

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4045341号
(P4045341)

(45) 発行日 平成20年2月13日(2008.2.13)

(24) 登録日 平成19年11月30日(2007.11.30)

(51) Int.Cl. F I
G O 1 B 11/00 (2006.01) G O 1 B 11/00 B

請求項の数 9 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2004-42960 (P2004-42960)	(73) 特許権者	501204525
(22) 出願日	平成16年2月19日(2004.2.19)		独立行政法人海上技術安全研究所
(65) 公開番号	特開2005-233759 (P2005-233759A)		東京都三鷹市新川6丁目38番1号
(43) 公開日	平成17年9月2日(2005.9.2)	(74) 代理人	100100413
審査請求日	平成16年2月19日(2004.2.19)		弁理士 渡部 温
		(74) 代理人	100110777
			弁理士 宇都宮 正明
		(72) 発明者	星野 邦弘
			東京都三鷹市新川6-38-1 海上技術安全研究所内
		(72) 発明者	田村 兼吉
			東京都三鷹市新川6-38-1 海上技術安全研究所内
		審査官	横林 秀治郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元計測システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

検出対象にシングルスポット光を照射し、検出対象によって反射される反射光を受光することにより、検出対象の位置又は形状を3次的に計測するシステムであって、

集光領域に集束される光を受光し、第1の軸上における輝度分布を表す第1の検出信号を出力する第1のラインセンサと、

検出対象によって反射された反射光を集光する第1の集光レンズ、及び、中心軸が前記第1のラインセンサの集光領域と平行となるように配置され、前記第1の集光レンズから出射される光を前記第1のラインセンサの集光領域に集束する第1のシリンドリカルレンズを含む第1の光学系と、

前記第1のラインセンサと異なる位置に配置され、集光領域に集束される光を受光し、前記第1の軸上における輝度分布を表す第2の検出信号を出力する第2のラインセンサと

検出対象によって反射された反射光を集光する第2の集光レンズ、及び、中心軸が前記第2のラインセンサの集光領域と平行となるように配置され、前記第2の集光レンズから出射される光を前記第2のラインセンサの集光領域に集束する第2のシリンドリカルレンズを含む第2の光学系と、

集光領域に集束される光を受光し、前記第1の軸とは異なる第2の軸上における輝度分布を表す第3の検出信号を出力する第3のラインセンサと、

検出対象によって反射された反射光を集光する第3の集光レンズ、及び、中心軸が前記

第3のラインセンサの集光領域と平行となるように配置され、前記第3の集光レンズから出射される光を前記第3のラインセンサの集光領域に集束する第3のシリンドリカルレンズを含む第3の光学系と、

前記第1～第3の検出信号に基づいて、検出対象におけるシングルスポット光の照射位置に関する情報を求める演算処理手段と、
を具備する3次元計測システム。

【請求項2】

緑色のレーザ光を発生することにより、検出対象にシングルスポット光を照射するシングルスポット光発生手段をさらに具備する請求項1記載の3次元計測システム。

【請求項3】

前記シングルスポット光発生手段が発生するシングルスポット光によって検出対象を連続的に走査する走査手段と、

前記走査手段による検出対象の走査を制御する制御手段と、
をさらに具備する、
請求項2記載の3次元計測システム。

【請求項4】

検出対象にシングルスポット光を照射するシングルスポット光発生手段と、
前記シングルスポット光発生手段が発生するシングルスポット光によって検出対象を連続的に走査する走査手段と、

前記走査手段による検出対象の走査を制御する制御手段と、
をさらに具備する請求項1記載の3次元計測システム。

【請求項5】

前記シングルスポット光発生手段が、波長が532nm～543nmのレーザ光を発生する、請求項2～4のいずれか1項記載の3次元計測システム。

【請求項6】

前記第1～第3のラインセンサの各々が、ラインCCD(charge coupled device)センサ、又は、1次元PSD(position sensitive detector、若しくは、position sensitive device)を含む、請求項1～5のいずれか1項記載の3次元計測システム。

