

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6797638号
(P6797638)

(45) 発行日 令和2年12月9日 (2020. 12. 9)

(24) 登録日 令和2年11月20日 (2020. 11. 20)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 B 5/20 (2006. 01)
GO 1 B 21/00 (2006. 01)
GO 1 B 11/24 (2006. 01)
GO 1 B 5/00 (2006. 01)

GO 1 B 5/20 C
 GO 1 B 21/00 A
 GO 1 B 11/24 K
 GO 1 B 5/00 A

請求項の数 14 (全 43 頁)

(21) 出願番号 特願2016-215545 (P2016-215545)
 (22) 出願日 平成28年11月2日 (2016. 11. 2)
 (65) 公開番号 特開2018-72267 (P2018-72267A)
 (43) 公開日 平成30年5月10日 (2018. 5. 10)
 審査請求日 令和1年9月10日 (2019. 9. 10)

(73) 特許権者 000129253
 株式会社キーエンス
 大阪府大阪市東淀川区東中島1丁目3番1
 4号
 (74) 代理人 100076428
 弁理士 大塚 康德
 (74) 代理人 100115071
 弁理士 大塚 康弘
 (74) 代理人 100112508
 弁理士 高柳 司郎
 (74) 代理人 100116894
 弁理士 木村 秀二
 (74) 代理人 100131886
 弁理士 坂本 隆志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ワークが載置されるステージと、
 前記ステージに載置された前記ワークを撮像して画像を生成する撮像部と、
 前記撮像部の視野内において、前記ステージに載置された前記ワークの側面と接触可能なコンタクト部を有するプローブと、
 前記ステージの載置面と略平行に前記ステージと前記プローブとのうち少なくとも一方を移動させる駆動部と、
 前記コンタクト部と前記ワークの側面とが接触したときに前記撮像部により生成された画像を用いて前記ワークの側面の位置を測定する測定部と
 を有する画像測定装置であって、
 前記撮像部により生成された前記コンタクト部の画像における当該コンタクト部の形状が所定形状であるかを判定する形状判定部と、
 前記形状判定部の判定結果を出力する出力部と
 をさらに有することを特徴とする画像測定装置。

【請求項 2】

前記コンタクト部は略球体であり、
 前記形状判定部は、前記コンタクト部の画像から前記コンタクト部の水平断面形状を抽出し、抽出された水平断面形状が前記所定形状であるかを判定することを特徴とする請求項 1 に記載の画像測定装置。

【請求項 3】

前記形状判定部は、前記水平断面形状の真円度に基づき前記水平断面形状が前記所定形状であるかを判定することを特徴とする請求項 2 に記載の画像測定装置。

【請求項 4】

前記真円度の閾値の入力を受け付ける受付部を有し、

前記形状判定部は、前記水平断面形状の真円度と前記閾値とを比較することで、前記水平断面形状が前記所定形状であるかを判定することを特徴とする請求項 3 に記載の画像測定装置。

【請求項 5】

前記形状判定部は、前記水平断面形状の直径と前記所定形状の直径とを比較することで前記水平断面形状が前記所定形状であるかを判定することを特徴とする請求項 2 に記載の画像測定装置。

10

【請求項 6】

前記直径の閾値の入力を受け付ける受付部を有し、

前記形状判定部は、前記水平断面形状の直径と前記閾値とを比較することで、前記水平断面形状が前記所定形状であるかを判定することを特徴とする請求項 5 に記載の画像測定装置。

【請求項 7】

前記形状判定部は、前記コンタクト部の画像における前記コンタクト部のエッジを前記水平断面形状として抽出し、当該抽出されたエッジから最小二乗法により近似円を求め、当該近似円と前記コンタクト部の各エッジの位置を比較することで、前記水平断面形状が前記所定形状であるかを判定することを特徴とする請求項 2 に記載の画像測定装置。

20

【請求項 8】

前記所定形状をしたコンタクト部の画像である基準画像を記憶する記憶部をさらに有し、

前記形状判定部は、前記撮像部により生成された前記コンタクト部の画像と前記基準画像とを比較することで前記コンタクト部の形状が所定形状であるかを判定することを特徴とする請求項 1 に記載の画像測定装置。

【請求項 9】

前記形状判定部は、前記基準画像から前記所定形状を抽出し、当該抽出された所定形状と前記撮像部により生成された前記コンタクト部の画像から抽出された前記コンタクト部の水平断面形状とを比較することを特徴とする請求項 8 に記載の画像測定装置。

30

【請求項 10】

前記コンタクト部を発光させる光源と、

前記光源の点灯と消灯とを制御する制御部とをさらに有し、

前記制御部は、前記コンタクト部の画像を取得する際に前記光源を点灯させて前記コンタクト部を発光させることを特徴とする請求項 1 ないし 9 のいずれか一項に記載の画像測定装置。

【請求項 11】

前記コンタクト部を発光させる光源と、

前記光源の点灯と消灯とを制御する制御部とをさらに有し、

前記制御部は、前記コンタクト部の画像を取得する際に前記光源を消灯することを特徴とする請求項 1 ないし 9 のいずれか一項に記載の画像測定装置。

40

【請求項 12】

前記形状判定部は、前記ステージにワークが載置されていないときに前記撮像部により生成された画像から前記コンタクト部の画像を抽出することを特徴とする請求項 1 ないし 11 のいずれか一項に記載の画像測定装置。

【請求項 13】

前記形状判定部は、前記コンタクト部と前記ワークの側面とが接触したときに前記撮像部により生成された画像から、前記コンタクト部の画像を抽出することを特徴とする請求

50

項 1 ないし 1 1 のいずれか一項に記載の画像測定装置。

【請求項 1 4】

前記撮像部の合焦範囲に前記コンタクト部が位置しているときに前記撮像部が前記コンタクト部の画像を生成することを特徴とする請求項 1 ないし 1 3 のいずれか一項に記載の画像測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像測定装置に係り、さらに詳しくは、プローブをステージ上のワークに接触させ、プローブの位置を画像で検出してワークの寸法を求める画像測定装置の改良に関する。

10

【背景技術】

【0002】

画像測定装置は、ステージ上に載置されたワークを撮影してワーク画像を取得し、ワーク画像からエッジを抽出してワークの寸法を求める寸法測定器である。ワーク画像は、カメラの高さ方向の位置に関わらず、ワークに対して極めて正確な相似形であり、ワーク画像上の距離や角度を判定することにより、ワーク上における実際の寸法や角度を検知することができる。エッジ抽出は、ワーク画像の輝度変化を解析してエッジ点を検出し、検出された複数のエッジ点に直線、円、円弧などの幾何学図形をフィッティングさせることにより行われ、ワークと背景との境界、ワーク上の凹部又は凸部の輪郭等がエッジとして求められる。ワークの寸法は、この様にして求められるエッジ間の距離や角度として求められる。また、求められた寸法値と設計値との差分（誤差）を公差と比較してワークの良否判定が行われる。

20

【0003】

上述した様な画像測定装置には、プローブをステージ上に載置されたワークの側面に接触させてワークの寸法を求めるものがある（非特許文献 1）。プローブは、カメラの撮像視野内に配置され、ワークとの接触位置は、ワークの側面に接触した状態のプローブが撮影された画像からプローブの位置を特定することによって求められる。

【先行技術文献】

【非特許文献】

30

【0004】

【非特許文献 1】Guijun Ji, ハインリッヒ シュベンケ (Heinrich Schwenke), オイゲン トラペート (Eugen Trapet), 「アン オプトメカニカル マイクロプローブ システム フォー メジャリング ベリー スモール パーツ オン CMMs (An Opto-mechanical Microprobe System for Measuring Very Small Parts on CMMs)」, (アメリカ), 国際光工学会 (SPIE) ビジョンジオメトリ-VII (Vision Geometry VII), 1998 年 7 月 20 日 ~ 22 日, 第 3454 巻, p. 348 - 353

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

図 3 3 及び図 3 4 は、画像測定装置の動作例を示した図である。図 3 3 の (a) には、測定対象のワーク W が示され、(b) には、ワーク画像 I_w が示されている。このワーク W は、ベース部材 w₁ と、ベース部材 w₁ 上に形成された 2 つの突出部 w₂ とからなる。2 つの突出部 w₂ における内側の側面 S_a 間の距離 A と、外側の側面 S_b 間の距離 B と、ベース部材 w₁ の側面 S_c 間の距離 C とを測定する場合、突出部 w₂ の内側が曲面形状であることから、側面 S_b 及び S_c のエッジに比べ、側面 S_a のエッジをワーク画像 I_w から正確に特定することは難しい。

【0006】

50

図34の(a)には、プローブPrを右側の突出部w₂の側面Saに接触させた状態で撮影されたワーク画像Iwが示され、(b)には、プローブPrを左側の突出部w₂の側面Saに接触させた状態で撮影されたワーク画像Iwが示されている。ワーク画像IwにおけるプローブPrの位置は、プローブPrの形状やサイズが既知であることから正確に特定することができる。また、側面Saの位置は、撮像視野内におけるプローブPrの変位量から接触位置を特定することによって求められる。従って、この種の画像測定装置を用いれば、ワーク画像Iwからエッジが正確に特定できない測定箇所であっても、寸法を正確に求めることができる。

【0007】

ところで、プローブPrを利用した画像測定装置ではプローブPrの形状とサイズが既知の形状とサイズに維持されていることが前提となっている。そのため、プローブPrの先端に設けられた球状のコンタクト部に油やゴミなどが付着していると、コンタクト部がワークWに接触した位置の測定精度が低下する。画像測定装置の測定精度はマイクロメートルのオーダーであるため、目視で確認できないような付着物がついていても、測定誤差を引き起こす。そのため、ユーザは毎回測定前にコンタクト部をクリーニングすれば、測定精度を維持できるが、ユーザには負担となろう。したがって、測定精度に影響を与えるような付着物が実際にコンタクト部に付着しているときに警告を発し、ユーザにクリーニングを促すことができれば、ユーザビリティが向上するであろう。そこで、本発明は、測定精度の低下を抑制しつつ、ユーザビリティを向上することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の第1の態様による画像測定装置は、
ワークが載置されるステージと、
前記ステージに載置された前記ワークを撮像して画像を生成する撮像部と、
前記撮像部の視野内において、前記ステージに載置された前記ワークの側面と接触可能なコンタクト部を有するプローブと、
前記ステージの載置面と略平行に前記ステージと前記プローブとのうち少なくとも一方を移動させる駆動部と、
前記コンタクト部と前記ワークの側面とが接触したときに前記撮像部により生成された画像を用いて前記ワークの側面の位置を測定する測定部と
を有する画像測定装置であって、
前記撮像部により生成された前記コンタクト部の画像における当該コンタクト部の形状が所定形状であるかを判定する形状判定部と、
前記形状判定部の判定結果を出力する出力部と
をさらに有することを特徴とする画像測定装置を備える。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、コンタクト部の形状が所定形状であるかを示す判定結果が出力されるため、ユーザはその判定結果に基づきコンタクト部のクリーニングを実施できるようになる。これにより、測定精度の低下を抑制しつつ、ユーザビリティを向上することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の実施の形態による画像測定装置1の一構成例を示したシステム図である。

【図2】図1の画像測定装置1の動作の一例を模式的に示した説明図である。

【図3】プローブ26をステージ23上のワークWに接触させる際の動作の一例を模式的に示した説明図である。

【図4】図1の画像測定装置1の動作の一例を示した図であり、輪郭線14の位置を特定してワークWの側面間の距離Dを算出する場合が示されている。

【図 5】図 1 のコントローラ 3 の一構成例を示したブロック図である。

【図 6】図 5 の入力受付部 3 1 1 の一構成例を示したブロック図である。

【図 7】図 5 の入力受付部 3 1 1 における接触位置指定時の動作の一例を示した図である。

【図 8】図 5 の入力受付部 3 1 1 におけるパターン画像登録時の動作の一例を示した図である。

【図 9】図 5 の入力受付部 3 1 1 における接触位置指定時の動作の一例を示した図であり、形状種別とスキャン経路の本数とを対応づけたテーブルが示されている。

【図 10】図 5 の入力管理部 3 1 1 におけるスキャン位置指定時の動作の一例を示した図であり、輪郭線 L の長さに応じてスキャン経路の本数が異なる場合が示されている。

【図 11】図 5 の測定制御部 3 1 5 の一構成例を示したブロック図である。

【図 12】図 5 のコントローラ 3 における測定設定時の動作の一例を示したフローチャートである。

【図 13】図 1 の画像測定装置 1 における測定設定時の動作の一例を示した図であり、登録対象のワーク W とパターン画像 I_p とが示されている。

【図 14】図 1 の画像測定装置 1 における測定設定時の動作の一例を示した図であり、表示部 2 1 に表示される設定画面 1 0 0 が示されている。

【図 15】設計値及び公差の指定時における公差設定画面 1 0 1 を示した図である。

【図 16】特徴量情報の指定時における特徴量設定画面 1 0 2 を示した図である。

【図 17】図 1 2 のステップ S 1 0 3 (画像測定要素の設定) について、詳細動作の一例を示したフローチャートである。

【図 18】図 1 の画像測定装置 1 における画像測定要素の設定時の動作の一例を示した図である。

【図 19】図 1 2 のステップ S 1 0 4 (プローブ測定要素の設定) について、詳細動作の一例を示したフローチャートである。

【図 20】図 1 の画像測定装置 1 におけるプローブ測定要素の設定時の動作の一例を示した図である。

【図 21】モデル画像 I_m 上の接触目標位置を調整する場合の動作例を示した図である。

【図 22】スキャン動作の開始位置が他の部位と干渉する場合の動作例を示した図である。

【図 23】モデル画像 I_m 上でスキャン動作の高さ位置を調整する場合の動作例を示した図である。

【図 24】プローブ 2 6 が接触目標位置間を移動する際の移動方法を指定する場合の動作例を示した図である。

【図 25】図 1 2 のステップ S 1 0 7 (特徴量情報の登録) について、詳細動作の一例を示したフローチャートである。

【図 26】図 1 7 のステップ S 2 0 1、図 1 9 のステップ S 3 0 1 及び図 2 5 のステップ S 4 0 1 (撮影条件の指定) の詳細動作の一例を示したフローチャートである。

【図 27】図 5 のコントローラ 3 における連続測定時の動作の一例を示したフローチャートである。

【図 28】図 5 のコントローラ 3 における連続測定時の動作の一例を示したフローチャートである。

【図 29】図 1 の画像測定装置 1 における連続測定時の動作の一例を示した図である。

【図 30】図 1 の画像測定装置 1 における連続測定時の動作の一例を示した図である。

【図 31】図 1 の画像測定装置 1 における連続測定時の動作の一例を示した図である。

【図 32】図 2 8 のステップ S 6 1 5 (スキャン動作) について、詳細動作の一例を示したフローチャートである。

【図 33】従来の画像測定装置の動作例を示した図である。

【図 34】従来の画像測定装置の動作例を示した図である。

【図 35】付着物を説明する図である。

10

20

30

40

50

【図 3 6】付着物の検知に關与する機能を説明する図である。

【図 3 7】プローブチェック処理を説明するフローチャートである。

【図 3 8】真円度に基づく付着物の検知処理を説明するフローチャートである。

【図 3 9】画像比較に基づく付着物の検知処理を説明するフローチャートである。

【図 4 0】直径に基づく付着物の検知処理を説明するフローチャートである。

【図 4 1】コンタクト部の発光の有無に基づく画像の違いを説明する図である。

【図 4 2】判定結果を示す UI を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

< 画像測定装置 1 >

10

図 1 は、本発明の実施の形態による画像測定装置 1 の一構成例を示したシステム図である。この画像測定装置 1 は、ステージ 2 3 上のワーク W が撮影されたワーク画像からエッジを抽出し、また、プローブ 2 6 をステージ 2 3 上のワーク W に接触させて接触位置を特定することにより、ワーク W の寸法を求める寸法測定器であり、本体 2、コントローラ 3、キーボード 4 1 及びマウス 4 2 により構成される。ワーク W は、その形状や寸法が測定される測定対象物である。

【0012】

本体 2 は、測定ユニット 2 0、表示部 2 1、垂直駆動部 2 2、ステージ 2 3、水平駆動部 2 4 及び透過照明ユニット 2 5 により構成され、ステージ 2 3 上のワーク W に可視光からなる検出光を照射し、その透過光又は反射光を受光してワーク画像を生成する。表示部 2 1 の正面方向を前後方向と呼ぶことにすれば、表示部 2 1 は、測定ユニット 2 0 よりも前側に配置されている。

20

【0013】

ここでは、ワーク画像からエッジを抽出してワーク W の寸法を求める処理を画像測定と呼び、プローブ 2 6 をワーク W の側面に接触させた状態のワーク画像から、プローブ 2 6 の位置を検出し、プローブ 2 6 とワーク W との接触位置の座標を特定することにより、ワーク W の寸法を求める処理をプローブ測定と呼ぶことにする。

【0014】

表示部 2 1 は、ワーク画像や測定結果を表示する表示装置である。垂直駆動部 2 2 は、ステージ 2 3 に対するフォーカス位置の高さやプローブ 2 6 の高さを調整するために、測定ユニット 2 0 及びステージ 2 3 を鉛直方向に相対的に移動させる。この垂直駆動部 2 2 は、測定ユニット 2 0 を鉛直方向に移動させることができる。なお、垂直駆動部 2 2 は、プローブ 2 6 を測定ユニット 2 0 に対して個別に高さ調整可能な構成としても良い。

30

【0015】

ステージ 2 3 は、ワーク W を載置するための水平かつ平坦な載置面を有する作業台である。例えば、ステージ 2 3 は、検出光を透過させるガラス板からなる。水平駆動部 2 4 は、ステージ 2 3 に対する撮像視野の位置やプローブ 2 6 の位置を調整するために、測定ユニット 2 0 及びステージ 2 3 をステージ 2 3 の上面と平行な方向に相対的に移動させる。この水平駆動部 2 4 は、ステージ 2 3 を水平面内の任意の方向に移動させることができる。

40

【0016】

透過照明ユニット 2 5 は、ステージ 2 3 上のワーク W に検出光を下方から照射する投光装置であり、透過照明用光源 2 5 1、ミラー 2 5 2 及び集光レンズ 2 5 3 により構成される。透過照明用光源 2 5 1 は、前方に向けて配置されている。透過照明用光源 2 5 1 から出射された検出光は、ミラー 2 5 2 により上方に向けて反射され、集光レンズ 2 5 3 を介して出射される。この検出光は、ステージ 2 3 を透過し、その透過光の一部は、ワーク W により遮断され、他の一部が測定ユニット 2 0 の対物レンズ 2 0 5 に入射する。

【0017】

< 測定ユニット 2 0 >

測定ユニット 2 0 は、ステージ 2 3 上のワーク W に検出光を照射し、ワーク W からの検

50

出光を受光する投受光ユニットであり、プローブ26、切替駆動部27、撮像部201、206、ハーフミラー204、210、対物レンズ205、同軸落射照明用光源209、リング照明ユニット211、リング照明用垂直駆動部212及びプローブ用光源263により構成される。

