

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7333744号
(P7333744)

(45)発行日 令和5年8月25日(2023.8.25)

(24)登録日 令和5年8月17日(2023.8.17)

(51)国際特許分類 F I
G 0 1 B 11/02 (2006.01) G 0 1 B 11/02 H

請求項の数 2 (全11頁)

(21)出願番号	特願2019-218545(P2019-218545)	(73)特許権者	000137694 株式会社ミットヨ 神奈川県川崎市高津区坂戸一丁目20番 1号
(22)出願日	令和1年12月3日(2019.12.3)	(74)代理人	110000637 弁理士法人樹之下知的財産事務所
(65)公開番号	特開2021-89171(P2021-89171A)	(72)発明者	山中 雅史 神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目20番 1号 株式会社ミットヨ内
(43)公開日	令和3年6月10日(2021.6.10)	審査官	國田 正久
審査請求日	令和4年12月1日(2022.12.1)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 高さ測定方法および高さ測定装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

入力される駆動信号に応じて焦点位置が変化する液体共振式のレンズシステムと、
前記駆動信号を前記レンズシステムに出力するレンズ制御部と、
ワークを連続照明する連続照明部と、
前記レンズシステムを通して前記ワークの画像を検出する画像検出部と、を有する画像
検出装置を用い、
前記画像検出部で検出された検出画像からE D O F画像を演算し、
前記駆動信号の振幅を増減させて前記E D O F画像の拡張焦点深度を増減させ、
前記E D O F画像に表れる前記ワークの注目部位の合焦状態を判定し、
前記拡張焦点深度の増減に伴って前記注目部位の前記合焦状態が変化した時点での前記
拡張焦点深度の上限値または下限値を前記注目部位の高さとして測定する、ことを特徴と
する高さ測定方法。

10

【請求項2】

入力される駆動信号に応じて焦点位置が変化する液体共振式のレンズシステムと、
前記駆動信号を前記レンズシステムに出力するレンズ制御部と、
ワークを連続照明する連続照明部と、
前記レンズシステムを通して前記ワークの画像を検出する画像検出部と、
前記画像検出部で検出された検出画像からE D O F画像を演算する画像演算部と、
前記駆動信号の振幅を増減させて前記E D O F画像の拡張焦点深度を増減させる焦点深

20

度調整部と、

前記 E D O F 画像に表れる前記ワークの注目部位の合焦状態を判定する合焦判定部と、
前記拡張焦点深度の増減に伴って前記注目部位の前記合焦状態が変化した時点での前記
拡張焦点深度の上限値または下限値を前記注目部位の高さとして測定する高さ測定部と、
を有することを特徴とする高さ測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は高さ測定方法および高さ測定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

画像検出装置を用いたワークの高さ測定が行われている。例えば、画像検出装置で焦点
位置を間欠的または連続的に変化させつつワークの画像を検出し、検出画像のうちワーク
の注目部位が合焦状態となる検出画像の焦点位置を検出することで、注目部位の高さを測
定することができる（特許文献1参照）。

画像検出時に焦点位置を変化させる手段として、ワーク（被写体）とレンズとを相対移
動させる構造が利用できるほか、焦点距離可変レンズを用いることができる。

【0003】

焦点距離可変レンズとして、液体共振式のレンズシステムが開発されている。液体共振
式のレンズシステムでは、周期的な駆動信号により内部の液体に定在波を生じさせており
、焦点位置が高周波で周期的に変化する。

このような液体共振式のレンズシステムにパルス照明装置を組み合わせ、ワークの注目
部位に合焦した画像を検出する画像検出装置が開発されている（特許文献2参照）。

特許文献2の画像検出装置では、レンズシステムを駆動する駆動信号の所定の位相角に
パルス照明を同期させることで、位相角に対応した焦点位置となる撮像面における単焦点
画像を検出可能である。また、駆動信号の一周期内にパルス照明が同期する位相角を複数
設定することで、被写体の複数焦点画像を検出可能である。

さらに、特許文献2の画像検出装置では、焦点位置を連続的に変化させたフォーカルス
イープ画像（焦点走査による多重焦点重畳画像）、あるいは E D O F（拡張被写界深度、
E x t e n d e d D e p t h o f F i e l d）画像を検出可能である。

