

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6671938号
(P6671938)

(45) 発行日 令和2年3月25日(2020.3.25)

(24) 登録日 令和2年3月6日(2020.3.6)

(51) Int.Cl.		F I			
GO 1 B	11/24	(2006.01)	GO 1 B	11/24	A
GO 1 B	11/30	(2006.01)	GO 1 B	11/30	A
GO 1 N	21/952	(2006.01)	GO 1 N	21/952	

請求項の数 23 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2015-236519 (P2015-236519)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成27年12月3日 (2015.12.3)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2016-114602 (P2016-114602A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成28年6月23日 (2016.6.23)	(74) 代理人	100082337
審査請求日	平成30年11月28日 (2018.11.28)		弁理士 近島 一夫
(31) 優先権主張番号	特願2014-254579 (P2014-254579)	(74) 代理人	100141508
(32) 優先日	平成26年12月16日 (2014.12.16)		弁理士 大田 隆史
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)	(72) 発明者	西脇 正行
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
		審査官	▲うし▼田 真悟

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表面形状測定装置、欠陥判定装置、および表面形状の測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光源と、

前記光源から出射される光を対象物にスポット光として結像するレンズと、

前記対象物から反射される反射光が入射される入射面と、前記入射面から入射した光を出射する出射面と、をそれぞれ備え、各々の前記入射面が隣接して配置された複数の導光部材と、

前記出射面に対向してそれぞれ配置され、前記入射面から入射され前記導光部材の出射面から出射される光を受光する複数の光センサと、を有し、

前記入射面にプリズム構造を有する光学部材を配置したことを特徴とする表面形状測定装置。

10

【請求項2】

光源と、

前記光源から出射される光を対象物にスポット光として結像するレンズと、

前記対象物から反射される反射光が入射される入射面と、前記入射面から入射した光を出射する出射面と、をそれぞれ備え、各々の前記入射面が隣接して配置された複数の導光部材と、

前記出射面に対向してそれぞれ配置され、前記入射面から入射され前記導光部材の出射面から出射される光を受光する複数の光センサと、を有し、

前記出射面が前記入射面に対向する側に配置され、前記入射面と前記出射面の間に焦点

20

位置を有する正の屈折力を有する光学部材をさらに有することを特徴とする表面形状測定装置。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の表面形状測定装置において、前記スポット光を所定の方向に走査し、前記対象物に複数のスポット光を入射させる光走査手段をさらに備えることを特徴とする表面形状測定装置。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の表面形状測定装置において、隣接して配置された前記導光部材の間に遮光部材を配置したことを特徴とする表面形状測定装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の表面形状測定装置において、前記入射面に対向する面に光拡散特性を有する光学部材を配置したことを特徴とする表面形状測定装置。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の表面形状測定装置において、前記導光部材の前記入射面、前記入射面の対向面、および前記出射面以外の界面に光反射特性を有する光学部材を配置したことを特徴とする表面形状測定装置。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の表面形状測定装置において、前記導光部材は、前記入射面から前記入射面に対向する面までの距離が 5 mm 以上であることを特徴とする表面形状測定装置。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の表面形状測定装置において、前記導光部材の前記入射面の近傍に前記対象物からの前記反射光を結像する結像素子を有し、前記結像素子がマイクロレンズアレイを含むことを特徴とする表面形状測定装置。

【請求項 9】

請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の表面形状測定装置において、前記導光部材の前記入射面の近傍に前記対象物からの前記反射光を結像する結像素子を有し、前記結像素子が前記導光部材の入射面にほぼ平行な円筒形状の光学面を有するシリンドリカルレンズを含むことを特徴とする表面形状測定装置。

【請求項 10】

請求項 1 に記載の表面形状測定装置において、前記導光部材の入射面が前記導光部材の長手面であり、前記導光部材の出射面が前記導光部材の短手面であり、前記光センサが前記短手面から出射される前記反射光を受光するように配置されることを特徴とする表面形状測定装置。

【請求項 11】

請求項 2 に記載の表面形状測定装置において、前記導光部材がその入射面側と出射面側で異なる大きさを有することを特徴とする表面形状測定装置。

【請求項 12】

請求項 2 または 11 に記載の表面形状測定装置において、前記導光部材の、前記入射面と前記出射面の間とを結ぶ両側縁が、前記入射面から前記出射面に向かって前記導光部材が先細りとなるよう凹凸形状に形成されていることを特徴とする表面形状測定装置。

【請求項 13】

請求項 2、11 または 12 に記載の表面形状測定装置において、前記導光部材の両側縁の凹凸形状により前記導光部材が先細りとなる部分の入口付近に前記光学部材の焦点位置が位置することを特徴とする表面形状測定装置。

【請求項 14】

請求項 2、11 から 13 のいずれか 1 項に記載の表面形状測定装置において、前記光学部材がフレネルレンズであることを特徴とする表面形状測定装置。

【請求項 15】

請求項 1 に記載の表面形状測定装置において、前記導光部材は、前記入射面と交差する

10

20

30

40

50

断面が円形である円筒形状を有し、前記入射面に対応する円筒面から前記対象物で反射された反射光を入射させ、前記入射面とは異なる出射面から前記光センサに対して出射させることを特徴とする表面形状測定装置。

【請求項 16】

請求項 15 に記載の表面形状測定装置において、前記導光部材の前記入射面に対向する円筒面が、前記入射面から入射された光を拡散させる拡散部を構成することを特徴とする表面形状測定装置。

【請求項 17】

請求項 16 に記載の表面形状測定装置において、前記拡散部が、前記導光部材とは別体の弓型断面の拡散部材から成ることを特徴とする表面形状測定装置。

10

【請求項 18】

請求項 10 に記載の表面形状測定装置において、前記導光部材の入射面が前記導光部材の長手面であり、前記光センサに対する複数の前記導光部材の前記反射光の出射面が、複数の前記導光部材の同じ側の端部の短手面であることを特徴とする表面形状測定装置。

【請求項 19】

請求項 18 に記載の表面形状測定装置において、複数の前記導光部材の同じ側の端部の出射面から、複数の前記導光部材の各々につき配置された前記光センサの受光面へと前記反射光をそれぞれ導光する複数の光ガイド部材を備え、複数の前記光ガイド部材は、複数の前記光ガイド部材から出射される前記反射光の光軸が、複数の前記光ガイド部材の外部において交差しないように導光する形状を有することを特徴とする表面形状測定装置。

20

【請求項 20】

請求項 1 から 19 のいずれか 1 項に記載の表面形状測定装置において、前記各光センサの出力の和と差の比に基づき、前記対象物の表面形状を測定することを特徴とする表面形状測定装置。

【請求項 21】

請求項 1 から 20 のいずれか 1 項に記載の表面形状測定装置により測定した前記対象物の表面形状に応じて当該の対象物の欠陥判定を行う欠陥判定部を備えたことを特徴とする欠陥判定装置。

【請求項 22】

対象物にスポット光を入射し、
前記対象物から反射された反射光を複数の導光部材の各入射面に入射し、
前記各入射面に入射され、前記導光部材の各出射面から出射される光を複数の光センサが受光し、
前記各光センサの出力の和と差の比に基づき前記対象物の表面形状を測定する測定方法であって、

30

前記入射面に設置されたプリズム構造を有する光学部材により前記反射光を屈折させることを特徴とする表面形状の測定方法。

【請求項 23】

対象物にスポット光を入射し、
前記対象物から反射された反射光を複数の導光部材の各入射面に入射し、
前記各入射面に入射され、前記導光部材の各出射面から出射される光を複数の光センサが受光し、
前記各光センサの出力の和と差の比に基づき前記対象物の表面形状を測定する測定方法であって、

40

前記出射面が前記入射面に対向する側に配置され、前記入射面と前記出射面の間に焦点位置を有する正の屈折力を有する光学部材により前記反射光を屈折させることを特徴とする表面形状の測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本発明は、対象物を照明し、対象物の被測定面で反射された反射光を受光する光センサの出力を介して対象物の形状を測定する表面形状測定装置、この表面形状測定装置の測定結果に応じて欠陥判定を行う欠陥判定装置、および表面形状の測定方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来より、表面欠陥検査などの目的で、対象物の表面形状を光学的に測定する手法が種々知られている。例えば、対象物に照明光を照射して、反射光をカメラでとらえ欠陥を検出する手法はそのひとつである。近年では、デジタルカメラが広く普及しており、例えば画像データ解析との相性が良いカメラ撮影方式の表面形状測定は様々な場面で使用されている。

10

【0003】

一方、カメラ技術以外では、例えばレーザを光源として偏光器で対象物表面を走査して、その反射光から表面欠陥を検出する手法もある。この手法では、レーザ照明光により対象物表面を走査し、その反射光を導光部材で受光して欠陥検出を行う（例えば下記の特許文献1）。特許文献1には、導光部材端部に配置した光センサから照明光走査と同期して出力を取り出す、あるいはさらに照明光走査の複数ライン分の光センサ出力から対象物の2次元的な表面形状に対応する測定データを生成する手法が記載されている。

【0004】

また、対象物の表面形状が異なれば、その部位で反射される反射光の方向が変化する。この現象を利用して、例えばレーザ照明光のスポットから反射される光の方向を表面形状に相当する測定出力として利用する手法も考えられる。反射光の結像ないし照射位置を検出するには、いわゆるスプリットPD（フォトダイオード）のような光センサデバイスを利用できる。スプリットPDを1つ用いた受光系では、対象光の1次元的な結像ないし照射位置の偏移を測定できる。また、4分割センサ（例えば下記の特許文献2）を用いて2次元的な対象光の結像ないし照射位置を検出する手法も知られている。特許文献2の4分割センサの構成は、対象物までの距離変化を検出するために用いられている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平6-294758号公報

【特許文献2】特開昭63-196807号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

光学的な表面形状測定を利用して例えば部品の欠陥検出を行う場合、対象物の表面欠陥はデジタルカメラで検出できるようなコントラストがはっきりした欠陥ばかりとは限らない。例えば表面の微小形状変化のように、デジタルカメラではコントラスト変化として検出するのが困難な表面欠陥も存在する。この種の表面欠陥は、カメラと照明を特殊な配置とすることで検出できる場合もあるが、通常、照明の角度やカメラの位置をその都度調整する必要があり、自動的な測定を行うのが難しい。また、例えば形状以外にも対象物の表面性状が部位によって変化する場合などにおいては、画像データ中のコントラスト変化から、例えば形状に起因する変化と、表面性状に起因する変化を分離するのは難しく、安定した欠陥検出を行うのは非常に困難である。

40

【0007】

そして、多くの場合このような表面の微小形状変化は製品の機能に影響を与える。製品の管理から考えると表面形状を検出するだけでなくその形状を定量化しなくてはならない。また、1つの部品を検査する時間も生産面から要求されている。このためには検査範囲の拡大は不可欠な内容である。

【0008】

50

計測範囲の拡大という観点では特許文献1で開示された技術は比較的容易である。それは走査部の拡大、導光部材の延長で対応するだけである。ただ、この方法では形状変化を検出することは可能かもしれないが、定量的にとらえるのは難しいという問題がある。

【0009】

特許文献2で示されているように反射光の形を4分割センサの出力を処理する方法がある。しかしながら、特許文献2の構成では、照明光学系と受光系の光軸が同軸であることが要求される。対象物の形状などによっては、照明光学系と受光系の光軸を同軸にするのが困難である場合も考えられる。