【0018】

対物レンズ205は、ワークWからの検出光を集光する受光レンズであり、ステージ23と対向するように配置されている。撮像部201及び206は、共通の対物レンズ205を介してステージ23上のワークWを撮影し、ワーク画像をそれぞれ生成するカメラである。

【0019】

撮像部201は、撮影倍率の低い撮像装置であり、撮像素子202と、結像レンズ及び絞り板からなる低倍側結像レンズ部203とにより構成される。撮像素子202は、低倍側結像レンズ部203を介してワークWからの検出光を受光し、ワーク画像を生成する。この撮像素子202は、受光面を下方に向けた状態で配置されている。

【0020】

撮像部206は、撮影倍率の高い撮像装置であり、撮像素子207と、結像レンズ及び絞り板からなる高倍側結像レンズ部208とにより構成され、撮像部201の撮像視野と同軸の撮像視野をステージ23上に形成する。撮像素子207は、高倍側結像レンズ部208を介してワークWからの検出光を受光し、ワーク画像を生成する。この撮像素子207は、受光面を前方に向けた状態で配置されている。対物レンズ205を透過した検出光は、ハーフミラー204により後方に向けて反射され、高倍側結像レンズ部208を介して撮像素子207に結像する。

【0021】

撮像素子202及び207には、例えば、CCD（Charge Coupled Devices：電荷結合素子）、CMOS（Complementary Metal Oxide Semiconductor：相補型金属酸化物半導体）などのイメージセンサが用いられる。対物レンズ205には、鉛直方向、すなわち、対物レンズ205の光軸方向の位置が変化しても、像の大きさを変化させない性質を有するテレセントリックレンズが用いられる。

【0022】

同軸落射照明用光源209は、ステージ23上のワークWに検出光を鉛直上方から照射するための投光用光源装置であり、前方に向けて配置されている。同軸落射照明用光源209から出射された検出光は、ハーフミラー210により下方に向けて反射され、対物レンズ205を介して出射される。

【0023】

リング照明ユニット211は、ステージ23上のワークWに検出光を上方又は側方から照射する投光装置であり、対物レンズ205を取り囲むリング形状からなる。リング照明用垂直駆動部212は、ステージ23に対する検出光の照射角度を調整するために、リング照明ユニット211を鉛直方向に移動させる。ワークWの照明方法としては、透過照明、リング照明又は同軸落射照明のいずれかを選択することができる。

【0024】

<プローブ26>

プローブ26は、ステージ23上に載置されたワークWの側面に接触させてワークWの寸法を測定するための接触子である。このプローブ26は、撮像部201の撮像視野内と退避位置とに移動可能に配置されている。また、プローブ26は、自発光型のプローブであり、ワークWに接触させる球状のコンタクト部261と、ガイド光を伝送する金属管262とにより構成される。

【0025】

金属管262の内部には、ガイド光を伝送するための光ファイバが内包されている。金属管262は、十分な強度を有するSUS管で構成されており、ワークWにコンタクト部261が接触しても金属管262の形状は変化しない。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 6 】

コンタクト部 2 6 1 は、プローブ用光源 2 6 3 から延出する金属管 2 6 2 の先端に配置され、ガイド光を拡散放射する。球状のコンタクト部 2 6 1 の水平方向における断面積は金属管 2 6 2 の水平方向における断面積よりも大きくなっていることから、撮像部 2 0 1 によりコンタクト部 2 6 1 を上方から撮像した場合であっても、コンタクト部 2 6 1 の輪郭を撮像することができる。プローブ用光源 2 6 3 は、可視光からなるガイド光を生成し、金属管 2 6 2 に入射させる光源装置である。

【 0 0 2 7 】

切替駆動部 2 7 は、プローブ 2 6 が撮像視野内の測定位置に位置する状態と、プローブ 2 6 が撮像視野の中心から離れる方向に移動した退避位置に位置する状態とを相互に切り替える水平駆動部である。この切替駆動部 2 7 は、鉛直方向の回転軸を中心としてプローブ用光源 2 6 3 を回転させる回転駆動部であり、プローブ用光源 2 6 3 を回転させることにより、プローブ 2 6 を退避位置と測定位置との間で移動させる。例えば、退避位置は、撮像部 2 0 1 の撮像視野外であることが望ましいが、プローブ 2 6 がワーク画像に被写体として映し込まれなければ撮像視野の周縁部であっても良い。

【 0 0 2 8 】

コントローラ 3 は、本体 2 による撮影や画面表示を制御し、ワーク画像を解析してワーク W の寸法を演算により求める制御ユニットであり、キーボード 4 1 及びマウス 4 2 が接続されている。キーボード 4 1 及びマウス 4 2 は、ユーザが操作入力を行う入力部 4 である。

【 0 0 2 9 】

図 2 ~ 図 4 は、図 1 の画像測定装置 1 の動作の一例を模式的に示した説明図である。図 2 には、取付アーム 2 6 4 から延びるプローブ 2 6 を鉛直上方から見た様子が示されている。図中の (a) には、プローブ 2 6 が測定位置にある場合が示され、(b) には、プローブ 2 6 が退避位置にある場合が示されている。

【 0 0 3 0 】

取付アーム 2 6 4 は、プローブ 2 6 を測定ユニット 2 0 の筐体に取り付けるための取付部材であり、L 形状からなる。取付アーム 2 6 4 の一端には、鉛直方向の回転軸 2 6 5 が配置され、他端面からプローブ 2 6 が突出している。取付アーム 2 6 4 は、金属管 2 6 2 をフローティング構造により支持している。コンタクト部 2 6 1 がワーク W の側面に接触したときに、金属管 2 6 2 は接触により変形することなく X 及び Y 方向にオフセットする。その結果、ワーク画像上でコンタクト部 2 6 1 の位置が変化する。

【 0 0 3 1 】

撮像エリア 1 1 は、撮像部 2 0 1 の撮像視野に対応するステージ 2 3 上の領域であり、矩形形状からなる。透光エリア 1 2 は、透過照明ユニット 2 5 から検出光が照射されるステージ 2 3 上の円形領域であり、撮像エリア 1 1 内に形成される。

【 0 0 3 2 】

プローブ 2 6 が測定位置にある場合、コンタクト部 2 6 1 は、撮像エリア 1 1 及び透光エリア 1 2 の中心に配置される。この状態で撮影されたワーク画像には、コンタクト部 2 6 1 が被写体として映し込まれる。切替駆動部 2 7 を制御してプローブ 2 6 が測定位置にある状態から取付アーム 2 6 4 を 1 8 0 ° 程度回転させることにより、プローブ 2 6 は退避位置に移動する。

【 0 0 3 3 】

退避位置は、プローブ 2 6 がワーク画像に被写体として映し込まれないようにプローブ 2 6 を退避させるための位置であり、予め定められている。プローブ 2 6 が退避位置にある場合、コンタクト部 2 6 1 及び金属管 2 6 2 は、撮像エリア 1 1 の外側に配置される。

【 0 0 3 4 】

図 3 には、プローブ 2 6 をステージ 2 3 上のワーク W に接触させる際の動作の一例が示されている。図中の (a) には、基準高さにおいて、スキャン経路の開始位置に対応する位置まで、ステージ 2 3 に対し、プローブ 2 6 を相対的に移動させる場合が示され、(b

10

20

30

40

50

）には、基準高さから測定高さまでプローブ26を鉛直下方に移動させる場合が示されている。図中の（c）には、測定高さにおいて、ステージ23に対し、プローブ26を相対的にスキャン経路に沿って移動させる場合が示されている。

【0035】

プローブ26を用いた寸法測定では、プローブ26をワークWの側面に接触させる際の接触目標位置と、この接触目標位置を通るスキャン経路とが予め指定される。基準高さは、プローブ26がステージ23上のワークWと干渉しない高さである。水平駆動部24を制御することにより、基準高さにおいて、ステージ23に対し、プローブ26を相対的に水平方向に移動させることができる。なお、基準高さは、プローブ26の先端部が撮像部201又は206の被写界深度範囲の外側になるような高さに指定されるような構成であっても良い。

10

【0036】

測定高さは、プローブ26が接触すべきワーク側面の高さであり、鉛直方向の位置が基準高さよりも低い。垂直駆動部22は、ステージ23に対するプローブ26の高さを測定高さと、この測定高さよりも高い基準高さとに切り替える。ステージ23に対し、プローブ26を相対的にスキャン経路に沿って開始位置から終了位置に向かってスキャン方向に移動させれば、コンタクト部261をワークWの側面に接触させることができる。プローブ26がワークWの側面に接触したことが検知されれば、プローブ26はステージ23に対して直ちに停止する。

【0037】

20

スキャン経路の開始位置は、上述したスキャン動作を開始させるための動作開始位置であり、終了位置は、スキャン動作を終了させるための動作終了位置である。終了位置を定めておくことにより、プローブ26が終了位置に到達した時点で接触エラーを検知することができる。スキャン経路の開始位置と終了位置は、接触目標位置を通り、かつ、ワークWの輪郭線の法線に沿ったスキャン経路上に設定される。

【0038】

図4には、輪郭線14の位置を特定してワークWの側面間の距離Dを算出する場合が示されている。図中の（a）には、測定対象のワークWとこのワークWの右側面に接触させたプローブ26とが示されている。このワークWは、階段状の段差を有しており、上段の右側面と左側面との間の距離Dが測定される。

30

【0039】

図中の（b）には、透過照明により撮像された透過画像からなるワーク画像I_wが示されている。透過画像では、ワークWの外縁をエッジ抽出によって特定することは可能であるが、外縁よりも内側の輪郭線をエッジ抽出によって特定することは困難である。

【0040】

図中の（c）には、反射照明により撮像された反射画像からなるワーク画像I_wが示されている。反射照明は、同軸落射照明又はリング照明による照明方法であり、ワークWの外縁よりも内側の輪郭線であっても、エッジ抽出によって特定可能である。ところが、ワークWの上段部は、右側の上部が曲面形状であることから、左側面の輪郭線に比べ、右側面の輪郭線をエッジ抽出によって正確に特定することは難しい。この様な場合、プローブ26を接触させることにより、右側面の輪郭線14を正確に特定することができる。

40

【0041】

図中の（c）に示すワーク画像I_wには、プローブ26を接触させて特定した右側面の輪郭線14と、エッジ抽出領域15からエッジを抽出して特定した左側面の輪郭線14とが表示されている。

【0042】

プローブ26がワークWの側面に接触したことは、スキャン経路を移動中のコンタクト部261のワーク画像I_w上における位置が、所定時間内に所定の閾値以上変化したか否かによって検知することができる。コンタクト部261の位置は、例えば、コンタクト部261のエッジから円中心を求めることにより特定される。また、プローブ26がワーク

50

Wの側面に接触した際のワーク画像I_w上において、撮像視野の中心に対するコンタクト部261の変位方向から、ワークWの側面の法線方向や接触位置13を特定することができる。

【0043】

なお、プローブ26自体を水平に移動させるような構成の場合は、スキャン経路を移動中のコンタクト部261がワーク画像I_w上で停止したか否かにより、ワーク側面との接触が検知される。

【0044】

コンタクト部261の形状は既知であるため、コンタクト部261の位置は公知のサーチ技術を使って高い精度で特定できる。従って、図4のワークWのように、エッジが丸みを帯びており2次元のワーク画像I_w上では精度良くエッジが検出できない場合であっても、コンタクト部261の位置からプローブ26とワークWの接触位置13の座標を特定することにより、画像上では検出が難しいエッジの寸法を高い精度で求めることができる。

【0045】

接触位置13は、ワーク画像I_wからコンタクト部261の位置を特定し、コンタクト部261の半径に対応する距離だけ法線方向にオフセットさせることによって特定される。また、右側面の輪郭線14の位置は、複数の接触位置13に予め指定された幾何学図形をフィッティングさせることによって求められる。一方、左側面の輪郭線14の位置は、ワーク画像I_w上のエッジ抽出領域15からエッジ点を検出し、検出された複数のエッジ点に幾何学図形をフィッティングさせることによって求められる。この様にして特定された輪郭線14の位置に基づいて、右側面と左側面との距離Dが算出される。

【0046】

<コントローラ3>

図5は、図1のコントローラ3の一構成例を示したブロック図である。このコントローラ3は、制御装置31及び記憶装置33により構成され、制御装置31と記憶装置33とがバス32を介して接続されている。制御装置31は、入力受付部311、表示制御部312、撮像制御部313、照明制御部314及び測定制御部315により構成される。本体2は、撮像部201、206及び垂直駆動部22からなるカメラ200と、水平駆動部24からなるステージ23と、切替駆動部27からなるプローブユニット260と、表示部21、透過照明ユニット25及び反射照明ユニット28とにより構成される。反射照明ユニット28は、同軸落射照明用光源209とリング照明ユニット211とにより構成される。

【0047】

表示制御部312は、寸法測定のためのモデル画像や設定情報を表示部21に表示する。モデル画像は、例えば、マスターピースが撮影されたマスターピース画像であっても良いし、CAD(Computer Aided Design)により作成されたCADデータからなるCAD画像であっても良い。

【0048】

表示制御部312は、設計データから生成されたモデル画像を表示部21に表示する場合、ステージ23上に載置されたワークWを上方から撮像して得られた画像データを仮定して、設計データから生成されたモデル画像を表示する。この様にすれば、設計データから生成されたモデル画像であっても、撮像部201又は206により撮像されるワーク画像と同様のアングルで表示されるため、接触目標位置情報の指定を容易化することができる。

【0049】

入力受付部311は、入力部4において受け付けられたユーザ操作に基づいて、撮像部201又は206からモデル画像を取得し、寸法測定を行うための各種の測定設定情報を記憶装置33に登録する処理を行う。

【0050】

撮像制御部 3 1 3 は、記憶装置 3 3 に登録された測定設定情報に基づいて、撮像部 2 0 1 及び 2 0 6 を制御し、撮影倍率の切替、撮像タイミングや露光時間の調整を行う。照明制御部 3 1 4 は、記憶装置 3 3 に登録された測定設定情報に基づいて、透過照明ユニット 2 5、同軸落射照明用光源 2 0 9、リング照明ユニット 2 1 1 及びプローブ用光源 2 6 3 の点灯制御を行う。例えば、画像測定からプローブ測定に切り替えられれば、照明制御部 3 1 4 は、プローブ用光源 2 6 3 を点灯させる一方、透過照明ユニット 2 5、同軸落射照明用光源 2 0 9 及びリング照明ユニット 2 1 1 を消灯する。

【 0 0 5 1 】

測定制御部 3 1 5 は、記憶装置 3 3 に登録された測定設定情報に基づいて、垂直駆動部 2 2、水平駆動部 2 4 及び切替駆動部 2 7 を制御し、撮像部 2 0 1 又は 2 0 6 からワーク画像 I w を取得して寸法測定を行う。

【 0 0 5 2 】

< 入力受付部 3 1 1 >

図 6 は、図 5 の入力受付部 3 1 1 の一構成例を示したブロック図である。この入力受付部 3 1 1 は、撮像及び照明条件指定部 3 4 1、エッジ抽出領域指定部 3 4 2、接触位置指定部 3 4 3、測定設定部 3 4 4、設計値及び公差指定部 3 4 5 及び特徴量情報設定部 3 4 6 により構成される。

【 0 0 5 3 】

撮像及び照明条件指定部 3 4 1 は、ユーザの指示に基づいて、撮影倍率、露光時間、ゲイン等の撮像条件と、照明種別、明るさ、リング照明ユニットの高さ等の照明条件とを指定し、記憶装置 3 3 に測定設定情報として登録する。

【 0 0 5 4 】

エッジ抽出領域指定部 3 4 2 は、ユーザの指示に基づいて、モデル画像上でエッジ抽出領域を特徴量情報、例えば、パターン画像に対する相対的な座標値として指定し、記憶装置 3 3 にエッジ抽出領域情報として登録する。

【 0 0 5 5 】

接触位置指定部 3 4 3 は、表示部 2 1 に表示されたモデル画像上で、プローブ 2 6 が接触すべきワーク W の側面の複数の接触目標位置を示す接触目標位置情報の指定を受け付ける。すなわち、接触位置指定部 3 4 3 は、プローブ 2 6 が接触すべき複数の接触目標位置にプローブ 2 6 を接触させるためのプローブ動作を決定する接触目標位置情報を特徴量情報（パターン画像）に対する相対的な座標値として指定し、記憶装置 3 3 内に登録する。接触目標位置情報は、接触目標位置、スキャン動作開始位置及びスキャン動作終了位置からなる。

【 0 0 5 6 】

接触目標位置には、モデル画像上で登録されたパターン画像（サーチ用データ）に対する相対的な位置座標と、プローブ 2 6 が接触すべきワーク側面の高さを示す測定高さが含まれる。測定高さは、例えば、ユーザによって予め指定される。

【 0 0 5 7 】

測定設定部 3 4 4 は、エッジ抽出領域指定部 3 4 2 により指定されたエッジ抽出領域の中から、モデル画像上に存在するワーク W のエッジを抽出し、また、プローブ 2 6 を接触目標位置に接触させて、プローブ 2 6 を撮像することにより、プローブ 2 6 とモデル画像上に存在するワーク W との接触位置を特定し、これらのエッジ又は接触位置に基づいて、モデル画像上から測定の基準とする輪郭線や、基準点を特定する。特定された輪郭線や基準点に基づいて、測定要素（たとえば、直線、円、円弧など）が特定される。なお、特徴量情報が C A D データである場合、輪郭線や基準点は、エッジ抽出によらず直接に特定される。

【 0 0 5 8 】

測定設定部 3 4 4 は、ユーザの指示に基づいて、上述した処理により特定された測定要素の中から、測定の対象とする要素を選択し、記憶装置 3 3 に測定箇所情報として登録する。測定要素は、特定された輪郭線や基準点から新たに作成された補助線（点）に基づい

10

20

30

40

50

て特定することもできる。補助線（点）としては、例えば、2つの輪郭線の交点や円中心などが挙げられる。測定設定部344は、さらに選択された測定要素が円や円弧の場合にその半径や直径、2つの直線が選択されている場合に直線間の距離などを測定対象として指定することができる。

【0059】

設計値及び公差指定部345は、ユーザの指示に基づいて、良否判定のための設計値及び公差を指定し、記憶装置33に測定設定情報として登録する。

【0060】

特徴量情報設定部346は、測定実行時に撮像部201又は206により撮像されたワーク画像からワークWの位置及び姿勢を特定するための特徴量情報を設定する。すなわち、特徴量情報設定部346は、ユーザの指示に基づいて、モデル画像に基づいてワークWの位置及び姿勢を特定するためのサーチ用データからなる特徴量情報を設定し、記憶装置33に測定設定情報として登録する。例えば、特徴量情報は、正規化相関サーチ用のパターン画像（データ）であり、マスターピースが撮影されたマスターピース画像に基づいて設定される。記憶装置33には、特徴量情報設定部346により設定されたパターン画像と接触位置指定部343により指定された接触目標位置情報とが同一の座標上で記憶される。

