

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5504068号
(P5504068)

(45) 発行日 平成26年5月28日(2014.5.28)

(24) 登録日 平成26年3月20日(2014.3.20)

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

請求項の数 2 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2010-142291 (P2010-142291)	(73) 特許権者	000146847
(22) 出願日	平成22年6月23日(2010.6.23)		DMG森精機株式会社
(65) 公開番号	特開2012-7925 (P2012-7925A)		奈良県大和郡山市北郡山町106番地
(43) 公開日	平成24年1月12日(2012.1.12)	(74) 代理人	110000925
審査請求日	平成25年4月4日(2013.4.4)		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
		審査官	櫻井 仁

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】

第1の光源および第2の光源と、

前記第1の光源から出射される光を2つの光束に分割する第1の光束分割手段と、

前記第1の光束分割手段によって分割された第1の光束をコリメートさせる第1のコリメータレンズと、前記第1のコリメータレンズでコリメートさせた第1の光束を反射する反射部材と、前記第1の光束分割手段によって分割された第2の光束を被測定面上にコリメートさせて入射させる対物レンズと、

前記反射部材によって反射された前記第1の光束と、前記被測定面によって反射された第2の光束との干渉光を受光する第1の受光手段と、

前記第1の受光手段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相対値情報を出力する相対位置情報出力手段と、

前記第2の光源から出射される第3の光束を、前記対物レンズによって前記被測定面に集光させるようにコリメートさせる第2のコリメータレンズと、

前記被測定面によって反射された前記第3の光束を取り出す第2の光束分割手段と、

前記第2の光束分割手段により取り出された前記第3の光束に非点収差を発生させる非点収差発生手段と、

前記非点収差発生手段により非点収差が発生した前記第3の光束を受光する第2の受光手段と、

10

20

前記第2の受光手段により検出された受光強度に基づいて前記被測定面の高さ方向の絶対位置情報を生成し、出力する絶対位置情報出力手段と、
を含む
変位検出装置。

【請求項2】

前記第1の光源と前記第2の光源とは、互いに波長の異なる光を出射し、
前記第2の光源から出射された前記第3の光束は、前記第1の光束分割手段を介して前記被測定面に入射される
請求項1に記載の変位検出装置。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、光を用いた非接触センサにより、高精度に被測定面の変位を検出する変位検出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、被測定面の変位や形状を測定する装置として変位検出装置が広く利用されている。

この変位検出装置には、光を用いることにより、被測定面に非接触で変位の計測を行うものがある。こうした変位検出装置では、例えば、光源から出射した光を対物レンズで被測定面に集光させる。そして、被測定面によって反射された反射光を非点光学素子で集光して非点収差を発生させ、受光素子に入射させる。

20

【0003】

この受光素子での受光強度に基づいて、非点収差法によりフォーカスエラー信号が生成され、集光される光の焦点位置が被測定面となるようにサーボをかけて対物レンズを変位させる。

また、対物レンズには連結部材を介してリニアスケールが一体して取り付けられており、対物レンズの変位に連動してリニアスケールも移動する。この移動するリニアスケールの目盛りを、定点に固定された検出ヘッドにより読み出すことによって、被測定面の高さ方向の変位が検出される。

30

【0004】

しかし、このような変位検出装置ではフォーカスエラー信号自体のリニアリティが悪いため、高い検出精度が得られないという問題があった。

そこで、下記特許文献1では、校正テーブルを用いて非接触センサのフォーカスエラー信号を校正する手法が提案されている。

【0005】

下記特許文献1の変位検出装置においては、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、被測定面に集光させる光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光のビーム径を2 μ m程度とすることにより、リニアスケールの検出精度は、数nm~数100nm程度とされている。

40

【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】

【0007】

しかし、上述の特許文献1に開示された変位検出装置では、被測定面に結像される光のビーム径を小さくすることにより、高分解能化を図っている。このため、被測定面からの反射光は被測定面の面粗度の影響を受けやすく、被測定面に結像された光が散乱すること

50

によって測定誤差を生じてしまう。

また、ビーム径を小さくして高分解能化したために、被測定面に付着した微細な異物等を検出する場合があります、被測定面の変位や形状等の変位情報が常に正確に得られる訳ではない。

【0008】

また、近年の半導体製造装置や検査装置等においては、チルト機構を有した超精密位置決めステージが用いられている。こうした超高精密な位置決めステージでは、センサ自体の発熱を抑えつつ、かつ高速に高さ方向を計測することが要求されてきている。

しかし、これまでの変位検出装置では、例えば上記特許文献1に開示された変位検出装置のように、常にビームの結像位置が被測定面上にあるように制御しなければならない。

10

【0009】

このため、上記特許文献1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が、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る。

また、コイル等を駆動させることにより対物レンズが熱を帯び、測定位置にドリフトが生じてしまう。

これらの理由から、従来の方法では、その使用条件に制約が生じてしまっていた。

【0010】

そこで本発明は上記課題に鑑み、広い使用条件を有し、かつ高精度に高さ方向の位置を検出可能な変位検出装置を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記課題を解決するために、本発明による変位検出装置は、第1の光源および第2の光源と、第1の光源から出射される光を2つの光束に分割する第1の光束分割手段と、第1の光束分割手段によって分割された第1の光束をコリメートさせる第1のコリメータレンズと、第1のコリメータレンズでコリメートさせた第1の光束を反射する反射部材と、を備える。

また、この第1の光束分割手段によって分割された第2の光束を被測定面上にコリメートさせて入射させる対物レンズと、反射部材によって反射された第1の光束と、被測定面によって反射された第2の光束との干渉光を受光する第1の受光手段を備える。

30

また、第1の受光手段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相対位置情報を出力する相対位置情報出力手段も備える。

また、第2の光源から出射される第3の光束を、対物レンズによって被測定面に集光させるようにコリメートさせる第2のコリメータレンズと、被測定面によって反射された第3の光束を取り出す第2の光束分割手段と、第2の光束分割手段により取り出された第3の光束に非点収差を発生させる非点収差発生手段を備える。

そして、この非点収差発生手段により非点収差が発生した第3の光束を受光する第2の受光手段と、第2の受光手段により検出された受光強度に基づいて被測定面の高さ方向の絶対位置情報を生成し、出力する絶対位置情報出力手段と、を含む。

【0012】

40

本発明の変位検出装置によれば、被測定面からの反射光と、反射部材からの反射光の干渉光によって相対位置情報が求められる。すなわち、被測定面の高さに応じて周期的に変化する干渉光強度をスケールとして用いるものである。

また、本発明の変位検出装置によれば、被測定面からの反射光によって絶対位置情報が出力される。これにより、上述の干渉光によるスケールの基準点、基準位置をこの絶対位置情報によって定めることが可能となり、被測定面の変位が正確に検出される。

【発明の効果】

【0013】

本発明の変位検出装置によれば、被測定面からの反射光と、反射部材からの反射光の干渉光によって相対位置情報が取得され、被測定面からの反射光によって絶対位置情報が取

50

得される。

したがって、従来のような微細加工されたスケールを用いずに変位を検出することができる。また、従来のようにスケールを対物レンズと連動して駆動させる必要もない。

このため、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。また、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可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】第1の実施形態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】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。

10

【図3】第2の受光手段によって受光された光のスポットを示す説明図である。

【図4】フォーカスエラー信号を示す説明図である。

【図5】第2の実施形態に係る変位検出装置の構成を示す概略構成図である。

【図6】第3の実施形態に係る変位検出装置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】

以下本発明の実施の形態に係る変位検出装置について、図1～図6を基に説明するが、本発明は以下の例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。

