



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

複数の波長を有する光からなる検出光を生成する投光用光源と、  
上記検出光を検出対象物に向けて出射する対物レンズを有し、上記検出光に軸上色収差を生じさせる共焦点光学系と、

上記検出対象物によって反射された後、上記共焦点光学系を通過した反射光を分光する分光器と、

2以上の受光素子を有し、分光された上記反射光を受光して受光信号を生成するイメージセンサと、

上記受光信号に基づいて、距離に関する受光強度の分布からなる受光波形を取得する受光波形取得手段と、 10

上記受光波形に基づいて、特徴部分のピーク位置を特定する特徴部分位置取得手段と、

予め取得された受光波形から得られた特徴部分のピーク位置を基準位置として保持する基準位置記憶手段と、

特定された上記ピーク位置を上記基準位置と比較し、補正量を求める補正量算出手段と、

上記受光波形及び上記補正量に基づいて、上記検出対象物までの距離を求める距離算出手段とを備えたことを特徴とする共焦点変位計。

**【請求項 2】**

上記投光用光源は、励起光を生成する励起光生成手段と、上記励起光によって励起され、上記励起光とは異なる波長の蛍光を放射する蛍光体を有し、上記検出光が上記蛍光体を透過した上記励起光と上記蛍光体から放射された上記蛍光との混合光であり、 20

上記特徴部分位置取得手段は、上記励起光に対応する波形領域を特徴部分としてピーク位置を特定し、

上記距離算出手段は、上記蛍光に対応する波形領域のピーク位置に基づいて、上記検出対象物までの距離を求めることを特徴とする請求項 1 に記載の共焦点変位計。

**【請求項 3】**

上記励起光生成手段は、レーザ光を上記励起光として生成するレーザ光源であることを特徴とする請求項 2 に記載の共焦点変位計。

**【請求項 4】**

上記分光器は、回折格子を用いており、 30

上記イメージセンサは、上記回折格子による 0 次の回折光及び 1 次の回折光を同時に受光して上記受光信号を生成し、

上記特徴部分位置取得手段は、上記 0 次の回折光に対応する波形領域を特徴部分としてピーク位置を特定し、

上記距離算出手段は、上記 1 次の回折光に対応する波形領域のピーク位置に基づいて、上記検出対象物までの距離を求めることを特徴とする請求項 2 に記載の共焦点変位計。

**【請求項 5】**

上記分光器は、回折格子を用いており、

上記イメージセンサは、上記回折格子による 1 次の回折光及び 2 次以上の回折光を同時に受光して上記受光信号を生成し、 40

上記特徴部分位置取得手段は、上記 1 次の回折光及び上記 2 次以上の回折光に対応する波形領域を特徴部分としてピーク位置を特定し、

上記距離算出手段は、上記 1 次の回折光に対応する波形領域のピーク位置に基づいて、上記検出対象物までの距離を求めることを特徴とする請求項 2 に記載の共焦点変位計。

**【請求項 6】**

上記受光波形は、それぞれが上記イメージセンサ上のピクセル位置に関連づけられた 2 以上の受光強度データからなり、

上記補正量算出手段は、上記 1 次の回折光のうちの上記励起光に対応する波形領域のピーク位置及び上記 0 次の回折光に対応する波形領域のピーク位置もしくは 2 次以上の回折 50

光に対応する波形領域のピーク位置をそれぞれ対応する基準位置と比較することにより、上記イメージセンサ上のピクセル位置を上記検出対象物までの距離に変換する際に用いる1次関数のオフセット又はスパンの補正量を求めることを特徴とする請求項4又は5に記載の共焦点変位計。

【請求項7】

上記反射光の一部を受光してモニタ信号を生成するモニタ用受光素子と、  
上記モニタ信号に基づいて、上記イメージセンサの受光量を制御する受光量制御手段とを備えたことを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載の共焦点変位計。

【請求項8】

上記共焦点光学系が配置されるヘッド筐体と、  
上記投光用光源、上記分光器及び上記イメージセンサを収容するコントローラ筐体と、  
上記ヘッド筐体及び上記コントローラ筐体間で上記検出光及び上記反射光を伝送する光ファイバケーブルとを備えたことを特徴とする請求項1～7のいずれかに記載の共焦点変位計。

10

【請求項9】

上記特徴部分位置取得手段は、受光強度が最大のピクセル位置又は受光波形の重心位置を上記ピーク位置として特定することを特徴とする請求項1～8のいずれかに記載の共焦点変位計。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、共焦点変位計に係り、さらに詳しくは、共焦点光学系による軸上色収差を利用して検出対象物までの距離を計測する共焦点変位計の改良に関する。

【背景技術】

【0002】

共焦点変位計は、投光用光源の像が結像する結像面からの反射光に受光する光を絞り込むという共焦点原理と、投光用光源の像に光軸方向の色ずれが生じるという軸上色収差の現象とを利用してワークまでの距離を計測する光学式の距離計測装置である（例えば、特許文献1～3）。例えば、共焦点変位計は、投光用光源、共焦点光学系、分光器及びイメージセンサを備える。

30

【0003】

投光用光源は、複数の波長を有する光からなる検出光を生成する。共焦点光学系は、検出光をワークに向けて出射する対物レンズを有し、検出光による投光用光源の像に軸上色収差を生じさせる。分光器は、ワークによって反射された後、共焦点光学系を通過した反射光を分光する。イメージセンサは、分光された反射光を受光して受光信号を生成する複数の受光素子と、受光信号に基づいて、受光量に応じた電荷を蓄積する複数の容量素子とにより構成される。各受光素子は、直線状に配列される。

【0004】

結像面の位置は、軸上色収差により波長ごとに異なる。このため、イメージセンサにより受光される反射光は、ワーク上に結像して反射された波長成分に絞り込まれる。ワークまでの距離は、受光信号に基づいて、距離に関する受光強度の分布からなる受光波形を取得し、ピーク位置を特定することによって計測される。この距離計測により、ワークの移動量やワークの高さ等を検知することができる。また、1つの受光波形を取得するだけで、透明体の厚さ等を検知することもできる。この様な共焦点変位計によれば、距離計測の際に、ワークの材質、色、傾きによる影響を受け難い。

40

【0005】

従来の共焦点変位計は、投光用光源の光量が少なく、測定可能なワークが制限されるという問題があった。例えば、表面の反射率が小さいワークや、表面が鏡面状のワークを斜め方向から検出する場合、投光量が少なければ、十分な受光強度が得られず、信号波形がノイズに埋もれてしまうことから、ピーク位置の特定が困難になる。

50

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0006】

【特許文献1】特開2013-130580号公報

【特許文献2】特開2014-115242号公報

【特許文献3】特開2005-322996号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0007】

上述した通り、従来の共焦点変位計は、投光用光源の光量が少なかった。そこで、投光用光源を高出力化することにより、様々なワークに対応させることが考えられる。しかしながら、投光用光源を高出力化すれば、投光用光源の温度上昇が分光器とイメージセンサとの位置関係にずれを生じさせるという問題がある。特に、分光器及びイメージセンサが共通の筐体内に配置される共焦点変位計では、投光用光源からの伝導熱による筐体の膨張により、分光器及びイメージセンサの相対的な位置関係にずれが生じ易く、距離の測定精度を低下させてしまう虞がある。

10

## 【0008】

この様な投光用光源の高出力化に起因する精度低下を抑制するには、例えば、投光用光源や分光器の周辺に温度センサを配置するとともに、周辺温度と位置ずれとの対応関係を示す温度補正テーブルを予め作成し、温度センサにより計測された周辺温度に応じて測定値を補正することが考えられる。しかし、筐体が設置される場所周辺の環境の影響により、分光器及びイメージセンサ間の実際の位置ずれが温度補正テーブルに規定された値とは大きく異なってしまうという問題があった。

20

## 【0009】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、様々な検出対象物に対応可能でありながら、測定精度の低下を抑制することができる共焦点変位計を提供することを目的とする。特に、周辺環境の影響を受け難く、投光用光源の温度上昇に起因する測定精度の低下を抑制することができる共焦点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】

## 【0010】

本発明の第1の態様による共焦点変位計は、複数の波長を有する光からなる検出光を生成する投光用光源と、上記検出光を検出対象物に向けて出射する対物レンズを有し、上記検出光に軸上色収差を生じさせる共焦点光学系と、上記検出対象物によって反射された後、上記共焦点光学系を通過した反射光を分光する分光器と、2以上の受光素子を有し、分光された上記反射光を受光して受光信号を生成するイメージセンサと、上記受光信号に基づいて、距離に関する受光強度の分布からなる受光波形を取得する受光波形取得手段と、上記受光波形に基づいて、特徴部分のピーク位置を特定する特徴部分位置取得手段と、予め取得された受光波形から得られた特徴部分のピーク位置を基準位置として保持する基準位置記憶手段と、特定された上記ピーク位置を上記基準位置と比較し、補正量を求める補正量算出手段と、上記受光波形及び上記補正量に基づいて、上記検出対象物までの距離を求める距離算出手段とを備える。

30

40

## 【0011】

この様な構成によれば、特徴部分のピーク位置を予め取得された受光波形から得られた基準位置と比較して補正量を定めるため、周辺環境の影響を受け難く、投光用光源の温度上昇に起因する測定精度の低下を抑制することができる。