【0061】

モデル画像上で特徴が多い箇所をユーザが指定することによりパターン画像が登録されるようにしても良いし、画像全体が自動的にパターン画像として登録されるようにしても良い。また、モデル画像から特徴部分を抽出してパターン画像が自動的に登録されるようにしても良い。

【0062】

登録されたパターン画像と検査対象ワークWを撮像したワーク画像をマッチングすることにより、ワーク画像内のワークWの位置及び姿勢（座標）を特定できる。マッチングには公知のマッチング技術、例えば、正規化相関サーチや幾何サーチ等が利用できる。なお、モデル画像がCAD画像であれば、CADデータに基づいて、特徴量情報を指定することもできる。

【0063】

上述したように、本実施の形態によれば、モデル画像上で登録されたパターン画像（サーチ用データ）に対する相対的な座標値として、プローブ26による接触目標位置情報とエッジ抽出領域が指定される。接触目標位置情報には、プローブ26を接触させる目標位置である接触目標位置、スキャン動作を開始させる位置であるスキャン動作開始位置、スキャン動作を終了させる位置であるスキャン動作終了位置、接触すべきワーク側面の高さを示す測定高さなどが含まれる。

【0064】

使用者が、検査対象のワークWをステージ23に載置してワーク画像を取得し、パターン画像（サーチ用データ）を用いたマッチング処理を実行することにより、プローブ26による接触目標位置と、エッジ抽出領域が自動的に特定できる。特定された接触目標位置に従って、プローブ26をワーク側面に順次接触させることにより、ワークWの輪郭線が特定される。なお、直線状の輪郭線を特定するためには、2点以上の接触位置の座標情報が必要となり、円状あるいは円弧状の輪郭線を特定するためには、3点以上の接触位置の座標情報が必要となる。また、必ずしも2点以上の接触位置が必要ではなく、ある特定の点の測定を行いたい場合は、1点の接触位置の座標情報を測定に用いることもできる。

【0065】

入力受付部311は、表示部21に表示されたモデル画像上で、プローブ26による測定を行う測定要素の指定を受け付ける。表示部21に表示中のモデル画像は、測定設定用のワークWが撮像されたワーク画像である。記憶装置33には、入力受付部311により指定可能な測定要素の形状種別又は大きさと、プローブ26の接触目標位置の配置位置との関係を規定した配置ルールが予め記憶される。配置ルールは、測定要素の形状種別又は

10

20

30

40

50

大きさに応じて、接触目標位置を適切に指定するための情報である。配置ルールは、例えば、測定要素の形状種別や大きさと接触目標位置の数とを対応づけるテーブル、関数又は演算式からなる。

【 0 0 6 6 】

配置ルールは、例えば、測定要素の形状種別が円又は円弧である場合、当該円又は円弧の周方向に 3 以上の接触目標位置が等間隔に配置されるように定められている。また、配置ルールは、形状種別が直線である場合、当該直線の方向に 2 以上の接触目標位置が等間隔に配置されるように定められている。

【 0 0 6 7 】

測定制御部 3 1 5 は、測定実行時に、上記入力受付部により指定された測定要素の位置と、測定要素の形状種別又は大きさと、上記記憶部に記憶された配置ルールとに従って、上記プローブの接触目標位置を特定し、特定された上記複数の接触目標位置に上記プローブが順次に移動するように上記水平駆動部を制御する。

10

【 0 0 6 8 】

接触位置指定部 3 4 3 は、測定要素上にエッジ抽出領域が設定された場合に、表示中のモデル画像に対し、エッジ抽出領域からエッジを抽出して輪郭線を求め、輪郭線上の位置として複数の接触目標位置を指定するとともに、接触目標位置から輪郭線の法線方向に離間した位置として、プローブ 2 6 を接近させるスキャン動作の開始位置を指定する。

【 0 0 6 9 】

表示部 2 1 には、スキャン動作の開始位置を示すシンボルがモデル画像上に表示され、接触位置指定部 3 4 3 は、スキャン動作の開始位置、輪郭線上における接触目標位置の数、プローブ 2 6 を接近させるスキャン方向及び高さ情報を変更するためのユーザ操作を受け付ける。

20

【 0 0 7 0 】

図 7 は、図 5 の入力受付部 3 1 1 における接触位置指定時の動作の一例を示した図である。図中の (a) には、パターン画像 I_p 及び接触目標位置情報を登録するためのワーク W が示されている。このワーク W は、ベース部材 w_1 上に形成された突出部 w_2 の両外側が曲面形状であり、突出部 w_2 の側面間の距離 D がプローブ 2 6 を用いて測定される。

【 0 0 7 1 】

モデル画像 I_m は、反射照明により撮像された反射画像であり、ワーク W を含む一部の領域がパターン画像 I_p として登録される。このパターン画像 I_p と接触目標位置情報との関連づけには、例えば、以下の (b) ~ (d) に示すように 3 通りの方法がある。

30

【 0 0 7 2 】

図中の (b) には、パターン画像 I_p と接触目標位置とを直接に関連づける場合が示されている。例えば、パターン画像 I_p に対し、スキャン動作の開始位置と終了位置を指定することにより、接触目標位置が自動的に特定される。開始位置や終了位置は、プローブ 2 6 を示すシンボル S_m やスキャン方向を示す矢印 Y をマウス操作によって移動させることによって指定することができる。なお、接触目標位置を指定することにより、スキャン動作の開始位置と終了位置を自動的に決定しても良い。この様にパターン画像 I_p と接触目標位置とを直接に関連づけることにより、パターン画像 (サーチ用データ) に対して接触目標位置座標が相対的に記憶される。

40

【 0 0 7 3 】

図中の (c) には、エッジ抽出領域 R からエッジを抽出して特定される輪郭線 L と接触目標位置とを関連づける場合が示されている。パターン画像 I_p 上で指定されたエッジ抽出領域 R からエッジ点を抽出し、抽出されたエッジ点列にフィッティングする輪郭線 L が特定される。この輪郭線 L に対して接触目標位置を指定することにより、パターン画像 I_p と接触目標位置とが間接的に関連づけられる。検査時に入力されるワーク画像上のエッジ抽出領域 R の位置座標は、ワーク画像と、パターン画像 (サーチ用データ) とをマッチングすることにより、自動的に特定される。位置が特定されたエッジ抽出領域 R 内のエッジ点列が抽出され、このエッジ点列から特定される輪郭線 L に対して予め定めた位置に接

50

触目標位置が設定される。例えば、スキャン方向が輪郭線 L に対して法線方向に所定距離離れた位置から接近する方向に設定されている場合、輪郭線 L の法線に沿って安定的にアプローチできるため、測定が安定する。

【 0 0 7 4 】

図中の (d) には、エッジ抽出領域 R と接触目標位置とを関連づける場合が示されている。パターン画像 I p 上で指定されたエッジ抽出領域 R に対して、接触目標位置を指定することにより、パターン画像 I p と接触目標位置とが間接的に関連づけられる。上述したマッチング処理によりエッジ抽出領域 R の位置座標が特定されると同時に、接触目標位置座標が特定される。

【 0 0 7 5 】

図 8 は、図 5 の入力受付部 3 1 1 におけるパターン画像登録時の動作の一例を示した図であり、図 7 の (a) に示したワーク W を透過照明により撮像した場合のモデル画像 I m が示されている。このモデル画像 I m の一部がサーチ用のパターン画像 I p として登録される。この様にサーチ用のパターン画像 I p には、透過照明で撮像された透過画像を用いる一方、接触目標位置の指定には、反射照明で撮像された反射画像を用いることができる。

【 0 0 7 6 】

一般に透過照明で撮像された透過画像ははっきりとしたエッジが得られる他、周囲環境の変化による画像の変化も小さい。従って、透過照明で撮像した透過画像に基づいて、パターン画像を登録する一方で、透過照明では取得できない非貫通のワーク形状に存在する内側の輪郭の寸法を測定するために、反射照明で撮像された反射画像に基づいてプローブ 2 6 による接触目標位置の指定を行うことができる。この様にパターン画像を登録する際の照明条件と、接触目標位置やエッジ抽出領域を登録する際の照明条件とは異ならせることができる。また、連続測定時の照明条件を設定時の照明条件と同じにするために、設定時の照明条件が測定設定情報として登録される。

【 0 0 7 7 】

上述したように設定時にモデル画像 I m 上で登録されたパターン画像 (サーチ用データ) と、検査時に入力されたワーク画像とをマッチングすることにより、直接的、または間接的に接触目標位置が特定される。プローブ 2 6 によりスキャンすべき位置が特定されると、プローブ 2 6 の動作計画が決定し、測定制御部 3 1 5 がプローブ 2 6 の動作を制御する。

【 0 0 7 8 】

図 9 は、図 5 の入力受付部 3 1 1 における接触位置指定時の動作の一例を示した図であり、形状種別とスキャン経路の本数とを対応づけたテーブルが示されている。図中の (a) には、分割数が固定である場合のテーブルが示されている。このテーブルは、測定対象の形状種別とスキャン経路の本数とを対応づけた配置基準であり、3 つの形状種別 (直線、円及び円弧) について、スキャン経路の本数及び分割数が規定されている。

【 0 0 7 9 】

具体的には、形状種別が直線であれば、分割数 = 3 であり、直線を 3 等分するように 2 本のスキャン経路が配置される。また、形状種別が円であれば、分割数 = 3 であり、円周を 3 等分するように 3 本のスキャン経路が配置される。形状種別が円弧であれば、分割数 = 4 であり、円弧を 4 等分するように 3 本のスキャン経路が配置される。

【 0 0 8 0 】

図中の (b) には、分割数が測定対象のサイズに応じて可変である場合のテーブルが示されている。このテーブルは、測定対象の形状種別及びサイズとスキャン経路の本数とを対応づけた配置基準であり、3 つの形状種別 (直線、円及び円弧) について、スキャン経路の本数が規定されている。

【 0 0 8 1 】

具体的には、形状種別が直線である場合、輪郭線 L の長さが閾値 T H 未満であれば、分割数 = 3 であり、直線を 3 等分するように 2 本のスキャン経路が配置される。一方、輪郭

10

20

30

40

50

線 L の長さが閾値 T H 以上であれば、分割数 = 4 であり、直線を 4 等分するように 3 本のスキャン経路が配置される。また、形状種別が円である場合、輪郭線 L の長さが閾値 T H 未満であれば、分割数 = 3 であり、円周を 3 等分するように 3 本のスキャン経路が配置される。一方、輪郭線 L の長さが閾値 T H 以上であれば、分割数 = 4 であり、円周を 4 等分するように 4 本のスキャン経路が配置される。形状種別が円弧である場合、輪郭線 L の長さが閾値 T H 未満であれば、分割数 = 4 であり、円弧を 4 等分するように 3 本のスキャン経路が配置される。一方、輪郭線 L の長さが閾値 T H 以上であれば、分割数 = 5 であり、円弧を 5 等分するように 4 本のスキャン経路が配置される。

【 0 0 8 2 】

図 1 0 は、図 5 の入力受付部 3 1 1 における接触位置指定時の動作の一例を示した図であり、輪郭線 L の長さに応じてスキャン経路の本数が異なる場合が示されている。図中の (a) には、形状種別が直線である場合が示され、(b) には、形状種別が円である場合が示されている。

10

【 0 0 8 3 】

ユーザによりモデル画像 I m 上でエッジ抽出領域 R が測定対象領域として指定されれば、エッジ抽出領域 R からエッジを抽出して特定された輪郭線 L に対し、接触目標位置が指定される。例えば、接触目標位置は、輪郭線 L の端点から一定間隔ごとに指定される。輪郭線 L の形状種別が直線であれば、2 箇所以上の接触目標位置が指定され、輪郭線 L の形状種別が円又は円弧であれば、3 箇所以上の接触目標位置が指定される。この場合、輪郭線 L 上に指定される接触目標位置の数は、輪郭線 L の長さに応じて異なる。なお、輪郭線 L は、マウス操作などによって直接に指定されるようなものであっても良い。

20

【 0 0 8 4 】

また、図示したスキャン経路のように、3 以上の分割数 n を指定することにより、輪郭線 L を等分割する n 本又は (n - 1) 本のスキャン経路が指定されるようにしても良い。具体的には、図 1 0 の (a) に示す通り、輪郭線 L の形状種別が直線であれば、輪郭線 L の長さが一定値未満である場合に分割数を 3 とし、輪郭線 L を等分割する 2 本のスキャン経路が指定される。一方、輪郭線 L の長さが一定値以上である場合には分割数を 4 とし、輪郭線 L を等分割する 3 本のスキャン経路が指定される。

【 0 0 8 5 】

また、図 1 0 の (b) に示す通り、形状種別が円であれば、半径が一定値未満である場合に分割数を 3 とし、輪郭線 L を等分割する 3 本のスキャン経路が指定される。一方、半径が一定値以上である場合には分割数を 4 とし、輪郭線 L を等分割する 4 本のスキャン経路が指定される。

30

【 0 0 8 6 】

スキャン経路の開始位置は、接触目標位置から輪郭線 L に垂直な方向に一定距離だけ離れた位置として指定される。スキャン経路の終了位置は、輪郭線 L を挟んで開始位置とは反対側の位置として指定される。また、モデル画像 I m から抽出されたエッジの両側の輝度差に基づいて、プローブ 2 6 をワーク W の側面に近づける際のスキャン方向が決定される。なお、スキャン経路の開始位置と終了位置の決め方は上記の方法に限定されない。スキャン経路の開始位置と終了位置は、接触目標位置に対して相対的に定められていれば

40

【 0 0 8 7 】

< 測定制御部 3 1 5 >

図 1 1 は、図 5 の測定制御部 3 1 5 の一構成例を示したブロック図である。この測定制御部 3 1 5 は、サーチ処理部 3 5 1、エッジ抽出領域特定部 3 5 2、エッジ抽出処理部 3 5 3、スキャン動作決定部 3 5 4、スキャン動作制御部 3 5 5、プローブ検出部 3 5 6、接触位置特定部 3 5 7、輪郭線算出部 3 5 8 及び寸法算出部 3 5 9 により構成される。

【 0 0 8 8 】

サーチ処理部 3 5 1 は、撮像部 2 0 1 又は 2 0 6 からワーク画像を取得し、記憶装置 3 3 内の特徴量情報に基づいて、ワーク W の位置及び姿勢を特定する。位置及び姿勢の特定

50

は、パターンサーチにより行われる。このサーチ処理部 351 は、プローブ 26 が撮像視野外の退避位置にある状態で生成されたワーク画像を取得し、当該ワーク画像からワーク W の位置及び姿勢を特定する。

【0089】

エッジ抽出領域特定部 352 は、サーチ処理部 351 により特定されたワーク W の位置及び姿勢とエッジ抽出領域情報とに基づいて、ワーク画像上のエッジ抽出領域を特定する。エッジ抽出処理部 353 は、エッジ抽出領域特定部 352 により特定されたエッジ抽出領域からエッジ点を抽出する。

【0090】

スキャン動作決定部 354 は、エッジ抽出処理部 353 により抽出された複数のエッジ点に形状種別として予め指定された幾何学図形をフィッティングさせることにより、輪郭線の位置を特定し、接触目標位置情報に基づいて、開始位置やスキャン方向を特定することにより、スキャン動作を決定する。

【0091】

スキャン動作制御部 355 は、スキャン動作決定部 354 により決定されたスキャン動作に従って、本体 2 の垂直駆動部 22、水平駆動部 24 及び切替駆動部 27 を制御する。スキャン動作制御部 355 は、例えば、切替駆動部 27 を制御してプローブ 26 を退避位置から測定位置に切り替えた後、複数の接触目標位置にプローブ 26 が順次に移動するように水平駆動部 24 を制御する。

【0092】

プローブ検出部 356 は、プローブ 26 がワーク W の側面に接触したことを検出する。例えば、撮像部 201 又は 206 からワーク画像を繰り返し取得し、スキャン経路を移動中のプローブ 26 のワーク画像上における位置が一定時間内に一定の閾値以上変化すれば、プローブ 26 がワーク W の側面に接触したと判断される。なお、プローブ 26 に物理的な接触を検知するセンサを設けてもよい。

【0093】

接触位置特定部 357 は、プローブ 26 がワーク W の側面に接触したことが検出されれば、ワーク W の側面に接触した状態のプローブ 26 が撮影されたワーク画像を取得し、当該ワーク画像上におけるプローブ 26 の位置から接触位置を特定する。ワーク画像上のプローブ 26 の位置と、ステージ 23 に対する撮像視野の相対位置とに基づいて、プローブ 26 がワーク W に接触した複数の接触位置が特定される。

【0094】

ステージ 23 に対する撮像視野の相対位置は、水平駆動部 24 から入力される。水平駆動部 24 から入力されたグローバル座標系内における撮像視野（カメラ 200 又はステージ 23 の相対位置）の位置座標と、撮像視野内のローカル座標系内における各接触位置の座標とから、各接触位置が求められる。

【0095】

なお、本実施の形態では、カメラ 200 とプローブ 26 は X Y 方向に動作せず、ステージ 23 が X Y 方向に移動することにより、プローブ 26 とワーク W の側面とを接触させる構成としている。そのため、プローブ 26 がワーク W と接触していない状態では、プローブ 26 は常に撮像視野内の中心に位置する。この実施例に限らず、カメラ側がプローブ 26 とともに動く構成としても良いし、撮像視野内をプローブ 26 が移動する構成としても良い。

【0096】

輪郭線算出部 358 は、エッジ抽出処理部 353 によって抽出された複数のエッジ点、又は、接触位置特定部 357 によって特定された複数の接触位置に対し、幾何学図形をフィッティングさせることにより、輪郭線の位置を特定する。

【0097】

寸法算出部 359 は、輪郭線算出部 358 により特定された輪郭線の位置に基づいて、ワーク W の寸法を求め、測定結果を表示部 21 に表示する。寸法算出部 359 では、エッ

10

20

30

40

50

ジ抽出領域からエッジを抽出して特定された輪郭線と、プローブ26が接触することによって特定された輪郭線とのいずれか一方又は両方を用いて、ワークWの寸法が求められる。

【0098】

例えば、エッジ抽出によって特定された輪郭線と、プローブ26が接触することによって特定された輪郭線とを組み合わせることで寸法を求めることができる。このような構成を採用することにより、エッジが正確に抽出できない測定箇所の輪郭線はプローブ26を接触させて特定し、エッジが正確に抽出できる測定箇所の輪郭線はエッジ抽出によって特定して寸法測定を行うことができる。つまり、画像で測定できる部分は、画像で測定の方が寸法測定に要する時間を短縮することができる。

