

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5309542号
(P5309542)

(45) 発行日 平成25年10月9日(2013.10.9)

(24) 登録日 平成25年7月12日(2013.7.12)

(51) Int.Cl.

G 0 1 B 11/24 (2006.01)

F I

G O 1 B 11/24

B

請求項の数 21 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2007-314636 (P2007-314636)
(22) 出願日 平成19年12月5日(2007.12.5)
(65) 公開番号 特開2009-139176 (P2009-139176A)
(43) 公開日 平成21年6月25日(2009.6.25)
審査請求日 平成22年12月3日(2010.12.3)

(73) 特許権者 000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
(74) 代理人 100072718
弁理士 古谷 史旺
(74) 代理人 100116001
弁理士 森 俊秀
(72) 発明者 宇佐美 仁
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内
審査官 中川 康文

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 測定装置およびその方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

中空筒状の被測定物の内側形状を測定する測定装置であって、
光源からの光を第1の方向に送光する送光部と、
前記第1の方向と略直交する方向に前記光源からの光を偏向し、前記被測定物の内側に
前記光源の光を照射する光線方向変換部と、
前記光線方向変換部で偏向された光が前記被測定物の内側で反射した光を検出する検出
部と、
前記検出部の検出結果に基づいて、前記光線方向変換部で偏向された光の照射方向上
にある基準位置からのずれを求めることにより前記被測定物の内側形状を測定する形状測定
部と、
前記被測定物の内側の複数の位置において、前記形状測定部で得られた前記ずれの偏り
を小さくする位置調整部と
を備え、
前記位置調整部は、
前記第1の方向をZ軸とした場合のZ座標を検出するZ座標検出部と、
所定のZ座標でZ軸に直交するXY座標における前記ずれの偏りを検出するXY座標
ずれ検出部と、

前記XY座標ずれ検出部が検出した前記ずれの偏りが小さくなる方向に前記送光部と
前記光線方向変換部と前記検出部からなる測定光学系と前記被測定物とをXY座標上で相

10

20

対移動させる X Y 座標移動部と、

前記 X Y 座標ずれ検出部により複数の Z 座標で X Y 座標のずれの偏りを検出し、前記複数の Z 座標でのずれの偏りを演算して偏り補正量を求める演算部と

を含み、

前記位置調整部は、測定前に、前記演算部により求めた前記偏り補正量だけ、前記 X Y 座標移動部により前記測定光学系と前記被測定物とを相対移動させ、

前記演算部は、前記複数の Z 座標でのずれの偏りを平均化して前記偏り補正量を求めることを特徴とする測定装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の測定装置において、

10

前記測定光学系と前記被測定物とを前記第 1 の方向に相対移動させる Z 座標移動部を更に備え、

前記位置調整部は、測定中に、前記 Z 座標移動部が前記測定光学系と前記被測定物とを所定間隔で相対移動させる毎に、前記 X Y 座標ずれ検出部によりずれの偏りを検出し、前記 X Y 座標移動部により前記測定光学系と前記被測定物とを前記ずれの偏りだけ相対移動させること

を特徴とする測定装置。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の測定装置において、

前記被測定物の内側の像を前記検出部に形成する光学系を更に備え、

20

前記基準位置は、前記検出部と共役な位置であることを特徴とする測定装置。

【請求項 4】

中空筒状の被測定物の内側形状を測定する測定方法であって、

光源からの光を第 1 の方向に送光し、前記第 1 の方向と略直交する方向に前記光源からの光を偏向し、前記被測定物の内側に前記光源の光を照射し、前記被測定物の内側で反射する光の像を検出する測定光学系の測定結果に基づき、前記光の像の前記光線方向変換部で偏向された光の照射方向上にある基準位置からのずれを求めることにより前記被測定物の内側形状を測定する際に、前記被測定物の内側の複数の位置において、前記形状測定部で得られた前記ずれの偏りを検出して、前記ずれの偏りが小さくなる方向に前記測定光学系と前記被測定物とを前記第 1 の方向に直交する X Y 座標上で相対移動させて前記被測定物の内側形状を測定する場合に、

30

前記第 1 の方向を Z 軸として、所定の Z 座標で Z 軸に直交する X Y 座標における前記ずれの偏りを検出し、前記ずれの偏りが小さくなる方向に前記送光部と前記光線方向変換部と前記検出部からなる測定光学系と前記被測定物とを X Y 座標上で相対移動させて複数の Z 座標で X Y 座標のずれの偏りを検出し、前記複数の Z 座標でのずれの偏りを平均化して偏り補正量を求め、且つ、測定前に、求めた前記偏り補正量だけ前記測定光学系と前記被測定物とを相対移動させておく

ことを特徴とする測定方法。

【請求項 5】

中空筒状の被測定物の内側形状を測定する測定装置であって、

40

光源からの光を第 1 の方向に送光する送光部と、

前記第 1 の方向と略直交する方向に前記光源からの光を偏向し、前記被測定物の内側に前記光源の光を照射する光線方向変換部と、

前記光線方向変換部で偏向された光が前記被測定物の内側で反射した光を検出する検出部と、

前記検出部の検出結果に基づいて、前記光線方向変換部で偏向された光の照射方向上にある基準位置からのずれを求めることにより前記被測定物の内側形状を測定する形状測定部と、

前記被測定物の内側の複数の位置において、前記形状測定部で得られた前記ずれの偏りを小さくする位置調整部と

50

を備え、

前記位置調整部は、前記偏向された光の前記基準位置に対して広がる方向が対称的になるように、前記検出部と前記被測定物とを相対的に移動させることを特徴とする測定装置。

【請求項 6】

請求項 5 の測定装置において、

前記第 1 の方向を Z 軸とし、Z 軸と直交する X Y 座標とした場合において、前記基準位置に対して、前記偏向された光の広がる方向は、X Y 平面上であることを特徴とする測定装置。

【請求項 7】

請求項 6 の測定装置において、

前記基準位置は、前記被測定物の内側の像を前記検出部に形成する光学系を更に備え、且つ、前記基準位置は、前記検出部と共役な位置であることを特徴とする測定装置。

【請求項 8】

請求項 7 の測定装置において、

前記送光部は、

所定形状の開口を有し、前記基準位置と共役な関係となる第 1 の光制限部材と、前記第 1 の光制限部材から前記被測定物に照射される光束の一部を遮光する第 2 の光制限部材とを備えることを特徴とする測定装置。

【請求項 9】

中空筒状の被測定物の内側形状を測定する測定装置であって、

光源からの光を第 1 の方向に送光する送光部と、

前記第 1 の方向と略直交する方向に前記光源からの光を偏向し、前記被測定物の内側に前記光源の光を照射する光線方向変換部と、

前記光線方向変換部で偏向された光が前記被測定物の内側で反射した光を検出する検出部と、

前記検出部の検出結果に基づいて、前記光線方向変換部で偏向された光の照射方向上にある基準位置からのずれを求めることにより前記被測定物の内側形状を測定する形状測定部と、

前記被測定物の内側の複数の位置において、前記形状測定部で得られた前記ずれの偏りを小さくする位置調整部と

を備え、

前記送光部は、

所定形状の開口を有し、前記基準位置と共役な関係となる第 1 の光制限部材と、

前記第 1 の光制限部材から前記被測定物に照射される光束の一部を遮光する第 2 の光制限部材と

を備えることを特徴とする測定装置。

【請求項 10】

請求項 9 の測定装置において、

前記基準位置は、前記被測定物の内側の像を前記検出部に形成する光学系を更に備え、且つ、前記基準位置は、前記検出部と共役な位置であることを特徴とする測定装置。

【請求項 11】

請求項 8 から 10 のいずれか一項に記載の測定装置において、

前記第 1 の光制限部材および前記第 2 の光制限部材は、円形のスリットで構成したことを特徴とする測定装置。

【請求項 12】

請求項 11 の測定装置において、

前記光源からの光を、前記第 1 の光制限部材により輪帯状の光量分布となるように変換

10

20

30

40

50

し、前記第 1 の光制限部材により形成された輪帯状の光束の midpoint 位置に前記第 2 の光制限部材を配置すること

を特徴とする測定装置。

【請求項 13】

請求項 9 から 12 のいずれか一項に記載の測定装置において、

前記位置調整部は、前記偏向された光の前記基準位置に対して広がる方向が対称的になるように、前記検出部と前記被測定物とを相対的に移動させる

ことを特徴とする測定装置。

【請求項 14】

請求項 13 の測定装置において、

前記第 1 の方向を Z 軸とし、Z 軸と直交する X Y 座標とした場合において、

前記基準位置に対して、前記偏向された光の広がる方向は、X Y 平面上である

ことを特徴とする測定装置。

【請求項 15】

請求項 5 から 12 のいずれか一項に記載の測定装置において、

前記位置調整部は、

前記第 1 の方向を Z 軸とした場合の Z 座標を検出する Z 座標検出部と、

所定の Z 座標で Z 軸に直交する X Y 座標における前記ずれの偏りを検出する X Y 座標ずれ検出部と、

前記 X Y 座標ずれ検出部が検出した前記ずれの偏りが小さくなる方向に前記送光部と前記光線方向変換部と前記検出部からなる測定光学系と前記被測定物とを X Y 座標上で相対移動させる X Y 座標移動部と

で構成されることを特徴とする測定装置。

【請求項 16】

請求項 15 に記載の測定装置において、

前記位置調整部に、前記 X Y 座標ずれ検出部により複数の Z 座標で X Y 座標のずれの偏りを検出し、前記複数の Z 座標でのずれの偏りを演算して偏り補正量を求める演算部を更に設け、