【0004】

このうち、フォーカルスイープ画像では、スイープされる焦点位置に応じた多数の画像
が重畳され、重畳された各画像には D O F（被写界深度、D e p t h o f F i e l d）
外となるボケ画像情報が含まれる。その結果、重畳された画像においては、全体として被
写体のボケが避けられない。これに対し、E D O F 画像では、フォーカルスイープ画像に
対して、P S F（点拡がり関数、P o i n t S p r e a d F u n c t i o n）を用いた
画像の演算処理を行い、画像の奥行方向のボケ量の推定値を算出してボケ画像のデコンボ
リューションを行うことで、全焦点にわたる被写体の各部位でボケ量が抑制された比較的
明瞭な画像とすることができる（特許文献3参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開2015-1531号公報

特開2018-189702号公報

特開2015-104136号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

前述のように、焦点距離可変レンズを用いた画像検出装置により、ワークの高さ測定を
行うことができる。高さ測定用の画像検出装置に液体共振式の焦点距離可変レンズを用い

10

20

30

40

50

る場合、合焦位置で発光するパルス照明装置を組み合わせる必要があった。

パルス照明装置は、正確なタイミングで大光量の発光性能が求められ、一般に高価になる。加えて、液体共振式の焦点距離可変レンズでは、駆動周波数が高いため、連続発光の時間幅がナノ秒単位と短く、そのような短時間に大光量を得るために高出力大電流化が必要となり、技術的な課題も増すことになる。

従って、液体共振式の焦点距離可変レンズを用いた画像検出装置で高さ測定を行う場合においても、照明装置として連続照明装置ではなくパルス照明を用いるようにすることが求められていた。

【0007】

本発明の目的は、液体共振式の焦点距離可変レンズと連続照明とを用いてワークの高さを測定できる高さ測定方法および高さ測定装置を提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の高さ測定方法は、入力される駆動信号に応じて焦点位置が変化する液体共振式のレンズシステムと、前記駆動信号を前記レンズシステムに出力するレンズ制御部と、ワークを連続照明する連続照明部と、前記レンズシステムを通して前記ワークの画像を検出する画像検出部と、を有する画像検出装置を用い、前記画像検出部で検出された検出画像からE D O F画像を演算し、前記駆動信号の振幅を増減させて前記E D O F画像の拡張焦点深度を増減させ、前記E D O F画像に表れる前記ワークの注目部位の合焦状態を判定し、前記拡張焦点深度の増減に伴って前記注目部位の前記合焦状態が変化した時点での前記拡張焦点深度の上限値または下限値を前記注目部位の高さとして測定する、ことを特徴とする。

20

【0009】

本発明の高さ測定装置は、入力される駆動信号に応じて焦点位置が変化する液体共振式のレンズシステムと、前記駆動信号を前記レンズシステムに出力するレンズ制御部と、ワークを連続照明する連続照明部と、前記レンズシステムを通して前記ワークの画像を検出する画像検出部と、前記画像検出部で検出された検出画像からE D O F画像を演算する画像演算部と、前記駆動信号の振幅を増減させて前記E D O F画像の拡張焦点深度を増減させる焦点深度調整部と、前記E D O F画像に表れる前記ワークの注目部位の合焦状態を判定する合焦判定部と、前記拡張焦点深度の増減に伴って前記注目部位の前記合焦状態が変化した時点での前記拡張焦点深度の上限値または下限値を前記注目部位の高さとして測定する高さ測定部と、を有することを特徴とする。

30

【0010】

このような本発明では、レンズシステムを通してワークの画像が画像検出部で検出される。画像検出部による検出画像は、連続照明部がワークを連続照明しているため、レンズシステムの合焦範囲全体にわたるフォーカルスweep画像となる。この際、レンズシステムの合焦範囲は、レンズ制御部からの駆動信号の振幅（駆動電流値）によって定められる。

画像検出部で検出されたフォーカルスweep画像は、P S Fを用いたデコンボリューションなどの演算処理によりE D O F画像とされる。E D O F画像における拡張焦点深度（拡張被写界深度）は、元の検出画像の焦点深度に対して数倍ないし数十倍にまで拡張される。このため、レンズシステムの駆動信号の振幅を増減させ、元の検出画像の焦点深度を増減させれば、拡張焦点深度は拡張倍率に応じて明確な増減変化を生じる。