10

【0099】

図12のステップS101～S107は、図5のコントローラ3における測定設定時の動作の一例を示したフローチャートである。まず、コントローラ3は、画像測定又はプローブ測定のいずれかの測定方法がユーザにより選択されれば(ステップS101)、選択された測定方法に応じた測定要素の設定を行う(ステップS102～S104)。

【0100】

図13及び図14は、図1の画像測定装置1における測定設定時の動作の一例を示した図である。図13の(a)には、登録対象のワークWが表示され、(b)には、パターン画像Ip上で指定されたエッジ抽出領域Rとスキャン動作の開始位置を示すシンボルSmが表示されている。このワークWは、ベース部材w₁上に円筒状の突出部w₂が形成され、ベース部材w₁の周縁部に3つの貫通孔w₃が形成されている。

20

【0101】

パターン画像Ipは、このようなワークWが被写体として撮像された撮影画像からなる。測定箇所は、ベース部材w₁の左右の側面間の距離と、前後の側面間の距離と、2つの貫通孔w₃間の距離と、突出部w₂の内径とが指定されている。ベース部材w₁の左右の側面間の距離と2つの貫通孔w₃間の距離とは、ワークWの輪郭線に対して指定されたエッジ抽出領域Rからエッジを抽出することによって測定される。一方、ベース部材w₁の前後の側面間の距離と突出部w₂の内径とは、プローブ26を接触させることによって測定される。

【0102】

30

図14には、測定設定情報の指定時に、表示部21に表示される設定画面100が表示されている。設定画面100は、測定設定情報の編集画面であり、モデル画像を表示するための表示欄110と、寸法種別を選択するためのメニュー欄111が設けられている。

【0103】

表示欄110に表示中のモデル画像は、図12に示したワークWが被写体として撮像された撮影画像である。倍率ボタン131又は132を操作することにより、広視野測定用の低倍率と高精度測定用の高倍率とのいずれかを撮影倍率として指定することができる。また、ステージ調整ボタン133を操作すれば、ステージ23のX方向の位置及びY方向の位置を調整することができる。また、Z調整ボタン134を操作すれば、測定ユニット20のZ方向の位置を調整することができる。照明ボタン135を操作すれば、照明種別を指定することができる。照明種別には、透過照明、リング照明及び同軸落射照明などがある。

40

【0104】

メニュー欄111の寸法種別には、距離測定、角度測定などがある。距離測定には、2直線の間の距離測定、直線と点との間の距離測定、2点の間の距離測定、2円の間の距離測定、円と直線との間の距離測定、円と点との間の距離測定、円の直径測定及び円弧の半径測定がある。

【0105】

ステップS103の画像測定要素の設定では、エッジ抽出により寸法測定を行うための測定要素について、測定設定情報の指定が行われる。一方、ステップS104のプローブ

50

測定要素の設定では、プローブ26を接触させて寸法測定を行うための測定要素について、測定設定情報の指定が行われる。ステップS103及びS104の処理内容は、図17及び図19においてそれぞれ詳述する。コントローラ3は、モデル画像上の全ての測定要素について、設定が完了するまでステップS101からS104までの処理手順を繰り返す(ステップS105)。

【0106】

次に、コントローラ3は、設計値及び公差の指定を行う(ステップS106)。このステップでは、モデル画像から算出された寸法値が測定要素の輪郭線に対応づけて表示され、モデル画像上の寸法値がユーザにより選択されれば、設計値や公差を新たに指定し、或いは、変更することができる。

10

【0107】

図15には、設計値及び公差の指定時における公差設定画面101が示されている。公差設定画面101は、設計値及び公差の編集画面であり、モデル画像を表示するための表示欄110と、設計値と公差の上限値及び下限値とを指定するための入力欄112が設けられている。表示欄110に表示中のモデル画像には、測定箇所に対応づけて寸法線や識別番号が表示されている。

【0108】

この入力欄112には、測定設定情報として登録された複数の測定箇所について、設計値と公差の上限値及び下限値とが表示され、測定箇所を選択すれば、設計値、公差の上限値又は下限値を新たに指定し、或いは、変更することができる。

20

【0109】

次に、コントローラ3は、特徴量情報の登録を行う(ステップS107)。このステップでは、ワークWの位置及び姿勢を特定するためのパターン画像(サーチ用データ)が、パターン画像と各測定要素の設定で指定されるエッジ抽出領域との相対的な位置関係と共にモデル画像を用いて登録される。

【0110】

図16には、特徴量情報の指定時における特徴量設定画面102が示されている。この特徴量設定画面102は、パターン画像を特徴量情報として登録するための編集画面であり、モデル画像を表示するための表示欄110と、登録対象領域及びサーチ条件を指定するための入力欄114が設けられている。表示欄110に表示中のモデル画像には、登録対象領域の外縁を示す枠113が表示されている。

30

【0111】

サーチ条件には、回転方向のスキャン範囲を制限するためのサーチ範囲と、パターン画像と一致するワークWの検出個数とを指定することができる。登録ボタン115を操作すれば、表示中のモデル画像がサーチ用のパターン画像として登録される。

【0112】

図17のステップS201～S209は、図12のステップS103(画像測定要素の設定)について、詳細動作の一例を示したフローチャートであり、コントローラ3の動作が示されている。まず、コントローラ3は、後述する撮影条件を指定し(ステップS201)、ステージ23上に載置されたマスターピースが撮影された撮影画像を取得してモデル画像として表示する(ステップS202)。

40

【0113】

次に、測定要素の形状種別がユーザにより選択され(ステップS203)、形状種別に対応づけてエッジ抽出領域がユーザにより指定される(ステップS204)。コントローラ3は、指定されたエッジ抽出領域から複数のエッジ点を抽出し(ステップS205)、これらのエッジ点に対し、選択された形状種別に対応する幾何学図形をフィッティングさせることによって輪郭線の位置を決定する(ステップS206)。

【0114】

次に、コントローラ3は、輪郭線の位置に基づいて、測定箇所の寸法を算出し、測定要素に対応づけて測定結果の寸法値をモデル画像上に表示する(ステップS207、S20

50

8)。コントローラは、モデル画像上の全ての測定要素について、設定が完了するまでステップS203からS208までの処理手順を繰り返す(ステップS209)。

【0115】

図18は、図1の画像測定装置1における画像測定要素の設定時の動作の一例を示した図である。図中の(a)には、モデル画像上で指定されたエッジ抽出領域116が示され、(b)には、エッジ抽出領域116からエッジを抽出して特定された輪郭線117が示されている。

【0116】

設定画面100の表示欄110に表示中のモデル画像に対し、測定要素の始点及び終点の位置を指定すれば、始点及び終点を結ぶ直線を含む矩形領域がエッジ抽出領域116として自動的に指定され、エッジ点のスキャン方向と共に測定要素に対応づけてモデル画像上に表示される。エッジ抽出領域116の登録が完了すれば、当該エッジ抽出領域116からエッジを抽出して特定された輪郭線117や寸法値がモデル画像上に表示される。

【0117】

図19のステップS301～S315は、図12のステップS104(プローブ測定要素の設定)について、詳細動作の一例を示したフローチャートであり、コントローラ3の動作が示されている。ステップS301からステップS306までの処理手順は、図17のステップS201からステップS206までの処理手順と同様である。

【0118】

次に、コントローラ3は、接触目標位置情報を指定する(ステップS307)。接触目標位置情報、すなわち、接触目標位置及びスキャン経路は、測定要素の形状種別及びサイズに基づいて自動的に指定される。また、指定されたスキャン経路は、モデル画像上に重畳して表示される(ステップS308)。

【0119】

図20は、図1の画像測定装置1におけるプローブ測定要素の設定時の動作の一例を示した図である。プローブ測定は、プローブ26をカメラ200により撮像して行うものであることから、プローブ26をワークWのどこに接触させれば良いのか、或いは、ワークWの側面に対し、どのようにアプローチすれば良いのかをユーザ自身で判断するのは難しい。本実施の形態による画像測定装置1では、モデル画像上でエッジ抽出領域を測定対象領域として指定するだけで、接触目標位置が自動的に決定される。

【0120】

図中の(a)には、モデル画像Im上で指定されたエッジ抽出領域118が示されている。設定画面100の表示欄110に表示中のモデル画像Imに対し、測定要素の円周上に3つの点を指定すれば、これらの点を含む円環状の領域がエッジ抽出領域118として自動的に指定され、モデル画像Im上に表示される。

【0121】

図中の(b)には、エッジ抽出領域118からエッジを抽出して特定された輪郭線119とスキャン動作の開始位置を示すシンボル120とが示されている。エッジ抽出領域118の登録が完了すれば、当該エッジ抽出領域118からエッジを抽出して輪郭線119の位置が特定される。接触目標位置は、この輪郭線119に対して指定され、スキャン動作の開始位置を示すシンボル120が輪郭線119に対応づけて表示される。この例では、3つのスキャン経路が輪郭線119に沿って等間隔に配置されている。

【0122】

設定画面100上でのシンボル120とワークWは、実際のコンタクト部261とワークWの相似形である。これにより、ユーザは、設定画面100上でコンタクト部261とワークWとの位置関係を正確に把握することができ、プローブ26を動作させた際にコンタクト部261がワークWと干渉するか否かを確認することができる。また、コンタクト部261とワークWが干渉する可能性が高い場合には、設定画面100上にエラーを表示するなどして、ユーザに報知しても良い。

【0123】

10

20

30

40

50

図中の(c)には、プローブ26を接触させて特定された輪郭線121と輪郭線121に対応づけて表示された寸法値とが示されている。接触目標位置の登録が完了すれば、設定画面100内のモデル画像には、プローブ26をワークWの側面に接触させて特定された輪郭線121が表示されるとともに、当該輪郭線121から求められた寸法値が輪郭線121に対応づけて表示される。

【0124】

次に、コントローラ3は、スキャン経路の調整を行うか否かをユーザに照会し(ステップS309)、スキャン経路の調整がユーザにより指示されれば、接触目標位置の調整を行う(ステップS310)。

【0125】

図21及び図22は、図1の画像測定装置1におけるプローブ測定要素の設定時の動作の一例を示した図である。図21の(a)には、モデル画像Im上の輪郭線119に対して指定された接触目標位置を調整する場合が示され、(b)には、スキャン方向を変更する場合が示され、(c)には、スキャン経路の本数を変更する場合が示されている。

【0126】

モデル画像Im上の輪郭線119に対して指定された接触目標位置は、マウス操作などによってスキャン動作の開始位置を示すシンボル120を移動させることにより、調整することができる。例えば、シンボル120を輪郭線119の径方向に移動させることにより、スキャン動作の開始位置を輪郭線119から内側へ遠ざけることができる。また、設定画面100を操作することにより、スキャン方向を反転させ、或いは、スキャン経路を追加することができる。

【0127】

図22の(a)には、登録対象のワークWが示され、(b)には、モデル画像Im上で指定された接触目標位置が示され、(c)には、エラー表示されたシンボル120が示されている。ワークWの右側面に対応する輪郭線119に対し、2つのスキャン経路が指定されている。スキャン動作の開始位置を示すシンボル120をマウス操作などによって移動させることにより、接触目標位置を変更することができる。

【0128】

スキャン動作の開始位置は、測定箇所の輪郭線119に近い方が測定時間を短縮することができる。しかしながら、スキャン動作の開始位置を測定箇所の輪郭線119に近づけ過ぎた場合、ワークWの寸法ばらつきにより、プローブ26を開始位置まで移動させる際にプローブ26がワークWと干渉するおそれがある。すなわち、右側の輪郭線119を測定対象とする場合、右側の輪郭線119にスキャン開始位置を近づけ過ぎると、連続測定時のワークWの寸法ばらつきにより、プローブ26がワークWに干渉してしまう。

【0129】

この様にモデル画像Im上で指定された接触目標位置が測定対象の輪郭線119に近い場合、当該輪郭線119から遠ざかるように接触目標位置を調整することができる。すなわち、右側の輪郭線119から離れるように、スキャン動作の開始位置を調整することができる。

【0130】

一方、スキャン開始位置が左側の輪郭線119に近づけ過ぎると、プローブ26がワークWの左側面と干渉してしまう。この様に測定対象の輪郭線119とは異なる輪郭線と重複する位置にスキャン開始位置が指定されれば、シンボル120がエラー表示される。このため、ユーザは、モデル画像Imを確認することにより、接触目標位置を容易に調整することができる。

【0131】

図23は、図1の画像測定装置1におけるプローブ測定要素の設定時の動作の一例を示した図である。図中の(a)には、登録対象のワークWが示され、(b)には、モデル画像Im上でスキャン動作の高さ位置を調整する場合が示されている。このワークWは、高さ方向の段差を有し、下段の右側面と上段の右側面との間の水平方向の距離Dがプローブ

10

20

30

40

50

26を用いて測定される。

【0132】

ワークWの下段の右側面と上段の右側面とでは、鉛直方向の位置が異なるため、スキャン動作の測定高さを適切に指定する必要がある。すなわち、上段の右側面を測定するための測定高さ h_2 は、下段の右側面を測定するための測定高さ h_1 よりも高い位置として指定する必要がある。この様な高さ情報は、プローブ26を実際に移動させて指定しても良いし、数値で指定することもできる。

【0133】

また、測定高さを変更すると、垂直駆動部22を制御してプローブ26を変更後の測定高さに移動させることができ、これによりワークWとコンタクト部261の高さ関係を実際に確認することができる。

10

【0134】

次に、コントローラ3は、スキャン動作を開始し、マスターピースの側面に接触した状態のプローブ26が撮影された撮影画像を取得し、当該撮影画像に基づいて、接触点の位置を特定する(ステップS311)。そして、コントローラ3は、2以上の接触点の位置から輪郭線の位置を決定する(ステップS312)。

【0135】

コントローラ3は、輪郭線の位置に基づいて、測定箇所の寸法を算出し、測定要素に対応づけて測定結果の寸法値をモデル画像上に表示する(ステップS313, S314)。コントローラは、モデル画像上の全ての測定要素について、設定が完了するまでステップS303からS314までの処理手順を繰り返す(ステップS315)。

20

【0136】

図24は、図1の画像測定装置1におけるプローブ測定要素の設定時の動作の一例を示した図である。図中の(a)には、第1スキャンモードの場合が示され、(b)には、第2スキャンモードが示されている。第1スキャンモード及び第2スキャンモードは、ステージ23に対し、プローブ26が相対的に接触目標位置間を移動する際の移動方法であり、第1スキャンモード又は第2スキャンモードのいずれかを指定することができる。

【0137】

第1スキャンモードでは、接触目標位置間の移動ごとに、プローブ26が測定高さから基準高さに切り替えられる。隣接する2つの接触目標位置間に段差などの障害物がある場合には、第1スキャンモードを選択することにより、ワークWとの干渉を確実に防止することができる。

30

【0138】

一方、第2スキャンモードでは、基準高さに切り替えることなく、ステージ23に対し、プローブ26が相対的に接触目標位置間を移動する。具体的には、1つの測定要素に対して複数の接触目標位置が指定されている場合、基準高さに切り替えることなく、ステージ23に対し、プローブ26を相対的に当該接触目標位置間で移動させる。ただし、ステージ23に対し、異なる2つの測定要素間でプローブ26を相対的に移動させる際には、基準高さに切り替えることなくプローブ26を移動させても良いが、プローブ26を測定高さから基準高さに切り替えることが望ましい。ステージ23に対し、プローブ26を相対的に同じ高さで輪郭線に沿って移動させることにより、測定時間を短縮することができる。

40

【0139】

図25のステップS401~S404は、図12のステップS107(特徴量情報の登録)について、詳細動作の一例を示したフローチャートであり、コントローラ3の動作が示されている。まず、コントローラ3は、撮影条件を指定した後(ステップS401)、マスターピースが撮影されたモデル画像を取得して登録対象領域を指定する(ステップS402)。

【0140】

次に、コントローラ3は、パターン画像を用いてパターンサーチする際のサーチ条件を

50

指定する（ステップS 4 0 3）。コントローラ3は、特徴量情報の登録に係る全ての設定が完了するまで、ステップS 4 0 1からステップS 4 0 3までの処理手順を繰り返し（ステップS 4 0 4）、全ての設定が完了すれば、モデル画像から得られたパターン画像とサーチ条件とを特徴量情報として記憶する。

【0 1 4 1】

図26のステップS 5 0 1～S 5 0 8は、図17のステップS 2 0 1、図19のステップS 3 0 1及び図25のステップS 4 0 1（撮影条件の指定）について、詳細動作の一例を示したフローチャートであり、コントローラ3の動作が示されている。まず、コントローラ3は、プローブ26の位置を確認し、退避位置でなければ、測定ユニット20の切替駆動部27を制御して退避位置に切り替える（ステップS 5 0 1，S 5 0 2）。

10

【0 1 4 2】

次に、コントローラ3は、水平駆動部24を制御し、水平面内におけるステージ23のX方向の位置及びY方向の位置を調整する（ステップS 5 0 3）。次に、コントローラ3は、フォーカス位置を調整するために、垂直駆動部22を制御して測定ユニット20のZ方向の位置を調整する（ステップS 5 0 4）。

【0 1 4 3】

次に、コントローラ3は、照明条件、撮像条件及び撮影倍率を指定する（ステップS 5 0 5～S 5 0 7）。照明条件には、照明種別、点灯状態、明るさ及びリング照明ユニット211のZ方向の位置がある。撮像条件には、露光時間、ゲイン及び撮影範囲がある。

【0 1 4 4】

20

コントローラ3は、撮影条件の指定に係る全ての設定が完了するまで、ステップS 5 0 3からステップS 5 0 7までの処理手順を繰り返し（ステップS 5 0 8）、全ての設定が完了すれば、撮影条件を測定設定情報として記憶する。

【0 1 4 5】

図27及び図28のステップS 6 0 1～S 6 1 7は、図5のコントローラ3における連続測定時の動作の一例を示したフローチャートである。まず、コントローラ3は、測定設定情報を読み出し（ステップS 6 0 1）、測定設定情報に基づいて、撮影条件を指定する（ステップS 6 0 2）。次に、コントローラ3は、ステージ23上に載置されたワークWを上記撮影条件で撮影してワーク画像を取得し（ステップS 6 0 3）、特徴量情報を用いたパターンサーチによりワークWの位置及び姿勢を特定する（ステップS 6 0 4，S 6 0 5）。

30

【0 1 4 6】

次に、コントローラ3は、パターンサーチによって特定されたワークWの位置及び姿勢に基づいて、ワーク画像上でエッジ抽出領域の位置を特定する（ステップS 6 0 6）。コントローラ3は、特定されたエッジ抽出領域から複数のエッジ点を抽出し（ステップS 6 0 7）、これらのエッジ点に幾何学図形をフィッティングさせることによって輪郭線の位置を特定する（ステップS 6 0 8）。