前記位置調整部は、測定前に、前記演算部により求めた前記偏り補正量だけ、前記 X Y 座標移動部により前記測定光学系と前記被測定物とを相対移動させる

ことを特徴とする測定装置。

【請求項 17】

請求項 16 に記載の測定装置において、

前記演算部は、前記複数の Z 座標でのずれの偏りを平均化して前記偏り補正量を求めることを特徴とする測定装置。

【請求項 18】

請求項 16 に記載の測定装置において、

前記測定光学系と前記被測定物とを前記第 1 の方向に相対移動させる Z 座標移動部を更に設け、

前記位置調整部は、測定中に、前記 Z 座標移動部が前記測定光学系と前記被測定物とを所定間隔で相対移動させる毎に、前記 X Y 座標ずれ検出部によりずれの偏りを検出し、前記 X Y 座標移動部により前記測定光学系と前記被測定物とを前記ずれの偏りだけ相対移動させる

ことを特徴とする測定装置。

【請求項 19】

請求項 1 から 3 及び請求項 5 から 18 のいずれか一項に記載の測定装置において、

前記被測定物の表面形状は、半径が異なる凹凸のある内部形状を有する

ことを特徴とする測定装置。

【請求項 20】

中空筒状の被測定物の内側形状を測定する測定方法であって、

光源からの光を第 1 の方向に送光し、前記第 1 の方向と略直交する方向に前記光源からの光を偏向し、前記被測定物の内側に前記光源の光を照射し、前記被測定物の内側で反射する光の像を検出する測定光学系の測定結果に基づき、前記光の像の前記光線方向変換部で偏向された光の照射方向上にある基準位置からのずれを求めることにより前記被測定物の内側形状を測定する際に、前記被測定物の内側の複数の位置において、前記形状測定部で得られた前記ずれの偏りを検出して、前記ずれの偏りが小さくなる方向に前記測定光学系と前記被測定物とを前記第 1 の方向に直交する X Y 座標上で相対移動させて前記被測定物の内側形状を測定する場合に、

前記偏向された光の前記基準位置に対して広がる方向が対称的になるように、前記検出部と前記被測定物とを相対的に移動させる

10

ことを特徴とする測定方法。

【請求項 2 1】

中空筒状の被測定物の内側形状を測定する測定方法であって、

光源からの光を第 1 の方向に送光し、前記第 1 の方向と略直交する方向に前記光源からの光を偏向し、前記被測定物の内側に前記光源の光を照射し、前記被測定物の内側で反射する光の像を検出する測定光学系の測定結果に基づき、前記光の像の前記光線方向変換部で偏向された光の照射方向上にある基準位置からのずれを求めることにより前記被測定物の内側形状を測定する際に、前記被測定物の内側の複数の位置において、前記形状測定部で得られた前記ずれの偏りを検出して、前記ずれの偏りが小さくなる方向に前記測定光学系と前記被測定物とを前記第 1 の方向に直交する X Y 座標上で相対移動させて前記被測定物の内側形状を測定する場合に、

20

前記光源から前記第 1 の方向に送光される光は、所定形状の開口を有し、前記基準位置と共役な関係となる第 1 の光制限部材と、前記第 1 の光制限部材から前記被測定物に照射される光束の一部を遮光する第 2 の光制限部材とを介して送光される

ことを特徴とする測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、物体の中空形状を測定する測定装置およびその方法に関する。

【背景技術】

30

【0002】

従来、物体の中空形状を非接触で測定する方法として、距離センサ法や斜入射光学系法などが知られている。例えば、距離センサ法は、中空内側にレーザ光を投光して物体を回転させながら反射光の変位を測定し、物体の中空形状を測定する方法である（例えば、特許文献 1 参照）。

【特許文献 1】特開 2006 - 38820 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

従来技術による距離センサ法は、物体の中空形状を一度に得ることができず、物体や光源を回転させる必要があり、装置が複雑になるだけでなく、精度面での問題もあった。

40

【0004】

本発明の目的は、簡易な構成で複雑な演算を行うことなく、誤差の少ない高精度な中空形状の測定装置およびその方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明に係る測定装置は、中空筒状の被測定物の内側形状を測定する測定装置であって、光源からの光を第 1 の方向に送光する送光部と、前記第 1 の方向と略直交する方向に前記光源からの光を偏向し、前記被測定物の内側に前記光源の光を照射する光線方向変換部と、前記光線方向変換部で偏向された光が前記被測定物の内側で反射した光を検出する検

50

出部と、前記検出部の検出結果に基づいて、前記光線方向変換部で偏向された光の照射方向上にある基準位置からのずれを求めることにより前記被測定物の内側形状を測定する形状測定部と、前記被測定物の内側の複数の位置において、前記形状測定部で得られた前記ずれの偏りを小さくする位置調整部とを備え、前記位置調整部は、前記第1の方向をZ軸とした場合のZ座標を検出するZ座標検出部と、所定のZ座標でZ軸に直交するXY座標における前記ずれの偏りを検出するXY座標ずれ検出部と、前記XY座標ずれ検出部が検出した前記ずれの偏りが小さくなる方向に前記送光部と前記光線方向変換部と前記検出部からなる測定光学系と前記被測定物とをXY座標上で相対移動させるXY座標移動部と、前記XY座標ずれ検出部により複数のZ座標でXY座標のずれの偏りを検出し、前記複数のZ座標でのずれの偏りを演算して偏り補正量を求める演算部とを含み、前記位置調整部は、測定前に、前記演算部により求めた前記偏り補正量だけ、前記XY座標移動部により前記測定光学系と前記被測定物とを相対移動させ、前記演算部は、前記複数のZ座標でのずれの偏りを平均化して前記偏り補正量を求めることを特徴とする。

10

【0009】

また、前記測定光学系と前記被測定物とを前記第1の方向に相対移動させるZ座標移動部を更に備え、前記位置調整部は、測定中に、前記Z座標移動部が前記測定光学系と前記被測定物とを所定間隔で相対移動させる毎に、前記XY座標ずれ検出部によりずれの偏りを検出し、前記XY座標移動部により前記測定光学系と前記被測定物とを前記ずれの偏りだけ相対移動させることを特徴とする。

また、前記被測定物の内側の像を前記検出部に形成する光学系を更に備え、前記基準位置は、前記検出部と共役な位置であることを特徴とする。

20

【0010】

本発明に係る測定方法は、中空筒状の被測定物の内側形状を測定する測定方法であって、光源からの光を第1の方向に送光し、前記第1の方向と略直交する方向に前記光源からの光を偏向し、前記被測定物の内側に前記光源の光を照射し、前記被測定物の内側で反射する光の像を検出する測定光学系の測定結果に基づき、前記光の像の前記光線方向変換部で偏向された光の照射方向上にある基準位置からのずれを求めることにより前記被測定物の内側形状を測定する際に、前記被測定物の内側の複数の位置において、前記形状測定部で得られた前記ずれの偏りを検出して、前記ずれの偏りが小さくなる方向に前記測定光学系と前記被測定物とを前記第1の方向に直交するXY座標上で相対移動させて前記被測定物の内側形状を測定する場合に、前記第1の方向をZ軸として、所定のZ座標でZ軸に直交するXY座標における前記ずれの偏りを検出し、前記ずれの偏りが小さくなる方向に前記送光部と前記光線方向変換部と前記検出部からなる測定光学系と前記被測定物とをXY座標上で相対移動させて複数のZ座標でXY座標のずれの偏りを検出し、前記複数のZ座標でのずれの偏りを平均化して偏り補正量を求め、且つ、測定前に、求めた前記偏り補正量だけ前記測定光学系と前記被測定物とを相対移動させておくことを特徴とする測定方法。

30

。

本発明に係る測定装置は、中空筒状の被測定物の内側形状を測定する測定装置であって、光源からの光を第1の方向に送光する送光部と、前記第1の方向と略直交する方向に前記光源からの光を偏向し、前記被測定物の内側に前記光源の光を照射する光線方向変換部と、前記光線方向変換部で偏向された光が前記被測定物の内側で反射した光を検出する検出部と、前記検出部の検出結果に基づいて、前記光線方向変換部で偏向された光の照射方向上にある基準位置からのずれを求めることにより前記被測定物の内側形状を測定する形状測定部と、前記被測定物の内側の複数の位置において、前記形状測定部で得られた前記ずれの偏りを小さくする位置調整部とを備え、前記位置調整部は、前記偏向された光の前記基準位置に対して広がる方向が対称的になるように、前記検出部と前記被測定物とを相対的に移動させることを特徴とする。

40

本発明に係る測定装置は、中空筒状の被測定物の内側形状を測定する測定装置であって、光源からの光を第1の方向に送光する送光部と、前記第1の方向と略直交する方向に前記光源からの光を偏向し、前記被測定物の内側に前記光源の光を照射する光線方向変換部

50

と、前記光線方向変換部で偏向された光が前記被測定物の内側で反射した光を検出する検出部と、前記検出部の検出結果に基づいて、前記光線方向変換部で偏向された光の照射方向上にある基準位置からのずれを求めることにより前記被測定物の内側形状を測定する形状測定部と、前記被測定物の内側の複数の位置において、前記形状測定部で得られた前記ずれの偏りを小さくする位置調整部とを備え、前記送光部は、所定形状の開口を有し、前記基準位置と共役な関係となる第１の光制限部材と、前記第１の光制限部材から前記被測定物に照射される光束の一部を遮光する第２の光制限部材とを備えることを特徴とする。

