

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3850279号
(P3850279)

(45) 発行日 平成18年11月29日(2006.11.29)

(24) 登録日 平成18年9月8日(2006.9.8)

(51) Int. Cl.

G O 1 B 11/24 (2006.01)

F I

G O 1 B 11/24

A

請求項の数 23 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2001-374259 (P2001-374259)	(73) 特許権者	000005821
(22) 出願日	平成13年12月7日(2001.12.7)		松下電器産業株式会社
(65) 公開番号	特開2002-243421 (P2002-243421A)		大阪府門真市大字門真1006番地
(43) 公開日	平成14年8月28日(2002.8.28)	(74) 代理人	100081813
審査請求日	平成16年10月22日(2004.10.22)		弁理士 早瀬 憲一
(31) 優先権主張番号	特願2000-376406 (P2000-376406)	(72) 発明者	小野 裕司
(32) 優先日	平成12年12月11日(2000.12.11)		香川県高松市古新町8番地の1 松下寿電
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		子工業株式会社内
		審査官	岡田 卓弥
		(56) 参考文献	特開平4-166707(JP, A)
			特開平5-26637(JP, A)
			特開平5-322529(JP, A)
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 立体形状測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

走査光束を測定対象の物体に照射して得られた反射光を光位置検出器によって検出し、各走査位置における検出結果から上記物体の立体形状を測定する立体形状測定装置において、

光束を発生する手段と、

該光束を偏向して走査させる偏向走査手段と、

該偏向走査手段を通過した光束を集光する走査集光手段と、

上記走査集光手段を通過した光束（以下、走査光束）の集光点が描く軌跡（以下、走査線）上の測定対象となる物体からの反射光を上記走査集光手段、及び上記偏向走査手段に導き、上記光位置検出器に入射させるとともに、上記走査光束と上記走査線の両者に垂直な方向（以下、副走査方向）に上記物体が移動した場合、上記光位置検出器にて得られる像の、上記副走査方向の移動の向きが、上記物体の移動の向きと同じで、かつ、上記像の移動距離が上記物体の移動距離の2倍未満となる反射光光路変換手段とを備えたことを特徴とする立体形状測定装置。

【請求項2】

請求項1記載の立体形状測定装置において、

上記反射光光路変換手段は、上記走査線と平行に配置された2枚以上の偶数枚の鏡であることを特徴とする立体形状測定装置。

【請求項3】

請求項 2 記載の立体形状測定装置において、
上記鏡と鏡の間の相対位置関係が常に一定に保たれていることを特徴とする立体形状測定装置。

【請求項 4】

請求項 1 記載の立体形状測定装置において、
上記反射光光路変換手段は、上記走査線と平行な入射面と射出面とを持つ、くさび型のプリズムであることを特徴とする立体形状測定装置。

【請求項 5】

請求項 1 記載の立体形状測定装置において、
上記反射光光路変換手段は、上記走査線の方に伸びた円筒レンズであることを特徴とする立体形状測定装置。 10

【請求項 6】

請求項 1 記載の立体形状測定装置において、
上記反射光光路変換手段は、シート状の形状を有し、光を屈折させる光学素子であることを特徴とする立体形状測定装置。

【請求項 7】

請求項 3 記載の立体形状測定装置において、
上記反射光光路変換手段を構成する偶数枚の鏡が、ひとつのプリズム本体の内面に形成されており、
上記反射光を上記光位置検出器上に集光した像の収差を改善する補正プリズムを、上記走査集光手段と上記光位置検出器との間に設けたことを特徴とする立体形状測定装置。 20

【請求項 8】

請求項 4 または請求項 6 記載の立体形状測定装置において、
上記反射光を上記光位置検出器上に集光した像の収差を改善する補正プリズムを、上記走査集光手段と上記光位置検出器との間に設けたことを特徴とする立体形状測定装置。

【請求項 9】

請求項 5 記載の立体形状測定装置において、
上記反射光を上記光位置検出器上に集光した像の収差を改善する円筒レンズを、上記集光手段と上記光位置検出器との間に設けたことを特徴とする立体形状測定装置。

【請求項 10】

走査光束を測定対象の物体に照射して得られた反射光を光位置検出器によって検出し、各走査位置における検出結果から上記物体の立体形状を測定する立体形状測定装置において、

