

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6800529号
(P6800529)

(45) 発行日 令和2年12月16日(2020.12.16)

(24) 登録日 令和2年11月27日(2020.11.27)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 B 9/02 (2006.01) GO 1 B 9/02
GO 1 B 11/24 (2006.01) GO 1 B 11/24 D

請求項の数 8 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2016-246801 (P2016-246801)	(73) 特許権者	000137694
(22) 出願日	平成28年12月20日(2016.12.20)		株式会社ミットヨ
(65) 公開番号	特開2017-151085 (P2017-151085A)		神奈川県川崎市高津区坂戸一丁目20番1号
(43) 公開日	平成29年8月31日(2017.8.31)	(74) 代理人	100166545
審査請求日	令和1年11月11日(2019.11.11)		弁理士 折坂 茂樹
(31) 優先権主張番号	特願2016-34825 (P2016-34825)	(72) 発明者	酒井 裕志
(32) 優先日	平成28年2月25日(2016.2.25)		神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目20番1号 株式会社ミットヨ内
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)	(72) 発明者	後藤 智徳
			北海道札幌市北区北7条西1丁目1番2号 株式会社ミットヨ内
		審査官	山▲崎▼ 和子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 測定方法および測定プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

測定ヘッドから対象物の表面に光を照射して反射光に基づき形状を測定する方法であって、

前記対象物の第1領域の測定に適した測定条件に設定し、前記表面について深さ方向についての第1スキャン範囲および深さ方向についての第1スキャンピッチで測定を行い、第1測定結果を得る工程と、

前記第1測定結果から前記表面のうちの第2領域を求める工程と、

前記第2領域の測定に適した測定条件に設定し、前記表面について前記第1スキャン範囲よりも狭い深さ方向についての第2スキャン範囲および前記第1スキャンピッチよりも細かい深さ方向についての第2スキャンピッチで測定を行い、第2測定結果を得る工程と

を備えたことを特徴とする測定方法。

【請求項2】

前記第2領域を求める工程は、前記第1測定結果から前記第2領域のみの測定データに基づく表面基準位置を想定することを含み、

前記第2測定結果を得る工程は、想定された前記表面基準位置を含む前記第2スキャン範囲を設定することを含む、請求項1記載の測定方法。

【請求項3】

前記第1領域は、前記表面に対して凹んだ凹部を有する、請求項1または2に記載の測

定方法。

【請求項 4】

前記第 2 領域を求める工程は、前記第 1 測定結果から前記第 2 領域のみの測定データに基づく表面基準位置を想定することを含み、

前記第 2 測定結果を得る工程は、想定された前記表面基準位置を含み、前記表面基準位置の最も低い位置よりも凹む前記凹部の少なくとも底を含まない前記第 2 スキャン範囲を設定することを含む、請求項 3 記載の測定方法。

【請求項 5】

前記第 2 スキャン範囲は前記第 1 スキャン範囲に含まれ、

前記第 1 測定結果から得た前記第 1 領域のデータと、前記第 2 測定結果から得た前記第 2 領域のデータとを合成する工程をさらに備えた、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載の測定方法。

10

【請求項 6】

前記測定ヘッドは、光干渉法によって前記第 1 測定結果および前記第 2 測定結果を得る、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 つに記載の測定方法。

【請求項 7】

前記第 2 領域は、前記表面のうち前記第 1 領域以外の領域である、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 つに記載の測定方法。

【請求項 8】

測定ヘッドから対象物の表面に光を照射して反射光に基づき形状を測定する測定プログラムであって、

コンピュータを、

前記対象物の第 1 領域の測定に適した測定条件に設定し、前記表面について深さ方向についての第 1 スキャン範囲および深さ方向についての第 1 スキャンピッチで測定を行い、第 1 測定結果を得る手段、

20

前記第 1 測定結果から前記表面のうちの第 2 領域を求める手段、

前記第 2 領域の測定に適した測定条件に設定し、前記表面について前記第 1 スキャン範囲よりも狭い深さ方向についての第 2 スキャン範囲および前記第 1 スキャンピッチよりも細かい深さ方向についての第 2 スキャンピッチで測定を行い、第 2 測定結果を得る手段、

として機能させる測定プログラム。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は測定方法および測定プログラムに関し、より詳しくは、最適な測定条件の異なる領域を含む対象物の表面について短時間で精度良く形状を測定することができる測定方法および測定プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

測定対象物の表面高さ、表面粗さ、3次元形状などを測定する測定方法の一つとして、光の干渉によって生じる干渉縞の輝度情報を利用する光干渉法が知られている。光干渉法においては、参照光路の光路長と測定光路の光路長とが一致するピント位置において各波長の干渉縞のピークが重なり合い合成され、干渉縞の輝度が大きくなることを利用している。したがって、光干渉法では、参照光路または測定光路の光路長を変化させながら干渉光強度の二次元の分布を示す干渉画像を CCD カメラ等の撮像素子により撮影する。そして、撮影視野内の各測定位置で干渉光の強度がピークとなるピント位置を検出することで、各測定位置における測定面の高さを測定し、測定対象物の三次元形状などを測定する（例えば、特許文献 1 ~ 3 参照。）。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

50

【特許文献1】特開2011-191118号公報

【特許文献2】特開2015-045575号公報

【特許文献3】特開2015-118076号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ここで、測定の対象物の表面に最適な測定条件の異なる領域が含まれている場合、1つの測定条件では全体を精度良く測定することができない。例えば、表面に凹部（ピット、溝などの段差を有する表面）が含まれている対象物では、表面部に最適な光量で測定を行うと、凹部内に光が届かないか、届く光量が少ないため、凹部の形状を検出しにくくなる。一方、光量を多くすれば凹部の形状は検出できるものの、表面部で反射する光が飽和してしまい、表面の形状を正確に測定することができなくなる。