本発明に係る測定方法は、中空筒状の被測定物の内側形状を測定する測定方法であって、光源からの光を第１の方向に送光し、前記第１の方向と略直交する方向に前記光源からの光を偏向し、前記被測定物の内側に前記光源の光を照射し、前記被測定物の内側で反射する光の像を検出する測定光学系の測定結果に基づき、前記光の像の前記光線方向変換部で偏向された光の照射方向上にある基準位置からのずれを求めることにより前記被測定物の内側形状を測定する際に、前記被測定物の内側の複数の位置において、前記形状測定部で得られた前記ずれの偏りを検出して、前記ずれの偏りが小さくなる方向に前記測定光学系と前記被測定物とを前記第１の方向に直交するＸＹ座標上で相対移動させて前記被測定物の内側形状を測定する場合に、前記偏向された光の前記基準位置に対して広がる方向が対称的になるように、前記検出部と前記被測定物とを相対的に移動させることを特徴とする。

本発明に係る測定方法は、中空筒状の被測定物の内側形状を測定する測定方法であって、光源からの光を第１の方向に送光し、前記第１の方向と略直交する方向に前記光源からの光を偏向し、前記被測定物の内側に前記光源の光を照射し、前記被測定物の内側で反射する光の像を検出する測定光学系の測定結果に基づき、前記光の像の前記光線方向変換部で偏向された光の照射方向上にある基準位置からのずれを求めることにより前記被測定物の内側形状を測定する際に、前記被測定物の内側の複数の位置において、前記形状測定部で得られた前記ずれの偏りを検出して、前記ずれの偏りが小さくなる方向に前記測定光学系と前記被測定物とを前記第１の方向に直交するＸＹ座標上で相対移動させて前記被測定物の内側形状を測定する場合に、前記光源から前記第１の方向に送光される光は、所定形状の開口を有し、前記基準位置と共役な関係となる第１の光制限部材と、前記第１の光制限部材から前記被測定物に照射される光束の一部を遮光する第２の光制限部材とを介して送光されることを特徴とする。

【発明の効果】

【００１１】

本発明によれば、簡易な構成で、複雑な演算を行うことなく、中空筒状の被測定物の内側形状を高精度で測定することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１２】

以下、図面を参照して本発明の各実施形態について詳しく説明する。

（第１の実施形態）

図１は第１の実施形態に係る中空形状測定装置１０１のブロック図である。中空形状測定装置１０１は、中空筒状の物体の内側の形状を所定の高さ毎に測定して断面形状を求め、求めた断面形状を高さ方向に合成することによって、物体の中空形状を立体的に構築する装置である。

【００１３】

中空形状測定装置１０１は、送光部１０２と、円形スリット１０３と、光制限スリット１０４と、照明レンズ１０５と、ハーフミラー１０６と、対物レンズ１０７と、円錐型ミラー１０８と、結像レンズ１１０と、撮像部１１１と、画像処理部１１２と、Ｚ軸駆動部本体１１３と、移動部１１４と、パソコン１１５と、Ｚ軸位置検出部１１９と、ＸＹ座標移動部１２０とで構成される。

【００１４】

移動部１１４は、ハーフミラー１０６に送光部１０２の光が入射する部分と、円錐型ミ

10

20

30

40

50

ラー 108 の円周方向にあって被測定物 109 内側に挿入される移動部 114 の先端部分 114a はガラスなどの透明な部材でできている。また、移動部 114 は、土台（不図示）に固定された Z 軸駆動部本体 113 によって、中心軸 C1 の方向に上下に駆動され、被測定物 109 の中空部分に移動部 114 の先端部分 114a が出入りして被測定物 109 の内側形状を測定する。尚、送光部 102、円形スリット 103、光制限スリット 104、照明レンズ 105、ハーフミラー 106、対物レンズ 107、円錐型ミラー 108、結像レンズ 110 および撮像部 111 は、移動部 114 により支持され一体となって測定光学系を構成し上下に移動する。また、Z 軸位置検出部 119 は、移動部 114 の Z 軸方向の位置を検出して、ケーブル 121 を介して画像処理部 112 に出力する。さらに、XY 座標移動部 120 は、被測定物 109 を載せる台座を構成し、ケーブル 122 を介して画像処理部 112 から指示された XY 座標上の位置に移動する。特に、XY 座標移動部 120 は X 方向位置検出センサ 120a と Y 方向位置検出センサ 120b とを有し、画像処理部 112 から指示された XY 座標に被測定物 109 を正確に移動することができる。

10

【0015】

送光部 102 から照射された光は、視野絞りに相当する円形スリット 103 のスリット 103a を通って光制限スリット 104 に入射される。光制限スリット 104 を光束が通る際に、光束の半分（光束の中心を示す一点鎖線 154 を中心とする例えば内側部分の光束 151）が遮蔽され、照明レンズ 105 側には出力されない。

【0016】

ここで、円形スリット 103 および光制限スリット 104 の形状について、図 2 を用いて詳しく説明する。図 2 (a) に示した円形スリット 103 は、送光部 102 から照射される光をリング状に透過するスリット 103a が設けられている。ここで、図 1 の光束の中心を示す一点鎖線 154 が円形スリット 103 の中央に位置するようにリング状のスリット 103a が配置されている。

20

【0017】

一方、図 2 (b) に示した光制限スリット 104 は、円形スリット 103 を透過した光束の半分を遮蔽して残りの半分を透過するリング状のスリット 104a が設けられている。光制限スリット 104 の特徴は、一点鎖線 C2 および C3 で示したように、リング状のスリット 104a の内径が光束の中心を示す一点鎖線 154 の位置に対応しているため、リング状のスリット 104a は光束の外側半分しか透過しない。尚、円形スリット 103 および光制限スリット 104 は、例えば、液晶板を用いてリング状に光を透過するように液晶を制御することで実現できる。或いは、ガラス板などに遮光部分を蒸着したり、透過部分をエッチングするなどの方法によっても構わない。また、遮蔽率により撮像部 111 の感度が変わる。

30

【0018】

光制限スリット 104 で光束の半分を遮蔽された光は、照明レンズ 105 を通ってハーフミラー 106 に入射される。ハーフミラー 106 は入射する光の方向を変換して、対物レンズ 107 側に反射する。ここで、ハーフミラー 106 が反射する光の方向を第 1 の方向と定義すると、ハーフミラー 106 で第 1 の方向に反射された光は、対物レンズ 107 を介して円錐型ミラー 108 に送光され、円錐型ミラー 108 で第 1 の方向に略直交する全周方向に被測定物 109 の内側に向けて水平に照射される。水平に照射された光は、被測定物 109 の内側で反射して再び円錐型ミラー 108 に再び入射され、対物レンズ 107 側に反射された後、ハーフミラー 106 および結像レンズ 110 を通って撮像部 111 の受光面に結像される。尚、撮像部 111 の受光面と、視野絞りを構成する円形スリット 103 と、被測定物 109 を設置する基準位置とは光学的に共役の位置にあり、これらの 3ヶ所で焦点が合う状態になっている。また、ハーフミラー 106 で反射したリング状の光束のリング中心と円錐型ミラー 108 の中心は一致している。

40

【0019】

ここで、円錐型ミラー 108 の形状について、図 3 を用いて説明する。図 3 (a) は円錐型ミラー 108 の斜視図、同図 (b) は上面図、同図 (c) は側面図をそれぞれ示して

50

いる。ハーフミラー 106 を介して第 1 の方向に反射された光束の中心を示す一点鎖線 154 は、円錐型ミラー 108 の外側に傾斜したミラー部分 108a で第 1 の方向と略直交する方向に反射され、被測定物 109 の内側に照射される。この様子を詳しく描いたのが図 1 (a) である。光制限スリット 104 で遮光されずに透過した光束は、例えば、光束の中心を示す一点鎖線 154 から光束の外側を示す点線 152 の間にあり、円錐型ミラー 108 のミラー部分 108a で反射される。さらに、光束の外側を示す点線 152 は被測定物 109 で反射し、実線 153 で示すように、再び円錐型ミラー 108 で対物レンズ 107 の方向に反射される。つまり、被測定物 109 の内側で反射して戻ってくる光束も半分が遮蔽されたままであり、光束の中心を示す一点鎖線 154 から光束の外側を示す実線 153 の間にある。

10

【0020】

この様子を図 4 を用いて説明する。図 4 は、図 1 の中空形状測定装置 101 の光学的な構成を描いた図で、図 1 と同符号のものは同じものを示している。送光部 102 は、光源 130 と、照明の NA を決める開口絞り 131 と、光源 130 の光を集光するレンズ 132 と、受光側の NA を決める結像絞り 133 とで構成される。尚、先に説明したように、撮像部 111 の受光面と、視野絞りを構成する円形スリット 103 と、基準位置における被測定物 109 のエリアとは光学的に共役の位置にあり、これらの 3ヶ所で焦点が合う状態になっていることがわかる。図 4 において、光制限スリット 104 で光束の半分が遮蔽されているので、被測定物 109 から戻ってくる光束も半分が遮蔽され、斜線で示した光束の半分 160 は撮像部 111 には入射されない。

20

【0021】

次に、撮像部 111 の受光面に結像される画像を構成する点の像について図 5 を用いて説明する。同図 (a) は、光制限スリット 104 が無い場合に、被測定物 109 の内側のある点を撮像部 111 で撮影した時の様子を示した図で、測定位置において穴径が異なる場合の光束の広がり、つまり撮像部 111 におけるピントのずれ (画像のボケ) の変化を描いてある。ここで、被測定物 109 の内径によってピントがずれるが、合焦位置の内径を基準穴径と定義し、中空形状測定装置 101 の光学系は、この基準穴径でピントがぴったり合うように予め校正されているものとする。