【0010】

本発明の課題は、上記に鑑み、簡単安価な構成により、光センサを用いて対象物の微細な表面形状を確実に測定でき、また、測定した表面形状に応じて信頼性の高い対象物の欠陥測定を行えるようにすることにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記課題を解決するため、本発明においては、光源と、前記光源から出射される光を対象物にスポット光として結像するレンズと、前記対象物から反射される反射光が入射される入射面と、前記入射面から入射した光を出射する出射面と、をそれぞれ備え、各々の前記入射面が隣接して配置された複数の導光部材と、前記出射面に対向してそれぞれ配置され、前記入射面から入射され前記導光部材の出射面から出射される光を受光する複数の光センサと、を有し、前記入射面にプリズム構造を有する光学部材を配置する構成を採用した。

【発明の効果】

【0012】

上記構成によれば、長手面（入射面）が対象物の長手方向と沿うように隣接して配置された複数の導光部材の出射面にそれぞれ光センサを配置する簡単安価な構成により、対象物の表面形状測定を行うことができる。あるいはさらに、この表面形状測定結果を用いて対象物の欠陥測定を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の実施例1における表面形状測定装置と、この表面形状測定装置を利用する欠陥判定部の全体構成を示した斜視図である。

【図2】図1の走査ユニットの構成を示した説明図である。

【図3】図1の検出ユニットの構成を示した断面図である。

【図4】図1の検出ユニットの反射光の入射面（下面）を示した説明図である。

【図5】図1の検出ユニットの構成を示し、（A）は図4のA部を拡大した説明図、（B）は図5（A）のA-A'線に沿った断面図である。

【図6】図1の検出ユニットに反射光が入射した状態を示した説明図である。

【図7】図1の検出ユニットの光センサの出力を示した説明図である。

【図8】本発明の実施例2における表面形状測定装置ないしこの表面形状測定装置を利用する欠陥判定装置の全体構成を示した斜視図である。

【図9】図8の検出ユニットの構成を示し、（A）は同検出ユニットをX方向から示した説明図、（B）は同検出ユニットをY方向から示した説明図、（C）は同検出ユニットをZ方向から示した説明図である。

【図10】本発明の実施例3における表面形状測定装置ないしこの表面形状測定装置を利用する欠陥判定装置の全体構成を示した斜視図である。

【図11】図10の検出ユニットの構成を示し、（A）は同検出ユニットをX方向から示した説明図、（B）は同検出ユニットをY方向から示した説明図、（C）は同検出ユニットをZ方向から示した説明図である。

【図12】図10、図11の検出ユニットに反射光が入射した状態を示した説明図である。

【図13】本発明の実施例4における表面形状測定装置ないしこの表面形状測定装置を利用する欠陥判定装置の全体構成を示した斜視図である。

【図14】図13の検出ユニットの断面構成を示した説明図である。

【図15】(A)、(B)、(C)は図13の検出ユニットに対する異なる入射状態を示した説明図である。

【図16】本発明の実施例5における表面形状測定装置ないしこの表面形状測定装置を利用する欠陥判定装置の全体構成を示した斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、添付図面に示す実施例を参照して本発明を実施するための形態につき説明する。なお、以下に示す実施例はあくまでも一例であり、例えば細部の構成については本発明の趣旨を逸脱しない範囲において当業者が適宜変更することができる。また、本実施形態で取り上げる数値は、参考数値であって、本発明を限定するものではない。

10

【実施例1】

【0015】

(ハードウェア構成)

図1は本実施例における表面形状測定装置(ないしこの表面形状測定装置を利用する欠陥判定装置)の全体構成を示している。図1中にはX、Y、Zの3次元座標軸を示しており、以下では必要に応じてこの座標系を用いて説明を行う。

【0016】

20

図1の表面形状測定装置の測定対象である対象物2は円筒形状である。対象物2は、その稜線方向(長手方向)が後述の走査ユニット1の走査照明光の走査方向、および後述の検出ユニット4(受光手段)の導光部材404、405の長手方向と一致するように配置される。また、図1中の座標系では、上記の走査方向と各長手方向はY軸とほぼ平行に取られている。

【0017】

対象物2は例えばプリンタなどにおいて用いられる搬送ローラなどを想定しているが、対象物2は必ずしも円筒形状であることを要しない。対象物2のY方向の長さ(全長)は、例えば数cm~10数cm~数10cm程度の範囲とする。その場合、対象物2の全長を検査するには、検出ユニット4(受光手段)、特にその導光部材404、405のY方向の長さは対象物2の全長と同程度、あるいはそれよりも大きく構成する。

30

【0018】

図1の表面形状測定装置は照明光走査手段、例えば図2に示すようなガルバノミラーを利用した走査ユニット1を有する。この走査ユニット1により対象物2に対してレーザー光を照射し、対象物2を照明する。対象物2の被測定面を長手方向に走査した照明光の反射光が、検出ユニット4(前記受光手段)に入射される。

【0019】

図2は、走査ユニット1の構成例を示している。同図において、走査ユニット1は、対象物2以外の部材により構成される。図示のように、レーザー光は走査ユニット1内に配置された光源101(半導体レーザー素子など)から出射され、ミラー102で反射させて偏向器103に入射させる。図中の一点鎖線はレーザー光線の光路を示している。

40

【0020】

偏向器103は、例えば以下のようなガルバノミラーを用いた光偏向系により構成される。例えば、偏向器103はガルバノモータで駆動される反射ミラー(ガルバノミラー)から構成する。反射ミラー(ガルバノミラー)の反射面はガルバノモータ(不図示)の回転軸に装着される。このモータに正弦波信号を与えことにより、偏向器103を構成する反射ミラー(ガルバノミラー)が振動する。偏向器103で反射されたレーザー光はレンズ104を介して対象物2の表面に結像される。

【0021】

偏向器103の運動によって、対象物2の表面に結像したレーザー光スポットは対象物2

50

の稜線方向（長手方向）に直線的に走査される。また、走査ユニット1には、光センサ105を設けてある。この光センサ105は、例えば偏向器103により走査されるレーザー光の1ラインの先頭を検出できるような位置に配置される。後述の測定演算部5の表面形状測定処理は、光センサ105の出力信号を用いてライン同期させることができる。

【0022】

例えば、上記の走査ユニット1のレーザー照明光のライン走査に同期して、不図示の駆動系により円筒形の対象物2を微量ずつ回転駆動し、照明光走査の各ラインについて後述の表面形状測定を繰り返す。これにより、対象物2の全周に渡って表面形状測定を行うことができる。走査ユニット1による走査時間と、対象物2の回転駆動速度を設定することで対象物2の全体の表面形状変化を高速に測定することができる。

10

【0023】

なお、走査ユニット1は光をスポットとみなせるサイズの点状照明で対象物2の表面を照明し、時間的に位置変化を与えられる照明光走査手段であれば、上記のようなガルバノ偏向系のみならず、任意の構成を用いて構わない。例えば、偏向器103には、ガルバノミラーの代わりに、多角形配置された反射面を有し、モータなどによって回転駆動されるポリゴンミラーを用いてもよい。また、LEDアレイ（LEDプリンターヘッド）をレンズ104の後方に配置して、LEDアレイのLEDを1つずつ、あるいは同一点とみなせるサイズに対応する複数のLED発光素子をライン方向に順次、同時発光させる。このような構成によっても、上記同様の照明光走査手段を構成することができる。

【0024】

20

再び図1において、対象物2は上記の走査ユニット1の走査照明光により照明される。検出ユニット4（受光手段）は、走査ユニット1の照明により生じた対象物2からの反射光のうち、走査照明光とほぼ90°の角度を有する反射光を受光するように配置する。なお、走査照明光と検出ユニット4で受光する反射光の角度は、上記90°に限定されない。後述の表面形状測定を充分行える反射光量を検出可能な状態であれば、検出ユニット4（受光手段）は走査照明光に対して任意の反射角度を持つ反射光を検出するように配置しても構わない。なお、「反射光量を検出可能な状態」とは、例えば後述の検出ユニット4の光センサ410、411で発生するノイズと比較して、対象物2から反射光を判別可能な状態のことをいう。例えば、光センサ410、411の信号強度をS、ノイズの信号強度をNとした時、その比S/Nが1以上の状態である。

30

【0025】

対象物2からの反射光は、検出ユニット4（受光手段）の受光面（入射面）に対して結像素子3を介して入射される。結像素子3は、検出ユニット4（受光手段）の受光面（入射面）の近傍に対象物2からの反射光を結像させる。

【0026】

結像素子3には、例えばマイクロレンズアレイ（例えばセルフロック（登録商標）レンズなど）を用いることができる。マイクロレンズアレイは屈折率分布レンズである小型（マイクロ）レンズを直線状に並べたレンズアレイである。マイクロレンズアレイを用いる場合、当然ながら結像素子3のマイクロレンズアレイの各レンズは検出ユニット4（受光手段）の受光面の方向を向くよう配置される。

40

【0027】

なお、結像素子3には、シリンダリカル（円筒）レンズを用いることもできる。シリンダリカル（円筒）レンズを用いる場合、その円筒形状の光学面は、検出ユニット4（受光手段）の受光面の近傍に対象物2からの反射光を結像できるように配置する。その場合、例えばシリンダリカルレンズの円筒形状の光学面は検出ユニット4（の導光部材404、405）の入射面（図1ではその下面）にほぼ平行に配置されることになる。

【0028】

図1において、対象物2からの反射光はZ方向に反射するため、検出ユニット4の入射面は図中下向きに配置する。検出ユニット4は、下記の如く2本の導光部材404、405（図3）とこれら導光部材それぞれの端部に配置した光センサ410、411から成る

50

基本構成を有する。

【0029】

より詳細には、検出ユニット4は、その入射面を導光部材404および405に分ける直線が図1のY軸に平行で、かつ対象物2上の走査ユニット1の照明光走査ラインと平行になるよう配置される。結像素子3の配置方向も同様で、対象物2上の走査ユニット1の照明光走査ラインと平行になるよう配置される。特に、結像素子3のマイクロレンズの各光軸は、対象物2上の走査ユニット1の照明光走査ラインと、上記の検出ユニット4を導光部材404および405に分ける直線を結ぶような方向に取られる。上記のような条件を満足する配置の1つは、例えば対象物2上の照明光走査ラインのZ方向直上に、照明光走査ラインと平行に結像素子3、および導光部材404と405を分ける直線を配置し、結像素子3の各光軸をZ方向(上向き)に取る配置である。

10

【0030】

検出ユニット4に入射した検出光は導光部材404、405の内部で反射を繰り返し、光センサ410、411に入射する。光センサ410、411の出力は測定演算部5に入力される。測定演算部5は、AD変換してデジタルデータとして取り込み、光センサ410、411の出力の分布に応じて表面形状測定処理を行う。

【0031】

また、測定演算部5の表面形状測定結果に応じて対象物2の欠陥判定を行うこともできる。図1には、測定演算部5の表面形状測定結果を利用する手段として、欠陥判定部430を示してある。欠陥判定部430で行う欠陥判定については後述する。

20

【0032】

図3および図4は検出ユニット4の構成をより詳細に示している。図3は検出ユニット4の(図1のXZ平面に平行な)断面を、図4は検出ユニット4の入射面(下面)をそれぞれ示している。

