

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6234274号  
(P6234274)

(45) 発行日 平成29年11月22日 (2017.11.22)

(24) 登録日 平成29年11月2日 (2017.11.2)

(51) Int.Cl.	F I
<b>G O 1 B</b> 11/24 (2006.01)	G O 1 B 11/24 B
<b>G O 6 T</b> 1/00 (2006.01)	G O 6 T 1/00 4 O O C

請求項の数 14 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2014-39295 (P2014-39295)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成26年2月28日 (2014. 2. 28)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2015-163844 (P2015-163844A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成27年9月10日 (2015. 9. 10)	(74) 代理人	110000350
審査請求日	平成28年8月8日 (2016. 8. 8)		ポレール特許業務法人
		(72) 発明者	針山 達雄
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株
			式会社日立製作所内
		(72) 発明者	渡辺 正浩
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株
			式会社日立製作所内
		(72) 発明者	浦野 雄太
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株
			式会社日立製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内面形状計測方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

試料に形成された穴部の内面の形状を計測する装置であって、  
レーザを発射する光源部と、  
該光源部から発射されたレーザをリング状に広げて試料に形成された穴部の内面に照射する光照射部と、  
該光照射部により前記リング状に広げたレーザが照射された前記穴部の内面からの反射光を検出して前記穴部の内面の像を撮像する撮像部と、  
該撮像部で撮像して得た前記穴部の内面の画像を処理する画像処理部と、  
該画像処理部で処理した結果を表示する表示部と、  
前記光源部と前記光照射部と前記撮像部とを内部に収納する光学的に透明な透明管と、  
該透明管を載置して少なくとも一軸方向に移動可能なステージ部と  
を備えて、前記光源部は、前記レーザを発射するレーザ光源と、該レーザ光源から発射されたレーザを導光する光ファイバと、ボアスコープとを有し、前記ボアスコープを前記透明管の内部に収納し、前記レーザ光源と前記光ファイバとを前記透明管の外部に設置して構成され、前記透明管を透過して前記穴部の内面に照射するレーザ又は前記穴部の内面で反射されて前記透明管を透過した光の偏光の状態を制御する偏光状態制御特性を前記透明管に付与したことを特徴とする内面形状計測装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載の内面形状計測装置であって、前記穴部の内面に照射するレーザ又は前記

穴部の内面で反射された光の偏光の状態を制御する偏光状態制御特性を付与することを、前記透明管に偏光子の機能を有する膜を貼り付けることにより付与することを特徴とする内面形状計測装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の内面形状計測装置であって、前記光照射部は / 4 板を有し、前記光源部から発射されたレーザの偏光の状態を、前記 / 4 板を透過させることにより円偏光にし、該円偏光にしたレーザを前記リング状に広げて前記試料に形成された穴部の内面に照射することを特徴とする内面形状計測装置。

【請求項 4】

請求項 1 又は 2 に記載の内面形状計測装置であって、前記光照射部は前記光源部から発射されたレーザの偏光の状態をラジアル偏光にするラジアル偏光部を有し、前記光源部から発射されたレーザの偏光の状態を、前記ラジアル偏光部を透過させることによりラジアル偏光にし、該ラジアル偏光にしたレーザを前記リング状に広げて前記試料に形成された穴部の内面に照射することを特徴とする内面形状計測装置。

10

【請求項 5】

請求項 1 又は 2 に記載の内面形状計測装置であって、前記撮像部はカメラとラジアル偏光部を有し、前記試料に形成された穴部の内面で反射されて前記偏光状態制御特性を付与した前記透明管を透過した反射光のうち前記ラジアル偏光部を透過した反射光による像を前記カメラで撮像することを特徴とする内面形状計測装置。

【請求項 6】

20

請求項 1 に記載の内面形状計測装置であって、前記光源部は入力したレーザを円偏光にして出射する偏波コントローラを更に備え、前記光ファイバは、前記レーザ光源から発射されたレーザを前記偏波コントローラに導光する第 1 の光ファイバと、該偏波コントローラで円偏光にしたレーザを前記光照射部に導光する第 2 の光ファイバとを有することを特徴とする内面形状計測装置。

【請求項 7】

リング状に広げたレーザを透明管を介して試料に形成された穴部の内面に照射し、前記リング状に広げたレーザが照射された前記穴部の内面からの反射光による前記穴部の内面の像を前記透明管を介して撮像し、

該撮像して得た前記穴部の内面の画像に対して前記透明管の内面で反射した光により発生するゴースト成分を除去し、

30

該ゴースト成分を除去した画像を処理して前記穴部の内面を計測することを特徴とする内面形状計測方法。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の内面形状計測方法であって、前記透明管は該透明管を透過する光の偏光状態を制御する特性が部分的に付与されており、前記リング状に広げたレーザを前記透明管を介して前記穴部の内面に照射するときに、前記リング状に広げたレーザを前記透明管の前記偏光状態を制御する特性が付与された部分を透過させて前記穴部の内面に照射する、または、前記穴部の内面からの反射光による前記穴部の内面の像を前記透明管を介して撮像するときに、前記穴部の内面からの反射光を前記透明管の前記偏光状態を制御する特性が付与された部分を透過させて前記穴部の内面の像を撮像することを特徴とする内面形状計測方法。

40

【請求項 9】

請求項 7 又は 8 に記載の内面形状計測方法であって、前記透明管の内面で反射した光により発生するゴースト成分の発生位置を前記穴部の径の情報と前記透明管の直径の情報とを用いて幾何学的に算出して求め、該幾何学的に算出して求めたゴースト成分の発生位置の画像情報から前記透明管の内面で反射した光により発生するゴースト成分を求め、該求めたゴースト成分を差し引いた情報を前記穴部の内面の画像情報として処理することを特徴とする内面形状計測方法。

【請求項 10】

50

請求項 7 又は 8 又は 9 の何れかに記載の内面形状計測方法であって、前記リング状に広げたレーザを前記透明管を介して前記試料に形成された穴部の内面に照射することを、前記透明管の外部に設置したレーザ光源から発射したレーザを光ファイバで前記透明管の内部に設置したボアスコープに導光し、前記導光したレーザを前記ボアスコープでリング状に広げて前記試料に形成された穴部の内面に照射することを特徴とする内面形状計測方法。

【請求項 1 1】

試料に形成された穴部の内面の形状を計測する装置であって、  
レーザを発射する光源部と、  
該光源部から発射されたレーザをリング状に広げて試料に形成された穴部の内面に照射する光照射部と、  
該光照射部により前記リング状に広げたレーザが照射された前記穴部の内面からの反射光を検出して前記穴部の内面の像を撮像する撮像部と、  
該撮像部で撮像して得た前記穴部の内面の画像を処理する画像処理部と、  
該画像処理部で処理した結果を表示する表示部と、  
前記光源部と前記光照射部と前記撮像部とを内部に収納する光学的に透明な透明管と、  
該透明管を載置して少なくとも一軸方向に移動可能なステージ部と  
を備え、

前記画像処理部は、前記撮像部で撮像して得た前記穴部の内面の画像に対して前記透明管の内面で反射した光により発生するゴースト成分を除去するゴースト成分除去部と、前記ゴースト成分除去部でゴースト成分を除去した画像を処理して前記穴部の内面を計測する計測部とを備えることを特徴とする内面形状計測装置。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 に記載の内面形状計測装置であって、前記透明管は該透明管を透過する光の偏光状態を制御する特性が部分的に付与されており、前記光照射部により前記リング状に広げたレーザを前記透明管を介して前記穴部の内面に照射するときに、前記リング状に広げたレーザを前記透明管の前記偏光状態を制御する特性が付与された部分を透過させて前記穴部の内面に照射する、または、前記穴部の内面からの反射光による前記穴部の内面の像を前記透明管を介して前記撮像部で撮像するときに、前記穴部の内面からの反射光を前記透明管の前記偏光状態を制御する特性が付与された部分を透過させて前記穴部の内面の像を撮像することを特徴とする内面形状計測装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 1 又は 1 2 に記載の内面形状計測装置であって、前記画像処理部は、前記透明管の内面で反射した光により発生するゴースト成分の発生位置を前記穴部の径の情報と前記透明管の直径の情報とを用いて幾何学的に算出して求めるゴースト成分発生位置算出部と、前記ゴースト成分発生位置算出部で幾何学的に算出して求めたゴースト成分の発生位置の画像情報から前記透明管の内面で反射した光により発生するゴースト成分を求めるゴースト成分算出部と、前記ゴースト成分算出部で求めたゴースト成分を差し引いた情報を前記穴部の内面の画像情報として処理する処理部とを備えたことを特徴とする内面形状計測装置。

【請求項 1 4】

請求項 1 1 又は 1 2 又は 1 3 の何れかに記載の内面形状計測装置であって、前記光源部は、レーザを発射するレーザ光源と、該レーザ光源から発射されたレーザを導光する光ファイバと、ボアスコープとを有し、前記ボアスコープを前記透明管の内部に収納し、前記レーザ光源と前記光ファイバとを前記透明管の外部に設置したことを特徴とする内面形状計測装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、各種管や工業製品内面の形状を高速・非接触に測定するための内面形状計測