【0022】

同図 (a) の 451 および 451a から 451f は撮像部 111 で撮像される像を示しており、直線 401 で示した部分が基準穴径の場合を示し、直線 401 より紙面上側に向かって穴径が大きくなり、逆に紙面下側に向かって穴径が小さくなる。例えば、基準穴径を撮影した場合は、光束 451 のように画像のボケはないが、穴径が基準穴径より大きくなるに従って、光束 451a, 451b および 451c のように光束が広がっていく。同様に、穴径が基準穴径より小さくなるに従って、光束 451d, 451e および 451f のように光束が広がっていく。つまり、光束の広がり量から基準穴径からのずれの大きさを計測することができる。ところが、この時の光束の広がり方は、穴径が大きくなっても小さくなくても基準穴径の合焦位置を通る軸 C4 の両側に同じように光束が広がるので、このままでは穴径が大きくなったのか小さくなったのか判別できない。

30

【0023】

これに対して、本実施形態の場合は光制限スリット 104 によって被測定物 109 に照射する光束の半分以上を遮光しているので、穴径が異なる場合の光束の広がりの変化は図 5 (b) のようになる。同図において、基準穴径を撮影した場合は、光束 452 のように画像のボケはないが、穴径が基準穴径より大きくなるに従って、光束 452a, 452b および 452c のように光束が広がっていく。同様に、穴径が基準穴径より小さくなるに従って、光束 452d, 452e および 452f のように光束が広がっていく。ところが、図 5 (a) の場合とは異なり、光束 452a, 452b および 452c の光束の広がり方は軸 C4 の紙面右側方向だけであり、同様に、光束 452d, 452e および 452f の光束の広がり方は軸 C4 の紙面左側方向だけである。つまり、軸 C4 の紙面右側方向にずれているか左側方向にずれているかによって、被測定物 109 の穴径が基準穴径より大きく

40

50

なったのか小さくなったのかを判別することができる。画像処理部 112 は、この判別結果と光束の広がり量から基準穴径からのずれの大きさを計測し、被測定物 109 の内側形状が基準穴径に対してどれだけ大きいかわちはいは小さいかを求めることができる。

【0024】

図 5 では撮像部 111 の受光面に結像された光束の様子について説明したが、被測定物 109 の穴の形状によって、撮影画像がどのように変化するかについて図 6 を用いて説明する。同図は撮像部 111 の受光面 501 に結像された画像の全体の様子を示しており、同図 (a) は基準穴径を測定した時の画像で、基準穴径位置 C6 部分に結像される。同図 (b) は基準穴径より大きい穴を測定した時の画像で、基準穴径位置 C6 の外側にボケた画像が得られる。逆に、同図 (c) は基準穴径より小さい穴を測定した時の画像で、基準穴径位置 C6 の内側にボケた画像が得られる。尚、同図 (a) , (b) , (c) では分かり易いように基準穴径位置 C6 の両側に少し離して像を示す斜線部分を描いてあるが、実際には基準穴径位置 C6 部分に重なる。例えば、基準穴径位置 C6 より大きかったり小さかったりする四角い内側形状を有する被測定物 109 を測定した場合は、同図 (d) で示すような画像が得られる。

【0025】

このように、画像処理部 112 は、撮像部 111 の受光面に結像された画像データを受け取ると、光束が広がる方向から被測定物 109 の内側形状が基準穴径よりも大きいかわち小さいかを判別し、さらに広がった光束の中心またはピーク位置と基準穴径位置 C6 との距離から被測定物 109 の内側の径 (形状) を求めることができる。例えば、図 6 (b) の場合は広がった光束のピーク位置と基準穴径位置 C6 との距離 $\times 1$ を測定し、図 6 (c) の場合は距離 $\times 2$ を測定して、被測定物 109 の穴径を求める。また、全周範囲を細分化 (例えば $1^\circ \sim 2^\circ$ 毎) してそれぞれ径 (形状) を求めて合成することにより複雑な形状の測定が可能となる。尚、実際の測定においては、基準穴径と大きさが異なる穴径が分かっている校正用の工具を用いて、広がった光束のピーク位置と基準穴径位置 C6 との距離 \times と実際の穴径の差を予め測定しておき、距離 \times と実際の穴径の差の変換テーブルを準備しておくのが好ましい。

【0026】

次に、断面測定方法について説明する。図 7 (a) は受光面に結像している光リングを示している。まず、受光面の中心に仮中心を設定する。次に、その仮中心から、設定角度毎に放射方向の光強度を測定していく。光リングが結像している部分では光強度が強くなっている。このリング像の光量分布からリングの円周と定義する部分を算出する。

【0027】

定義の方法はいくつかあり、例えば以下の方法が利用できる。

- 1) 光量ピーク法: リングプロファイルのピーク位置周辺の光量分布の離散的なデータを近似式にフィッティングをおこない、そのピーク位置を算出する方法。
- 2) 光量重心法: リングプロファイルのピーク位置周辺の光量分布の重心位置を算出する方法。
- 3) しきい値法: リングプロファイルのピーク位置から例えば 30% 暗い位置に閾値を設定し、プロファイルと交わった位置の中間位置を算出する方法。

【0028】

例えば上記の光重心法でそれぞれの方向における円周位置を求めていく。図 7 (a) では 45 度毎に算出した場合を示しており、図 7 (b) に示す光リングの円周点がポイント 8 点求まる。その後、これらのポイントから最小自乗法などの数学的手法を用いて、光リングの大きさやリングの中心を求める。さらに、光リングの大きさから直接被測定物の内径を算出することもできる。また、前述のように、基準リング寸法からの差分を算出することもできる。

【0029】

ところが、図 8 (a) に示したように移動部 114 の中心軸 CA1 と、被測定物 109 の中心軸 CA2 とが XY 平面上でずれていた場合や、図 8 (b) , (c) に示したように

被測定物 109 の中心軸 CA3 が Z 軸方向に対して傾きを有する場合、或いは図 8 (c) に示したように被測定物 109 の内側の形状が Z 軸方向に対してジグザグ状に傾きを有する場合では、図 6 で説明したように基準穴径位置 C6 に対して光束の広がる方向が対称的にならない。この様子について図 9 を用いて説明する。

【0030】

図 9 は、基準穴径位置 C6 と同じ穴径の被測定物 109 を測定した時の光束の広がりを示したものであるが、移動部 114 の中心軸 CA1 と、被測定物 109 の中心軸 CA2 とが XY 平面上でずれているので、基準穴径位置 C6 の中心座標 $R \times y$ に対して被測定物 109 の内側形状の中心座標 $Pn \times y$ とが偏芯したように像が広がる。基準穴径位置 C6 の中心座標 $R \times y$ に対して被測定物 109 の内側形状の中心座標 $Pn \times y$ がずれていない場合は、図 6 (b), (c) で説明したように、被測定物 109 の内側形状の大きさに応じて円周上に均一に像が広がるが、基準穴径位置 C6 の中心座標 $R \times y$ に対して被測定物 109 の内側形状の中心座標 $Pn \times y$ がずれている場合は、図 9 の斜線で示した部分のように円周上に均一に像が広がらず、ずれの偏りが生じる。この場合、点 Q1 および点 Q2 においては、基準穴径位置 C6 と被測定物 109 との内径がぴったりと一致するので、形成される像の輝度 QB は高くなるが、断面 S1 - S2 で切り取った像の輝度 SB1 および SB2 のように広がって分布する。

【0031】

このように、移動部 114 の中心軸 CA1 と、被測定物 109 の中心軸 CA2 とが XY 平面上でずれている場合は、被測定物 109 の円周上の位置によって測定精度が異なってしまうので、正確な測定を行うことができない。尚、図 8 (b), (c) に示したように、被測定物 109 の中心軸 CA3, CA4 が移動部 114 の中心軸 CA1 に対して傾きを有する場合も同様である。

【0032】

そこで、本実施形態では、移動部 114 の中心と、被測定物 109 の中心との XY 平面上でのずれを補正するようになっている。次に、移動部 114 の中心と、被測定物 109 の中心との XY 平面上でのずれについて図 10 を用いて説明する。

【0033】

図 10 は、図 8 (b) で説明したように、被測定物 109 の中心軸 CA3 が移動部 114 の中心軸 CA1 (Z 軸方向とする) に対して傾いている場合の様子を示している。図 10 において、移動部 114 の中心軸 CA1 に対する被測定物 109 の中心軸 CA3 の位置ずれは Z 軸方向の位置に応じて変化する。例えば、位置 Z1 では被測定物 109 の内側形状 601 の Z 軸に直交する XY 平面上の中心座標は $P1 \times y$ であるが、位置 Z2 では被測定物 109 の内側形状 602 の中心座標は $P2 \times y$ となり、基準穴径位置 C6 の中心座標 $R \times y$ とのずれは位置 Z1 より大きくなる。同様に、位置 Z3 では被測定物 109 の内側形状 603 の中心座標は $P3 \times y$ となり、基準穴径位置 C6 の中心座標 $R \times y$ とのずれは位置 Z1 よりさらに大きくなる。

【0034】

次に、このような位置ずれを補正する場合の中空形状測定装置 101 の測定の流れについて、図 11 のフローチャートを用いて説明する。尚、分かり易いように、位置ずれ補正に係る処理を 300 番台のステップ番号で示し、位置ずれ補正以外の処理を 200 番台のステップ番号で示してある。