20

【0016】

また、本発明では、その実施形態に関わらず、光源としてシングルモードの半導体レーザを用いると、コヒーレンスの高い光が出射されるので、計測範囲をより広くできる。また、この場合には、光源の温度をコントロールし、出射される光の波長を安定させることが望ましい。

また、マルチモードの半導体レーザを用いると、シングルモード半導体レーザよりも干渉性が低いので、受光素子の受光面におけるスペックルが抑制される。ただし、この場合には、計測範囲は可干渉距離となる。

また、光源は、変位検出装置の装置本体から脱着可能に取り付けられることが好ましい。これにより、光源の寿命や、必要とする光源の波長等に応じて容易に光源を交換できる。

30

【0017】

また、光源は、外部光源から光ファイバ等によって光を供給する形態であってもよい。この場合には、熱源となる光源を外部に移すことができる。また、これをさらに脱着可能な構成とすることで、変位検出装置から離れた場所での光源のメンテナンスが可能となり、作業性が向上する。

【0018】

また、光源からの光を気体または液体、真空等の空間を介して外部から供給してもよい。この場合にも熱源を装置本体から切り離すことができるが、光ファイバ等の装置本体に接続される部材から装置本体に伝わる振動を遮断することも可能になる。

40

【0019】

また、対物レンズは、温度の変化による光源の波長変動の影響を低減するために、例えばアクロマチックレンズ等を用いる等、色収差補正を行うことが好ましい。

【0020】

1. 第1の実施の形態

図1は、第1の実施の形態に係る変位検出装置100の構成を示す概略構成図である。本実施形態による変位検出装置100は、光源1と、光源1から出射される光を2つの光束に分割する第1の光束分割手段2と、第1の光束分割手段2によって分割された第1の光束を反射する反射部材8と、を備える。

また、この第1の光束分割手段3によって分割された第2の光束を被測定部材9の被測

50

定面上に集光する対物レンズ5と、反射部材8によって反射された第1の光束と被測定部材9の被測定面によって反射された第2の光束との干渉光を受光する第1の受光手段30を備える。

【0021】

また、第1の受光手段30により受光した干渉光強度に基づいて被測定部材9の被測定面の高さ方向の変位量を出力する相対位置情報出力手段60も備える。

また、被測定面によって反射された第2の光束の一部を取り出す第2の光束分割手段20と、第2の光束分割手段20により取り出された第2の光束に非点収差を発生させる非点収差発生手段10を備える。

そして、この非点収差発生手段10により非点収差が発生した第2の光束を受光する第2の受光手段40と、第2の受光手段40により検出された受光強度に基づいて被測定面の高さ方向の絶対位置情報を生成し、出力する絶対位置情報出力手段50と、を含む。

【0022】

光源1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、発光ダイオード等によって構成してよい。なお、後述するように、本発明においては光源からの光の干渉光を用いて計測を行うので、光源から発せられる光の可干渉距離が長い程、計測範囲が広がる。

【0023】

光源1から出射された光は、コリメートレンズ等のレンズ2によって例えば平行光にコリメートされる。また、レンズ2によってコリメートされた光は、例えば偏光ビームスプリッタ等の第1の光束分割手段3によって、2つの光束に分割される。

例えば、光源1からの光のうち、s偏光は光束分割手段3によって反射され、p偏光は光束分割手段3を透過する。

第1の光束分割手段3によって反射されたs偏光による第1の光束は、集光レンズ7によって、例えばミラー等の反射部材8に集光される。この反射部材8の光反射膜は、例えば金等の金属皮膜により構成されている。このため、一般の誘電体多膜層による反射膜に比べて、湿度の変化による偏光や波長特性の変化を抑えることが可能であり、安定した位置検出が行われる。

【0024】

反射部材8によって反射された第1の光束は、再び集光レンズ7を経由して第1の光束分割手段3に入射する。なお、第1の光束分割手段3と反射部材8の間の光路上には、例えば1/4波長板等の位相板6が配置されている。したがって、第1の光束は、反射部材8へと向かうその往路と復路において位相板6を2回透過することにより、偏光方向が90度回転してp偏光となる。

そして、p偏光となった第1の光束は第1の光束分割手段3を透過し、集光レンズ11に入射する。

【0025】

一方、光束分割手段3を透過したp偏光による第2の光束は、1/4波長板等の位相板4を透過することによって円偏光となり、対物レンズ5によって被測定部材9の被測定面に集光される。この対物レンズ5のNA値が高い程解像度が高くなり、逆にNA値が低い程、被測定面の測定範囲が広がる。

なお、対物レンズ5によって集光された第2の光束は、被測定面上に必ずしも結像される必要はない。結像位置を被測定面からずらし、被測定面上でのスポット径を大きくすることにより、被測定面の面粗度や異物等による測定誤差の影響を低減できる。

また、

【0026】

また、上記特許文献1では、被測定面上に光を結像させるために、非測定面に追従して対物レンズ5を上下方向に駆動させている。これに対し、本実施形態の対物レンズ5は変位検出装置100において固定されている。

したがって、本実施形態では、対物レンズ5によって第2の光束を結像させようとする

10

20

30

40

50

位置は、被測定面の凹凸に関わらず変動しない。このため、非測定面の絶対変位を求めるための基準点とすることができる。

【 0 0 2 7 】

被測定面に入射した第 2 の光束は反射され、再び対物レンズ 5 を経由して 1 / 4 波長版等の位相板 4 に入射する。第 2 の光束は位相板 4 によって円偏光から s 偏光となり、第 1 の光束分割手段 3 によって反射される。

そして、第 1 の光束分割手段 3 によって反射された第 2 の光束は、集光レンズ 1 1 に入射する。

【 0 0 2 8 】

なお、第 1 の光束分割手段 3 から反射部材 8 までの光路長と、第 1 の光束分割手段 3 から集光レンズ 5 による第 2 の光束の焦点位置、すなわち絶対変位を計測する基準点までの光路長は等しくすることが好ましい。

これにより、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 の光束および第 2 の光束が受ける影響を等しくすることができる。したがって、後述する第 1 の受光手段によって受光する第 1 の光束と第 2 の光束の干渉光強度を、周囲環境に関わらず安定させることができ、より正確な計測を行える。

【 0 0 2 9 】

集光レンズ 4 を透過した第 1 の光束及び第 2 の光束は、第 2 の光束分割手段 2 0 によって 2 つの光束に分割される。

本実施形態では、第 2 の光束分割手段 2 0 は、例えばビームスプリッタ 1 2 と偏光板 2 1 によって構成される。

【 0 0 3 0 】

ビームスプリッタ 1 2 によって反射された第 1 の光束及び第 2 の光束は、受光手段 3 0 に入射し、受光される。

また、ビームスプリッタ 1 2 を透過した第 1 の光束及び第 2 の光束は、偏光板 2 0 を透過することにより、被測定部材 9 からの反射光である第 2 の光束のみが受光手段 4 0 によって受光される。

【 0 0 3 1 】

第 1 の受光手段 3 0 は、ビームスプリッタ 1 2 によって反射された第 1 の光束及び第 2 の光束を 2 つの光束に分割するハーフミラー 3 1 と、ハーフミラー 3 1 によって分割された第 1 の光束及び第 2 の光束を分割する偏光ビームスプリッタ 3 2 を備える。また、偏光ビームスプリッタ 3 2 によって分割された光束をそれぞれ受光する第 1 の受光素子 3 3 と第 2 の受光素子 3 4 とを備える。

