配部 207 とを備えている。第 1 変位検出部 5 A は、ヘッド 3 の第 1 の方向 X の一側に配置され、第 2 変位検出部 5 B は、ヘッド 3 の第 1 の方向

10

20

30

40

50

Xの他側に配置されている。また、第3変位検出部5Cは、ヘッド3の第2の方向Yの側に配置され、第4変位検出部5Dは、ヘッド3の第2の方向Yの他側に配置されている。

【0135】

第1変位検出部5A、第2変位検出部5B、第3変位検出部5C及び第4変位検出部5Dの間には、光源6、レンズ16、光源側位相板106及び光分配部207が配置されている。すなわち、光源6、レンズ16、光源側位相板106及び光分配部207は、ヘッド3における第1の方向X及び第2の方向Yの中心部に配置されている。

【0136】

光分配部207は、ミラー207aと、第1ハーフミラー207bと、第2ハーフミラー207cと、第3ハーフミラー207dとを有している。光分配部207は、第3の方向Zにおける被測定部材202側から、第3の方向Zに沿ってミラー207a、第1ハーフミラー207b、第2ハーフミラー207c、第3ハーフミラー207d順に配置されている。すなわち、第3ハーフミラー207dが光源6側に配置される。

10

【0137】

第3ハーフミラー207dにおける第2の方向Yの他側への反射率は、25%に設定されている。第2ハーフミラー207cにおける第2の方向Yの側への反射率は、33.3%に設定されている。そして、第1ハーフミラー207bにおける第1の方向Xの他側への反射率は、50%に設定されている。

【0138】

第3ハーフミラー207dを反射した光LDは、第4変位検出部5Dの光束分割部13Dに向けて照射される。第3ハーフミラー207dを透過し、第2ハーフミラー207cを反射した光LCは、第3変位検出部5Cの光束分割部13Cに向けて照射される。第3ハーフミラー207d及び第2ハーフミラー207cを透過し、第1ハーフミラー207bを反射した光LBは、第2変位検出部5Bの光束分割部13Bに向けて照射される。そして、第3ハーフミラー207d、第2ハーフミラー207c及び第1ハーフミラー207bを透過した光LAは、ミラー207aによって第1変位検出部5Aの光束分割部13Aに向けて反射する。

20

【0139】

なお、光分配部207は、無偏光特性である場合、光分配部207から各変位検出部5A、5B、5C、5Dの光束分割部13A、13B、13C、13Dまでの空間に光の偏光軸を調整する位相板等を設ける必要がなくなる。そのため、変位検出装置201の構成の簡略化を図ることができる。

30

【0140】

なお、第1変位検出部5A及び第2変位検出部5Bは、第2の実施の形態例に係る第1変位検出部5A及び第2変位検出部5Bと同様の構成を有しているため、その説明は省略する。

【0141】

なお、第1変位検出部5Aの受光部7Aは、下記式9に示す干渉信号を得る。ここで、A1は、干渉の振幅である。

40

[式9]

$$A1 \times \cos(2K1x + 2 \times B \times K2z + \delta)$$

【0142】

また、第2変位検出部5Bの受光部7Bは、下記式10に示す干渉信号を得る。ここで、A2は、干渉の振幅である。

[式10]

$$A2 \times \cos(-2K1x + 2 \times B \times K2z + \delta)$$

【0143】

50

第3変位検出部5Cは、第1の実施の形態例にかかる変位検出部5と同様に、受光部7Cと、第2の回折格子12Cと、光束分割部13Cと、参照用ミラー14Cと、物体用ミラー15Cと、第1の位相板17Cと、第2の位相板18Cと、を備えている。また、第2の回折格子12Cの格子ベクトル方向は、第2の方向Yと第3の方向Zで形成される平面上に存在する。受光部7Cは、相対位置情報出力手段204の第3相対位置情報出力部4Cに接続されている。そして、受光部7Cは、得られた干渉信号を第3相対位置情報出力部4Cに送信する。

【0144】

第3変位検出部5Cの受光部7Cは、下記式11に示す干渉信号を得る。ここで、A3は、干渉の振幅である。yは、第1の回折格子211の移動量、すなわちヘッド203と被測定部材202における第2の方向Yへの相対的な変位量を示している。

[式11]

$$A3 \times \cos(2K1y + 2 \times B \times K2z + \delta)$$

【0145】

第4変位検出部5Dは、第1の実施の形態例にかかる変位検出部5と同様に、受光部7Dと、第2の回折格子12Dと、光束分割部13Dと、参照用ミラー14Dと、物体用ミラー15Dと、第1の位相板17Dと、第2の位相板18Dと、を備えている。また、第2の回折格子12Cの格子ベクトル方向は、第2の方向Yと第3の方向Zで形成される平面上に存在する。受光部7Dは、相対位置情報出力手段204の第4相対位置情報出力部4Dに接続されている。そして、受光部7Dは、得られた干渉信号を第4相対位置情報出力部4Dに送信する。

【0146】

また、第4変位検出部5Dを構成する第2の回折格子12D、光束分割部13D、参照用ミラー14D、物体用ミラー15D、第1の位相板17D及び第2の位相板18Dは、第1変位検出部5Aに対して第2の方向Yに沿って反転して配置されている。

【0147】

第4変位検出部5Dの受光部7Dは、下記式12に示す干渉信号を得る。ここで、A4は、干渉の振幅である。

[式12]

$$A4 \times \cos(-2K1y + 2 \times B \times K2z + \delta)$$

【0148】

図11に示すように、相対位置情報出力手段204は、第1相対位置情報出力部4Aと、第2相対位置情報出力部4Bと、第3相対位置情報出力部4Cと、第4相対位置情報出力部4Dと、演算部214とを有している。

【0149】

上述したように、第1変位検出部5Aの受光部7Aと、第2変位検出部5Bの受光部7Bが得られる干渉信号における第1の方向Xの変位情報は、正負が異なっている。また、第3変位検出部5Cの受光部7Cと、第4変位検出部5Dの受光部が得られる第2の方向Yの変位情報は、正負が異なっている。

【0150】

そのため、第1相対位置情報出力部4Aの変位情報Aから第2相対位置情報出力部4Bの変位情報Bを引くことで、第1の方向Xの変位情報のみを取り出すことができる。また、第3相対位置情報出力部4Cの変位情報Cから第4相対位置情報出力部4Dの変位情報Dを引くことで、第2の方向Yの変位情報のみを取り出すことができる。そして、第1相対位置情報出力部4A、第2相対位置情報出力部4B、第3相対位置情報出力部4C及び第4相対位置情報出力部4Dの全ての変位情報A、B、C、Dを足し合わせることで、第3の方向Zの変位情報のみを取り出すことができる。