(ステップ S201) 先ず、被測定物 109 を移動部 114 の下にセットする。

(ステップ S202) 次に、移動部 114 の Z 軸方向の測定レンジ (移動範囲) や Z 軸方向の測定ピッチ (移動ピッチ) などの測定仕様をパソコン 115 から入力する。パソコン 115 で入力された測定仕様は、ケーブル 118 を介して画像処理部 112 に出力され、画像処理部 112 はケーブル 117 を介して Z 軸駆動部本体 113 に移動部 114 を送光部 102 等と共に測定開始位置に移動するよう指令する。

(ステップ S301) 位置ずれ大きさを仮測定する処理を行う。ここで、サブルーチン化された位置ずれ仮測定処理について、図 12 を用いて詳しく説明する。

【 0 0 3 5 】

図 1 2 は、位置ずれ仮測定処理のサブルーチンで、図 1 0 で示したように Z 軸方向の Z 座標毎に被測定物 1 0 9 の内側形状の中心座標を測定する処理である。

(ステップ S 3 1 1) 移動部 1 1 4 の現在位置で送光部 1 0 2 から光を照射し、撮像部 1 1 1 で画像を撮影する。

(ステップ S 3 1 2) 撮像部 1 1 1 で受光した画像をケーブル 1 1 6 を介して画像処理部 1 1 2 に出力する。

(ステップ S 3 1 3) 画像処理部 1 1 2 は、ケーブル 1 2 1 を介して接続されている Z 軸位置検出部 1 1 9 から移動部 1 1 4 の現在位置 (Z 座標) を読み取る。

(ステップ S 3 1 4) 画像処理部 1 1 2 は、撮影した画像から被測定物 1 0 9 の内側形状の中心座標を測定する。尚、中心座標は、先ず図 6 および図 7 で説明したように被測定物 1 0 9 の内側形状を求め、内側形状の各辺からの等距離の位置或いは重心位置を中心座標として求めることができる。

(ステップ S 3 1 5) 測定仕様に従って、測定が完了したか否かを判断する。例えば、移動部 1 1 4 が移動範囲の終了位置に達していない場合はステップ S 3 1 6 に進み、終了位置に達している場合はステップ S 3 1 7 に進む。

(ステップ S 3 1 6) 移動部 1 1 4 を設定された測定ピッチに従って、次の測定位置まで Z 軸方向に移動してステップ S 3 1 1 に戻り、当該位置での位置ずれ仮測定を継続して行う。

(ステップ S 3 1 7) 移動部 1 1 4 が設定された Z 軸方向の移動範囲の終了位置に達すると位置ずれ仮測定処理のサブルーチンを終了して、メインルーチンに戻る。

【 0 0 3 6 】

図 1 1 のステップ S 3 0 1 の位置ずれ仮測定処理が終了すると、ステップ S 3 0 2 の処理を行う。

(ステップ S 3 0 2) 画像処理部 1 1 2 は、ステップ S 3 0 1 の位置ずれ仮測定処理で測定した Z 座標毎の被測定物 1 0 9 の内側形状の中心座標から位置ずれ量を算出する。例えば、仮測定した Z 座標が Z_1, Z_2, \dots, Z_n の n 個であった場合、それぞれの被測定物 1 0 9 の内側形状の中心座標を $P_1 \times y, P_2 \times y, \dots, P_n \times y$ とする。この場合の n 個の中心座標の平均値を算出し、これを平均中心座標 $P_{ave} \times y$ とする。さらに、求めた平均中心座標 $P_{ave} \times y$ と基準穴径位置 C 6 の中心座標 $R \times y$ との差分 $\Delta x y$ を X Y 座標上の位置ずれ量として算出することができる。尚、ここでは説明が分かり易いように、単純に n 個の Z 座標毎の中心座標の平均値を求めたが、最小二乗法などの手法を用いても構わないし、Z 座標 (高さ位置) によって重み付けを行うようにしても構わない。例えば、精度良く測定したい高さ位置で重み付けを大きくすることで、当該部分の測定精度を向上することができる。

(ステップ S 3 0 3) 画像処理部 1 1 2 は、ステップ S 3 0 2 で求めた基準穴径位置 C 6 の中心座標 $R \times y$ との差分 $\Delta x y$ だけ X Y 座標上の位置ずれを調整する。例えば、差分 $\Delta x y$ ($\Delta x, \Delta y$) であった場合、画像処理部 1 1 2 は、X Y 座標移動部 1 2 0 に指令して、現在の X Y 座標位置に対して X 軸方向に Δx だけ、Y 軸方向に Δy だけ、それぞれ移動させる。

【 0 0 3 7 】

ここまでの処理で、ステップ S 3 0 2 で求めた平均中心座標 $P_{ave} \times y$ と基準穴径位置 C 6 の中心座標 $R \times y$ とが一致する位置に被測定物 1 0 9 が配置される。以降、位置ずれ調整された状態で、中空形状測定装置 1 0 1 の内側形状の測定を行う。

(ステップ S 2 0 3) 移動部 1 1 4 の現在位置で送光部 1 0 2 から光を照射し、撮像部 1 1 1 で画像を撮影する。

(ステップ S 2 0 4) 撮像部 1 1 1 で受光した画像をケーブル 1 1 6 を介して画像処理部 1 1 2 に出力する。

(ステップ S 2 0 5) 画像処理部 1 1 2 は、図 5 および図 6 で説明したように、被測定物 1 0 9 の内径 (形状) を求める。

(ステップS206)測定仕様に従って、測定が完了したか否かを判断する。例えば、Z軸方向の移動部114が移動範囲の終了位置に達していない場合はステップS207に進み、終了位置に達している場合はステップS208に進む。

(ステップS207)移動部114を設定された測定ピッチに従って、次の測定位置までZ軸方向に移動してステップS203に戻り、当該位置での測定を行う。

(ステップS208)移動部114が設定されたZ軸方向の移動範囲の終了位置に達して測定を終了した場合は、被測定物109の内側の高さ(測定光学系との相対位置)毎の形状を求め、これらの形状を合成して中空形状データを作成する。

【0038】

ここで、中空形状データの合成方法について、図13を用いて説明する。図13において、701から706は、Z軸方向(高さ方向)にそれぞれ高さ(n)から(n+5)まで所定ピッチ毎に変化した時の被測定物109の内側形状を示している。尚、図10では分かり易いように内側形状は円で示してあるが、被測定物109によっては半径が異なる凹凸のある内側形状の場合もある。各高さ毎に内側形状701から706を合成することによって、被測定物109の中空形状データを求めることができ、この中空形状データから立体的な中空形状109aを構築することができる。

10

【0039】

さて、図11のフローチャートに戻って説明を続ける。

(ステップS209)画像処理部112で作成された中空形状データは、ケーブル118を介してパソコン115に出力され、パソコン115の画面に表示される。

20

(ステップS210)必要に応じて、パソコン115では、キーボードやマウスを操作して、画面に表示されている被測定物109の任意の位置を指定して、画像処理部112から受け取った被測定物109の中空形状データから指定された各部の大きさや長さを表示する。

(ステップS211)全ての計測を終了する。

【0040】

このように、本実施形態に係る中空形状測定装置101は、所定ピッチで移動部114を上下させながら、被測定物109の所定の高さ毎に基準穴径とのずれから内側形状を求め、高さ毎の内側形状を合成することによって物体の中空形状を立体的に構築することができる。特に、被測定物109の内側がZ軸方向に対して傾斜している場合でも、傾斜の平均中心座標 $P_{ave} \times y$ と基準穴径位置C6の中心座標 $R \times y$ とが一致する位置に被測定物109が配置されるので、高い精度で被測定物109の中空形状を測定することができる。

30

【0041】

(第2の実施形態)

次に、第2の実施形態に係る中空形状測定装置101について説明する。本実施形態に係る中空形状測定装置101の構成は、図1に示した第1の実施形態に係る中空形状測定装置101と同じである。本実施形態と第1の実施形態との相違点は、被測定物109の内側形状の中心座標 $P_n \times y$ と基準穴径位置C6の中心座標 $R \times y$ との位置ずれの補正方法が異なることである。ここでは、第1の実施形態と異なる部分のみ説明する。

40

【0042】

図14のフローチャートは、本実施形態における中空形状測定装置101の測定の流れを示している。尚、第1の実施形態と同じ処理は同じステップ番号で示してある。また、本実施形態で異なる処理は400番台のステップ番号で示してある。ステップS201, ステップS202, ステップS301までの処理は、第1の実施形態の図11のフローチャートと同じである。つまり、被測定物109を移動部114の下にセットし、移動部114の測定レンジ(移動範囲)や測定ピッチ(移動ピッチ)などの測定仕様をパソコン115から入力する。さらに、位置ずれ大きさを仮測定する処理を行って、Z座標毎に被測定物109の内側形状の中心座標を測定する。

【0043】

50

(ステップS401) 画像処理部112は、ステップS301の位置ずれ仮測定処理で測定した被測定物109の内側形状の中心座標から位置ずれ量をZ座標を変数とする関数(位置ずれ関数 $f(z)$)を求める。例えば、任意のZ軸位置(高さ z)での基準穴径位置C6の中心座標 $R \times y$ との差分 $x y$ は、

差分 $x y = R \times y - f(z) \quad \dots (式1)$

の式によって求めることができる。尚、位置ずれ関数 $f(z)$ は一次関数であるとは限らない。なお、一次関数で求まらない場合は高次関数としてもよく、Z方向を分割して各分割エリア毎に一次関数としてもよい。