10

20

30

40

50

方法および内面形状計測装置に関する。

【背景技術】

【0002】

各種管や工業製品の内面の形状を高速・非接触に測定するための方法として、管の内部に挿入したコーンミラーに光を照射して管の内面の環状の領域に光を照射し、その反射光をカメラで撮像する方法がある。このような方式の内面形状計測装置として、特許文献1及び特許文献2に記載されているようなものが提案されている。

【0003】

特許文献1の内面形状計測装置は、光源の光をミラーで反射させ、レンズによって対象に集光して照射する光学系と撮像センサ型の撮像手段から構成されており、各構成要素がケーシング内に入っている。観察のためにケーシングには環状窓が設けられており、その窓から対象に照射された光を観察し、三角測量の原理で形状計測を行う。

10

【0004】

特許文献2の内面形状計測装置は、光源の光をコーンミラーにより放射状に照射する光学系と撮像装置から構成されており、各構成要素が筒状の透明管に入っている。対象に照射された放射状の光を透明管を通して撮像装置により観察し、三角測量の原理で形状計測を行う。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

20

【特許文献1】特開昭63-55441号公報

【特許文献2】特開2010-164334号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1に記載されている内面形状計測装置は、各構成要素がケーシング内に入り、観察のための環状窓から対象に照射された光を観察するが、対象が近傍にある場合、観察窓に反射する成分(ゴースト)が発生し、それを誤って形状として検出してしまうために正確な形状計測が困難となる可能性がある。

【0007】

30

また、特許文献2に記載されている内面形状計測装置は、各構成要素が筒状の透明管に入り、対象に照射された放射状の光を透明管を通して撮像装置により観察するが、特許文献1に記載されている発明と同様に、対象が近傍にある場合、透明管に反射するゴーストが発生し、それを誤って形状として検出してしまうために正確な形状計測が困難となる可能性がある。

【0008】

従来、透明管によるゴーストの発生を抑制する対策を施していない場合の内面形状計測装置における問題点を、図2A乃至図2Cを用いて説明する。

【0009】

図2Aに示した内面形状計測装置の構成において、光源としてレーザ2002を用い、コーンミラー2003により光をリング状に検査対象2100に照射する。撮像センサとしてカメラ2001を用いて対象に照射されるレーザを撮像し、光切断法により形状計測を行う。このときレーザが照射された対象2100から反射した光のうち、透明管2005の内部に入射してカメラ2001で直接観察される光2004以外に、透明管2005の内部に入射して入射側と反対側の透明管2005の内面2006で反射してカメラ2001で観察される成分(ゴースト2007)が生じる。

40

【0010】

図2Bにゴーストの観察例を示す。検査対象2100の形状として断面が長方形の空間2040が形成された物体とする。内面形状計測装置2000の透明管2005を観察対象2100の長方形の断面の穴2040の中央に挿入した場合、取得画像2015に示す

50

ようにゴースト2021は、穴2040の内面の像2020の上下に発生する。ゴースト2021が穴2040の内面の像2020の上下に発生する理由は、検査対象2100の穴2040の内面が内面形状計測装置2000に接近するほど、対象からの反射光の透明管2005への入射角度が大きくなり、透明管2005の内面2006での反射率が大きくなるためである。

【0011】

また、図2Cに示すように、内面形状計測装置2000の透明管2005を観察対象2100の長方形の断面の穴2040の右端近くに挿入した場合、取得画像2016に示すようにゴースト2022は穴2040の内面の像2020の上下および左部に発生する。このようにゴースト2022が発生した場合、正確な形状を計測することができなくなる。また対象形状によってはゴースト成分のほうが、形状よりも強度が強く発生する可能性もあるため、ピーク値だけの判断では誤ってゴースト成分を選択する可能性もある。

10

【0012】

本発明は、上記従来技術の問題点を鑑み、光源、光源から照射される光をリング状に対象に照射するコーンミラー、及び対象に照射された光を撮像する撮像センサの各構成要素を収納する筒状の透明管によるゴーストの発生を抑制することで、正確な形状計測を行うことができるようにするものである。

【0013】

試料に形成された穴部の内面の形状を計測する内面形状計測装置において、試料を撮像して得られる画像にゴーストの発生を抑制して、穴部の内面の形状を正確に計測できるようにする。

20

【0014】

また透明管によるゴーストが発生した状態で撮像センサによって撮像した場合であっても、画像処理により正確な形状計測を行うことができるようにするものである。

【課題を解決するための手段】

【0015】

上記課題を解決するために、本発明では、試料に形成された穴部の内面の形状を計測する内面形状計測装置を、レーザを発射する光源部と、この光源部から発射されたレーザをリング状に広げて試料に形成された穴部の内面に照射する光照射部と、この光照射部によりリング状に広げたレーザが照射された穴部の内面からの反射光を検出して穴部の内面の像を撮像する撮像部と、この撮像部で撮像して得た穴部の内面の画像を処理する画像処理部と、この画像処理部で処理した結果を表示する表示部と、光源と光照射部と撮像部とを内部に収納する光学的に透明な透明管と、この透明管を載置して少なくとも一軸方向に移動可能なステージ部とを備えて構成し、光源部は、レーザを発射するレーザ光源と、このレーザ光源から発射されたレーザを導光する光ファイバと、ポアスコープとを有し、ポアスコープを透明管の内部に収納し、レーザ光源と光ファイバとを透明管の外部に設置して構成され、透明管を透過して穴部の内面に照射するレーザ又は穴部の内面で反射されて透明管を透過した光の偏光の状態を制御する偏光状態制御特性を透明管に付与したことを特徴とする。

30

【0016】

また、上記課題を解決するために、本発明では、リング状に広げたレーザを透明管を介して試料に形成された穴部の内面に照射し、リング状に広げたレーザが照射された穴部の内面からの反射光による穴部の内面の像を透明管を介して撮像し、この撮像して得た試料に形成された穴部の内面の画像に対して透明管の内面で反射した光により発生するゴースト成分を除去し、該ゴースト成分を除去した画像を処理して穴部の内面を計測するようにした。

40

【0017】

更に、上記課題を解決するために、本発明では、試料に形成された穴部の内面の形状を計測する内面形状計測装置を、レーザを発射する光源部と、この光源部から発射されたレーザをリング状に広げて試料に形成された穴部の内面に照射する光照射部と、この光照射

50

部によりリング状に広げたレーザが照射された穴部の内面からの反射光を検出して穴部の内面の像を撮像する撮像部と、この撮像部で撮像して得た穴部の内面の画像を処理する画像処理部と、この画像処理部で処理した結果を表示する表示部と、光源と光照射部と撮像部とを内部に収納する光学的に透明な透明管と、この透明管を載置して少なくとも一軸方向に移動可能なステージ部とを備え、画像処理部は、撮像部で撮像して得た穴部の内面の画像に対して透明管の内面で反射した光により発生するゴースト成分を除去するゴースト成分除去部と、このゴースト成分除去部でゴースト成分を除去した画像を処理して穴部の内面を計測する計測部とを備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 1 8 】

10

本発明によれば、光源、コーンミラー、撮像センサから形成され、対象に照射された光を撮像センサにて観察のための透明管を備え、透明管に偏光子の機能を持たせる、あるいは偏光子の機能を有するフィルムを貼ることによって、透明管に対して反射率の小さいP偏光成分のみを透過させることでゴースト成分を抑制し、正確な形状を計測することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 9 】