【0 1 4 7】

次に、コントローラ3は、画像測定要素が測定設定情報として登録されていれば（ステップS 6 0 9）、特定された輪郭線の位置に基づいて、測定箇所の寸法を算出し（ステップS 6 1 0）、測定要素に対応づけて測定結果の寸法値をワーク画像上に表示する（ステップS 6 1 1）。

40

【0 1 4 8】

次に、コントローラ3は、プローブ測定要素が測定設定情報として登録されていれば（ステップS 6 1 2）、測定ユニット20の切替駆動部27を制御してプローブ26を退避位置から測定位置に切り替えた後、垂直駆動部22を制御して基準高さに切り替える（ステップS 6 1 3）。コントローラ3は、エッジ抽出領域からエッジを抽出して特定した輪郭線の位置に基づいて、スキャン開始位置を特定し（ステップS 6 1 4）、スキャン動作を行う（ステップS 6 1 5）。

【0 1 4 9】

50

次に、コントローラ 3 は、ワーク W の側面に接触した状態のプロープ 26 が撮影された撮影画像を取得し、当該撮影画像に基づいて接触点の位置を求めて輪郭線の位置を特定し、測定箇所の寸法を算出する（ステップ S 6 1 6）。そして、コントローラ 3 は、測定要素に対応づけて測定結果の寸法値をワーク画像上に表示する（ステップ S 6 1 7）。

【 0 1 5 0 】

なお、接触目標位置がパターン画像に直接に関連づけられている場合、パターンサーチによって特定されたワーク W の位置及び姿勢から接触目標位置が直接に特定される。また、接触目標位置がエッジ抽出領域に関連づけられている場合には、パターンサーチによって特定されたワーク W の位置及び姿勢に基づいてワーク画像上のエッジ抽出領域の位置を特定することにより、接触目標位置が特定される。

【 0 1 5 1 】

図 29 ~ 図 31 は、図 1 の画像測定装置 1 における連続測定時の動作の一例を示した図である。図 29 の (b) ~ (d)、図 30 の (a) ~ (d) 及び図 31 には、ワーク W の位置及び姿勢が互いに異なる 2 つのワーク画像 I w がそれぞれケース 1 及びケース 2 として示されている。図 29 の (a) には、サーチ用データとして登録されたパターン画像 I p が示され、(b) には、パターンサーチのために撮像されたワーク画像 I w が示されている。これらのパターン画像 I p 及びワーク画像 I w は、いずれも透過照明による透過画像である。このワーク画像 I w をパターン画像 I p とマッチングすることにより、ワーク W の位置及び姿勢が特定される。

【 0 1 5 2 】

図 29 の (c) には、エッジ抽出のために撮像されたワーク画像 I w が示されている。このワーク画像 I w は、反射照明による反射画像であり、パターンサーチによって特定されたワーク W の位置及び姿勢に基づいて、エッジ抽出領域が特定される。

【 0 1 5 3 】

図 29 の (d) には、図 29 の (c) に示したワーク画像 I w 上で特定された複数のエッジ抽出領域 R が示されている。エッジ抽出領域 R は、ワーク W の位置及び姿勢と、エッジ抽出領域情報として登録された相対位置情報とに基づいて、位置座標が特定される。

【 0 1 5 4 】

図 30 の (a) には、エッジ抽出領域 R からエッジを抽出して特定された複数の輪郭線 L_1 及び L_2 が示されている。輪郭線 L_1 は、測定要素が画像測定要素として登録されている場合の輪郭線である。一方、輪郭線 L_2 は、測定要素がプローブ測定要素として登録されている場合に、接触目標位置を特定するために用いる仮の輪郭線であり、位置精度は低い。

【 0 1 5 5 】

図 30 の (b) には、ワーク画像 I w 上の輪郭線 L_2 に対して特定された複数の接触目標位置が示されている。接触目標位置は、輪郭線 L_2 の位置と接触目標位置情報として登録された相対位置情報とに基づいて、特定される。

【 0 1 5 6 】

図 30 の (c) には、プローブ 26 を接触させて特定された複数の接触位置 P が示されている。接触位置 P は、プローブ 26 がワーク W の側面に接触した状態で取得されたワーク画像 I w とステージ 23 の位置とに基づいて、特定される。図 30 の (d) には、複数の接触位置 P に幾何学図形をフィッティングさせて特定された輪郭線 L_3 が示されている。

【 0 1 5 7 】

図 31 には、ワーク W の良否判定の結果が測定箇所に対応づけて表示されたワーク画像 I w が示されている。エッジ抽出により特定された輪郭線 L_1 やプローブ動作によって特定された輪郭線 L_3 に基づいて、測定箇所の寸法値が求められる。また、求められた寸法値を設計値と比較し、設計値に対する誤差を公差と比較することにより、ワーク W の良否判定が行われる。この良否判定の結果は、測定箇所に対応づけてワーク画像 I w 上に表示される。

10

20

30

40

50

【 0 1 5 8 】

図 3 1 の左側に示したワーク画像 I w では、全ての測定箇所が O K 判定であり、ワーク W は、良品であると判定される。一方、図 3 1 の右側に示したワーク画像 I w では、画像測定要素として登録された測定箇所の 1 つが N G 判定であり、ワーク W は、不良品であると判定される。

【 0 1 5 9 】

図 3 2 のステップ S 7 0 1 ~ S 7 1 2 は、図 2 8 のステップ S 6 1 5 (スキャン動作) について、詳細動作の一例を示したフローチャートであり、コントローラ 3 の動作が示されている。まず、コントローラ 3 は、水平駆動部 2 4 を制御し、基準高さにおいて、ステージ 2 3 に対し、スキャン経路の開始位置に対応する位置にプローブ 2 6 を相対的に移動させた後 (ステップ S 7 0 1)、垂直駆動部 2 2 を制御してプローブ 2 6 を測定高さに移動させる (ステップ S 7 0 2)。

10

【 0 1 6 0 】

次に、コントローラ 3 は、水平駆動部 2 4 を制御して、ステージ 2 3 に対し、プローブ 2 6 を相対的にスキャン方向に移動させ (ステップ S 7 0 3)、接触が検出されれば、ワーク画像上のプローブ 2 6 の位置及びステージ 2 3 の位置に基づいて、接触位置を算出する (ステップ S 7 0 4 , S 7 0 5)。プローブ 2 6 は、ワーク画像上の輪郭線の法線に沿って接近するように制御される。コントローラ 3 は、全ての接触目標位置について測定が完了するまで、ステップ S 7 0 1 からステップ S 7 0 5 までの処理手順を繰り返し、全ての接触目標位置について測定が完了すれば、プローブ 2 6 を基準高さに移動させてこの処理を終了する (ステップ S 7 0 6 , S 7 0 7)。

20

【 0 1 6 1 】

コントローラ 3 は、第 1 スキャンモードが指定されていれば、1 つの接触目標位置について測定が完了するごとに、プローブ 2 6 を基準高さに移動させる (ステップ S 7 0 6 , S 7 1 1 , S 7 1 2)。

【 0 1 6 2 】

また、コントローラ 3 は、接触が検出されることなく、プローブ 2 6 が終了位置に到達すれば、エラーが発生したと判断し、プローブを基準高さに移動させてエラー出力を行う (ステップ S 7 0 4 , S 7 0 8 ~ S 7 1 0)。

【 0 1 6 3 】

本実施の形態によれば、パターン画像に基づいてワーク画像からワーク W の位置及び姿勢が特定されるため、ワーク W をステージ 2 3 上に載置するだけで、プローブ 2 6 を用いた寸法測定を行うことができる。また、接触目標位置情報に基づいて、プローブ 2 6 が接触すべき接触目標位置が特定されるため、パターン画像に対して相対的な位置を最初に指定するだけで、ワーク W に対する複数の接触目標位置を特定してプローブ 2 6 を順次に移動させることができる。

30

【 0 1 6 4 】

また、ワーク W の位置及び姿勢を特定するためのワーク画像はプローブ 2 6 が退避位置にある状態で生成されるため、プローブ 2 6 がワーク W と重複して撮像され、或いは、ワーク W の近傍に撮像されるのを防止することができる。

40

【 0 1 6 5 】

また、本実施の形態によれば、測定要素の位置と測定要素の形状種別又は大きさと配置ルールとに従ってプローブ 2 6 が接触すべきワーク側面の複数の接触目標位置が特定されるため、モデル画像上で測定要素を指定するだけで、複数の接触目標位置を自動的に特定してプローブ 2 6 によるスキャン動作を決定することができる。

【 0 1 6 6 】

なお、本実施の形態では、水平駆動部 2 4 がステージ 2 3 を X 方向及び Y 方向に移動させる場合の例について説明したが、本発明は、水平駆動部 2 4 の構成をこれに限定するものではない。例えば、水平駆動部 2 4 が、プローブ 2 6 又は測定ユニット 2 0 を X 方向及び Y 方向に移動させるような構成であっても良い。或いは、水平駆動部 2 4 が、ステージ

50

２３をＸ方向に移動させ、プローブ２６又は測定ユニット２０をＹ方向に移動させるような構成であっても良い。

【０１６７】

また、本実施の形態では、垂直駆動部２２が測定ユニット２０をＺ方向に移動させる場合の例について説明したが、本発明は、垂直駆動部２２の構成をこれに限定するものではない。例えば、垂直駆動部２２がステージ２３をＺ方向に移動させるような構成であっても良い。

【０１６８】

また、本実施の形態では、スキャン経路のスキャン方向がエッジの両側の輝度差に基づいて指定される場合の例について説明したが、本発明は、スキャン方向の指定方法をこれに限定するものではない。例えば、撮像部２０１又は２０６のフォーカス位置を利用して測定箇所の近傍の高さ情報を取得し、この高さ情報に基づいて、スキャン方向を指定するような構成であっても良い。また、スキャン方向には、予め定められた方向がデフォルト指定されるような構成であっても良い。

【０１６９】

また、本実施の形態では、接触目標位置の測定高さがユーザによって指定される場合の例について説明したが、本発明は、測定高さを撮像部２０１又は２０６のフォーカス位置を利用して自動的に指定するような構成であっても良い。

【０１７０】

また、本実施の形態では、ワーク画像に基づいて、プローブ２６がワークＷの側面に接触したことが検出される場合の例について説明したが、本発明は、接触検出の方法をこれに限定するものではない。例えば、圧力又は振動を検知するセンサを用いて、プローブ２６がワークＷの側面に接触したことを検出するような構成であっても良い。

【０１７１】

また、本実施の形態では、プローブ２６が測定ユニット２０の筐体に取り付けられる場合の例について説明したが、本発明は、プローブ２６が、撮像部２０１又は２０６の撮像視野内における測定領域内で水平方向に移動可能なものにも適用することができる。

【０１７２】

また、本実施の形態では、プローブ用光源２６３から金属管２６２を介してガイド光が伝送される自発光型のプローブ２６を備えた画像測定装置１について説明したが、本発明は、プローブ２６の構成をこれに限定するものではない。例えば、プローブは、ガイド光を放射しないものであっても良い。

【０１７３】

< 付着物検知 >

測定制御部３１５はコンタクト部２６１とワークＷの側面とが接触したときに撮像部２０１により生成された画像を用いてワークＷの側面の位置を測定する測定部として機能する。したがって、コンタクト部２６１に油やゴミなど異物（付着物）が付着していると、ワークＷの側面の位置の測定結果に誤差が生じる。そこで、測定制御部３１５は撮像部２０１により生成されたコンタクト部２６１の画像におけるコンタクト部２６１の形状が所定形状であるかを判定する形状判定部をさらに有する。表示部２１は形状判定部の判定結果を出力する出力部として機能する。なお、撮像部２０１に代えて撮像部２０６が使用されてもよい。撮像部２０６は、撮像部２０１と比較して、撮影倍率の高い撮像装置であるため、非常に小さなコンタクト部２６１であっても精度よくコンタクト部２６１を撮影することができる。

【０１７４】

図３５（ａ）はコンタクト部２６１に付着物が付着していないときに撮像部２０１により生成されたコンタクト部２６１の画像Ｉｃ１の一例を示している。コンタクト部２６１は点灯しているため、画像Ｉｃ１においてコンタクト部２６１の外周は白くなっている。図３５（ｂ）は画像Ｉｃ１から抽出されたコンタクト部２６１のエッジ３５０１を示している。コンタクト部２６１は球体であるため、画像Ｉｃ１におけるコンタクト部２６１の

部分は水平断面形状を示す。つまり、エッジ 3501 は半径 r の円となる。図 35(c) はコンタクト部 261 のエッジ 3501 から求められた最小二乗近似円 3502 を示している。最小二乗近似円 3502 の半径 r も設計通りの値となる。

【0175】

図 35(d) はコンタクト部 261 にゴミ 3500 が付着しているときに撮像部 201 により生成されたコンタクト部 261 の画像 Ic2 の一例を示している。ゴミ 3500 は、説明の便宜上、誇張されて図示されている。図 35(b) は画像 Ic2 から抽出されたコンタクト部 261 のエッジ 3511 を示している。ゴミ 3500 が付着している外周部分(エッジ)までの中心からの距離は、所定半径 r よりも大きな距離 r' となっている。図 35(f) はコンタクト部 261 のエッジ 3511 から求められた最小二乗近似円 3512 を示している。最小二乗近似円 3512 の半径 r'' は、ゴミ 3500 の影響を受けて、所定半径 r よりも大きくなってしまふ。また、ゴミ 3500 が付着している外周部分の中心からの距離 r' は、最小二乗近似円 3512 の半径 r'' から乖離する。つまり、ゴミが付着していないコンタクト部 261 のエッジ 3501 から求められる真円度はほぼ設計値を満たすが、ゴミ 3500 が付着していないコンタクト部 261 のエッジ 3501 から求められる真円度は設計値を満たさない。

【0176】

このように測定制御部 315 はコンタクト部 261 の断面形状が所定形状でないことを判定するために、抽出エッジの真円度と閾値とを比較してもよい。とりわけ、測定制御部 315 は抽出エッジから最小二乗近似円 3512 を求め、最小二乗近似円 3512 から乖離しているエッジの位置にクリーニングすべきゴミ 3500 が存在すると判定してもよい。

【0177】

代替案として、測定制御部 315 はゴミが付着していないときに撮像部 201 により生成されたコンタクト部 261 の画像 Ic1 を記憶装置 33 に記憶しておき、撮像部 201 により生成されたコンタクト部 261 の画像 Ic2 と画像 Ic1 とを比較することで、コンタクト部 261 の形状が所定形状でないことを判定してもよい。たとえば、測定制御部 315 は、画像 Ic1 と画像 Ic2 との差分画像を生成し、差分が閾値よりも大きな画素を見つけると、コンタクト部 261 の形状が所定形状でないことを判定してもよい。また、測定制御部 315 は差分が閾値よりも大きな画素の位置にゴミ 3500 が付着していると判定してもよい。

【0178】

代替案として、測定制御部 315 はゴミが付着していないときに撮像部 201 により生成されたコンタクト部 261 の画像 Ic1 からコンタクト部 261 のエッジを抽出し、直径を求めて記憶装置 33 に記憶しておき、記憶されている直径と画像 Ic2 から同様にして求めた直径との差分が閾値を超えていれば、コンタクト部 261 の形状が所定形状でないと判定してもよい。この手法はコンタクト部 261 の全体にほぼ均一に付着した油であっても検知できる。たとえば、最小二乗近似円と中心からエッジまでの距離との乖離を検知する手法は、コンタクト部 261 の全体に付着した油を検知できない。よって、コンタクト部 261 の全体に液体などが均一に付着しやすい測定環境においては、直径比較が有利であろう。

【0179】

測定制御部の機能

図 36 は測定制御部 315 の機能を示している。エッジ抽出部 3601 はコンタクト部 261 の画像 Ic1、Ic2 からコンタクト部 261 の外形(断面形状)のエッジを抽出する。近似円決定部 3602 はエッジ抽出部 3601 により抽出された各エッジの位置データ(座標データ)に対して最小二乗フィッティングを適用して最小二乗近似円を算出する。形状判定部 3603 は、たとえば、エッジ抽出部 3601 により抽出された各エッジと最小近似円とに基づきコンタクト部 261 の断面形状が所定形状であるかを判定する。たとえば、形状判定部 3603 は、各エッジと最小近似円との距離を求め、各距離が所定

の閾値を超えているかどうかを判定する。比較情報 3605 は、付着物を検知するための閾値や基準画像などを含む。結果出力部 3604 は、形状判定部 3603 の判定結果を、表示制御部 312 を介して表示部 21 に出力する。なお、制御装置 31 の機能のすべてまたは一部は CPU などのプロセッサが制御プログラムを実行することで実現されてもよいし、FPGA や ASIC のようなハードウェアによって実現されてもよい。ASIC は特定用途集積回路の略称である。FPGA はフィールドプログラマブルゲートアレイの略称である。制御プログラムは記憶装置 33 などのコンピュータ可読記憶媒体に記憶されている。

【0180】

フローチャート

図 37 はコントローラ 3 が実行するプローブチェック処理を示すフローチャートである。コントローラ 3 は、プローブチェック処理の開始条件が満たされると、プローブチェック処理を開始する。開始条件とは、たとえば、入力受付部 311 を通じてユーザによりプローブチェック処理の実行を指示されたことである。また、開始条件は、画像測定装置 1 に商用電源などから電力を供給されて画像測定装置 1 が起動したことであってもよい。また、開始条件は、画像測定装置 1 の設定モードから測定モードに遷移したことであってもよい。開始条件は、各測定要素の測定直前であってもよい。また、一つの測定要素につき複数のプローブ測定点を設定されている場合、開始条件は、各プローブ測定点の測定直前であってもよい。このように一つのワーク W についてプローブチェック処理が一回実行されてもよいし、プローブ 26 を用いた一回の測定処理についてプローブチェック処理が一回実行されてもよい。また、プローブ 26 を用いて測定される一つの測定要素についてプローブチェック処理が一回実行されてもよい。また、一つの測定点についてプローブチェック処理が一回実行されてもよい。

【0181】

S801 で測定制御部 315 は照明制御部 314 にプローブ用光源 263 を点灯させる。なお、測定制御部 315 はステージ上に何も載せてはならないことを示すメッセージを表示部 21 に表示してもよい。これは、ステージ 23 にワーク W などが載置されていると、コンタクト部 261 の画像にワーク W が写りこんでしまい、コンタクト部 261 のエッジの抽出精度を低下させるからである。

【0182】

S802 で測定制御部 315 は撮像制御部 313 を通じてカメラ 200 を制御し、カメラ 200 の撮像部 201 に点灯状態のコンタクト部 261 を撮影させ、カメラ 200 および撮像制御部 313 により生成されたコンタクト部 261 の画像 Ic2 を取得する。画像 Ic2 は記憶装置 33 に保持されてもよい。

【0183】

S803 で測定制御部 315 (形状判定部 3603) はコンタクト部 261 の画像 Ic2 に基づきコンタクト部 261 に付着した付着物を検知する。たとえば、形状判定部 3603 は、付着物を検知するとフラグをセットし、付着物を検知しなければフラグをリセットする。フラグは記憶装置 33 に保持されている。