40

ワークの注目部位が、このような拡張焦点深度の変動範囲内であれば、注目部位の合焦状態に基づいて、注目部位の高さを測定できる。

【0011】

例えば、駆動信号を小さくして拡張焦点深度を小さくした状態で、注目部位が拡張焦点深度の外側にあれば、注目部位は合焦状態にならない。駆動信号を増して拡張焦点深度を徐々に拡げてゆくと、注目部位が拡張焦点深度の内側となり、注目部位は合焦状態となる。このような注目部位の合焦状態の変化は、拡張焦点深度の上限値または下限値が注目部位を超えた時点で生じる。従って、合焦状態が変化した時点の拡張焦点深度の上限値また

50

は下限値から注目部位の高さを測定することができる。

あるいは、拡張焦点深度を大きくした状態から小さくする際に、合焦状態から合焦状態でなくなることを判定して同様に高さを測定してもよい。

なお、注目部位の高さが拡張焦点深度の上限値または下限値のいずれであるかは、予めワークの注目部位と拡張焦点深度との概略位置関係に基づいて確定できる。例えば、E D O F 画像とする前の検出画像における拡張されていない焦点深度に対して、注目部位が上下どちらにあるかを識別することで、注目部位が拡張焦点深度の上限値の側か下限値の側かを確定できる。あるいは、上述した高さ測定動作を、ワークとレンズシステムとの位置関係をずらして2回以上行うことで確定できる。

【発明の効果】

10

【0012】

このような本発明によれば、液体共振式の焦点距離可変レンズと連続照明とを用いてワークの高さを測定できる高さ測定方法および高さ測定装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の一実施形態の装置構成を示すブロック図。

【図2】前記実施形態の要部を示すブロック図。

【図3】前記実施形態の拡張焦点深度を示す模式図。

【図4】前記実施形態の測定手順を示すフローチャート。

【図5】前記実施形態の測定動作を示す模式図。

20

【図6】前記実施形態の他の測定動作を示す模式図。

【図7】前記実施形態の他の測定動作を示す模式図。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明の一実施形態を図面に基づいて説明する。

図1には、本発明の高さ測定装置の基本構成となる画像検出装置1が示されている。

画像検出装置1は、焦点距離を周期的に変化させつつ撮像領域におかれたワーク9の表面の画像を検出するものであり、当該表面に交差する同じ光軸A上に配置された対物レンズ2、レンズシステム3および画像検出部4を備えている。

さらに、画像検出装置1は、ワーク9の表面を連続照明する連続照明部5と、レンズシステム3および連続照明部5の動作を制御するレンズ制御部6と、レンズ制御部6を操作するための制御用PC7とを備えている。

30

【0015】

対物レンズ2は、既存の凸レンズで構成される。

レンズシステム3は、液体共振式の焦点距離可変レンズであり、レンズ制御部6から入力される駆動信号Cfに応じて屈折率が変化する。駆動信号Cfは、レンズシステム3に定在波を発生させる周波数の交流であって、正弦波状の交流信号である。

画像検出装置1において、焦点位置Pfまでの焦点距離Dfは、対物レンズ2の焦点距離を基本としつつ、レンズシステム3の屈折率を変化させることで、任意に変化させることができる。画像検出装置1においては、駆動信号Cfは正弦波状の交流信号であり、焦点位置Pfおよび焦点距離Dfも正弦波状に周期的に変動する。

40

【0016】

画像検出部4は、既存のCCD (Charge Coupled Device) イメージセンサあるいは他の形式のカメラ等で構成され、レンズシステム3から入射されるワーク9の画像を、所定の信号形式の検出画像Imとして制御用PC7へ出力する。

連続照明部5は、LED (Light Emitting Diode) などの発光素子で構成され、レンズ制御部6の制御のもとでワーク9の表面を連続照明する。

【0017】

画像検出装置1において、レンズシステム3の駆動、連続照明部5の発光および画像検出部4の画像検出は、レンズ制御部6からの駆動信号Cfおよび発光信号Ciおよび画像

50

検出信号 C c により制御される。これらを制御するレンズ制御部 6 の設定などを操作するために、制御用 P C 7 が接続されている。

【 0 0 1 8 】

図 2 には、本実施形態のレンズ制御部 6 および制御用 P C 7 の構成が示されている。

レンズ制御部 6 は、レンズシステム 3 および連続照明部 5 の動作を制御するハードウェアで構成された専用ユニットであり、レンズシステム 3 に駆動信号 C f を出力する駆動制御部 6 1 と、連続照明部 5 に発光信号 C i を出力する発光制御部 6 2 と、画像検出部 4 に画像検出信号 C c を出力する画像検出制御部 6 3 とを有する。