10

【0005】

このような対象物について測定を行う場合、従来では、表面部に最適な条件で測定を行うとともに、凹部に最適な条件で測定を行い、両測定結果を合成する、いわゆるマルチスキャン測定が行われている。しかし、この方法では、対象物について1つの測定結果を得るために2回の測定で多大な時間を要することになる。

【0006】

本発明は、最適な測定条件の異なる領域を含む対象物の表面について短時間で形状を測定することができる測定方法および測定プログラムを提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために、本発明は、測定ヘッドから対象物の表面に光を照射して反射光に基づき形状を測定する方法であって、対象物の第1領域の測定に適した測定条件に設定し、表面について第1スキャン範囲および第1スキャンピッチで測定を行い、第1測定結果を得る工程と、第1測定結果から表面のうちの第2領域を求める工程と、第2領域の測定に適した測定条件に設定し、表面について第1スキャン範囲よりも狭い第2スキャン範囲および第1スキャンピッチよりも細かい第2スキャンピッチで測定を行い、第2測定結果を得る工程と、を備えたことを特徴とする。

【0008】

30

このような構成によれば、第1スキャン範囲および第1スキャンピッチによる測定では、対象物の表面について粗いデータ取得を行い、主として第1領域に適した測定を行う。また、第2スキャン範囲および第2スキャンピッチによる測定では、対象物の表面について第1スキャン範囲よりも狭い範囲で詳細なデータ取得を行い、主として第2領域に適した測定を行う。これにより、第1領域および第2領域の両方について十分な精度かつ短時間での測定を行うことができる。なお、第2の領域は、前記表面のうち前記第1の領域以外の領域とすることができる。

【0009】

本発明の測定方法において、第2領域を求める工程は、第1測定結果から第2領域のみの測定データに基づく表面基準位置を想定することを含み、第2測定結果を得る工程は、想定された表面基準位置を含み、表面基準位置の最も低い位置よりも凹んだ凹部の少なくとも底を含まない第2スキャン範囲を設定することを含んでいてもよい。これにより、長い測定時間を必要とする第2スキャン範囲での測定範囲を効果的に設定することができる。

40

【0010】

本発明の測定方法において、第1領域は、表面に対して凹んだ凹部を有していてもよい。これにより、第1領域の凹部と第2領域の表面部との両方について短時間かつ十分な精度での測定を行うことができる。

【0011】

本発明の測定方法において、第1測定結果から得た第1領域のデータと、第2測定結果

50

から得た第2領域のデータとを合成する工程をさらに備えていてもよい。これにより、対象物の表面の全体の形状データを得ることができる。

【0012】

本発明は、測定ヘッドから対象物の表面に光を照射して反射光に基づき形状を測定する測定プログラムであって、コンピュータを、対象物の第1領域の測定に適した測定条件に設定し、表面について第1スキャン範囲および第1スキャンピッチで測定を行い、第1測定結果を得る手段、第1測定結果から表面のうちの第2領域を求める手段、第2領域の測定に適した測定条件に設定し、表面について第1スキャン範囲よりも狭い第2スキャン範囲および第1スキャンピッチよりも細かい第2スキャンピッチで測定を行い、第2測定結果を得る手段、として機能させる測定プログラムである。

10

【0013】

このような構成によれば、コンピュータによる測定において、第1スキャン範囲および第1スキャンピッチによる測定では、対象物の表面について粗いデータ取得を行い、主として第1領域に適した測定を行う。また、第2スキャン範囲および第2スキャンピッチによる測定では、対象物の表面について第1スキャン範囲よりも狭い範囲で詳細なデータ取得を行い、主として第2領域に適した測定を行う。これにより、第1領域および第2領域の両方について十分な精度かつ短時間での測定を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本実施形態に係る画像測定装置の全体構成を示す図である。

20

【図2】光干渉光学ヘッドの構成を例示する模式図である。

【図3】対物レンズ部の要部拡大図である。

【図4】(a)~(c)は、対象物および測定領域について説明する模式図である。

【図5】コンピュータの構成を例示するブロック図である。

【図6】本実施形態に係る測定プログラムの流れを例示するフローチャートである。

【図7】(a)および(b)は、測定範囲について例示する模式図である。

【図8】(a)および(b)は、第1スキャンおよび領域判定について例示する模式図である。

【図9】(a)および(b)は、領域判定および第2スキャンについて例示する模式図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。なお、以下の説明では、同一の部材には同一の符号を付し、一度説明した部材については適宜その説明を省略する。

【0016】

〔測定装置の全体構成〕

図1は、本実施形態に係る測定装置、より具体的には画像測定装置の全体構成を示す図である。

図1に示すように、本実施形態に係る画像測定装置1は、対象物Wの形状を測定する装置本体10と、装置本体10を制御するとともに、必要なデータ処理を実行するコンピュータシステム20と、を備える。なお、画像測定装置1は、これらのほかに、測定結果等をプリントアウトするプリンタ等を適宜備えていてもよい。本実施形態に係る画像測定装置1は、例えばシリンダの内壁のような、湾曲形状を有する対象物Wの測定に適している。