【0151】

10

20

30

40

50

そして、演算部 2 1 4 は、第 1 相対位置情報出力部 4 A、第 2 相対位置情報出力部 4 B、第 3 相対位置情報出力部 4 C、第 4 相対位置情報出力部 4 D の全ての変位情報 A、B、C、D を足し合わせて、4 で割ることで、ヘッド 1 0 3 と被測定部材 2 0 2 との第 3 の方向 Z への相対位置の変位情報を演算している。

【 0 1 5 2 】

また、演算部 2 1 4 は、第 1 相対位置情報出力部 4 A の変位情報 A から第 2 相対位置情報出力部 4 B の変位情報 B を引き、2 で割ることで、ヘッド 1 0 3 と被測定部材 2 0 2 との第 1 の方向 X の変位情報を演算している。演算部 2 1 4 は、第 3 相対位置情報出力部 4 C の変位情報 C から第 4 相対位置情報出力部 4 D の変位情報 D を引き、2 で割ることで、ヘッド 1 0 3 と被測定部材 2 0 2 との第 2 の方向 Y の変位情報を演算している。

10

【 0 1 5 3 】

これにより、第 3 の実施の形態例にかかる変位検出装置 2 0 1 によれば、第 1 の方向 X と、第 2 の方向 Y と、第 3 の方向 Z の 3 次元の変位情報を出力することができる。

【 0 1 5 4 】

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 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 1 5 5 】

また、第 4 の実施の形態例では、第 1 の回折格子 2 1 1 の第 1 格子ベクトル方向と第 2 格子ベクトル方向が直交する例を説明したが、これに限定されるものではない。第 1 格子ベクトル方向と第 2 格子ベクトル方向は直交しなくてもよく、被測定部材 2 0 2 の被測定面 2 0 2 a 上で互いに交差すればよい。そして、第 1 変位検出部 5 A 及び第 2 変位検出部 5 B は、第 1 格子ベクトル方向に沿って配置され、第 3 変位検出部 5 C 及び第 4 変位検出部 5 D は、第 2 格子ベクトル方向に沿って配置される。

20

【 0 1 5 6 】

4 . 第 4 の実施の形態例

次に、図 1 3 及び図 1 4 を参照して第 4 の実施の形態例にかかる変位検出装置について説明する。

図 1 3 は、第 4 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 1 4 は、第 4 の実施の形態例にかかる変位検出装置における第 1 の回折格子と第 2 の回折格子の入射角度及び回折角度の関係を示す説明図である。

30

【 0 1 5 7 】

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、第 1 の光束 L 1 が第 1 の回折格子に対して垂直に入射しない点と、第 2 の回折格子がブラッグ条件を満たさない点である。そのため、ここでは、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 5 8 】

図 1 3 に示すように、変位検出装置 3 0 1 は、不図示のヘッドと、被測定部材 2 に設けられた第 1 の回折格子 1 1 と、相対位置情報出力手段 3 0 4 とを備えている。また、ヘッド内には、光源 6 と、受光部 7 と、レンズ 1 6 と、光束分割部 3 1 3 と、第 2 の回折格子 3 1 2 と、参照用ミラー 3 1 4 と、物体用ミラー 3 1 5 と、第 1 の位相板 3 1 7 と、第 2 の位相板 3 1 8 が配置されている。

40

【 0 1 5 9 】

この第 4 の実施の形態例にかかる変位検出装置 3 0 1 では、第 1 の光束 L 1 が第 1 の回折格子に対して垂直に入射しない。そのため、光源 6、レンズ 1 6、光束分割部 3 1 3、第 2 の回折格子 3 1 2、参照用ミラー 3 1 4、物体用ミラー 3 1 5、第 1 の位相板 3 1 7、及び第 2 の位相板 3 1 8 は、第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 とは異なる位置に配置される。

【 0 1 6 0 】

50

なお、参照用ミラー 314 は、第 2 の光束 L 2 の光路長が、第 1 の光束 L 1 の光路長と同一になる位置に配置されている。また、参照用ミラー 314 は、光束分割部 313 から照射された第 2 の光束 L 2 が垂直に入射する位置に配置されている。さらに、物体用ミラー 315 は、第 2 の回折格子 312 で回折された第 1 の光束 L 1 が垂直に入射する位置に配置されている。

【0161】

次に、図 14 を参照して、第 1 の回折格子 11 の入射角度 θ_R 及び回折角度 θ と、第 2 の回折格子 12 への入射角度 θ_1 及び回折角度 θ_2 の関係について説明する。

図 14 に示すように、第 1 の回折格子 11 が第 3 の方向 Z に沿って上方、すなわちヘッドに接近する向きに長さ Z 移動すると、第 1 の光束 L 1 における第 1 の回折格子 11 に入射する位置は、入射点 P 1 から入射点 P 2 に変化する。そのため、第 1 の光束 L 1 が第 1 の回折格子 11 に入射する時点で、第 1 の光束 L 1 の光路長は、長さ M 短くなる。

10

【0162】

また、第 1 の回折格子 11 が第 3 の方向 Z に沿って上方、すなわちヘッドに接近する向きに長さ Z 移動すると、第 1 の光束 L 1 における第 2 の回折格子 312 に入射する位置は、入射点 Q 1 から入射点 Q 2 に変化する。そして、第 1 の回折格子 11 の入射点 P 2 から第 2 の回折格子 312 の入射点 Q 2 までの光路長は、第 1 の回折格子 11 が第 3 の方向 Z に移動していない時の第 1 の回折格子 11 の入射点 P 1 から第 2 の回折格子 312 の入射点 Q 1 までの光路長よりも長さ M 1 だけ長くなる。さらに、第 2 の回折格子 312 の入射点 Q 2 から物体用ミラー 315 までの距離は、第 1 の回折格子 11 が第 3 の方向 Z に移動していない時の第 2 の回折格子 312 の入射点 Q 1 から物体用ミラー 315 までの光路長よりも長さ M 2 だけ長くなる。

20

【0163】

そのため、 $Z = M 1 + M 2$ を満たせば、第 1 の回折格子 11 が第 3 の方向 Z に移動しても第 1 の光束 L 1 の光路長は、一定となる。また、 $Z = M 1 + M 2$ を満たす条件は、第 1 の回折格子 11 への入射角度 θ_R 、第 1 の回折格子 11 の回折角度 θ 、第 2 の回折格子 312 への入射角度 θ_1 、第 2 の回折格子 312 の回折角度 θ_2 から下記式 13 を示すことができる。

[式 13]

$$-\cos(\theta_1 + \theta + \theta_R) / \cos \theta_1 + \{\sin(\theta_1 + \theta + \theta_R) - \cos(\theta_1 + \theta + \theta_R) \tan \theta_1\} \sin \theta_2 = 1$$