【 0 0 1 9 】

駆動制御部 6 1 は、レンズシステム 3 に駆動信号 C f を出力するとともに、駆動信号 C f に基づいてレンズシステム 3 が振動した際に、レンズシステム 3 に加えられる有効電力あるいは駆動電流から、レンズシステム 3 の振動状態 V f を検出する。そして、レンズシステム 3 の振動状態 V f を参照して駆動信号 C f の周波数を調整することで、レンズシステム 3 の現在の共振周波数にロックすることができる。

10

【 0 0 2 0 】

発光制御部 6 2 は、連続照明部 5 に発光信号 C i を出力し、撮像領域のワーク 9 に対する連続照明のオンオフを制御する。

画像検出制御部 6 3 は、画像検出部 4 に画像検出信号 C c を出力し、画像検出のオンオフを制御する。なお、画像検出オンからオフまでの期間に画像検出部 4 で検出された 1 フレーム分の検出画像 I m は、制御用 P C 7 に送られて処理される。

20

【 0 0 2 1 】

本実施形態では、画像検出信号 C c は所定の期間継続され、その間、ワーク 9 が連続照明されるとともに、焦点位置 P f が駆動信号 C f に応じて周期的に変動する。

従って、画像検出部 4 で検出される検出画像 I m は、焦点位置 P f の変動範囲、つまり対物レンズ 2 およびレンズシステム 3 の合焦範囲全体にわたるフォーカルスweep画像となる。

【 0 0 2 2 】

制御用 P C 7 は、レンズ制御部 6 に各種設定操作などを行うレンズ操作部 7 1 と、画像検出部 4 から検出画像 I m を取り込んで処理する画像処理部 7 2 と、画像検出装置 1 に対するユーザの操作を受け付ける操作インターフェイス 7 3 とを有する。

30

制御用 P C 7 は、汎用のパーソナルコンピュータで構成され、専用のソフトウェアを実行することで、所期の機能を実現している。すなわち、レンズ操作ソフトウェアを実行することで、レンズ制御部 6 を制御するレンズ操作部 7 1 の機能が実現される。また、画像処理ソフトウェアを実行することで、画像検出部 4 からの検出画像 I m を処理する画像処理部 7 2 の機能が実現される。これらのレンズ操作ソフトウェアおよび画像処理ソフトウェアは、制御用 P C 7 の表示画面および入力装置を用いた操作インターフェイス 7 3 を介してユーザが操作することができる。

【 0 0 2 3 】

本実施形態では、画像処理部 7 2 において、本発明に基づく高さ測定手順が実行され、これにより画像検出装置 1 が本発明に基づく高さ測定装置として機能する。

40

そのために、画像メモリ 7 2 1、画像演算部 7 2 2、焦点深度調整部 7 2 3、合焦判定部 7 2 4、および高さ測定部 7 2 5 を有する。

画像メモリ 7 2 1 は、制御用 P C 7 のメモリ領域に割り当てられ、画像検出部 4 からの検出画像 I m を含む画像データ、あるいは画像処理部 7 2 で生成される各種画像データを記憶可能である。

画像演算部 7 2 2、焦点深度調整部 7 2 3、合焦判定部 7 2 4、および高さ測定部 7 2 5 は、制御用 P C 7 で実行されるソフトウェアにより構成され、本発明に基づく高さ測定手順を実行可能である。

【 0 0 2 4 】

画像演算部 7 2 2 は、画像メモリ 7 2 1 に記憶された画像検出部 4 による検出画像 I m

50

から E D O F 画像を演算する。

画像検出部 4 による検出画像 I_m は、ワーク 9 が連続照明部 5 で連続照明され、かつ焦点位置 P_f が駆動信号 C_f に応じて周期的に変動する状態で検出されるため、スイープされる焦点位置 P_f に応じた多数の画像が重畳されたフォーカルスイープ画像となる。