40

【0017】

装置本体10は、架台11、ステージ12、X軸ガイド14および撮像ユニット15を含む。本実施形態において、X軸方向(X軸に沿った方向)とは、ステージ12の面に沿った一方向である。Y軸方向(Y軸に沿った方向)とは、ステージ12の面に沿った方向でX軸方向と直交する方向である。Z軸方向(Z軸に沿った方向)とは、X軸方向およびY軸方向と直交する方向である。Z軸方向は上下方向とも言う。また、X軸方向およびY

50

軸方向は水平方向とも言う。

【0018】

架台11は、例えば除振台3の上に配置され、外部の震動が架台11の上のステージ12や撮像ユニット15へ伝わることを抑制している。ステージ12は、架台11の上に配置される。ステージ12は、測定の対象物Wを載置する台である。ステージ12は、図示しないY軸駆動機構により架台11に対してY軸方向に移動可能に設けられる。

【0019】

架台11の両側部には支持部13aおよび13bが設けられる。支持部13aおよび13bのそれぞれは架台11の側部から上方に延びるよう設けられる。X軸ガイド14はこの支持部13aおよび13bの上に、これらを跨ぐように設けられる。X軸ガイド14には撮像ユニット15が取り付けられる。

10

【0020】

撮像ユニット15は、図示しないX軸駆動機構によりX軸ガイド14に沿ってX軸方向に移動可能に設けられ、Z軸駆動機構によってZ軸方向に移動可能に設けられる。このような駆動機構により、ステージ12上の対象物Wと、撮像ユニット15とのX軸、Y軸およびZ軸のそれぞれに沿った相対的な位置関係が設定可能になる。すなわち、この位置関係を調整することで、撮像ユニット15による撮像領域を対象物Wの測定領域に合わせることができる。

【0021】

撮像ユニット15は、対象物Wの二次元画像を撮像する画像光学ヘッド151および光干渉測定により対象物Wの三次元形状を測定する光干渉光学ヘッド152を着脱可能に備え、いずれかのヘッドを用いて、コンピュータシステム20が設定する測定位置で対象物Wを測定する。

20

【0022】

画像光学ヘッド151の測定視野は光干渉光学ヘッド152の測定視野よりも通常広く設定し、コンピュータシステム20による制御により、両ヘッドを切り替えて使用できる。画像光学ヘッド151と光干渉光学ヘッド152は、一定の位置関係を保つよう、共通の支持板により支持され、切り替えの前後で測定の座標軸が変化しないよう予めキャリブレーションされる。

【0023】

画像光学ヘッド151は、撮像素子(CCDカメラ、CMOSカメラなど)、照明装置、フォーカシング機構等を備え、対象物Wの二次元画像を撮影する。撮影された二次元画像のデータはコンピュータシステム20に取り込まれる。

30

【0024】

光干渉光学ヘッド152は、例えば白色光干渉法によって対象物Wの形状測定を行う。本実施形態において光干渉光学ヘッド152は測定ヘッドの一例である。光干渉光学ヘッド152の詳細については後述する。

【0025】

コンピュータシステム20は、コンピュータ本体201、キーボード202、マウス204およびディスプレイ205を備える。コンピュータ本体201は、装置本体10の動作等を制御する。コンピュータ本体201は、制御ボード等の回路(ハードウェア)およびCPUで実行されるプログラム(ソフトウェア)によって装置本体10の動作を制御する。また、コンピュータ本体201は、装置本体10から出力される信号に基づき対象物Wの情報を演算し、演算結果をディスプレイ205に表示する。

40

【0026】

ジョイスティック203は、対象物Wを撮像する位置を設定する際に用いられる。すなわち、ユーザがジョイスティック203を操作することで、対象物Wと撮像ユニット15との相対的な位置関係が変化して、ディスプレイ205に表示される撮像領域の位置を調整することができる。

【0027】

50

図 2 は、光干渉光学ヘッドの構成を例示する模式図である。

図 2 に示すように、光干渉光学ヘッド 152 は、光出射部 200 と、光干渉光学ヘッド部 21 と、対物レンズ部 22 と、参照ミラー部 23 と、結像レンズ 24 と、撮像部 25 と、駆動機構部 26 とを備える。

【0028】

光出射部 200 は、広帯域にわたる多数の波長成分を有しコヒーレンシーの低い広帯域光を出力する光源を備え、例えば、ハロゲンや LED (Light Emitting Diode) などの白色光源が用いられる。

【0029】

光干渉光学ヘッド部 21 は、ビームスプリッタ 211 と、コリメータレンズ 212 とを備えている。光出射部 200 から出射した光は、対物レンズ部 22 の光軸と直角の方向から、コリメータレンズ 212 を介してビームスプリッタ 211 に平行に照射され、ビームスプリッタ 211 からは光軸に沿った光が出射されて、対物レンズ部 22 に対して上方から平行ビームが照射される。

【0030】

対物レンズ部 22 は、対物レンズ 221、ビームスプリッタ 222 等を備えて構成される。対物レンズ部 22 においては、上方から平行ビームが対物レンズ 221 に入射した場合、入射光は対物レンズ 221 で収束光となり、ビームスプリッタ 222 の内部の反射面 222a に入射する。ここで、入射光は、参照ミラー 231 を有する参照光路 (図中破線) を進む透過光 (参照光) と、対象物 W を配置した測定光路 (図中実線) を進む反射光 (測定光) とに分割される。透過光は、収束して参照ミラー 231 で反射され、更にビームスプリッタ 222 の反射面 222a を透過する。一方、反射光は、収束して対象物 W で反射され、ビームスプリッタ 222 の反射面 222a により反射される。参照ミラー 231 からの反射光と対象物 W からの反射光とはビームスプリッタ 222 の反射面 222a により合成されて合成波となる。