## 【0012】

本発明の第2の態様による共焦点変位計は、上記構成に加え、上記投光用光源が、励起光を生成する励起光生成手段と、上記励起光によって励起され、上記励起光とは異なる波長の蛍光を放射する蛍光体を有し、上記検出光が上記蛍光体を透過した上記励起光と上記蛍光体から放射された上記蛍光との混合光であり、上記特徴部分位置取得手段が、上記

50

励起光に対応する波形領域を特徴部分としてピーク位置を特定し、上記距離算出手段が、上記蛍光に対応する波形領域のピーク位置に基づいて、上記検出対象物までの距離を求めるように構成される。この様な構成によれば、励起光に対応する波形領域は、距離計測に用いる蛍光の波形領域から離間して形成されるため、ピーク位置の特定が容易である。

【0013】

本発明の第3の態様による共焦点変位計は、上記構成に加え、上記励起光生成手段が、レーザ光を上記励起光として生成するレーザ光源であるように構成される。この様な構成によれば、レーザ光は、単色光であり、鋭い受光波形を形成するため、励起光に対応する波形領域のピーク位置の特定が容易である。

【0014】

本発明の第4の態様による共焦点変位計は、上記構成に加え、上記分光器が、回折格子を用いており、上記イメージセンサが、上記回折格子による0次の回折光及び1次の回折光を同時に受光して上記受光信号を生成し、上記特徴部分位置取得手段が、上記0次の回折光に対応する波形領域を特徴部分としてピーク位置を特定し、上記距離算出手段が、上記1次の回折光に対応する波形領域のピーク位置に基づいて、上記検出対象物までの距離を求めるように構成される。

【0015】

この様な構成によれば、0次の回折光に対応する波形領域は、距離計測に用いる1次の回折光の波形領域から離間して形成されるため、ピーク位置の特定が容易である。また、0次の回折光は他の次数の回折光に比べて光量が多いため、ノイズに影響されることなく、ピーク位置を特定することができる。

【0016】

本発明の第5の態様による共焦点変位計は、上記構成に加え、上記分光器が、回折格子を用いており、上記イメージセンサが、上記回折格子による1次の回折光及び2次以上の回折光を同時に受光して上記受光信号を生成し、上記特徴部分位置取得手段が、上記1次の回折光及び上記2次以上の回折光に対応する波形領域を特徴部分としてピーク位置を特定し、上記距離算出手段が、上記1次の回折光に対応する波形領域のピーク位置に基づいて、上記検出対象物までの距離を求めるように構成される。

【0017】

本発明の第6の態様による共焦点変位計は、上記構成に加え、上記受光波形が、それぞれが上記イメージセンサ上のピクセル位置に関連づけられた2以上の受光強度データからなり、上記補正量算出手段が、上記1次の回折光のうちの上記励起光に対応する波形領域のピーク位置及び上記0次の回折光に対応する波形領域のピーク位置もしくは2次以上の回折光に対応する波形領域のピーク位置をそれぞれ対応する基準位置と比較することにより、上記イメージセンサ上のピクセル位置を上記検出対象物までの距離に変換する際に用いる1次関数のオフセット又はスパンの補正量を求めるように構成される。

【0018】

分光器及びイメージセンサが相対的に光軸方向にずれれば、イメージセンサ上のピクセル位置を上記検出対象物までの距離に変換する際に用いる1次関数のスパンやオフセットが変化する。また、分光器及びイメージセンサが相対的に光軸と交差する方向にずれれば、1次関数のオフセットが変化する。この様な位置関係のずれに起因する測定精度の低下を抑制することができる。

【0019】

本発明の第7の態様による共焦点変位計は、上記構成に加え、上記反射光の一部を受光してモニタ信号を生成するモニタ用受光素子と、上記モニタ信号に基づいて、上記イメージセンサの受光量を制御する受光量制御手段とを備えて構成される。この様な構成によれば、投光用光源を高出力化した場合であっても、受光量の自動調整によってイメージセンサにおける受光量の飽和を抑制することができる。

【0020】

本発明の第8の態様による共焦点変位計は、上記構成に加え、上記共焦点光学系が配置

10

20

30

40

50

されるヘッド筐体と、上記投光用光源、上記分光器及び上記イメージセンサを収容するコントローラ筐体と、上記ヘッド筐体及び上記コントローラ筐体間で上記検出光及び上記反射光を伝送する光ファイバケーブルとを備えて構成される。この様な構成によれば、投光用光源からの伝導熱によるコントローラ筐体の膨張により、分光器及びイメージセンサの相対的な位置関係にずれが生じた場合であっても、測定精度の低下を抑制することができる。

【0021】

本発明の第9の態様による共焦点変位計は、上記構成に加え、上記特徴部分位置取得手段が、受光強度が最大のピクセル位置又は受光波形の重心位置を上記ピーク位置として特定するように構成される。

10

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、様々な検出対象物に対応可能でありながら、測定精度の低下を抑制することが可能な共焦点変位計を提供することができる。特に、特徴部分のピーク位置を予め取得された基準位置と比較して補正量を定めるため、周辺環境の影響を受け難く、投光用光源の温度上昇に起因する測定精度の低下を抑制することが可能な共焦点変位計を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明の実施の形態による共焦点変位計1の一構成例を示したシステム図である。

20

【図2】図1のヘッドユニット10の構成例を模式的に示した断面図である。

【図3】図1のコントローラ20の構成例を示したブロック図である。

【図4】図3の投光用光源ユニット21の構成例を示した図である。

【図5】図3のイメージセンサ26の構成例を示した図である。

【図6】図3の測定制御部27の動作の一例を示した図であり、受光波形4及び5が示されている。

【図7】図3の測定制御部27の構成例を示したブロック図である。

【図8】分光器24及びイメージセンサ26の相対的な位置ずれ $y$ によって換算式のスパン $a_{sp}$ 及びオフセット $b_{os}$ が変化することを模式的に示した説明図である。

30

【図9】投光用光源ユニット21の他の構成例を模式的に示した断面図である。

【図10】ヘッドユニット10の他の構成例を示した断面図である。

【図11】コントローラ20の他の構成例を示した図であり、透過型の分光光学系が示されている。

【図12】共焦点変位計1のその他の構成例を示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。本明細書では、便宜上、検出光DLの光軸の方向を上下方向として説明するが、本発明による共焦点変位計1やヘッドユニット10の使用時における姿勢を限定するものではない。

40

【0025】

<共焦点変位計1>

図1は、本発明の実施の形態による共焦点変位計1の一構成例を示したシステム図である。この共焦点変位計1は、光ファイバケーブル2、ヘッドユニット10及びコントローラ20により構成され、ヘッドユニット10から検出光DLを出射した際のワークWからの反射光を受光してワークWまでの距離を計測する光学式の距離計測装置である。

【0026】

ワークWは、検出対象物である。このワークWは、反射率の高い高反射率領域HAと反射率の低い低反射率領域LAとが交互に繰り返して形成されたシート状部材であり、搬送装置により、左方向を搬送方向CDとして移動する。例えば、ワークWには、ガラス板を基

50

材として、ガラス板の表面にクロムなどの金属膜がスリット状に形成されている。

【0027】

ヘッドユニット10及びコントローラ20は、検出光DLを伝送する光ファイバケーブル2を介して接続されている。コントローラ20には、PC(パーソナルコンピュータ)3が接続されている。PC3は、コントローラ20に対して測定条件等の設定を行い、コントローラ20から計測結果等を取得して画面表示する。

【0028】

ヘッドユニット10は、白色光からなる検出光DLをワークWに向けて出射し、ワークWからの反射光が入射する投受光部ユニットである。光ファイバケーブル2は、検出光DLを伝送する伝送媒体であり、長尺方向に延びる細線状のコアと、コアを取り囲むクラッドとにより構成される。コントローラ20は、投受光を制御し、ワークWからの反射光に基づいて、ワークWまでの距離を算出する制御ユニットである。

10

【0029】

光ファイバケーブル2を介して検出光DL及び反射光をコントローラ20及びヘッドユニット10間で伝送させるため、ヘッドユニット10を小型化することができる。また、ヘッドユニット10は、コントローラ20から離れた場所であっても、容易に設置することができる。

【0030】

<ヘッドユニット10>

図2は、図1のヘッドユニット10の構成例を模式的に示した断面図であり、検出光DLの光軸を含む鉛直面によりヘッドユニット10を切断した場合の切断面が示されている。このヘッドユニット10は、ファイバ端2a、コリメートレンズ13及び対物レンズ14により構成される共焦点光学系11と、共焦点光学系11が配置されるヘッド筐体12とを備える。ヘッド筐体12は、有蓋円筒形状の鏡筒である。

20

【0031】

ファイバ端2aは、光ファイバケーブル2のヘッドユニット側の端部であり、共焦点光学系11のピンホールとして機能する。具体的には、光ファイバケーブル2のクラッドが光ファイバケーブル2への戻り光を遮光する遮光部材として作用し、コアの端面がピンホールの開口として作用する。戻り光を遮光することにより、共焦点効果が得られる。なお、微小な開口(貫通孔)をピンホールとして有する遮光板をファイバ端2aとコリメートレンズ13との間に配置するような構成であっても良い。

30

【0032】

このファイバ端2aは、ヘッド筐体12の天蓋部から下方に突出させて配置されている。コリメートレンズ13は、ファイバ端2aから出射された検出光DLを平行光に集光する集光レンズである。このコリメートレンズ13は、ファイバ端2aの端面に対向するとともに、ファイバ端2aと光軸が一致するように配置されている。

