

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5124424号
(P5124424)

(45) 発行日 平成25年1月23日 (2013. 1. 23)

(24) 登録日 平成24年11月2日 (2012. 11. 2)

(51) Int. Cl.

G 0 1 B 11/00 (2006.01)

F 1

G 0 1 B 11/00

G

請求項の数 5 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2008-293851 (P2008-293851)	(73) 特許権者	000129253
(22) 出願日	平成20年11月17日 (2008. 11. 17)		株式会社キーエンス
(65) 公開番号	特開2010-121977 (P2010-121977A)		大阪府大阪市東淀川区東中島 1 丁目 3 番 1
(43) 公開日	平成22年6月3日 (2010. 6. 3)		4 号
審査請求日	平成23年9月16日 (2011. 9. 16)	(74) 代理人	100107847
			弁理士 大槻 聡
		(72) 発明者	秋柴 雄二
			大阪府大阪市東淀川区東中島 1 丁目 3 番 1
			4 号 株式会社キーエンス内
		審査官	有家 秀郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学式変位計

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

検出光を生成する検出光生成手段と、

上記検出光の一部を反射し、検出光の他の一部を検査対象物側に透過させる基準面と、

上記基準面による反射光及び上記検査対象物による反射光からなる干渉光を分光する分光手段と、

分光後の上記干渉光を受光し、干渉光の波数に関する光強度分布を生成する光強度分布生成手段と、

上記波数に関する光強度分布を波数に対する光強度の空間周波数に関する光強度分布に変換し、上記空間周波数に関する光強度分布の極大点を抽出することを一定の時間間隔で繰返す光強度極大点抽出手段と、

上記波数に関する光強度分布の上記極大点の空間周波数に対応する周波数成分の位相を決定する位相決定手段と、

上記位相に基づいて、上記検査対象物の変位量を判定する変位量判定手段とを備え、

上記位相決定手段が、上記周波数成分の相対位相を 3 6 0 度の範囲内で判定する相対位相判定手段と、

上記相対位相判定手段による判定結果及び過去の判定結果に基づいて上記相対位相をつなぎ合わせ、絶対位相を求める絶対位相算出手段と、

リセット指示に基づいて、上記絶対位相の基準点を更新する位相基準更新手段とを有し、

上記変位量判定手段が、上記絶対位相に基づいて変位量を判定することを特徴とする光学

式変位計。

【請求項 2】

上記絶対位相算出手段は、最後に得られた相対位相とその直前に得られた相対位相との差が第 1 閾値を越えていれば、上限又は下限を跨いで得られた相対位相であると判断し、これらの相対位相をつなぎ合わせることを特徴とする請求項 1 に記載の光学式変位計。

【請求項 3】

最後に得られた相対位相とその直前に得られた相対位相との差が第 1 閾値よりも小さな第 2 閾値を越えた場合に、警告表示を行う表示手段を備えたことを特徴とする請求項 2 に記載の光学式変位計。

【請求項 4】

上記光強度極大点抽出手段が、上記空間周波数ごとの強度データを重心処理して上記極大点を決定することを特徴とする請求項 1 に記載の光学式変位計。

【請求項 5】

上記極大点の空間周波数に基づいて、上記絶対位相の検出範囲を推定する検出範囲推定手段を備え、

上記絶対位相算出手段が、上記検出範囲推定手段による推定結果に基づいて、絶対位相を求めることを特徴とする請求項 1 に記載の光学式変位計。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学式変位計に係り、さらに詳しくは、基準面による反射光と検査対象物による反射光との間の干渉を利用して検査対象物の変位量を測定する光学式変位計の改良に関する。

【背景技術】

【0002】

様々な波長を含む広帯域光を計測用の検出光として透明膜に照射し、透明膜の表面で反射された反射光と裏面で反射された反射光との干渉光を分光することによって透明膜の厚さを測定する膜厚測定装置が従来から知られている（例えば、特許文献 1 及び 2）。通常、膜厚測定装置では、透明膜の表面による反射光と裏面による反射光とからなる干渉光が、回折格子、プリズムなどの分散素子を用いて分光され、多数の受光素子が直線上に配置されたイメージセンサーに入射される。膜厚は、このイメージセンサーによって検出される素子ごとの受光量データに基づいて算出される。

【0003】

特許文献 1 に記載の膜厚測定装置では、分光後の干渉光の波長に関する強度分布から隣り合うピーク点を抽出し、これらのピーク点間の波数差から膜厚が算出される。また、特許文献 2 に記載の膜厚測定装置では、分光後の干渉光の波長に関する強度分布をフーリエ変換し、周波数成分ごとの位相勾配からピーク中心を定めて膜厚が算出される。

【0004】

この様に反射光の干渉を利用する測定装置としては、基準面による反射光と検査対象物による反射光との間の干渉を利用して検査対象物の変位量を測定する光学式変位計も知られている。この光学式変位計には、分光後の干渉光の波数に関する光強度分布をフーリエ変換して波数に対する光強度の空間周波数に関する光強度分布を求め、その極大点の空間周波数から変位量を判断するものと、波数に関する光強度分布の上記極大点の空間周波数に対応する周波数成分の位相から変位量を判断するものがある。

【0005】

極大点の空間周波数から直接に変位量を判断する光学式変位計は、検査対象物及び基準面間の距離が比較的長くても変位量が測定できるが、検査対象物表面が指紋などで汚れていると、干渉光の強度分布に歪みが生じ、その影響で測定精度が低下してしまうという問題があった。一方、極大点の空間周波数に対応する周波数成分の位相から変位量を判断する光学式変位計は、検査対象物表面の汚れによる影響を受けにくく、空間周波数から変位

10

20

30

40

50

量を判断するものに比べて測定精度が高いが、360度の範囲内でしか位相が定められないことから、測定できる範囲が狭いという問題があった。

【0006】

また、波長帯域幅の広い白色光を生成するハロゲンランプなどの光源装置を用いる膜厚測定装置の場合、通常、光量を一定レベル以上に保つために比較的径の大きな光ファイバーを用いて干渉光を分光器まで伝送させている。このような測定装置では、検出光の波長帯域幅が広いことから波長ごとの光量が十分でなく、このため、分光器の波長分解能を一定レベル以上に高くできないという問題もあった。

【特許文献1】特開平7-4921号公報

【特許文献2】特開平9-119815号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、測定精度を低下させることなく、測定できる範囲をロングレンジ化した光学式変位計を提供することを目的とする。特に、極大点の空間周波数に対応する周波数成分の位相から変位量を判断する光学式変位計の測定範囲をロングレンジ化することを目的とする。また、分光器の波長分解能を高くすることによって測定精度を向上させた光学式変位計を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

第1の本発明による光学式変位計は、検出光を生成する検出光生成手段と、上記検出光の一部を反射し、検出光の他の一部を検査対象物側に透過させる基準面と、上記基準面による反射光及び上記検査対象物による反射光からなる干渉光を分光する分光手段と、分光後の上記干渉光を受光し、干渉光の波数に関する光強度分布を生成する光強度分布生成手段と、上記波数に関する光強度分布を波数に対する光強度の空間周波数に関する光強度分布に変換し、上記空間周波数に関する光強度分布の極大点を抽出することを一定の時間間隔で繰返す光強度極大点抽出手段と、上記波数に関する光強度分布の上記極大点の空間周波数に対応する周波数成分の位相を決定する位相決定手段と、上記位相に基づいて、上記検査対象物の変位量を判定する変位量判定手段とを備え、上記位相決定手段が、上記周波数成分の相対位相を360度の範囲内で判定する相対位相判定手段と、上記相対位相判定手段による判定結果及び過去の判定結果に基づいて上記相対位相をつなぎ合わせ、絶対位相を求める絶対位相算出手段と、リセット指示に基づいて、上記絶対位相の基準点を更新する位相基準更新手段とを有し、上記変位量判定手段が、上記絶対位相に基づいて変位量を判定するように構成される。

【0009】

この光学式変位計では、基準面による反射光と検査対象物による反射光との間の干渉を利用して検査対象物の変位量を判定する際に、分光後の干渉光の波数に関する光強度分布を波数に対する光強度の空間周波数に関する光強度分布に変換し、その極大点が抽出される。そして、波数に関する光強度分布の上記極大点の空間周波数に対応する周波数成分の位相に基づいて変位量が判定される。上記周波数成分の位相は、360度の範囲内で判定された相対位相と過去の相対位相の判定結果とに基づいて、相対位相をつなぎ合わせた絶対位相として求められる。このような構成によれば、極大点の空間周波数に対応する周波数成分の位相に基づいて変位量を判定するので、検査対象物表面の汚れによる影響を受けにくく、極大点の空間周波数から直接に変位量を判断するものに比べて測定精度を向上させることができる。また、相対位相をつなぎ合わせて絶対位相を求め、この絶対位相に基づいて変位量を判定するので、測定できる範囲をロングレンジ化することができる。