【請求項7】

前記演算処理手段が、前記第1及び第2の検出信号に基づいて、三角測量の原理を用いて、前記第1及び第2の軸とは異なる第3の軸上におけるシングルスポット光の照射位置に関する情報を求める、請求項1～6のいずれか1項記載の3次元計測システム。

【請求項8】

前記演算処理手段が、前記第3の軸上におけるシングルスポット光の照射位置に関する情報と、前記第1又は第2の検出信号とに基づいて、前記第1の軸上におけるシングルスポット光の照射位置に関する情報を求めると共に、前記第3の軸上における前記シングルスポット光の照射位置に関する情報と前記第3の検出信号とに基づいて、前記第2の軸上における前記シングルスポット光の照射位置に関する情報を求める、請求項7記載の3次元計測システム。

【請求項9】

前記第1～第3のラインセンサの各々が、検出対象の複数の位置に順次照射されるシングルスポット光の反射光を順次検出し、

前記演算処理手段が、前記第1～第3のラインセンサから順次出力される第1～第3の検出信号に基づいて、前記第1～第3の軸上におけるシングルスポット光の複数の照射位置に関する情報を求め、該情報に基づいて、検出対象の形状を表す画像データを生成する、請求項1～8のいずれか1項記載の3次元計測システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、物体の位置や形状を光学的に計測するための3次元計測システムに関する。

10

20

30

40

50

【背景技術】

【0002】

従来より、対象物に向けて光ビームを照射し、その反射光を検出することにより、対象物の位置や形状を3次元的に計測することが行われている。このような光学的な計測方法は、対象物を非接触で検出することができるので、巨大構造物を計測する場合や、人間が立ち入ることができない危険な領域において計測を行う場合に有利である。一方、水中において、船舶や、海洋構造物や、港湾施設等の被災状況を調査する際には、マルチビーム音響測探機やサイドスキャンソナーのように、音波や超音波を用いる機器が成果を上げている。しかしながら、確認のためには、水中においても対象物を光学的に計測することが要望されている。

10

【0003】

光学的な3次元計測方法としては、例えば、対象物から反射された反射光を2つのビデオカメラを用いて受光し、それぞれのビデオカメラによって検出された2つの2次元座標に基づいて、三角測量の原理を用いることにより奥行きを算出する方法が知られている。しかしながら、このような方法においては、光ビームを2次元的に検出する際に、2次元平面上における光ビームの輝度中心を求める必要がある等、画像処理解析が煩雑である。また、ビデオカメラ自体の動作が遅いので、対象物全体を検出するのに時間がかかるという問題がある。

【0004】

また、特許文献1には、3次元座標データにより生成した3次元画像に陰影を正確且つ簡単に付することができる3次元画像生成装置が開示されている。この3次元画像生成装置は、対象物に向けて光ビームを照射して対象物の表面に照射スポットを形成する光ビーム照射手段と、光ビームの放射方向を変更して対象物の表面に形成される照射スポットの位置を変更する放射方向変更手段と、対象物の表面からの反射光を集光して結像する結像手段と、結像手段による反射光の結像位置に一系列に配置された複数の受光素子からなるラインセンサと、対象物の表面に対する光ビームの各照射スポットの位置毎に、光ビームの放射方向及びラインセンサによって検出される反射光の受光位置に基づいて対象物の表面に関する3次元座標データを計算する座標変換手段と、各照射スポットの位置毎に計算した各3次元座標データに基づいて対象物の3次元画像を生成する画像処理手段とを備えており、各照射スポットの位置毎に計測した反射光の受光幅を、対象物の表面の陰影を表す陰影情報として利用する。