【0031】

ビームスプリッタ 222 の反射面 222a の位置で合成された合成波は、対物レンズ 221 で平行ビームになり上方へ進み、光干渉光学ヘッド部 21 を通過して、結像レンズ 24 に入射する (図 2 中一点鎖線)。結像レンズ 24 は合成波を収束させ撮像部 25 上に干渉画像を結像させる。

【0032】

参照ミラー部 23 は、上述のビームスプリッタ 222 により分岐された参照光路を進む透過光 (参照光) を反射する参照ミラー 231 を保持する。対象物 W がシリンダの内壁の場合、内壁面はステージ 12 に対してほぼ垂直に配置される。このため、対物レンズ 221 による収束光をビームスプリッタ 222 で直角に (水平方向に) 反射して、垂直に配置されるシリンダの内壁面に測定光を照射する。

【0033】

撮像部 25 は、撮像手段を構成するための 2 次元の撮像素子からなる CCD カメラ等であり、対物レンズ部 22 から出力された合成波 (対象物 W からの反射光と参照ミラー 231 からの反射光) の干渉画像を撮像する。撮像された画像のデータはコンピュータシステム 20 に取り込まれる。

【0034】

駆動機構部 26 は、コンピュータシステム 20 からの移動指令によって、光干渉光学ヘッド 152 を光軸方向に移動させる。ここで、図 3 に示した対物レンズ部 22 の要部拡大図において、参照光路 (光路 1 + 光路 2) と、測定光路 (光路 3 + 光路 4) の光路長が等しいときに光路長差が 0 となる。したがって、駆動機構部 26 は、測定に際しては、光路長差 0 となるように、光干渉光学ヘッド 152 をビームスプリッタ 222 で反射された光線の光軸方向に水平に移動させることで測定光路の長さを調整する。なお、上記では光干渉光学ヘッド 152 を移動させる場合を例示して説明したが、ステージ 12 を移動させることで測定光路の長さを調整する構成としてもよい。このように、光干渉光学ヘッド 15

10

20

30

40

50

2において、参照光路または測定光路の何れか一方の光路長が可変とされる。なお、対象物Wの測定面が水平方向に配置されている場合には、ビームスプリッタ222による参照光および測定光の透過および反射を逆にして、測定光を垂直方向に透過させるような光学系を適用してもよい。

【0035】

光干渉光学ヘッド152は、コンピュータシステム20による制御の下、駆動機構部26により光軸方向の位置を移動走査されながら撮像部25による撮像を繰り返す。撮像部25により撮像された各移動走査位置での干渉画像の画像データはコンピュータシステム20に取り込まれ、測定視野内の各位置について、干渉縞のピークが生じる移動走査位置を検出し、対象物Wの測定面の各位置における高さが求められる。

10

【0036】

図4(a)～(c)は、対象物および測定領域について説明する模式図である。

図4(a)は、湾曲形状を有する対象物Wの例を示す模式斜視図、図4(b)は、測定領域を例示する模式図、図4(c)は、3次元データと断面の例を示す模式図である。

本実施形態では、図4(a)に示すシリンダ内壁のような湾曲形状を有する対象物Wの形状測定を行う。光干渉光学ヘッド152は、内壁面Sの所定の領域を測定領域Rとして、内壁面Sに対して垂直な方向の距離を測定する。図4(b)には測定領域Rの1つが模式的に表される。

【0037】

図4(c)に示すように、内壁面Sの3次元データには、測定領域Rに対応した撮像部25の各画素ごとに、内壁面Sに対して垂直な方向(深さ方向)の距離のデータが含まれる。内壁面Sに例えばピット(凹み)があると、基準面に対して低い値のデータとなる。このデータが閾値よりも低い場合にはピットであると判断される。

20

【0038】

(測定方法および測定プログラム)

本実施形態に係る測定方法は、例えば上記のような画像測定装置1を用いて、図4(a)に示すような対象物Wについて表面の測定を行う方法である。

測定方法は、次のような工程を有する。

- (1) 対象物Wの第1領域の測定に適した測定条件を設定する工程
- (2) 対象物Wの表面について第1スキャン範囲および第1スキャンピッチで測定を行い、第1測定結果を得る工程
- (3) 対象物Wの第2領域を算出する工程
- (4) 第2領域の測定に適した測定条件を設定する工程
- (5) 第2スキャン範囲および第2スキャンピッチで測定を行い、第2測定結果を得る工程
- (6) データを合成する工程

30

【0039】

上記(1)～(6)の各工程は、例えば、画像測定装置1のコンピュータシステム20や、装置本体10で取得した3次元データを読み込んだコンピュータによって実行されるプログラム(測定プログラム)によって実行される。コンピュータは、コンピュータシステム20に含まれていてもよい。

40

【0040】

図5は、コンピュータの構成を例示するブロック図である。コンピュータは、CPU(Central Processing Unit)311、インタフェース312、出力部313、入力部314、主記憶部315及び副記憶部316を備える。

【0041】

CPU311は、各種プログラムの実行によって各部を制御する。インタフェース312は、外部機器との情報入出力を行う部分である。本実施形態では、装置本体10から送られる情報をインタフェース312を介してコンピュータに取り込む。また、コンピュータからインタフェース312を介して情報を装置本体10へ送る。インタフェース312

50

は、コンピュータをLAN (Local Area Network) やWAN (Wide Area Network) に接続する部分でもある。

【0042】

出力部313は、コンピュータで処理した結果を出力する部分である。出力部313には、例えば、図1に示すディスプレイ205や、プリンタなどが用いられる。入力部314は、ユーザから情報を受け付ける部分である。入力部314には、キーボードやマウスなどが用いられる。また、入力部314は、記録媒体MMに記録された情報を読み取る機能を含む。