【図 1】本発明の第1の実施例における内面形状計測装置の概略の構成を示すブロック図である。

【図 2 A】従来の内面形状計測装置の概略の構成を示すブロック図である。

20

【図 2 B】従来の内面形状計測装置における課題を説明する試料と透明管の斜視図及び取得される画像の例である。

【図 2 C】従来の内面形状計測装置における課題を説明する試料と透明管の斜視図及び取得される画像の例である。

【図 3 A】本発明の第1の実施例における内面形状計測装置の光源から照射される光及び試料で反射した光の偏光状態を説明する内面形状計測装置のブロック図である。

【図 3 B】偏光による反射率の違いをしめすグラフである。

【図 4】本発明の第2の実施例における内面形状計測装置の概略の構成を示すブロック図である。

【図 5 A】本発明の第3の実施例における内面形状計測装置の概略の構成を示すブロック図である。

30

【図 5 B】本発明の第3の実施例の変形例における内面形状計測装置の概略の構成を示すブロック図である。

【図 6 A】本発明の第4の実施例における内面形状計測装置の概略の構成を示すブロック図である。

【図 6 B】本発明の第4の実施例の変形例における内面形状計測装置の概略の構成を示すブロック図である。

【図 7 A】本発明の第5の実施例における内面形状計測装置の概略の構成を示すブロック図である。

【図 7 B】本発明の第5の実施例の変形例における内面形状計測装置の概略の構成を示すブロック図である。

40

【図 8 A】本発明の第6の実施例における内面形状計測装置の概略の構成を示すブロック図である。

【図 8 B】本発明の第6の実施例の変形例における内面形状計測装置の概略の構成を示すブロック図である。

【図 9 A】本発明の第7の実施例における内面形状計測装置の概略の構成を示すブロック図である。

【図 9 B】図 9 A に示した本発明の第7の実施例における内面形状計測装置の A - A 矢視図である。

【図 1 0 A】本発明の第8の実施例における内面形状計測装置の概略の構成を示すブロッ

50

ク図である。

【図１０Ｂ】本発明の第８の実施例における内面形状計測装置の画像処理のフロー図である。

【図１１Ａ】本発明の第８の実施例におけるゴースト発生の状態を示す内面形状計測装置のブロック図である。

【図１１Ｂ】本発明の第８の実施例における内面形状計測装置の透明管と試料との位置関係を示す斜視図である。

【図１１Ｃ】本発明の第８の実施例における内面形状計測装置で取得したゴーストを含む画像の例を示した図である。

【図１２Ａ】本発明の第８の実施例における内面形状計測装置で取得したゴーストを含む画像と試料の穴の内壁面の像との関係の例を示した図である。

10

【図１２Ｂ】本発明の第８の実施例における画像からゴーストを除去するための処理の手順を示したフロー図である。

【図１３Ａ】本発明の第９の実施例における内面形状計測装置で取得したゴーストを含む画像と試料の穴の内壁面の像及び画像信号との関係の例を示した図である。

【図１３Ｂ】本発明の第９の実施例における画像からゴーストを除去するための処理の手順を示したフロー図である。

【図１４】本発明の第９の実施例における内面形状計測装置の概略の構成と反射率のルックアップテーブルを示した図である。

【発明を実施するための形態】

20

【００２０】

本発明は、光源、光源から照射される光をリング状に対象に照射する光照射部、及びリング状の光が照射された穴部の内面を撮像する撮像センサの各構成要素を収納する筒状の透明管を備えて試料に掲載された穴部の内面形状を計測する装置において、筒状の透明管の内壁面で発生する反射光により画像にゴーストが発生するのを抑制する対策を施して、環状の光が照射された試料の内面で反射した光を高感度に検出し、試料の内面の正確な形状計測を行うことができるようにしたものである。

以下に、本発明の実施例を図を用いて説明する。

【実施例１】

【００２１】

30

本発明の第１の実施例における内面形状計測方法について図１、図３を用いて説明する。

【００２２】

図１は、本実施例における内面形状計測装置１００の概略の構成を示す図である。内面形状計測装置１００は、カメラ１０１、レンズ１０１１、レーザ光源１０２、コーンミラー１０３、透明管１０５、透明管１０５の一部に貼り付けられた偏光子の機能を有するフィルム１０４、表示画面１０６、制御・データ処理部１０７、ステージ１１０を備えて構成される。カメラ１０１とレーザ光源１０２とコーンミラー１０３は、透明管１０５の内部に設置されている。この構成において、レーザ光源１０２から発射されるレーザ１０２１の光軸とコーンミラー１０３の中心軸、及びレンズ１０１１の中心軸とカメラ１０１の撮像範囲の中心とは一致するようにそれぞれの位置が調整されている。透明管１０５の材質としてはガラス、樹脂などを用いる。ステージ１１０は、１軸方向又は平面内で２軸方向に移動可能に構成されている。

40

【００２３】

このカメラ１０１とレーザ光源１０２とコーンミラー１０３を内部に装備した透明管１０５を試料１０の穴の内部に挿入した状態で、レーザ光源１０２からレーザ１０２１を発射すると、レーザ１０２１は、コーンミラー１０３に当たって反射して周辺にリング状に広がる。このリング状に広がった光は透明管１０５を透過して、試料１０の穴の内壁面１１に照射される。この試料１０の穴の内壁面１１のリング状の光が照射された領域１２から反射された光のうち、透明管１０５を透過して透明管１０５の内部に入った光の一部は

50

、レンズ１０１１に入射してカメラ１０１で撮像される。カメラ１０１で取得された画像は制御・データ処理部１０７に転送される。この試料１０の穴の内壁面１１のリング状の光を照射してカメラ１０１で撮像することをステージ１１０を所定のピッチずつ移動させながら繰り返すことにより、又はステージ１１０を連続的に移動させながらカメラ１０１で取得した画像を一定の時間間隔で処理することにより、試料１０の穴の内壁面１１の所定のピッチ離れた部分の複数の画像を取得し、光切断法により形状計測を行う。この光切断法により形状計測を行った結果を画面１０６に表示する。図１の例では、画面１０６に光切断波形図１０６１が表示されている状態を示している。

#### 【００２４】

ここで透明管１０５に対してＰ偏光成分のみを通過させる偏光子の機能を有するフィルム１０４を透明管１０５の外周面又は内周面に貼ることによって、あるいは透明管１０５にＰ偏光成分のみを通過させる偏光子の機能を持たせることにより、Ｐ偏光成分のみを通過させるところに特徴を有する。以下の説明においては、Ｐ偏光成分のみを通過させる偏光子の機能を有するフィルム１０４を透明管１０５の外周面又は内周面に貼った場合について説明する。

#### 【００２５】

図３Ａ及び図３Ｂを用いてＰ偏光成分のみを通過させる偏光子の機能を有するフィルム１０４を透明管１０５の外周面又は内周面に貼ることによって偏光子の機能を持たせることによるゴースト抑制効果について説明する。

#### 【００２６】

図３Ａに透明管１０５に対する光の偏光状態を示す。レーザ光源１０２から発射したレーザ１０２１はコーンミラー１０３に当たってリング状に広がる。この状態では、透明管１０５に対して偏光方向は決まっておらず、Ｓ、Ｐ両偏光成分が含まれている。透明管１０５を透過したレーザは計測対象である試料１０の穴の内壁面１１に照射される。この試料に照射されて試料１０の穴の内壁面１１のリング状の光が照射された領域１２で散乱された光の一部は、再び透明管１０５を透過して透明管１０５の内部に入射して、その一部はレンズ１０１１に入射して集光され、カメラ１０１で撮像される。また、残りの一部の光は透明管１０５の内壁面で反射してレンズ１０１１に入射して集光され、カメラ１０１で撮像される。このとき透明管１０５にＰ偏光成分のみを通過させる偏光子の機能を有するフィルム１０４を透明管１０５の外周面又は内周面に貼っておくことによって、透明管１０５の内部でカメラ１０１にはＰ偏光成分の反射光のみが入射することになる。

#### 【００２７】

図３Ｂに光の物体への入射角度と反射率の関係をグラフ化したものを示す。Ｓ、Ｐ偏光それぞれ分けてグラフ化している。横軸は物体への入射角度を示し、縦軸は反射率を示す。グラフからわかるようにＳ偏光成分は入射角度が大きくなるにつれて反射率も大きくなるが、Ｐ偏光成分は入射角度が大きくなると一旦反射率は減少した後に大きくなる。よってＳ偏光に比べてＰ偏光のほうが反射率を低減することが可能である。よって図３Ａに示したように透明管１０５にＰ偏光成分のみを通過させる偏光子の機能を有するフィルム１０４を貼り付け、試料１０の穴の内壁面１１のリング状の光が照射された領域１２からの反射光のうち透明管１０５に入射して透明管１０５入射側と反対側の内壁面で反射してカメラ１０１に入射する光の入射側と反対側の内壁面への入射角が例えば６０度以下となるような位置にカメラ１０１を配置することによって、カメラ１０１に入射する光の透明管１０５の内壁面での反射率を低減し、カメラ１０１で撮像する画像におけるゴーストの発生を抑制することが可能となる。

#### 【００２８】

このように、カメラ１０１とレーザ光源１０２とコーンミラー１０３を内部に装備した状態で、Ｐ偏光成分のみを通過させる偏光子の機能を有するフィルム１０４を貼り付けた透明管１０５を、ステージ１１０で矢印の方向に試料１０の穴に沿って移動させる。このとき、レーザ光源１０２から発射されたレーザ１０２１がコーンミラー１０３に当たって反射して周辺にリング状に広がり、透明管１０５を透過して、試料１０の穴の内壁面１１

10

20

30

40

50



に照射される。この試料 10 の穴の内壁面 11 のリング状の光が照射された領域 12 から反射された光のうち、透明管 105 の P 偏光成分のみを通過させる偏光子の機能を有するフィルム 104 を貼り付けた管壁を透過して透明管 105 の内部に入った光の一部は、レンズ 1011 に入射してカメラ 101 で撮像される。カメラ 101 で取得された画像は制御・データ処理部 107 に転送され、ステージ 110 の矢印方向の移動と同期して処理されて、光切断法により形状計測が行われる。この光切断法による形状計測の結果 1061 は、画面 106 に表示される。

#### 【0029】

本実施例によれば、カメラ 101 で取得された画像には、透明管 105 の内壁面で反射された光成分がほとんど、又は全く含まれないために、試料 10 の穴の内壁面 11 からの反射光を高感度に検出することができ、試料 10 の穴の内壁面 11 の正確な形状計測を行うことができるようになった。

#### 【実施例 2】

#### 【0030】

本発明の第 2 の実施例について図 4 を用いて説明する。

図 4 は、本実施例における内面形状計測装置 200 の概略の構成を示す図である。実施例 1 において、図 1 で説明した内面形状計測装置 100 と共通する部品には、同じ番号を付した。また、図 1 に示したステージ 110、表示画面 106、及び制御・データ処理部 107 は、表示を省略している。図 4 に示した内面形状計測装置 200 の構成において、光源 102、コーンミラー 103、カメラ 101、レンズ 1011、透明管 105、および偏光子 104、及び P 偏光成分のみを通過させる偏光子の機能を有するフィルム 104 は図 3 と同様の構成である。