20

30

【0005】

或いは、特許文献2には、面積及び表面までの距離において広範囲に及び測定対象物の表面形状を3次元化できる3次元立体形状測定装置が開示されている。この3次元立体形状測定装置は、測定対象物に向けて光ビームを出射して測定対象物の表面に照射スポットを形成する光ビーム出射器と、測定対象物の表面の照射スポットからの反射光を集光して結像する結像器と、結像器による反射光の結像位置に配置されて測定対象物の表面の照射スポットからの距離を検出するための距離検出器と、光ビーム出射器、結像器及び距離検出器を組み込んだ筐体と、該筐体を異なる2軸線回りに回転可能に支持する支持機構と、筐体を2軸線回りにそれぞれ独立して回転させる回転アクチュエータとを備えており、距離検出器によって検出される距離が、測定対象物の表面の3次元立体形状の測定のために用いられる。

40

【0006】

特許文献1及び特許文献2においては、スポット照射光の反射光を集光して結像させ、ラインセンサを用いて反射光を検出している。しかしながら、特許文献1及び特許文献2においては、反射光を受光する際に、光学系や検出器を含むユニット自体を回転させることにより反射光の受光位置を調節しているので、複雑な動的機構が必要となり、装置が大掛かりなものになってしまう。

【特許文献1】特開2002-92632号公報

【特許文献2】特開2003-114109号公報

50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

そこで、上記の点に鑑み、本発明は、簡単な装置構成で高分解能を実現し、検出データの演算処理を簡単且つ高速に行うことができる3次元計測システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

以上の課題を解決するため、本発明の1つの観点に係る3次元計測システムは、検出対象にシングルスポット光を照射し、検出対象によって反射される反射光を受光することにより、検出対象の位置又は形状を3次的に計測するシステムであって、集光領域に集束される光を受光し、第1の軸上における輝度分布を表す第1の検出信号を出力する第1のラインセンサと、検出対象によって反射された反射光を集光する第1の集光レンズ、及び、中心軸が第1のラインセンサの集光領域と平行となるように配置され、第1の集光レンズから出射される光を第1のラインセンサの集光領域に集束する第1のシリンドリカルレンズを含む第1の光学系と、第1のラインセンサと異なる位置に配置され、集光領域に集束される光を受光し、第1の軸上における輝度分布を表す第2の検出信号を出力する第2のラインセンサと、検出対象によって反射された反射光を集光する第2の集光レンズ、及び、中心軸が第2のラインセンサの集光領域と平行となるように配置され、第2の集光レンズから出射される光を第2のラインセンサの集光領域に集束する第2のシリンドリカル
レンズを含む第2の光学系と、集光領域に集束される光を受光し、第1の軸とは異なる第2の軸上における輝度分布を表す第3の検出信号を出力する第3のラインセンサと、検出対象によって反射された反射光を集光する第3の集光レンズ、及び、中心軸が第3のラインセンサの集光領域と平行となるように配置され、第3の集光レンズから出射される光を第3のラインセンサの集光領域に集束する第3のシリンドリカルレンズを含む第3の光学系と、

第1～第3の検出信号に基づいて、検出対象におけるシングルスポット光の照射位置に関する情報を求める演算処理手段とを具備する。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、検出対象の表面において反射されたシングルスポット光の反射光を、光学系によって1軸上に集束し、ラインセンサを用いて受光するので、高精度の検出信号を高速に取得することができる。また、エリアセンサを用いる場合と比較して、検出信号の演算処理が簡単になるので、シングルスポット光の照射位置に関する情報を簡単且つ高速に求めることが可能になる。さらに、ラインセンサを含む検出系を駆動する駆動機構を設ける必要がないので、簡単且つ安価にシステムを構成することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

以下、本発明を実施するための最良の形態について、図面を参照しながら詳しく説明する。なお、同一の構成要素には同一の参照番号を付して、説明を省略する。

図1は、本発明の一実施形態に係る3次元計測システムの構成を示すブロック図である。この3次元計測システムは、シングルスポット光走査投影部1と、3次元計測部2と、演算処理部3と、制御部4と、表示部5とを含んでいる。