【0010】

第2の本発明による光学式変位計は、上記構成に加え、上記絶対位相算出手段が、最後に得られた相対位相とその直前に得られた相対位相との差が第1閾値を越えていれば、上限又は下限を跨いで得られた相対位相であると判断し、これらの相対位相をつなぎ合わせ

10

20

30

40

50

るように構成される。

【0011】

第3の本発明による光学式変位計は、上記構成に加え、最後に得られた相対位相とその直前に得られた相対位相との差が第1閾値よりも小さな第2閾値を越えた場合に、警告表示を行う表示手段を備えて構成される。この様な構成によれば、最後に得られた相対位相とその直前に得られた相対位相との差が第2閾値を越えた場合に、警告表示を行うので、変位量の変動が大きくて相対位相のつなぎ合わせが追従できなくなる可能性が生じた場合に、そのことをユーザに認識させることができる。

【0012】

第4の本発明による光学式変位計は、上記構成に加え、上記光強度極大点抽出手段が、
上記空間周波数ごとの強度データを重心処理して上記極大点を決定するように構成される。
この様な構成によれば、空間周波数ごとの強度データを重心処理して極大点を決定するので、単純に強度データのピーク点を極大点とするのに比べて変位量の測定精度を向上させることができる。

10

【0013】

第5の本発明による光学式変位計は、上記構成に加え、上記極大点の空間周波数に基づいて、上記絶対位相の検出範囲を推定する検出範囲推定手段を備え、上記絶対位相算出手段が、上記検出範囲推定手段による推定結果に基づいて、絶対位相を求めるように構成される。この様な構成によれば、極大点の空間周波数から検出範囲を推定して絶対位相を求めるので、変位量の変動が大きくて相対位相のつなぎ合わせが追従できなかった場合であっても、変位量を正しく判定させることができる。

20

【0014】

第6の本発明による光学式変位計は、上記構成に加え、上記検出光及び上記干渉光を伝送させるのに、単一モードで光を伝送するシングルモードファイバーを用いているように構成される。この様な構成によれば、光ファイバーを伝送中の光に光路差が生じるのを抑制することができるので、変位量の測定精度をさらに向上させることができる。

【0015】

第7の本発明による光学式変位計は、上記構成に加え、上記検出光が、白色光に比べて波長帯域幅の狭い近赤外光であるように構成される。この様な構成によれば、波長ごとの光量を十分に確保することができるので、分光器の波長分解能を十分に高くすることができ、変位量の測定精度をさらに向上させることができる。

30

【発明の効果】

【0016】

本発明による光学式変位計によれば、極大点の空間周波数に対応する周波数成分の位相に基づいて変位量を判定するので、検査対象物表面の汚れによる影響を受けにくく、極大点の空間周波数から直接に変位量を判断するものに比べて測定精度を向上させることができる。また、相対位相をつなぎ合わせて絶対位相を求め、この絶対位相に基づいて変位量を判定するので、測定できる範囲をロングレンジ化することができる。従って、測定精度を低下させることなく、測定できる範囲をロングレンジ化した光学式変位計を実現することができる。また、波長ごとの光量を十分に確保することができるので、分光器の波長分解能を十分に高くすることができ、変位量の測定精度をさらに向上させることができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

<光学式変位計>

図1は、本発明の実施の形態による光学式変位計1の概略構成の一例を示したシステム図である。この光学式変位計1は、様々な波長を含む低コヒーレント光を計測用の検出光Lとして用いて、ワーク（検査対象物）Wの変位量を測定する測定装置であり、本体部10、伝送ケーブル20、コネクタ21及びヘッド部30からなる。

【0018】

本体部10は、ワークWに照射する検出光Lを生成するとともに、ワークWによる反射

50

光を分光してワークWの変位量を測定する処理ユニットである。この本体部10は、SLD駆動回路11、SLD12、コリメータレンズ13a、17、集光レンズ13b、コールドミラー14、LD駆動回路15、LD16、フェルール18、ファイバースプリッタ19及び分光装置40により構成される。

【0019】

SLD駆動回路11は、SLD12の駆動制御を行うドライバ回路である。SLD (Super Luminescent Diode: 高輝度ダイオード) 12は、計測用の検出光Lとして低コヒーレント光を生成する光源装置であり、SLED (高輝度発光ダイオード) と呼ばれることもある。例えば、波長0.70~1.0 μm 程度の近赤外光が検出光Lとして生成される。ここでは、波長0.85 μm を中心波長として含み、半値幅が0.02 μm の光がSLD12によって生成されるものとする。

10

【0020】

このような検出光Lを生成するSLD12は、ハロゲンランプなどの光源装置によって生成される白色光 (中心波長0.60 μm 、半値幅0.20 μm) に比べて波長帯域幅の狭い光源装置となっている。

【0021】

コリメータレンズ13aは、SLD12から入射した検出光Lを集光し、中心軸に略平行な平行光として出射する集光レンズである。集光レンズ13bは、コリメータレンズ13aから入射した検出光Lを集光し、フェルール18の端面に向けて出射する光学素子である。コリメータレンズ13a及び集光レンズ13bは、SLD12から出射された検出光Lを光ファイバーに入射させるための光ファイバー結合レンズとなっている。

20

【0022】

フェルール18は、検出光を伝送する光ファイバーの端部を保持するための接続部材である。SLD12、コリメータレンズ13a、集光レンズ13b及びフェルール18は、中心軸を互いに一致させて配置されている。

【0023】

LD駆動回路15は、LD16の駆動制御を行うドライバ回路である。LD (Laser Diode: レーザーダイオード) 16は、検出光Lの照射位置をワークW上に表示するためのガイド光として、可視光を生成する光源装置である。すなわち、LD16によるガイド光は、検出光Lによる測定スポットを可視化するのに用いられる。

30

【0024】

例えば、波長0.65 μm の赤色光がLD16によって生成される。LD16によるガイド光は、コールドミラー14よりも後段において、検出光Lと同じ伝送経路を伝搬してワークWに照射される。

【0025】

コールドミラー14は、コリメータレンズ13aを介してSLD12から入射した検出光Lをそのまま集光レンズ13b側へ透過させ、コリメータレンズ17を介してLD16から入射したガイド光を集光レンズ13bに向けて反射させる光学素子である。つまり、コールドミラー14は、赤外光が入射した場合に当該赤外光をそのまま透過させるのに対して、可視光が入射した場合には、当該可視光を全反射させる。

40

【0026】

ファイバースプリッタ19は、光ファイバーを介して、フェルール18、分光装置40及びコネクタ21に接続され、フェルール18から伝送された検出光Lをそのままコネクタ21側へ伝送するとともに、コネクタ21から伝送された光を主に分光装置40側へ伝送するファイバー形状のビームスプリッタである。具体的には、ファイバースプリッタ19の一方の端部にフェルール18及び分光装置40が接続され、他方の端部にコネクタ21が接続されている。

【0027】

伝送ケーブル20は、検出光Lを本体部10からヘッド部30まで伝送する光ファイバーからなる光伝送媒体である。伝送ケーブル20は、導光体からなる芯線と、芯線を被覆

50

する樹脂膜によって構成され、コネクタ 21 を介して本体部 10 と着脱可能に接続される。

【0028】

ヘッド部 30 は、本体部 10 から伝送された検出光 L をワーク W に向けて出射する計測ユニットであり、例えば、ワーク W を搬送するための搬送経路上に配置される。

【0029】

S L D 12 から出射された検出光 L は、コリメータレンズ 13 a に入射し、平行光として出射される。この平行光は、コールドミラー 14 を介して集光レンズ 13 b に入射し、フェルール 18 端面に向けて出射される。検出光 L は、このフェルール 18 を介して光ファイバー内に入射され、ファイバースプリッタ 19 を介してコネクタ 21 に伝送される。そして、検出光 L は、このコネクタ 21 及び伝送ケーブル 20 を介してヘッド部 30 に伝送され、ワーク W に向けて出射される。

10

【0030】

一方、検出光 L の照射によって検出光 L の一部がワーク W の表面で反射され、その反射光の一部は、ヘッド部 30 に入射される。この反射光は、伝送ケーブル 20 及びファイバースプリッタ 19 を介して分光装置 40 に伝送される。分光装置 40 は、この様な反射光を分光し、その分光結果からワーク W の変位量を算出する動作が行われる。