【0044】

(ステップS402) ステップS202で設定された測定仕様に従って、画像処理部112は、ケーブル117を介してZ軸駆動部本体113に移動部114を送光部102等と共に測定開始位置(初期位置)に移動するよう指令する。

【0045】

(ステップS403) 画像処理部112は、ケーブル121を介して接続されているZ軸位置検出部119から移動部114の現在位置(Z座標)を読み取る。読み取ったZ座標をステップS401で求めた位置ずれ関数 $f(z)$ に代入して、現在位置での位置ずれ量を算出する。つまり、(式1)によって差分 $x y(x, y)$ を求める。

【0046】

(ステップS404) 画像処理部112は、差分 $x y(x, y)$ であった場合、画像処理部112は、XY座標移動部120に指令して、現在のXY座標位置に対してX軸方向に x だけ、Y軸方向に y だけ、それぞれ移動させる。この結果、基準穴径位置C6の中心座標 $R \times y$ と高さ z での被測定物109の内側形状の中心座標とが一致する(位置ずれ調整)。尚、画像処理部112は、位置ずれ調整した差分 $x y(x, y)$ をZ座標(高さ)に対応させて記憶しておく。

【0047】

次のステップS203からステップS205までの処理は、第1の実施形態の図11のフローチャートと同じである。

【0048】

(ステップS405) 図11のステップS206と同様に、測定仕様に従って、測定が完了したか否かを判断する。移動部114が設定されたZ軸方向の移動範囲の終了位置に達していない場合はステップS406に進み、終了位置に達している場合はステップS407に進む。

【0049】

(ステップS406) 図11のステップS207と同様に、移動部114を設定された測定ピッチに従って、次の測定位置までZ軸方向に移動する。処理後は、ステップS403に戻り、当該位置での位置ずれ量の算出を行う。

【0050】

(ステップS407) 移動部114が設定されたZ軸方向の移動範囲の終了位置に達して測定を終了した場合は、被測定物109の内側の高さ(測定光学系との相対位置)毎の形状を求め、これらの形状を合成して中空形状データを作成する。

【0051】

ここで、本実施形態における中空形状データの合成方法について、図15を用いて説明する。図15(a)において、711から716は、Z軸方向(高さ方向)にそれぞれ高さ (n) から $(n+5)$ まで所定ピッチ毎に可変した時の被測定物109の内側形状を示している。尚、第1の実施形態の図13では被測定物109の内側形状は斜めに傾いたまま測定されていたが、本実施形態では高さ毎に基準穴径位置C6の中心座標 $R \times y$ とのずれを調整して測定するので、図15(a)に示したように、被測定物109の内側形状の傾きは補正されて、傾いていない状態の中空形状データが合成される。そこで、本実施形態ではずれ量を補正して合成する。画像処理部112は、ステップS404において位置ずれ調整した差分 $x y(x, y)$ をZ座標(高さ)に対応させて記憶しているので

10

20

30

40

50

、図15(a)の内側形状711から715のXY座標上の位置をZ座標毎に補正し、図15(b)に示すように、内側形状721から725のように、実際の被測定物109と同じになるように合成して表示する。尚、図15では、内側形状706の中心座標は基準穴径位置C6の中心座標 $R \times y$ と一致させて描いてある。

【0052】

次のステップS209からステップS211までの処理は、第1の実施形態の図11のフローチャートと同じで、ステップS407で合成された中空形状データが図15(b)のようにパソコン115の画面に表示される。

【0053】

このように、本実施形態に係る中空形状測定装置101は、所定ピッチで移動部114を上下させながら、被測定物109の所定の高さ毎に基準穴径とのずれから内側形状を求め、高さ毎の内側形状を合成することによって物体の中空形状を立体的に構築することができる。特に、被測定物109の内側がZ軸方向に対して傾斜している場合でも、高さ毎の測定時に被測定物109の中心座標 $Pn \times y$ と基準穴径位置C6の中心座標 $R \times y$ との位置ずれが一致するように被測定物109のXY座標上の位置を調整するので、高さに依らず常に高い精度で被測定物109の中空形状を測定することができる。

【0054】

(第3の実施形態)

次に、第3の実施形態に係る中空形状測定装置101について説明する。本実施形態に係る中空形状測定装置101の構成は、図1に示した第1の実施形態に係る中空形状測定装置101と同じである。本実施形態と第1の実施形態および第2の実施形態との相違点は、被測定物109の内側形状の中心座標 $Pn \times y$ と基準穴径位置C6の中心座標 $R \times y$ との位置ずれの補正方法が異なることである。ここでは、第1の実施形態および第2の実施形態と異なる部分のみ説明する。

【0055】

図16のフローチャートは、本実施形態における中空形状測定装置101の測定の流れを示している。尚、第1の実施形態と同じ処理は同じステップ番号で示してある。また、本実施形態で異なる処理は500番台のステップ番号で示してある。ステップS201、ステップS202までの処理は、第1の実施形態の図11のフローチャートと同じである。つまり、被測定物109を移動部114の下にセットし、移動部114の測定レンジ(移動範囲)や測定ピッチ(移動ピッチ)などの測定仕様をパソコン115から入力する。

【0056】

(ステップS501) 図14のステップS402と同様に、ステップS202で設定された測定仕様に従って、画像処理部112は、ケーブル117を介してZ軸駆動部本体113に移動部114を送光部102等と共に測定開始位置(初期位置)に移動するよう指令する。

【0057】

(ステップS502) 図12のステップS314と同様に、画像処理部112は、撮影した画像から被測定物109の内側形状の中心座標を測定する。

【0058】

(ステップS503) 図12のステップS302と同様に、画像処理部112は、ステップS502で求めた被測定物109の内側形状の中心座標から位置ずれ量を算出する。

【0059】

(ステップS504) 図12のステップS303と同様に、画像処理部112は、XY座標移動部120に指令して、ステップS502で求めた基準穴径位置C6の中心座標 $R \times y$ との差分 $\times y$ だけXY座標上の位置ずれを調整する。この時点で、ステップS502で求めた被測定物109の内側形状の中心座標と基準穴径位置C6の中心座標 $R \times y$ とが一致する位置に被測定物109が配置される。尚、画像処理部112は、位置ずれ調整した差分 $\times y$ (\times , y) を調整時のZ座標(高さ)に対応させて記憶しておく。

【0060】

次のステップS 2 0 3からステップS 2 0 5までの処理は、第1の実施形態の図11のフローチャートと同じである。

【0061】

(ステップS 5 0 5) 図11のステップS 2 0 6と同様に、測定仕様に従って、測定が完了したか否かを判断する。移動部114が設定されたZ軸方向の移動範囲の終了位置に達していない場合はステップS 5 0 6に進み、終了位置に達している場合はステップS 5 0 7に進む。

【0062】

(ステップS 5 0 6) 図11のステップS 2 0 7と同様に、移動部114を設定された測定ピッチに従って、次の測定位置までZ軸方向に移動する。処理後は、ステップS 5 0 2に戻り、当該位置での被測定物109の内側形状の中心座標を測定する。

【0063】

(ステップS 5 0 7) 移動部114が設定されたZ軸方向の移動範囲の終了位置に達して測定を終了した場合は、被測定物109の内側の高さ(測定光学系との相対位置)毎の形状を求め、これらの形状を合成して中空形状データを作成する。この時、図14のステップS 4 0 7と同様に、作成される中空形状データは、ステップS 5 0 4で高さ毎に被測定物109の内側形状の中心座標のずれは補正されているので、図15(a)に示すように、傾いていない状態の中空形状データが合成される。そこで、第2の実施形態と同様に、ずれ量を補正して合成する。画像処理部112は、ステップS 5 0 4で位置ずれ調整した差分 x, y (x, y) を調整時のZ座標(高さ)に対応させて記憶しているので、図15(a)の内側形状711から715のXY座標上の位置をZ座標毎に補正し、図15(b)に示すように、内側形状721から725のように、実際の被測定物109と同じになるように中空形状データを合成する。

【0064】

次のステップS 2 0 9からステップS 2 1 1までの処理は、第1の実施形態の図11のフローチャートと同じで、ステップS 5 0 7で合成された中空形状データが図15(b)のようにパソコン115の画面に表示される。

【0065】

尚、第3の実施形態では、ステップS 5 0 2で位置ずれ調整のための仮測定を行って中心座標を求めた後、位置ずれを調整してからステップS 2 0 3で被測定物109の内側形状を本測定するようにしたが、仮測定と本測定とを同時に行って、次の測定の位置ずれ調整量を予測するようにしても構わない。例えば、図10の位置Z1での測定時に、次に測定する位置Z2の中心座標を予測し、Z軸の移動と同時にXY座標の移動も行って、次の測定位置Z2で本測定を行う。予測方法は、例えば、最初の数点を測定して、その傾きから次の中心座標を予測することができる。予測処理を行うことで、仮測定が不要となり、移動部114をZ軸方向に移動すると同時にXY座標移動部120で位置ずれを調整するので、測定時間を短縮することができる。

【0066】

このように、本実施形態に係る中空形状測定装置101は、所定ピッチで移動部114を上下させながら、被測定物109の所定の高さ毎に基準穴径とのずれを補正して内側形状を求め、高さ毎の内側形状を合成することによって物体の中空形状を立体的に構築することができる。特に、被測定物109の内側がZ軸方向に対して傾斜している場合でも、高さ毎の測定時に被測定物109の中心座標 $P_n(x, y)$ と基準穴径位置C6の中心座標 $R(x, y)$ との位置ずれが一致するように被測定物109のXY座標上の位置を調整するので、高さに依らず常に高い精度で被測定物109の中空形状を測定することができる。