【0011】

シングルスポット光走査投影部1は、検出対象である物体100に照射されるシングルスポット光101を発生すると共に、そのシングルスポット光101によって物体100の表面を走査する。

図2は、図1に示すシングルスポット光走査投影部1の構成を示す模式図である。シングルスポット光走査投影部1は、レーザ発振装置11と、ガルバノメータ12及び13と、発散レンズ14とを含んでいる。

【 0 0 1 2 】

レーザ発振装置 1 1 は、例えば、ビーム径が約 1 mm のレーザビームを発生する。レーザの発振波長としては任意のものを使用することができるが、使用環境や、検出対象の物性等に応じて発振波長を選択することが望ましい。例えば、海中の構造物を検査する場合には、発振波長が 5 3 2 nm ~ 5 4 3 nm 程度の緑色レーザ光源を使用することにより、水中における光の減衰を少なくすることができる。

【 0 0 1 3 】

ガルバノメータ 1 2 は、例えば、Y 軸を回転軸として往復回転運動することにより、レーザ発振装置 1 1 から出射したレーザ光を X Z 平面上において偏向する。また、ガルバノメータ 1 3 は、例えば、X 軸を回転軸として往復回転運動することにより、ガルバノメータ 1 2 から反射されたレーザ光を Y Z 平面上において偏向する。発散レンズ 1 4 は、ガルバノメータ 1 2 及び 1 3 によって偏向されたレーザ光の偏向角を増幅させる。ガルバノメータ 1 2 及び 1 3 の動作は、後述する制御部 4 によって制御されており、これにより、レーザ光が所望の位置に照射される。

【 0 0 1 4 】

図 3 は、図 1 に示す 3 次元計測部 2 の構成を説明するための模式図である。図 3 の (a) に示すように、3 次元計測部 2 は、ライン C C D (charge coupled device) センサ 2 2 L、2 2 C、2 2 R、及び、平凸型シリンドリカルレンズ 2 3 L、2 3 C、2 3 R をそれぞれ含む 3 つの検出部 2 1 L、2 1 C、2 1 R を有している。これらの検出部 2 1 L、2 1 C、2 1 R は、物体 1 0 0 を、左方向、中央、右方向からそれぞれ臨むように配置されており、集光領域 2 4 L、2 4 C、2 4 R に関する情報をそれぞれ収集する。

【 0 0 1 5 】

図 3 の (b) に示すように、平凸型シリンドリカルレンズ 2 3 は、2 次元の集光領域 2 4 から入射した光を、1 軸上に集束させ、ライン C C D センサ 2 2 に入射させる。また、ライン C C D センサ 2 2 は、平凸型シリンドリカルレンズ 2 3 によって集束された光を受光し、1 軸上における輝度分布を表す検出データ (検出信号) を出力する。図 3 の (a) に示すように、検出部 2 1 L 及び 2 1 R において、平凸型シリンドリカルレンズ 2 3 L 及び 2 3 R は、中心軸が集光領域の X 軸と平行になるように配置されている。これにより、集光領域 2 4 L 及び 2 4 R から入射した光は、ライン C C D センサ 2 2 L 及び 2 2 R によって X 軸上の輝度分布として検出される。また、検出部 2 1 C において、平凸型シリンドリカルレンズ 2 3 C は、中心軸が集光領域の Y 軸と平行になるように配置されている。これにより、集光領域 2 4 C から入射した光は、ライン C C D センサ 2 2 C によって Y 軸上の輝度分布として検出される。