画像演算部 7 2 2 は、画像検出部 4 によるフォーカルスイープ画像に対して、P S F を用いたデコンボリューションを行うことで、E D O F 画像を演算する。E D O F 画像における拡張焦点深度（拡張被写界深度）は、元の検出画像 I_m の焦点深度に対して数倍ないし数十倍にまで拡張される。

【 0 0 2 5 】

焦点深度調整部 7 2 3 は、レンズ制御部 6 からレンズシステム 3 へ送られる駆動信号 C_f の振幅を増減させることで、画像演算部 7 2 2 で演算される E D O F 画像の拡張焦点深度を増減させる。

10

図 3 の (A) 部において、駆動信号 C_f が無い場合あるいは振幅 = 0 のとき、焦点位置 P_f の変動はなく、焦点深度 D_o はごく狭い範囲である。

【 0 0 2 6 】

図 3 の (B) 部において、駆動信号 C_f を小さな振幅でレンズシステム 3 に付与すると、焦点位置 P_f が変動する。このとき、焦点位置 P_f の変動幅は上限値 P_{t1} から下限値 P_{b1} までであったとする。焦点位置 P_f が変動することで、検出画像 I_m はフォーカルスイープ画像となり、E D O F 画像を演算することで拡張焦点深度 $E D 1$ が得られる。拡張焦点深度 $E D 1$ は、演算の設定にもよるが、最大で焦点位置 P_f の変動幅の上限値 P_{t1} から下限値 P_{b1} までの範囲とすることができる。

20

図 3 の (C) 部において、駆動信号 C_f を前述した (B) 部よりも大きな振幅でレンズシステム 3 に付与すると、焦点位置 P_f の変動幅は上限値 P_{t2} から下限値 P_{b2} までとなり、上限値 P_{t2} から下限値 P_{b2} までの範囲の拡張焦点深度 $E D 2$ が得られる。

【 0 0 2 7 】

このように、レンズ制御部 6 からレンズシステム 3 へ送られる駆動信号 C_f の振幅を増減させることで、拡張焦点深度 ($E D 1$, $E D 2$) を増減させることができる。そして、拡張焦点深度 $E D 1$, $E D 2$ は、拡張倍率に応じて明確な増減変化 (上限値 P_{t1} と上限値 P_{t2} との差、下限値 P_{b1} と下限値 P_{b2} との差) を生じさせることができる。

【 0 0 2 8 】

30

合焦判定部 7 2 4 は、ユーザがワーク 9 の表面に注目部位を指定しておくことで、画像演算部 7 2 2 で演算された E D O F 画像に表れるワーク 9 の注目部位の合焦状態を判定する。

合焦状態の判定には、コントラストなどを参照する既存の判定法が利用できる。

ワーク 9 の注目部位は、拡張焦点深度 ($E D 1$, $E D 2$) の内側にあるとき合焦状態となり、外側にあるとき非合焦状態となる。

従って、ワーク 9 の注目部位が、拡張焦点深度の変動範囲内 (上限値 P_{t1} と上限値 P_{t2} との間、下限値 P_{b1} と下限値 P_{b2} との間) にあれば、拡張焦点深度の増減に伴って注目部位の合焦状態が変化する。

【 0 0 2 9 】

40

高さ測定部 7 2 5 は、拡張焦点深度の増減に伴って注目部位の合焦状態が変化した際に、その時点での拡張焦点深度の上限値または下限値を注目部位の高さとして測定する。

すなわち、高さ測定部 7 2 5 は、焦点深度調整部 7 2 3 を制御して駆動信号 C_f の振幅を増減させ、これにより画像演算部 7 2 2 で演算される E D O F 画像において拡張倍率に応じて明確な拡張焦点深度の増減変化 (上限値 P_{t1} と上限値 P_{t2} との差、下限値 P_{b1} と下限値 P_{b2} との差) を生じさせる。

このような拡張焦点深度の増減変化の間に、高さ測定部 7 2 5 は、合焦判定部 7 2 4 による合焦判定を参照し、注目部位の合焦状態が変化した際 (非合焦状態から合焦状態に変化した際、または合焦状態から非合焦状態に変化した際) に、その時点での拡張焦点深度の上限値または下限値を注目部位の高さとし、操作インターフェイス 7 3 を介してユーザ