【0184】

S804 で測定制御部 315 (形状判定部 3603) は付着物の検知結果 (フラグ) に基づきコンタクト部 261 が所定形状であるかどうか、つまり、コンタクト部 261 に付着物が付いていないかどうかを判定する。コンタクト部 261 に付着物が付いていないと判定すると、測定制御部 315 は S805 に進む。S805 で測定制御部 315 (結果出力部 3604) は判定結果として、コンタクト部 261 のクリーニングが不要であること、または、コンタクト部 261 が良好な状態にあることを示すメッセージを表示部 21 に出力する。なお、付着物の付着位置が特定されていれば、結果出力部 3604 は、画像 Ic2 において付着物の付着位置を強調するための強調表示を実行してもよい。たとえば、結果出力部 3604 は、画像 Ic2 を表示部 21 に表示するとともに、付着位置を囲む図形 (円や四角形など) を重ねて表示してもよい。

【 0 1 8 5 】

一方で、S 8 0 3 でコンタクト部 2 6 1 に付着物がついていると判定すると、測定制御部 3 1 5 は S 8 0 6 に進む。S 8 0 6 で測定制御部 3 1 5 (結果出力部 3 6 0 4) は判定結果として、コンタクト部 2 6 1 のクリーニングが必要であること、または、コンタクト部 2 6 1 が良好な状態にないことを示すメッセージを表示部 2 1 に出力する。この場合、測定制御部 3 1 5 は、ユーザによりコンタクト部 2 6 1 のクリーニングが完了するまで、ワーク W の測定を禁止してもよい。また、入力受付部 3 1 1 を通じてクリーニングの完了を示すキーが操作されると、測定制御部 3 1 5 は、S 8 0 2 に戻り、クリーニングされたコンタクト部 2 6 1 について S 8 0 2 以降の処理を再度実行してもよい。これにより、付着物が取り除かれると、測定制御部 3 1 5 は、ワーク W の測定を許可してもよい。

10

【 0 1 8 6 】

真円度に基づく付着物の検知

図 3 8 はコントローラ 3 が実行する付着物の検知処理 (S 8 0 3) の一例を示すフローチャートである。

【 0 1 8 7 】

S 9 0 1 でエッジ抽出部 3 6 0 1 は画像 I c 2 におけるコンタクト部 2 6 1 のエッジを抽出する。これにより、複数のエッジの位置 (座標) が求められる。つまり、画像 I c 2 におけるコンタクト部 2 6 1 のエッジは複数のエッジ点の集合 (エッジ点群) に変換される。

【 0 1 8 8 】

S 9 0 2 で近似円決定部 3 6 0 2 はエッジ抽出部 3 6 0 1 により求められた複数のエッジ点の位置に対して最小二乗法 (最小二乗フィッティング) を適用してコンタクト部 2 6 1 の断面形状を示す最小二乗近似円 (最小二乗フィッティング円) を決定する。

20

【 0 1 8 9 】

S 9 0 3 で形状判定部 3 6 0 3 はエッジ抽出部 3 6 0 1 により求められた各エッジ点と近似円との距離を算出する。つまり、形状判定部 3 6 0 3 は距離算出部を備えている。なお、この距離はいわゆる真円度を求めるためのパラメータとして利用されてもよい。つまり、距離は真円度と読み替えられてもよい。

【 0 1 9 0 】

S 9 0 4 で形状判定部 3 6 0 3 は各エッジ点についても求められた距離と、比較情報 3 6 0 5 に含まれている閾値とを比較し、閾値を超える距離が存在するかどうかを判定する。閾値を超える距離が存在すれば、付着物がコンタクト部 2 6 1 に付着している可能性が高いため、形状判定部 3 6 0 3 は、S 9 0 5 に進む。S 9 0 5 で形状判定部 3 6 0 3 は、付着物が検知されたことを示すためにフラグをセットする。一方、閾値を超える距離が存在しなければ、付着物がコンタクト部 2 6 1 に付着していない可能性が高いため、形状判定部 3 6 0 3 は、S 9 0 6 に進む。S 9 0 6 で形状判定部 3 6 0 3 は、付着物が検知されなかったことを示すためにフラグをリセットする。

30

【 0 1 9 1 】

画像比較に基づく付着物の検知

図 3 9 はコントローラ 3 が実行する付着物の検知処理 (S 8 0 3) の一例を示すフローチャートである。この例では、予め付着物が付着していないコンタクト部 2 6 1 の画像 I c 1 が基準画像として記憶装置 3 3 に記憶されているものとする。基準画像が比較情報 3 6 0 5 に含まれている。また、画像比較では、エッジ抽出部 3 6 0 1 と近似円決定部 3 6 0 2 は不要である。

40

【 0 1 9 2 】

S 1 0 0 1 で形状判定部 3 6 0 3 は記憶装置 3 3 から基準画像を読み出す。S 1 0 0 2 で形状判定部 3 6 0 3 は、コンタクト部 2 6 1 の画像 I c 2 の基準画像に対する画素ごとの差分を算出する。つまり、形状判定部 3 6 0 3 は、差分演算部を有している。S 1 0 0 3 で形状判定部 3 6 0 3 は、差分が閾値を超える画素が存在するかどうかを判定する。閾値も比較情報 3 6 0 5 に含まれているものとする。差分が閾値を超える画素が存在すれば

50

、付着物がコンタクト部 2 6 1 に付着している可能性が高いため、形状判定部 3 6 0 3 は、S 9 0 5 に進む。一方で、差分が閾値を超える画素が存在しなければ、付着物がコンタクト部 2 6 1 に付着していない可能性が高いため、形状判定部 3 6 0 3 は、S 9 0 6 に進む。このように付着物が付着していないコンタクト部 2 6 1 の画像 I c 1 と画像 I c 2 とを比較することで、付着物が検知されてもよい。

【 0 1 9 3 】

直径（球径）に基づく付着物の検知

図 4 0 はコントローラ 3 が実行する付着物の検知処理（S 8 0 3）の一例を示すフローチャートである。上述したように油などの液体がコンタクト部 2 6 1 の外周に均一に付着することがある。このような付着物の検知には、直径（球径）に基づく付着物の検知処理が向いている。この例では、予め付着物が付着していないコンタクト部 2 6 1 の画像 I c 1 から求められた基準直径が記憶装置 3 3 に記憶されているものとする。基準直径は、閾値として、入力受付部を通じてユーザにより入力されたものであってもよい。基準直径は比較情報 3 6 0 5 に含まれている。

【 0 1 9 4 】

S 1 1 0 1 で形状判定部 3 6 0 3 は画像 I c 2 におけるコンタクト部 2 6 1 の直径を算出する。なお、直径は、画像 I c 2 から求められたコンタクト部 2 6 1 のエッジから算出されてもよい。この場合、近似円決定部 3 6 0 2 に代えて直径算出部が設けられてもよい。

【 0 1 9 5 】

S 1 1 0 2 で形状判定部 3 6 0 3 は画像 I c 2 におけるコンタクト部 2 6 1 の直径が閾値（基準直径）を超えているかどうかを判定する。コンタクト部 2 6 1 の直径が閾値を超えていれば、コンタクト部 2 6 1 に液体などの付着物が付着している可能性が高いため、形状判定部 3 6 0 3 は S 9 0 5 に進む。一方で、コンタクト部 2 6 1 の直径が閾値を超えていなければ、コンタクト部 2 6 1 に液体などの付着物が付着していない可能性が高いため、形状判定部 3 6 0 3 は S 9 0 6 に進む。

【 0 1 9 6 】

透過画像に基づく付着物の検知処理

上述した実施例ではコンタクト部 2 6 1 の画像 I c 1、I c 2 はいずれも反射照明ユニット 2 8 を点灯し、透過照明ユニット 2 5 を消灯し、かつ、プローブ用光源 2 6 3 を点灯して撮影することで得られた反射画像であった。しかし、図 4 1（a）が示すように付着物がコンタクト部 2 6 1 に付着していても画像 I c 2 には付着物が写っていないことがある。付着物がコンタクト部 2 6 1 からの光を反射しにくい素材で形成された物体であるときに、画像 I c 2 に付着物が写りにくい。一方で、図 4 1（b）が示すようにプローブ用光源 2 6 3 を消灯し、透過照明ユニット 2 5 を点灯してコンタクト部 2 6 1 を撮影して生成された透過画像 I c 2' であればゴミ 3 5 0 0 のエッジが明確となることがある。したがって、上述した画像 I c 2 に代えて透過画像 I c 2' が使用されてもよい。あるいは、画像 I c 2 を用いた検知処理と、透過画像 I c 2' を用いた検知処理との両方が実行されてもよい。これにより精度よく付着物を検知することが可能となろう。

【 0 1 9 7 】

また、真円度に基づく方法での検知処理と、画像比較または直径に基づく検知処理との両方が実行されてもよい。これによりそれぞれの検知処理の利点を生かして付着物が検知されるため、付着物の検知精度が向上しよう。

【 0 1 9 8 】

ユーザーインターフェース（UI）

図 4 2 は判定結果を示す UI の一例を示している。結果出力部 3 6 0 4 が生成した UI 4 2 0 0 には、プローブの検知処理に関するガイダンスメッセージ 4 2 0 1 と、ユーザがプローブの検知処理の実行を指示するためのボタン 4 2 0 2 とを有している。画像表示部 4 2 0 3 には、コンタクト部 2 6 1 を撮影することで生成された画像 I c 2 がレンダリングされる。ダイアログボックス 4 2 0 4 は判定結果を示すための UI であり、ユーザにク

リーニングを促すメッセージなども含まれてもよい。さらに、付着物の位置を強調するために協調表示 4 2 0 5 が画像 I c 2 に重ねて表示されてもよい。

【 0 1 9 9 】

<まとめ>

図 1 に示したように、画像測定装置 1 は、ワーク W が載置されるステージ 2 3 と、ステージ 2 3 に載置されたワーク W を撮像して画像を生成する撮像部 2 0 1 と、撮像部 2 0 1 の視野内において、ステージ 2 3 に載置されたワーク W の側面と接触可能なコンタクト部 2 6 1 を有するプローブ 2 6 とを有している。さらに、画像測定装置 1 は、ステージ 2 3 の載置面と略平行にステージ 2 3 とプローブ 2 6 とのうち少なくとも一方を移動させる水平駆動部 2 4 と、コンタクト部 2 6 1 とワーク W の側面とが接触したときに撮像部 2 0 1 により生成された画像 I c 1、I c 2 を用いてワーク W の側面の位置を測定する測定部（接触位置特定部 3 5 7 ）とを有している。とりわけ、画像測定装置 1 は、撮像部 2 0 1 により生成されたコンタクト部 2 6 1 の画像における当該コンタクト部 2 6 1 の形状が所定形状であるかを判定する形状判定部 3 6 0 3 と、形状判定部 3 6 0 3 の判定結果を出力する出力部（結果出力部 3 6 0 4 や表示部 2 1 ）とを有している。コンタクト部 2 6 1 にゴミ 3 5 0 0 や液体が付着すると、測定精度が低下する。また、コンタクト部 2 6 1 にゴミ 3 5 0 0 や液体が付着すると、画像 I c 2 におけるコンタクト部 2 6 1 の形状が所定形状から逸脱する。そこで、コンタクト部 2 6 1 の形状が所定形状であるかどうかの判定結果をユーザに報知することで、ユーザはコンタクト部 2 6 1 のクリーニングのタイミングを容易に知ることができ、ユーザビリティが向上する。また、ユーザはその判定結果に基づきコンタクト部 2 6 1 のクリーニングを実施できるようになるため、測定精度の低下も抑制される。

【 0 2 0 0 】

コンタクト部 2 6 1 の形状は球体や円柱、多角柱など、一定形状を有する立体物であればよい。たとえば、コンタクト部 2 6 1 は略球体である。形状判定部 3 6 0 3 は、コンタクト部 2 6 1 の画像 I c 2 からコンタクト部 2 6 1 の水平断面形状を抽出し、抽出された水平断面形状が所定形状であるかを判定する。図 1 が示すように、コンタクト部 2 6 1 は、撮像部 2 0 1 の光軸上に配置されるため、画像 I c 2 におけるコンタクト部 2 6 1 のエッジは水平断面形状のエッジと概ね等しい。また、コンタクト部 2 6 1 はワーク W に対して相対的に水平移動してワーク W の側面に当接するため、コンタクト部 2 6 1 の水平断面形状のエッジ（外周または外縁）がワーク W の側面に当接する。よって、このエッジにゴミ 3 5 0 0 などが付着していると、測定誤りが発生しうる。コンタクト部 2 6 1 の水平断面形状のエッジに着目して異物の付着が検知される。

【 0 2 0 1 】

形状判定部 3 6 0 3 は、水平断面形状の真円度に基づき水平断面形状が所定形状であるかを判定してもよい。コンタクト部 2 6 1 が略球体であれば水平断面形状のエッジは円となる。そのため、水平断面形状の真円度に着目することでゴミ 3 5 0 0 などの異物の付着が精度よく検知される。なお、画像測定装置 1 は、真円度の閾値の入力を受け付ける受付部（入力受付部 3 1 1 ）を有していてもよい。形状判定部 3 6 0 3 は、画像 I c 2 から算出された水平断面形状の真円度と閾値とを比較することで、水平断面形状が所定形状であるかを判定してもよい。この閾値はたとえば公差などであってもよい。

【 0 2 0 2 】

形状判定部 3 6 0 3 は、水平断面形状の直径と所定形状の直径とを比較することで水平断面形状が所定形状であるかを判定してもよい。油などの液体がコンタクト部 2 6 1 に付着すると、コンタクト部 2 6 1 の直径がほぼ均一に増加する。この特性を生かして、液体状の異物であっても精度よく検知することが可能となる。画像測定装置 1 は、さらに、直径の閾値の入力を受け付ける受付部（入力受付部 3 1 1 ）を有してもよい。形状判定部 3 6 0 3 は、水平断面形状の直径と閾値とを比較することで、水平断面形状が所定形状であるかを判定してもよい。直径の閾値は公差などであってもよい。

【 0 2 0 3 】

図 3 8 などを用いて説明したように、形状判定部 3 6 0 3 は、コンタクト部 2 6 1 の画像におけるコンタクト部 2 6 1 のエッジを水平断面形状として抽出し、当該抽出されたエッジから最小二乗法により近似円を求め、当該近似円とコンタクト部 2 6 1 の各エッジの位置を比較することで、水平断面形状が所定形状であるかを判定してもよい。ゴミ 3 5 0 0 がコンタクト部 2 6 1 の側面に付着すると、画像 I c 2 から抽出されたエッジの一部が近似円から乖離する。この特性を利用して精度よくゴミ 3 5 0 0 が検知される。

【 0 2 0 4 】

画像測定装置 1 は、所定形状をしたコンタクト部 2 6 1 の画像である基準画像を記憶する記憶部（記憶装置 3 3）をさらに有していてもよい。図 3 9 を用いて説明したように、形状判定部 3 6 0 3 は、撮像部 2 0 1 により生成されたコンタクト部 2 6 1 の画像と基準画像とを比較することでコンタクト部 2 6 1 の形状が所定形状であるかを判定してもよい。このように異物が付着していないコンタクト部 2 6 1 の画像を基準画像として使用することで異物を検知することが可能となる。たとえば、形状判定部 3 6 0 3 は、基準画像から所定形状を抽出し、当該抽出された所定形状と撮像部 2 0 1 により生成されたコンタクト部 2 6 1 の画像から抽出されたコンタクト部 2 6 1 の水平断面形状とを比較してもよい。

10

【 0 2 0 5 】

画像測定装置 1 は、コンタクト部 2 6 1 を発光させる光源（プローブ用光源 2 6 3）と、光源の点灯と消灯とを制御する制御部（照明制御部 3 1 4 や測定制御部 3 1 5 を含む制御装置 3 1）とを有している。制御装置 3 1 は、コンタクト部 2 6 1 の画像を取得する際に光源を点灯させてコンタクト部 2 6 1 を発光させる。これにより、コンタクト部 2 6 1 の光を反射しやすい異物を検知しやすくなる。なお、制御装置 3 1 は、コンタクト部 2 6 1 の画像を取得する際に光源を消灯してもよい。これにより、コンタクト部 2 6 1 の光を反射しにくい異物を検知しやすくなる。

20

【 0 2 0 6 】

形状判定部 3 6 0 3 は、ステージ 2 3 にワーク W が載置されていないときに撮像部 2 0 1 により生成された画像からコンタクト部 2 6 1 の画像を抽出してもよい。これによりワーク W の影響を受けないため、精度よく、異物を検知することが可能となる。

【 0 2 0 7 】

形状判定部 3 6 0 3 は、コンタクト部 2 6 1 とワーク W の側面とが接触したときに撮像部 2 0 1 により生成された画像から、コンタクト部 2 6 1 の画像を抽出してもよい。このようにワーク W を測定する測定シーケンス内に異物を検知する処理を取り入れることで、検知専用の作業時間が削減され、効率よく、異物を検知することが可能となる。

30

【 0 2 0 8 】

撮像部 2 0 1 の合焦範囲にコンタクト部 2 6 1 が位置しているときに撮像部 2 0 1 がコンタクト部 2 6 1 の画像を生成する。これによりコンタクト部 2 6 1 のエッジの鮮鋭度が増すため、エッジ付近に付着している異物のエッジも鮮鋭となり、異物の検知精度が向上する。

【 0 2 0 9 】

表示部 2 1 などにより形成される出力部は、コンタクト部 2 6 1 の形状が所定形状でないときにコンタクト部 2 6 1 のクリーニングを促すメッセージを出力してもよい。これによりユーザにクリーニングが必要であることを直接的に訴えることができる。なお、画像測定装置 1 は、音声や警告音を出力する音源とスピーカーを有し、これによりクリーニングを促してもよい。

40

【 0 2 1 0 】

図 4 2 に示したように、出力部は、コンタクト部 2 6 1 の画像を出力するとともに、当該画像において付着物の位置を強調してもよい。これにより、ユーザに対して異物の位置を知らせることが可能となり、クリーニングの作業効率が向上しよう。