また、ハーフミラー 3 1 によって分割されたもう一方の光束の光路上に配置された 1 / 4 波長板等の位相板 3 5 と、位相板 3 5 を透過した光束を分割する偏光ビームスプリッタ 3 6 を備える。また、偏光ビームスプリッタ 3 6 によって分割されたそれぞれの光束を受光する第 3 の受光素子 3 7 と第 4 の受光素子 3 8 とを備える。

【 0 0 3 2 】

ハーフミラー 3 1 に入射した第 1 の光束及び第 2 の光束は、共にそれぞれ分割される。

ハーフミラー 3 1 を透過した第 1 の光束及び第 2 の光束は、偏光ビームスプリッタ 3 2 に入射する。偏光ビームスプリッタ 3 2 は、互いに偏光方向が 9 0 度異なる第 1 の光束と第 2 の光束の偏光方向が、偏光ビームスプリッタ 3 2 の入射面に対してそれぞれ偏光方向が 4 5 度傾くように傾けて配置される。

【 0 0 3 3 】

これにより、第 1 の光束及び第 2 の光束の両方の光束は、偏光ビームスプリッタ 3 2 に対してそれぞれ p 偏光成分及び s 偏光成分を有することになる。したがって、偏光ビームスプリッタ 3 2 を透過した第 1 の光束及び第 2 の光束は、例えば同じ偏光方向を有する p 偏光となるので、第 1 の光束と第 2 の光束とを干渉させることができる。

また同様に、偏光ビームスプリッタ 3 2 によって反射される第 1 の光束及び第 2 の光束は、偏光ビームスプリッタ 3 2 に対する s 偏光であり、同じ偏光方向を有しているので干

10

20

30

40

50

渉させることができる。

【0034】

偏光ビームスプリッタ32によって反射された第1の光束と第2の光束との干渉光は、第1の受光素子33によって受光される。また、偏光ビームスプリッタ32を透過した第1の光束と第2の光束との干渉光は、第2の受光素子34によって受光される。

また、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。

【0035】

第1の受光素子33と第2の受光素子34では、 $A \cos(Kx + \quad)$ の干渉信号が得られる。Aは干渉の振幅であり、Kは $2 / \quad$ によって示される波数であり、 \quad は光源1の波長である。

また、xは、被測定部材9の被測定面によって反射された第2の光束の、被測定面の形状に応じて変化する光路長の変化量である。

反射部材8は固定されているので、第1の光束の光路長は変化しない。したがって、第1の受光素子33及び第2の受光素子34では、被測定面の形状に応じて第2の光束の光路長が $\quad / 2$ 変化することにより、1周期の光の明暗が生じる干渉光が受光される。

【0036】

一方、ハーフミラー31によって反射された第1の光束と第2の光束は、 $1 / 4$ 波長板等の位相板35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の光束と第2の光束は、位相板35を透過することにより、互いに逆回りの円偏光となる。

また、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、偏光ビームスプリッタ37に入射する。

【0037】

この直線偏光のs偏光成分は偏光ビームスプリッタ37によって反射され、第3の受光素子37に受光される。また、p偏光成分は、偏光ビームスプリッタ37を透過し、第4の受光素子38によって受光される。

偏光ビームスプリッタ37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。したがって、第2の光束の光路長が変化し、第1の光束と第2の光束の位相がずれると、重ね合わされた直線偏光の偏光方向は回転する。

【0038】

第2の光束の光路長が $\quad / 2$ だけ変化すると、直線偏光はちょうど180度回転する。したがって、第3の受光素子37と第4の受光素子38では、第2の光束の光路長が $\quad / 2$ 変化することにより、1周期の光の明暗が生じる干渉光が受光され、その光電変換される信号は $A \cos(Kx + \quad)$ によって表される。 \quad は初期位相である。

また、第3の受光素子37と第4の受光素子38とで光電変換される信号は、180度位相が異なる。

【0039】

なお、本実施形態では、第1の受光素子33と第2の受光素子34に受光される光束を分割する偏光ビームスプリッタ32に対して、第3の受光素子37と第4の受光素子38に受光される光束を分割する偏光ビームスプリッタ36は45度傾けて配置されている。

このため、第3の受光素子37と第4の受光素子38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。

【0040】

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37と第4の受光素子38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。

【0041】

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60によって演算され、被測定面の変位量がカウントされる。

10

20

30

40

50

例えば、図2に示すように、本実施形態の相対位置情報出力手段60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。

そしてこの信号はA/D変換器によって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。

【0042】

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、差動増幅器61bによって差動増幅され、A/D変換器61b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。

10

【0043】

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、被測定面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。

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単位時間の位相変化をカウントすることにより、第1の光束と第2の光束と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。したがって、これにより被測定面の高さ方向の変位量が検出される。

20

【0044】

なお、本実施形態の相対位置情報出力手段60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。

【0045】

次に、第2の光束分割手段20によって分割されるもう一方の光束、すなわちビームスプリッタ12を透過した光束について以下に説明する。

ビームスプリッタ12を透過した第1の光束と第2の光束の光路上には、第2の光束のみを透過させる偏光板21が配置されている。これにより、被測定物9の測定面からの反射光である第2の光束のみが取り出され、オフセット光量が除去される。

30

【0046】

また、この偏光板21上に例えばクロム膜または誘電体多層膜等を形成することにより、ビームスプリッタとしての機能を兼ね沿わせることも可能である。

この場合には、ビームスプリッタ12と偏光板21の作用を一つの部品にて成立させるため、部品点数の削減が図られる。

そして偏光板21を透過した第2の光束は、第2の受光手段40に入射する。

【0047】

また、第2の受光手段40に入射する第2の光束には、非点収差発生手段10により非点収差が付与される。

本実施形態では、集光レンズ11によって収束される第1の光束及び第2の光束の光路上に、光束の光軸に対して傾けたビームスプリッタ12を配置することで、ビームスプリッタ12を透過した光束に被点収差を発生させている。

40

シリンダリカルレンズを配置することによって非点収差を発生させてもよいが、本実施形態では、ビームスプリッタ12は光束を2方向に分割すると同時に非点収差も発生させており、部品点数を削減できるので好ましい。

【0048】

第2の受光手段40は、図3に示すように、第5～第8の受光素子41～44とを含んで構成される。第2の受光手段上に形成される第2の光束のスポットは、被測定面の高さ方向の位置によって外形が変化する。

例えば、被測定面上に照射される第2の光束の焦点が、被測定面よりも上側にある場合

50

は、図3Aに示すように、第2の受光手段40上の第2の光束のスポットA1は楕円形となる。

【0049】

また、被測定面上に照射される第2の光束の焦点が被測定面上にある場合には、例えば図3Bに示すように、そのスポットA2は略円形となる。

また、被測定面上に照射される第2の光束の焦点が被測定面よりも下方にある場合には、図3Cに示すように、そのスポットA3は、スポットA1と比べて長軸方向が90度回転した楕円形となる。