【0033】

対物レンズ14は、検出光DLをワークWに向けて出射する集光レンズである。この対物レンズ14は、コリメートレンズ13に対向するとともに、コリメートレンズ13と光軸が一致するように配置されている。コリメートレンズ13及び対物レンズ14は、検出光DLに軸上色収差を生じさせる。軸上色収差は、分散による光軸方向の像の色ずれである。

40

【0034】

ヘッドユニット10内の光学系は、図2に示した構成に限られず、図10に示すような構成であっても良い。また、コリメートレンズ13に代えて回折レンズを用いる構成、或いは、回折レンズを対物レンズ14として用いる構成であっても良い。つまり、ヘッドユニット10内の光学系は、ファイバ端2aから出射された多波長成分を有する白色光に対し、ヘッドユニット10内において軸上色収差が与えられ、ヘッドユニット10からワークWに向けて軸上色収差を有する光が放出されるようなものであれば良い。

【0035】

50

共焦点光学系 11 は、共焦点原理を利用して受光する光を絞り込むとともに、検出光 DL に軸上色収差を生じさせる。ファイバ端 2a から出射し、コリメートレンズ 13 及び対物レンズ 14 を透過した検出光 DL は、波長に応じて上下方向の異なる位置に結像する。検出光 DL に含まれる波長成分のうち、ワーク W 上に結像した特定の波長成分は、ワーク W により反射され、その反射光が対物レンズ 14 及びコリメートレンズ 13 を透過してファイバ端 2a の端面上に結像する。一方、特定の波長成分以外の波長成分に対応する反射光は、ファイバ端 2a の端面上に結像せず、ファイバ端 2a によって遮断される。

【0036】

例えば、ファイバ端 2a のコアの直径は、200 μm 以下であることが好ましく、50 μm 以下であることがより好ましい。また、対物レンズ 14 からワーク W までの距離は、20 mm ~ 70 mm 程度であり、測定レンジ MR は、±1 mm ~ ±20 mm 程度である。

10

【0037】

<コントローラ 20>

図 3 は、図 1 のコントローラ 20 の構成例を示したブロック図である。このコントローラ 20 は、コントローラ筐体 20a、投光用光源ユニット 21、スプリッタ 22、凹面鏡 23、分光器 24、結像レンズ 25、イメージセンサ 26、測定制御部 27、表示部 28、モニタ用受光素子 29 及びビームスプリッタ 30 により構成される。

【0038】

ファイバ端 2b、凹面鏡 23、分光器 24、結像レンズ 25 及びイメージセンサ 26 は、反射型の分光光学系を構成する。光ファイバケーブル 2 は、ヘッド筐体 12 及びコントローラ筐体 20a 間で検出光 DL と、ワーク W によって反射された後、共焦点光学系 11 を通過した反射光とを伝送する。

20

【0039】

コントローラ筐体 20a は、投光用光源ユニット 21、凹面鏡 23、分光器 24、結像レンズ 25、イメージセンサ 26、測定制御部 27、モニタ用受光素子 29 及びビームスプリッタ 30 を収容する。ファイバ端 2b、投光用光源ユニット 21、スプリッタ 22、凹面鏡 23、分光器 24、結像レンズ 25、イメージセンサ 26、モニタ用受光素子 29 及びビームスプリッタ 30 は、コントローラ筐体 20a に対し、直接又は間接的に固定されている。

【0040】

投光用光源ユニット 21 は、2 以上の波長成分を含む白色光からなる検出光 DL を生成する。スプリッタ 22 は、投光用光源ユニット 21 から光ファイバケーブル 2 を介して入射される検出光 DL をヘッドユニット 10 に向けて伝達する一方、ヘッドユニット 10 から光ファイバケーブル 2 を介して入射される反射光を分光光学系に向けて伝達する光学部材である。例えば、スプリッタ 22 は、光信号を分岐又は分波するファイバコブラである。

30

【0041】

ファイバ端 2b は、光ファイバケーブル 2 の分光光学系側の端部である。凹面鏡 23 は、ファイバ端 2b から出射された光を分光器 24 に向けて反射するミラーであり、反射面が凹面により形成される。この凹面鏡 23 は、ファイバ端 2b から出射された光を略平行光に集光する。

40

【0042】

分光器 24 は、ワーク W によって反射された後、共焦点光学系 11 を通過した反射光を分光する光学部材である。この分光器 24 は、反射角度に応じて異なる波長成分に入射光を分光する反射型の分光器であり、平板状の回折格子からなる。回折格子は、光の回折現象を利用して入射光を分光する光学部材であり、ワーク W からの反射光の入射面又は出射面に微細な格子パターンが形成されている。結像レンズ 25 は、分光された反射光をイメージセンサ 26 上に結像させる集光レンズである。

【0043】

イメージセンサ 26 は、分光器 24 により分光され、結像レンズ 25 を透過した光を受

50

光する撮像素子であり、受光強度に応じた受光信号を生成する２以上の受光素子と、受光信号に基づいて、受光量に応じた電荷を蓄積する２以上の容量素子とを有する。例えば、イメージセンサ２６は、ＣＭＯＳ（相補性金属酸化膜半導体）リニアイメージセンサであり、各受光素子が直線状に配列される。なお、イメージセンサ２６には、ＣＣＤ（電荷結合素子）イメージセンサを用いても良い。

【００４４】

測定制御部２７は、イメージセンサ２６から蓄積電荷を読み出して受光波形を取得し、ワークＷまでの距離を算出して表示部２８に測定結果として表示する。また、測定制御部２７は、波形データをＰＣ３へ出力する。表示部２８は、コントローラ２０の筐体２０ａに設けられた７セグメント表示器からなり、距離の計測値や判定用閾値などを表示する。

10

【００４５】

モニタ用受光素子２９は、ワークＷによって反射された後、共焦点光学系１１を通過した反射光の一部を受光してモニタ信号を生成し、測定制御部２７へ出力する。例えば、モニタ用受光素子２９は、受光強度に応じたモニタ信号を生成する１又は２以上のＰＤ（フォトダイオード）により構成される。測定制御部２７は、モニタ用受光素子２９からのモニタ信号に基づいて、イメージセンサ２６の受光量を制御する。

【００４６】

回折格子は、入射光を０次の回折光、±１次の回折光、±２次の回折光、・・・に分割する。０次の回折光は、回折の次数が０の回折光であり、波長に応じた出射方向のずれを生じることなく、干渉によって強め合う光からなる。０次の回折光は、白色光であり、入射光に含まれる全ての波長成分からなるため、単位面積当たりの光量が他の次数の回折光に比べて多い。回折の次数を $m = \pm 1, \pm 2, \dots$ として、 $m$ 次の回折光は、干渉によって強め合う光の出射方向が波長に応じて異なる。

20

【００４７】

このコントローラ２０では、イメージセンサ２６が回折格子（分光器２４）による０次の回折光及び１次の回折光を同時に受光して受光信号を生成する。つまり、イメージセンサ２６は、回折格子（分光器２４）による０次の回折光及び１次の回折光を受光可能な位置に配置される。分光器２４からの０次の回折光及び１次の回折光は、イメージセンサ２６において共通の配線基板上に設けられた受光素子によって受光される。結像レンズ２５は、回折格子（分光器２４）による０次の回折光及び１次の回折光をイメージセンサ２６に結像可能なサイズからなる。なお、イメージセンサ２６は、回折格子からの１次回折光及び２次回折光を同時に受光するような構成であっても良い。

30

【００４８】

モニタ用受光素子２９は、凹面鏡２３と分光器２４との間に配置されたビームスプリッタ３０により反射された光を受光してモニタ信号を生成する。ビームスプリッタ３０は、凹面鏡２３により反射された後、分光器２４に入射する光の一部をモニタ用受光素子２９に向けて反射する一方、当該光の他の一部を透過させる平板状の光学部材である。このような構成によれば、分光前の光を受光することにより、モニタ用受光素子２９を大型化することなく、イメージセンサ２６の受光量をモニタリングすることができる。

40

【００４９】

コントローラ２０の分光光学系に反射型の光学素子、すなわち、凹面鏡２３及び分光器２４を用いることにより、透過型の光学素子を用いる場合に比べ、コントローラ２０を小型化することができる。

【００５０】

< 投光用光源ユニット２１ >

図４は、図３の投光用光源ユニット２１の構成例を示した図であり、図中の（ａ）には、投光用光源ユニット２１の側面が示され、（ｂ）には、投光用光源ユニット２１をＡ－Ａ線により切断した場合の切断面が示されている。この投光用光源ユニット２１は、発光素子２１１、配線基板２１２、素子ホルダ２１３、集光レンズ２１４、レンズホルダ２１５、フェルール２１６、フェルール押え２１７、蛍光体２２０、枠体２２１及び反射型フ

50

フィルタ 2 2 2 により構成される。

【 0 0 5 1 】

発光素子 2 1 1 は、単一波長のレーザ光を生成する蛍光体励起用のレーザ光源である。この発光素子 2 1 1 は、発光部を水平方向の前方に向けた状態で配線基板 2 1 2 に配設されている。例えば、発光素子 2 1 1 は、波長が 4 5 0 nm 以下の青色光又は紫外光を生成する。素子ホルダ 2 1 3 は、配線基板 2 1 2 を保持する部材であり、レンズホルダ 2 1 5 に背面側から挿入されている。