光束を発生する手段と、

該光束を偏向して走査させる偏向走査手段と、

該偏向走査手段を通過した光束を集光する走査集光手段と、

上記走査集光手段を通過した光束（以下、走査光束）の集光点が描く軌跡（以下、走査線）上の測定対象となる物体からの反射光を上記走査集光手段、及び上記偏向走査手段に導き、上記光位置検出器に入射させるとともに、上記走査集光手段を射出した上記走査光束の見かけ上の集光点が描く軌跡を通り、かつ、上記走査光束に垂直な面（以下、仮想走査面）に対して、上記集光点の上記走査集光手段に入射する反射光の見かけ上の発光点が、常に上記仮想走査面上に位置するようになる反射光光路変換手段とを備えたことを特徴とする立体形状測定装置。 40

【請求項 11】

請求項 10 記載の立体形状測定装置において、
上記走査集光手段を通過した上記走査光束が上記走査面に到達する間の光路に設けられ、上記走査光束の集光距離を変化させる集光距離変更手段を備えたことを特徴とする立体形状測定装置。

【請求項 12】

請求項 11 記載の立体形状測定装置において、

上記集光距離変更手段は、上記走査線と平行な3枚以上の鏡から構成されていることを特徴とする立体形状測定装置。

【請求項13】

請求項11記載の立体形状測定装置において、

上記集光距離変更手段は、上記走査線と平行な入射面と射出面とを有する平行ガラスで構成されていることを特徴とする立体形状測定装置。

【請求項14】

請求項10記載の立体形状測定装置において、

上記測定対象からの上記反射光が上記走査集光手段に到達する間の光路に設けられ、上記反射光の見かけ上の発光点までの距離を変化させる反射光発光点距離変更手段を備えたことを特徴とする立体形状測定装置。

10

【請求項15】

請求項14記載の立体形状測定装置において、

上記反射光発光点距離変更手段は、上記走査線と平行な3枚以上の鏡から構成されていることを特徴とする立体形状測定装置。

【請求項16】

請求項14記載の立体形状測定装置において、

上記反射光発光点距離変更手段は、上記走査線と平行な入射面と射出面を有する平行ガラスで構成されていることを特徴とする立体形状測定装置。

【請求項17】

請求項14記載の立体形状測定装置において、

上記反射光発光点距離変更手段は、上記走査線方向に伸びた円筒レンズから構成されていることを特徴とする立体形状測定装置。

20

【請求項18】

請求項16記載の立体形状測定装置において、

上記反射光光路変換手段を構成する平行ガラスは、上記走査線と平行に配置された2枚以上の偶数枚の鏡をその内面に形成されて一体化されていることを特徴とする立体形状測定装置。

【請求項19】

請求項18記載の立体形状測定装置において、

上記反射光光路変換手段を構成する一体化された平行ガラスは、上記走査光束の集光距離を変化させる、上記走査線と平行な入射面と射出面とを備えたことを特徴とする立体形状測定装置。

30

【請求項20】

請求項4、請求項6または請求項8のいずれかに記載の立体形状測定装置において、

上記反射光の見かけ上の発光点までの距離を変化させる反射光発光点距離変更手段を、上記反射光光路変換手段を構成するプリズムと一体的に形成されていることを特徴とする立体形状測定装置。

【請求項21】

請求項20記載の立体形状測定装置において、

上記走査線と平行な入射面と射出面とを有する平行ガラスからなる、上記走査光束の集光距離を変化させる集光距離変更手段を、上記反射光光路変換手段を構成するプリズムと一体的に形成されていることを特徴とする立体形状測定装置。

40

【請求項22】

請求項5記載の立体形状測定装置において、

上記反射光光路変換手段を構成する円筒レンズが、上記測定対象からの上記反射光が上記走査集光手段に到達する間の光路に設けられ、上記反射光の見かけ上の発光点までの距離を変化させる反射光発光点距離変更手段を一体化して構成していることを特徴とする立体形状測定装置。

【請求項23】

50

請求項 2 2 記載の立体形状測定装置において、

上記反射光光路変換手段を構成する円筒レンズは、上記走査光束の集光距離を変化させる、上記走査線と平行な入射面と射出面とを有する平行ガラスからなる集光距離変更手段と一体化して構成されていることを特徴とする立体形状測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は立体形状測定装置に関し、特に、レーザなどの照射光を、ポリゴンミラーと $f\theta$ レンズなどの偏向走査集光手段とを用いて測定対象を直線走査し、走査光の反射光を三角測量の原理で測定して、測定対象の立体形状を測定する際に、走査光学系の変形の発生による測定精度の低下、さらに、走査位置による高さ精度の変化を抑えた立体形状測定装置に関するものである。