#### 【0031】

本実施例における内面形状計測装置 200 における透明管 105 に対する光の偏光状態について、実施例 1 で説明した図 3 A における状態との相違点を説明する。図 3 A の状態では、レーザ光源 102 から出射しコーンミラー 103 で反射してリング状に反射したレーザは、透明管 105 に対して偏光方向が決まっていなかった。そのため、試料 11 の穴の内壁面 11 にリング状に照射された光のある領域では P 偏光成分をまったく含んでいない可能性がある。この場合、試料 10 の穴の内壁面 11 のリング状の光が照射された領域 12 から照射されて透明管 105 に入射した光にも P 偏光成分が含まれていないため、透明管 105 に貼り付けた P 偏光成分のみを通過させる偏光子の機能を有するフィルム 104 によってカットされてしまい、カメラ 101 にまったく光が入らない可能性がある。この場合、その領域の形状計測することはできない。

#### 【0032】

そこで、本実施例においては、図 4 に示すようにレーザ光源 102 からレーザ 1021 の出射直後に、レーザ 1021 の光軸上に  $\lambda/4$  板 401 を挿入し、 $\lambda/4$  板 401 を透過したレーザ 1022 の偏光状態が円偏光となるようにした。このように円偏光にしたレーザ 1022 をコーンミラー 103 でリング状に反射させることで、試料 11 の穴の内壁面 11 にリング状に照射された光はどの位置でも P 偏光成分を含むことが可能となる。これにより、試料 10 の穴の内壁面 11 のリング状の光が照射された領域 12 で反射して透明管 105 に入射した光にも P 偏光成分が含まれることになり、カメラ 101 には試料 10 の穴の内壁面 11 のリング状の光が照射された領域 12 のどの部分からの反射光でも均一に P 偏光成分を入射させることが可能となる。

#### 【0033】

本実施例によれば、カメラ 101 で取得された画像には、透明管 105 の内壁面で反射された光成分がほとんど、又は全く含まれないようにすることができると共に、試料 10 の穴の内壁面 11 の全ての部分からの反射光を検出することができるようになったために、試料 10 の穴の内壁面 11 からの反射光を高感度に検出することができ、試料 10 の穴の内壁面 11 の正確な形状計測を行うことができるようになった。

#### 【実施例 3】

## 【 0 0 3 4 】

本発明の第 3 の実施例について、図 5 A を用いて説明する。

図 5 A は、本実施例の内面形状計測装置 3 0 0 の概略の構成を示す図である。図 1 で説明した実施例 1 における内面形状計測装置 1 0 0 と共通する部品には、同じ番号を付した。また、図 1 に示したステージ 1 1 0、表示画面 1 0 6、及び制御・データ処理部 1 0 7 は、表示を省略している。図 5 A において、光源 1 0 2、コーンミラー 1 0 3、カメラ 1 0 1 は、実施例 1 で説明した図 1 に示したのと同様の構成である。

## 【 0 0 3 5 】

実施例 1 で図 3 A を用いて説明した光の偏光の状態との相違点を説明する。図 3 A で説明した偏光の状態では、レーザ光源 1 0 2 から出射しコーンミラー 1 0 3 で反射してリング状に反射したレーザを測定対象である試料 1 0 の穴の内壁面 1 1 に照射し、この内壁面 1 1 のリング状の光が照射された領域 1 2 で反射してカメラ 1 0 1 に入射する光に対して透明管 1 0 5 に貼り付けた P 偏光成分のみを通過させる偏光子の機能を有するフィルム 1 0 4 によって P 偏光成分のみを透過させ、ゴースト成分がカメラ 1 0 1 に入射するのを抑制していた。

10

## 【 0 0 3 6 】

一方、図 5 A に示した本実施例における内面形状計測装置 3 0 0 では、レーザ光源 1 0 1 から出射してコーンミラー 1 0 3 でリング状に反射した光が透明管 1 0 5 を透過する部分に偏光子の機能を有するフィルム 5 0 1 を貼ることによって、又は透明管 1 0 5 に偏光子の機能を持たせることによって、透明管 1 0 5 に対して P 偏光成分のみを通過させる構成とした。図 5 A に示した構成によれば、P 偏光成分から成るリング状の光が測定対象である試料 1 0 の穴の内壁面 1 1 に照射される。この内壁面 1 1 のリング状の光が照射された領域 1 2 で反射した光の成分は多少偏光が乱される可能性はあるが、P 偏光成分を多く含むため、カメラ 1 0 1 に入射する手前で生じる透明管 1 0 5 の内壁面での反射を低減でき、ゴースト成分を抑制することができる。

20

## 【 0 0 3 7 】

しかしながら、図 5 A に示した内面形状計測装置 3 0 0 では、レーザ光源 1 0 1 から出射しコーンミラー 1 0 3 でリング状に反射して試料 1 0 の穴の内壁面 1 1 に照射した光は、透明管 1 0 5 に対して偏光方向が決まっていない。そのため、試料 1 0 の穴の内壁面 1 1 にリング状に照射された光のある領域では P 偏光成分をまったく含んでいない可能性がある。この場合、その領域の形状計測することはできない。

30

## 【 0 0 3 8 】

そこで、実施例 3 の変形例として、図 5 B に示すように、内面形状計測装置 3 5 0 において、レーザ光源 1 0 2 からレーザ 1 0 2 1 の出射直後に、レーザ 1 0 2 1 の光軸上に / 4 板 4 0 1 を挿入し、 / 4 板 4 0 1 を透過したレーザ 1 0 2 2 の偏光状態が円偏光となるようにした。このように円偏光にしたレーザ 1 0 2 2 をコーンミラー 1 0 3 でリング状に反射させることで、試料 1 1 の穴の内壁面 1 1 にリング状に照射された光はどの位置でも P 偏光成分を含むことが可能となる。これにより、試料 1 0 の穴の内壁面 1 1 のリング状の光が照射された領域 1 2 で反射して透明管 1 0 5 に入射した光にも P 偏光成分が含まれることになり、カメラ 1 0 1 には試料 1 0 の穴の内壁面 1 1 のリング状の光が照射された領域 1 2 のどの部分からの反射光でも均一に P 偏光成分を入射させることが可能となる。

40

## 【 0 0 3 9 】

本実施例によれば、カメラ 1 0 1 で取得された画像には、透明管 1 0 5 の内壁面で反射された光成分がほとんど、又は全く含まれないようにできると共に、試料 1 0 の穴の内壁面 1 1 の全ての部分からの反射光を検出することができるようになったために、試料 1 0 の穴の内壁面 1 1 からの反射光を高感度に検出することができ、試料 1 0 の穴の内壁面 1 1 の正確な形状計測を行うことができるようになった。

## 【 実施例 4 】

## 【 0 0 4 0 】

50

本発明の第４の実施例について図６Ａを用いて説明する。

図６Ａは、本実施例の内面形状計測装置４００の概略の構成を示す図である。図１で説明した実施例１における内面形状計測装置１００と共通する部品には、同じ番号を付した。また、図１に示したステージ１１０、表示画面１０６、及び制御・データ処理部１０７は、表示を省略している。図５Ａにおいて、光源１０２、コーンミラー１０３、カメラ１０１は、実施例１で説明した図１に示したのと同様の構成である。

#### 【００４１】

実施例１で図３Ａを用いて説明した光の偏光の状態との相違点を説明する。図３Ａで説明した実施例１における構成では、測定対象である試料１０で反射して、透明管１０５の内部のカメラ１０１に入射する光に対して、透明管１０５に貼り付けたＰ偏光成分のみを通過させる偏光子の機能を有するフィルム１０４を用いてＰ偏光成分のみを透過させ、ゴースト成分がカメラ１０１に入射するのを抑制していた。

#### 【００４２】

これに対して、図６Ａに示した本実施例における内面形状計測装置４００では、レーザー光源１０２から出射されたレーザー１０２１をラジアル偏光にすることによって、コーンミラー１０３によって反射された成分を透明管１０４に対してＰ偏光成分となるように構成した。レーザー光源１０２から出射された直線偏光であるレーザー１０２１をラジアル偏光にするためには、例えば、レーザー光源１０２から出射直後のレーザー１０２１の光路上に１／４板４０１を挿入し、円偏光にして、その直後に偏光板４０２を配置することにより実現できる。この偏光板４０２は、図６Ａに示すように、複数の偏光子を、各偏光子の透過軸が中心を向くように組み合わせて構成する。偏光板４０２を透過してラジアル偏光になったレーザーは、集光レンズ４０３でコーンミラー１０３上に集光される。また１／４板４０１と偏光板４０２に代えて、偏光板４０４のように場所によって光学軸の角度の異なる１／２板を組み合わせて構成した偏光板を挿入することでも実現可能である。

#### 【００４３】

一方、図６Ｂには、本実施例の変形例における内面形状計測装置４５０を示す。本変形例における内面形状計測装置４５０では、レーザー光源１０２から出射直後のレーザー１０２１の光路上に１／４板４０１を挿入し円偏光にして試料１０の穴の内壁面１１に照射すると共に、カメラ１０１の手前にラジアル検光する素子４１０を挿入する構成とした。これによって、透明管１０４を透過した試料１０の穴の内壁面１１からの反射光のうち、Ｐ偏光成分のみを透過させてカメラ１０１で検出することが可能となる。ラジアル検光するための素子４１０の一例として、偏光板４０２と同じような、場所によって透過軸の方向の異なる偏光子を挿入することで実現可能である。