【 0 0 5 2 】

集光レンズ 2 1 4 は、発光素子 2 1 1 から出射されたレーザ光を光ファイバケーブル 2 の投光用光源ユニット側のファイバ端に集光させる光学部材であり、発光素子 2 1 1 に対向させて配置されている。レンズホルダ 2 1 5 は、集光レンズ 2 1 4 を保持する鏡筒であり、集光レンズ 2 1 4 の前方において縮径している。フェルール 2 1 6 は、光ファイバケーブル 2 の投光用光源ユニット側のファイバ端が組み込まれ、前後方向に延びる円筒状の接続部材である。フェルール押え 2 1 7 は、レンズホルダ 2 1 5 の縮径部に前面側から挿入されたフェルール 2 1 6 を固定するための有底円筒形状の部材であり、円筒部を上記縮径部の外周面に被せた状態でレンズホルダ 2 1 5 に取り付けられている。

10

【 0 0 5 3 】

蛍光体 2 2 0 は、発光素子 2 1 1 からのレーザ光によって励起され、レーザ光とは異なる波長の蛍光を放射する発光体である。この蛍光体 2 2 0 は、その外周面が枠体 2 2 1 によって保持され、光ファイバケーブル 2 のファイバ端の端面に接触させた状態でレンズホルダ 2 1 5 内に配置されている。例えば、蛍光体 2 2 0 は、青色のレーザ光の照射によって黄色の蛍光を放射する。なお、蛍光体 2 2 0 は、2 以上の種類の蛍光材料から形成されるものであっても良い。例えば、蛍光体 2 2 0 は、青色のレーザ光の照射により、緑色の蛍光を放射する蛍光材料と、赤色の蛍光を放射する蛍光材料とにより形成される。

20

【 0 0 5 4 】

反射型フィルタ 2 2 2 は、発光素子 2 1 1 からのレーザ光を透過し、蛍光体 2 2 0 からの光を反射する光学部材であり、枠体 2 2 1 の発光素子側の面を覆うように配置されている。光ファイバケーブル 2 のファイバ端には、蛍光体 2 2 0 を通過したレーザ光と、蛍光体 2 2 0 から放射された蛍光とが混合した複数の波長を有する混合光が検出光 DL として入射される。

30

【 0 0 5 5 】

投光用光源ユニット 2 1 は、光ファイバケーブル 2 のファイバ端に、発光素子 2 1 1 からのレーザ光と蛍光体 2 2 0 からの蛍光とが混合した光を直接に入射させる構成である。この様なファイバ型光源を用いることにより、ヘッドユニット 1 0 及びコントローラ 2 0 間の光ファイバケーブル 2 との接続を簡素化することができる。

【 0 0 5 6 】

< イメージセンサ 2 6 >

図 5 は、図 3 のイメージセンサ 2 6 の構成例を示した図であり、CMOS リニアイメージセンサが示されている。このイメージセンサ 2 6 は、多数のピクセルユニット  $PU_0$  ,  $PU_1$  ,  $\dots$  と、これらのピクセルユニット  $PU_0$  ,  $PU_1$  ,  $\dots$  に共通の直流電源  $V_{cc}$  及び出力バッファ  $BF_2$  とにより構成される。CMOS リニアイメージセンサは、受光素子を含む 2 以上の画素が 1 列に配列された 1 次元のイメージセンサである。

40

【 0 0 5 7 】

ピクセルユニット  $PU_0$  ,  $PU_1$  ,  $\dots$  は、それぞれ画素を構成する画素構成部である。ピクセルユニット  $PU_0$  は、フォトダイオード  $PD_0$  、コンデンサ  $C_0$  、トランジスタ  $TR_{10} \sim TR_{30}$  及びバッファ  $BF_{10}$  により構成される。

【 0 0 5 8 】

フォトダイオード  $PD_0$  は、受光強度に応じた受光信号を生成する受光素子である。コンデンサ  $C_0$  は、フォトダイオード  $PD_0$  からの受光信号に基づいて、受光量に応じた電荷を蓄積する容量素子である。トランジスタ  $TR_{10}$  は、リセット信号によりスイッチン

50

グシ、オン状態において、 $PD_0$  に直流電源  $V_{cc}$  による逆バイアスを付加するための制御素子である。

【0059】

トランジスタ  $TR_{20}$  は、 $GS$  (グローバルシャッタ) 信号によりスイッチングし、オン状態において、 $PD_0$  からの受光信号によってコンデンサ  $C_0$  に電荷を蓄積させる制御素子である。リセット信号及び  $GS$  信号は、イメージセンサ 26 の露光時間を調整するための露光制御信号であり、測定制御部 27 により生成される。

【0060】

トランジスタ  $TR_{30}$  は、アドレス 0 の読出信号によりスイッチングし、オン状態において、コンデンサ  $C_0$  の蓄積電荷に対応する信号を出力するための制御素子である。読出信号は、イメージセンサ 26 から蓄積電荷を読み出すための制御信号であり、測定制御部 27 により生成される。コンデンサ  $C_0$  の蓄積電荷を示す信号は、バッファ  $BF_{10}$  及び  $TR_{30}$  を介して出力バッファ  $BF_2$  に入力される。

10

【0061】

ピクセルユニット  $PU_1$  は、フォトダイオード  $PD_1$ 、コンデンサ  $C_1$ 、トランジスタ  $TR_{11} \sim TR_{31}$  及びバッファ  $BF_{11}$  により構成され、これらのデバイスは、ピクセルユニット  $PU_0$  の各デバイスと同様に機能する。他のピクセルユニット  $PU_2, PU_3, \dots$  についても、 $PU_0$  及び  $PU_1$  と同様に構成される。

【0062】

このイメージセンサ 26 の距離計測時の動作は、以下の通りである。まず、初期化ステップでは、全てのアドレス 0, 1,  $\dots$  について、読出信号が H レベルに切り替えられ、 $TR_{30}, TR_{31}, \dots$  は、いずれもオフ状態になる。また、リセット信号及び  $GS$  信号が、いずれも L レベルに切り替えられ、 $TR_{10}, TR_{11}, \dots$  は、同時にオフ状態になり、 $TR_{20}, TR_{21}, \dots$  は、同時にオン状態になる。このとき、コンデンサ  $C_0, C_1, \dots$  には、 $V_{cc}$  の電源電圧に応じた電荷が蓄積される。

20

【0063】

次に、露光ステップでは、リセット信号が H レベルに切り替えられ、 $TR_{10}, TR_{11}, \dots$  が同時にオン状態に移行すれば、露光を開始し、 $PD_0, PD_1, \dots$  は、受光強度に応じた受光信号を生成し、コンデンサ  $C_0, C_1, \dots$  は、受光量に応じた電荷蓄積を開始する。次に、 $GS$  信号が H レベルに切り替えられ、 $TR_{20}, TR_{21}, \dots$  が同時にオフ状態に移行すれば、露光を終了し、コンデンサ  $C_0, C_1, \dots$  に対する電荷蓄積が停止する。

30

【0064】

次に、読出ステップでは、アドレス 0, 1,  $\dots$  について、読出信号を順次に L レベルに切り替えることにより、コンデンサ  $C_0, C_1, \dots$  から蓄積電荷が時系列に読み出される。コンデンサ  $C_0, C_1, \dots$  の蓄積電荷は、電圧信号  $V_{out}$  として測定制御部 27 へ出力される。距離計測時には、このような初期化ステップ、露光ステップ及び読出ステップが露光周期ごとに繰り返される。

【0065】

図 6 は、図 3 の測定制御部 27 の動作の一例を示した図であり、受光波形 4 及び 5 が示されている。この図には、横軸をピクセル位置  $x$  とし、縦軸を受光強度として、受光波形 4 及び 5 が描画されている。

40

【0066】

受光波形 4 は、イメージセンサ 26 上のピクセル位置と受光強度との関係を表す特性曲線であり、イメージセンサ 26 から読み出した蓄積電荷に基づいて作成される。受光波形 4 には、短波長側と長波長側とに鋭いピークが形成され、これらのピーク間には、受光強度が緩やかに変化する 1 つのピークが形成されている。

【0067】

短波長側のピーク波形は、蛍光体励起用のレーザ光に対応する波形領域  $WA_1$  に形成される受光波形である。短波長側のピーク位置  $x_1$  は、レーザ光の波長に対応する。一方、

50

長波長側のピーク波形と緩やかに変化するピーク波形とは、蛍光に対応する波形領域  $W A_2$  に形成される受光波形である。波形領域  $W A_1$  及び  $W A_2$  は、分光器 24 による 1 次の回折光に対応する波形領域である。

【0068】

長波長側のピーク波形は、ワーク W からの反射光に対応する信号波形であり、そのピーク位置  $x_2$  は、ワーク W からの反射光の波長に対応する。ピーク位置  $x_2$  を特定することにより、ワーク W までの距離が求められる。これに対し、短波長側のピーク波形と緩やかに変化するピーク波形とは、ワーク W 以外の部材からの反射光に対応する受光波形である。

【0069】

受光波形 5 は、分光器 24 による 0 次の回折光に対応する波形領域  $W A_3$  に形成される受光波形もしくは 2 次以上の高次の回折光のレーザ光の波長に対応する受光波形である。この受光波形 5 には、1 つの鋭いピークが形成されている。ピーク位置  $x_1$  と受光波形 5 のピーク位置  $x_3$  とは、コントローラ 20 に固有のパラメータである。