【 0 0 1 6 】

ライン C C D センサ 2 2 を含む検出機器としては、汎用のファクトリカル・オートメーション (F A) 用ライン C C D カメラを用いることができる。F A 用ライン C C D カメラは、例えば、画素数 7 4 5 0 個、画素サイズ 4 . 7 μ m x 4 . 7 μ m、ビデオレート 4 0 M H z、スキャンレート 0 . 1 9 2 m s e c といった性能を有する。このようなライン C C D カメラを用いることにより、一般的な 2 次元のエリア C C D センサと比較して約 7 0 万倍、また、高速のエリア C C D センサと比較しても約 4 万倍のサンプリングレートを低コストで実現できる。また、上記のライン C C D カメラにより、一般的なエリア C C D センサの約 1 8 0 倍、また、高分解能エリア C C D センサの約 5 6 倍の計測分解能を得ることができる。

【 0 0 1 7 】

再び図 1 を参照すると、演算処理部 3 は、3 次元計測部 2 から出力された検出信号に基づいて演算処理を行うことにより、物体 1 0 0 に照射されたシングルスポット光の空間位置座標を順次算出し、それらの空間位置座標に基づいて、物体 1 0 0 の位置を表す座標データや物体 1 0 0 の形状を表す画像データを生成する。制御部 4 は、シングルスポット光走査投影部 1 における動作を制御すると共に、演算処理部 3 における演算処理を制御する。これらの演算処理部 3 及び制御部 4 は、例えば、パーソナルコンピュータ (P C) 6 に

10

20

30

40

50

よって構成されても良い。表示部 5 は、CRTディスプレイ等の表示画面を含んでおり、演算処理部 3 によって生成されたデータに基づいて、物体 100 の位置や画像に関する情報等を表示する。

【0018】

次に、本実施形態に係る 3 次元計測システムの動作について、図 1 及び図 4 ~ 図 7 を参照しながら説明する。図 4 は、本実施形態に係る 3 次元計測システムの動作を示すフローチャートである。

まず、ステップ S 1 において、図 1 に示すように、制御部 4 の制御の下で、シングルスポット光走査投影部 1 が、シングルスポット光を発生して物体 100 に照射する。ここで、シングルスポット光の照射位置の座標を (X_0, Y_0, Z_0) とする。

10

【0019】

ステップ S 2 において、3 次元計測部 2 は、物体 100 から反射されたシングルスポット光 101 を、検出部 21L、21C、21R によって検出する。これにより、図 5 の (a) ~ (c) に示す 3 つの検出データ (検出信号) が取得される。ここで、図 5 の (a) は、検出部 21L によって検出されたシングルスポット光の X 軸上における輝度分布を表している。また、図 5 の (b) は、検出部 21R によって検出されたシングルスポット光の X 軸上における輝度分布を表している。さらに、図 5 の (c) は、検出部 21C によって検出されたシングルスポット光の Y 軸上における輝度分布を表している。図 1 に示す演算処理部 3 は、これらの輝度分布に基づいて、輝度がピークとなる座標 X_L 、 X_R 、及び Y_C を求める。

20

【0020】

次に、ステップ S 3 において、演算処理部 3 は、座標 X_L 及び X_R と、検出部 21L と検出部 21R との間の位置関係とを用いて、三角測量の原理に基づいてシングルスポット光の奥行き Z (即ち、物体 100 におけるシングルスポット光の照射位置と 3 次元計測部 1 との距離) を算出する。図 6 は、三角測量の原理を説明するための図である。図 6 に示すように、A 地点及び B 地点から検出対象 110 を臨む場合に、奥行き Z は、視差 $(X_L - X_R)$ と、A 地点と B 地点との距離 d と、ライン CCD カメラの焦点距離 f とを用いて、次式によって表される。

$$Z = d \cdot f / (X_L - X_R) \quad \dots (1)$$

この原理を用いることによって求められた奥行き Z と、3 次元計測部 2 との位置関係とから、シングルスポット光 101 の Z 座標 Z_0 が求められる。

30

【0021】

次に、ステップ S 4 において、演算処理部 3 は、式 (1) によって求められた奥行き Z を用いて、シングルスポット光 101 の X 座標 X_0 及び Y 座標 Y_0 を求める。これらの座標は、次式によって表される。