10

【0002】

【従来の技術】

従来、立体形状を幾何光学的に測定する方法として、さまざまな光を物体に投影して、その反射光を光検出器で測定する方法と、自然光や一般的な照明下で、物体を複数の方向からカメラで測定し、複数の画像間の相関により、物体の立体形状を求める方法の、大きく分けて 2 つの方法がある。

そして前者は更に、光の投影方法、光検出器の種類、さらにその間の位置関係などにより、さまざまに分類される。

20

【0003】

図 1 4 は、産業機器などによく使われている、従来の立体形状測定装置の例である。

図 1 4 において、光源 1 から出た光をポリゴンミラーなどの回転鏡 2 で偏向し、 $f\theta$ レンズなどの集光・走査レンズ 3 で走査光 4 を集光して、測定対象 5 の上へのスポット光 6 a を形成し、回転鏡 2 の回転により、該スポット光 6 a は、スポット光 6 b まで測定対象 5 の表面の直線（以下、走査直線 7 とする）上を走査する。

【0004】

測定対象 5 の表面において乱反射した光のうち、走査光 4 の方向とは異なる方向の反射光 8 を、受光光学系 9 を介して、PSD や CCD カメラなどの位置検出素子 10 上に結像し、これを電気信号に変換した像の位置情報から、スポット光 6 が照射している点の高さ情報を、三角測量法によって得る。

30

【0005】

スポット光 6 が測定対象を走査直線 7 上で走査し、さらに測定対象 5 が走査直線 7 の方向である主走査方向 1 1 と走査光 4 の進行方向 4 0 とがなす平面に対して垂直な方向（以下、副走査方向 1 2 とする）に回転鏡 2 の回転と同期して移動することにより、スポット光 6 は測定対象 5 を 2 次元的に走査し、各走査位置の高さ情報をメモリ上に保存して並べることにより、測定対象 5 の 3 次元立体形状を測定することができる。

【0006】

図 1 5 は、従来の立体形状測定装置における、三角測量による高さ計測の問題点を示す。三角測量による高さ計測では、走査光 4 の方向とは異なる方向から反射光 8 を測定するため、測定対象 5 の形状や反射率分布の影響を受ける。従って、図 1 5 (a) に示すように、死角の発生が生じたり、また、図 1 5 (b) に示すように、多重反射による高さ測定誤差が生じる。

40

【0007】

図 1 5 (c) は、複数の方向から反射光を測定する場合の例である。

図 1 5 (c) において、反射光測定対象 5 の形状が複雑な場合や輝度変化が激しい場合には、複数の方向から反射光 8 a（死角発生）、8 b（二重反射発生）、8 c（測定対象 5 の影響無し）．．．を測定し、死角や多重反射の影響がない方向から測定した反射光 8 c による高さ出力値を選択する必要がある。

【0008】

50

図16は、従来の立体形状測定装置における、走査位置と受光像位置との関係を示す断面図であり、スポット光6が走査直線7上を走査した場合の三角測量の問題点を示す。

図16において、図14に示す従来の立体形状測定装置で、測定対象5からの反射光8を、回転鏡2や集光・走査レンズ3からなる走査光学系とは別の独立した受光光学系9を介して、位置検出素子10に導くと、該位置検出素子10上の像位置が走査位置により移動し、高さ変化Hが生じる。そのため、高さの測定範囲以上に広い位置検出素子が必要になり、測定精度の低下や処理速度の低下等の性能劣化が発生する。

【0009】

図17は、従来の立体形状測定装置における、受光光学系に走査光学系が含まれる場合の装置の構成を示す斜視図である。

10

図17において、受光光学系9を受光光学系9aと受光光学系9bの2つに分けて、該受光光学系9aと該受光光学系9bとの間に、走査光学系を含める構成とする。

【0010】

反射光8は、走査光学系を介して位置検出素子10に到達し、走査位置による反射光8の移動は、走査光学系により相殺される。すると、位置検出素子10上での像移動は、測定対象5の高さ変化が主要因となり、高さ測定精度が向上し性能改善を図ることができる。