【0067】

尚、各実施形態では、画像処理を行う画像処理部112と、中空形状測定装置101全体の操作や測定結果の表示を行うパソコン115とを別々に設けたが、パソコン115に画像処理部112のハードウェアおよびソフトウェアを内蔵するようにしても構わない。或いは、逆に画像処理部112に操作部や表示部を設けて、中空形状測定装置101専用

10

20

30

40

50

の制御部としても構わない。

【 0 0 6 8 】

また、各実施形態では、X Y 座標移動部 1 2 0 で被測定物 1 0 9 を移動するようにしたが、移動部 1 1 4 側を移動するようにしても構わないし、被測定物 1 0 9 を X 座標方向または Y 座標方向に移動させ、移動部 1 1 4 を Y 座標方向または X 座標方向に移動させるようにしても構わない。つまり、被測定物 1 0 9 側と移動部 1 1 4 側とを X Y 座標上で相対移動させる機構であればよい。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 6 9 】

【図 1】第 1, 2, 3 の実施形態に係る中空形状測定装置 1 0 1 の構成図である。

10

【図 2】中空形状測定装置 1 0 1 の円形スリット 1 0 3 および光制限スリット 1 0 4 の構成図である。

【図 3】中空形状測定装置 1 0 1 の円錐型ミラー 1 0 8 の構成図である。

【図 4】中空形状測定装置 1 0 1 の光学系を示す補助図である。

【図 5】中空形状測定装置 1 0 1 の原理を説明するための補助図である。

【図 6】中空形状測定装置 1 0 1 の原理を説明するための補助図である。

【図 7】測定原理を説明するための補助図である。

【図 8】被測定物 1 0 9 と移動部 1 1 4 との位置関係を説明するための補助図である。

【図 9】位置ずれがある場合に形成される像の様子を示す説明図である。

【図 10】被測定物 1 0 9 の内側形状が傾いている場合の様子を示す説明図である。

20

【図 11】第 1 の実施形態に係る中空形状測定装置 1 0 1 の測定手順を示すフローチャートである。

【図 12】位置ずれ仮測定処理を示すフローチャートである。

【図 13】第 1 の実施形態に係る中空形状測定装置 1 0 1 で形成される中空形状データの合成を示す説明図である。

【図 14】第 2 の実施形態に係る中空形状測定装置 1 0 1 の測定手順を示すフローチャートである。

【図 15】第 2, 3 の実施形態に係る中空形状測定装置 1 0 1 で形成される中空形状データの合成を示す説明図である。

【図 16】第 3 の実施形態に係る中空形状測定装置 1 0 1 の測定手順を示すフローチャートである。

30

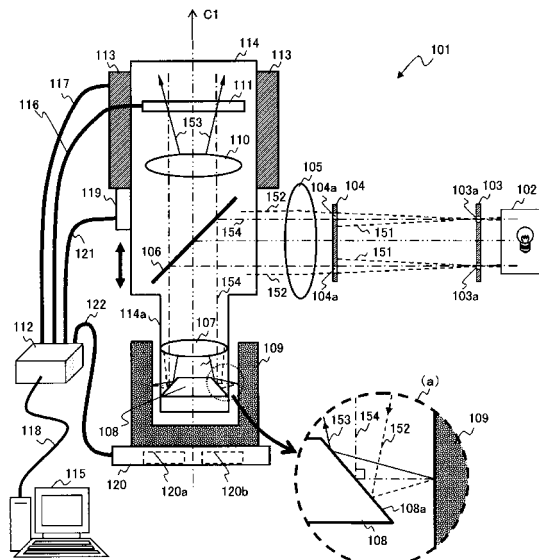
【符号の説明】

【 0 0 7 0 】

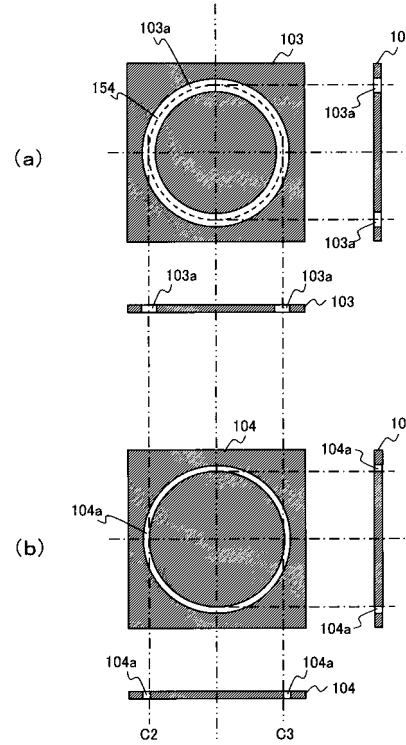
1 0 1 . . . 中空形状測定装置 ; 1 0 2 . . . 送光部 ; 1 0 3 . . . 円形スリット ; 1 0 4 . . . 光制限スリット ; 1 0 5 . . . 照明レンズ ; 1 0 6 . . . ハーフミラー ; 1 0 7 . . . 対物レンズ ; 1 0 8 . . . 円錐型ミラー ; 1 0 9 . . . 被測定物 ; 1 1 0 . . . 結像レンズ ; 1 1 1 . . . 撮像部 ; 1 1 2 . . . 画像処理部 ; 1 1 3 . . . Z 軸駆動部本体 ; 1 1 4 . . . 移動部 ; 1 1 5 . . . パソコン ; 1 1 9 . . . Z 軸位置検出部 ; 1 2 0 . . . X Y 座標移動部