$$X_0 = d \cdot X_L / (X_L - X_R) = X_L \times Z / f \quad \dots (2)$$

$$Y_0 = d \cdot Y_C / (X_L - X_R) = Y_C \times Z / f \quad \dots (3)$$

これにより、シングルスポット光の座標 (X_0, Y_0, Z_0) が求められる。

【0022】

ステップ S 5 において、シングルスポット光による走査領域が残っている場合には、制御部 4 は、シングルスポット光走査投影部 1 に、シングルスポット光の投影位置を移動させる。これにより、再びステップ S 1 ~ S 4 の処理が繰り返され、シングルスポット光の座標情報 (例えば、 (X_1, Y_1, Z_1)) が収集される。一方、シングルスポット光による走査領域を全て走査し終えた場合には、処理はステップ S 7 に移行する。

40

【0023】

ステップ S 7 において、演算処理部 3 は、収集されたシングルスポット光の座標情報 (X_0, Y_0, Z_0) 、 (X_1, Y_1, Z_1) 、... に基づいて、物体 100 の位置及び形状を算出し、画像データを生成する。さらに、表示部 5 は、そのような画像データに基づいて、物体 100 を画面に表示する。

【0024】

50

以上説明したように、本実施形態によれば、2次元の集光領域を1次元の軸上に集束させることにより、エリアCCDセンサよりも高分解能で高速に動作するラインCCDセンサを使用してシングルスポット光を検出することができる。従って、集光領域に関する高精度の情報を高速に取得することが可能になる。また、1軸上に表された輝度分布のピーク位置に基づいて演算を行うので、エリアCCDセンサを用いる場合には必要であった検出データの処理解析が不要になり、簡単且つ高速にシングルスポット光の照射位置に関する情報を求めることが可能になる。さらに、シリンドリカルレンズを用いて1軸方向の検出を行うことにより、シングルスポット光を検出するためにセンサ側の向きを変化させる必要がなくなるので、複雑な駆動機構を省いて装置構成を簡単にすることができる

【0025】

10

本実施形態においては、1次元の軸上に集束されたシングルスポット光を検出するために、ラインCCDセンサを用いているが、この他にも、1次元的に光を検出する様々な検出器を用いることができる。そのような検出器として、例えば、1次元PSD (position sensitive detector、若しくは、position sensitive device) が挙げられる。

【0026】

PSDは、半導体位置検出素子とも呼ばれており、比較的接合面の面積が大きい(例えば、1mm×12mmや、10mm×10mm) p-i-n構造を有している。ここで、p-i-n構造とは、p形半導体とn形半導体とを含むpn接合の間に、真性半導体(i形半導体)であるi層を設けた構造のことをいう。このi層を、pn接合における空乏層よりも厚くなるように配置することにより、半導体の障壁容量が小さくなるので、一般的

20

なpn接合と比較して応答が高速になる。このようなp-i-n構造の両端に電極を形成し、p-i-n構造の主面に向けてスポット光を照射すると、電荷が発生して両端の電極に到達する。その際に、電極に到達する電荷の量は、スポット光の照射位置から電極までの距離に反比例する。そこで、両端の電極から取り出された電流を測定して所定の計算を行うことにより、p-i-n構造の主面におけるスポット光の照射位置を求めることができる。このようにシンプルな動作原理に基づくPSDを用いることにより、応答性が速く、信頼性の高い位置検出を行うことができる。また、PSDは、高分解能を有することから、精度の高い検出器を実現することができる。

30

【0027】

図7は、本発明の一実施形態に係る3次元計測システムの変形例を説明するための図である。図7に示すように、図1の3次元位置計測部2に含まれる3つの検出部の各々を、次のように変形しても良い。即ち、集光領域からの光が入射する平凸型シリンドリカルレンズ23の上流に、集光レンズ25を設ける。これにより、図3の(b)に示す場合と比較して、集光領域24が広がるので、さらに広範囲に渡って3次元計測を行うことが可能になる。