#### 【００４４】

本実施例によれば、カメラ１０１で取得された画像には、透明管１０５の内壁面で反射された光成分がほとんど、又は全く含まれないようにできると共に、試料１０の穴の内壁面１１の全ての部分からの反射光を検出できるようになったために、試料１０の穴の内壁面１１からの反射光を高感度に検出することができ、試料１０の穴の内壁面１１の正確な形状計測を行うことができるようになった。

#### 【実施例５】

#### 【００４５】

本発明の第５の実施例について図７Ａを用いて説明する。

図７Ａは、本実施例の内面形状計測装置５００の概略の構成を示す図である。図１で説明した実施例１における内面形状計測装置１００と共通する部品には、同じ番号を付した。また、図１に示したステージ１１０は、表示を省略している。

#### 【００４６】

比較的径の小さい細い穴の狭い内面形状を測定する場合、穴の内部に挿入して穴の内壁面を計測する部分の径を小さくする必要がある。しかしながら、実施例１において図１で説明したように光源にレーザーを用い、撮像センサにカメラを用いた場合、小さくできる径はレーザーやカメラのサイズに制限されてしまう。

## 【 0 0 4 7 】

そこで、本実施例においては、図 7 A に示したように、レーザ光源 7 0 3 を透明管 1 0 5 の外部に設置し、レーザ光源 7 0 3 から発射されたレーザを光ファイバ 7 0 4 で透明管 1 0 5 の内部に配置したファイバコリメータ 7 0 2 に入射させ、ファイバコリメータ 7 0 2 から出射したレーザをコーンミラー 1 0 3 上に照射する構成にした。

## 【 0 0 4 8 】

本実施例では、試料 1 0 の内壁面 1 1 からの反射光が透明管 1 0 5 の撮像センサ(カメラ) 1 0 1 の側に入射する箇所に P 偏光成分のみを通過させる偏光子の機能を有するフィルム 1 0 4 を貼り付けて、P 偏光成分のみを透過させる構成とした。ここで、ファイバコリメータ 7 0 2 はレーザ光源 7 0 3 に比べて小型化が可能であり、実施例 1 乃至 4 の場合と比べて透明管 1 0 5 の径を小さくすることが可能になる。

10

## 【 0 0 4 9 】

また、本実施例においては、撮像センサ(カメラ) 1 0 1 のレンズにボアスコープ 7 0 1 を取り付けてカメラ 1 0 1 本体を透明管 1 0 5 の外部に設置する構成とした。このような構成で、ボアスコープ 7 0 1 の長さを計測対象である試料 1 0 の穴の内面に挿入するのに必要な長さにすることによって、透明管 1 0 5 の内径をボアスコープ 7 0 1 の径まで小径化することを可能にした。またボアスコープ 7 0 1 の代わりに内視鏡を用いてもよい。

## 【 0 0 5 0 】

図 7 B に本実施例の変形例を示す。図 7 B に示した構成においては、P 偏光成分のみを通過させる偏光子の機能を有するフィルム 1 0 4 の位置を、コーンミラー 1 0 3 で反射したレーザを計測対象の試料 1 0 の穴の内壁面 1 1 に照射するために透明管 1 0 5 を通過する側に配置した。その他の構成は、図 7 A で説明したものと同一であるので説明を省略する。

20

## 【 実施例 6 】

## 【 0 0 5 1 】

本発明の第 6 の実施例について図 8 A を用いて説明する。

図 8 A は、本実施例の内面形状計測装置 6 0 0 の概略の構成を示す図である。実施例 5 における図 7 A で説明した内面形状計測装置 5 0 0 との相違点を説明する。図 8 A に示した構成において、図 1 に示した構成及び図 7 A に示した構成と共通するものについては、同じ番号を付してある。

30

## 【 0 0 5 2 】

実施例 5 において図 7 A を用いて説明した内面形状計測装置 5 0 0 では、レーザ光源 7 0 3 から発射されたレーザをファイバ 7 0 4 で透明管 1 0 5 の内部に配置したファイバコリメータ 7 0 2 に入射させ、ファイバコリメータ 7 0 2 から出射したレーザをコーンミラー 1 0 3 上に照射する構成になっている。しかし、この構成では、コーンミラー 1 0 3 で反射されて試料 1 0 の穴の内壁面 1 1 にリング状に照射された光は、透明管 1 0 5 に対して偏光方向が決まっていない。そのため、リング状に照射された光のある部分では P 偏光成分をまったく含んでいない可能性がある。この場合、内壁面 1 1 で反射して透明管 1 0 5 に入射する光も部分的に P 偏光成分を含んでいないため、透明管 1 0 5 に貼り付けた偏光子の機能を有するフィルム 1 0 4 によってカットされてしまい、内壁面 1 1 からの反射光のうちカメラ 1 0 1 にまったく光が入らない部分が発生する可能性がある。このような場合、内壁面 1 1 の形状を正確に計測することができなくなってしまう。

40

## 【 0 0 5 3 】

本実施例はこの課題を解決するためのものであって、レーザ光源 7 0 3 から発射されたレーザを光ファイバ 7 0 4 でファイバコリメータ 7 0 2 に導光する直前にファイバ型の偏波コントローラ 8 0 1 で円偏光とするようにした。この円偏光にしたレーザを光ファイバ 7 0 4 でファイバコリメータ 7 0 2 に入射させ、ファイバコリメータ 7 0 2 から出射したレーザをコーンミラー 1 0 3 上に照射する構成とすることで、試料 1 0 の穴の内壁面 1 1 にリング状に照射された光には、どの位置でも P 偏光成分を含ませることが可能となる。これによりカメラ 1 0 1 には内壁面 1 1 のどの位置からの反射光でも均一に P 偏光成分を

50

入射させることが可能となり、内壁面 11 の形状を正確に計測することができるようになる。

【0054】

図 8 B に本実施例の変形例を示す。図 8 B に示した構成においては、P 偏光成分のみを通過させる偏光子の機能を有するフィルム 104 の位置を、コーンミラー 103 で反射したレーザを計測対象の試料 10 の穴の内壁面 11 に照射するために透明管 105 を通過する側に配置した。その他の構成は、図 8 A で説明したものと同一であるので説明を省略する。

【実施例 7】

【0055】

本発明の第 7 の実施例について図 9 A 及び図 9 B を用いて説明する。

図 9 A は、本実施例の内面形状計測装置 700 の概略の構成を示す図である。実施例 6 における図 8 A で説明した内面形状計測装置 600 との相違点を説明する。図 9 A に示した構成において、図 1 に示した構成及び図 8 A に示した構成と共通するものについては、同じ番号を付してある。

【0056】

実施例 6 において図 8 A を用いて説明した内面形状計測装置 600 では、レーザ光源 703 から発射されたレーザをファイバ型の偏波コントローラ 801 で円偏光にしてファイバコリメータ 702 に入射させ、ファイバコリメータ 702 から出射したレーザをコーンミラー 103 上に照射する構成としていたが、本実施例においては偏波コントローラ 801 を通過した光をボアスコープに導光し、ボアスコープ 701 の出射端に環状に配列したマイクロレンズアレイ 901 を設置した。このような構成とすることにより、ボアスコープ 701 から出射した光をマイクロレンズアレイ 901 を透過させて平行光として出射させ、これを集光レンズ 902 でコーンミラー 103 上に集光するようにした。

【0057】

本実施例では、このような構成とすることにより実施例 6 で用いていたファイバコリメータ 702 が必要なくなり、装置の構成をよりコンパクトにすることができる。

【0058】

また、このような構成は、実施例 6 で説明した内面形状計測装置 650、及び実施例 5 で説明した内面形状計測装置 500 及び 550 も適用することができる。

【実施例 8】

【0059】

本発明の第 8 の実施例について図 10 A 乃至図 12 B を用いて説明する。本実施例はハードウェアにてゴーストを除去しない、あるいは実施例 1 ~ 7 の構成を適用しても除去しきれないゴースト成分に対して、ソフトウェアにて除去する方法に関する。

【0060】

本実施例における内面形状計測装置のハード構成は、実施例 1 乃至 7 で説明した構成の何れかを用いる。図 10 A に示した内面形状計測装置は、実施例 1 で説明した図 1 に示した内面形状計測装置 100 を採用した場合について説明する。透明管 105 に貼り付けた偏光子の機能を有するフィルム 104 によって透明管 105 からの反射光成分をカットしきれずに、カメラ 101 でゴーストを含んだ画像を撮像した場合に、ソフトウェア処理により試料 10 の穴の内壁面 11 の形状情報は残しつつ、ゴースト成分のみを除去する方法である。

【0061】

図 10 A に示した内面形状計測装置 100 の制御・データ処理部 1071 は、カメラ 101 で撮像した画像とステージ 110 の位置情報を入力する画像情報入力部 1001、入力された画像から形状候補点を抽出する形状候補点抽出部 1002、入力された画像からゴースト信号を判定するゴースト判定処理部 1003、形状候補点抽出部 1002 で抽出した形状候補点の情報とゴースト判定処理部 1003 で判定したゴースト信号の情報をを用いて試料 10 の穴の内壁面 11 の形状を決定する形状決定部 1004 を備えている。形