40

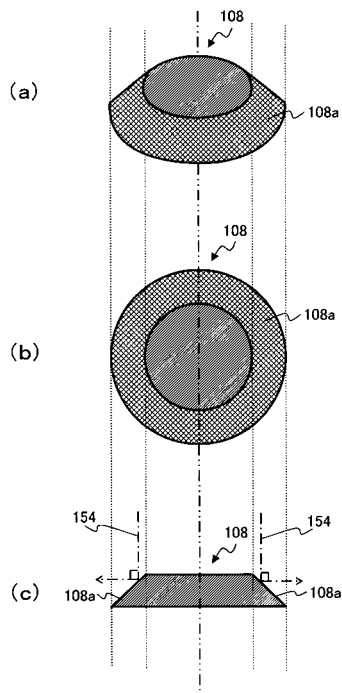
【図 1】



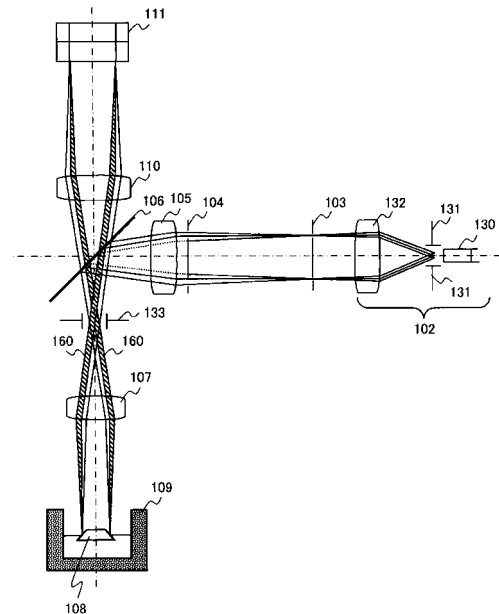
【図 2】



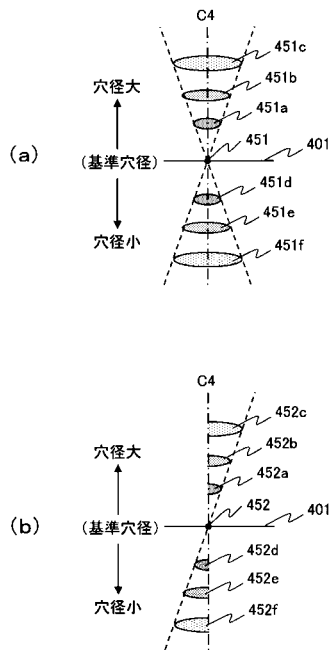
【図 3】



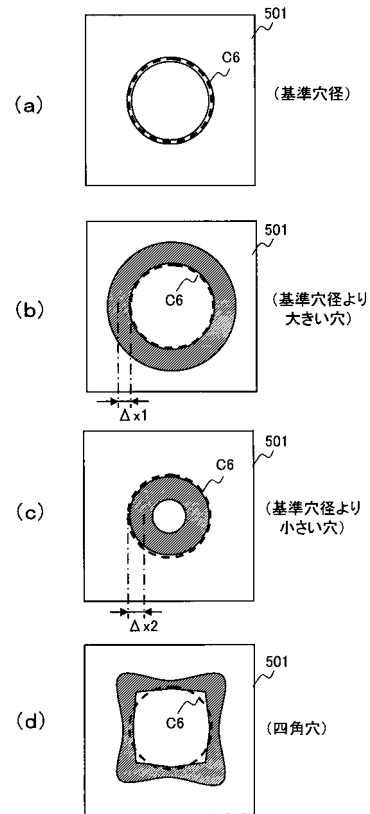
【図 4】



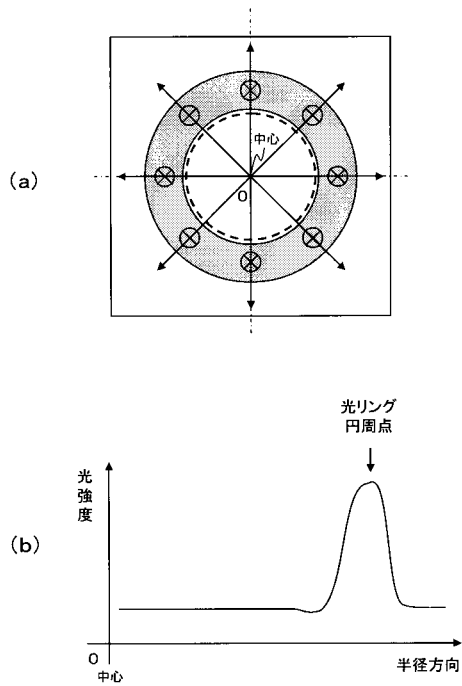
【図 5】



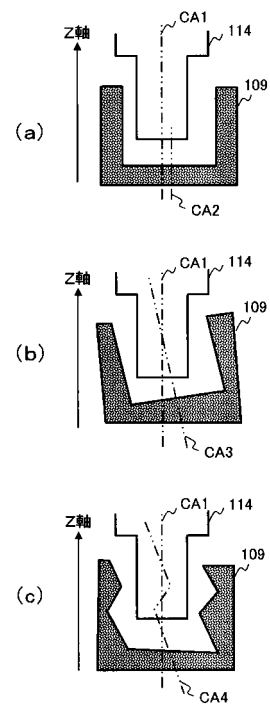
【図 6】



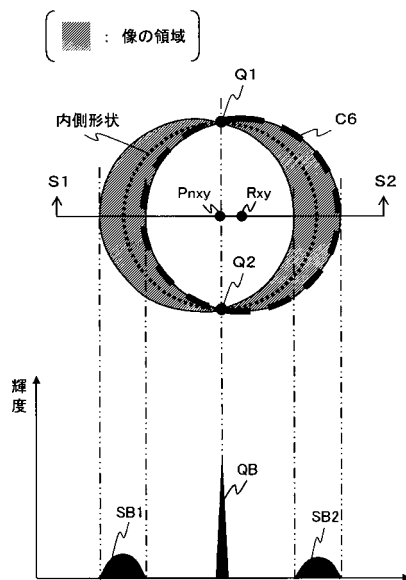
【図 7】



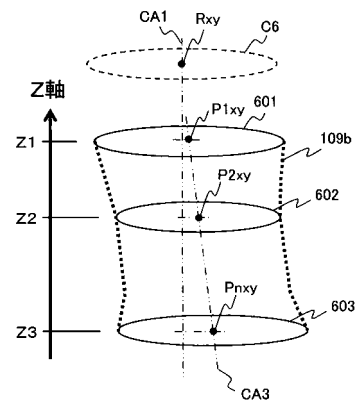
【図 8】



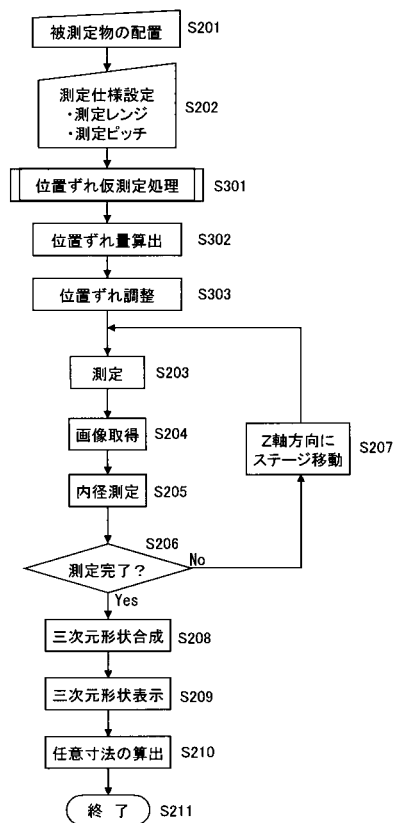
【図 9】



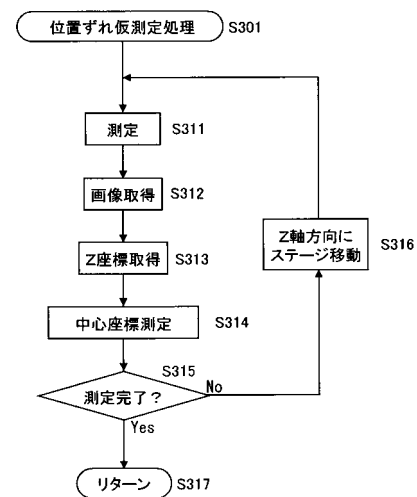
【図 10】



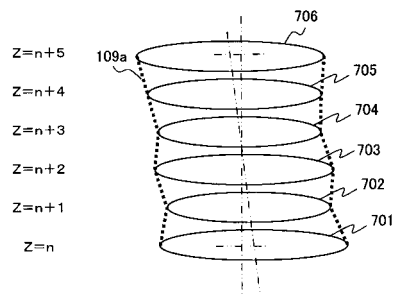
【図 11】



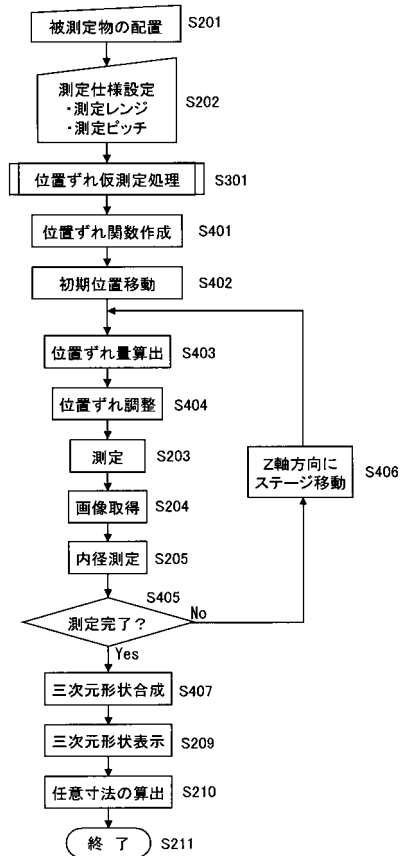
【図 12】



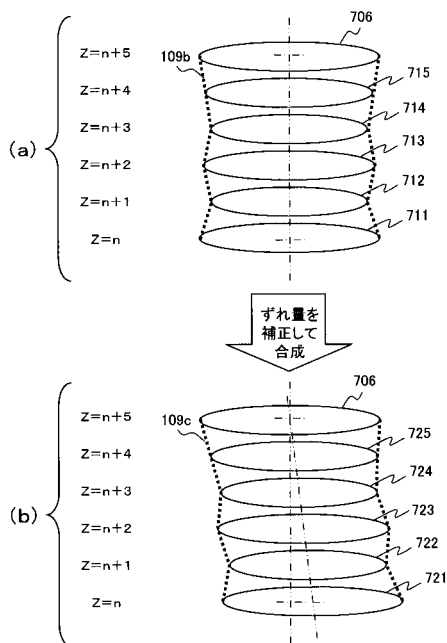
【図 13】



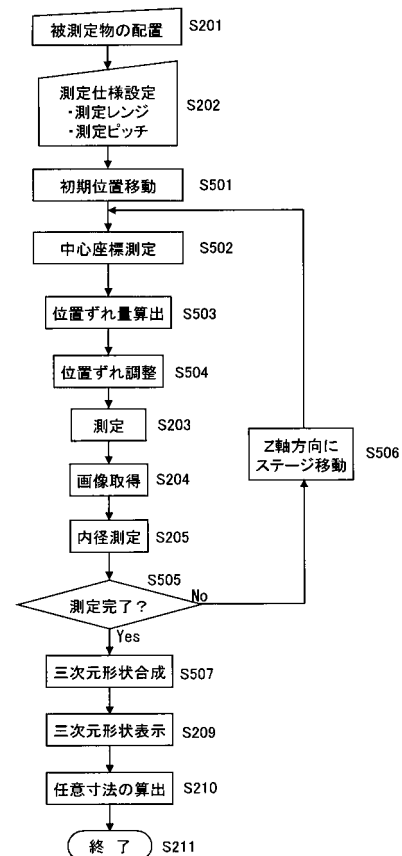
【図 14】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭61-030705(JP,A)
特開昭63-055441(JP,A)
特開昭63-058130(JP,A)
特開昭63-058135(JP,A)
特開昭63-243845(JP,A)
特開昭63-298104(JP,A)
特開昭64-015642(JP,A)
特開平02-193007(JP,A)
特開平04-065610(JP,A)
特開平05-180627(JP,A)
特開平05-346320(JP,A)
実開平06-037709(JP,U)
特開平07-043119(JP,A)
特開平07-260439(JP,A)
特開平08-189816(JP,A)
特開平08-233545(JP,A)
特開平09-236412(JP,A)
特開平10-078306(JP,A)
特開2000-258141(JP,A)
特開2001-264246(JP,A)
特開2003-139525(JP,A)
特開2005-121450(JP,A)
特開2006-038820(JP,A)
特開2006-064512(JP,A)
特開2007-057344(JP,A)
特開2007-071852(JP,A)
特開2007-183145(JP,A)
国際公開第2008/072369(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 9/00 - 10/00
G01B 11/00 - 11/30
G01B 21/00 - 21/32
G01C 3/00 - 3/32
G01N 21/00 - 21/01; 21/17 - 21/61
G01N 21/84 - 21/958