【0043】

主記憶部315には、例えばRAM (Random Access Memory) が用いられる。主記憶部315の一部として、副記憶部316の一部が用いられてもよい。副記憶部316には、例えばHDD (Hard disk drive) やSSD (Solid State Drive) が用いられる。副記憶部316は、ネットワークを介して接続された外部記憶装置であってもよい。

10

【0044】

図6は、本実施形態に係る測定プログラムの流れを例示するフローチャートである。

本実施形態に係る測定プログラムは、コンピュータを上記(1)~(6)の工程に対応した手段として機能させる。図6に示すステップS101~S106の処理は、上記(1)~(6)の工程に対応している。

【0045】

まず、ステップS101に示すように、対象物Wの第1領域の測定に適した測定条件の設定を行う。図7(a)には、円筒内壁の測定領域Rが模式的に示される。円筒内壁の測定領域Rとしては、円筒軸の角度および円筒軸方向の深さの位置を指定することで設定される。円筒内壁のうち凹部(ピット)を含む領域が第1領域R1、それ以外の領域が第2領域R2である。ステップS101では、第1領域R1の測定に適した測定条件、すなわち凹部(ピット)の測定に適した測定条件(例えば、光量)を設定する。また、円筒内壁の凹凸における閾値の設定として、例えばピットの深さの閾値を設定する。

20

【0046】

なお、測定領域Rが、測定ヘッド(例えば光干渉光学ヘッド152)による1回のスキャンで測定可能な範囲を超える場合、測定領域Rの全域をカバーするために複数の局所データの測定位置を算出しておく。図7(b)には、円筒内壁における測定領域Rと複数の局所データとの対応が模式的に示される。

30

【0047】

次に、ステップS102に示すように、第1測定結果の取得を行う。すなわち、先に設定した第1領域R1の測定に適した条件によって、対象物Wの表面について第1スキャン範囲および第1スキャンピッチでの測定を行う。対象物Wが円筒内壁の場合、測定領域Rについて測定ヘッド(例えば光干渉光学ヘッド152)によるスキャンを行い、第1測定結果を得る。このスキャンを「ファーストスキャン」と言う。

【0048】

ここで、ファーストスキャンのスキャン範囲は、測定の際の対象物Wと測定ヘッドとの距離(光軸に沿った距離:深さとも言う)の移動範囲のことである。ファーストスキャンのスキャンピッチは、測定の際の対象物Wと測定ヘッドとの距離の変化の間隔のことである。例えば、図8(a)に示すように、対象物Wが円筒内壁であった場合、第1スキャン範囲W1として、測定範囲内での湾曲している円筒内壁の全体の深さよりも僅かに広い範囲を設定する。また、第1スキャンピッチP1として、少なくとも凹部の形状を取得できる程度のピッチを設定する。ファーストスキャンにおいては、撮像部25のシャッターを開放したまま撮像を行うと、高速スキャンのために画像の鈍りが生じやすい。そこで、シャッター速度および光量を上げて撮影を行うことが望ましい。ファーストスキャンの際には、プログラム処理によってシャッター速度および光量が自動的に設定される。そして、この設定された測定条件で、第1スキャン範囲W1および第1スキャンピッチP1での測定を行い、第1測定結果を得る。

40

50

【 0 0 4 9 】

次に、ステップ S 1 0 3 に示すように、第 2 領域の算出を行う。第 2 領域 R 2 を算出するには、第 1 測定結果を用いて第 1 領域 R 1 を求め、第 1 領域 R 1 以外の領域を第 2 領域 R 2 として求める。第 1 領域 R 1 が凹部（ピット）を含む場合、図 8（b）に示すように、第 1 測定結果から閾値（ステップ S 1 0 1 で設定した凹凸の閾値）を超えるデータを凹部（ピット）のある領域（第 1 領域 R 1）とする。

【 0 0 5 0 】

具体的には、第 1 測定結果の平均値から閾値を超えるデータを有する点（図中黒丸）のうち、面方向に閉じられる範囲（閾値を超える点が面方向に連続する範囲）をピットとして判定する。そして、ピットであると判定された領域を第 1 領域 R 1、第 1 領域 R 1 以外

10

【 0 0 5 1 】

ここで、第 2 領域 R 2 を求める際、第 1 測定結果の円筒軸方向（図 7（a）参照）の平均値から閾値を超えるデータを除外し、残りのデータを円筒軸方向（図 7（a）参照）に平均した値を表面基準位置として想定し、この表面基準位置から閾値を超えるデータの領域を第 1 領域 R 1、それ以外の領域を第 2 領域 R 2 としてもよい。図 9（a）には、表面基準位置 L V と、表面基準位置 L V を用いて求めた第 1 領域 R 1 および第 2 領域 R 2 の例が示される。表面基準位置 L V は、内壁面の表面として想定される基準となる深さであり、円筒軸方向では直線、円筒周方向では曲線、測定領域 R においては曲面として表される。表面基準位置 L V は、多項式による曲線（曲面）にフィッティングされてもよい。また

20

【 0 0 5 2 】

次に、ステップ S 1 0 4 に示すように、第 2 領域 R 2 の測定に適した測定条件の設定を行う。対象物 W が凹部（ピット）を含む円筒内壁の場合、円筒内壁の表面部が第 2 領域 R 2 となる。したがって、円筒内壁の表面部の測定に適した測定条件（例えば、光量）を設定する。