50

に表示する。

【 0 0 3 0 】

このような本実施形態では、次のような手順で高さ測定を行う。

図 4 において、測定にあたっては、高さ測定装置として用いる画像検出装置 1 にワーク 9 を設置し（処理 S 1 ）、画像検出装置 1 で検出される検出画像 I_m 上でワーク 9 の表面の注目部位を指定しておく（処理 S 2 ）。

図 5 の（ A ）部において、ワーク 9 の注目部位 T P がごく狭い範囲である焦点深度 D_o の内側にあれば、焦点位置 P f から高さを測定できるが、ワーク 9 の注目部位 T P が焦点深度 D_o の外側であれば、そのままでは注目部位 T P の高さは測定できない。

図 5 の（ B ）部において、ワーク 9 の注目部位 T P が、駆動信号 C f を小さくした際の拡張焦点深度 $E D 1$ と、大きくした際の拡張焦点深度 $E D 2$ との変動範囲の間にあれば、ワーク 9 の注目部位 T P の高さ測定が可能である。

【 0 0 3 1 】

本実施形態の高さ測定においては、先ず、駆動信号 C f を最小にしておく（図 4 の処理 S 3 ）。そして、画像検出部 4 で画像を検出し（処理 S 4 ）、画像演算部 7 2 2 で E D O F 画像を演算し（処理 S 5 ）、演算された E D O F 画像における注目部位の合焦状態を合焦判定部 7 2 4 で判定する（処理 S 6 ）。

ここで、高さ測定部 7 2 5 は、注目部位の合焦状態の変化を判定し（処理 S 7 ）、前回と合焦状態が変化していなければ、駆動信号 C f の振幅を増加させ（処理 S 8 ）、処理 S 4 から処理 S 6 を繰り返す。

【 0 0 3 2 】

図 5 の（ C ）部において、駆動信号 C f を小さくして拡張焦点深度 $E D 1$ を小さくした状態では、注目部位 T P が拡張焦点深度 $E D 1$ の外側にあり、注目部位 T P は合焦判定部 7 2 4 において非合焦状態と判定される。

駆動信号 C f を増して拡張焦点深度 $E D 1$ から拡張焦点深度 $E D i$ を徐々に上げてゆくと、現時点での拡張焦点深度 $E D i$ の上限値または下限値が注目部位 T P を通り過ぎることで、注目部位 T P が拡張焦点深度 $E D i$ の内側となり、注目部位 T P は合焦判定部 7 2 4 において合焦状態と判定される。

その結果、注目部位 T P は、前回の非合焦状態から合焦状態に変化する。

【 0 0 3 3 】

高さ測定部 7 2 5 は、注目部位 T P の合焦状態の変化を検出すると、拡張焦点深度 $E D i$ の上限値または下限値に基づく注目部位 T P の高さ測定を行う。

先ず、画像演算部 7 2 2 での E D O F 画像の演算設定を参照し、拡張焦点深度 $E D i$ の上限値および下限値を検出する（図 4 の処理 S 9 ）。次に、拡張焦点深度 $E D i$ の上限値および下限値のいずれかを選択し、これを注目部位 T P の高さとする（処理 S 1 0 ）。

図 5 （ C ）部において、注目部位 T P が拡張焦点深度 $E D 1$ の下限値 P b 1 側であれば、拡張焦点深度 $E D i$ の下限値 P b i を注目部位 T P の高さとして測定できる。

【 0 0 3 4 】

図 6 には、注目部位 T P が拡張焦点深度 $E D 1$ の上限値 P t 1 側である場合が示されている。この場合でも、前述した処理 S 1 ~ S 1 0 により、拡張焦点深度 $E D i$ の上限値 P t i を注目部位 T P の高さとして測定できる。

【 0 0 3 5 】

なお、注目部位 T P の高さが拡張焦点深度 $E D i$ の上限値 P t i または下限値 P b i のいずれであるかは、予めワーク 9 の注目部位 T P と拡張焦点深度との概略位置関係に基づいて確定できる。例えば、E D O F 画像とする前の検出画像 I_m における拡張されていない焦点深度 D_o に対して、注目部位 T P が上下どちらにあるかを識別することで、注目部位 T P が拡張焦点深度 $E D i$ の上限値 P t i の側か下限値 P b i の側かを確定できる。あるいは、上述した高さ測定動作（図 4 の処理 S 3 ~ S 1 0 ）を、ワーク 9 と対物レンズ 2 との位置関係をずらして 2 回以上行うことで確定できる。