30

【0164】

したがって、第 1 の回折格子 11 の回折角度 θ と第 2 の回折格子 312 の回折角度 θ_2 は、上記式 13 を満たす。これにより、第 1 の回折格子 11 が第 3 の方向 Z に移動しても第 1 の光束 L 1 の光路長を一定にすることができる。なお、第 1 の光束 L 1 が物体用ミラー 315 によって反射し、光束分割部 313 に戻る光路にも適用できる。従って、第 1 の光束 L 1 における帰り光路の光路長も常に一定にすることができる。

【0165】

なお、第 1 の光束 L 1 における第 1 の回折格子 11 への入射が垂直の場合、 $\theta_R = 0$ °。第 2 の回折格子 312 がブラッグ条件を満たすのであれば、 $\theta_1 = \theta_2 = \theta$ となる。その結果、上記式 13 は、上記式 5 に変換される。

40

【0166】

また、受光部 7 の受光素子は、下記式 14 のような干渉信号を得る。

[式 14]

$$A \times \cos(2K_1 X + 2K_1 Z \tan \theta_R + 2K_2 B Z + \delta)$$

$$B = \{\sin(\theta_1 + \theta + \theta_R) - \cos(\theta_1 + \theta + \theta_R) \tan \theta_1\} / \cos \theta_R$$

【0167】

K 1 は、 $2\pi / d_R$ で示される第 1 の回折格子 11 の波数である。また、x は、第 1 の

50

回折格子 1 1 の移動量、すなわちヘッド 3 と被測定部材 2 における第 1 の方向 X への相対的な変位量を示している。一方、 K_2 は、 $2 / d_T$ で示される第 2 の回折格子 1 2 の波数である。 z は、第 2 の回折格子 1 2 に入射する第 1 の光束 L 1 における第 2 の回折格子 1 2 の格子ベクトル方向の移動量を示している。なお、 d_R は、第 1 の回折格子 1 1 の格子ピッチであり、 d_T は、第 2 の回折格子 1 2 の格子ピッチである。また、 ϕ は、初期位相を示している。

【0168】

さらに、 B は、第 2 の回折格子 1 2 の格子ベクトル方向が、第 1 の光束 L 1 が第 1 の回折格子 1 1 に入射する方向に対して、傾斜角度 θ_T で傾斜することに伴う係数である。この傾斜角度 θ_T は、第 1 の回折格子 1 1 への入射角度 θ_R 、第 1 の回折格子 1 1 の回折角度 θ_1 、第 2 の回折格子 3 1 2 への入射角度 θ_2 と、 $\theta_T = \theta_1 + \theta_2 - \theta_R - 90^\circ$ の関係を有している。

10

【0169】

このように、第 1 の光束 L 1 が第 1 の回折格子 1 1 に対して垂直に入射せずに、かつ第 2 の回折格子 3 1 2 がブラッグ条件を満たしていなくても、第 1 の回折格子 1 1 の回折角度 θ_1 と第 2 の回折格子 3 1 2 の回折角度 θ_2 が上記式 1 3 を満たしていれば、第 1 の光束 L 1 の光路長が変化することがない。

【0170】

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。

20

【0171】

5 . 第 5 の実施の形態例

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

図 1 5 は、第 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。

【0172】

この第 5 の実施の形態例にかかる変位検出装置 4 0 1 は、ヘッド 3 又は被測定部材 2 における第 3 の方向 Z だけの相対的な変位を検出するものである。そのため、ここでは、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。

30

【0173】

図 1 5 に示すように、変位検出装置 4 0 1 は、被測定部材 2 に設けられた第 1 の回折格子 1 1 と、ヘッド 4 0 3 と、相対位置情報出力手段 4 0 4 とを備えている。

【0174】

ヘッド 4 0 3 は、変位検出部 4 0 5 と、光源 6 と、変位検出部 4 0 5 に設けられた受光部 7 とを有している。また、変位検出部 4 0 5 は、第 2 の回折格子 1 2 と、光束分割部 1 3 と、物体用ミラー 1 5 と、第 1 の位相板 1 7 と、を有している。なお、第 2 の回折格子 1 2、物体用ミラー 1 5 及び第 1 の位相板 1 7 は、第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 と同様の構成を有しているため、その説明は省略する。

【0175】

40

また、ヘッド 4 0 3 は、光束結合部 4 1 3 と、第 3 の回折格子 4 1 2 と、第 1 の参照用反射部材 4 1 4 a と、第 2 の参照用反射部材 4 1 4 b と、第 2 の物体用ミラー 4 1 5 と、第 3 の位相板 4 1 7 とを有している。第 1 の参照用反射部材 4 1 4 a と第 2 の参照用反射部材 4 1 4 b は、ヘッド 3 における第 1 の方向 X の両側において、互いに対向する位置に配置されている。第 1 の参照用反射部材 4 1 4 a 及び第 2 の参照用反射部材 4 1 4 b は、三角形状のプリズムにより構成されている。このように、参照用反射部材としては、ミラーに限定されるものではなく、プリズム等その他各種の光学部品を適用できるものである。

【0176】

光束分割部 1 3 を反射した参照光である第 2 の光束 L 2 は、第 1 の参照用反射部材 4 1

50

4 aに向かって照射される。そして、第1の参照用反射部材4 1 4 aは、入射した第2の光束L 2を第2の参照用反射部材4 1 4 bに向けて反射する。そして、第2の参照用反射部材4 1 4 bは、入射した第2の光束L 2を光束結合部4 1 3に向けて反射する。

【0 1 7 7】

光束結合部4 1 3、第3の回折格子4 1 2、第2の物体用ミラー4 1 5及び第3の位相板4 1 7は、光束分割部1 3、第2の回折格子1 2、物体用ミラー1 5及び第1の位相板1 7よりも第1の方向Xの片側に配置されている。具体的には、光束結合部4 1 3、第3の回折格子4 1 2、第2の物体用ミラー4 1 5及び第3の位相板4 1 7は、光束分割部1 3、第2の回折格子1 2、物体用ミラー1 5及び第1の位相板1 7に対して第1の方向Xに沿って反転した位置に配置されている。

10

【0 1 7 8】

第1の回折格子1 1の第1照射点P Aに入射し、第1の回折格子1 1と第2の回折格子1 2で2回ずつ回折して、再び光束分割部1 3に戻った第1の光束L 1は、光束分割部1 3によって反射されて光束結合部4 1 3に向けて照射される。光束結合部4 1 3は、入射した第1の光束L 1を再び被測定部材2の第1の回折格子1 1に向けて反射させる。すなわち、光束結合部4 1 3は、再反射部としての役割を有している。