次に、ステップ S 1 0 5 に示すように、第 2 測定結果の取得を行う。すなわち、先に設定した第 2 領域 R 2 の測定に適した条件によって、対象物 W の表面について第 2 スキャン

30

【 0 0 5 3 】

図 9（b）には、セカンドスキャンにおける第 2 スキャン範囲 W 2 および第 2 スキャンピッチ P 2 の例が示される。セカンドスキャンの第 2 スキャン範囲 W 2 は、ファーストスキャンの第 1 スキャン範囲 W 1 よりも狭い。また、セカンドスキャンの第 2 スキャンピッチ P 2 は、ファーストスキャンの第 1 スキャンピッチ P 1 よりも細かい。

【 0 0 5 4 】

本実施形態では、第 2 スキャン範囲 W 2 として、表面基準位置 L V を含み、表面基準位置 L V の最も低い位置よりも凹んだ凹部の少なくとも底を含まない範囲を設定する。言い換えると、第 2 スキャン範囲 W 2 は、測定範囲内での湾曲している表面基準位置 L V の全体の深さよりも僅かに広い範囲を設定する。これにより、第 2 スキャン範囲 W 2 として、表面基準位置 L V は含むものの、少なくとも表面基準位置 L V の最も深い（低い）位置よりも凹んだ凹部については測定範囲から除外されることになる。

40

【 0 0 5 5 】

また、第 2 スキャンピッチ P 2 として、第 2 領域 R 2 である円筒内壁の表面部の形状を第 1 スキャンピッチ P 1 よりも細かく設定して、詳細なデータを取得する。これにより、詳細なデータが必要な範囲を効果的に設定することができる。なお、セカンドスキャンにおいては、撮像部 2 5 のシャッターを開放したまま撮像を行うことができる。セカンドスキャンの際には、プログラム処理によってシャッター速度および光量が自動的に設定され

50

る。

【0056】

次に、ステップS106に示すように、データの合成を行う。ここでは、第1測定結果のうちの第1領域R1のデータと、第2測定結果のうちの第2領域R2のデータとの合成を行う。この合成によって、測定領域Rについての測定結果として、第1領域R1については第1領域R1の測定に適した条件で取得したデータが反映され、第2領域R2については第2領域R2の測定に適した条件で取得したデータが反映される。

【0057】

このような測定方向および測定プログラムにおいて、第1領域R1の測定に適した第1測定結果の取得については、広い範囲を粗くスキャンして短時間で行うことができ、第2領域R2の測定に適した第2測定結果の取得では、狭い範囲を詳細にスキャンして高精度なデータの取得について必要以上の時間をかけないようにすることができる。したがって、最適な測定条件の異なる領域を含む対象物Wの表面を測定する場合、2回のスキャンであっても、短時間で形状測定することができるようになる。

【0058】

例えば、「エンジンボア」のような対象物Wでは、凹部（ピット）の間口の幅、深さに対しては μm オーダーの測定精度が要求され、一方、表面性状に対する粗さでは nm オーダーの測定精度が要求される。このような対象物Wについて、従来のマルチスキャン測定を適用する場合は、全ての測定に対して最も分解能の高い要求精度にあわせた測定ピッチで、全形状がカバーできる測定幅の範囲（実際は全体の形状より少し大きなレンジ）を設定し、かつ、表面に適した光量および凹部（ピット）の内部の測定に適した光量の、それぞれの光量で合成した3次元形状を生成する必要がある。このように広い範囲を高分解能で測定する場合、多大な時間を要することになる。

【0059】

一方、本実施形態のように、測定要求精度の違いに着目し、マルチスキャンの最初のスキャン（ファーストスキャン）を、測定対象領域全体において、粗いピッチで高速に測定し（ラフスキャン）、その結果から、細密な測定が必要な位置と、その測定レンジを推定する。そして、次のスキャン（セカンドスキャン）では、細密なスキャン（ファインスキャン）を行い、その3次元形状を合成することで、測定領域Rの全体の測定における高速化を図ることができる。

【0060】

エンジンボアを対象物Wとした場合、第1スキャン範囲W1は約 $100\mu\text{m}$ 程度であり、第1スキャンピッチP1は約 80nm ～ 100nm 程度である。また、第2スキャン範囲W2は約 $10\mu\text{m}$ ～ $20\mu\text{m}$ 程度であり、第2スキャンピッチP2は約 60nm 程度である。本実施形態を適用することで、従来のマルチスキャン測定に比べて数日単位での測定時間の短縮化を達成することができる。

【0061】

ここで、上記説明した本実施形態に係る測定プログラムは、コンピュータ読取可能な記録媒体MMに記録されていてもよい。すなわち、図6に示すステップS101～ステップS106の一部または全部を、コンピュータに読み取り可能な形式で記録媒体MMに記録してもよい。また、本実施形態に係る測定プログラムは、ネットワークを介して配信されてもよい。

【0062】

なお、上記に本実施形態を説明したが、本発明はこれらの例に限定されるものではない。例えば、測定ヘッドとして白色光干渉法による光干渉光学ヘッド152を用いているが、画像プローブやレーザプローブであっても適用可能である。また、測定ヘッドとして、画像光学ヘッド151を対象物Wに照射する光の光軸方向に走査し連続的に取得した画像からCCDの各ピクセルにおけるコントラストのピークを検出することにより対象物Wの3次元形状を得るPFF（Points From Focus）も適用可能である。