【0031】

<ヘッド部>

図 2 は、図 1 の光学式変位計 1 におけるヘッド部 30 の構成例を示した図であり、ヘッド部 30 内の構成が示されている。このヘッド部 30 は、伝送ケーブル 20 の端面から突出させた芯線 31 と、芯線 31 の端面に接合されたロッドレンズ 32 と、芯線 31 及びロッドレンズ 32 を収容する筐体 34 により構成される。

20

【0032】

芯線 31 は、検出光 L を伝送するためのコア及びクラッドからなる光ファイバーであり、伝送ケーブル 20 の端部から延伸させて筐体 34 内に配置されている。伝送ケーブル 20 の端部は、筐体 34 に設けられた支持部 35 によって保持されている。

【0033】

ロッドレンズ 32 は、伝送ケーブル 20 を介して本体部 10 から伝送された検出光 L を集光し、ワーク W に向けて出射するとともに、出射側端面 33 が平面の集光レンズである。このロッドレンズ 32 は、中心部から周縁部にかけて屈折率を変化させた円柱形状の屈折率分布レンズであり、中心軸に略平行な光であって、出射側端面 33 から遠ざかるに従って照射スポットが広がる光を検出光 L として出射するレンズとなっている。具体的には、中心部に比べて、周縁部ほど屈折率が低くなっており、中心軸に対する検出光 L の広がり角は、1.5 ～ 2.0 度程度となっている。

30

【0034】

また、ロッドレンズ 32 は、その直径を芯線 31 の直径 A1 と一致させ、出射側端面 33 付近に焦点が位置するように形成されている。具体的には、ロッドレンズ 32 の直径が $125\ \mu\text{m}$ ($A1 = 125\ \mu\text{m}$) であり、長さが $A2 = 1 \sim 2\ \text{mm}$ である場合、出射側端面 33 の前後 $100\ \mu\text{m}$ の範囲内に焦点が位置するように形成される。

40

【0035】

ロッドレンズ 32 は、出射側端面 33 と反対側の端面において芯線 31 の端面に融着されている。

【0036】

検出光 L は、ロッドレンズ 32 の出射側端面 33 から中心軸に略平行な平行光として出射され、ワーク W に照射される。ワーク W に照射された検出光 L の一部は、ワーク W の表面で反射され、その反射光の一部が出射側端面 33 を介してロッドレンズ 32 内に入射される。

【0037】

この光学式変位計 1 では、ワーク W による反射光と、出射側端面 33 による反射光との

50

干渉現象を利用することによって、ワークWの変位量、すなわち、出射側端面33及びワークW間の距離の変化量が算出される。つまり、出射側端面33は、干渉現象を利用してワークWの変位量を算出する際の基準面、すなわち、検出光Lの一部を反射し、検出光Lの他の一部をワークW側に透過させる基準面となっている。

【0038】

ロッドレンズ32の中心軸に略平行な平行光を検出光Lとして用いてワークWの変位量を測定させるので、検出光ビームの中心部と周縁部とでワークWによる反射光に光路差が生じるのを抑制することができる。これにより、ワークWの変位量を高い精度で測定することができる。ヘッド部30の出射側端面33からワークWまでの距離は、0～1mm程度となっている。

10

【0039】

ここでは、変位量の測定精度を向上させるという観点から、芯線31を構成する光ファイバーが、単一モードで検出光Lを伝送するシングルモードファイバーであるものとする。

【0040】

シングルモードファイバーとは、コアを細くしたゼロ分散型の光ファイバーのことであり、コア内に入射された光をコア及びクラッドの界面で全反射させることによって、コアからクラッド内への光の進入を阻止するものである。これによって、光ファイバーを伝送中の光に光路差が生じるのが抑制されるので、伝送中の光が干渉するのを防止することができる。

20

【0041】

一般に、光ファイバーは、コアの直径が伝送しようとする光の波長で決まる一定値以下であれば、シングルモードファイバーとなり、それよりも太ければマルチモードファイバーとなる。例えば、波長0.85μmの近赤外光を中心波長として含む検出光Lの場合、芯線31のモードフィールド径は、5.6μmとなっている。

【0042】

ここでは、SLD12からロッドレンズ32まで検出光Lを伝送させるのと、ロッドレンズ32から分光装置40まで干渉光を伝送させるのに、単一モードで光を伝送するシングルモードファイバーが用いられている。

【0043】

<分光装置>

図3は、図1の光学式変位計1における分光装置40の構成例を示した図である。この分光装置40は、フェルール41、コリメータレンズ42、回折格子43、結像レンズ44、1次元イメージセンサー45、イメージセンサー駆動回路46、アンプ47、ADコンバータ48、バッファメモリ49、演算回路50及び表示部60により構成される。

30

【0044】

フェルール41は、検出光Lの基準面による反射光と、ワークWによる反射光とからなる干渉光を伝送する光ファイバーの端部を保持するための接続部材であり、ファイバースプリッタ19から延伸する光ファイバーの端部に設けられている。

【0045】

コリメータレンズ42は、フェルール41から出射された干渉光、すなわち、ワークW表面で反射された反射光と基準面（ロッドレンズ32の出射側端面33）で反射された反射光とが重ね合わさった光が入射され、これらの光を集光して、中心軸に略平行な平行光として出射する集光レンズである。

40

【0046】

回折格子43は、干渉光を分光する分散素子であり、コリメータレンズ42から入射された干渉光を波長に応じて異なる方向に出射させる。結像レンズ44は、回折格子43から入射された干渉光を集光し、1次元イメージセンサー45上に結像させる集光レンズである。

【0047】

50

回折格子 4 3 によって回折された干渉光は、結像レンズ 4 4 を透過後、1 次元イメージセンサー 4 5 上で波長に応じて異なる位置に結像される。その際、伝搬経路の異なる反射光間の干渉によって、その波長に応じて干渉光は強め合ったり、弱め合ったりすることとなる。

【0048】

1 次元イメージセンサー 4 5 は、結像レンズ 4 4 によって集光された干渉光の結像位置（1 次元位置）を検出可能なイメージセンサーであり、CCD（Charge Coupled Devices：電荷結合素子）などの撮像素子からなる。この撮像素子は、分光後の干渉光を受光する多数の受光素子、例えば、PD（Photo Diode）からなり、受光量に応じた検出信号がそれぞれ出力される。1 次元イメージセンサー 4 5 は、この様な多数の受光素子を直線上に配列することによって構成される。イメージセンサー駆動回路 4 6 は、1 次元イメージセンサー 4 5 の駆動制御を行うドライバ回路である。1 次元イメージセンサー 4 5 では、一定の時間間隔で繰返し撮像する動作が行われる。

10

【0049】

1 次元イメージセンサー 4 5 から出力される検出信号は、アンプ 4 7 に入力され、電力増幅される。このアンプ 4 7 による電力増幅後の検出信号は、ADコンバータ 4 8 に入力され、アナログ信号からデジタル信号に変換されバッファメモリ 4 9 内に蓄積される。

【0050】

演算回路 5 0 は、バッファメモリ 4 9 内の検出データ、すなわち、受光素子ごとのピクセルデータに基づいて、ワーク W の変位量を算出し、測定結果として外部機器へ出力する動作を行っている。表示部 6 0 は、測定結果や検出データをモニター画面上に表示するディスプレイ装置である。

20

【0051】

図 4 は、図 3 の分光装置 4 0 における演算回路 5 0 の構成例を示したブロック図である。この演算回路 5 0 は、波長波数変換部 5 1、FFT 処理部 5 2、光強度極大点抽出部 5 3、第 1 変位量判定部 5 4、検出範囲推定部 5 5、位相決定部 5 6 及び第 2 変位量判定部 5 7 により構成され、分光後の干渉光の波数に関する光強度分布に基づいて、ワーク W の変位量を判定する動作を行っている。

【0052】

波長波数変換部 5 1 は、バッファメモリ 4 9 からピクセルデータを読み出し、受光素子ごとの受光量データからなる光強度分布を示す光量 I と波長 λ との関係を光量 I と波数（波長の逆数） $1/\lambda$ との関係に変換する動作を行っている。光量 I と波長 λ との関係を光量 I と波数 $1/\lambda$ との関係に変換することにより、強度分布曲線の周期を単一周期の分布に近づけることができる。つまり、波長波数変換部 5 1 は、干渉光の波長 λ に関する光強度分布を変換して、波数 $1/\lambda$ に関する光強度分布を生成する手段となっている。

30

【0053】

FFT 処理部 5 2 は、分光後の干渉光の波数に関する光強度分布を離散フーリエ変換し、波数に対する光強度の空間周波数に関する光強度分布を求める処理を行っている。具体的には、波長波数変換部 5 1 による変換結果を FFT（高速フーリエ変換）し、空間周波数ごとの強度データを生成する動作が行われる。