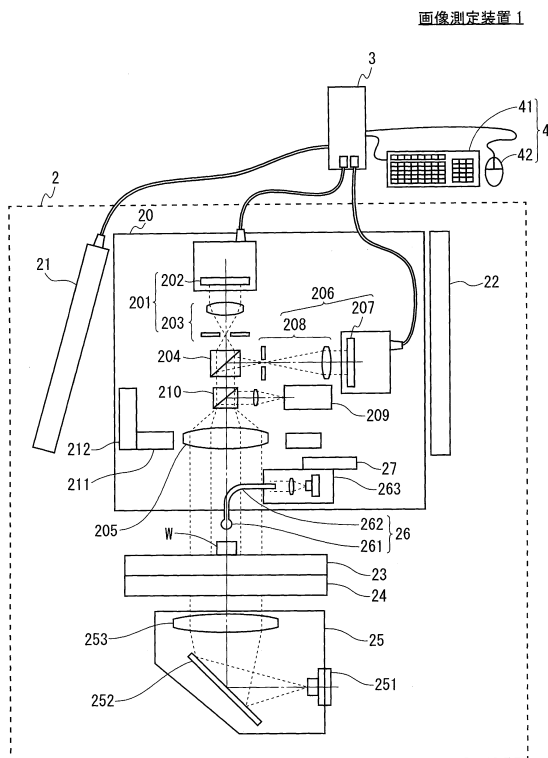
【 符号の説明 】

【 0 2 1 1 】

50

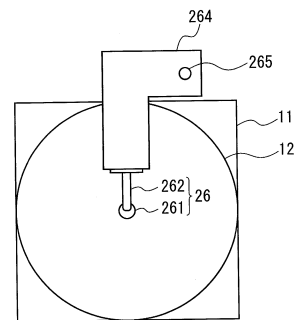
1 画像測定装置、201, 206 撮像部、21 表示部、23 ステージ、24 水平駆動部、26 プローブ、261 コンタクト部、263 プローブ用光源、31 制御装置、311 入力受付部、315 測定制御部、33 記憶装置、3601 エッジ抽出部、3602 近似円決定部、3602 形状判定部、3604 結果出力部

【図1】

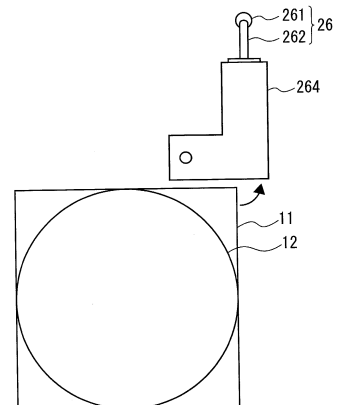


【図2】

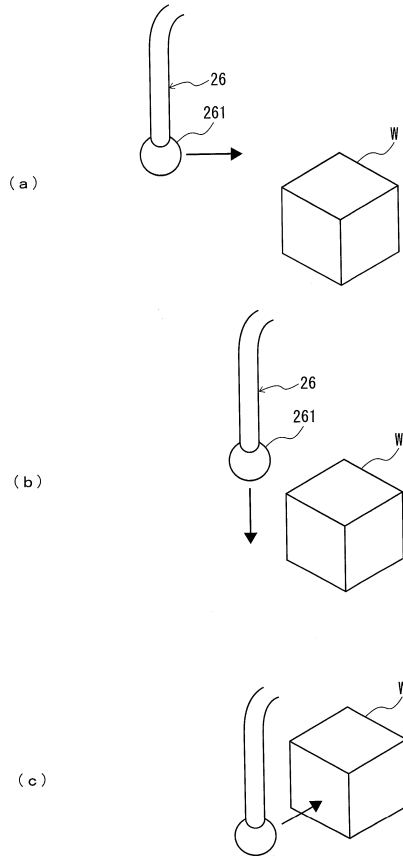
(a) 測定位置



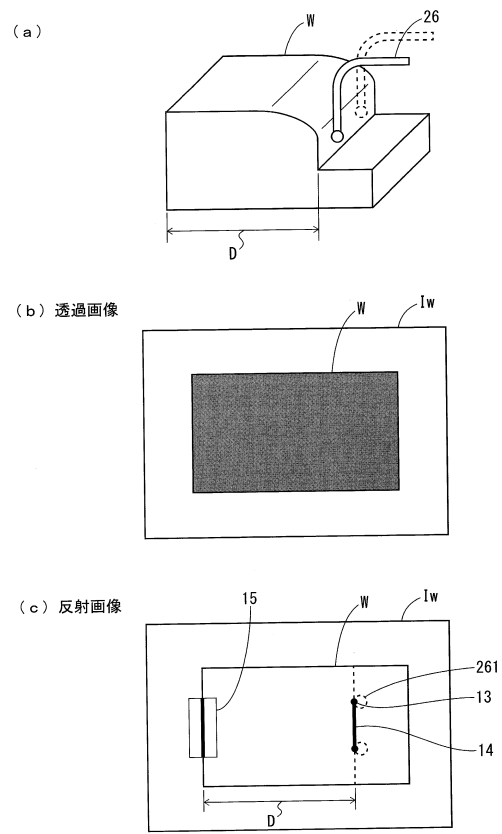
(b) 退避位置



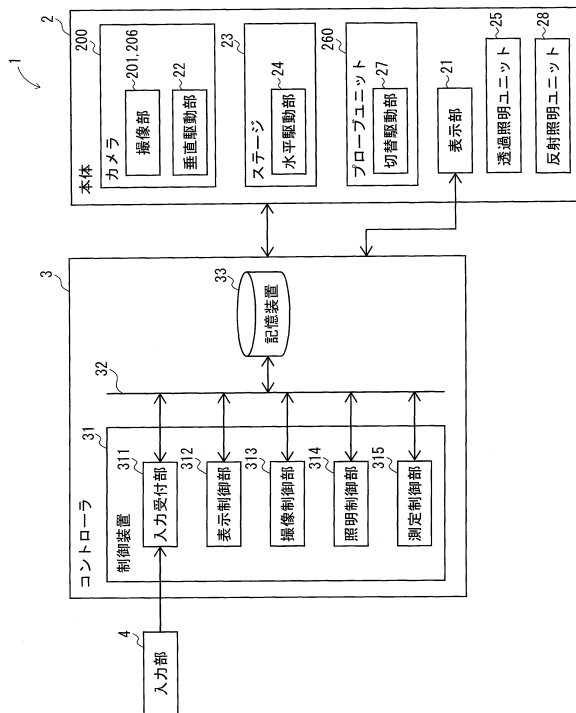
【図 3】



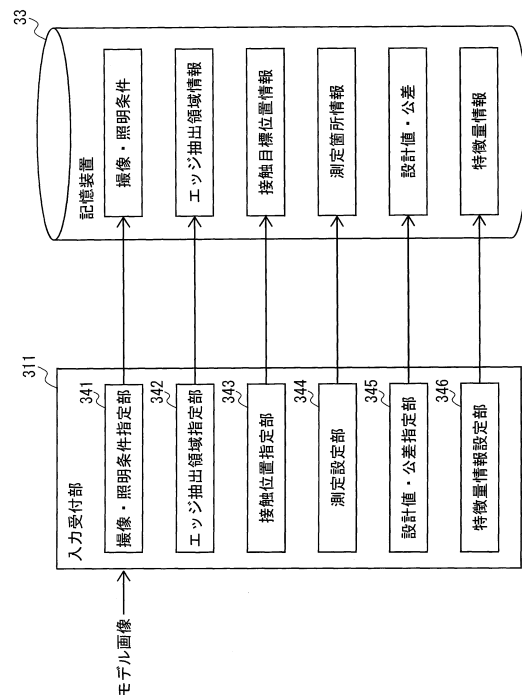
【図 4】



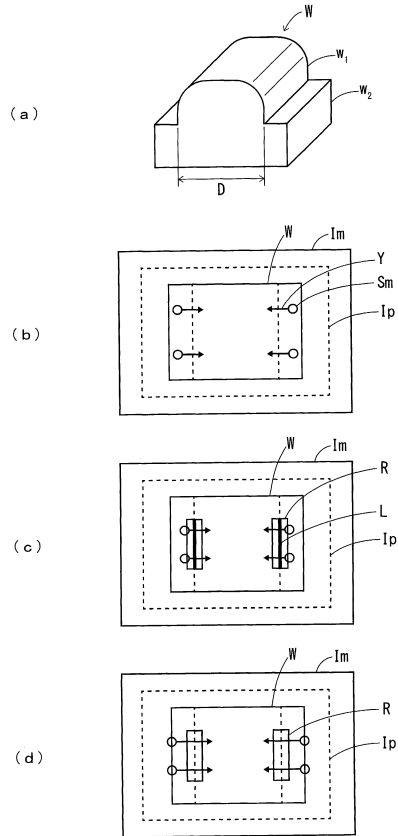
【図 5】



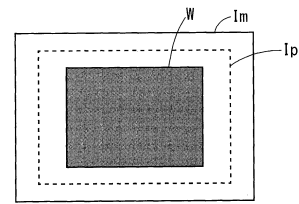
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【図 9】

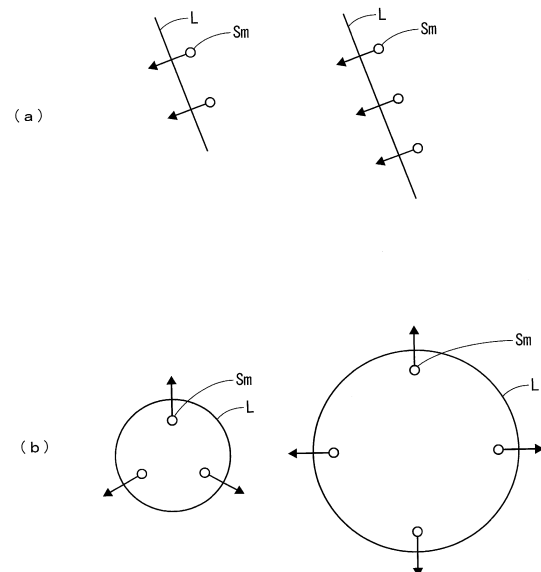
(a) 分割数が固定である場合

形状種別	スキャン経路
直線	2本 (分割数=3)
円	3本 (分割数=3)
円弧	3本 (分割数=4)

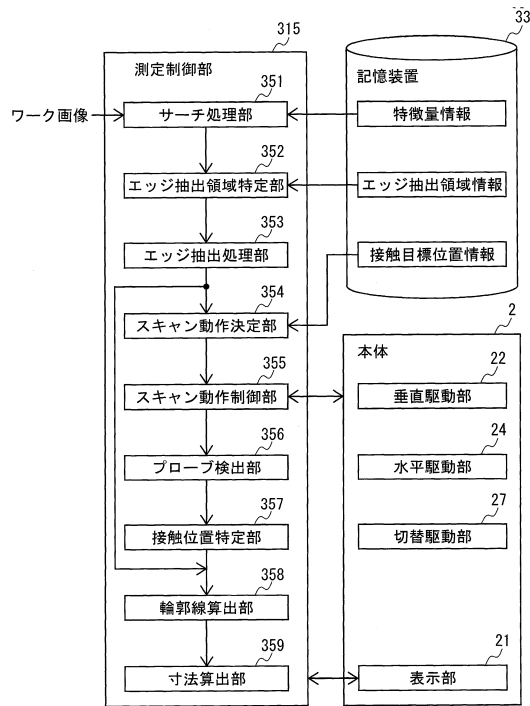
(b) 分割数が測定対象のサイズに応じて可変である場合

形状種別	スキャン経路	
	輪郭線の長さ<TH	輪郭線の長さ≧TH
直線	2本	3本
円	3本	4本
円弧	3本	4本

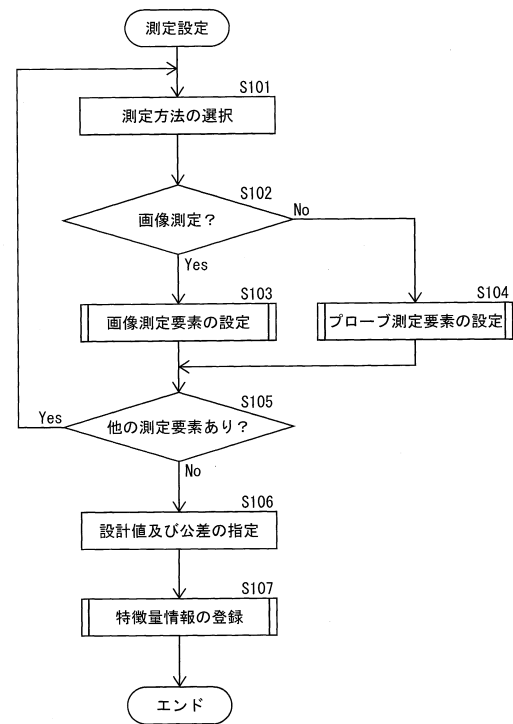
【図 10】



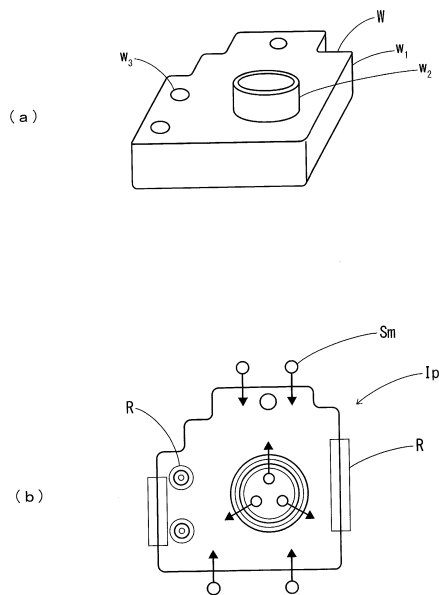
【図 1 1】



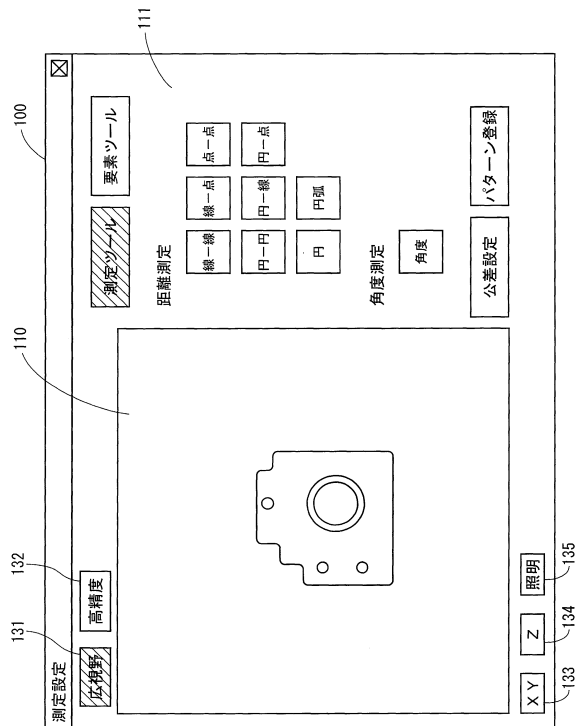
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



【図 15】

公差設定

高精度

低精度

照明

X Y Z

No.	要素名	設計値	公差 上限	公差 下限
①	縦一線 距離	34.000	0.150	-0.150
②	縦一線 距離	34.000	0.150	-0.150
③	円一円 距離	8.000	0.100	-0.100
④	円径	12.000	0.100	-0.100