【0033】

検出ユニット4は、その下面の長手面(入射面)が対象物2の長手方向と沿うように隣接して配置された複数の導光部材404、405を有する。導光部材404、405は、例えば光透過性が高い透明材料、例えばアクリルや各種光学ガラスなどを用いて直方体形状に形成する。本実施例では、導光部材404、405の材質はアクリルを想定している。

30

【0034】

本実施例では、導光部材404、405の短手面を出射面として用いており、従って、導光部材404、405の短手面に対向して、それぞれ光センサ410、411が配置される。光センサ410、411は、導光部材404、405の長手面から入射され、これらの出射面から出射される光を受光する。

【0035】

導光部材404、405は、入射面を構成する長手面から、後述の拡散板406、407を配置した対向面までの(図1、図3におけるZ方向の)断面の長さは少なくとも5mm以上離間する程度の大きさとする。例えば上記の全長数cm~数10cm程度の対象物2に対応する同程度の全長を有する導光部材404、405では、中心部に入射した光が光センサ410、411まで伝達される効率を考慮すると、上記断面の長さは5mm~10mm程度とするのが好ましい。

40

【0036】

さらに、検出ユニット4には、導光部材404、405の光伝達効率を向上するため、次のような構成を設けることができる。即ち、検出ユニット4には、プリズム板401、402、遮光板(遮光部材)403、拡散板406、407、反射板408、409、415、416を設けてある。

【0037】

図3に示すように、プリズム板401、402は、導光部材404、405に入射されその内部を全反射を繰り返して伝達される光の方向を光センサ410、411の受光に適

50

した方向に調整するためのものである。プリズム板401、402は、好ましくは導光部材404、405の下面(入射面)側に密着あるいは接着するよう配置する。

【0038】

なお、図3のように、導光部材404、405の下面のプリズム板401、402は相互に隣り合う中央部のみが実質的な入射部417(開口部)として露出するよう、外側の下縁部をカバー418、419で覆ってある。カバー418、419の内面は、後述の反射板408、409、415、416と同様、反射面で構成してもよい。また、カバー418、419の外(下)面には、不要な反射を防止するためマット黒色塗装などを施してもよい。

【0039】

図5(A)は、プリズム板401、402の機能を示すべく図4のA部を拡大して示している。図5(A)に示すように、プリズム板401、402は、Y方向(図の左右方向)に微小プリズムを規則的に配列したプリズム構造を有する光学部材である。プリズム板401、402は、樹脂(例えばアクリルなど)などの材質から射出成形などによって構成される。

【0040】

図5(B)は、図5(A)のA-A'に沿ったプリズム板401、402の断面を示している。プリズム板401、402を構成する微小プリズムは、例えば同図に示すようにほぼ90°で凹凸を繰り返す形状とする。このプリズム板401、402を構成する微小プリズムひとつのY方向(図の左右方向)の幅は導光部材404、405の全長(例えば上記の例では数cm~数10cm)に比べて十分に小さくとられる。本実施例では、このプリズム板401、402を構成する微小プリズムひとつのY方向(図の左右方向)の幅は例えば0.01mm前後とする。

【0041】

プリズム板401、402と導光部材404、405は、好ましくはそれぞれ密着するよう配置する。例えば、プリズム板401と導光部材404、プリズム板402と導光部材405を接着によって結合する。

【0042】

対象物2からの反射光はこのプリズム板401、402の屈折作用を受けて導光部材404、405に入射する。対象物2からの反射光は、理論的にはZ方向の入射角度を有するが、この入射角度はプリズム板401、402によって、種々の方向に偏向される。これにより、プリズム板401、402がない場合よりも、導光部材404、405の全反射界面に対する入射角度がランダムになり、効率よく導光部材404、405の短手面(端面)方向に伝達されるようになる。

【0043】

なお、本発明ではプリズム板401、402の微小プリズム構造は光入射側(図1、図3の下面側)に存在するが、光出射側に形成されていてもよく、また、光入射側および光出射側の両方に形成されていてもよい。また、プリズム板401、402と導光部材404、405は、必ずしも密着するよう配置しなくてもよく、ある程度離間して配置されていてもよい。

【0044】

遮光板403は、導光部材404、405の間にこれら導光部材の全長に渡り配置する。遮光板403は、導光部材404、405間で光信号のクロストークが発生しないよう遮光するための遮光部材として機能する。遮光板403には、例えば薄い金属板を用いることができるが、基本的には光透過率(ほぼ)0の遮光材料であれば、任意の材料を用いることができる。また、遮光板403の両面は、後述の反射板408、409、415、416と同様、反射面で構成するか、あるいは拡散板406、407のような光拡散面とすることもできる。あるいは、遮光板403の両面はマット黒色塗装などとしてもよい。なお、遮光板403は、後述の拡散板406、407まで含めて導光部材404の側と、405の側を分離するように幅を決めるのが望ましい。

10

20

30

40

50

【0045】

図3に示すように、導光部材404、405のプリズム板401、402とは反対側の長手面には、拡散板406、407を配置してある。拡散板406、407は、光拡散性を有する光学部材である。拡散板406、407は、例えば乳白色アクリル板などの光拡散性の高い材質で射出成形などによって構成される。拡散板406、407を配置することにより、導光部材404、405の上内面から例えば対象物2の方向に直接向かうような不要な正反射光を抑制し、後述の反射板408、409（あるいは415、416）の方向に向かう成分を増加させることができる。

【0046】

なお、拡散板406、407は、導光部材404、405と別体の部材として図示してあるが、導光部材404、405に埋め込みされたものであってもよい。拡散板406、407は、好ましくは導光部材404、405と一体、ないし接着などにより密着させる構成とするが、導光部材404、405からある程度離間して配置してもよい。あるいは、導光部材404、405の上面に梨子地加工やブラスト加工を施して、拡散板406、407と同等の光拡散面を構成してもよい。また、拡散板406、407の代わりに導光部材404、405の表面に直接、光拡散性の高い白い塗料を塗布してもかまわない。

【0047】

上記のように、拡散板406、407を配置することにより、導光部材404、405の上内面から対象物2の方向に向かう正反射光を抑制し、ほぼ一様に光拡散させることができる。一方、光センサ410、411により大きな光量を入射させるには、拡散板406、407で拡散した光を、できるだけ導光部材404、405の内部に戻すことが必要である。また、導光部材404、405の界面を透過して導光部材404、405の外部に出射してしまう光を再び導光部材404、405の内部に向かわせることができればより望ましい。

【0048】

このため、本実施例では、導光部材404、405の入射面（下面）と、拡散板406、407が配置される対向面、光センサ410、411の配置される出射面以外の界面に反射板408、409、415、416を配置している。反射板408、409、415、416は光反射特性を有する光学部材で、例えば金属板やガラス板から成り、当然ながら少なくともその内面側を鏡面加工することにより光反射面として構成する。

【0049】

なお、反射板408、409、415、416も拡散板406、407と同様に導光部材404、405に対しては、密着、離間、いずれの配置でもよく、また、導光部材404、405と一体に形成してもよい。例えば、反射板408、409、415、416と同等の反射面は、鏡面加工などにより直接、導光部材404、405に形成されていてもよい。

【0050】

このように、反射板408、409、415、416を配置することにより、拡散板406、407で拡散した光をこれら反射板により反射させ、光センサ410、411の方向に無駄なく伝達することができる。また、導光部材404、405の界面に対して透過するような入射角を有する光についても反射板408、409、415、416で反射させて、光センサ410、411の方向に無駄なく伝達することができる。

【0051】

（表面形状測定）

次に、上記構成を用いて行う表面形状測定につき説明する。

【0052】

前述のように、結像素子3は、検出ユニット4（受光手段）の受光面（入射面）の付近に対象物2上に走査ユニット1が照射した（レーザ光）スポット像を結像させるよう配置される。対象物2側から入射した反射光は、導光部材404、405の内部で反射、散乱を繰り返し、導光部材404、405の1端面に配置した光センサ410、411に入射

10

20

30

40

50

することになる。

【 0 0 5 3 】

上記のように、対象物 2 上の照明光走査ラインの Z 方向の直上に、照明光走査ラインと平行に結像素子 3、および導光部材 4 0 4 および 4 0 5 の境界を配置した場合、結像素子 3 は導光部材 4 0 4、4 0 5 の境界付近にスポット像を結像することになる。この場合、図 6 に B で示すように、結像素子 3 はプリズム板 4 0 1、4 0 2 (それぞれ導光部材 4 0 4、4 0 5 の下部に配置される) の境界付近にスポット像を結像することになる。図 6 は、図 4 と同等の形式で検出ユニット 4 (受光手段) の受光面 (入射面) を下面側から示している。

【 0 0 5 4 】

ここで結像素子 3 により結像されるスポット像の強度分布が、図 6 の B のように例えば導光部材 4 0 4、4 0 5 の境界線に関して対称的であれば、導光部材 4 0 4、4 0 5、従って光センサ 4 1 0、4 1 1 に同じ強度の光が入射することになる。この場合、光センサ 4 1 0、4 1 1 の出力は理論上、等しくなる。

【 0 0 5 5 】

一方、対象物 2 の表面に形状変化、例えば X 軸方向に関する凹凸などがあると、走査ユニット 1 の照明光スポットが当たる対象物 2 上の照射位置、特に X 軸方向に関する位置が変化する。これに対応して、結像素子 3 による照明光スポット像の結像位置は、図 1、図 3 の X 軸方向に変化し、受光手段としての検出ユニット 4 の入射面において、導光部材 4 0 4 側に偏ったり導光部材 4 0 5 側に偏ったりする。これにより、検出ユニット 4 (受光手段) の受光面 (入射面) において照明光スポット像の位置変化が生じると、プリズム板 4 0 1、4 0 2 および導光部材 4 0 4、4 0 5 に入射する光量が変化する。

【 0 0 5 6 】

例えば、図 6 の A の状態では、プリズム板 4 0 2 即ち導光部材 4 0 5 の側に照明光スポット像の位置変化が生じ、光センサ 4 1 0 の出力が大きくなる。また、図 6 の C の状態では、プリズム板 4 0 1 即ち導光部材 4 0 4 の側に照明光スポット像の位置変化が生じ、光センサ 4 1 1 の出力が大きくなる。

【 0 0 5 7 】

図 7 は、図 6 の A、B、C の状態に対応する光センサ 4 1 0、4 1 1 の光検出出力 (縦軸) を示している。図 7 では、印により光センサ 4 1 0 の出力を、印により光センサ 4 1 1 の出力を示してある。同図に示すように、検出ユニット 4 (受光手段) に対する入射状態が図 6 の B の状態では、光センサ 4 1 0、4 1 1 の出力はほぼ等しい。一方、入射状態が図 6 の A の状態に変化すると、光センサ 4 1 0 の出力が光センサ 4 1 1 の出力より大きくなり、また、図 6 の C の状態では、光センサ 4 1 1 の出力が光センサ 4 1 0 の出力より大きくなる。