40

【0054】

光強度極大点抽出部 5 3 は、FFT 処理部 5 2 によって生成された空間周波数ごとの強度データに基づいて、空間周波数に関する光強度分布の極大点を抽出する動作を行っている。極大点は、強度が所定の閾値を越えている強度データを重心処理などの補間処理することによって決定される。極大点の抽出は、ピクセルデータが更新されるごとに、一定の時間間隔で繰返し行われる。

【0055】

第 1 変位量判定部 5 4 は、光強度極大点抽出部 5 3 によって抽出された極大点の空間周波数に基づいてワーク W の変位量を判定し、測定結果として出力する動作を行っている。空間周波数は、ワーク W 及び基準面間の距離やその変化量に比例する物理量である。ここ

50

では、外部機器からの取込み指示に基づいて極大点の空間周波数データを取込み、変位量を判定する動作が行われるものとする。

【0056】

位相決定部56は、光強度極大点抽出部53によって抽出された極大点の空間周波数に対応する周波数成分の位相を決定する動作を行っている。具体的には、FFTスペクトルデータ、すなわち、空間周波数ごとの強度データが得られるごとに相対位相をつなぎ合わせ、これにより、基準点に対する絶対位相を算出する動作が行われる。

【0057】

第2変位量判定部57は、位相決定部56によって決定された位相に基づいてワークWの変位量を判定し、測定結果として出力する動作を行っている。ここでは、外部機器からの取込み指示に基づいて位相データを取込み、変位量を判定する動作が行われるものとする。

10

【0058】

検出範囲推定部55は、光強度極大点抽出部53によって抽出された極大点の空間周波数に基づいて、絶対位相の検出範囲を推定する動作を行っている。

【0059】

位相決定部56では、検出範囲推定部55による推定結果を必要に応じて参照し、絶対位相を算出する動作が行われる。また、位相決定部56では、変位量の変動が大きくて相対位相のつなぎ合わせが追従できなくなる可能性が生じた場合に、そのことをユーザに認識させるための警告用の表示データを生成する動作が行われる。

20

【0060】

また、極大点の空間周波数から直接に変位量を判定する汎用モードと、極大点の空間周波数に対応する周波数成分の絶対位相から変位量を判定する高精度モードとを選択的に切り替えられるものとする。

【0061】

汎用モードと高精度モードとを選択的に切り替えて使用することにより、例えば、ワークWを所望の測定範囲内に位置決めする際に、光学式変位計1を汎用モードで動作させてワークWの変位量を測定すれば、検査対象とするワークWを比較的に高速で移動させても値とびなく高精度に位置決めを行うことができる。その後、高精度モードに切り替えて動作させれば、ワークWの表面形状をより高精度に測定することができる。この様に汎用モード及び高精度モードを選択的に切り替えることによって、ワークWの位置決めからワーク表面の微細形状の測定までを1台の変位計で実現することができ、省スペース化が実現できる。なお、汎用モード及び高精度モードの切り替えは、外部機器からの指令信号に基づいて実行するものであっても良いし、或いは、光学式変位計1に備えられた操作スイッチの操作に基づいて実行するものであっても良い。また、汎用モード及び高精度モードを選択的に切り替えるのに代えて、汎用モード及び高精度モードの両方を同時に実行し、それぞれのモードで測定結果として得られた変位量を出力するものであっても良い。

30

【0062】

図5は、図4の演算回路50における位相決定部56の構成例を示したブロック図である。この位相決定部56は、相対位相判定部71、判定履歴記憶部72、絶対位相算出部73、位相基準更新部74及び警告報知部75により構成される。相対位相判定部71は、FFTスペクトルデータに基づいて、波数に関する光強度分布の周波数成分であって、光強度極大点抽出部53によって抽出された極大点の空間周波数に対応する周波数成分の相対位相を360度の範囲内で判定する動作を行っている。

40

【0063】

絶対位相算出部73は、相対位相判定部71による判定結果と、判定履歴記憶部72に判定履歴として保持されている過去の判定結果とに基づいて相対位相をつなぎ合わせ、絶対位相の現在値を求めて位相データとして第2変位量判定部57へ出力する動作を行っている。具体的には、最後に得られた相対位相とその直前に得られた相対位相との差の絶対値が第1閾値Th1を越えていれば、相対位相の上限又は下限を跨いで得られた相対位相

50

であると判断し、これらの相対位相をつなぎ合わせて絶対位相の現在値を更新する動作が行われる。

【0064】

一方、最後に得られた相対位相とその直前に得られた相対位相との差の絶対値が第1閾値 $Th1$ 以下であれば、最後に得られた相対位相とその直前に得られた相対位相との差をそのまま加算して絶対位相の現在値を更新する動作が行われる。

【0065】

相対位相のつなぎ合わせは、最後に得られた相対位相とその直前に得られた相対位相との差が第1閾値 $Th1$ よりも大きい場合、相対位相の下限を跨いでいると判断し、最後に得られた相対位相とその直前に得られた相対位相との差から 360 度を引いた値を加算して絶対位相の現在値を更新することによって行われる。また、最後に得られた相対位相とその直前に得られた相対位相との差が $-Th1$ よりも小さい場合には、相対位相の上限を跨いでいると判断し、最後に得られた相対位相とその直前に得られた相対位相との差に 360 度を加えた値を加算して絶対位相の現在値を更新することによって行われる。

【0066】

位相基準更新部74は、コンソールやプログラマブルコントローラなどの外部機器からのリセット指示に基づいて、位相の基準点を更新する動作を行っている。相対位相の基準点と絶対位相の基準点とは、必ずしも一致させる必要はないが、ここでは、これらの基準点は一致しているものとし、リセットが指示されたタイミングで基準点が更新される。

【0067】

絶対位相算出部73では、検出範囲推定部55からの検出範囲情報に基づいて、絶対位相を求める動作が行われる。具体的には、変位量の変動が大きくて相対位相のつなぎ合わせが追従できなくなる可能性が生じた場合などに、必要に応じて検出範囲推定部55による推定結果を参照し、絶対位相の現在値を補正する動作が行われる。

【0068】

第2変位量判定部57では、取込みが指示されたタイミングで絶対位相算出部73から位相データを取込み、絶対位相の現在値に基づいて変位量を判定する動作が行われる。

【0069】

また、絶対位相算出部73では、変位量の変動が大きくて相対位相のつなぎ合わせが追従できなくなる可能性が生じた場合に、警告報知部75に警告表示を指示する動作が行われる。具体的には、最後に得られた相対位相とその直前に得られた相対位相との差の絶対値が第1閾値 $Th1$ よりも小さな第2閾値 $Th2$ を越えた場合に、警告表示が指示され、警告用の表示データが生成される。 $Th1 = 180$ 度の場合、例えば、 $Th2 = 90$ 度に設定される。

【0070】

図6は、ロッドレンズ32の出射側端面33から出射される検出光 I_0 のうち、出射側端面33で反射された反射光 I_1 と、ワークW表面で反射された反射光 I_2 とが干渉光 I として観測される様子を模式的に示した説明図である。

【0071】

検出光 I_0 を $i_0 = a_0 \times \sin(\omega t)$ 、反射光 I_1 を $i_1 = a_1 \times \sin(\omega t + 2\pi x_1 / \lambda)$ 、反射光 I_2 を $i_2 = a_2 \times \sin(\omega t + 2\pi x_2 / \lambda)$ と表すと、干渉光 I の強度は、 $(i_1 + i_2)^2$ の時間平均 $= (a_1^2 + a_2^2) + 2 \times a_1 \times a_2 \times \cos(4\pi d / \lambda)$ と表される。ただし、ワークWの表面とロッドレンズ32の出射側端面33との間の距離 d を用いて、 $x_2 - x_1 = 2d$ としている。

【0072】

上記関係式から、干渉光 I の強度は、 $4\pi d / \lambda = 2n\pi$ (n は整数) で最大値 $(a_1 + a_2)^2$ となり、 $4\pi d / \lambda = (2n + 1)\pi$ で最小値 $(a_1 - a_2)^2$ となることが分かる。

【0073】

光量 I と波数 $1 / \lambda$ との関係から得られるFFTスペクトルにおける極大点の周波数、

10

20

30

40

50

すなわち、空間周波数は、 $(1/\lambda_1 - 1/\lambda_2)$ の逆数に相当する。従って、上記関係式から得られる $4\pi d \times (1/\lambda_1 - 1/\lambda_2) = 2\pi$ を用いることにより、距離 d は、
(空間周波数) $\times 1/2$ から求めることができる。