【0 1 7 9】

光束結合部4 1 3を反射した第1の光束L 1は、第3の位相板4 1 7を通過し、その偏光方向が円偏光に変化する。そして、第3の位相板4 1 7を通過した、第1の光束L 1は、第1の回折格子1 1の第2照射点P Bに入射する。第1の光束L 1は、第1の回折格子1 1によって回折される。なお、第2照射点P Bでの回折方向の向きは、第1照射点P Aでの回折方向の向きとは第1の方向Xにおいて反対側を向いている。すなわち、第2照射点P Bでの回折方向の向きは、第1照射点P Aでの回折方向の向きと反転している。

20

【0 1 8 0】

第1の回折格子1 1で回折された第1の光束L 1は、第3の回折格子4 1 2に入射する。そして、第1の光束L 1は、第3の回折格子4 1 2で回折され、第2の物体用ミラー4 1 5に入射する。第1の光束L 1は、第2の物体用ミラー4 1 5によって反射されて、再び第3の回折格子4 1 2に入射する。そして、第1の光束L 1は、第3の回折格子4 1 2で再び回折されて、第1の回折格子1 1に入射する。

【0 1 8 1】

なお、第3の回折格子4 1 2の格子ピッチや回折角度は、第2の回折格子1 2の格子ピッチ d_T 、や回折角度と同じである。また、第3の回折格子4 1 2と第2の物体用ミラー4 1 5の位置関係は、第2の回折格子1 2と物体用ミラー1 5の位置関係を対して第1の方向Xに沿って反転させたものであり、第3の方向Zでの位置関係は同じである。そのため、これらの説明は省略する。

30

【0 1 8 2】

そして、第1の回折格子1 1に入射した第1の光束L 1は、第1の回折格子1 1に回折されて、第3の位相板4 1 7及び光束結合部4 1 3に向けて照射される。なお、第1の光束L 1は、第1の回折格子1 1だけで4回、回折されるが、そのうち2回の回折方向の向きが反転している。そのため、第1の光束L 1における第1の回折格子1 1で回折された位相がキャンセルされる。

40

【0 1 8 3】

光束結合部4 1 3に入射した第1の光束L 1は、光束結合部4 1 3を透過する。また、光束結合部4 1 3に入射した第2の光束L 2は、光束結合部4 1 3を反射する。これにより、第1の光束L 1と第2の光束L 2は、光束結合部4 1 3において重なり合う。そして、第1の光束L 1と第2の光束L 2は、互いに直交するs偏光とp偏光として重なり合い、受光部7に照射される。

【0 1 8 4】

光束分割部1 3によって分割された第1の光束L 1と第2の光束L 2における光束分割部1 3から光束結合部4 1 3までの光路長は、等しく設定されている。

50

【 0 1 8 5 】

受光部 7 は、第 1 の実施の形態例にかかる受光部 7 と同様の構成を有しているため、その説明は、省略する。なお、受光部 7 では、 $A \times \cos(4 \times B \times K_2 z + \quad)$ の干渉信号が得られる。ここで、 A は、干渉の振幅であり、 K_2 は、 $2 / d_T$ で示される第 2 の回折格子 1 2 の波数である。 z は、第 2 の回折格子 1 2 に入射する第 1 の光束 L_1 における第 2 の回折格子 1 2 の格子ベクトル方向の移動量を示している。なお、 d_R は、第 1 の回折格子 1 1 の格子ピッチであり、 d_T は、第 2 の回折格子 1 2 の格子ピッチである。また、 \quad は、初期位相を示している。

【 0 1 8 6 】

さらに、 B は、第 2 の回折格子 1 2 の格子ベクトル方向が第 3 の方向 Z に対して傾斜角度 τ で傾斜することに伴う係数である。そして、第 2 の回折格子 1 2 のへの入射角度（ブラッグ条件では、回折角度も同じになる）を θ とした場合、 $B = \cos \tau + \sin \tau \times \tan \theta$ で示すことができる。

10

【 0 1 8 7 】

このように、受光部 7 で得られる干渉信号には、第 3 の方向 Z の変位情報だけとなる。これにより、第 5 の実施の形態例にかかる変位検出装置 4 0 1 によれば、ヘッド 3 又は被測定部材 2 における第 3 の方向 Z だけの相対的な変位を検出することができる。

【 0 1 8 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 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。

20

【 0 1 8 9 】

6 . 第 6 の実施の形態例

次に、図 1 6 及び図 1 7 を参照して第 6 の実施の形態例にかかる変位検出装置について説明する。

図 1 6 は、第 6 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 1 7 は、第 6 の実施の形態例にかかる変位検出装置における第 1 の回折格子と第 2 の回折格子の入射角度及び回折角度の関係を示す説明図である。

【 0 1 9 0 】

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、第 2 の回折格子として反射型の回折格子を用いた点である。そのため、ここでは、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。

30

【 0 1 9 1 】

図 1 6 に示すように、変位検出装置 5 0 1 は、ヘッド 5 0 3 と、第 1 の回折格子 1 1 が設けられた被測定部材 2 と、相対位置情報出力手段 5 0 4 とを備えている。ヘッド 5 0 3 は、変位検出部 5 0 5 と、光源 6 と、変位検出部 5 0 5 に設けられた受光部 7 とを有している。

【 0 1 9 2 】

また、変位検出部 5 0 5 は、第 2 の回折格子 5 1 2 と、光束分割部 1 3 と、第 1 の位相板 1 7 と、第 2 の位相板 1 8 と、参照用ミラー 1 4 と、を有している。なお、光束分割部 1 3、参照用ミラー 1 4、第 1 の位相板 1 7 及び第 2 の位相板 1 8 は、第 1 の実施の形態例にかかる変位検出装置 1 と同様の構成を有しているため、その説明は省略する。

40

【 0 1 9 3 】

第 2 の回折格子 5 1 2 は、入射した第 1 の光束 L_1 を反射し、かつ回折する反射型の回折格子である。そして、第 2 の回折格子 5 1 2 は、第 1 の回折格子 1 1 によって回折された第 1 の光束 L_1 を、再び第 1 の回折格子 1 1 に向けて反射し、回折する。そのため、第 6 の実施の形態例にかかる変位検出装置 5 0 1 では、第 2 の回折格子 5 1 2 が物体用反射部材としての役割を有している。その結果、物体用反射部材として新たにミラーやプリズム等を設ける必要がなくなり、部品点数を削減することができる。

50

【 0 1 9 4 】

次に、図 1 7 を参照して、第 1 の回折格子 1 1 の入射角度 θ_R 及び回折角度 θ と、第 2 の回折格子 5 1 2 への入射角度 θ_1 及び回折角度 θ_2 の関係について説明する。