【 0 0 3 6 】

10

20

30

40

50

このように、本実施形態によれば、液体共振式の焦点距離可変レンズであるレンズシステム3と、連続照明部5による連続照明とを用いて、ワーク9における注目部位TPの高さを測定することができる。

【0037】

なお、本発明は前述した実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる範囲での変形などは本発明に含まれる。

前述した図1ないし図6の実施形態では、拡張焦点深度ED1を小さくした状態から、拡張焦点深度EDiを徐々に大きくする際に、注目部位TPが非合焦状態から合焦状態に変化することを判定して注目部位TPの高さを測定した。

これに対し、図7に示すように、拡張焦点深度ED2を大きくした状態から、拡張焦点深度EDiを徐々に小さくする際に、注目部位TPが合焦状態から非合焦状態に変化することを判定して注目部位TPの高さを測定してもよい。

【産業上の利用可能性】

【0038】

本発明は高さ測定方法および高さ測定装置に利用できる。

【符号の説明】

【0039】

1...高さ測定装置である画像検出装置、2...対物レンズ、3...レンズシステム、4...画像検出部、5...連続照明部、6...レンズ制御部、61...駆動制御部、62...発光制御部、63...画像検出制御部、7...制御用PC、71...レンズ操作部、72...画像処理部、721...画像メモリ、722...画像演算部、723...焦点深度調整部、724...合焦判定部、725...高さ測定部、73...操作インターフェイス、9...ワーク、Cc...画像検出信号、Cf...駆動信号、Ci...発光信号、Df...焦点距離、Do...焦点深度、ED1, ED2, EDi...拡張焦点深度、Im...検出画像、Pb1, Pb2, Pbi...下限値、Pf...焦点位置、Pt1, Pt2, Pti...上限値、TP...注目部位、Vf...振動状態。