【0074】

<波長に関する強度分布>

図7(a)及び(b)は、図3の分光装置40における動作の一例を示した図であり、分光後の干渉光の波長に関する光強度分布及び波数に関する光強度分布が示されている。図7(a)には、横軸を波長 λ 、縦軸を光量として、波長 λ が増加するに従って光量が激しく変化している様子が示されている。波長 λ は、1次元イメージセンサー45上の位置に相当する。

10

【0075】

1次元イメージセンサー45で検出される受光量は、 $4\pi d/\lambda = 2n\pi$ を満たす波長 λ で極大となり、 $4\pi d/\lambda = (2n+1)\pi$ を満たす波長 λ で極小となる。このため、波長 λ が増加するに従って、光量は、周期的に激しく変化することとなる。

【0076】

なお、光量分布における極大点を結ぶ包絡線は、検出光Lに含まれる波長の強度分布がガウス分布であることに対応して、検出光Lの中心波長を頂点とする山型の曲線となっている。

【0077】

図7(b)には、横軸を波数 $1/\lambda$ 、縦軸を光量として、波数 $1/\lambda$ が増加するに従って光量が周期的に変化している様子が示されている。1次元イメージセンサー45の検出データについて、受光素子ごとの受光量データからなる光強度分布を示す光量Iと波長 λ との関係を光量Iと波数 $1/\lambda$ との関係に変換することにより、強度分布曲線の周期を単一周期の分布に近づけることができる。

20

【0078】

<FFTスペクトル>

図8は、図3の分光装置40における動作の一例を示した図であり、横軸を空間周波数、縦軸を光強度として、光量Iと波数 $1/\lambda$ との関係から得られたFFTスペクトルが示されている。光量Iと波数 $1/\lambda$ との関係をフーリエ変換することによって得られるFFTスペクトルは、空間周波数ごとの強度データからなる。

30

【0079】

このFFTスペクトルの極大点における空間周波数が、ワークW表面で反射された反射光とロッドレンズ32の出射側端面33で反射された反射光との光路差に比例することから、ワークW表面及び出射側端面33間の距離 d は、極大点の空間周波数の $1/2$ 倍として算出することができる。

【0080】

ここでは、測定精度を上げるために、FFTスペクトルのピーク点(空間周波数 f_1)を極大点とはせずに、光強度が所定の閾値を越えている空間周波数データについて重心位置を求めることによって極大点(空間周波数 f_2)を決定している。

【0081】

単純にFFTスペクトルのピーク点から変位量を求めると、測定結果に $0.1\mu\text{m}$ 程度のバラツキが生じることとなるが、上述した様な重心処理を行うことによって、50倍程度の内挿効果を得ることができる。例えば、ワークWまでの距離 d が $d=1\text{mm}$ 程度で 50nm 程度の測定精度が得られる。さらに、ワークWが静止状態であれば、平均化処理によって 1nm 程度の測定精度を得ることもできる。

40

【0082】

図9及び図10は、図3の分光装置40における動作の一例を示した図であり、ワークWまでの距離 d を異ならせて取得された3つの強度分布81~83の波形が示されている。図9には、横軸を波数 $1/\lambda$ 、縦軸を光量として、強度分布81~83が示されている。強度分布81は、ワークW及び基準面間の距離 d が $d=49.9\mu\text{m}$ の場合であり、強

50

度分布 8 2 は、 $d = 50.0 \mu\text{m}$ の場合であり、強度分布 8 3 は、 $d = 50.1 \mu\text{m}$ の場合である。

【0083】

強度分布 8 1 ～ 8 3 の各波形を比較すれば、距離 d が長くなるに従って、波数 $1/\lambda$ が減少する方に波形が移動していることがわかる。

【0084】

図 10 には、横軸を空間周波数、縦軸を強度として、図 9 の強度分布 8 1 ～ 8 3 から得られた F F T スペクトルが示されている。この F F T スペクトルでは、空間周波数が 0 に近いところを除いて、強度分布 8 1 ～ 8 3 間でその強度にほとんど差がない。

【0085】

ワーク W の変位量は、光量分布におけるピーク点間の距離や、F F T スペクトルのピーク点の空間周波数から求めることはできるが、図 9 及び図 10 から分かるように、その精度は高々 $0.1 \mu\text{m}$ 程度である。

【0086】

これに対して、光量分布曲線の位相は、図 9 から分かるように、距離 d の $0.1 \mu\text{m}$ 程度の変化に対して大きく変化している。つまり、ワーク W の変位量を F F T スペクトルの極大点の空間周波数に対応する周波数成分の位相から判断することによって、 $0.1 \mu\text{m}$ を越える精度、例えば、 0.1nm 程度の精度で測定値を得ることができる。

【0087】

しかしながら、1 つの F F T スペクトルから判定できる位相は、 360 度の範囲内に限られることから、変位量の測定範囲が検出光 L の中心波長程度と狭かった。本実施の形態では、F F T スペクトルから判定された極大点の空間周波数に対応する周波数成分の相対位相をつなぎ合わせることによって、変位量の測定範囲をロングレンジ化している。

【0088】

<位相のつなぎ合わせ>

図 11 (a) 及び (b) は、図 3 の分光装置 40 における動作の一例を示した図であり、相対位相をつなぎ合わせて絶対位相を求める過程が示されている。図 11 (a) には、F F T スペクトルにおける極大点が抽出されるごとに判定された相対位相が示され、図 11 (b) には、図 11 (a) の相対位相をつなぎ合わせて得られた絶対位相が示されている。

【0089】

相対位相は、時刻 $t = 0$ で基準点が更新された後、極大点が新たに抽出されるごとに、F F T スペクトルデータに基づいて判定される。ここでは、相対位相が、 $-P1$ 以上 $P1$ 以下の範囲内で判定されるものとする。例えば、 $P1 = 180$ 度となっている。また、F F T スペクトルデータの更新周期は、 $T1$ となっている。

【0090】

絶対位相は、最後に得られた相対位相とその直前に得られた相対位相との差の絶対値が第 1 閾値 $Th1$ 、例えば、 $Th1 = P1$ を越えていれば、相対位相の上限又は下限を跨いで得られた相対位相であると判断し、これらの相対位相をつなぎ合わせて絶対位相の現在値が更新される。

【0091】

一方、最後に得られた相対位相とその直前に得られた相対位相との差の絶対値が $P1$ 以下であれば、最後に得られた相対位相とその直前に得られた相対位相との差をそのまま加算して絶対位相の現在値が更新される。

【0092】

具体的には、時刻 t_1 の検出点 9 1 と時刻 t_2 の検出点 9 2 について、相対位相の差の絶対値 $B1$ は $P1$ よりも小さいので、検出点 9 2 の相対位相とその直前に得られた検出点 9 1 の相対位相との差をそのまま加算して絶対位相の現在値を更新することによって、時刻 t_2 における絶対位相が得られる。

【0093】

10

20

30

40

50

また、時刻 t_2 の検出点 92 と時刻 t_3 の検出点 93 について、相対位相の差の絶対値 $B2$ は $P1$ よりも大きいので、相対位相のつなぎ合わせが行われる。その際、検出点 93 の相対位相とその直前に得られた検出点 92 の相対位相との差は、 $-P1$ よりも小さいので、相対位相の上限 $P1$ を跨いでいると判断し、検出点 93 の相対位相とその直前に得られた検出点 92 の相対位相との差に 360 度を加えた値を加算して絶対位相の現在値を更新することによって、時刻 t_3 における絶対位相が得られる。

【0094】

これにより、FFT スペクトルにおける極大点の空間周波数に対応する周波数成分の位相に基づいて変位量を判定するので、検査対象物表面の汚れによる影響を受けにくく、極大点の空間周波数から直接に変位量を判断するものに比べて測定精度を向上させることができる。また、相対位相をつなぎ合わせて絶対位相を求め、この絶対位相に基づいて変位量を判定するので、測定範囲をロングレンジ化することができる。

10

【0095】

図 12 (a) 及び (b) は、低コヒーレント光を検出光 L として用いて得られた光量分布の一例を白色光の場合と比較して示した図である。図 12 (a) には、低コヒーレント光の場合が示され、図 12 (b) には、波長帯域幅の広い白色光の場合が示されている。

【0096】

検出光 L の光源として、中心波長が $0.83 \mu\text{m}$ 、半値幅 $0.025 \mu\text{m}$ の低コヒーレント光を生成する SLD を用い、距離 $d = 10 \mu\text{m}$ のワーク W を測定した場合、光量分布曲線は、波数 $1/\lambda$ の変化に従って緩やかに変化するものとなる。