【0011】

更に、図17における受光光学系9a、受光光学系9b、位置検出素子10を複数系統設けて、測定対象5からの反射光8を多方向から測定して、図15(c)で示した三角測量の問題点の解決を図る立体形状測定装置も一般的に存在する。

20

従来の立体形状測定装置は、以上のように構成されていた。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

図18は、従来の立体形状測定装置における、スポット光位置ずれと高さ誤差を説明するための図である。

従来の立体形状測定装置における、走査光学系を用いた直線走査で、反射光を多方向から測定し、三角測量による立体形状測定を行う場合、図18(a)に示すように、反射光8を測定する受光光学系9が変化せず、測定対象5上のスポット光6の位置のみ、点Aから点Bに変化すると、位置検出素子10上の像位置がA'からB'に変化して高さが正確に測定できないという問題があった。

30

【0013】

特に、ポリゴンミラーやガルバノミラーなどの回転鏡による偏向手段と、f θ レンズなどの集光・走査レンズとからなる走査光学系を介して、スポット光6が測定対象5まで導かれる場合、回転鏡の回転部の劣化やf θ レンズ保持部の変形などにより、走査光4の光軸が温度等の環境変化や時間の経過とともに、角度ずれや位置ずれを発生し、スポット光6の位置が変化し、正確な高さ測定が困難であるという問題があった。

【0014】

さらに、図15(c)で示したような複雑な形状の測定対象5の高さを高精度に測定するために、複数方向の反射光8を測定する場合には、図18(b)に示すように、スポット光6の位置が点Aから点Bに変化すると、受光光学系9R・位置検出素子10Rで反射光を受光した場合、位置検出素子10R上の像位置がA'からB'に変化し、見かけ上、測定対象が点C'の高さに位置するので、h'の測定高さ誤差が発生する。

40

【0015】

一方、受光光学系9L・位置検出素子10Lで反射光を受光した場合は、像がA''からB''に変化し、測定対象が点C''に見え、先ほどの高さ誤差h'とは正負が逆で、大きさも異なるh''の測定高さ誤差が発生することになる。

【0016】

このように、反射光の方向によってスポット光6の位置ずれによる高さ誤差の方向や程度が異なるため、複数の高さデータから正しい高さを選択する際に誤差を拡大してしまうことがあり、逆に高さの測定精度が劣化するという恐れがあるという問題があった。

50

【0017】

このように、三角測量による高さ測定を行う場合、高精度に測定するには、スポット光6の位置・角度変化を抑える必要がある。そのため、従来例で述べたようなスポット光6を走査光学系により走査する場合では、回転鏡の角度変化の影響を抑えるための特殊な走査光学系を構築する必要があったり、使用環境を制限して走査光学系の変形を抑制する必要があったり、高さ誤差を校正するための定期的な保守作業が必要であるなどの様々な制約が生じるという問題があった。

【0018】

また、図17に示したような走査位置による像移動を抑えるために、受光光学系9を受光光学系9aと受光光学系9bの2つに分けて、該受光光学系9aと該受光光学系9bの間

10

【0019】

図19は、従来の立体形状測定装置における、走査位置による高さ測定精度の変化を示す図である。

図19において、受光光学系9aを介して、スポット光6の反射光8を回転鏡2や集光・走査レンズ3からなる走査光学系に導いた場合、該反射光8の経路は途中で曲がって、余分な距離を進んだり、あるいは、受光光学系9aで反射光8の広がり角が変化するために、走査集光レンズ3に入射する反射光8の見かけ上の発光点13は、走査集光レンズ3を通過したスポット光6が集光する走査面16上に位置しなくなる。

20

【0020】

一般的な走査光学系の場合、反射光8が集光レンズ3と回転鏡2からなる走査光学系を通過した後の反射光8の見かけ上の集光点14までの距離 L_{dr} が、走査位置に関わらず常に一定になるという保証がされなくなる。このとき、走査集光レンズ3に入射する光源1から出た光の見かけ上の発光点15までの距離 L_{ds} は、走査位置に関係なく常に一定であることにより、見かけ上の集光点14の位置は、位置が変化しない発光点15に対して変化する。

【0021】

すなわち、走査位置により受光光学系9bによる反射光8の集光点と、位置検出素子10の受光面までの距離とが変化するので、位置検出素子10上の像サイズも変化する。像サイズが大きくなると、測定高さ精度が悪化するので、高さ測定精度も走査位置により変化するようになる。