【0070】

投光用光源にレーザ光源を用い、レーザ光によって励起された蛍光体 220 が発する蛍光と蛍光体 220 を透過したレーザ光との混合光を検出光 DL として使用することにより、検出光 DL の光量を極めて大きくすることができる。このため、表面の反射率が低い低反射率領域 LA を計測する場合であっても、十分な受光強度が得られるため、信号波形がノイズに埋もれることはなく、ピーク位置  $x_2$  を正確に特定することができる。

【0071】

本実施の形態による共焦点変位計 1 では、受光波形 4 及び 5 の特徴部分について、ピーク位置を基準位置と比較することにより、温度環境の変化に起因する分光器 24 及びイメージセンサ 26 間の相対的な位置ずれを検知し、波形データや測定値を補正する温度補正処理が行われる。

【0072】

<測定制御部 27>

図 7 は、図 3 の測定制御部 27 の構成例を示したブロック図である。この測定制御部 27 は、受光波形取得部 101、基底波形推定部 102、信号波形算出部 103、距離算出部 104、換算式記憶部 105、参照範囲受付部 106、受光量制御部 107、特徴部分位置取得部 108、基準位置記憶部 109 及び補正量算出部 110 により構成される。

【0073】

受光波形取得部 101 は、イメージセンサ 26 から蓄積電荷を順次に読み出すことにより、距離に関する受光強度の分布からなる受光波形 4 及び 5 を取得し、基底波形推定部 102、信号波形算出部 103 及び特徴部分位置取得部 108 へ出力する。

【0074】

イメージセンサ 26 には、多数の受光素子が直線状に配列されていることから、受光素子ごとの受光量を示す受光強度データが配列方向の位置に関連づけて管理される。受光波形 4 及び 5 は、受光素子の配列方向の位置をピクセル位置と呼ぶことにすれば、それぞれがイメージセンサ 26 上のピクセル位置に関連づけられた多数の受光強度データからなる。

【0075】

基底波形推定部 102 は、受光波形取得部 101 により取得された受光波形 4 の形状に基づいて、その基底波形を推定する。基底波形は、ノイズ成分を示す受光波形であり、ヘッドユニット 10 の対物レンズ 14 から出射されなかった検出光 DL に対応する。

【0076】

例えば、基底波形推定部 102 は、代表点列生成手段、強度差分算出手段、重み係数算出手段及び代表点列更新手段により構成される。代表点列生成手段は、受光波形 4 を構成する 2 以上のデータ点 DP からなるデータ点列に対し、参照範囲 RR を一定距離だけ移動させるごとに、参照範囲 RR 内のデータ点列にフィッティングする回帰曲線を求めて代表

10

20

30

40

50

点 R P を定めることにより、2 以上の代表点 R P からなる代表点列を生成する。強度差分算出手段は、データ点 D P 及び代表点 R P 間における受光強度の差分を求める。重み係数算出手段は、上記差分に基づいて、重み係数  $w$  を求める。代表点列更新手段は、データ点列に重み係数  $w$  を割り当て、参照範囲 R R を一定距離だけ移動させるごとに、参照範囲 R R 内のデータ点列に重み付きでフィッティングする回帰曲線を求めて代表点 R P を新たに定めることにより、代表点列を更新する。基底波形は、更新後の代表点列により構成される。

**【0077】**

信号波形算出部 103 は、受光波形 4 及び基底波形に基づいて、信号波形を求め、距離算出部 104 へ出力する。信号波形は、対物レンズ 14 から出射され、ワーク W によって反射された検出光 D L に対応する受光波形であり、受光波形 4 及び基底波形の差分から求められる。

10

**【0078】**

距離算出部 104 は、信号波形算出部 103 により求められた信号波形に基づいて、ワーク W までの距離 W D を求め、表示部 28 へ出力する。受光波形上のピクセル位置は、イメージセンサ 26 上の該当する位置に結像する光の波長に対応し、波長は距離 W D に対応することから、距離 W D は、信号波形のピーク位置  $x_2$  を特定することによって求められる。

**【0079】**

例えば、信号波形を構成するデータ点列に対し、受光強度が判定閾値以上のデータ点列が存在すれば、ワーク W からの反射光成分に対応すると判断し、当該データ点列において受光強度が最大のデータ点のピクセル位置がピーク位置  $x_2$  として特定される。或いは、受光強度が判定閾値以上のデータ点列にフィッティングする曲線を求め、その曲線の最大点のピクセル位置をピーク位置  $x_2$  としても良い。或いは、受光強度が判定閾値以上のデータ点列に対し、その重心の位置をピーク位置  $x_2$  としても良い。

20

**【0080】**

また、距離算出部 104 は、算出した距離 W D を基準値と比較することにより、変位量を求め、表示部 28 へ出力する。換算式記憶部 105 には、ピクセル位置、波長及び距離 W D を互いに対応づけるための換算式又はテーブルが保持される。

**【0081】**

また、距離算出部 104 は、信号波形算出部 103 により求められた信号波形を画面表示するための波形データを P C 3 へ出力する。参照範囲受付部 106 は、P C 3 から参照範囲 R R を受け付ける。参照範囲 R R は、受光波形 4 を構成するデータ点列を解析する際の処理単位であり、参照範囲 R R に基づいて基底波形が推定される。

30

**【0082】**

受光量制御部 107 は、モニタ用受光素子 29 からのモニタ信号に基づいて、イメージセンサ 26 の受光量を制御する。この受光量制御は、イメージセンサ 26 内の受光素子による露光時間を調整することによって行われる。

**【0083】**

例えば、受光量制御部 107 は、モニタ用受光素子 29 の受光量を判定閾値 D T と比較し、受光量が判定閾値 D T 以上になった場合に、イメージセンサ 26 内の容量素子への電荷蓄積を停止させることにより、露光時間を短縮する。一方、イメージセンサ 26 の露光中に受光量が判定閾値 D T を上回らなければ、予め定められた露光時間が経過するまで、容量素子への電荷蓄積が継続される。

40

**【0084】**

この様にイメージセンサ 26 の受光量を制御することにより、イメージセンサ 26 の飽和を抑制することができる。特に、イメージセンサ 26 から全受光素子分の蓄積電荷を読み出さなくても良いため、受光量制御の追従性が向上し、露光周期ごとに反射率が大きく変化するようなワーク W を測定する場合であっても、イメージセンサ 26 の飽和を抑制することができる。

50

## 【0085】

特徴部分位置取得部108は、受光波形取得部101により取得された受光波形4及び5に基づいて、特徴部分のピーク位置を特定する。例えば、特徴部分位置取得部108は、1次の回折光のうちの励起光に対応する波形領域 $WA_1$ を特徴部分としてピーク位置 $x_1$ を特定する。また、特徴部分位置取得部108は、0次の回折光に対応する波形領域 $WA_3$ を特徴部分としてピーク位置 $x_3$ を特定する。

## 【0086】

励起光に対応する波形領域 $WA_1$ は、距離計測に用いる蛍光の波形領域 $WA_2$ から離間して形成されるため、ピーク位置 $x_1$ の特定が容易である。また、0次の回折光に対応する波形領域 $WA_3$ は、距離計測に用いる1次の回折光の波形領域 $WA_1$ 及び $WA_2$ から離間して形成されるため、ピーク位置 $x_3$ の特定が容易である。特に、0次の回折光は他の次数の回折光に比べて光量が多いため、ノイズに影響されることなく、ピーク位置 $x_3$ を特定することができる。

10

## 【0087】

例えば、受光波形を構成するデータ点列に対し、受光強度が判定閾値以上のデータ点列が存在すれば、当該データ点列において受光強度が最大のデータ点のピクセル位置がピーク位置 $x_1$ 、 $x_3$ として特定される。或いは、受光強度が判定閾値以上のデータ点列にフィッティングする曲線を求め、その曲線の最大点のピクセル位置をピーク位置 $x_1$ 、 $x_3$ としても良い。或いは、受光強度が判定閾値以上のデータ点列に対し、その重心の位置をピーク位置 $x_1$ 、 $x_3$ としても良い。

20

## 【0088】

基準位置記憶部109には、予め取得された受光波形から得られた特徴部分のピーク位置が基準位置として保持される。例えば、基準位置は、共焦点変位計1の製造時に取得される。或いは、基準位置は、ユーザが任意に指示したタイミングで取得される。

## 【0089】

補正量算出部110は、特徴部分位置取得部108により特定されたピーク位置 $x_1$ 及び $x_3$ をそれぞれ対応する基準位置と比較することにより、分光器24及びイメージセンサ26間の位置ずれに対応する測定値の誤差を補正するための補正量を求める。

## 【0090】

例えば、補正量算出部110は、イメージセンサ26上のピクセル位置 $x$ をワーク $W$ までの距離 $z_{WD}$ に変換する際に用いる1次関数(換算式)のオフセット $b_{OS}$ 又はスパン $a_{SP}$ の補正量を求める。波形領域 $WA_2$ 内における1画素目のピクセル位置を $x_f$ とすれば、換算式は、 $z_{WD} = a_{SP}(x - x_f) + b_{OS}$ により表される。

30

## 【0091】

オフセット $b_{OS}$ は、波形領域 $WA_2$ 内の1画素目のピクセル位置 $x_f$ に対応づける距離 $z_{WD}$ である。スパン $a_{SP}$ は、画素の配列ピッチに対応づける距離 $z_{WD}$ の変化率である。 $a_{SP}$ 、 $b_{OS}$ 及び $x_f$ は、既知のパラメータである。また、ピーク位置 $x_1$ 及び $x_3$ の基準位置にそれぞれ対応づける距離 $z_{WD}$ も既知である。