10

20

30

40

50

形状決定部 1004 で決定した内壁面 11 の形状情報は、表示画面 106 に表示される。

【0062】

次に、制御・データ処理部 1071 で行う処理のフローについて説明する。まず、カメラ 101 で撮像した試料 10 の穴の内壁面 11 からの反射光を撮像して取得された撮像画像と、この画像を撮像したときのステージ 110 の位置情報を画像情報入力部 1001 に入力し (S1011)、この入力した画像に対して、形状候補点抽出部 1002 において、ゴーストを含む形状候補点抽出処理を行う (S1012)。その後、入力した画像に対してゴースト判定処理部 1003 においてゴースト判定処理を行い (S1013)、ゴーストと判定された点を除去し、形状決定部 904 において形状情報のみを抽出して内壁面 11 の形状を決定する (S1014)。この形状決定部 1004 において決定した内壁面 11 の形状の情報は、表示画面 106 に表示される (S1015)。

10

【0063】

ここで、S1012 における形状候補点抽出処理について説明する。ゴーストの発生位置は幾何学的に既知であるため、ゴースト判定処理においては、その位置情報を用いて判定を行うことができる。図 11A を用いてゴーストの発生する位置について説明する。内面形状計測装置 100 において透明管 105 の内径を A とする。内面形状計測装置 100 の透明管 105 の中心軸から距離 R の位置にある試料 10 の穴の内壁面 11 を測定した場合、透明管 105 の内面 1051 で反射することによってゴーストは幾何学的に測定対象とは 180 度反対の方向でかつ距離 R+A の地点から反射した光のように検出される。

【0064】

20

図 11B と図 11C を用いて、対象を測定した場合に得られる画像について説明する。対象形状として図 11B に示すように長方形の断面形状を有する穴 1101 の内壁面 11 を測定するとき、透明管 105 を長方形の穴 1101 の中央に挿入してカメラ 101 で内壁面 11 を撮像した場合、得られる画像 1110 は、図 11C に示すように内壁面 11 に相当する輪郭線 1111 のほかに、上下にゴースト 1112 が発生する。このゴースト 1112 が発生する位置は、図 11A で説明したように、透明管 105 の中心から内壁面 11 までの距離を R とすると、ゴーストは、画像上で距離 (R+A) の地点に相当する位置に発生する。

【0065】

図 12A の画像 1210 は、図 11C に示した画像 1110 と同じ画像で、カメラ 101 で試料 10 の穴の内壁面 11 を撮像して得られた画像を示す。形状候補点抽出処理 (S1012) においては、この画像 1210 における内壁面の像 1211 の中心 1213 を原点とした極座標系にて  $\theta = 0 \sim 360^\circ$  間で半径方向にピーク地点を探索し、 $\theta$  地点で点 1、2 を候補点として、 $\theta + 180^\circ$  地点では点 3、4 を候補点として抽出する。

30

【0066】

次に、S1013 のゴースト判定処理において、抽出された候補点について、中心から点 1 までの距離を R1、点 2 までの距離を R2 とすると、ゴースト 1212 は 180 度回転した方向でかつ、検出された距離に透明管の内径 A を足した距離に発生するため、ゴースト 1212 かどうかの条件判定を行うことができる。図 12A の場合、点 1 に対しては条件を満たす点がないため、形状と判定され保存される。一方、点 2 に対しては点 3 の距離 R3 が  $R2 = R3 + A$  の条件を満たすため、ゴースト 1212 と判定され、破棄される。同様にして、点 3 に対しては条件を満たす点がないため、形状と判定され保存され、点 4 に対しては点 1 の距離 R1 が  $R4 = R1 + A$  の条件を満たすため、ゴースト 1212 と判定され、破棄される。

40

【0067】

形状候補点抽出処理 (S1012) とゴースト判定処理 (S1013) との詳細な処理フローを図 12B に示す。S1011 で入力された画像に対して、形状候補点抽出処理 (S1012) においては、まず、画像中心 1213 を原点とした極座標系にて  $\theta = 0 \sim 360^\circ$  間で半径方向にピーク点サーチを行い (S1201)、候補点を複数選出する (S1202)。 $\theta$  が  $360^\circ$  に達したか判定を行い (S1203)、 $360^\circ$  に達するまで繰り返す。

50

返し実行する。 が  $360^\circ$  に達した場合 (S 1 2 0 3 の判定で Yes の場合)、ゴースト判定処理として  $180^\circ$  回転した方向に  $R=R'+A$  ( $R'$  は  $+180^\circ$  の点) を満たす点があるか判定を行う (S 1 2 0 4)。条件を満たす点があれば (S 1 2 0 4 の判定で Yes の場合) ゴーストと判定され破棄され (S 1 2 0 5)、なければ (S 1 2 0 4 の判定で No の場合) 形状と判定され保存される (S 1 0 1 4)。

【0068】

上記した実施例は、図1に記載した実施例1で説明した構成を用いた場合について説明したが、本実施例はこれに限定されるものではなく、実施例2乃至6で説明した内面形状計測装置を用いてもよい。

【0069】

本実施例によれば、ハードウェアでは除去しきれないゴースト成分に対して、ソフトウェアにて除去することを可能にした。

【実施例9】

【0070】

本発明の第9の実施例について図13A乃至図14を用いて説明する。本実施例は測定対象試料の内壁面の断面形状とゴーストが画像上で重なった場合に、内壁面の断面形状情報のみを抽出する処理方法に関する。

【0071】

実施例8で説明した方法との相違点を説明する。実施例8では、測定対象試料の内壁面の断面形状とゴーストが画像上で重なった場合、この画像上で重なった部分において、ゴーストと共に測定対象試料の内壁面の断面形状の画像情報も破棄されてしまう。そこでゴースト成分のみを除去して形状情報を保存する方法を提案する。

【0072】

図13Aに、画像1310上で、測定対象試料の内壁面の断面形状1311とゴースト1312が重なった場合の例を示す。画像1310上では、点1に測定対象試料の内壁面の断面形状1311があり、 $180^\circ$  回転した方向にある点3では測定対象試料の内壁面の断面形状1311とゴースト1312が重なっている。この状態で実施例8にて説明した処理方法を適用すると、点3がゴースト条件に当てはまるため、点3における測定対象試料の内壁面の断面形状1311情報も破棄されてしまう。ここで、画像1310上で、ゴースト1312の成分の強度は、点1の強度 (測定対象試料の内壁面の断面形状1311における点1の位置の強度) に透明管105の反射率をかけた値である。

【0073】

そこで、画像1310上で、点3における強度から、点1の強度に透明管105の反射率をかけた値を差引くことによって、点3における測定対象試料の内壁面の断面形状1311の強度成分のみを抽出するが可能になる。画像で検出した場合、強度と輝度値は比例関係にあるため、ゴーストの輝度値を画像から差引くことで形状の輝度値のみを抽出することが可能である。ゴースト成分の輝度値を差引いた画像から再度ピーク値を求めることで測定対象試料の内壁面の断面形状を求めることが可能となる。

【0074】

図13Bに、本実施例による処理のフローチャートを示す。半径方向ピークサーチ (S 1 3 0 1) からゴースト判定処理 (S 1 3 0 4) までは、図12Bで説明した実施例8におけるS 1 2 0 1からS 1 2 0 4までの処理と同様である。ここで、実施例8においては、ゴースト判定処理 (S 1 2 0 4) において、ゴーストと判定された位置の画像データを破棄していたが (S 1 2 0 5)、本実施例においては、ゴースト判定処理 (S 1 3 0 4) においてゴーストと判定された点(位置)を抽出する (S 1 3 0 5)。次に、この抽出した点(位置)の画像の輝度値から先に説明した方法で求めたゴースト成分の輝度値を差引く処理を行う (S 1 3 0 6)。

【0075】

次にこの差し引いた輝度値の値をS 1 3 0 5で抽出した点の輝度値にあてはめ (S 1 3 0 7)、測定対象試料の内壁面の断面形状を決定する (S 1 3 0 8)。ここでゴースト成分

10

20

30

40

50

の輝度値は、１８０度回転した方向にある形状の輝度値に透明管１０５の反射率をかけた値となる。ここで透明管１０５の反射率は事前に求めておく必要がある。さらに反射率は光の入射角度に依存するため、図１４に示すような入射角度に対する反射率のルックアップテーブル１４０１を準備しておき、形状の位置から透明管１０５への入射角度がわかるため、ルックアップテーブルを参照して反射率を求め、形状の輝度値に反射率をかけることでゴースト成分の輝度値を算出することができる。

#### 【００７６】

本実施例によれば、ハードウェアでは除去しきれないゴースト成分に対して、ソフトウェアにて除去する場合に、測定対象試料の内壁面の断面形状をより正確に求めることを可能にした。