30

その結果、ある走査位置で位置検出素子10上の像サイズを最小にして高さ測定精度を最高にしても、他の走査位置では、像サイズが大きく、精度低下が起こるので総合的な高さ精度が低下するという問題があった。そのため、高さ精度を維持するためには、特殊な受光性能も考慮した走査光学系を考案する必要があり、設計上の制限となるという問題があった。

【0022】

本発明は、上記のような従来の問題点を解消するためになされたもので、回転鏡や走査集光レンズで構成された走査光学系が変形してスポット光の位置がずれても、測定精度が低下しない立体形状測定装置、及び特殊な受光性能を考慮した走査光学系を必要とすることなく、高さ精度の変化を抑制することのできる立体形状測定装置を得ることを目的とする。

40

【0023】

【課題を解決するための手段】

本発明の請求項1にかかる立体形状測定装置は、走査光束を測定対象の物体に照射して得られた反射光を光位置検出器によって検出し、各走査位置における検出結果から上記物体の立体形状を測定する立体形状測定装置において、光束を発生する手段と、該光束を偏向して走査させる偏向走査手段と、該偏向走査手段を通過した光束を集光する走査集光手段と、上記走査集光手段を通過した光束（以下、走査光束）の集光点が描く軌跡（以下、

50

走査線)上の測定対象となる物体からの反射光を上記走査集光手段、及び上記偏向走査手段に導き、上記光位置検出器に入射させるとともに、上記走査光束と上記走査線の両者に垂直な方向(以下、副走査方向)に上記物体が移動した場合、上記光位置検出器にて得られる像の、上記副走査方向の移動の向きが、上記物体の移動の向きと同じで、かつ、上記像の移動距離が上記物体の移動距離の2倍未満となる反射光光路変換手段とを備えたものである。

【0024】

また、本発明の請求項2にかかる立体形状測定装置は、請求項1記載の立体形状測定装置において、上記反射光光路変換手段は、上記走査線と平行に配置された2枚以上の偶数枚の鏡としたものである。

10

【0025】

また、本発明の請求項3にかかる立体形状測定装置は、請求項2記載の立体形状測定装置において、上記鏡と鏡の間の相対位置関係が常に一定に保たれているものとしたものである。

【0026】

また、本発明の請求項4にかかる立体形状測定装置は、請求項1記載の立体形状測定装置において、上記反射光光路変換手段は、上記走査線と平行な入射面と射出面とを持つ、くさび型のプリズムとしたものである。

【0027】

また、本発明の請求項5にかかる立体形状測定装置は、請求項1記載の立体形状測定装置において、上記反射光光路変換手段は、上記走査線の方向に伸びた円筒レンズとしたものである。

20

【0028】

また、本発明の請求項6にかかる立体形状測定装置は、請求項1記載の立体形状測定装置において、上記反射光光路変換手段は、シート状の形状を有し、光を屈折させる光学素子としたものである。

【0029】

また、本発明の請求項7にかかる立体形状測定装置は、請求項3記載の立体形状測定装置において、上記反射光光路変換手段を構成する偶数枚の鏡が、ひとつのプリズム本体の内面に形成されており、上記反射光を上記光位置検出器上に集光した像の収差を改善する補正プリズムを、上記走査集光手段と上記光位置検出器との間に設けたものである。

30

【0030】

また、本発明の請求項8にかかる立体形状測定装置は、請求項4または請求項6記載の立体形状測定装置において、上記反射光を上記光位置検出器上に集光した像の収差を改善する補正プリズムを、上記集光手段と上記光位置検出器との間に設けたものである。

【0031】

また、本発明の請求項9にかかる立体形状測定装置は、請求項5記載の立体形状測定装置において、上記反射光を上記光位置検出器上に集光した像の収差を改善する円筒レンズを、上記集光手段と上記光位置検出器との間に設けたものである。