図 1 7 に示すように、第 1 の回折格子 1 1 が第 3 の方向 Z に沿って上方、すなわちヘッドに接近する向きに長さ Z 移動すると、第 1 の光束 L 1 における第 1 の回折格子 1 1 に入射する位置は、入射点 P 1 から入射点 P 2 に変化する。そのため、第 1 の光束 L 1 が第 1 の回折格子 1 1 に入射する時点で、第 1 の光束 L 1 の光路長は、長さ M 短くなる。

【 0 1 9 5 】

また、第 1 の回折格子 1 1 が第 3 の方向 Z に沿って上方、すなわちヘッドに接近する向きに長さ Z 移動すると、第 1 の光束 L 1 における第 2 の回折格子 5 1 2 に入射する位置は、入射点 Q 1 から入射点 Q 2 に変化する。そして、第 1 の回折格子 1 1 の入射点 P 2 から第 2 の回折格子 5 1 2 の入射点 Q 2 までの光路長は、第 1 の回折格子 1 1 が第 3 の方向 Z に移動していない時の第 1 の回折格子 1 1 の入射点 P 1 から第 2 の回折格子 5 1 2 の入射点 Q 1 までの光路長よりも長さ M 1 だけ長くなる。

10

【 0 1 9 6 】

そのため、 $M = M_1$ を満たせば、第 1 の回折格子 1 1 が第 3 の方向 Z に移動しても第 1 の光束 L 1 の光路長は、一定となる。また、 $Z = M_1$ を満たす条件は、第 1 の回折格子 1 1 への入射角度 θ_R 、第 1 の回折格子 1 1 の回折角度 θ 、第 2 の回折格子 5 1 2 への入射角度（回折角度） θ_1 とすると、 $\theta = \theta_R$ で、かつ $\theta_1 + \theta = 90^\circ$ で表すことができる。

20

【 0 1 9 7 】

したがって、第 1 の回折格子 1 1 への入射角度 θ_R 、第 1 の回折格子 1 1 の回折角度 θ 、第 2 の回折格子 5 1 2 への入射角度（回折角度） θ_1 は、 $\theta = \theta_R$ で、かつ $\theta_1 + \theta = 90^\circ$ を満たす。これにより、第 1 の回折格子 1 1 が第 3 の方向 Z に移動しても第 1 の光束 L 1 の光路長を一定にすることができる。

【 0 1 9 8 】

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。

【 0 1 9 9 】

7 . 第 7 の実施の形態例

次に、図 1 8 及び図 1 9 を参照して第 7 の実施の形態例にかかる変位検出装置について説明する。

図 1 8 は、第 7 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 1 9 は、第 7 の実施の形態例にかかる変位検出装置における第 1 の回折格子と第 2 の回折格子の入射角度及び回折角度の関係を示す説明図である。

30

【 0 2 0 0 】

この第 7 の実施の形態例にかかる変位検出装置 6 0 1 は、第 6 の実施の形態例にかかる変位検出装置 5 0 1 と同様に、第 2 の回折格子として反射型の回折格子を用いたものである。そのため、ここでは、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。

40

【 0 2 0 1 】

図 1 8 に示すように、変位検出装置 6 0 1 は、ヘッド 6 0 3 と、第 1 の回折格子 1 1 が設けられた被測定部材 2 と、相対位置情報出力手段 4 とを備えている。ヘッド 6 0 3 は、変位検出部 6 0 5 と、光源 6 と、変位検出部 6 0 5 に設けられた受光部 7 とを有している。

【 0 2 0 2 】

また、変位検出部 5 0 5 は、第 2 の回折格子 6 1 2 と、光束分割部 1 3 と、第 1 の位相板 1 7 と、第 2 の位相板 1 8 と、参照用ミラー 1 4 と、物体用ミラー 6 1 5 と、を有している。なお、光束分割部 1 3、参照用ミラー 1 4、第 1 の位相板 1 7 及び第 2 の位相板 1

50

8は、第1の実施の形態例にかかる変位検出装置1と同様の構成を有しているため、その説明は省略する。

【0203】

第2の回折格子612は、入射した第1の光束L1を反射し、かつ回折する反射型の回折格子である。そして、第2の回折格子612は、第1の回折格子11によって回折された第1の光束L1を、物体用ミラー615に向けて反射し、回折する。物体用ミラー615は、入射した第1の光束L1を再び第2の回折格子612に向けて反射させる。

【0204】

この第7の実施の形態例にかかる変位検出装置601では、第6の実施の形態例にかかる変位検出装置501に対して物体用ミラー615が追加されている。しかしながら、物体用ミラー615を設けることで、第1の光束L1の光路長と第2の光束L2の光路長を一致させる作業を容易に行うことができる。

【0205】

次に、図19を参照して、第1の回折格子11の入射角度 θ_R 及び回折角度 θ_1 と、第2の回折格子12への入射角度 θ_2 及び回折角度 θ_3 の関係について説明する。

図19に示すように、第1の回折格子11が第3の方向Zに沿って上方、すなわちヘッドに接近する向きに長さZ移動すると、第1の光束L1における第1の回折格子11に入射する位置は、入射点P1から入射点P2に変化する。そのため、第1の光束L1が第1の回折格子11に入射する時点で、第1の光束L1の光路長は、長さM短くなる。

【0206】

また、第1の回折格子11が第3の方向Zに沿って上方、すなわちヘッドに接近する向きに長さZ移動すると、第1の光束L1における第2の回折格子612に入射する位置は、入射点Q1から入射点Q2に変化する。そして、第1の回折格子11の入射点P2から第2の回折格子612の入射点Q2までの光路長は、第1の回折格子11が第3の方向Zに移動していない時の第1の回折格子11の入射点P1から第2の回折格子612の入射点Q1までの光路長よりも長さM1だけ長くなる。さらに、第2の回折格子612の入射点Q2から物体用ミラー615までの距離は、第1の回折格子11が第3の方向Zに移動していない時の第2の回折格子612の入射点Q1から物体用ミラー615までの光路長よりも長さM2だけ長くなる。

【0207】

そのため、 $Z = M1 + M2$ を満たせば、第1の回折格子11が第3の方向Zに移動しても第1の光束L1の光路長は、一定となる。また、 $Z = M1 + M2$ を満たす条件は、第1の回折格子11への入射角度 θ_R 、第1の回折格子11の回折角度 θ_1 、第2の回折格子612への入射角度 θ_2 、第2の回折格子612の回折角度 θ_3 から上記式13を示すことができる。

【0208】

したがって、第1の回折格子11の回折角度 θ_1 と第2の回折格子612の回折角度 θ_3 は、上記式13を満たす。これにより、第1の回折格子11が第3の方向Zに移動しても第1の光束L1の光路長を一定にすることができる。