## 【0092】

オフセット $b_{OS}$ の補正量を $b$ とし、スパン $a_{SP}$ の補正量を $a$ とすれば、分光器24及びイメージセンサ26間の位置ずれを考慮した換算式は、 $z_{WD} = (a_{SP} + a)(x - x_f) + (b_{OS} + b) \cdots (1)$ により表される。

40

## 【0093】

補正量算出部110は、ピーク位置 $x_1$ 及び $x_3$ が取得されれば、これらのピーク位置 $x_1$ 及び $x_3$ に対応づける距離 $z_{WD}$ が基準位置の場合と同一であるものとして、上式(1)により補正量 $a$ 及び $b$ を算出する。

## 【0094】

距離算出部104は、受光波形4及び補正量 $a$ 及び $b$ に基づいて、距離 $WD$ を求める。すなわち、距離算出部104は、1次の回折光のうちの蛍光に対応する波形領域 $WA_2$ について、ピーク位置 $x_2$ を特定し、上式(1)を用いて距離 $z_{WD}$ を算出する。この

50

様な構成によれば、投光用光源ユニット 2 1 からの伝導熱によるコントローラ筐体 2 0 a の膨張により、分光器 2 4 及びイメージセンサ 2 6 の相対的な位置関係にずれが生じた場合であっても、測定精度の低下を抑制することができる。

【 0 0 9 5 】

図 8 は、分光器 2 4 及びイメージセンサ 2 6 の相対的な位置ずれ  $y$  によって換算式のスパン  $a_{sp}$  及びオフセット  $b_{os}$  が変化することを模式的に示した説明図である。図中の ( a ) には、イメージセンサ 2 6 が光軸方向に  $y$  だけずれた場合に、1 番目の画素に対応づける波長と、画素の配列ピッチ  $x$  に対応づける波長の増分  $\Delta\lambda$  とが変化の様子が示されている。

【 0 0 9 6 】

分光器 2 4 による 1 次の回折光は、反射角度が波長成分に応じて連続的に変化する。このため、分光器 2 4 に対して相対的にイメージセンサ 2 6 が光軸方向に  $y$  だけ移動すれば、1 番目の画素 ( ピクセル位置  $x_f$  ) に対応づける波長、すなわち、オフセット  $b_{os}$  が変化する。また、画素の配列ピッチ  $x$  に対応づける波長の増分  $\Delta\lambda$ 、すなわち、スパン  $a_{sp}$  も変化する。

【 0 0 9 7 】

図中の ( b ) には、横軸をピクセル位置  $x$  とし、縦軸を距離  $z_{wd}$  として、1 次の換算式を表すグラフ 6 が示されている。グラフ 6 は、上式 ( 1 ) により表される直線であり、その傾きがスパン  $a_{sp}$  である。この様に分光器 2 4 及びイメージセンサ 2 6 の相対的な位置ずれ  $y$  によってオフセット  $b_{os}$  及びスパン  $a_{sp}$  が変化することから、補正量  $a$  及び  $b$  を求めて換算式を校正することにより、位置ずれに起因する距離  $WD$  の測定誤差を低減させることができる。

【 0 0 9 8 】

本実施の形態によれば、特徴部分のピーク位置  $x_1$  及び  $x_3$  を予め取得された基準位置と比較して補正量を定めるため、周辺環境の影響を受け難く、投光用光源ユニット 2 1 の温度上昇に起因する測定精度の低下を抑制することができる。特に、分光器 2 4 及びイメージセンサ 2 6 が相対的に光軸方向にずれれば、イメージセンサ 2 6 上のピクセル位置  $x$  をワーク  $W$  までの距離  $z_{wd}$  に変換する際に用いる 1 次関数のスパン  $a_{sp}$  やオフセット  $b_{os}$  が変化する。また、分光器 2 4 及びイメージセンサ 2 6 が相対的に光軸と交差する  $x$  軸方向にずれれば、1 次関数のオフセット  $b_{os}$  が変化する。この様な位置関係のずれに起因する測定精度の低下を抑制することができる。

【 0 0 9 9 】

なお、本実施の形態では、1 次の回折光のうちの励起光に対応する波形領域  $WA_1$  と 0 次の回折光に対応する波形領域  $WA_3$  とを特徴部分としてピーク位置が特定される場合の例について説明したが、本発明は特徴部分の選択をこれに限定するものではない。例えば、波形領域  $WA_1$  及び  $WA_3$  のいずれか一方のみを特徴部分としてピーク位置を特定するような構成であっても良い。或いは、1 次の回折光のうちの蛍光に対応する波形領域  $WA_2$  について、基底波形を推定し、基底波形を特徴部分としてその形状から位置を特定するような構成であっても良い。或いは、より高次の回折光に対応する波形領域を特徴部分として用いるような構成であっても良い。

【 0 1 0 0 】

また、本実施の形態では、スパン及びオフセットの両方の補正量を求めて換算式が校正される場合の例について説明したが、本発明は分光光学系の温度特性を補正する補正方法をこれに限定するものではない。例えば、スパン及びオフセットのいずれか一方についてのみ、補正量を求めて換算式を校正するような構成であっても良い。或いは、受光波形や信号波形を構成するデータ点列に対し、ピクセル位置を補正するような構成であっても良い。

【 0 1 0 1 】

また、本実施の形態では、励起光及び蛍光の混合光が検出光  $DL$  として用いられる場合の例について説明したが、本発明は投光用光源の構成をこれに限定するものではない。例

10

20

30

40

50

えば、白色光を生成する白色光源と、特徴的な受光波形を形成するための特定波長の単色光を生成する単色光源とを投光用光源とし、白色光及び単色光の混合光を検出光DLとして用いるような構成であっても良い。

【0102】

また、本実施の形態では、発光素子211と光ファイバケーブル2のファイバ端とが同軸に配置される場合の例について説明したが、本発明は、投光用光源ユニット21の構成をこれに限定するものではない。例えば、投光用光源ユニット21は、発光素子211から出射されたレーザ光を光ファイバケーブル2のファイバ端に向けて反射する反射鏡を備える。

【0103】

図9は、投光用光源ユニット21の他の構成例を模式的に示した断面図である。この投光用光源ユニット21は、発光素子211、集光レンズ214、フェルール216、蛍光体220、反射鏡231及び集光レンズ232により構成される。

【0104】

発光素子211から出射されたレーザ光は、集光レンズ214を介して反射鏡231に集光される。蛍光体220は、反射鏡231の反射面に配置され、発光素子211からのレーザ光によって励起され、蛍光を発生する。反射鏡231により反射されたレーザ光と、蛍光体220からの蛍光とが混合した光は、集光レンズ232を介してフェルール216内の光ファイバケーブル2のファイバ端に集光され、光ファイバケーブル2に検出光DLとして入射される。

【0105】

また、本実施の形態では、ヘッドユニット10の共焦点光学系11が、ファイバ端2a、コリメートレンズ13及び対物レンズ14により構成される場合の例について説明したが、本発明は、共焦点光学系11の構成をこれに限定するものではない。

【0106】

図10は、ヘッドユニット10の他の構成例を示した断面図である。図中の(a)には、筐体12内に回折レンズ15及び対物レンズ14を備えたヘッドユニット10が示されている。

【0107】

この回折レンズ15は、レリーフ型の回折レンズであり、光の回折現象を利用して入射光を集光又は拡散させる光学部材であり、検出光DLの入射面又は出射面に微細なレリーフ(起伏)が形成されている。レリーフは、光軸方向の深さが光の波長程度であり、光軸を中心とする複数の円環状のパターンが同軸に配置される。

【0108】

ヘッドユニット10の共焦点光学系11に回折レンズ15を使用する場合、光学特性をヘッドユニット10とコントローラ20との間で一致させることができるため、分光器24には回折格子を用いることが望ましい。

【0109】

図中の(b)には、ダブレットレンズ16及び対物レンズ14を備えたヘッドユニット10が示されている。ダブレットレンズ16は、凹レンズと凸レンズとを組み合わせた光学部材である。

【0110】

ヘッドユニット10の共焦点光学系11にダブレットレンズ16を使用する場合、光学特性をヘッドユニット10とコントローラ20との間で一致させることができるため、分光器24にはプリズムを用いることが望ましい。

【0111】

図中の(c)には、集光レンズ17及び対物レンズ14を備えたヘッドユニット10が示されている。集光レンズ17は、ファイバ端2aから出射された検出光DLを対物レンズ14に向けて集光する光学部材である。このヘッドユニット10では、ダブレットレンズが対物レンズ14として用いられている。

10

20

30

40

50

## 【0112】

図中の(d)には、集光レンズ17及び対物レンズ14を備えたヘッドユニット10が示されている。このヘッドユニット10では、回折レンズが対物レンズ14として用いられている。このような光学部材の組み合わせによっても、共焦点光学系11として検出光DLに軸上色収差を生じさせることができる。例えば、プリズム、径方向に屈折率分布を有する円筒状のレンズを共焦点光学系11として用いることができる。

## 【0113】

また、本実施の形態では、分光器24が反射型の回折格子である場合の例について説明したが、本発明は、分光器24の構成をこれに限定するものではない。例えば、透過角度に応じて異なる波長成分に入射光を分光する透過型の回折格子を分光器24として用いても良い。