【0032】

40

また、本発明の請求項10にかかる立体形状測定装置は、走査光束を測定対象の物体に照射して得られた反射光を光位置検出器によって検出し、各走査位置における検出結果から上記物体の立体形状を測定する立体形状測定装置において、光束を発生する手段と、該光束を偏向して走査させる偏向走査手段と、該偏向走査手段を通過した光束を集光する走査集光手段と、上記走査集光手段を通過した光束(以下、走査光束)の集光点が描く軌跡(以下、走査線)上の測定対象となる物体からの反射光を上記走査集光手段、及び上記偏向走査手段に導き、上記光位置検出器に入射させるとともに、上記走査集光手段を射出した上記走査光束の見かけ上の集光点が描く軌跡を通り、かつ、上記走査光束に垂直な面(以下、仮想走査面)に対して、上記集光点の上記走査集光手段に入射する反射光の見かけ上の発光点が、常に上記仮想走査面上に位置するようになる反射光光路変換手段とを備え

50

たものである。

【0033】

また、本発明の請求項11にかかる立体形状測定装置は、請求項10記載の立体形状測定装置において、上記走査集光手段を通過した上記走査光束が上記走査面に到達する間の光路に設けられ、上記走査光束の集光距離を変化させる集光距離変更手段を備えたものである。

【0034】

また、本発明の請求項12にかかる立体形状測定装置は、請求項11記載の立体形状測定装置において、上記集光距離変更手段は、上記走査線と平行な3枚以上の鏡から構成されているものとしたものである。

10

【0035】

また、本発明の請求項13にかかる立体形状測定装置は、請求項11記載の立体形状測定装置において、上記集光距離変更手段は、上記走査線と平行な入射面と射出面とを有する平行ガラスで構成されているものとしたものである。

【0036】

また、本発明の請求項14にかかる立体形状測定装置は、請求項10記載の立体形状測定装置において、上記測定対象からの上記反射光が上記走査集光手段に到達する間の光路に設けられ、上記反射光の見かけ上の発光点までの距離を変化させる反射光発光点距離変更手段を備えたものである。

【0037】

20

また、本発明の請求項15にかかる立体形状測定装置は、請求項14記載の立体形状測定装置において、上記反射光発光点距離変更手段は、上記走査線と平行な3枚以上の鏡から構成したものである。

【0038】

また、本発明の請求項16にかかる立体形状測定装置は、請求項14記載の立体形状測定装置において、上記反射光発光点距離変更手段は、上記走査線と平行な入射面と射出面とを有する平行ガラスで構成したものである。

【0039】

また、本発明の請求項17にかかる立体形状測定装置は、請求項14記載の立体形状測定装置において、上記反射光発光点距離変更手段は、上記走査線方向に伸びた円筒レンズから構成したものである。

30

【0040】

また、本発明の請求項18にかかる立体形状測定装置は、請求項16記載の立体形状測定装置において、上記反射光光路変換手段を構成する平行ガラスは、上記走査線と平行に配置された2枚以上の偶数枚の鏡をその内面に形成されて一体化されたものとしたものである。

【0041】

また、本発明の請求項19にかかる立体形状測定装置は、請求項18記載の立体形状測定装置において、上記反射光光路変換手段を構成する一体化された平行ガラスは、上記走査光束の集光距離を変化させる、上記走査線と平行な入射面と射出面とを備えたものである。

40

【0042】

また、本発明の請求項20にかかる立体形状測定装置は、請求項4、請求項6または請求項8のいずれかに記載の立体形状測定装置において、上記反射光の見かけ上の発光点までの距離を変化させる反射光発光点距離変更手段を、上記反射光光路変換手段を構成するプリズムと一体的に形成したものである。

【0043】

また、本発明の請求項21にかかる立体形状測定装置は、請求項20記載の立体形状測定装置において、上記走査線と平行な入射面と射出面とを有する平行ガラスからなる、上記走査光束の集光距離を変化させる集光距離変更手段を、上記反射光光路変換手段を構成す

50

るプリズムと一体的に形成したものである。

【0044】

また、本発明の請求項22にかかる立体形状測定装置は、請求項5記載の立体形状測定装置において、上記反射光光路変換手段を構成する円筒レンズが、上記測定対象からの上記反射光が上記走査集光手段に到達する間の光路に設けられ、上記反射光の見かけ上の発光点までの距離を変化させる反射光発光点距離変更手段を一体化して構成したものである。

【0045】

また、本発明の請求項23にかかる立体形状測定装置は、請求項22記載の立体形状測定装置において、上記反射光光路変換手段を構成する円筒レンズは、上記走査光束の集光距離を変化させる、上記走査線と平行な入射面と射出面とを有する平行ガラスからなる集光距離変更手段とを一体化して構成したものである。