【0209】

なお、第6の実施の形態例にかかる第2の回折格子512及び第7の実施の形態例にかかる第2の回折格子612としては、例えば、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を用いることが好ましい。これにより、特定の波長に対して回折効率を高めることができる。

【0210】

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601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。

【0211】

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

10

20

30

40

50

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。

【0212】

なお、本明細書において、「平行」及び「直交」等の単語を使用したか、これらは厳密な「平行」及び「直交」のみを意味するものではなく、「平行」及び「直交」を含み、さらにその機能を発揮し得る範囲にある、「略平行」や「略直交」の状態であってもよい。

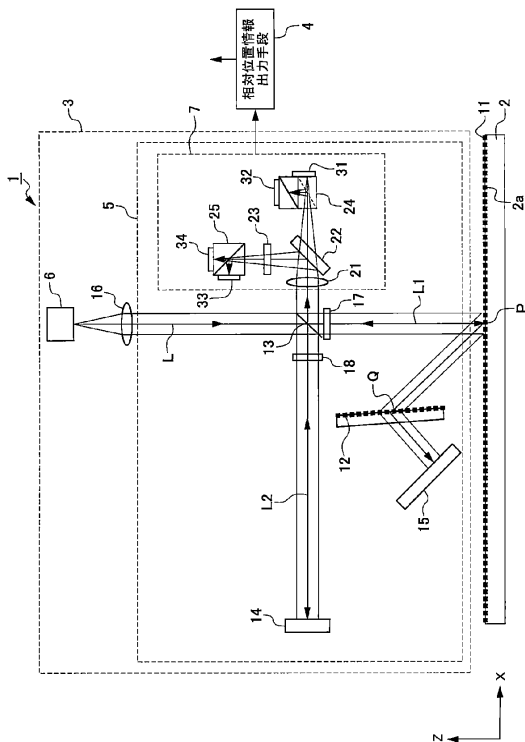
【符号の説明】

【0213】

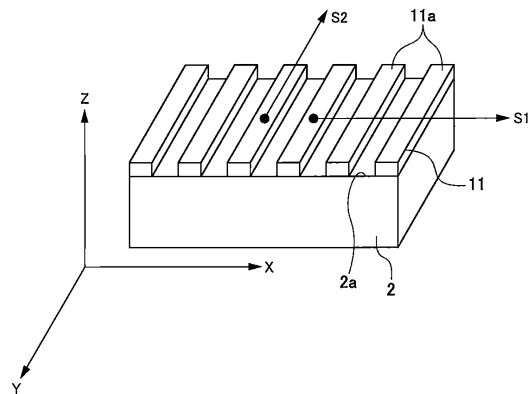
1 ... 変位検出装置、 2 ... 被測定部材、 2 a ... 被測定面、 3 ... ヘッド、 4 ... 相対位置情報出力手段、 5 ... 変位検出部、 6 ... 光源、 7 ... 受光部、 11 ... 第1の回折格子、 12 ... 第2の回折格子、 13 ... 光束分割部（光束結合部）、 14 ... 参照用ミラー（参照用反射部材）、 15 ... 物体用ミラー（物体用反射部材）、 17 ... 第1の位相板 18 ... 第2の位相板、 L1 ... 第1の光束、 L2 ... 第2の光束

10

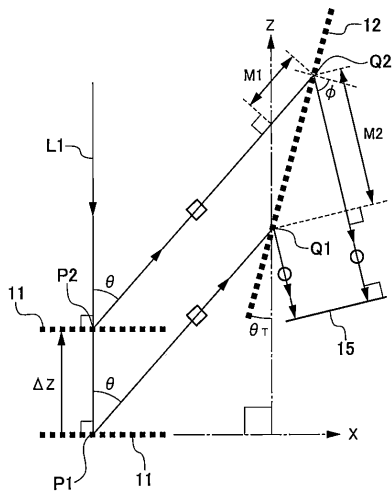
【図1】



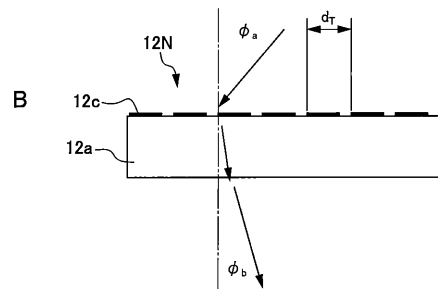
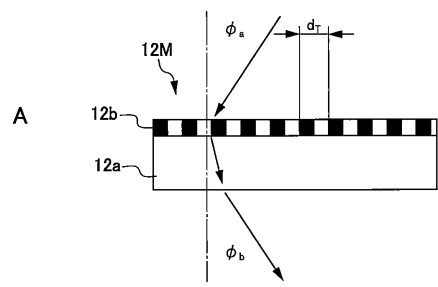
【図2】