【 0 0 5 8 】

以上のようにして、光センサ 4 1 0、4 1 1 の出力分布を介して、対象物 2 の表面の凹凸などの形状変化を検出できることが判る。

【 0 0 5 9 】

そこで、測定演算部 5 では、例えば次のような表面形状測定処理を行うことができる。

【 0 0 6 0 】

上記のように光センサ 4 1 0、4 1 1 の出力分布 (大小) は、その測定タイミングで走査ユニット 1 によりスポット照射されている部位の表面形状に対応するものとして扱ってよい。そこで、測定演算部 5 では、ある測定タイミングにおいて得た光センサ 4 1 0、4 1 1 の出力を A/D 変換して得たデジタルデータを処理することで表面形状を評価することができる。以下では、光センサ 4 1 0、4 1 1 の出力をそれぞれ I A、I B と称する。

【 0 0 6 1 】

測定演算部 5 は、走査ユニット 1 とのクロック同期を介して、光センサ 4 1 0、4 1 1 の出力 I A、I B を走査ユニット 1 による 1 ラインの照明走査中に渡って多数取り込むことができる。そして、測定演算部 5 は、表面形状の測定演算において、ある測定 (クロッ

10

20

30

40

50

ク同期) タイミングにおいて、例えば光センサ410、411の出力の差($I_A - I_B$)と和($I_A + I_B$)を算出することができる。

【0062】

例えば、走査ユニット1による1ラインの照明走査中の表面形状変化は、当該ライン走査中における上記の光センサ410、411の出力の和と差の比($I_A - I_B$) / ($I_A + I_B$)の変化を介して検出することができる。この演算手法は、光センサ410、411の出力分布を評価する手法のひとつと言ってよい。

【0063】

なお、表面特性の変化、例えば対象物表面の反射率や粒状度の変化(形状変化を伴わない表面特性変化)は、光センサ410、411の出力の和($I_A + I_B$)を介して検出できる。上記のように、光センサ410、411の出力の和と差の比を取る演算では、分母に出力の和($I_A + I_B$)が入っているため、その測定タイミングにおける対象物2の測定部位の表面特性における出力分布(差($I_A - I_B$))を演算することができる。また、簡易な演算仕様では、単純に出力の差($I_A - I_B$)や比($I_A : I_B$)を介して当該ライン走査中の表面形状変化を検出してもよい。ただし、この簡易な演算仕様では、対象物2の測定部位の表面特性の変化による影響を受ける可能性がある。

10

【0064】

また、予め形状、寸法、高さなどが判っているサンプルを用いて校正を行うことにより、光センサ410、411の出力 I_A 、 I_B の分布から、実形状ないしはサンプルとの形状差に相当する形状データを取得することもできる。

20

【0065】

以上のようにして、測定演算部5で測定演算を行うことにより、光センサ410、411の出力 I_A 、 I_B の分布を介して、対象物2で反射光が反射した部位の表面形状を測定することができる。即ち、本実施例によれば、複数の導光部材404、405と光センサ410、411を用いた簡単安価な構成により、各光センサの出力分布に応じて、対象物2の微細な表面形状を確実に光学的に測定できる。例えば、上述の特許文献1のように導光部材とその端部の光センサを1組のみ用いる構成では、照明光走査の複数ライン分の光センサ出力から表面形状データを生成する複雑な演算処理が必要である。本実施例によれば、測定演算部5では、上記のような簡易な演算により、照明光走査の1ラインごとに、あるいは複数ラインに渡ってごく小さな演算コストで表面形状測定を行うことができる。

30

【0066】

(欠陥判定)

測定演算部5の表面形状測定結果を欠陥判定部430(図1)に出力し、欠陥判定部430によって表面形状測定結果に応じて対象物2の欠陥判定を行うこともできる。

【0067】

例えば、走査ユニット1のレーザ照明光のライン走査に同期して、不図示の駆動系により円筒形の対象物2を微量ずつ回転駆動し、照明光走査の各ラインについて後述の表面形状測定を繰り返す。これにより、対象物2の全周に渡って表面形状測定を行う。この時、測定演算部5では、上記のように、光センサ410、411の出力の和と差の比($I_A - I_B$) / ($I_A + I_B$)を算出することができる。この光センサ410、411の出力の和と差の比($I_A - I_B$) / ($I_A + I_B$)は、走査ユニット1のレーザ照明光の照明部位の表面形状に相当する表面形状データと考えることができる。

40

【0068】

そこで、走査ユニット1のスポット走査を制御するクロックなどに同期して、測定演算部5から光センサ410、411の出力の和と差の比($I_A - I_B$) / ($I_A + I_B$)を欠陥判定部430に出力する。これにより、例えば、欠陥判定部430では、スポット走査に同期して、各走査タイミングでの各光センサの出力の和と差の比($I_A - I_B$) / ($I_A + I_B$)のデータ列として、走査ユニット1のレーザ照明光の1走査ライン分の表面形状データを評価できる。

【0069】

50

欠陥判定部 430 では、この表面形状データの評価結果に応じて、対象物 2 の良否判定を行うことができる。例えば、走査ユニット 1 による照明走査の 1 ライン中において、走査タイミングにおける光センサ 410、411 の出力の和と差の比 $(I_A - I_B) / (I_A + I_B)$ が一定の範囲内の値であれば（その走査ラインに対応する部位は）欠陥なし、と判定する。また、光センサ 410、411 の出力の和と差の比 $(I_A - I_B) / (I_A + I_B)$ を予めサンプル測定などにより定めたしきい値を超えるような異常な部位が 1 ないし複数存在した場合は（その走査ラインに対応する部位は）欠陥あり、と判定する。

【0070】

また、欠陥判定部 430 の欠陥判定は、走査ユニット 1 による照明走査の複数ラインに渡って行うこともできる。例えば、上記の 1 ラインを対象とした欠陥判定の結果、走査ラインは欠陥ありの走査ライン、または欠陥なしの走査ラインに分類できる。そして、例えば対象物 2 の全周を走査した後、欠陥ありの走査ラインが検出されなければ、当該の対象物 2 は欠陥なし、と判定する。また、1 ないし複数の欠陥ありの走査ラインが検出された場合は当該の対象物 2 は欠陥あり、と判定する。

10

【0071】

また、次のような手法によって欠陥判定を行うこともできる。即ち、欠陥判定部 430 の欠陥判定を走査ユニット 1 による照明走査を対象物 2 全体に渡り行った後、光センサ 410、411 の出力の和と差の比（形状データ）、出力の和（輝度データ）によって 2 次元データを構築する。そして、これら形状データ・輝度データをそれぞれ 1 つずつ別の画像データとみなして、個別に画像処理を行うことにより欠陥判定を行う。

20

【0072】

また、輝度データの画像処理結果に基づいて形状データを参照して、あるいは形状データの画像処理結果に基づいて輝度データを参照することにより、欠陥判定を行うようにしてもよい。

【0073】

また、以上に例示した欠陥判定部 430 の欠陥判定結果に応じて、対象物 2 を良品、または不良品と分類することができる。そして、上記のようにして得た良否判定結果に応じて、対象物 2 の製造ないし搬送ラインを制御することができる。例えば、ロボットやコンベヤなどの搬送手段（不図示）を制御して、検査対象の対象物 2 を良品であれば良品を処理する次工程へ、不良品であれば不良品を処理する他の次工程へ搬送するよう、対象物 2 の製造ないし搬送ラインを制御することができる。

30

【0074】

以上のようにして、測定演算部 5 の表面形状測定結果を欠陥判定部 430 に出力し、表面形状測定結果に応じて欠陥判定部 430 によって対象物 2 の欠陥判定、あるいはさらに良否判定を行うことができる。

【0075】

（変形例など）

上述の表面形状測定装置において、対象物 2 の形状変化の測定限界を決定づける条件の 1 つは、走査ユニット 1 の照射する照明光のスポット径である。ここで、走査ユニット 1 の照射するスポット径より大きい形状変化が生じた場合、例えば対象物 2 の凹凸によってスポット径より大きな距離、スポットの照射位置が変化したような場合、反射光は検出ユニット 4 の導光部材 404、405 の片側に入射する。上述の表面形状測定装置のハードウェア構成では、このように結像素子 3 で結像されるスポット像が導光部材 404、405 の片側のみに入射するような大きさを超える形状変化は、その大きさを区別できない。

40

【0076】

一方、ある程度、広範囲の形状変化をとらえるには検出ユニット 4（受光手段）の入射面付近に結像させるスポット径を大きくしておく必要がある。検出ユニット 4（受光手段）の入射面付近に結像させるスポット径の結像サイズを調節する簡単な手法のひとつは、結像素子 3 と検出ユニット 4（あるいは対象物 2）の間隔配置を変えることである。例えば表面形状測定装置の設置現場で微調整を行えるように、結像素子 3 の位置を微量ずつ

50

変更できるような昇降機構を配置することも考えられる。このような構成により、表面形状測定装置の設置現場で極めて容易に表面形状測定の感度に係る調整を行うことができる。

【 0 0 7 7 】

ただし、スポット径をあまり大きくし過ぎると、対象物 2 の形状変化による位置変化の感度が下がるため、対象物 2 の微小形状変化を検出することができなくなる。この測定範囲、感度は実験にて決定すればよい。例えば、上述のような全長数 cm ~ 数 10 cm 程度、短手方向の径が 5 ~ 10 mm 程度の導光部材を用いる場合、走査ユニット 1 で照射するスポット径は 0.1 ~ 3 mm の範囲となるよう結像素子 3 の結像力を設定しておく。一般化して言えば、導光部材 404、405 の入射面付近においてこれら導光部材の短手方向の大きさよりも小さくなるよう、結像素子 3 の結像力を設定する。

10

【 0 0 7 8 】

図 1 ~ 図 4 に示した構成では、光センサ 410、411 は検出ユニット 4 (受光手段) の導光部材 404、405 の短手面の一方のみに配置し、他方の短手面には反射板 415、416 を設けている。しかしながら、導光部材 404、405 の両方の短手面に光センサ 410、411 を配置しても構わない。このように 1 つの導光部材に対して光センサを複数設ける場合には、例えば各光センサの出力の和を算出して、1 つの導光部材からの出力として扱うことができる。導光部材 404、405 の両方の短手面に光センサを配置する構成によれば、より有効に導光部材内を伝達される検出光の情報を表面形状測定に利用できる可能性がある。

20

【 0 0 7 9 】

また、光センサ 410、411 は、必ずしも導光部材 404、405 の短手面に面して設ける必要はない。例えば、光ファイバなどを介して、導光部材 404、405 の一方または両方の短手面から検出光を取り出し、他の適当な位置に配置した光センサ 410、411 に入射させるようにしてもよい。このように光ファイバなどを用いる構成によれば、光センサ 410、411 の配置の自由度が増し、よりコンパクトな装置外形で表面形状測定装置を構成できる可能性がある。

【 0 0 8 0 】

なお、以上では、導光部材 404、405 は、角棒状の亚克力などの樹脂材料から構成することを考えたが、長手方向 (面) と短手方向 (面) を有する構成であれば、材質や断面形状は上述の構成に限定されない。例えば、断面形状は必ずしも図 3 に示したような矩形形状である必要はなく、入射面や出射面は必ずしも平面でなくてもよい。例えば、導光部材 404、405 は複数の光ファイバを束ねたバンドルファイバなどを用いて構成することができる。