【産業上の利用可能性】**【0028】**

本発明は、構造物の位置や形状を光学的に計測するための3次元計測システムにおいて利用可能である。

40

【図面の簡単な説明】**【0029】**

【図1】本発明の一実施形態に係る3次元計測システムの構成を示すブロック図である。

【図2】図1に示すシングルスポット光走査投影部の構成を示す模式図である。

【図3】図1に示す3次元計測部の構成を説明するための図である。

【図4】本発明の一実施形態に係る3次元計測システムの動作を示すフローチャートである。

【図5】図1に示す3次元計測部によって検出されたシングルスポット光の輝度分布を示す図である。

50

【図6】三角測量の原理を説明するための図である。

【図7】本発明の一実施形態に係る3次元計測システムの変形例を説明するための図である。

【符号の説明】

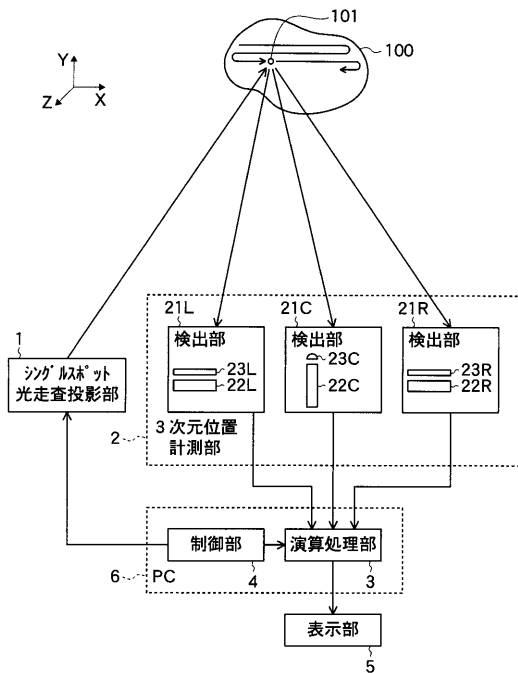
【0030】

- 1 シングルスポット光走査投影部
- 2 3次元計測部
- 3 演算処理部
- 4 制御部
- 5 表示部
- 6 パーソナルコンピュータ(PC)
- 11 レーザ発振装置
- 12、13 ガルバノメータ
- 14 発散レンズ
- 21L、21C、21R 検出部
- 22、22L、21C、21R ラインCCDセンサ
- 23、23L、23C、23R 平凸型シリンドリカルレンズ
- 24、24L、24C、24R 集光領域
- 25 集光レンズ
- 100 物体
- 101 シングルスポット光
- 110 検出対象