【0050】

受光素子41～44から出力される出力信号を、それぞれ受光素子41から順にA, B, C, Dとすると、被測定面上に照射される第2の光束の焦点位置からのずれを示すフォーカスエラー信号 S_{FE} は下記式1によって表される。

$$S_{FE} = (A + C) \cdot (B + D) \cdot \dots \cdot (1)$$

【0051】

図4に、この式1によって求められるフォーカスエラー信号の特性を示す。横軸は被測定面の高さ方向の位置であり、縦軸はフォーカスエラー信号である。

点Bに示すように、例えば被測定面上に照射される第2の光束の焦点が被測定面上にあるとき、フォーカスエラー信号はゼロとなる。

本実施形態では、対物レンズ5は固定されているので、被測定面上に照射される第2の光束の焦点位置は、一定である。したがって、フォーカスエラー信号がゼロとなるときにおける被測定面の高さも常に同じであり、フォーカスエラー信号がゼロとなる位置を変位検出における基準点として用いることが可能である。

【0052】

このフォーカスエラー信号を求める演算部は、第2の受光手段40に内臓されていてもよいし、絶対位置情報出力手段50に設けてもよい。また、絶対位置情報出力手段50は、フォーカスエラー信号をA/D変換し、値を出力する。

【0053】

なお、ビームスプリッタ12と第2の受光手段40との間の光路上に例えばくもりガラス等の光散乱体を配置してもよい。これにより、第2の受光手段40に入射する第2の光束の光軸方向に垂直な断面内において均一な光強度分布が得られる。したがって、被測定面上の微細な傷や異物等が検出されるのを抑制でき、面粗度の影響が低減されるので、被測定面の平均的な高さを計測することができる。

また、こうした光散乱体を例えば1kHz以上で振動させ、散乱方向を様々に変化させると、受光素子41～44上でのスペックルが平均化され、スペックルコントラストが低減される。

【0054】

また、対物レンズ5と第2の受光手段40との間の第2の光束の光路上に、所定の開口形状を有するアパーチャを配置し、特定の入射角度及び入射位置で対物レンズ5内に再入射する被測定面からの反射光を遮断してもよい。これにより、被測定面上の異物や凹凸による回折光が迷光として第2の受光手段40に受光されるのを防止できる。

【0055】

また、第1の受光手段や第2の受光手段における受光素子には、光ファイバを用いて干渉光や、非点収差を発生させた光を受光させるようにしてもよい。光ファイバを用いることにより、これら受光素子を変位検出装置100の光学系から離れた箇所に配置することが可能となる。

したがって、受光素子を絶対位置情報出力手段50や相対位置情報出力手段60の近傍に配置することにより、受光素子からこれら出力手段までの電気通信距離が短縮され、応答速度の向上が図れる。

【0056】

以上説明したように、本実施形態の変位検出装置100では、光源1から出射された光

10

20

30

40

50

を2つの光束に分割し、第1の光束を反射部材8に入射させ、第2の光束を被測定面に入射させる。

そして、被測定面からの反射光を用いてフォーカスエラー信号を求めることにより、絶対位置情報を検出し、反射部材8の反射光と被測定面からの反射光の干渉光により相対位置情報を求めている。

【0057】

従来においては、フォーカスエラー信号によってのみ、高さ方向の位置を検出していた。このため、フォーカスエラー信号の非線形性を補うために、校正テーブルを用いる必要があった。

しかし、本実施形態の変位検出装置100では、固定された反射部材8と被測定面からの反射光の干渉光が計測される。干渉光の強度は、被測定面の変位量に応じて周期的に変化する。すなわち、干渉光の強度の変化をスケールとして用いることにより、信号の線形性を確保することができる。干渉光の強度変化の周期は、光の波長によって決まるため、正確かつ微細なスケールとして用いることができる。

【0058】

また、干渉光の強度の変化によって得られるスケールの基準点は、被測定面からの反射光によって得られるフォーカスエラー信号により取得することが可能である。

したがって、本実施形態では、例えばフォーカスエラー信号がゼロとなる位置を基準とし、相対位置情報出力手段によって生成されるパルス、すなわち位相情報をカウントすることで、正確に変位を検出できる。

【0059】

また、フォーカスエラー信号等の絶対位置情報は、基準とする絶対位置を定めるために取得されるため、本実施形態では、従来のように対物レンズ5を被測定面に追従させて上下運動させる必要がない。

したがって、対物レンズ5を駆動させるための駆動機構が不要となり、熱の発生が抑制される。また、駆動機構の応答周波数による使用条件の制約も無い。

【0060】

また、フォーカスエラー信号の任意の位置において、相対位置情報出力手段における干渉光のカウント値を任意の値に変更できるようにしてもよい。

これにより、被測定面が測定範囲から外れてしまった場合においても、再び被測定面が検出され次第、すぐにもとの位置情報をカウントすることができる。

【0061】

またさらに、予め被測定面を上下方向に動かして計測を行い、前もって絶対位置情報と相対位置情報を取得しておいてもよい。この場合には、絶対位置情報と相対位置情報の差をとり相関を求めることで、フォーカスエラー信号のゼロクロス付近の波形にリニア補正をかけることが可能となる。

また、このように、絶対位置情報と相対位置情報の相関を求め、補正值として用いることにより、被測定面を見失って相対位置情報の検出が不可能となったとしても、フォーカスエラー信号による絶対位置出力手段50の位置情報のみで変位を検出することができる。

また、この変位検出装置100が実際に用いられる環境において、その場で得られる情報により直接校正されるため、より高い精度な変位検出が可能とされる。

【0062】

なお、空気の揺らぎが大きい環境では、相対位置情報出力手段60から出力される情報を用いず、絶対位置情報出力手段50から出力される情報により変位を検出してもよい。

また、高速応答を必要としたり、被測定面の面粗度が大きい場合には、絶対位置情報出力手段50から出力される情報を用いず、相対位置情報出力手段60から出力される情報により変位を検出する等、環境に応じた計測方法の提供も可能である。

【0063】

また、被測定物9の被測定面は、光源1から出射される光を反射させるミラー処理を施

10

20

30

40

50

しておく、よりS/N比の高い信号が得られるため好ましい。

また、測定対象としては特に限定せず、様々な対象物の測定を行うことができる。例えば、被測定物9として、光源1から出射される光と同一の波長の光を反射させる回折格子を用いることも可能である。

この場合には、本実施の形態による変位検出装置100と、2次元面内方向の位置を検出するいわゆるリニアスケールを用いたリニアエンコーダとによって、変位検出装置を構成することが好ましい。

例えば、回折格子をステージ上に取り付け、回折格子面に沿った方向の変位は、リニアエンコーダによって計測し、回折格子面に垂直な方向の変位は、本実施形態による変位検出装置100によって計測する。

これにより、ステージの3次元方向の変位検出が可能となり、例えばマイクロマシニング等の精密な3次元位置制御を必要とする機器において、ステージの正確な位置決めを行うことが可能となる。

【0064】

また、この場合には、回折格子上の表面に、光源1からの光を反射させる反射膜を平らに形成しておいてもよい。変位検出装置100はこの反射膜からの反射光を計測することで、高さ方向の変位検出を行う。

したがって、光源1から出射された光には、回折格子による回折光が生じないため、正確に変位検出を行える。また、リニアスケールは、この反射膜を透過する光を出射する光源を用いることにより、回折光等の検出を行う。

【0065】

また、この反射膜は、回折格子の下地側に形成してあってもよい。この場合には、光源1から出射される光が、回折格子を形成する材料に対して透過性を有するように、光源1から出射させる光の波長や回折格子の材料を選択する。これにより、光源1から入射された光に回折光が生じるのを抑制できる。

また、リニアスケールが出射する光を、回折格子に対して斜めから入射させることによって回折光の生じる方向を制御し、この回折光が変位検出装置100に検出されないようにしてもよい。