30

【 実施例 2 】

【 0 0 8 1 】

上記実施例では、光センサ 410、411 により検出光を受光する部位は、受光手段を構成する検出ユニット 4 の導光部材 404、405 の短手面としている。しかしながら、本発明に関しては、受光手段 (検出ユニット 4) の導光部材の長手面が入射面を構成する点に特徴があり、検出光を受光する部位は、導光部材の短手面に限定されるものではない。以下、図 8 および図 9 を参照し、検出光を受光する部位を導光部材の短手面とは異なる部位に配置した表面形状測定装置の構成例を示す。

40

【 0 0 8 2 】

図 8 および図 9 は、導光部材 404、405 の出射面がこれら導光部材の入射面を構成する長手面に対向する側に配置され、その出射面に対向して検出光を受光する光センサ 410、411 を配置した構成の一例を示している。また、図 8 および図 9 の構成では、導光部材 404、405 がその入射面側と出射面側で異なる大きさを有する点にも特徴がある。図 8 は図 1 と同様の様式で表面形状測定装置 (欠陥判定部 430 を含む) の構成を示している。また、図 9 (A)、(B) および (C) は、それぞれ図 8 の検出ユニット 4 の構成を図 8 の X、Y、Z の各方向から示している。以下では、上述の実施例と同一ないし

50

相当する部材には同一の参照符号を用い、その詳細な説明は省略するものとする。

【0083】

本実施例において、上述の実施例と異なるのは導光部材404、405の形状と、出射面および光センサ410、411の配置のみで、それ以外の構成は上述の実施例と同様であり、またそれらの細部については上述の実施例と同様の变形例が適用可能である。例えば、図8において走査ユニット1、対象物2、結像素子3、測定演算部5、欠陥判定部430については、上述の実施例のものと同様である。

【0084】

本実施例では、導光部材404、405の長手面の1つを入射面とし、対象物2および結像素子3に沿うよう平行に配置し、入射面の対向側を出射面としている。一般に、上述のような少なくとも数cmオーダの全長を有する対象物2や、それに見合う全長の導光部材404、405に対して、光センサ410、411の大きさは数mm程度のオーダでかなり小さい。このため、本実施例のように導光部材404、405の長手面(入射面)の対向側を出射面とする場合には、図8、図9(A)に示すように導光部材404、405の(YZ平面に沿う)断面形状を台形形状とするのが好適である。

10

【0085】

即ち、導光部材404、405の入射面側に対して光センサ410、411を配置する出射面側が次第に小さくなり、好ましくは光センサ410、411を対向配置する出射面側では各光センサの大きさのオーダのサイズとなるような形状とする。このような形状の導光部材404、405は、アクリル樹脂などの一体成形によって容易に構成できる。

20

【0086】

図8、図9(A)に示すような台形形状で導光部材404、405を構成した場合、導光部材404、405の入射面(下面の長手面)側から入射した反射光を、各導光部材の内部で全反射させて出射面側に次第に集中させることができる。従って、このような導光部材の形状によって、効率よく光センサ410、411に検出光を伝達することができる。

【0087】

なお、上述の実施例において説明した、導光部材404、405の廻りに配置する構成は、全てを図示してはいないが、本実施例においてもほぼ同様に実施できる。例えば、図9(B)、(C)には、導光部材404、405の間に配置した遮光板403が示されている。遮光板403の機能は、導光部材404、405間の光学的なクロストークを防止するためのものである。

30

【0088】

また、上記実施例における反射板408、409、あるいは415、416に相当する反射板は、本実施例においては、例えば導光部材404、405のそれぞれ2つの傾斜面、ないし台形形状を有する外側面に配置することができる。また、上記実施例におけるプリズム板401、402については、本実施例においても導光部材404、405下面の入射面側に配置することができる。

【0089】

なお、本実施例において、上記の遮光板、反射板、プリズム板を実施する場合、これらについては、上記実施例で示した種々の变形例を適用して構わない。また、本実施例では、導光部材404、405の入射面に対向する側は出射面として用いるので、上記実施例における拡散板406、407は必要ない。

40

【0090】

光センサ410、411や、測定演算部5、欠陥判定部430の電気的な機能は上記実施例と同様であり、上述同様に光センサ410、411の出力分布を介して対象物2の表面形状を測定し、またその結果に基づく欠陥判定を行うことができる。

【0091】

以上のように、本実施例のように導光部材404、405の出射面を導光部材の入射面を構成する長手面に対向する側に配置する構成においても、上記実施例とほぼ同様に表面

50

形状測定、あるいはさらに表面形状測定結果に基づく欠陥判定を行うことができる。本実施例においては、装置全体の全高が高くなるが、台形形状の導光部材404、405によって効率よく光センサ410、411に検出光を伝達することができる可能性がある。

【0092】

なお、導光部材404、405の出射面をこれら導光部材の入射面を構成する長手面に対向する側に配置する場合、導光部材404、405の形状を選択することにより、光センサ410、411への検出光の伝達効率を向上できる可能性がある。例えば、導光部材404、405は、出射側と入射側の大きさが異なるような任意の形状に変形してよい。その場合考えられる形状は、例えば上記の台形形状のみならず、これを微修正した形状あるいは異なる他の形状である。例えば、導光部材404、405は入射側と出射側を結び傾斜面が直線状である台形形状であるが、内部で生じる全反射などを考慮して、この傾斜面を任意の曲面形状に構成することが可能である。

10

【0093】

この導光部材404、405の側縁を曲面形状に形成した構成については、下記の実施例3で構成例を説明する。

【実施例3】

【0094】

以下、上記実施例1および実施例2に続き、主に検出ユニット4廻りの構成が異なる実施例を実施例3（～実施例5）として示す。本実施例3以降の実施例においては、光センサ410、411、走査ユニット1、対象物2、結像素子3は上述の各実施例と同様の部材で、上述同様に機能する。また、測定演算部5、および欠陥判定部430も上述の各実施例と同様に構成することができる。

20

【0095】

なお、測定演算部5、および欠陥判定部430を用いた測定制御、欠陥判定などの細部の構成について、既に説明済みのものについては、本実施例以降の構成に特有な点を除いては、重複した説明は省略するものとする。この種の細部の構成および作用効果については、必要であれば、上記実施例1ないし2の記載を参照されたい。

【0096】

図10～図12に本実施例3の構成を示す。以下、この構成につき図10～図12に基づいて説明するが、ここでは図10中に示したXYZ座標系（図8と同様）を用いる。図10は、図1、図8などと同様の斜視表示により、表面形状測定（ないし欠陥判定）システムの全体構成を示している。

30

【0097】

図10において、走査ユニット1から出射された光は対象物2で90°、反射し、結像素子3を介して検出ユニット4に入射する。実施例2では90°反射としているが、反射光量が検出可能な状態であれば、どのような角度でも構わない。この「検出可能な状態」は、前述同様、光センサ410、411で発生するノイズと比較して判別可能な状態のことで、光センサ410、411の信号をS、ノイズをNとした時、例えば、その比S/Nが1以上の状態をいう。

【0098】

走査ユニット1は光をスポットとみなせるサイズの点状照明を対象物2表面に形成し、時間的に位置変化を与える手法であれば、どのようなものでも構わない。例えば、前述同様に、LEDプリンターヘッドで1つのLEDを発光させる、同一点とみなせるサイズに対応する複数のLED発光素子を同時発光させる、といった構成を用いてよい。この対象物2からの反射光と走査ユニット1の照明光の光軸は90°の角度関係を有し、結像素子3を介して検出ユニット4（受光手段）に入射する。

40

【0099】

本実施例においても、結像素子3には、セルフロック（登録商標）レンズのような、微小なレンズ素子を配列、一体形成した集合レンズ（マイクロレンズアレイ）を用いることができる。この種の集合レンズは、屈折率分布レンズである小型のレンズ素子を直線状配

50

列して構成される。結像素子3としては、上記の集合レンズ（マイクロレンズアレイ）構成以外にも、シリンドリカルレンズなどを用いてもよい。

【0100】

実施例2では、傾斜した側縁が傾斜した直線状で全体が3角形（ないし台形）形状の導光部材404、405を用いた。これに対して、本実施例では導光部材404、405は、図12に示すように図の下方の入射側の両側縁が凸形状（404L）、上方の出射側の両側縁が凹形状（404U）に構成され、全体として先細り形状に構成されている。導光部材404、405は、ガラスやアクリルなどの透明材料から構成することができる。

【0101】

そして、本実施例では、図10、図11（A）、（B）、図12に示すように結像素子3と導光部材404、405の間で、導光部材404、405の入射面の直前に、正の屈折力（屈折パワー）を有する光学部材4010、4020をそれぞれ配置する。

10

【0102】

光学部材4010、4020は、図12に示すように、長手方向にほぼ導光部材404、405と同等の長さを有し、例えば正の屈折力（屈折パワー）を有するフレネルレンズから構成する。図12は、結像素子3が下方から平行光の状態を検出光を出射する場合、光学部材4010、4020の両端部を通過する光線Lの屈折方向を示している。

【0103】

光学部材4010、4020の正の屈折力は、図12に示すように、その焦点位置（404F）が、導光部材404、405の上方の出射側の先細り形状の部分（404U）の入り口部分の中央付近（あるいはそれよりも上方）になるように定めておく。当然ながら、光学部材4010、4020がフレネルレンズである場合、上記の焦点位置（404F）を有する凸レンズと同等の特性が得られるようフレネルレンズの各部位が構成されていればよい。

20

【0104】

このように、光学部材4010、4020の焦点位置（404F）を上記のように取ることにより、導光部材404、405内部の、出射側の先細り形状の部分（404U）の入り口部分に検出光を集中させることができる。

【0105】

さらに、検出光は、導光部材404、405の先細り形状の部分（404U）の内部で全反射を繰り返し、光センサ410、411に入射するが、上記のような光学部材4010、4020の焦点配置により、その際の反射回数を減少させることができる。一般に、導光部材中で全反射が起きる場合、反射回数に応じて光量は減少する。従って、上記構成により、光センサ410、411に入射するまでの導光部材404、405の反射回数を減少させることにより、検出光の光量減衰を抑え、効率よく検出光を光センサ410、411に到達させることができる。

30

【0106】

また、上記のような光学部材4010、4020の焦点配置により、導光部材404、405の下方の部位で検出光が反射したり、そこから外部に出射してしまうのを防ぐことができる。特に、この効果は、導光部材404、405の下方の部位を図12のように凸形状（404L）に構成することにより一層、増強される。これは、導光部材404、405の下方部位を、光学部材4010、4020が屈折させた検出光の光路を避けるように凸形状（404L）に構成することにより、この部分の側縁で検出光の反射が起きる確率を低減できるためである。

40

【0107】

また、本実施例においても、図11（B）に示すように、遮光板403を光学部材4010、4020、導光部材404と405の間に配置している。これにより、光学部材4010～4020間、また、導光部材404～405間での光学的なクロストークを防止する。対象物2からの反射光は、その入射位置に応じて、光学部材4010～導光部材404、ないし光学部材4020～導光部材405に入射する。

50

【0108】

上述のように、本実施例では、導光部材404、405は、図8に示したような単純な3角形状ではなく、側縁に凹凸形状(404L、404U)を有し、図12にその断面を示すように、出射側に向かって先細り形状のしぼり部分として構成されている。