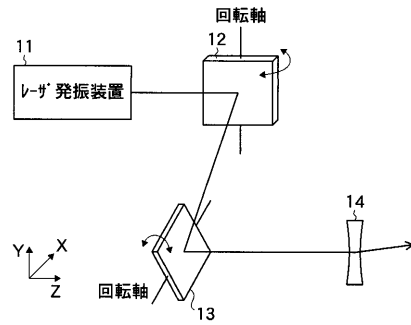
10

20

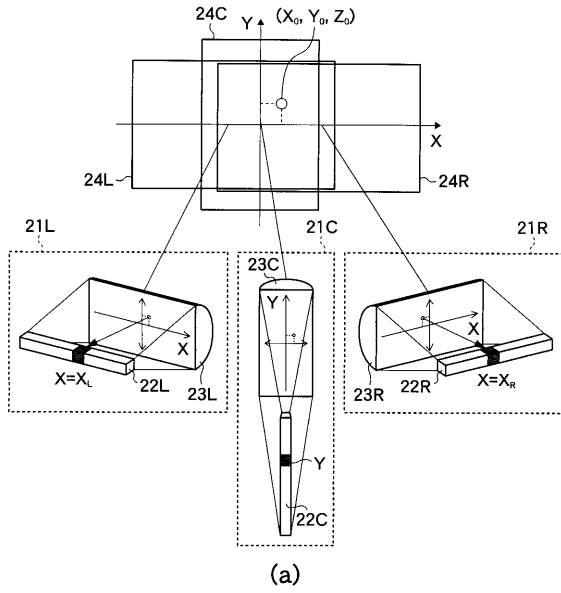
【図1】



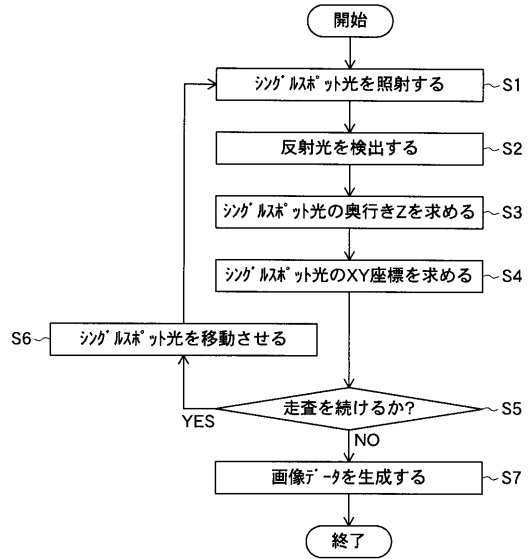
【図2】



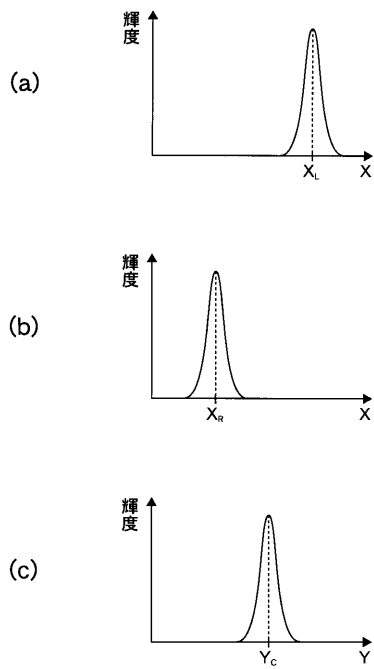
【図3】



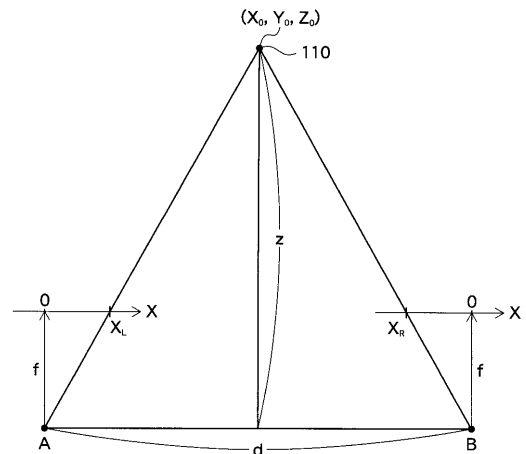
【図4】



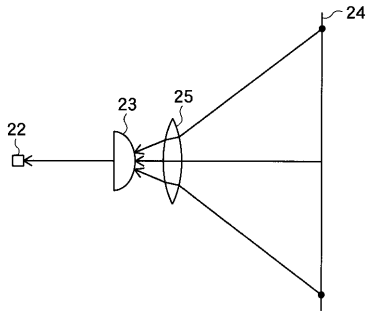
【図5】



【図6】



【 図 7 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭64-025003(JP,A)
特開2001-264010(JP,A)
特開平08-320207(JP,A)
特開平10-103936(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01B 11/00~11/30