【0066】

2. 第2の実施の形態

上述の実施形態では、1つの光源を用いるものであった。第2の実施形態では、互いに波長の異なる2つの光源を用いる場合について説明する。

図5は、第2の実施形態に係る変位検出装置200の構成を示す概略構成図である。

本実施形態に係る変位検出装置200は、第1の光源101aと、第1の光源101aから出射された光を2つの光束に分割する第1の光束分割手段103と、を備える。

また、第1の光束分割手段103によって分割された第1の光束を反射する反射部材108を備える。

【0067】

また、第1の光源101aとは異なる波長の光を出射する第2の光源101bと、第1の光源101aから出射され、第1の光束分割手段103によって分割された第2の光束と第2の光源101bから出射された第3の光束とを被測定物109上に集光する対物レンズと、を備える。

【0068】

また、第1の光束と第2の光束と第3の光束とから、第3の光束を取り出す第2の光束分割手段112と、取り出された第3の光束に非点収差を発生させる非点収差発生手段110を備える。

また、反射部材108によって反射された第1の光束と、被測定面によって反射された第2の光束との干渉光を受光する第1の受光手段130と、第2の光束分割手段112によって取り出された第3の光束を受光する第2の受光手段140を備える。

【0069】

そして、第1の受光手段130によって取得した信号に基づいて相対位置情報を入力する相対位置情報出力手段160と、第2の受光手段140により取得した信号に基づいて絶対位置情報を入力する絶対位置情報出力手段150を備える。

【0070】

第1の光源101a及び第2の光源101bは、第1の実施の形態と同様に、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、発光ダイオード等、種々の光源によって構成してよい。ただし、第1の光源101aと第2の光源101bは、互いに異なる波長の光を出射する。

また、第1の光源101aの出射する光は、偏光ビームスプリッタ等の第1の光束分割手段103に対して、p偏光成分とs偏光成分とが等しくなるようにすることが好ましい。

10

また、第2の光源101bの出射する光は、この第1の光束分割手段103に対してp偏光とされる。したがって、図示しない偏光板等を配置することにより、第2の光源101bから出射される光の偏光方向を揃えてもよい。

【0071】

第1の光源101aから出射された光は、波長選択フィルタ113等の光束合成手段113によって反射され、例えばコリメータレンズ等のレンズ102に入射する。

レンズ102によって例えばコリメートされた光は、偏光ビームスプリッタ等の光束分割手段103に入射し、s偏光成分による第1の光束と、p偏光成分による第2の光束に分割される。

20

【0072】

光束分割手段103によって反射された第1の光束は、1/4波長板等の位相板106を透過して円偏光となり、集光レンズ107によって反射部材108に入射される。

そして、反射部材108により反射された第1の光束は、集光レンズ107を透して位相板106に入射し、p偏光となる。

p偏光となった第1の光束は、第1の光束分割手段103を透過し、集光レンズ111に入射する。

【0073】

一方、光束分割手段103を透過した第2の光束は、1/4波長板等の位相板104を透過すると集光レンズ105によって被測定物109の被測定面上に集光される。

30

被測定により反射された第2の光束は、集光レンズ105を透して再び位相板104に入射する。

第2の光束は、位相板104を2回透過することによりs偏光となり、第1の光束分割手段103によって反射され、集光レンズ111に入射する。

【0074】

本実施の形態においては、集光レンズ111に入射した第1の光束及び第2の光束は分割されず、そのまま第1の受光手段130によって受光される。

集光レンズ111によって集光される光の光路上には、波長選択フィルタ等の第2の光束分割手段112が配置されている。第2の光束分割手段112は、第1の光源101aから出射される光とおなじ波長の光を反射し、第2の光源101bから出射される光と同じ波長の光を透過する。

40

したがって、第1の光束及び第2の光束は第2の光束分割手段112によって反射され、第1の受光手段130に入射する。

【0075】

第1の受光手段130は、第1の光源101aから出射され反射部材108によって反射された第1の光束と、第1の光源101aから出射され、被測定面により反射された第2の光束との干渉光を受光する。

第1の受光手段130は、第1の実施の形態における第1の受光手段30と同じ構成であってよい。

【0076】

50

第2の光束分割手段112によって反射された第1の光束及び第2の光束は、ハーフミラー131に入射し、それぞれ2つの光束に分割される。

ハーフミラー131を透過した第1の光束及び第2の光束は、偏光ビームスプリッタ132に入射する。

【0077】

偏光ビームスプリッタ132は、第1の光束と第2の光束の両方の偏光方向に対して、その入射面が45度傾くように配置されている。したがって、第1の光束と第2の光束の両方の光束において、偏光ビームスプリッタ132に対するs偏光成分及びp偏光成分が生じる。このs偏光成分及びp偏光成分を偏光ビームスプリッタ132によってそれぞれ分割し、取り出すことによって、第1の光束と第2の光束とを干渉させる。

10

【0078】

偏光ビームスプリッタ132によって反射された第1の光束と第2の光束のs偏光成分による干渉光は、第1の受光素子133によって受光される。また、偏光ビームスプリッタ132を透過した第1の光束と第2の光束のp偏光成分による干渉光は、第2の受光素子134によって受光される。

【0079】

また、ハーフミラー131によって反射された第1の光束と第2の光束は、1/4波長板等の位相板135を透過することにより、互いに逆回りの円偏光となり、重ね合わされることで、回転する直線偏光となる。

この直線偏光のs偏光成分は偏光ビームスプリッタ136により反射され、第3の受光素子137に入射される。またp偏光成分は偏光ビームスプリッタ136を透過して第4の受光素子138に入射される。

20

【0080】

これら4個の受光素子133, 134, 137, 138によって取得された信号に対して、相対位置情報出力手段160では、第1の実施の形態(図2参照)において説明した処理を行うことにより、例えば2相のインクリメンタル信号等の相対位置情報が出力される。

【0081】

一方、第2の光源101bから出射される第3の光束は、波長選択フィルタ113を透過する。波長選択フィルタ113を透過した第3の光束は、レンズ102によって例えば

30

【0082】

第3の光束は、第1の光束分割手段103に対してp偏光であるので、第1の光束分割手段103を透過し、対物レンズ105によって被測定物109の被測定面上に集光される。

対物レンズ105は、本実施形態においても固定されており、第3の光束の焦点位置は一定とされる。この焦点位置は、必ずしも被測定面上にある必要はなく、被測定面近傍であってもよい。結像位置を被測定面からずらし、被測定面上でのスポット径を大きくすることにより、被測定面の面粗度や異物等による測定誤差の影響が低減される。

40

【0083】

被測定面によって反射された第3の光束は、再び対物レンズ105を透過して第1の光束分割手段103に入射する。

第1の光束分割手段103と被測定面との間の光路上には、1/4波長板等の位相板104が配置されており、第3の光束は、その往復路において位相板104を2回透過することによってp偏光となる。したがって、第3の光束は第1の光束分割手段103によって反射され、集光レンズ111に入射する。

【0084】

集光レンズ111に入射した第3の光束は、波長選択フィルタ等の第2の光束分割手段112を透過し、第2の受光手段140によって受光される。

50

本実施形態においても、非点収差発生手段 1 1 0 は、集光レンズ 1 1 1 と第 2 の光束分割手段 1 1 2 によって構成されている。第 3 の光束の収束光が、その光軸に対して斜めに配置された波長選択フィルタ 1 1 2 を透過することにより、非点収差が付与される。