【0109】

また、導光部材404、405の屈曲した側縁の部分は、その内部において検査光を全反射させるように構成されているのが望ましい。このため、導光部材404、405の屈曲した側縁の部分は、例えば研磨面とするか、あるいは金属蒸着などによる反射面として構成することが考えられる。なお、導光部材404、405の屈曲した側縁全体が上記のような研磨面や反射面であってもよいが、特に側縁のうち漏光が生じやすい領域が予め予測できる場合には、その光が出射しやすい領域のみを研磨面や反射面とする構成であってもよい。

10

【0110】

また、本実施例では、上記のように光学部材4010、4020は正のパワーを持つ、例えばフレネルレンズから構成する。また、図12は、対象物2からの反射光のうち、光学部材4010、4020の両端部で垂直に入射する入射光(L)の屈折の様子を示している。

【0111】

図12のように、光学部材4010、4020の焦点(404F)は、好ましくは、光学部材4010、4020に入射した垂直入射光が、(いずれも)導光部材404、405の先細り形状のしぼり部分の入口付近に配置する。この焦点(404F)の好ましい位置につきさらに詳細に考察する。

20

【0112】

例えば、ここで、焦点位置(404F)をより上方に移動し、光センサ410、411に近づけた場合を考える。一方、対象物2からの反射光は広がりをもった光であり、図示した垂直入射光とは異なる方向を持つ成分を含む。このような垂直入射光以外の光線は、このため、導光部材404、405の上部の先細り形状のしぼり構造(404U)で反射され、導光部材404、405から射出する可能性が高い。このため、この場合には、光センサ410、411への光量が少なくなる傾向が生じる。

【0113】

このため、フレネルレンズで構成する光学部材4010、4020は、各々1つのフレネルレンズから中心を基準に対称的に導光部材404、405の形状に合わせて加工しておく。この形状は、光学部材4010、4020による集光位置(404F)が、図12のように導光部材404、405の上部の先細り形状のしぼり構造(404U)の先細り形状の細くなる入り口に位置するような形状とする。なお、光学部材4010、4020は、アクリルやガラスなどの一体成形により構成することが考えられるが、また、例えば1つのフレネルレンズを切り出して、2つ(あるいはそれ以上の数の)の光学部材4010、4020を構成するようにしてもよい。

30

【0114】

また、フレネルレンズで光学部材4010、4020を構成する場合、その屈折パワーは等方的であるが、光学部材4010、4020にはシリンダリカルフレネルレンズのような1方向のみにパワーを有する光学部材を用いることもできる。その時は対象物2の長手方向に屈折力(レンズパワー)を持つように配置する。このような構成により、光学部材4010、4020で屈折作用を受けた光束は導光部材404、405の内部で全反射しながら、効率よく光センサ410、411に伝達される。

40

【0115】

上記のように、本実施例3においても、上述の実施例1、2と同等の作用、効果を期待でき、その場合、上記のような導光部材404~405の形状と、光学部材4010、4020の配置により、検出光を光センサ410、411に効率よく伝達できる。このため、表面形状の検出、測定、あるいはさらに欠陥判定の信頼性を高めることができる。また

50

、光伝達効率の向上によって、走査ユニット1の発光光量を上記実施例よりも低減できる可能性があり、装置の製造コストや消費電力を低減できる可能性がある。

【実施例4】

【0116】

図13～図15に光センサ410、411に検査光を伝達する導光部材のさらに異なる構成例を示す。本実施例4においても、上述の実施例で説明済みの部材と同一ないし相当する部材には同一の参照符号を用い、その詳細な説明は省略するものとする。また、測定演算部5、および欠陥判定部430を用いた測定制御、欠陥判定などの細部についても、既に説明済みのものについては、重複した説明は省略するものとする。

【0117】

図13は、図1、図8、図10などと同様の斜視表示により、表面形状測定（ないし欠陥判定）システムの全体構成を示している。図13において走査ユニット1、対象物2、結像素子3は上述の各実施例と同様の部材で、上述同様に機能する。また、測定演算部5、および欠陥判定部430も上述の各実施例と同様に構成することができる。

【0118】

走査ユニット1から出射された光は対象物2で90°反射し、結像素子3を介して検出ユニット4に入射する。この結像素子3は本実施例においても、例えばセルフロック（登録商標）レンズのようなマイクロレンズアレイを用いることができる。

【0119】

本実施例4において、上述の実施例と異なるのは、検出ユニット4の構成である。本実施例4の検出ユニット4は、図13、図14に示すように、円筒形状の導光部材4011、4021を含む。図14に示すように、導光部材4011、4021は、それぞれ拡散部4041、4051とともに全長に渡り同一直径の円断面を有する円筒形状の導光部041、042を構成する。本実施例4では、導光部041、042は円筒形状であって、対象物2の長手方向のいずれの部位も同一の円断面を有する。このため、導光部041、042と結像素子3の間には光学部材4010、4020のような部材を配置していない。

【0120】

図13では詳細不図示であるが、円筒形状の導光部041、042の間には、図13に示すように、上述の各実施例と同様に遮光板403を配置することができる。これにより、導光部041、042間の光学的なクロストークを防ぐことができる。図14で示すように、遮光板403は導光部041と042の間に配置され、導光部041、042にそれぞれ入射した検査光が導光部042、041に入射しないように遮断する。

【0121】

導光部041、042は、図14に示すように、それぞれアクリルやガラスなどの透明部材から成る導光部材4011、4021と、拡散部4041、4051で構成される円筒体である。導光部材4011、4021は、拡散部4041、4051以外は、光透過（入射）可能な開口部として構成する。

【0122】

以上の構成において、走査ユニット1の照明光により生じる対象物2からの反射光は、図15(A)～(C)に示すように、結像素子3を介して導光部材4011、4021の内側面を構成する円筒面から入射する。

【0123】

走査ユニット1の照明光により生じる対象物2からの反射光は、対象物2の反射部位の表面形状に応じた反射方向を有する。このため、図15(A)～(C)に示すように、対象物2の反射（被検査）部位の表面形状に応じて、導光部材4011、4021に入射される検査光の光量分布が変化する。

【0124】

例えば、図15(A)は、対象物2の被検査部位が標準的な表面形状である場合に相当する。この場合、結像素子3の検査光の集光位置が導光部材4011、4021の中央位

10

20

30

40

50

置（遮光板 403 の配置位置）の延長上にある状態である。これに対して、対象物 2 の被検査部位が標準的な表面形状からずれている場合には、結像素子 3 の検査光の集光位置が図 15（B）、（C）のように変化する。

【0125】

例えば、図 15（B）は、対象物 2 の被検査部位の形状に応じて結像素子 3 の集光位置が X 方向に図中の +（左）側にずれた状態に相当する。また、図 15（C）は、対象物 2 の被検査部位の形状に応じて結像素子 3 の集光位置が X 方向に図中の -（右）側にずれた状態に相当する。

【0126】

このように、本実施例の検出ユニット 4 において、結像素子 3 集光位置の変化は対象物 2 の被検査部位の形状変化に対応して変化する。従って、前述の各実施例と同様に導光部材 4011、4021 の端部に配置した光センサ 410、411 への入射光量の分布を介して対象物 2 の表面形状を測定し、あるいはそれに基づき欠陥判定を行うことができる。

10

【0127】

ここで、検出ユニット 4 の各部の構成につき、さらに詳細に説明する。図 15（A）～（C）のように、導光部 041、042 の拡散部 4041、4051 は、好ましくは導光部 041、042 の円断面の一部を構成する円弧、および弦を有する弓型の断面形状とする。一方、円筒形状の導光部材 4011、4021 は、弓型断面の拡散部 4041、4051 とともに、全体として同じ直径を共有する円筒断面を構成するように、当該の円筒断面から拡散部 4041、4051 の弓型断面の部位を切り取った断面形状とする。

20

【0128】

拡散部 4041、4051 は、例えば、アクリルやガラスなどの透明材料に、例えば曲面部分に梨地加工により拡散面を形成することにより構成することができる。また、拡散部 4041、4051 は、乳白色アクリルなどから一体形成する構成であってもよい。なお、本実施例では、拡散部 4041、4051 は導光部材 4011、4021 とは別体の弓型断面の拡散部材から成る構成を考えた。しかしながら、導光部材 4011、4021 の上面（上記拡散部 4041、4051 の対応部分）に対して、梨地加工やブラスト加工を加え、光拡散性を付与し、この部位を拡散部として構成してもよい。

【0129】

本実施例では、拡散部 4041、4051 は、例えば結像素子 3 の光軸に対して垂直に配置している。この導光部 041、042 の拡散部 4041、4051 の光軸に対する角度は導光部材 4011、4021 の大きさ（直径）、対象物 2 からの反射光の入射角度に応じて定めることができる。拡散部 4041、4051 は、そこまで到達した検査光をランダムな方向に拡散させ、導光部材 4011、4021 内で全反射させて、端部の光センサ 410、411 に到達する光の伝達効率を高めるためのものである。この目的から、検査光は、例えば拡散部 4041、4051 に対して垂直に入射しないように構成するのが好ましい。

30

【0130】

対象物 2 からの反射（検査）光は、図 15（A）～（C）のように導光部 041、042 の間の遮光板 403 下部の位置から、導光部材 4011、4021 の内側面に斜めに入射する。この場合には、同図のように拡散部 4041、4051 を、結像素子 3 の光軸に対して垂直に配置することにより、検査光が拡散部 4041、4051 に対して垂直に入射しないような構成を実現できる。

40

【0131】

導光部材 4011、4021 の下側の内側面から入射した検査光の光線は反射、屈折して、拡散部 4041、4051 に到達する。拡散部 4041、4051 に入射した光はそこでランダムな方向に拡散させる。拡散部 4041、4051 によりランダムな方向に拡散された検査光は、導光部材 4011、4021 内で全反射を繰り返し、導光部材 4011、4021 の内部をその長手方向（図 13 のおける Y 方向）に伝搬する。即ち、拡散部 4041、4051 を配置することにより、導光部材 4011、4021 下側の内側面か

50

ら入射した検査光を、導光部材 4011、4021 の長手方向に伝搬させ、光センサ 410、411 に効率よく伝達することができる。

【0132】

拡散部 4041、4051 の大きさや形状は、結像素子 3 で形成される集光位置の変化、すなわち測定範囲に応じて決定すればよい。また、本実施例では、導光部材 4011、4021 の間に遮光板 403 を設けており、導光部材 4011、4021 の表面反射などの外乱光が相互に入射しないように遮光板 403 の大きさや位置を決定することができる。

【0133】

本実施例 4 の構成で、実施例 1 の図 6 と異なるのは導光部材 4011、4021 の円筒面での屈折作用と拡散部 4041、4051 の弓型形状部分の大きさ（図 14、図 15）が光センサ 410、411 の光量変化特性に関与する点である。このため、導光部材 4011、4021 の円筒断面の直径や、結像素子 3、導光部材 4011、4021 の間隔などは、対象物 2 の直径などによって定まる反射方向の範囲などに応じて、必要であれば予め実験を行って決定すればよい。