20

【0097】

これに対して、検出光 L の光源として、中心波長が $0.60 \mu\text{m}$ 、半値幅 $0.20 \mu\text{m}$ の波長帯域幅の広い白色光を生成するハロゲンランプを用い、距離 $d = 10 \mu\text{m}$ のワーク W を測定した場合、光量分布曲線は、波数 $1/\lambda$ の変化に従って激しく変化するものとなる。つまり、低コヒーレント光を検出光 L に用いる方が、分光器の波長分解能が高いといえる。

【0098】

図 13 及び図 14 のステップ $S101 \sim S114$ は、図 3 の分光装置 40 における高精度モード時の動作の一例を示したフローチャートである。まず、波長波数変換部 51 は、1 次元イメージセンサー 45 によって撮像されたピクセルデータをバッファメモリ 49 から取得し、光量分布における波長 λ を波数 $1/\lambda$ に変換する（ステップ $S101$ 、 $S102$ ）。

30

【0099】

次に、FFT 処理部 52 は、波数 $1/\lambda$ の光量分布を FFT し、FFT スペクトルデータを生成する（ステップ $S103$ ）。光強度極大点抽出部 53 は、この FFT スペクトルデータに基づいて、極大点を FFT スペクトルから抽出する（ステップ $S104$ ）。

【0100】

位相決定部 56 は、抽出された極大点の空間周波数に対応する周波数成分の相対位相を FFT スペクトルデータに基づいて判定し（ステップ $S105$ ）、最後に得られた相対位相とその直前に得られた相対位相との差の絶対値が $P1$ 、すなわち、 180 度を越えていれば、相対位相の上限又は下限を跨いで得られた相対位相であると判断し、これらの相対位相をつなぎ合わせて絶対位相の現在値を更新する（ステップ $S106 \sim S108$ ）。

40

【0101】

一方、最後に得られた相対位相とその直前に得られた相対位相との差の絶対値が $P1$ 以下であれば、最後に得られた相対位相とその直前に得られた相対位相との差をそのまま加算して絶対位相の現在値が更新される。

【0102】

次に、位相決定部 56 は、外部機器からのリセット指示があれば、当該リセット指示に基づいて位相の基準点を更新する（ステップ $S109$ 、 $S112$ ）。次に、第 2 変位量判定部 57 は、外部機器からの取込み指示があれば、当該取込み指示に基づいて位相決定部

50

56から絶対位相の現在値を取込み、変位量を判定して測定結果として出力する（ステップS110、S113、S114）。

【0103】

ステップS101からステップS110までの処理手順は、測定が終了されるまで繰り返される（ステップS111）。

【0104】

本実施の形態によれば、極大点の空間周波数に対応する周波数成分の位相に基づいて変位量を判定するので、ワークW表面の汚れによる影響を受けにくく、空間周波数から変位量を判断するものに比べて測定精度を向上させることができる。また、相対位相をつなぎ合わせて絶対位相を求め、この絶対位相に基づいて変位量を判定するので、測定範囲をロングレンジ化することができる。

10

【0105】

なお、本実施の形態では、360度の範囲内で相対位相を判定し、最後に得られた相対位相とその直前に得られた相対位相との差の絶対値が180度を越えていれば相対位相のつなぎ合わせが行われる場合の例について説明したが、本発明はこれに限られるものではない。例えば、±90度の範囲内で相対位相を判定し、最後に得られた相対位相とその直前に得られた相対位相との差の絶対値が90度を越えていれば相対位相のつなぎ合わせを行うようなものであっても良い。この場合、最後に得られた相対位相とその直前に得られた相対位相との差の絶対値が、例えば、第2閾値 $Th2 = 45$ 度を越えた場合に、警告表示が行われる。

20

【0106】

また、本実施の形態では、ワークWの変位量を判定して測定結果として出力する光学式変位計の例について説明したが、本発明はこれに限られるものではなく、透明膜の膜厚を測定する膜厚測定装置も本発明には含まれる。

【0107】

また、本実施の形態では、ロッドレンズ32の出射側端面33で反射された光と検査対象物表面で反射された光との干渉現象を利用して、出射側端面33及び検査対象物間の距離の変化量を測定する光学式変位計1の例について説明したが、本発明はこれに限られるものではない。例えば、ロッドレンズから出射された検出光の一部をロッドレンズ側へ反射させ、その反射光を焦点に配置されたミラーで再度検査対象物側へ反射させることによって、測定対象とする検査対象物までの距離を長くした光学式変位計も本発明には含まれる。

30

【0108】

図15は、本発明による光学式変位計の他の構成例を示した図であり、ヘッド部30a内の構成が示されている。この光学式変位計のヘッド部30aは、伝送ケーブル20の端面から延伸するピグテールファイバー131と、ピグテールファイバー131の端面に接合されたロッドレンズ132と、光学レンズ133、134と、ピンミラー135及びハーフミラー136により構成される。

【0109】

ピグテールファイバー131は、端面を傾斜させることによって、後方反射を減少させたファイバーチップである。光学レンズ133は、ロッドレンズ132から入射した検出光を集光し、中心軸に略平行な光として出射する凸レンズである。光学レンズ134は、光学レンズ133から入射した光を集光し、検査対象物に向けて出射する凸レンズである。ピグテールファイバー131、ロッドレンズ132、光学レンズ133及び134は、中心軸を概ね一致させて筐体内に配置されている。

40

【0110】

ハーフミラー136は、光学レンズ134から入射した検出光の一部を光学レンズ134側に向けて反射し、検出光の他の一部を検査対象物側に透過させる光学素子であり、ヘッド部30aの出射側端部に配置されている。

【0111】

50

ピンミラー１３５は、ハーフミラー１３６によって反射された検出光を検査対象物側に向けて反射する径の小さなミラーであり、ハーフミラー１３６による反射光の焦点付近に配置されている。従って、ピンミラー１３５及びハーフミラー１３６間の距離を d_1 とすると、ハーフミラー１３６を透過した検出光は、ハーフミラー１３６からの距離が d_1 のところに焦点を結ぶこととなる。

【０１１２】

ロッドレンズ１３２の出射側端面から出射された検出光は、光学レンズ１３３、１３４を介してハーフミラー１３６に入射される。この入射光の一部は、ハーフミラー１３６によって反射され、ピンミラー１３５上に集光する。ピンミラー１３５上に集光した検出光は、ピンミラー１３５によって反射され、その反射光の一部がハーフミラー１３６によって再度反射され、光学レンズ１３４に入射することとなる（検出光の第１の伝搬経路と呼ぶことにする）。

10

【０１１３】

一方、光学レンズ１３３、１３４を介してハーフミラー１３６に入射された検出光の他の一部は、ハーフミラー１３６を透過してワークWに照射される。ワークWに照射された検出光の一部は、ワークWの表面で反射され、その反射光の一部がハーフミラー１３６に入射する。この入射光は、その一部がハーフミラー１３６を透過して光学レンズ１３４に入射することとなる（検出光の第２の伝搬経路と呼ぶことにする）。

【０１１４】

この光学式変位計では、ワークWによる反射光と、ピンミラー１３５を経てハーフミラー１３６で再度反射された検出光との干渉現象を利用することによって、ワークWの変位量が求められるが、その際の基準面は、ハーフミラー１３６の反射面となっている。また、ハーフミラー１３６及びワークW間の距離を d_2 とすれば、第１の伝搬経路と第２の伝搬経路との間の光路差に応じて干渉が生じるので、距離の差（ $d_2 - d_1$ ）の変化量が変位量として求められる。

20

【図面の簡単な説明】

【０１１５】

【図１】本発明の実施の形態による光学式変位計１の概略構成の一例を示したシステム図である。

【図２】図１の光学式変位計１におけるヘッド部３０の構成例を示した図であり、ヘッド部３０内の構成が示されている。

30

【図３】図１の光学式変位計１における分光装置４０の構成例を示した図である。

【図４】図３の分光装置４０における演算回路５０の構成例を示したブロック図である。

【図５】図４の演算回路５０における位相決定部５６の構成例を示したブロック図である。

【図６】ロッドレンズ３２の出射側端面３３による反射光 I_1 とワークW表面による反射光 I_2 とが干渉光 I として観測される様子を模式的に示した説明図である。