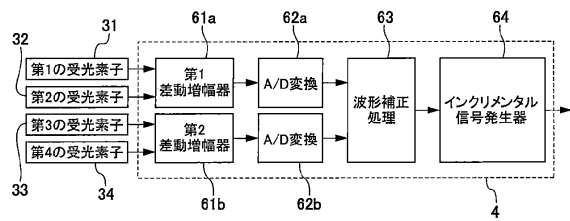
【 図 3 】



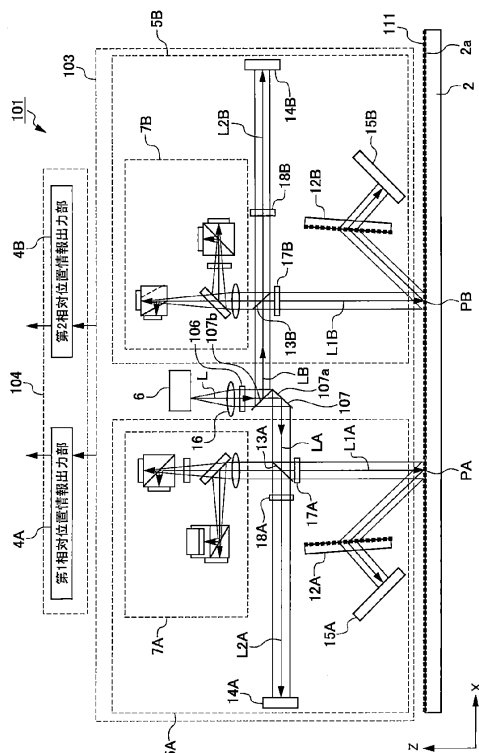
【 図 5 】



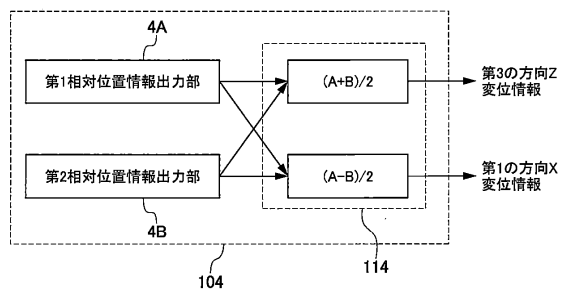
【 図 4 】



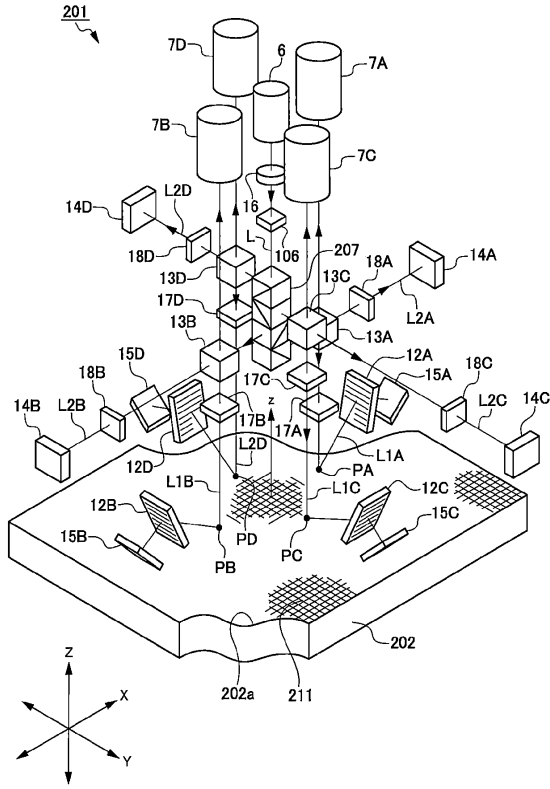
【 図 6 】



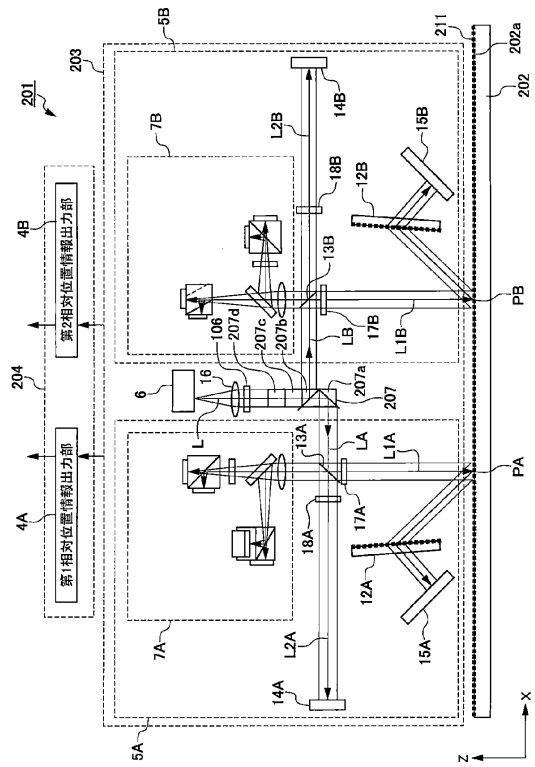
【 図 7 】



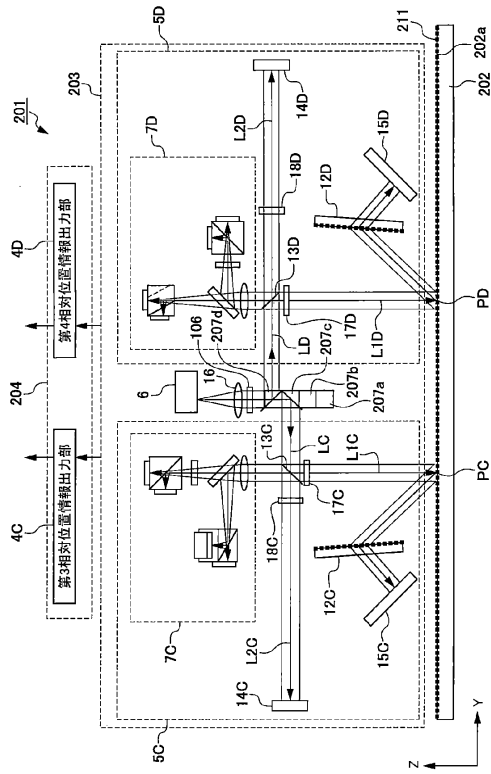
【図8】



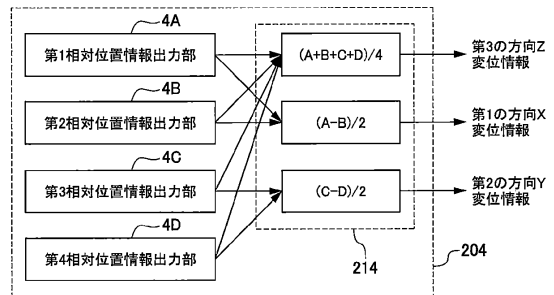
【図9】



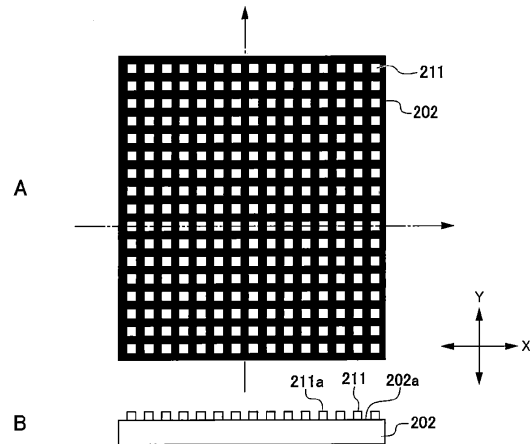
【図10】



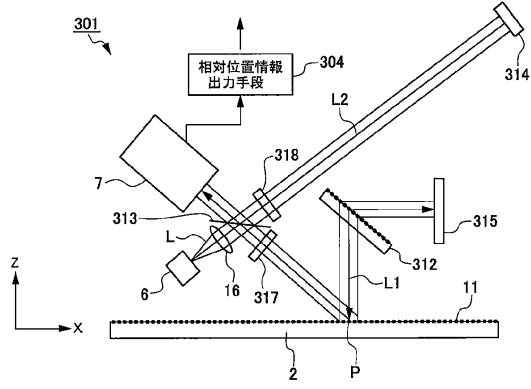
【図11】