【図 16】

パターン画像登録

高精度

低精度

照明

X Y Z

1. 対象領域の設定

2. サーチパラメータ
サーチ範囲
検出個数

3. 画像登録

自動

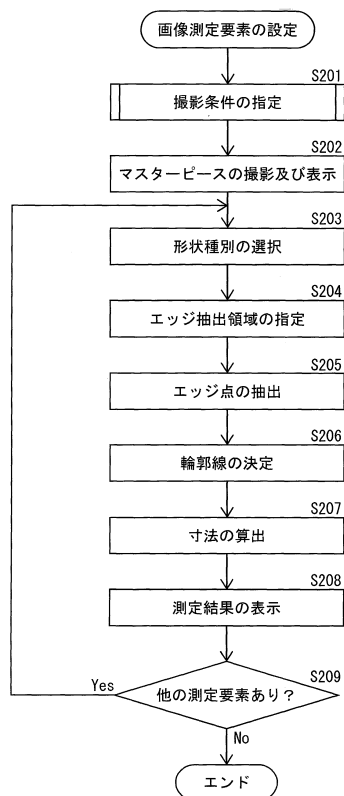
360

1

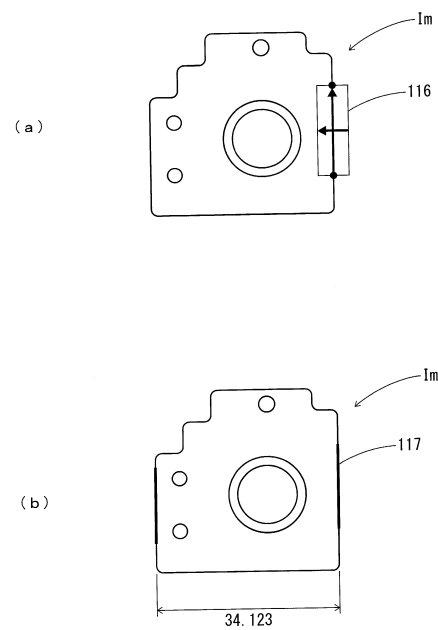
削除

登録

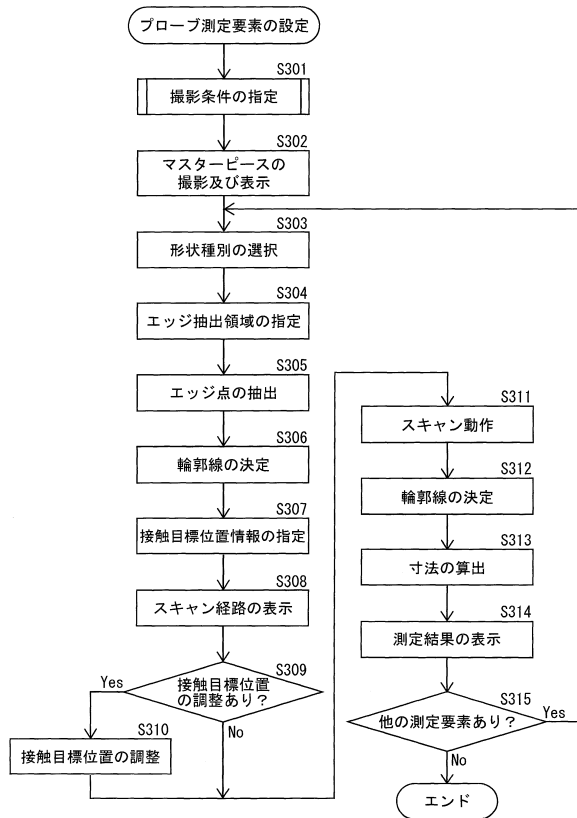
【図 17】



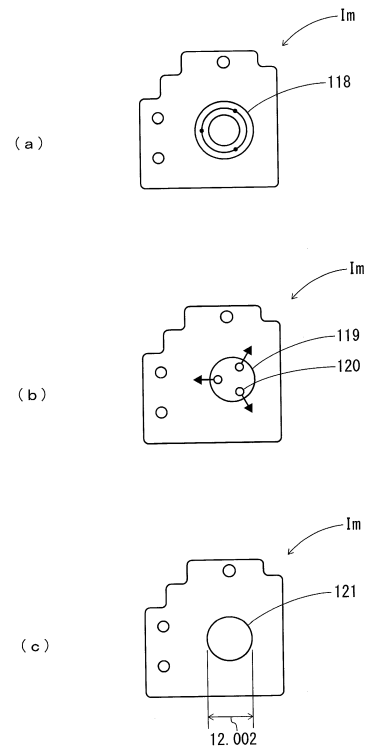
【図 18】



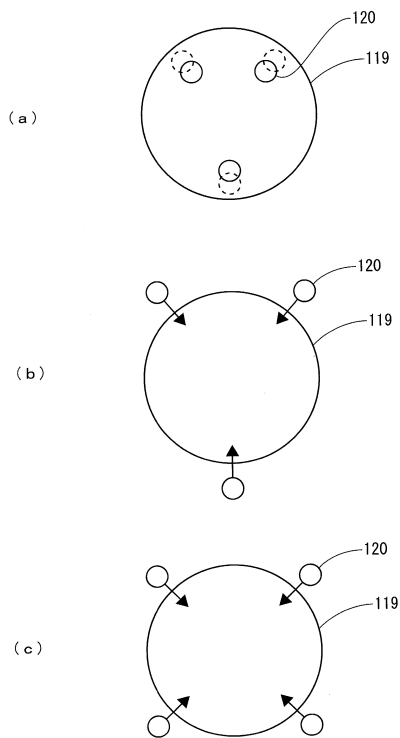
【図 19】



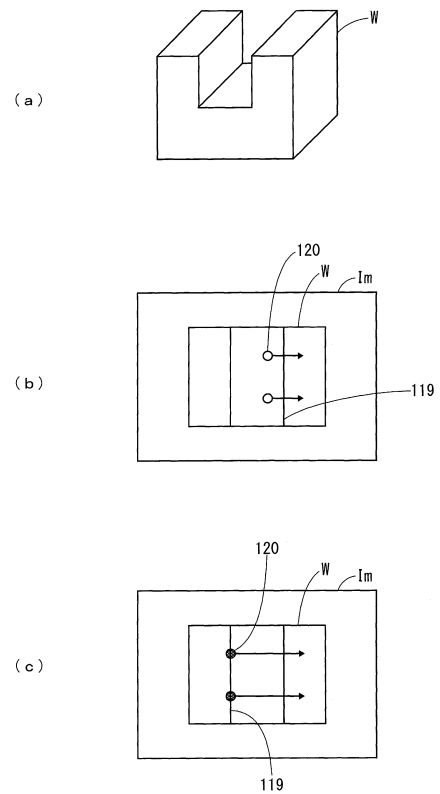
【図 20】



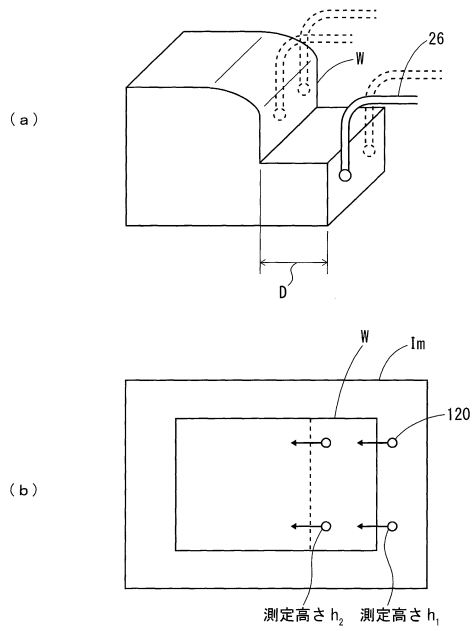
【図 21】



【図 22】

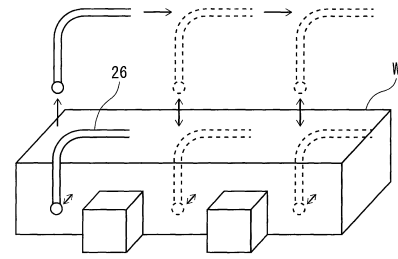


【図 23】

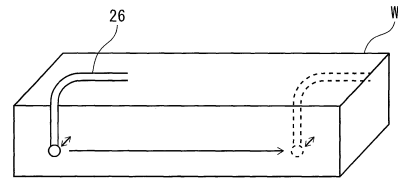


【図 24】

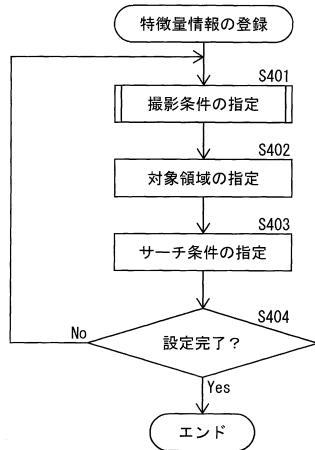
(a) 第1スキャンモード



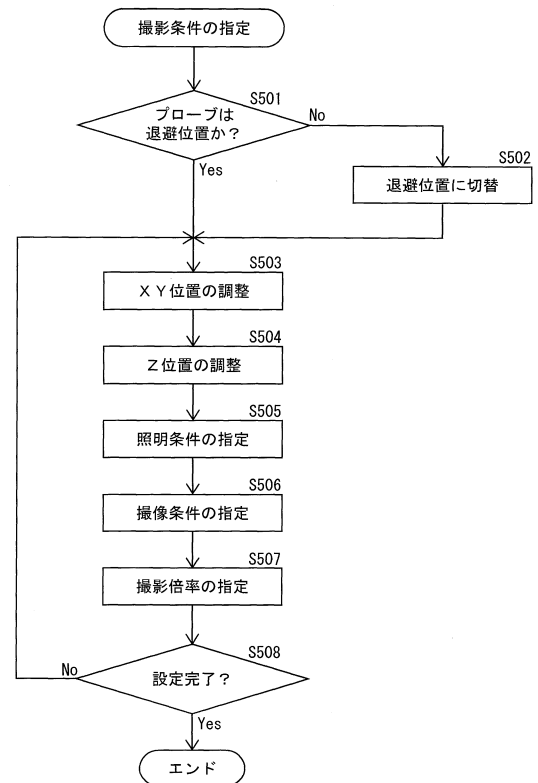
(b) 第2スキャンモード



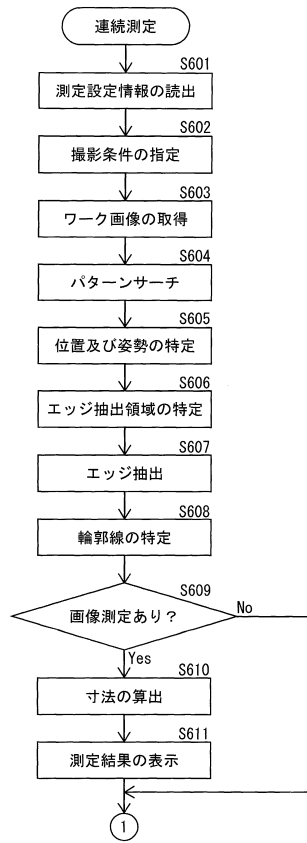
【図 25】



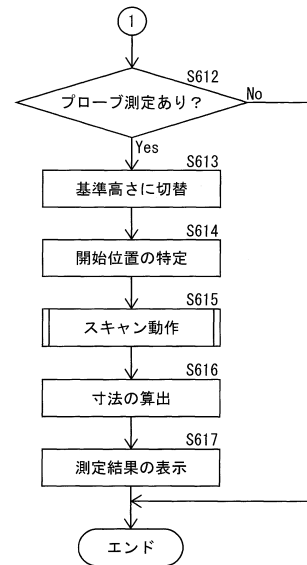
【図 26】



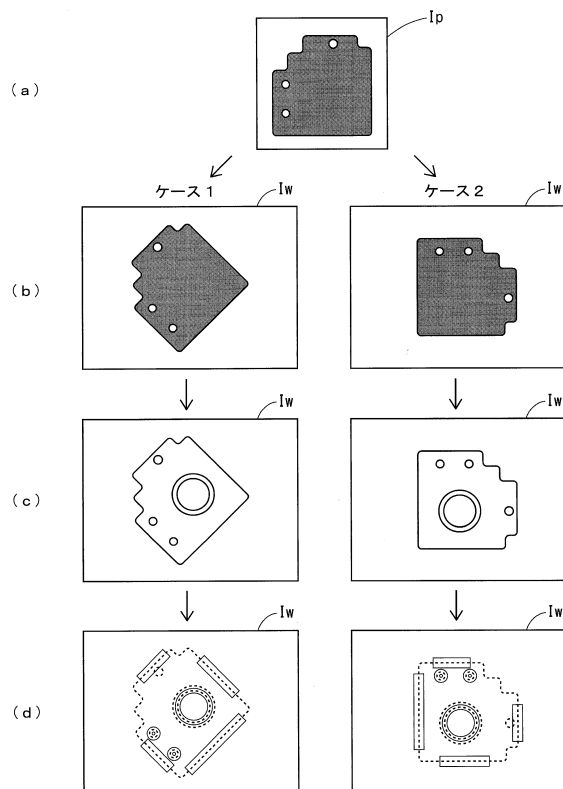
【図 27】



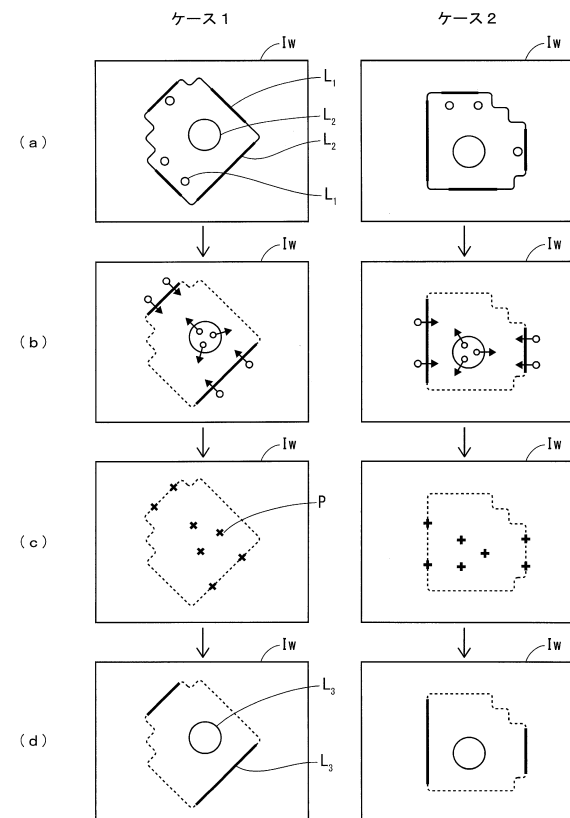
【図 28】



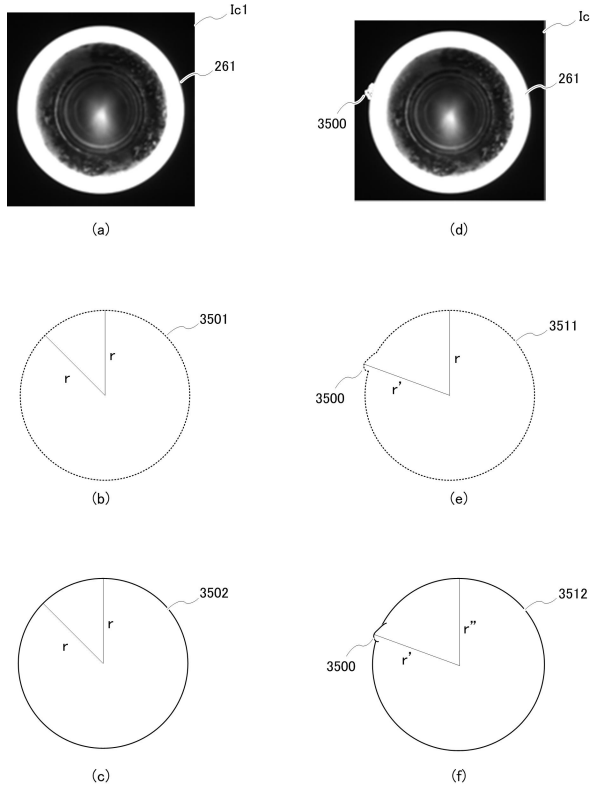
【図 29】



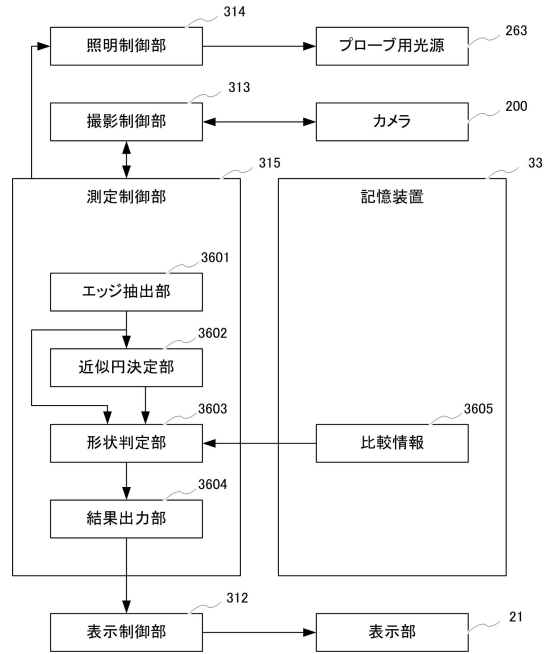
【図 30】



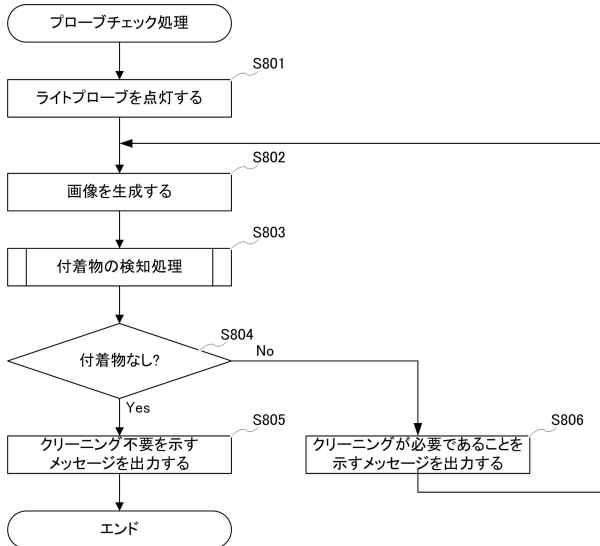
【図 35】



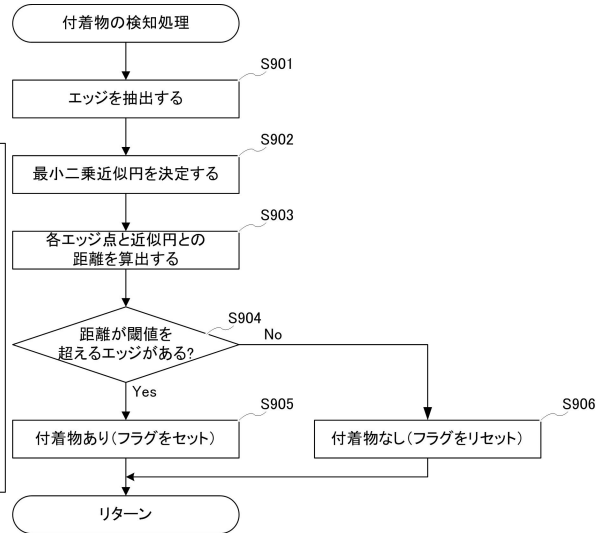
【図 36】



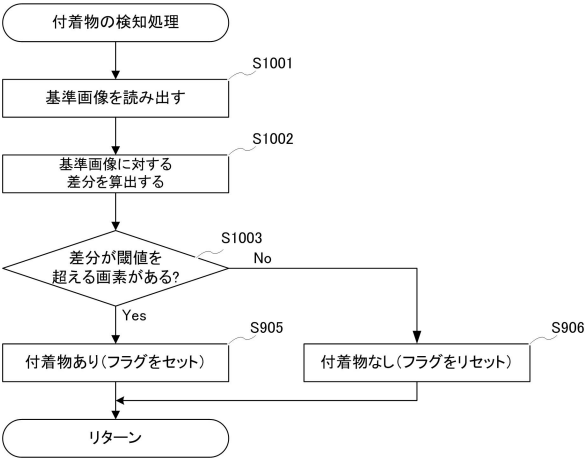
【図 37】



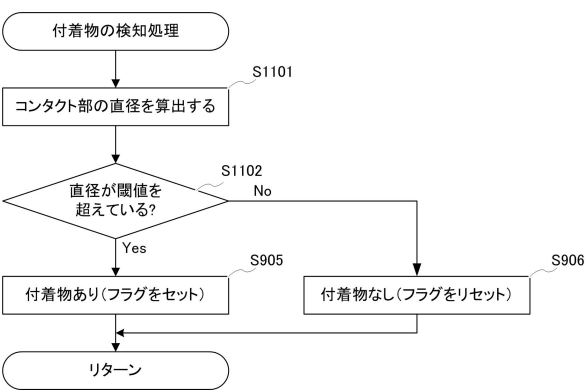
【図 38】



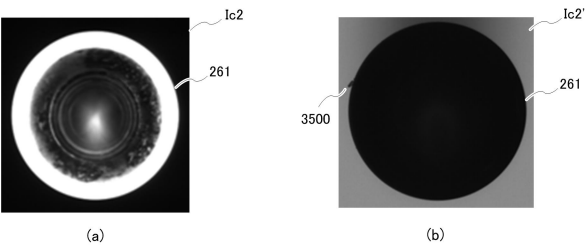
【図 39】



【図 40】



【図 41】



【図 42】



フロントページの続き

(72)発明者 橋本 正

大阪府大阪市東淀川区東中島 1 - 3 - 1 4 株式会社キーエンス内

審査官 櫻井 仁

(56)参考文献 特表 2 0 0 9 - 5 0 8 1 1 4 (J P , A)
特開 2 0 0 8 - 1 0 2 1 2 3 (J P , A)
特表 2 0 0 2 - 5 0 3 3 3 9 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 2 5 7 8 1 2 (J P , A)
特開 2 0 1 4 - 1 0 9 4 9 5 (J P , A)
特開 2 0 1 6 - 0 8 5 0 5 7 (J P , A)
特開 2 0 1 5 - 2 1 9 1 6 9 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 1 4 8 9 4 2 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 1 5 5 0 1 3 (J P , A)
国際公開第 2 0 0 7 / 0 3 3 8 1 1 (W O , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 1 B 5 / 0 0 - 5 / 3 0
G 0 1 B 2 1 / 0 0 - 2 1 / 3 2
G 0 1 B 1 1 / 0 0 - 1 1 / 3 0
G 0 6 T 1 / 0 0
G 0 6 T 7 / 1 3
G 0 6 T 7 / 5 6 4