10

## 【0114】

図11は、コントローラ20の他の構成例を示した図であり、透過型の分光光学系が示されている。この分光光学系は、図3の分光光学系と比較すれば、分光器24が透過型の回折格子である点で異なる。

## 【0115】

光ファイバケーブル2のファイバ端2bから出射され、分光器用レンズ41を介して分光器24に入射された光は、透過角度に応じて異なる波長成分に分光される。分光器用レンズ41は、ファイバ端2bから出射された光を集光する集光レンズであり、ファイバ端2bの端面に対向するとともに、ファイバ端2bと光軸が一致するように配置されている。例えば、分光器用レンズ41は、ファイバ端2bから出射された光を平行光に集光するコリメートレンズである。結像レンズ25は、分光された透過光をイメージセンサ26上に結像させる。

20

## 【0116】

イメージセンサ26は、結像レンズ25を介し、分光器24による0次の回折光及び1次の回折光を同時に受光する。このような構成によれば、イメージセンサ26が分光器24を透過した回折光を受光するので、回折格子によって反射された回折光を受光させる場合に比べ、回折格子の位置ずれが受光波形に与える影響を抑制することができる。

## 【0117】

また、本実施の形態では、ヘッドユニット10及びコントローラ20が光ファイバケーブル2を介して接続された共焦点変位計1の例について説明したが、本発明は、共焦点変位計1の構成をこれに限定するものではない。例えば、共焦点変位計1は、光ファイバケーブルを用いることなく、投光用光源から出射された検出光DLを共焦点光学系に誘導し、また、ワークWによって反射され、共焦点光学系を通過した光を直接に分光光学系に誘導するような構成であっても良い。

30

## 【0118】

図12は、共焦点変位計1のその他の構成例を示した図である。この共焦点変位計1は、光ファイバケーブルを備えず、投光用光源31、集光レンズ32、34、ピンホール板33、37、対物レンズ35、ビームスプリッタ36、凹面鏡23、分光器24、結像レンズ25、イメージセンサ26、モニタ用受光素子29及びビームスプリッタ30により構成される。ピンホール板37、凹面鏡23、分光器24、結像レンズ25及びイメージセンサ26は、反射型の分光光学系であり、図3に示した分光光学系と同様に構成される。

40

## 【0119】

投光用光源31は、検出光DLを生成する。集光レンズ32は、投光用光源31から出射された検出光DLをピンホール板33の開口部に集光させる光学部材であり、投光用光源31の発光面に対向させて配置されている。ピンホール板33は、微小な開口を有する平板状の遮光部材である。

## 【0120】

集光レンズ34は、ピンホール板33の開口から出射された検出光DLを対物レンズ3

50

5に向けて集光する。対物レンズ35は、検出光DLをワークWに向けて出射する。集光レンズ32, 34、ピンホール板33及び対物レンズ35は、同軸に配置されている。

【0121】

ビームスプリッタ36は、ピンホール板33からの光を透過する一方、ワークWによって反射され、対物レンズ35及び集光レンズ34を透過した光をピンホール板37に向けて反射する光学部材である。ピンホール板33, 37、集光レンズ34、対物レンズ35及びビームスプリッタ36は、共焦点光学系である。

【0122】

凹面鏡23は、ピンホール板37の開口から出射された光を分光器24に向けて反射する。分光器24は、ワークWによって反射され、共焦点光学系11を通過した光を分光する反射型の回折格子であり、反射角度に応じて異なる波長成分に入射光を分光する。

【0123】

また、本実施の形態では、受光素子による露光時間を調整することによってイメージセンサ26の受光量が制御される場合の例について説明したが、本発明は、受光量制御の方法をこれに限定するものではない。例えば、モニタ用受光素子29からのモニタ信号に基づいて、検出光DLの光量を調整することにより、イメージセンサ26の受光量を制御するような構成であっても良い。

【0124】

また、本実施の形態では、レーザ光を発生するレーザ光源が投光用光源として用いられる場合の例について説明した。投光用光源には、LED（発光ダイオード）を用いても良い。また、レーザ光源には、SC（スーパーコンティニウム）光を発生するSC光源を用いても良い。SC光源は、パルスレーザによる非線形光学効果により、連続かつ広帯域なレーザ光を生成する。

【0125】

また、特定されたピーク位置を基準位置と比較して補正量を求める補正量算出処理は、共焦点変位計1の動作中に常に行っている必要はない。例えば、共焦点変位計1の起動時（電源投入時）に補正量算出処理を行うか、或いは、共焦点変位計1の起動時間（電源投入からの経過時間）がある閾値を超えたことをトリガーとして補正量算出処理を行うような構成であっても良い。また、共焦点変位計1の測定をある回数行った後に、その測定回数が閾値を超えたことをトリガーとして補正量算出処理を行っても良い。

【0126】

また、共焦点変位計1の起動時、共焦点変位計1の起動時間がある閾値を超えたことをトリガーとし、或いは、共焦点変位計1の測定をある回数行った後に、その測定回数が閾値を超えたことをトリガーとして補正量を求める際に、受光信号のゲイン、受光強度を上げて補正量を求めるような構成であっても良い。受光強度を上げて補正量を算出し易いように測定条件を変えても良い。

【符号の説明】

【0127】

- 1 共焦点変位計
- 10 ヘッドユニット
- 11 共焦点光学系
- 12 ヘッド筐体
- 13 コリメートレンズ
- 14 対物レンズ
- 15 回折レンズ
- 16 ダブルレットレンズ
- 20 コントローラ
- 20a コントローラ筐体
- 21 投光用光源ユニット
- 22 スプリッタ

10

20

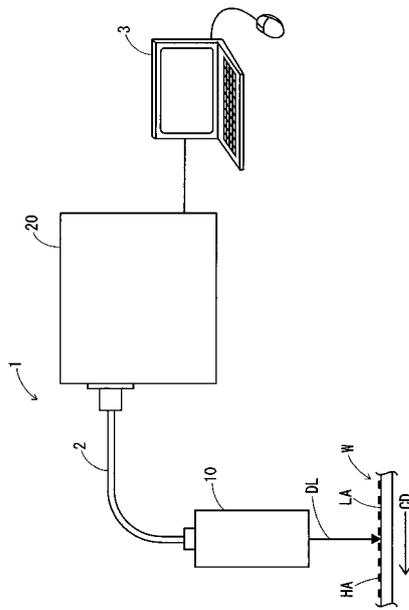
30

40

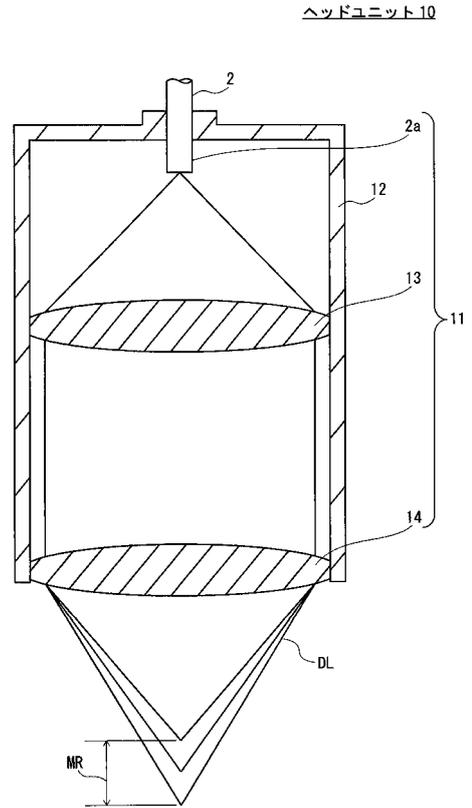
50

2 3	凹面鏡	
2 4	分光器	
2 5	結像レンズ	
2 6	イメージセンサ	
2 7	測定制御部	
2 8	表示部	
2 9	モニタ用受光素子	
3 0	ビームスプリッタ	
3 1	投光用光源	
3 2 , 3 4	集光レンズ	10
3 3 , 3 7	ピンホール板	
3 5	対物レンズ	
3 6	ビームスプリッタ	
4 1	分光器用レンズ	
1 0 1	受光波形取得部	
1 0 2	基底波形推定部	
1 0 3	信号波形算出部	
1 0 4	距離算出部	
1 0 5	換算式記憶部	
1 0 6	参照範囲受付部	20
1 0 7	受光量制御部	
1 0 8	特徴部分位置取得部	
1 0 9	基準位置記憶部	
1 1 0	補正量算出部	
2 1 1	発光素子	
2 2 0	蛍光体	
2	光ファイバケーブル	
2 a , 2 b	ファイバ端	
3	P C	
4 , 5	受光波形	30