このように、集光レンズ 1 1 1 と第 2 の光束分割手段 1 1 2 によって非点収差発生手段 1 1 0 を構成することで、シリンドリカルレンズ等を配置することなく非点収差を発生でき、部品点数の削減を図れる。

【 0 0 8 5 】

第 2 の受光手段 1 4 0 は、第 1 の実施の形態と同様に（図 3 参照）4 つの受光素子を含んで構成されており、絶対位置情報出力手段 1 5 0 は、この受光素子により取得される信号を用いてフォーカスエラー信号を生成する。

10

【 0 0 8 6 】

このように、本実施形態では、第 1 の光源 1 0 1 a から出射された光を反射部材 1 0 8 と被測定面とに入射させ、これらの反射光による干渉光により相対位置情報を生成する。

また、第 2 の光源 1 0 1 b から出射された光を被測定面に入射させ、この反射光により、絶対位置情報を生成する。

【 0 0 8 7 】

したがって、本実施形態においても、フォーカスエラー信号の例えばゼロクロス点が検出される位置等の基準点を決定し、そこからの変位を、相対位置情報出力手段 1 6 0 によって生成される相対位置情報によって求めることが可能である。

また、対物レンズ 1 0 5 を駆動することなく高さ方向の変位を計測することが可能であるため、駆動機構を必要としない。したがって、駆動機構によって発生する熱や、応答周波数の制約を受けない。このため、使用条件を緩和でき、様々な環境での計測が可能となる。

20

【 0 0 8 8 】

また、本実施形態では、相対位置情報検出に用いる光と、絶対位置情報検出に用いる光を異なる波長の光とし、波長選択フィルタ等の第 2 の光束分割手段によってこれらの光束を分割している。2 個の光源の出力を最大限に利用できることから、より高い S / N 比での変位検出を行うことができる。

【 0 0 8 9 】

また、第 1 の光源 1 0 1 a と第 2 の光源 1 0 1 b とを交互に発光させてもよい。この場合には、相対位置情報と絶対位置情報とが交互に得られ、この情報に同期をかけることにより、変位を検出することが可能となる。

30

光源を交互に発光させることにより、第 1 の光源 1 0 1 a からの光が第 2 の受光手段 1 4 0 に入射したり、第 2 の光源 1 0 1 b からの光が第 1 の受光手段 1 3 0 に入射するといった迷光をさらに低減でき、より精度の高い位置検出が実現される。

【 0 0 9 0 】

3 . 第 3 の実施の形態

本発明では、被測定面からの反射光の非点収差により変位の絶対位置情報を取得し、被測定面からの反射光と、反射部材等の特定の固定された基準面からの反射光との干渉光によって相対位置情報を取得する。

40

非点収差法によりフォーカスエラー信号を取得する場合には、被測定面に光をある程度集光させる必要がある。しかし、干渉光強度の変化の周期等を計測する場合には、被測定面に必ずしも光を集光させる必要はない。

【 0 0 9 1 】

本実施形態では、2 つの光源を用い、それぞれの光源から出射される光を、非点収差の計測用と、干渉光の測定用とに割り当てる。そして、それぞれの光源から出射される光を、光源ごとに異なるスポット径で被測定面上に集光させる構成とする。

これにより、フォーカスエラー信号を取得するための光を被測定面上にある程度集光させながらも、干渉光を計測するための光は、被測定面上にそれよりも大きいスポット径で入射させることが可能となる。

50

したがって、高い計測精度を維持したまま、より広い範囲な相対位置検出を行うことができる。

【0092】

図6は、第3の実施形態にかかる変位検出装置300の構成を示す概略構成図である。

本実施形態による変位検出装置は、第1の光源201aと、第1の光源201aから出射された光を2つの光束に分割する第1の光束分割手段203と、を備える。

また、第1の光束分割手段203によって分割された第1の光束を反射する反射部材208を備える。

【0093】

また、第1の光源201aとは異なる波長の光を出射する第2の光源201bと、第1の光源201aから出射され、第1の光束分割手段203によって分割された第2の光束と第2の光源201bから出射された第3の光束とを被測定物109上に集光する対物レンズ205と、を備える。

10

【0094】

また、第1の光束と第2の光束と第3の光束とから、第3の光束を取り出す第2の光束分割手段212と、取り出された第3の光束に非点収差を発生させる非点収差発生手段210を備える。

また、反射部材208によって反射された第1の光束と、被測定面によって反射された第2の光束との干渉光を受光する第1の受光手段230と、第2の光束分割手段212によって取り出された第3の光束を受光する第2の受光手段240を備える。

20

【0095】

そして、第1の受光手段230によって取得した信号に基づいて相対位置情報を出力する相対位置情報出力手段260と、第2の受光手段240により取得した信号に基づいて絶対位置情報を出力する絶対位置情報出力手段250を備える。

【0096】

第1の光源201a及び第2の光源201bは、第1、2の実施の形態と同様に、例えば半導体レーザーダイオードやスーパールミネッセンスダイオード、発光ダイオード等、種々の光源によって構成してよい。ただし、第1の光源201aと第2の光源201bは、互いに異なる波長の光を出射するものとする。

また、第1の光源201aの出射する光は、偏光ビームスプリッタ等の第1の光束分割手段203に対して、p偏光成分とs偏光成分とが等しくなるようにすることが好ましい。

30

また、第2の光源201bの出射する光は、この第1の光束分割手段203に対してp偏光とされる。もしくは、偏光板によりp偏光のみを取り出ししてもよい。

【0097】

第1の光源201aから出射された光は、光束合成手段213によって反射され、偏光ビームスプリッタ等の第1の光束分割手段203に入射する。この光束合成手段213は、第1の光源201aから出射される波長の光を反射し、第2の光源201bから出射される波長の光を透過する。

光束分割手段203に入射した第1の光源201aからの光は、s偏光成分による第1の光束と、p偏光成分による第2の光束に分割される。

40

【0098】

光束分割手段203によって反射された第1の光束は、レンズ207によって例えばコリメートされて平行光となり、反射部材208に入射する。そして反射部材208によって反射され、レンズ207を透過することにより収束光となり、第1の光束分割手段203に再入射する。

第1の光束分割手段203と反射部材208の間の光路上には、1/4波長板等の位相板206が配置されており、第1の光束分割手段203に再入射する第1の光束はp偏光となる。したがって、第1の光束は第1の光束分割手段203を透過し、レンズ211に入射する。

50

【 0 0 9 9 】

第1の光束分割手段203を透過した第2の光束は、対物レンズ205によってコリメートされ、例えば平行光となって被測定物209の被測定面に入射する。被測定面によって反射された第2の光束は、対物レンズ205によって収束光となり、第1の光束分割手段203に入射する。

第1の光束分割手段203と被測定物209の間の光路上には、1/4波長板等の位相板204が配置されており、第1の光束分割手段203に再入射する第2の光束はs偏光となる。したがって、第2の光束は第1の光束分割手段203によって反射され、レンズ211に入射する。

【 0 1 0 0 】

一方、第2の光源201bから出射される第3の光束は、例えばコリメータレンズ202によってコリメート平行光となり、波長選択フィルタ213を透過して第1の光束分割手段203に入射する。

第3の光束は第1の光束分割素子203に対してp偏光であるので、第1の光束分割素子203を透過し、対物レンズ205によって被測定面上に集光される。そして被測定面により反射された第3の光束は、対物レンズ205を透って平行光となり、第1の光束分割手段203に入射する。

第3の光束は、この過程で1/4波長板204を2回透過することにより偏光方向が90度回転しているため、第1の光束分割手段203によって反射される。そして反射された第3の光束はレンズ211に入射する。