【図７】図３の分光装置４０における動作の一例を示した図であり、分光後の干渉光の波長に関する光強度分布及び波数に関する光強度分布が示されている。

【図８】図３の分光装置４０における動作の一例を示した図であり、光量 I と波数 $1/\lambda$ との関係から得られたFFTスペクトルが示されている。

40

【図９】図３の分光装置４０における動作の一例を示した図であり、ワークWまでの距離 d を異ならせて取得された３つの強度分布８１～８３の波形が示されている。

【図１０】図３の分光装置４０における動作の一例を示した図であり、図９の強度分布８１～８３から得られたFFTスペクトルが示されている。

【図１１】図３の分光装置４０における動作の一例を示した図であり、相対位相をつなぎ合わせて絶対位相を求める過程が示されている。

【図１２】低コヒーレント光を検出光 L として用いて得られた光量分布の一例を白色光の場合と比較して示した図である。

【図１３】図３の分光装置４０における高精度モード時の動作の一例を示したフローチャ

50

ートである。

【図 1 4】図 3 の分光装置 4 0 における高精度モード時の動作の一例を示したフローチャートである。

【図 1 5】本発明による光学式変位計の他の構成例を示した図であり、ヘッド部 3 0 a 内の構成が示されている。

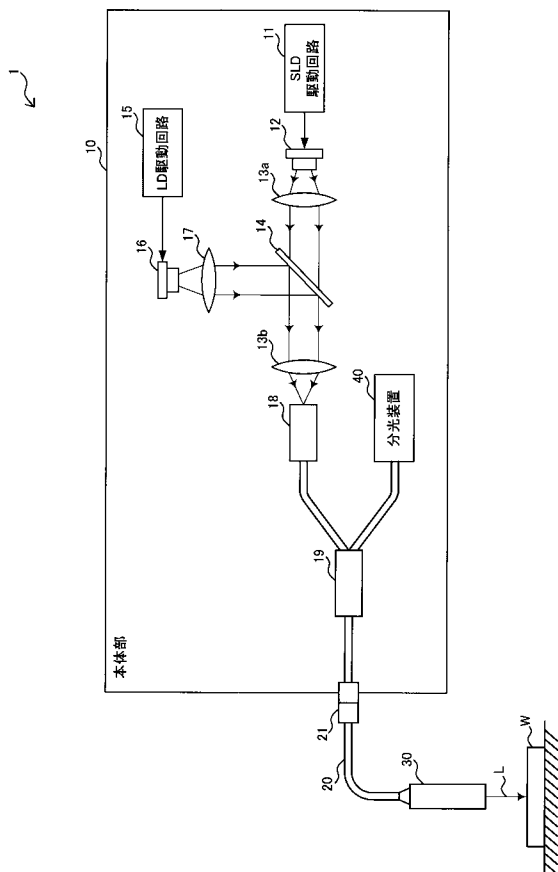
【符号の説明】

【0 1 1 6】

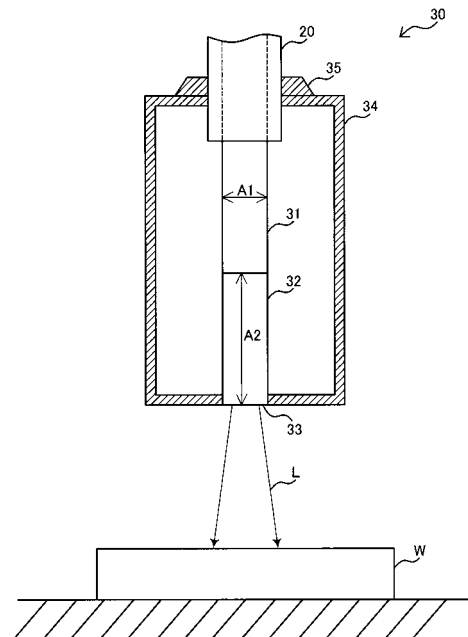
1	光学式変位計	
1 0	本体部	
1 1	S L D 駆動回路	10
1 2	S L D	
1 3 a, 1 7	コリメータレンズ	
1 3 b	集光レンズ	
1 4	コールドミラー	
1 5	L D 駆動回路	
1 6	L D	
1 8	フェルール	
1 9	ファイバースプリッタ	
2 0	伝送ケーブル	
2 1	コネクタ	20
3 0	ヘッド部	
3 1	芯線	
3 2	ロッドレンズ	
3 3	出射側端面	
3 4	筐体	
3 5	支持部	
4 0	分光装置	
4 1	フェルール	
4 2	コリメータレンズ	
4 3	回折格子	30
4 4	結像レンズ	
4 5	1 次元イメージセンサー	
4 6	イメージセンサー駆動回路	
4 7	アンプ	
4 8	A D コンバータ	
4 9	バッファメモリ	
5 0	演算回路	
5 1	波長波数変換部	
5 2	F F T 処理部	
5 3	光強度極大点抽出部	40
5 4	第 1 変位量判定部	
5 5	検出範囲推定部	
5 6	位相決定部	
5 7	第 2 変位量判定部	
6 0	表示部	
7 1	相対位相判定部	
7 2	判定履歴記憶部	
7 3	絶対位相算出部	
7 4	位相基準更新部	
7 5	警告報知部	50