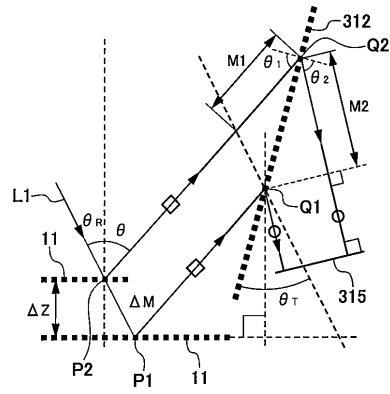
【図12】



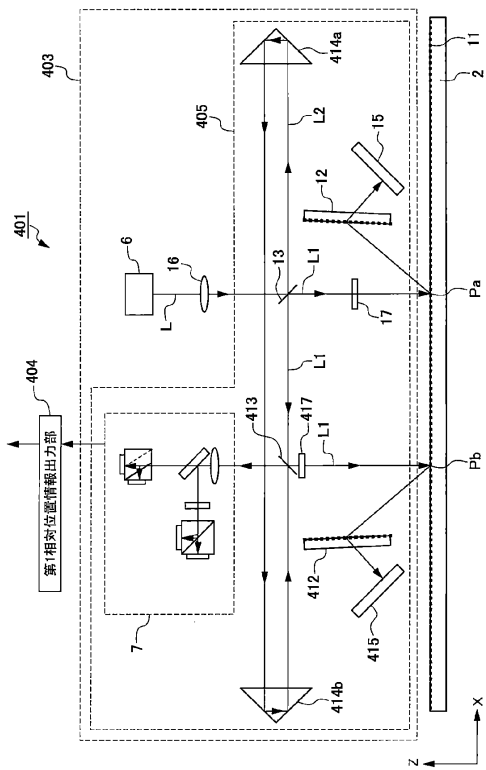
【図13】



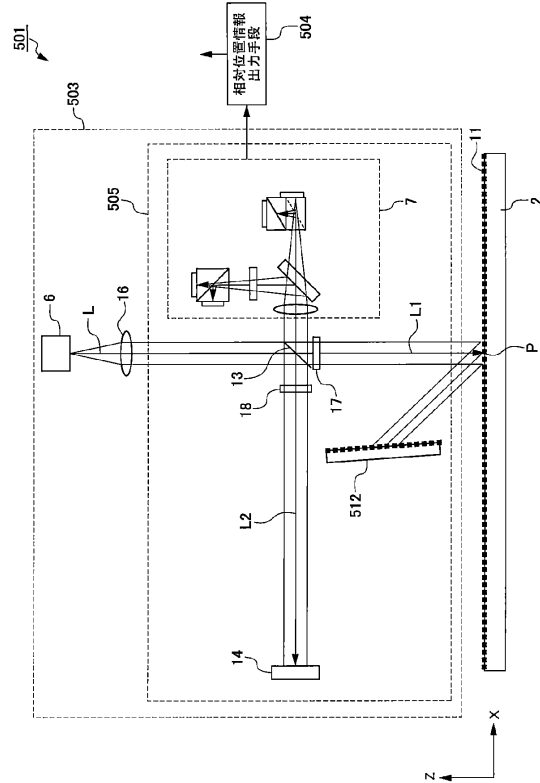
【図14】



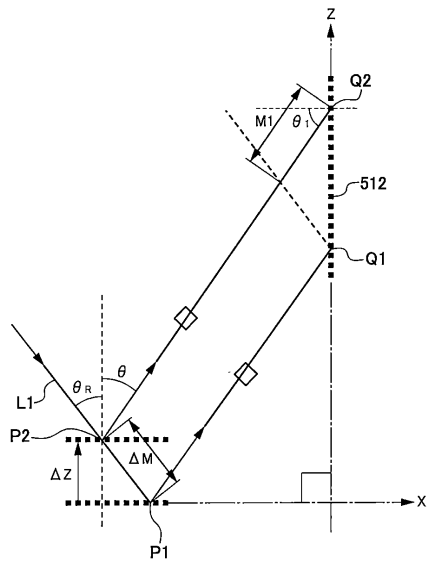
【図15】



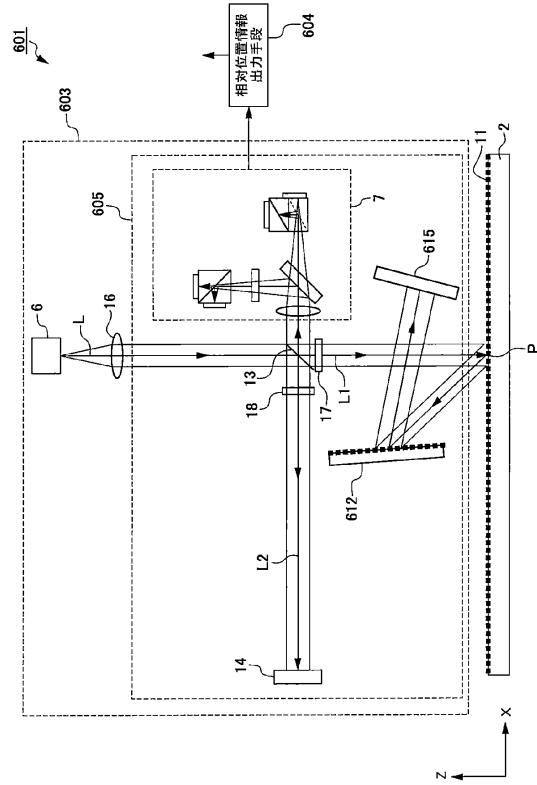
【図16】



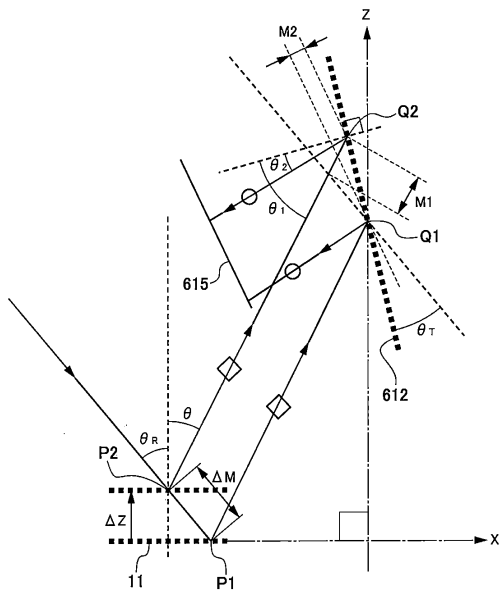
【 17 】



【 18 】



【 19 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2016-014600(JP,A)
国際公開第2012/081252(WO,A1)
米国特許第04939368(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01B 11/00
G01B 9/02