【 0 1 0 1 】

このように、本実施形態では、第1の光源201aから出射される光を発散光のまま対物レンズ205やレンズ207に入射させ、これらのレンズを第1の光源201aから出射される光に対する例えばコリメート用のレンズとして用いている。

これにより、第2の光源201bから出射された第3の光束によって被測定面上に形成されるスポットよりも大きいスポット径で、第1の光束及び第2の光束を被測定面や反射部材208に入射させることができる。

なお、ここで例示する光学系のみならず、既知の様々な光学系の構成により、第1の光源201aからの光と、第2の光源201bからの光を異なるスポット径で被測定面上に入射させてよい。

【 0 1 0 2 】

また、本実施の形態においては、第2の実施の形態(図5参照)と同様に、集光レンズ211に入射した第1の光束及び第2の光束は分割されず、そのまま第1の受光手段によって受光される。

レンズ211に入射した第1の光束及び第2の光束は例えばコリメートされ、波長選択フィルタ等の第2の光束分割手段212によって反射される。

【 0 1 0 3 】

第2の光束分割手段212によって反射された第1の光束及び第2の光束は、レンズ214によって第1の受光手段230に集光される。

また、本実施形態においても、第1の受光手段230は、第1の実施の形態(図1参照)における第1の受光手段30と同様の構成であってよい。

第1の受光手段230は、第1の光束と第2の光束との干渉光を計測する。

【 0 1 0 4 】

第2の光束分割手段212によって反射された第1の光束及び第2の光束は、ハーフミラー231に入射し、第1の光束及び第2の光束をそれぞれ含む2つの光束に分割される。

【 0 1 0 5 】

ハーフミラー231を透過した第1の光束及び第2の光束は、偏光ビームスプリッタ232に入射する。

偏光ビームスプリッタ232は、第1の光束と第2の光束の両方の偏光方向に対して、

10

20

30

40

50

その入射面が45度傾くように配置されている。したがって、第1の光束と第2の光束の両方において、偏光ビームスプリッタ132に対するs偏光成分及びp偏光成分が生じ、第1の光束と第2の光束との干渉が可能となる。

【0106】

偏光ビームスプリッタ232によって反射された第1の光束と第2の光束のs偏光成分による干渉光は、第1の受光素子233によって受光される。また、偏光ビームスプリッタ232を透過したp偏光による第1の光束と第2の光束の干渉光は、第2の受光素子234によって受光される。

【0107】

また、ハーフミラー231によって反射された第1の光束と第2の光束は、1/4波長板等の位相板235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、重ね合わされることで、被測定面の変位に応じて偏光方向が回転する直線偏光となる。

この直線偏光のs偏光成分は偏光ビームスプリッタ236により反射され、第3の受光素子237に入射される。またp偏光成分は偏光ビームスプリッタ236を透過して第4の受光素子238に入射される。

そして、相対位置情報出力手段260は、第1の実施の形態(図2参照)と同様に、これらの受光素子233, 234, 237, 238によって取得された信号により相対位置情報を求め、出力する。

【0108】

一方、レンズ211に入射した第3の光束は、波長選択フィルタ等の第2の光束分割手段212を透過し、第2の受光手段240によって受光される。

本実施形態においても、非点収差発生手段210は、集光レンズ211と、その光軸に対して斜めに配置された第2の光束分割手段212によって構成されている。これにより、シリカルレンズ等を配置することなく非点収差を発生でき、部品点数の削減を図れる。

【0109】

第2の受光手段240は、第1の実施の形態と同様に(図3参照)4つの受光素子を含んで構成されており、絶対位置情報出力手段250は、この受光素子により取得される信号を用いてフォーカスエラー信号等の絶対位置情報を生成し、出力する。

【0110】

このように、本実施形態においても、被測定面により反射された光により絶対位置情報を取得し、被測定面により反射された光と、固定された反射部材により反射された光との干渉光により相対位置情報を取得する。

したがって、フォーカスエラー信号等の絶対位置情報を基に基準位置を定め、この基準位置からの変位量を相対位置情報によって求めることができる。

【0111】

この絶対位置情報と相対位置情報は、対物レンズ205を上下方向に駆動させることなく取得されるため、従来のような駆動機構を必要としない。したがって、熱や応答周波数等による使用条件の制約が低減される。

【0112】

また、本実施の形態では、相対位置情報を取得するために被測定面に入射させる光のスポット径を、例えば絶対値情報取得のための光のスポット径よりも大きくできる。このため、相対位置情報の測定範囲を広くすることが可能である。

【0113】

なお、第2の実施の形態及び第3の実施の形態においても、フォーカスエラー信号の任意の位置において、相対位置情報出力手段における干渉光のカウント値を任意の値に変更できるようにすることが好ましい。

これにより、被測定面が測定範囲から外れてしまった場合においても、再び被測定面が検出され次第、すぐにもとの位置情報をカウントすることができる。

【0114】

また、予め被測定面を上下方向に動かして計測を行い、予め絶対位置情報と相対位置情

10

20

30

40

50

報を取得し、補正値を求めることが可能であることは、第1の実施の形態と同様である。

補正値により絶対位置情報を校正することにより、被測定面を見失って相対位置情報の検出が不可能となったとしても、フォーカスエラー信号による絶対位置情報によって変位をカウントすることができる。

【0115】

また、被測定物の被測定面は、光源から出射される光を反射させるミラー処理を施しておくことにより、よりS/N比の高い信号が得られるため好ましい。

【0116】

また、測定対象としては、第2、第3の実施の形態においても特に限定せず、様々な物を測定対象としてよい。したがって、被測定物として回折格子を用い、3次元方向の変位検出を行うことも可能である。

また、この場合には、回折格子上の表面に、光源1からの光を反射させる反射膜を平らに形成してもよく、回折格子の下地側に形成してあってもよい。

【0117】

また、反射部材の光反射膜は、第1の実施の形態と同様に、金等の金属皮膜により構成されることが好ましい。これにより、湿度の変化による偏光や波長特性の変化を抑えることが可能であり、安定した位置検出が行われる。

【0118】

また、他にも、第2の光束分割手段と第2の受光手段との間の光路上に例えばくもりガラス等の光散乱体を配置してもよい。

また、対物レンズと第2の受光手段との間の第3の光束の光路上に、所定の開口形状を有するアパーチャを配置し、特定の入射角度及び入射位置で対物レンズ内に再入射する被測定面からの反射光を遮断してもよい。

また、第1の受光手段や第2の受光手段における受光素子には、光ファイバを用いて干渉光や、非点収差を発生させた光を受光させるようにしてもよい。

【0119】

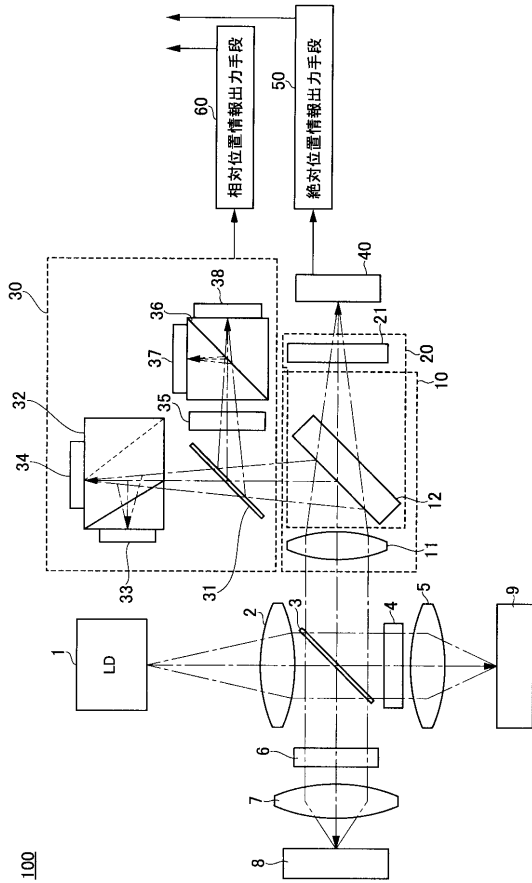
以上、本発明による変位検出装置の実施の形態について説明した。本発明は上記実施の形態にとらわれることなく、特許請求の範囲に記載した本発明の要旨を逸脱しない限りにおいて、考えられる種々の形態を含むものであることは言うまでもない。