10

#### 【００７７】

以上が発明の説明であるが、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

#### 【符号の説明】

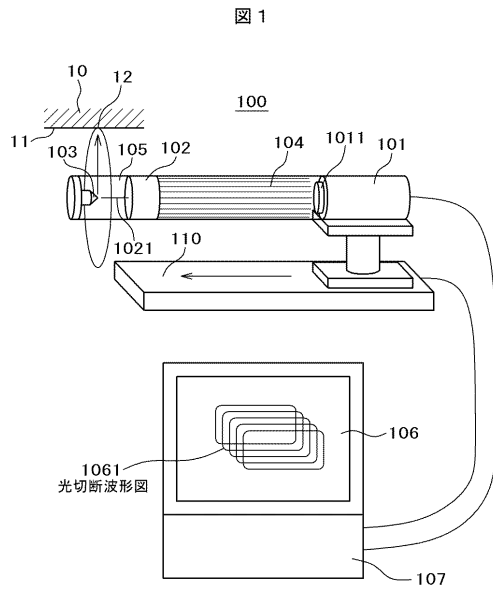
#### 【００７８】

１００、２００、３００、４００、５００、６００、７００・・・内面形状計測装置  
 １０１・・・カメラ      １０２、７０３・・・レーザ光源      １０３・・・コーンミラー  
 １０４・・・偏光子の機能を有するフィルム      １０５・・・透明管      １０６・・・表示画面  
 １０７、１０７１・・・制御・データ処理部      １１０・・・ステージ  
 ４０１・・・１／４板      ４０２・・・ラジアル偏光子      ４０３・・・集光レンズ  
 ４０４・・・ラジアル位相板      ４１０・・・ラジアル検光子      ７０１・・・ボアスコープ  
 ７０２・・・ファイバコリメータ      ８０１・・・偏波コントローラ。