L 検出光
W ワーク

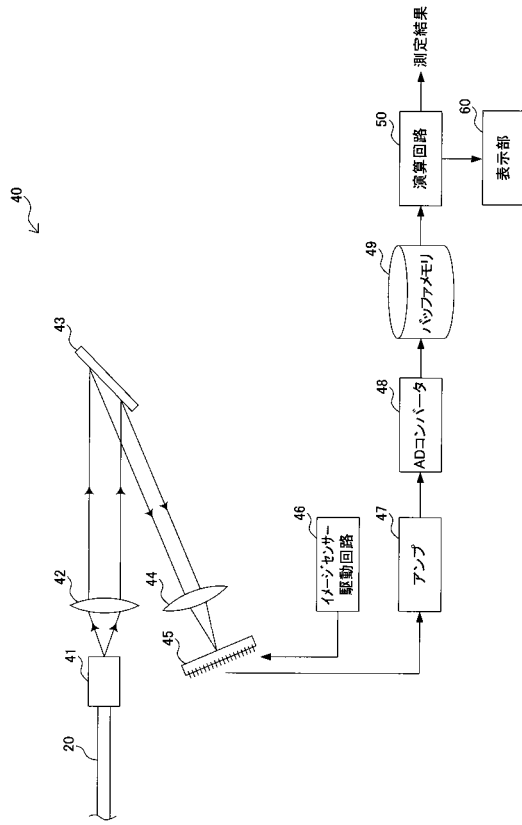
【図 1】



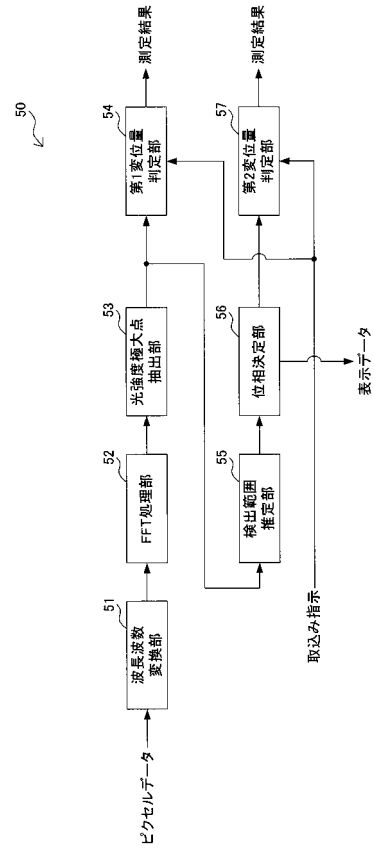
【図 2】



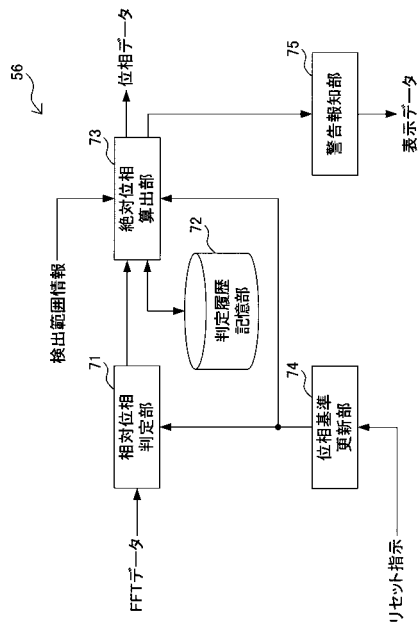
【図 3】



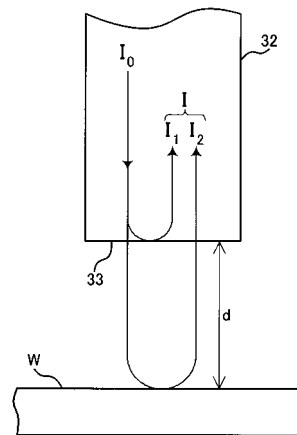
【図 4】



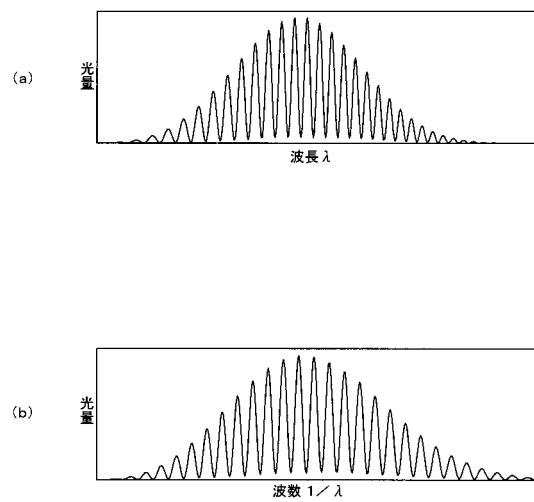
【図 5】



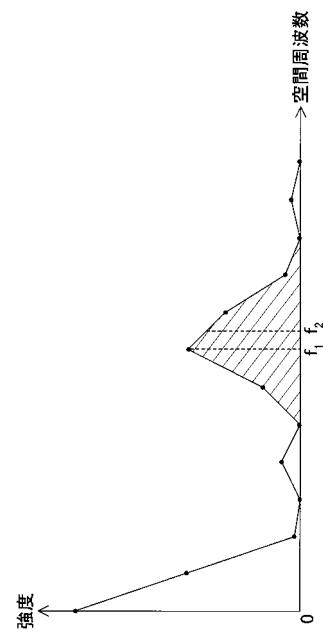
【図 6】



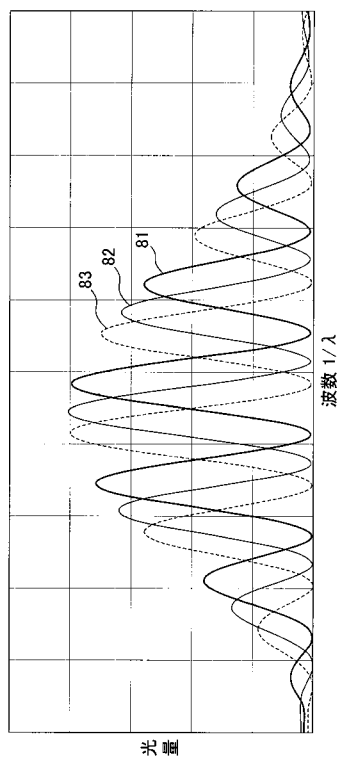
【図 7】



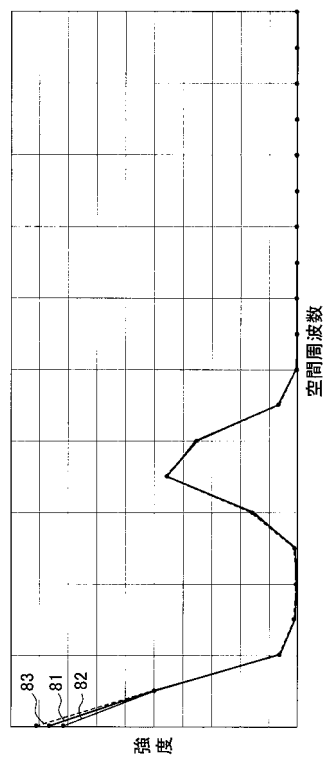
【図 8】



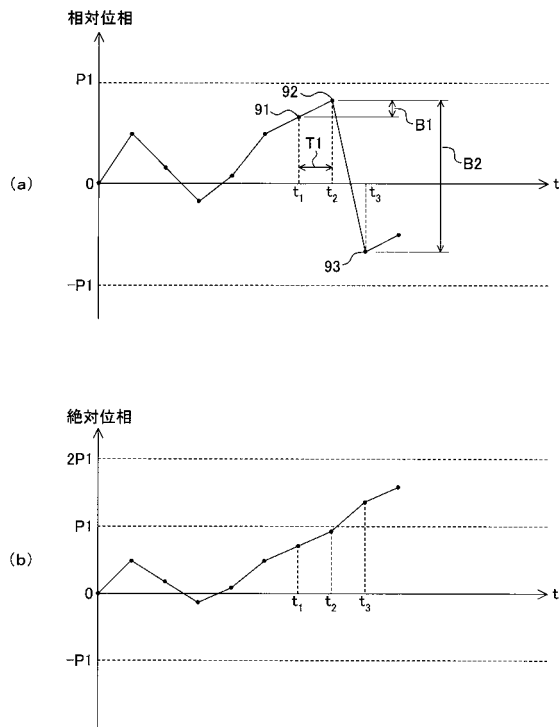
【図 9】



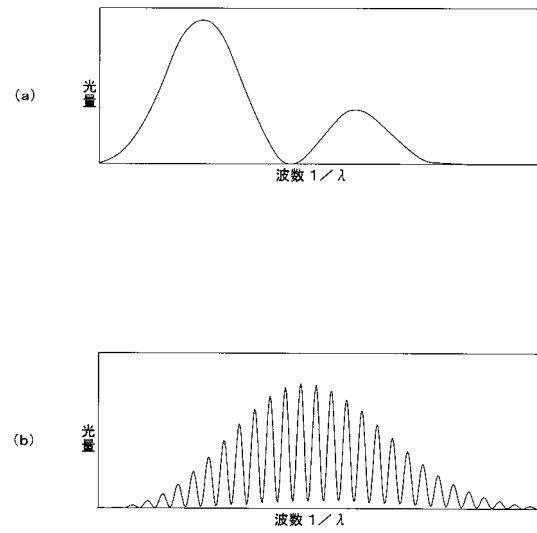
【図 10】



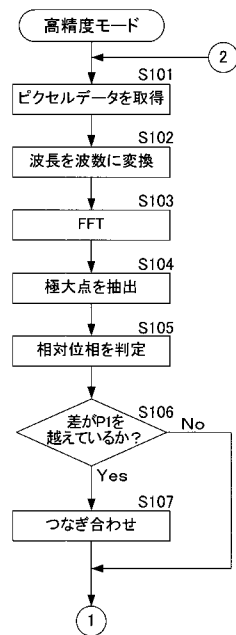
【図 1 1】



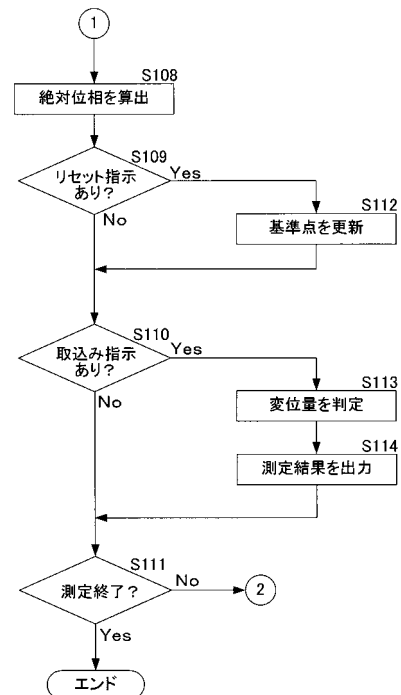
【図 1 2】



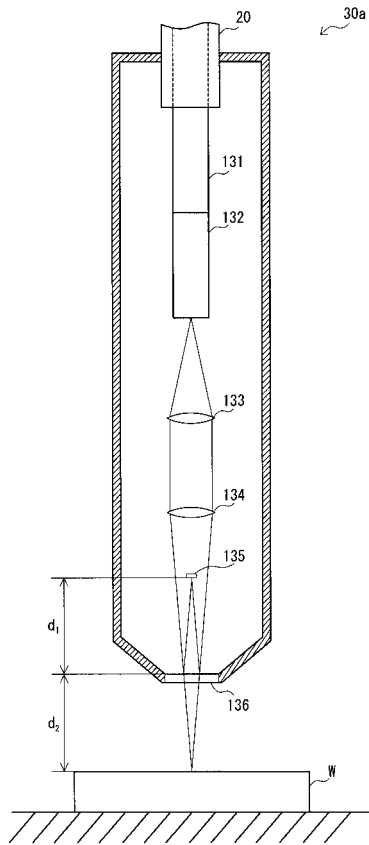
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 15】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2001-093885 (JP, A)
特開平09-119815 (JP, A)
特開平05-340843 (JP, A)
特開2003-279324 (JP, A)
特開2005-227246 (JP, A)
特開平09-210628 (JP, A)

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