【符号の説明】

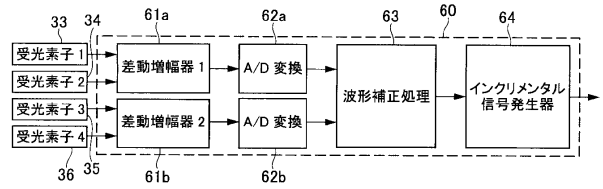
【0120】

1・・・光源、2, 7, 11, 102, 107, 111, 202, 207, 211, 214・・・レンズ、3, 103, 203・・・第1の光束分割手段、4, 6, 21, 35, 104, 106, 135, 204, 206, 235・・・位相板、5, 105, 205・・・対物レンズ、8, 108, 208・・・反射部材、9, 109, 209・・・被測定物、10, 110, 210・・・非点収差発生手段、12・・・ビームスプリッタ、20, 112, 212・・・第2の光束分割手段、30, 130, 230・・・第1の受光手段、31, 131, 231・・・ハーフミラー、32, 36, 132, 136, 232, 236・・・偏光ビームスプリッタ、33, 34, 37, 38, 41, 42, 43, 44, 133, 134, 137, 138, 233, 234, 237, 238・・・受光素子、40, 140, 240・・・第2の受光手段、50, 150, 250・・・絶対位置情報出力手段、60, 160, 260・・・相対位置情報出力手段、61a, 61b・・・差動増幅器、62a, 62b・・・A/D変換器、63・・・波形補正処理部、64・・・インクリメンタル信号発生器、100, 200, 300・・・変位検出装置、101a, 201a・・・第1の光源、101b, 201b・・・第2の光源、113・・・波長選択フィルタ、

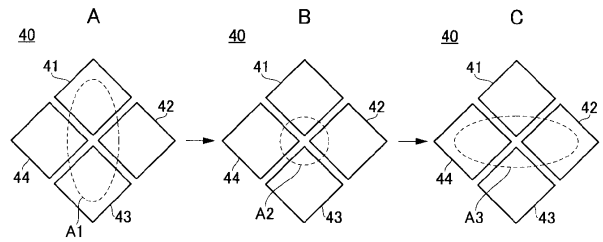
【図1】



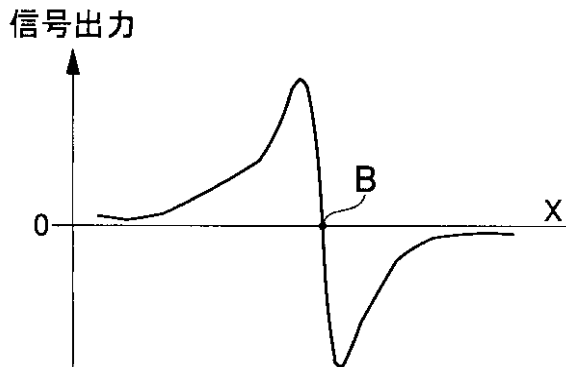
【図2】



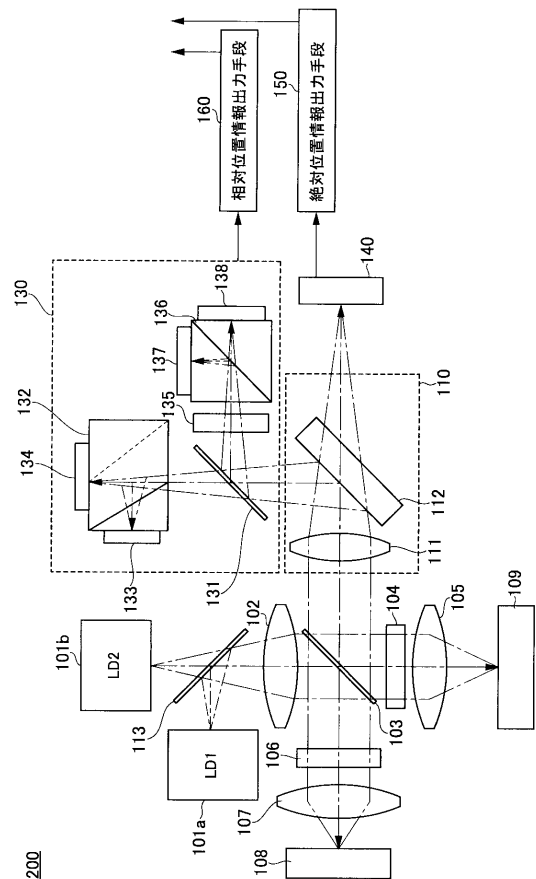
【図3】



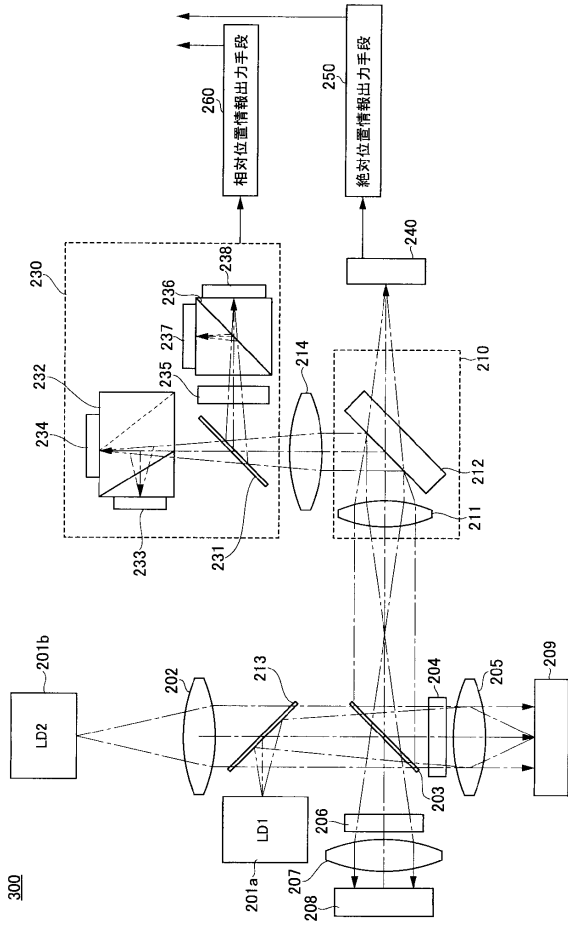
【図4】



【図5】



【 図 6 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特表2010-510529(JP,A)
特開平05-312538(JP,A)
特開2000-221013(JP,A)
特開2003-214816(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 11/00~11/30
G01B 9/02
G01C 3/06