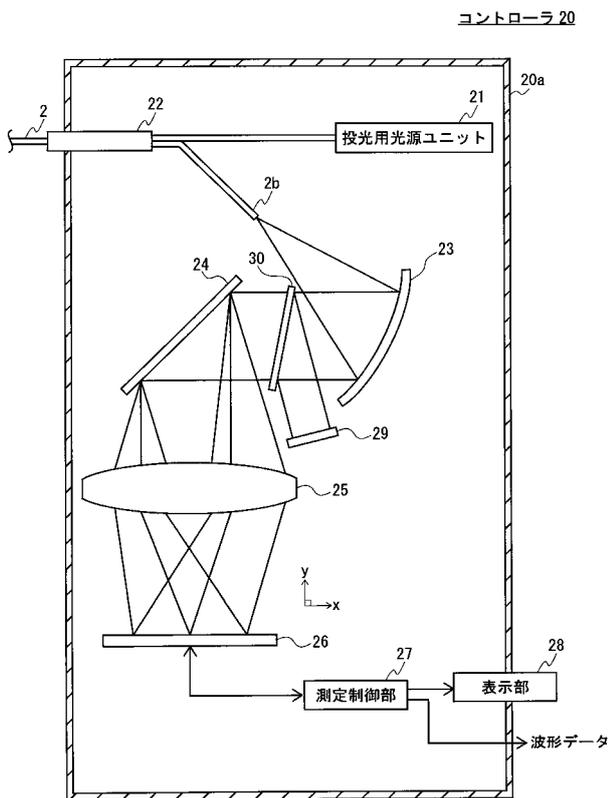
【図1】



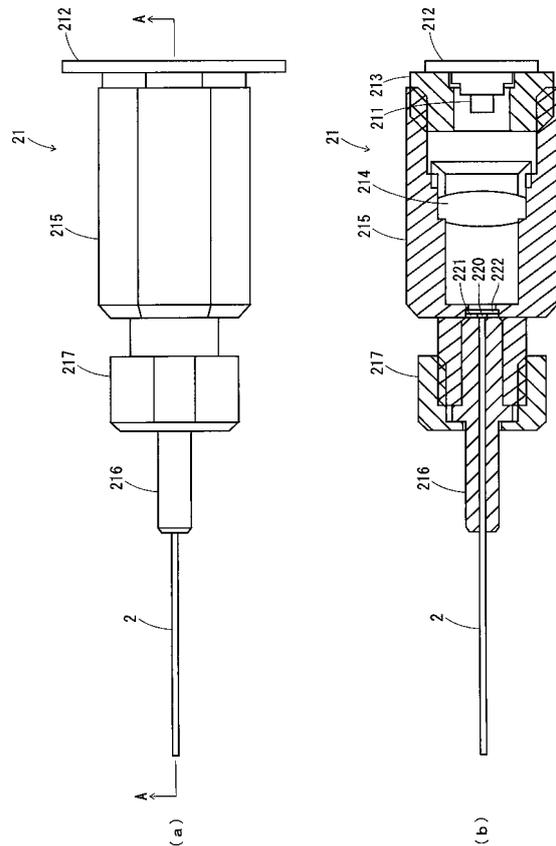
【図2】



【図3】



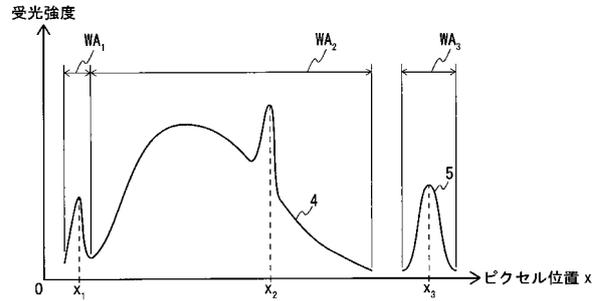
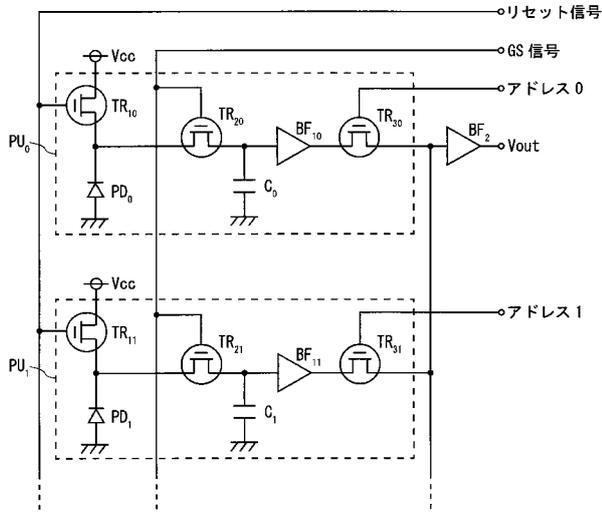
【図4】



【図5】

【図6】

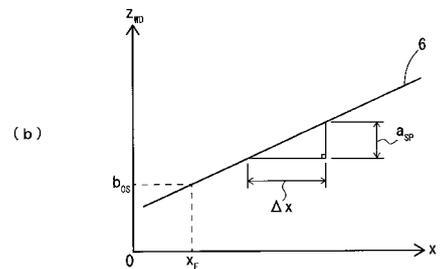
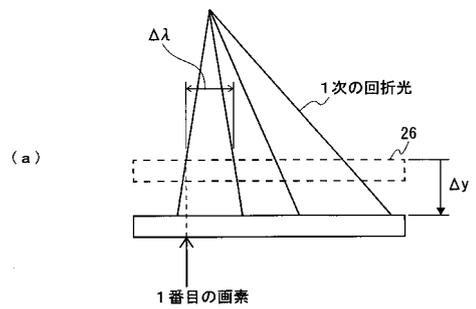
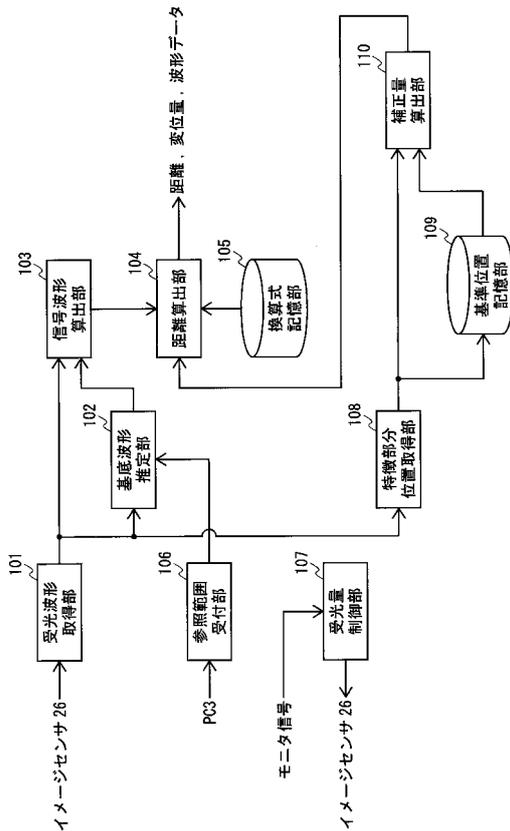
イメージセンサ 26



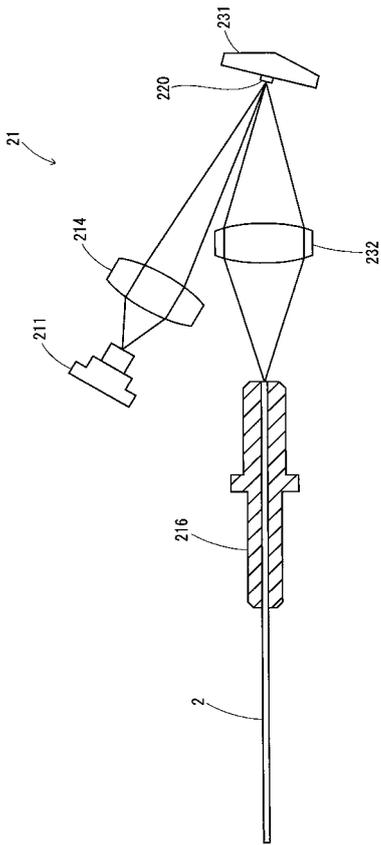
【図7】

【図8】

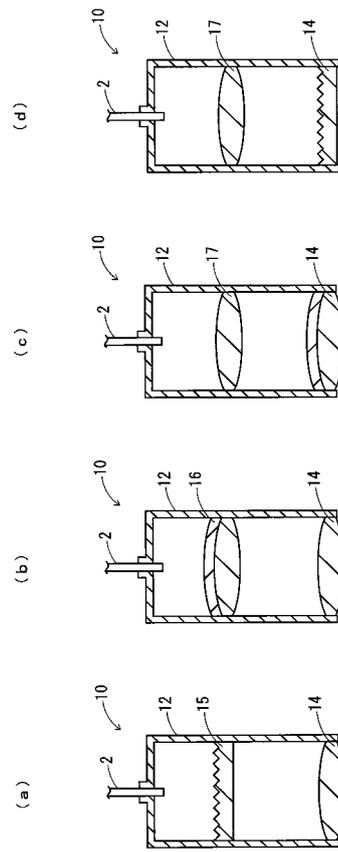
測定細胞部 27



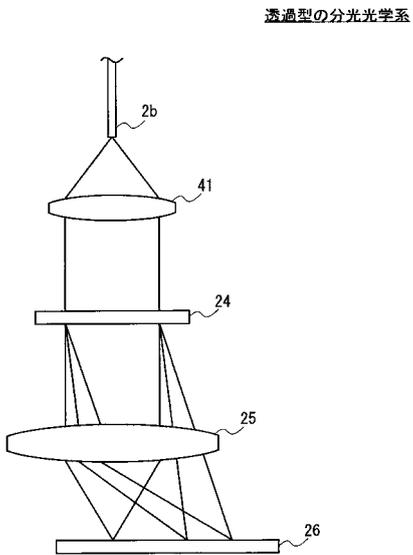
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】



【 図 12 】