【0063】

また、測定の対象物Wについて、凹部（ピット）を有する円筒内壁の例を示したが、例えば、段差を有する表面について、段差の低い部分と高い部分とで測定条件が異なるような対象物Wであっても本実施形態は有効である。また、例えば、ホーニング加工によりクロスハッチ（網状の溝）が形成されたシリンダの内壁面を対象物Wにする場合にも本実施形態は有効である。

【 0 0 6 4 】

さらに、上記実施形態では、（ 6 ）データを合成する工程（図 6 のステップ S 1 0 6 の処理）を行って第 1 領域 R 1 のデータと第 2 領域 R 2 のデータとを合成しているが、第 1 領域のデータおよび第 2 領域 R 2 のデータのいずれか一方のみ必要な場合には、合成を行わずに一方のデータのみを出力するようにしてもよい。

10

【 0 0 6 5 】

また、前述の各実施形態に対して、当業者が適宜、構成要素の追加、削除、設計変更を行ったものや、各実施形態の特徴を適宜組み合わせたものも、本発明の要旨を備えている限り、本発明の範囲に含有される。

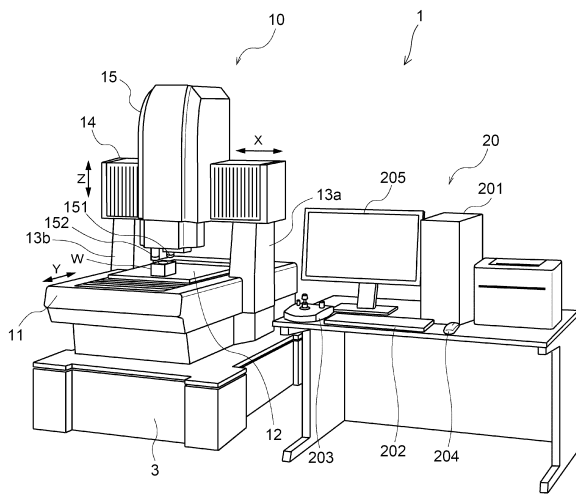
【 符号の説明 】

【 0 0 6 6 】

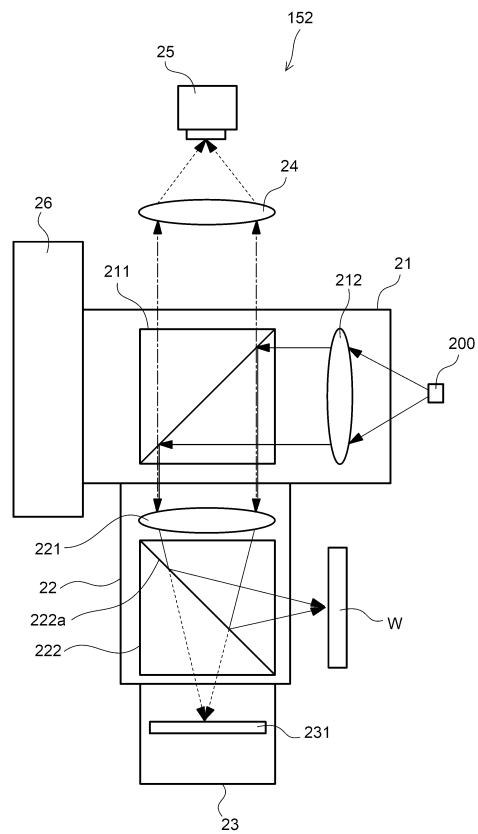
1 ... 画像測定装置	
3 ... 除振台	
1 0 ... 装置本体	
1 1 ... 架台	20
1 2 ... ステージ	
1 3 a ... 支持部	
1 4 ... X 軸ガイド	
1 5 ... 撮像ユニット	
2 0 ... コンピュータシステム	
2 1 ... 光干渉光学ヘッド部	
2 2 ... 対物レンズ部	
2 3 ... 参照ミラー部	
2 4 ... 結像レンズ	
2 5 ... 撮像部	30
2 6 ... 駆動機構部	
1 5 1 ... 画像光学ヘッド	
1 5 2 ... 光干渉光学ヘッド	
2 0 0 ... 光出射部	
2 0 1 ... コンピュータ本体	
2 0 2 ... キーボード	
2 0 3 ... ジョイスティック	
2 0 4 ... マウス	
2 0 5 ... ディスプレイ	
2 1 1 ... ビームスプリッタ	40
2 1 2 ... コリメータレンズ	
2 2 1 ... 対物レンズ	
2 2 2 ... ビームスプリッタ	
2 2 2 a ... 反射面	
2 3 1 ... 参照ミラー	
3 1 1 ... C P U	
3 1 2 ... インタフェース	
3 1 3 ... 出力部	
3 1 4 ... 入力部	
3 1 5 ... 主記憶部	50

- 3 1 6 ...副記憶部
- L V ...表面基準位置
- M M ...記録媒体
- R ...測定領域
- R 1 ...第1領域
- R 2 ...第2領域
- S ...内壁面
- W ...対象物