【0134】

光センサ 410、411 への入射光量分布を介して、測定演算部 5 により対象物 2 の表面形状を測定し、さらに欠陥判定部 430 により欠陥判定を行うには、例えば実施例 1 で説明した手法を用いることができる。例えば、上記構成において、光センサ 410 の出力を IA、光センサ 411 の出力を IB とする。そして、測定演算部 5 によりこれらの出力の差 (IA - IB) を評価することにより、検出ユニット 4 への検査光の入射状態が例えば図 15 (A)、(B)、(C) のいずれの状態かを判定することができる。また、光センサ 410、411 の出力の和 (IA + IB) と上記の差を組合せ、例えば (IA - IB) / (IA + IB) を用いて対象物 2 の形状算出を行うことができる。また、対象物 2 の形状変化を伴わない表面の変化、例えば表面状態の変化を見つける場合は和 (IA + IB) を利用することができる。

【0135】

上記のような構成により、本実施例 4 においても、上述の実施例 1 ~ 3 と同等の作用、効果を期待できる。その場合、上記のような導光部材 4011、4021 および拡散部 4041、4051 により円筒形状に構成した導光部 041、042 を用いることにより、検出光を光センサ 410、411 に効率よく伝達できる。これにより、表面形状の検出、測定、あるいはさらに欠陥判定の信頼性を高めることができる。また、光伝達効率の向上によって、走査ユニット 1 の発光光量を上記実施例よりも低減できる可能性があり、装置の製造コストや消費電力を低減できる可能性がある。

【0136】

また、本実施例 4 では、導光部材 4011、4021 および拡散部 4041、4051 により円筒形状に構成した導光部 041、042 を用いており、低コストで検出ユニット 4 を構成できる可能性がある。このような円筒形状の導光部 041、042 は、実施例 1 で示したような角棒状の導光部材 404、405 とほぼ同等、あるいはそれに次ぐ低コストで実現できる可能性がある。

【0137】

(変形例など)

なお、本実施例では光センサ 410、411 は導光部材 4011、4021 の片側端部に配置している。しかしながら、光センサ 410、411 は導光部材 4011、4021 の両側の端部に配置することもできる。また、光センサ 410、411 を導光部材 4011、4021 の両側端部に設ける場合は、導光部材 4011、4021 の同じ側の端部に並列配置で取り付けることになる。この場合、光センサどうしのクロストークを低減するため、光センサの間隔を拡大する構成を採用してもよい。例えば、導光部材 4011、4021 の両側端部に屈曲したアクリルロッドを接着し、その出射面に面して光センサ 410、411 を配置する。あるいは、光センサ 410、411 を配置するために導光部材 4

10

20

30

40

50

011、4021の端部を延長し、屈曲部分を形成してもよい。このような構成により、光センサの間隔を拡大し、光センサどうしのクロストークを低減することができる。

【0138】

また、導光部材4011、4021の断面サイズと、光センサ410、411受光面サイズが大きく異なる場合には、導光部材～光センサの間にそれぞれ断面積が漸減（あるいは漸増）するような形状の導光部材を配置してもよい。このように断面積が漸減（あるいは漸増）するような導光部材の立体形状の一例としては、台形（角錐台）形状や、円錐台形状が考えられる。

【0139】

なお、光センサ410、411を導光部材4011、4021の片側端部のみに装着する場合には、光センサ410、411を装着したのと反対側の端部にはとりついていないところにはミラーなどの反射体を配置することができる。また、導光部材4011、4021の入射側に実施例1のプリズム板と同等なものを配置することもできる。このようなプリズム板を配置する場合、プリズム板からの光が干渉しないよう、遮光板403の位置を調節する。また、プリズム板の粗面を黒色塗装する構成を採用してもよい。これにより、プリズム板から漏れた光が導光部材4011～4021間のクロストークとなる現象を抑制することができる。

【実施例5】

【0140】

図16に、検出ユニット4～光センサの異なる配置構成の一例を示す。本実施例5においても、上述の実施例で説明済みの部材と同一ないし相当する部材には同一の参照符号を用い、その詳細な説明は省略するものとする。また、測定演算部5、および欠陥判定部430を用いた測定制御、欠陥判定などの細部についても、既に説明済みのものについては、重複した説明は省略するものとする。

【0141】

上述の実施例1～4では、光センサ410、411を導光部材（404、405、4011、4021など）の片側端部のみに装着している。これに対して、本実施例では、検出ユニット4の2本の導光部材の両端に光センサ410、413、および光センサ411、412を装着する場合に好適な構成を示す。

【0142】

本実施例の検出ユニット4としては、図1（実施例1）、図8（実施例2）、図13（実施例4）などに示した基本構成を用いることができる。これら図1（実施例1）、図8（実施例2）、図13（実施例4）に示した検出ユニット4は、いずれも2本の導光部材の内部でその長手方向に検出光を伝搬させ、端部から出射させる構成である。

【0143】

図16の検出ユニット4は、一例として、図13（実施例4）に示した検出ユニット4を示している。即ち、図16の検出ユニット4は、導光部材4011と拡散部4041、導光部材4021と拡散部4051をそれぞれ円筒形状に構成した導光部によって構成されている。もちろん、図16の検出ユニット4は、図1（実施例1）あるいは図8（実施例2）に示した検出ユニット4に置換してもよい。

【0144】

本実施例では、図16のように、光センサ410、413、411、412を検出ユニット4の導光部材4011、4021の両端部に配置する。即ち、同じ1つの導光部材に対して、その両端に2つの光センサを配置し、それらの出力を測定演算部5に入力する。

【0145】

これにより、同じ1つの導光部材から得られる検査光量ないしそれに応じて得られる光検出信号をほぼ2倍に増大させることができる。即ち、測定演算部5で利用できる光検出に係る情報量がほぼ2倍となり、これにより、例えばシステムの表面形状の測定精度や測定限界に関する性能を向上させることができる。

【0146】

10

20

30

40

50

測定演算部 5 では、例えば、2本の導光部材に配置された光センサ 410 と 413、あるいは 411 と 412 の出力信号を加算（あるいは平均化）することで、上述の各光センサ 410、411 の出力（I A、I B）に相当する情報を得ることができる。その後、測定演算部 5、ないし欠陥判定部 430 により、これら光センサ 410、411 出力（I A、I B に相当する情報）に対する演算を介して行う表面形状測定や欠陥評価については、上述の実施例で説明した通りである。

【0147】

さて、対象物 2 の径などの測定条件、必要な検出精度範囲などを考慮すると、図 16 の導光部材 4011、4021（404、405）間の距離はそれほど離間させることができない場合が多い、と考えられる。

【0148】

ここで、例えば、図 1（実施例 1）、図 8（実施例 2）、図 13（実施例 4）に示した検出ユニット 4 において、導光部材 4011、4021（404、405）の両端に光センサを密着して配置することを考える。この場合には、2本の導光部材の同じ側の端部に並んで配置した 2 つ光センサの光学的なクロストークが問題となる。例えば、導光部材の端面から漏れた検査光が、本来の光センサではなく、隣接する導光部材について配置された光センサに入光してしまうと、当然ながら表面形状測定や欠陥評価に誤差を生じる可能性がある。

【0149】

そこで、図 16 では、導光部材 4011、4021 の両端と 4 つの光センサ 410 ~ 413 のそれぞれの間には屈曲した光ガイド部材 421、422、423、424 を配置している。光ガイド部材 421、422、423、424 は、この例では、角棒形状を例えば円弧形状に屈曲させた構成であり、例えばアクリルやガラスなどの導光材料から（一体）形成することができる。

【0150】

なお、光ガイド部材 421、422、423、424 の断面形状は円形や楕円形であってもよい。また、これら光ガイド部材を屈曲させる目的は、図示のように導光部材 4011、4021 の同じ側にそれぞれ配置された光センサ 410 と 412、あるいは光センサ 411 と 413 の間を遠ざけ、配置距離を大きくするためである。従って、光ガイド部材 421、422、423、424 の形状は、内部での光伝達効率が極端に低下しない限り、図示の円弧形状のみならず当業者において任意の屈曲形状を採用してよい。

【0151】

図 16 のような構成により、導光部材 4011、4021 の端部からの漏光などが、本来入射すべきではない光センサに入射されてしまうのを防止できる。

【0152】

また、図 16 の光ガイド部材 421、422、423、424 は、導光部材の同じ側に配置された光センサ 410 と 412、あるいは光センサ 411 と 413 がそれぞれ離間させるような屈曲形状となっている。しかも、光ガイド部材 421 と 422、423 と 424 の出射光の光軸が、平行ではなく、各光ガイド部材の外部空間では交差しないように（光軸同士が背けあうように）各光ガイド部材の屈曲方向が定められている。

【0153】

このため、これら光ガイド部材の端部から漏光があったとしても、同じ側に配置された光センサ 410 と 412 の間、ないし光センサ 411 と 413 の間で生じ得る光学的なクロストークを可能な限り低減することができる。

【0154】

なお、光ガイド部材 421 ~ 424 は、接着などの手法により導光部材 4011、4021 の両端部、および光センサ 410 ~ 413 の間に固定することができる。これら光ガイド部材 421 ~ 424 の入射面、出射面以外の側面は、金属蒸着などにより反射面として構成してもよい。これにより、光ガイド部材 421 ~ 424 の入射面、出射面以外の側面からの漏光などを防止し、各光センサへの光伝達効率を向上させることができる。

10

20

30

40

50

【0155】

光ガイド部材421～424は、導光部材4011、4021とは上記のように別体部品で構成してもよいが、導光部材4011、4021と一体構成であってもよい。例えば、導光部材4011、4021は、図16の全長よりも大きな全長とし、その両端を光ガイド部材421～424と同等の形状に屈曲させた形状に、アクリルやガラスなどの材質から一体形成することができる。

【0156】

上記のような構成により、本実施例5においても、上述の実施例1～4と同等の作用、効果を期待できる。特に、本実施例では、導光部材4011、4021の両端から受光するために、導光部材4011、4021の同じ側の端部の短手面に光センサ410と412、413と411がそれぞれ並設される構成である。そして、本実施例では、導光部材4011、4021の同じ側の端部に配置される各光センサのために、光ガイド部材421～424を配置している。

10

【0157】

これら導光部材の同じ側にある光ガイド部材421と422(423と424の場合も同様)は、それぞれ各光ガイド部材から出射される検査光の光軸が、各光ガイド部材の外部において交差しないように導光する形状を有する。このような光ガイド部材421～424を用いて、各光センサに対して反射光を導光することにより、光センサ410と412、あるいは413と411の間の光学的なクロストークを除去することができる。

【0158】

このため、異なる導光部材4011、4021を介して受光される検査光の光学的なクロストークに影響されることがなく、測定演算部5、および欠陥判定部430を用いて、高精度かつ信頼性の高い表面形状測定、ないし欠陥判定を行うことができる。

20

【0159】

また、上記のような構成によって、導光部材4011、4021の両端部側に、それぞれ光センサ411、412、ないし410、413を配置し、1つの導光部材から2つの光センサを用いて検査光を受光することができるようになる。このため、光センサ410と413、あるいは411と412の出力信号を、上述のように加算(あるいは平均化)する処理を介して、測定演算部5、および欠陥判定部430により高精度かつ信頼性の高い表面形状測定、ないし欠陥判定を行うことができる。