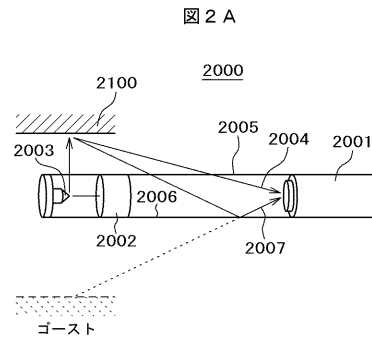
20



【図 1】

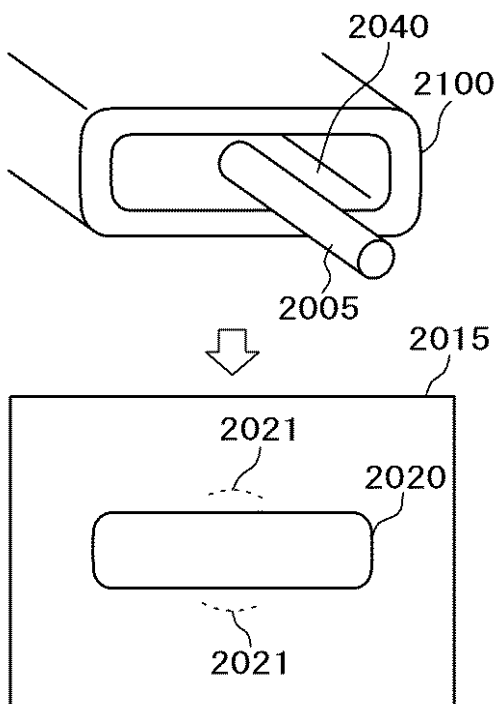


【図 2 A】



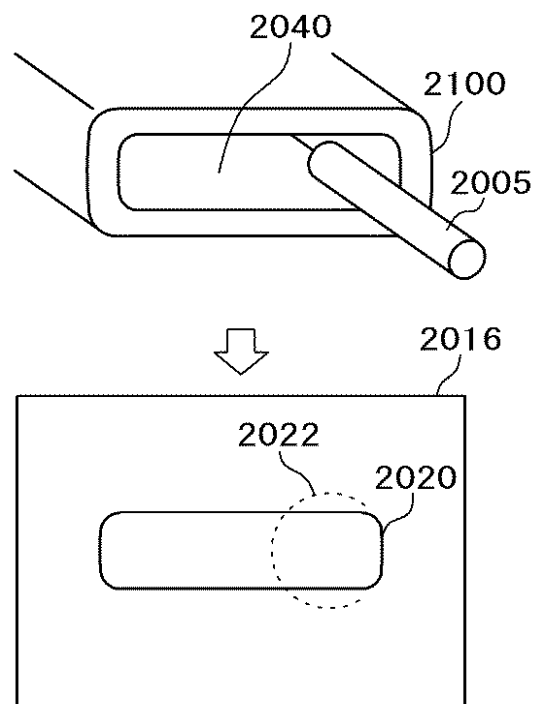
【図 2 B】

図 2 B



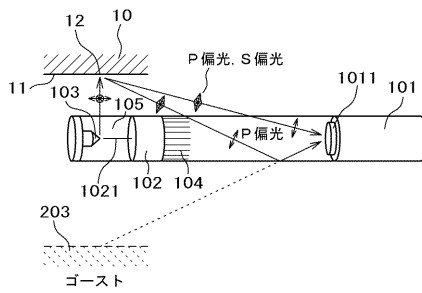
【図 2 C】

図 2 C



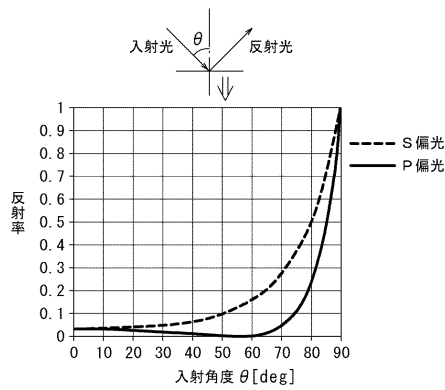
【図 3 A】

図 3 A



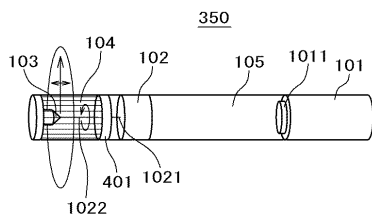
【図 3 B】

図 3 B



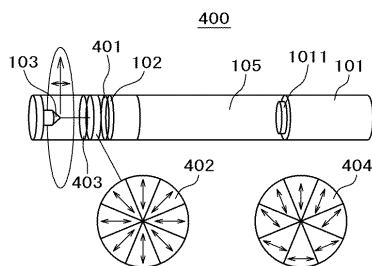
【図 5 B】

図 5 B



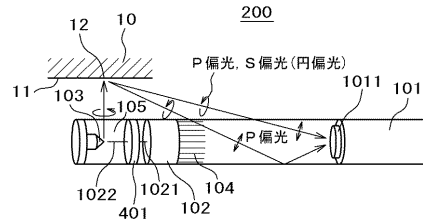
【図 6 A】

図 6 A



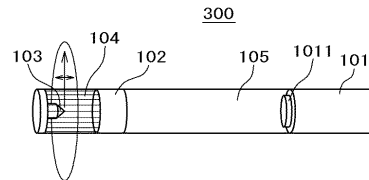
【図 4】

図 4



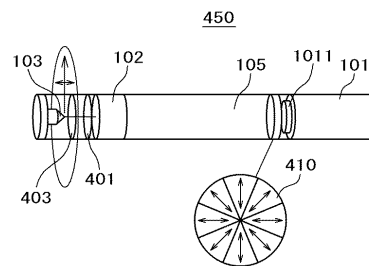
【図 5 A】

図 5 A



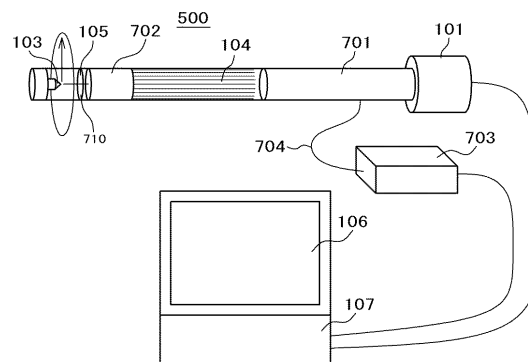
【図 6 B】

図 6 B



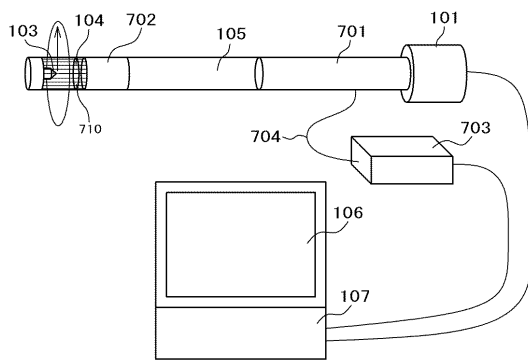
【図 7 A】

図 7 A



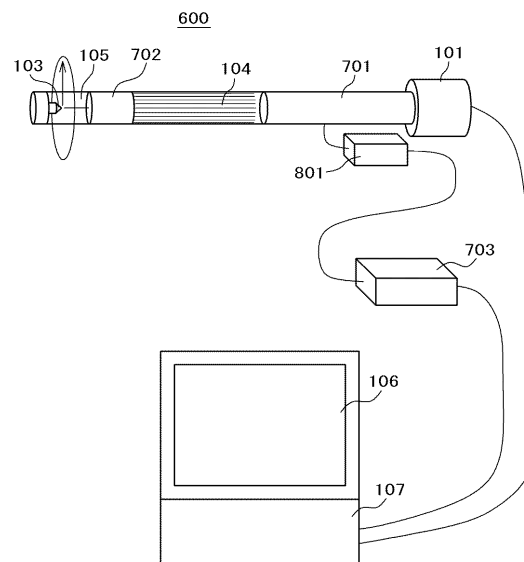
【図 7 B】

図 7 B



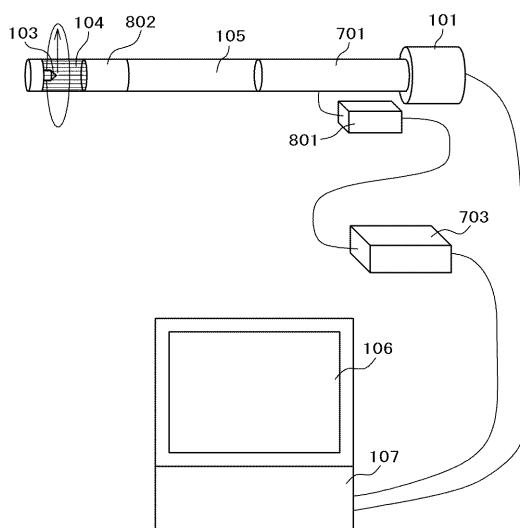
【図 8 A】

図 8 A



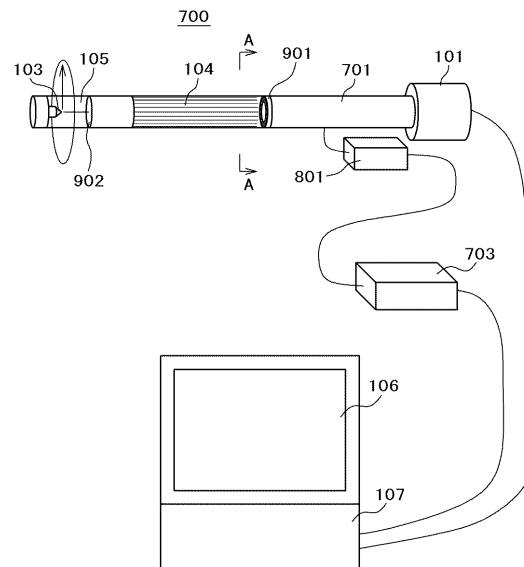
【図 8 B】

図 8 B



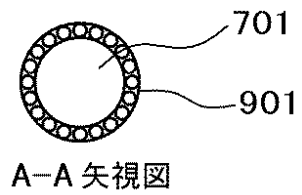
【図 9 A】

図 9 A



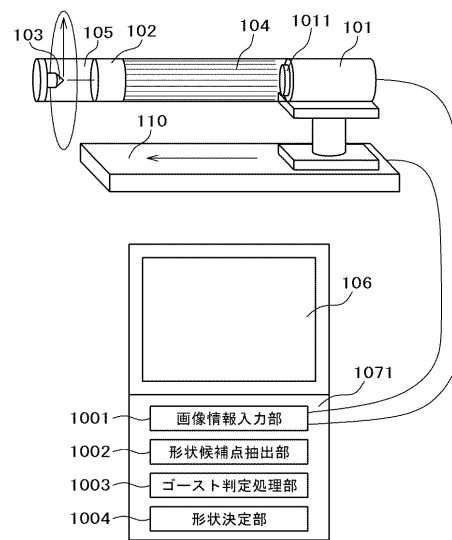
【図 9 B】

図 9 B



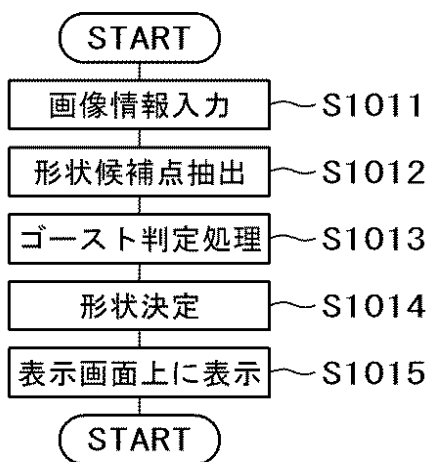
【図 10 A】

図 10 A



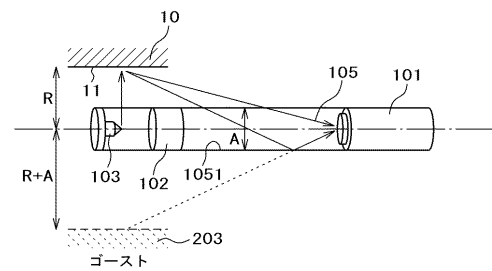
【図 10 B】

図 10 B



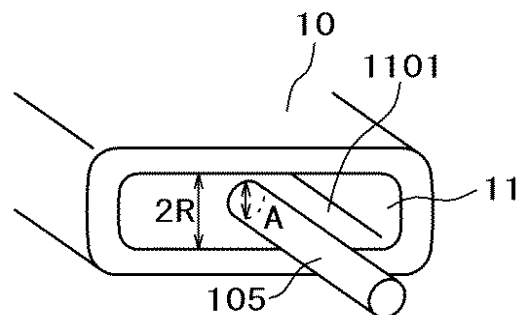
【図 11 A】

図 11 A



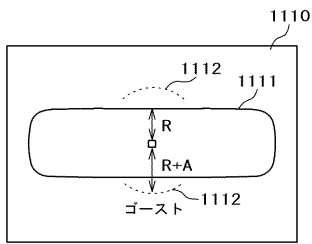
【図 11 B】

図 11 B



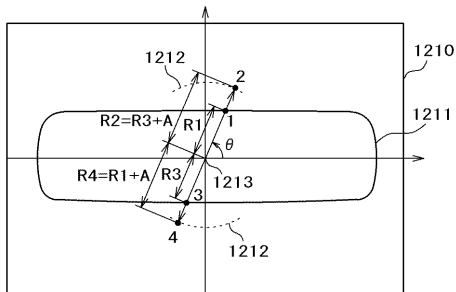
【 ㊦ 1 1 C 】

図 1 1 C



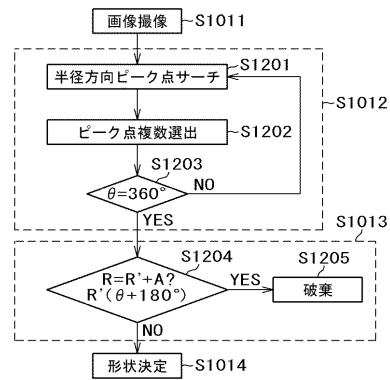
【 図 1 2 A 】

图 12A



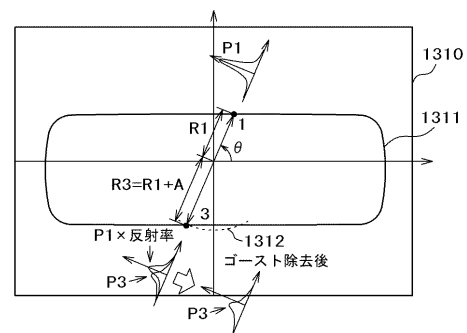
【 図 1 2 B 】

图 12B



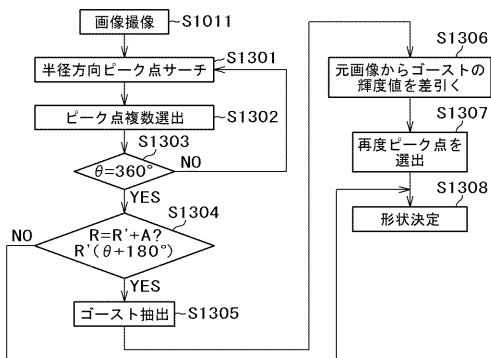
【 図 1 3 A 】

图 13A



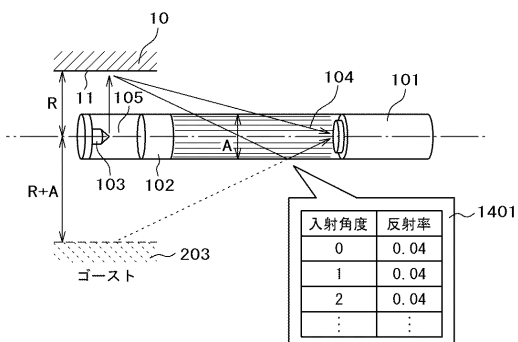
【 図 1 3 B 】

图 13B



【 图 1 4 】

图 14



---

フロントページの続き

審査官 三好 貴大

- (56)参考文献 特開2015-025771(JP,A)  
特開2004-101190(JP,A)  
特許第3837431(JP,B2)  
国際公開第2013/046451(WO,A1)  
特開2009-139176(JP,A)  
特開2000-097846(JP,A)  
特開2000-266525(JP,A)  
特開平10-019528(JP,A)  
特開2010-266528(JP,A)  
特開平03-075544(JP,A)  
特表2008-542755(JP,A)  
米国特許第05895927(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B	11/00 - 11/30
G01N	21/00 - 21/01
	21/17 - 21/61
	21/84 - 21/958
A61B	1/00 - 1/32