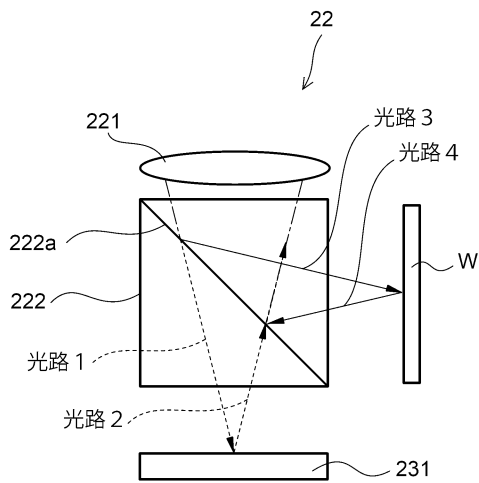
【図1】



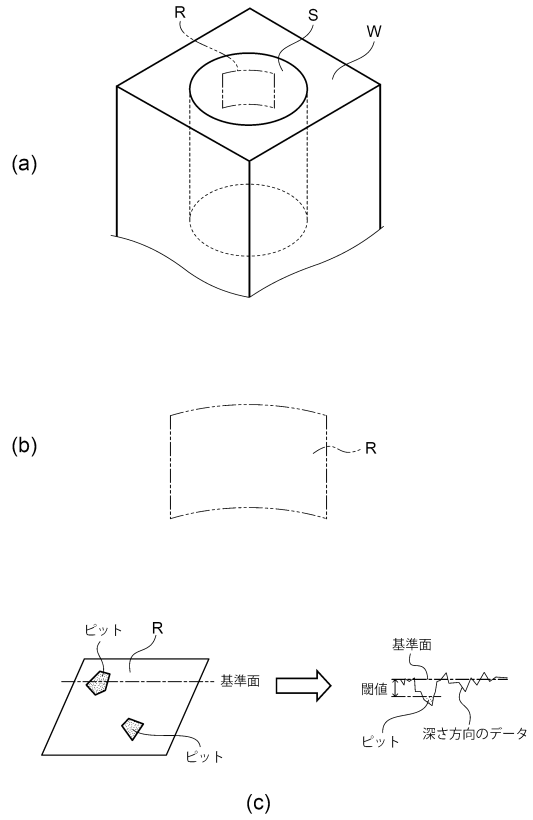
【図2】



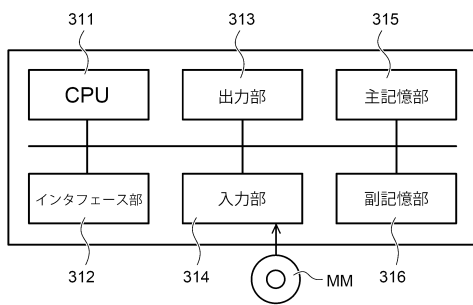
【図3】



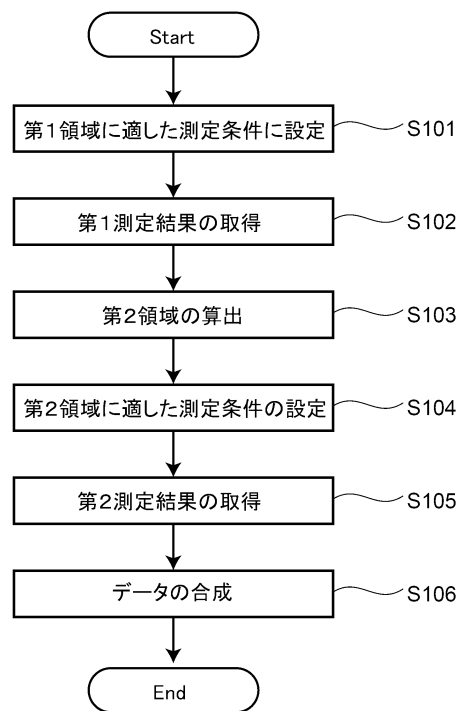
【図4】



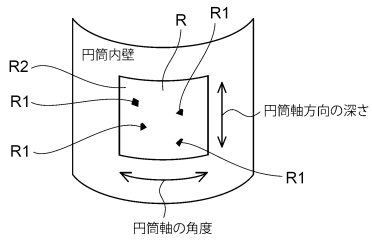
【図5】



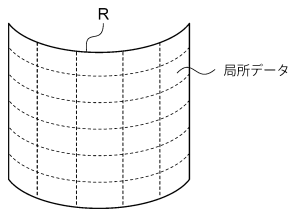
【図6】



【図7】

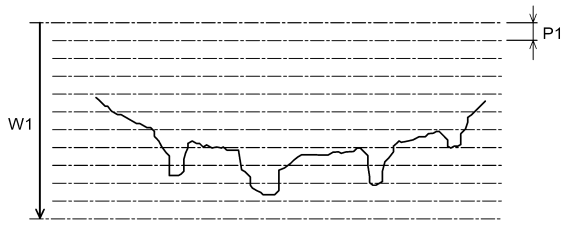


(a)

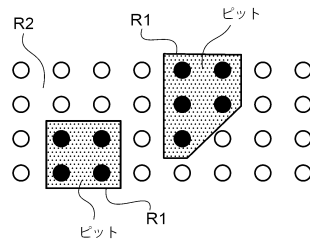


(b)

【図8】

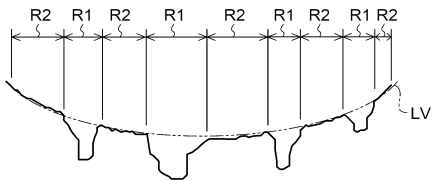


(a)

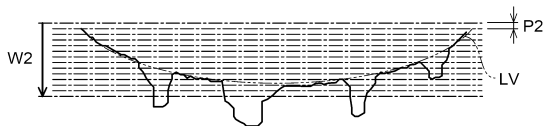


(b)

【図9】



(a)



(b)

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2004-317190(JP,A)
特開2004-170509(JP,A)
国際公開第2012/008031(WO,A1)
特開2014-174047(JP,A)
特開2013-174621(JP,A)
米国特許第05471303(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 9/00 - 9/10
11/00 - 11/30
G01N 21/84 - 21/958