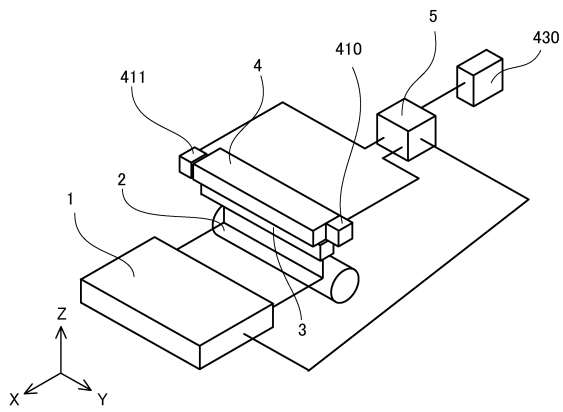
30

【符号の説明】

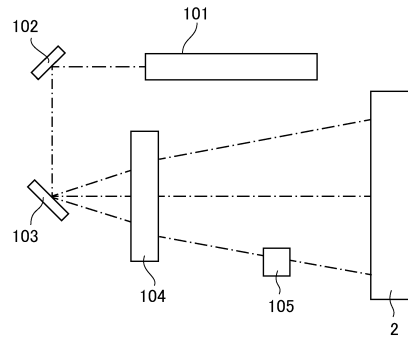
【0160】

1...走査ユニット、2...対象物、3...結像素子、4...検出ユニット、5...測定演算部、101...光源、102...ミラー、103...偏向器、401、402...プリズム板、403...遮光板、404、405、4011、4021...導光部材、406、407...拡散板、4041、4051...拡散部、408、409、415、416...反射板、410～413...光センサ、430...欠陥判定部。

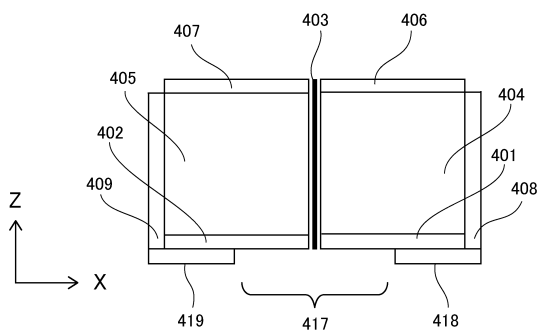
【図 1】



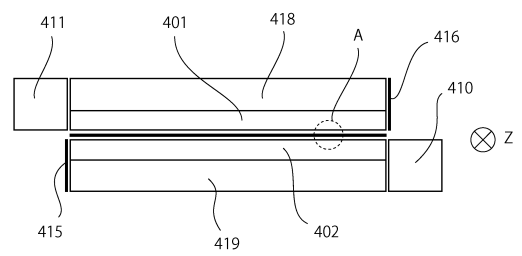
【図 2】



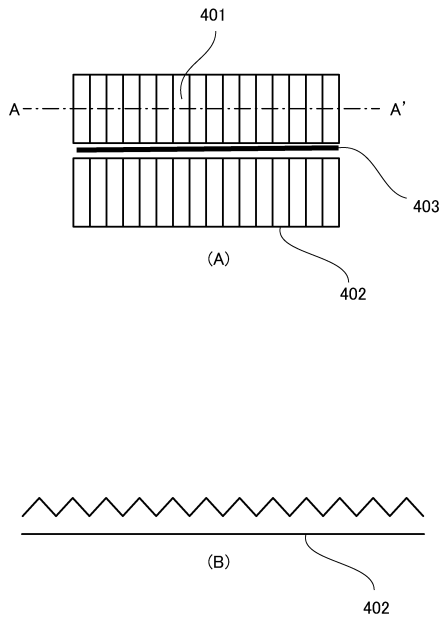
【図 3】



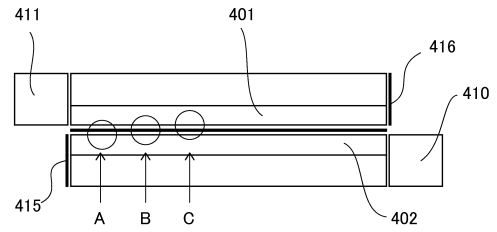
【図 4】



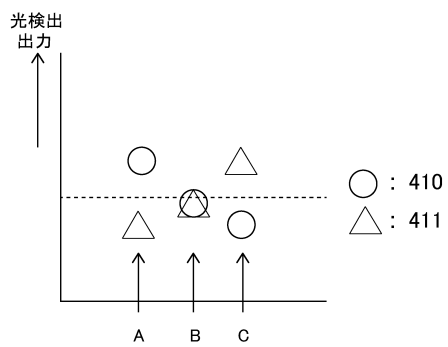
【 図 5 】



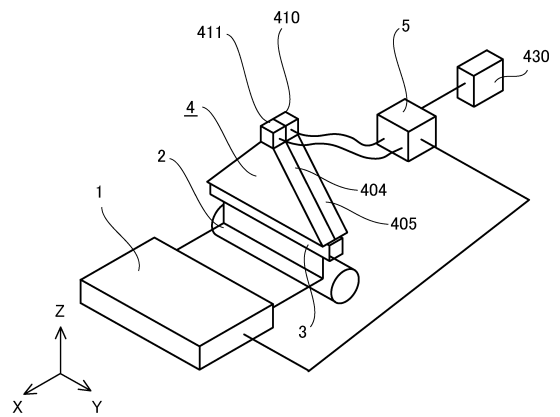
【 図 6 】



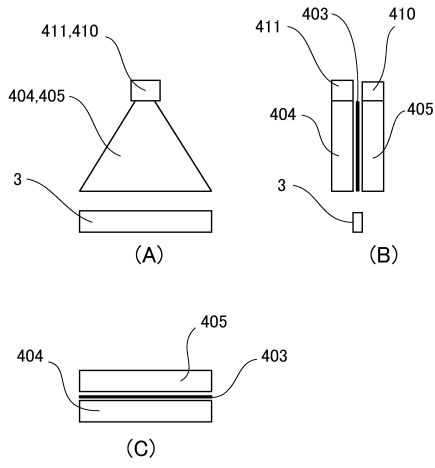
【 図 7 】



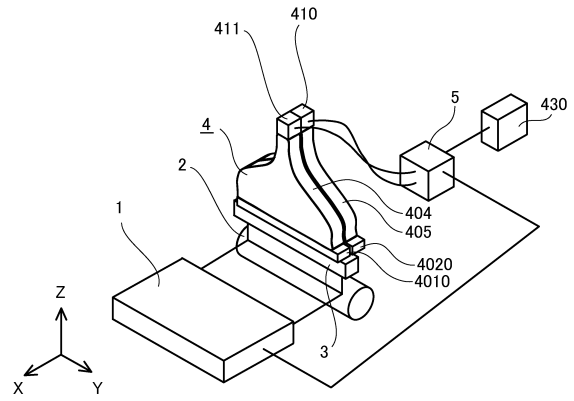
【 図 8 】



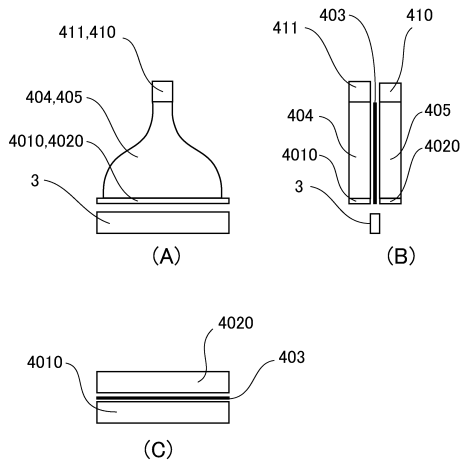
【 図 9 】



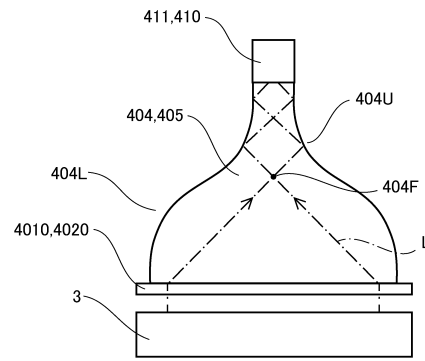
【 図 10 】



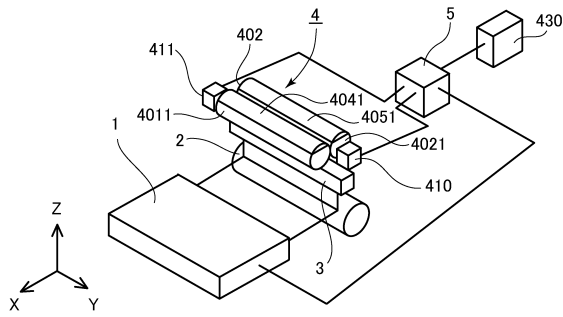
【 図 11 】



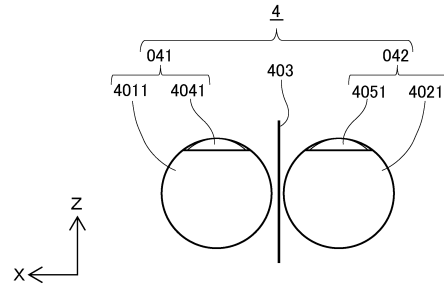
【 図 12 】



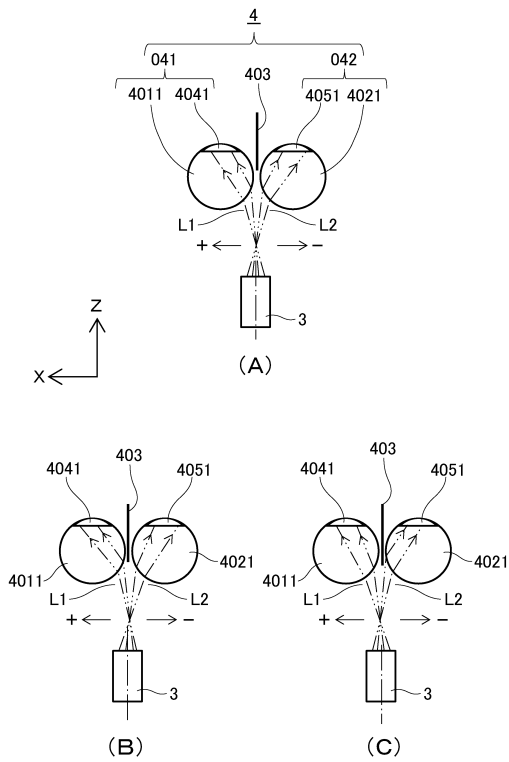
【 図 1 3 】



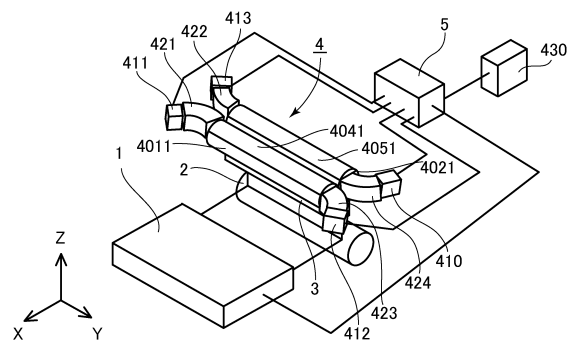
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2009-053022(JP,A)
特開昭61-245013(JP,A)
特開平04-258705(JP,A)
特開平06-213819(JP,A)
特開2003-075357(JP,A)
特開平09-119901(JP,A)
特開平05-332947(JP,A)
特開平04-218707(JP,A)
実開昭62-032309(JP,U)
特開平6-208057(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

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