10

20

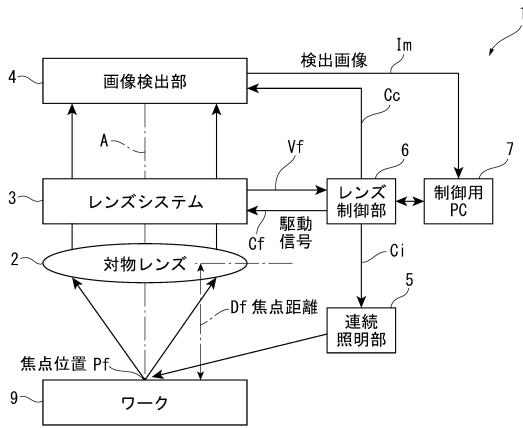
30

40

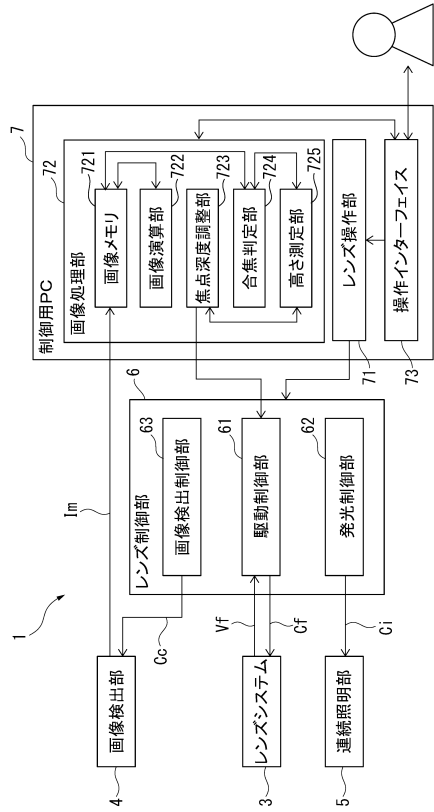
50

【 図面 】

【 図 1 】



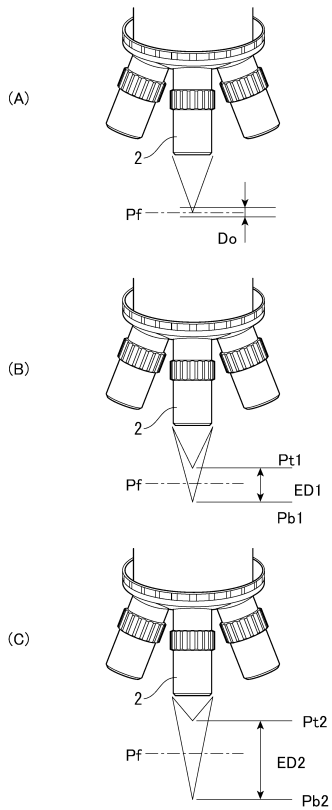
【 図 2 】



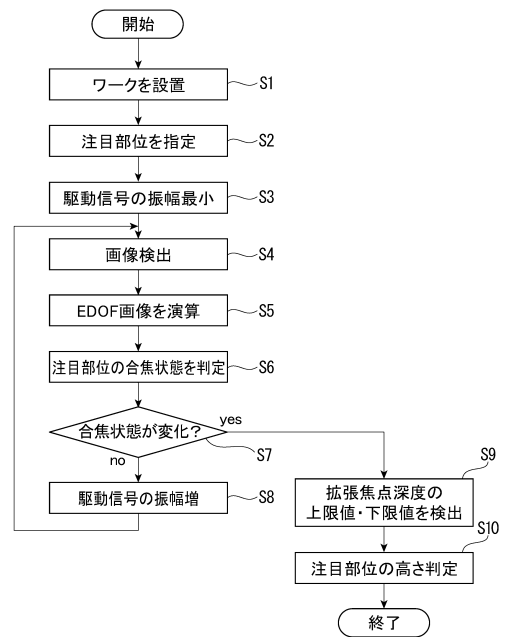
10

20

【 図 3 】



【 図 4 】

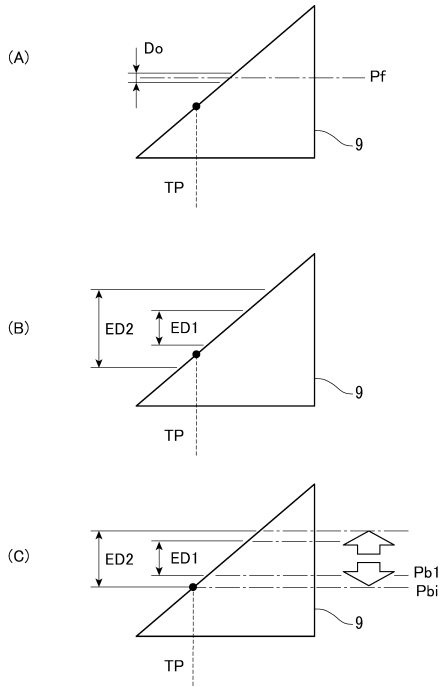


30

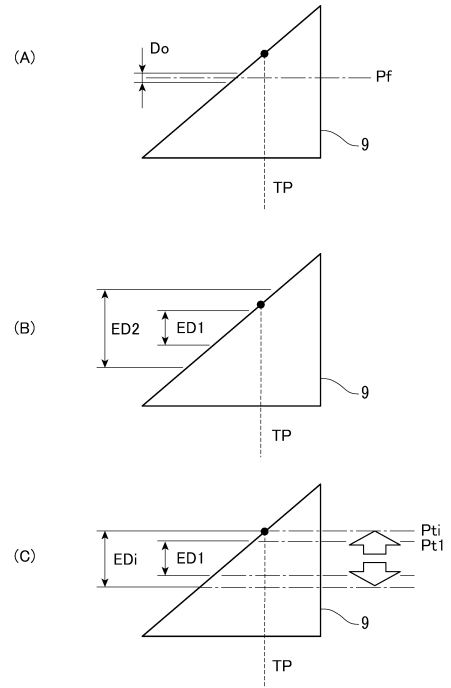
40

50

【 図 5 】



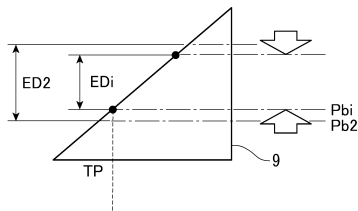
【 図 6 】



10

20

【 図 7 】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2018-84821(JP,A)
特開2018-77461(JP,A)
特開2011-107140(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G01B 11/00 - 11/30
G01C 3/06