10

【0046】

【発明の実施の形態】

（実施の形態1）

以下に、本発明の請求項1から請求項5に記載された発明を実施の形態1として、図1～図4を用いて説明する。

図1は、本発明にかかる立体形状測定装置の全体的な構成を示す斜視図であり、代表的な光学系の構成を示している。

図1において、光源1から出た光をポリゴンミラーなどの回転鏡2で偏向し、 $f\theta$ レンズなどの集光・走査レンズ3で走査光4を集光して測定対象5上へのスポット光6aを形成し、回転鏡2の回転により該スポット光6aは、スポット光6bまで直線7上を走査する。走査光4の光進行方向とは異なる方向の反射光8は、受光光学系90aを介して、集光・走査光学レンズ3と回転鏡2の走査光学系を通過し、受光光学系9bによりPSDやCCDカメラなどの位置検出素子10上に結像し、電気信号に変換した像の位置情報から、スポット光6が照射している点の高さ情報を三角測量法により得る。

20

【0047】

スポット光6が、測定対象5を直線7上を走査し、さらに測定対象5が走査直線7の方向である主走査方向11と走査光4の光進行方向40を含む平面と垂直な方向（副走査方向12）に、回転鏡2の回転と同期して移動することにより、該スポット光6は、測定対象5を2次元走査し、各走査位置の高さ情報をメモリ上に保存して並べることにより測定対象5の3次元立体形状が測定できるように構成されている。

30

このように、図1に示す一般的な光学系の構成において、受光光学系90aは測定対象5からの反射光8を走査光学手段に導く作用を行うものである。

【0048】

図2は、本実施の形態1の立体形状測定装置の原理を説明するための図である。

図2(a)に示すように、スポット光6が副走査方向12に距離 d_s 移動した場合、走査光学手段に入射する反射光8の見かけ上の発光点13の位置の移動成分のうち、副走査方向12の移動について、スポット光6の移動 d_s と同じ向きに、さらに、ほぼ同じ距離(d_r)移動する作用を有している。

【0049】

40

スポット光6の副走査方向12への移動が走査光学系の変形により発生している場合、 $d_s = d_r$ のとき、スポット光6と見かけの発光点13の副走査方向12に投影した相対距離が一定となるので、図2(b)に示す光源1の見かけ上の発光点15と、反射光の走査光学手段を通過後の見かけ上の集光点14の副走査方向12とに投影した相対位置も一定となる。よって、光源の見かけ上の発光点15が移動しない限り、見かけ上の集光点14、つまり位置検出素子10上の像位置、すなわち測定する高さデータは、スポット光6の位置変動の影響を受けず一定となる。距離 d_s と d_r とが一致しない場合でも、スポット光の移動（距離 d_s ）で本来発生する測定高さ誤差を h_s とすると、見かけ上の発光点13の移動距離 d_r により、次の式(1)で示すように、実際の測定誤差 h_r を改善することができる。

50

【0050】

$$h_r / h_s = d_r / d_s - 1 \quad \dots (1)$$

ここで、 h_r が h_s より改善する条件、つまり h_r / h_s の絶対値が1より小さい条件を求めると、上記式(1)を変形して、

$$-1 < h_r / h_s = d_r / d_s - 1 < 1$$

$$0 < d_r / d_s < 2 \quad \dots (2)$$

という関係が導きだせる。

【0051】

上記距離 $d_r = d_s$ のとき、先述のように、 $h_r = 0$ となり、測定高さ誤差が発生しない。また、 $d_r \neq d_s$ でも上記式(2)を満たしていれば、スポット光6が走査光学系の変形

10

【0052】

次に上記構成を実現するための請求項2と請求項3に記載した立体形状測定装置に相当する具体的な構成について説明する。

図3は、本実施の形態1における、ミラー群反射による物体と像位置の関係を説明するための図であり、図3(a)は、1枚のミラーの反射における物体と像の位置関係を示す。

【0053】

図3(a)において、物体が点Aから点Bに移動し、像がA'点からB'点に移動する場合、ベクトルABとx軸のなす角度を α_1 、ミラー面とx軸のなす角度を β_1 (いずれもx軸からy軸に回転する方向が正)、A'B'とx軸のなす角度を α_2 とすると、幾何的な

20

$$\alpha_2 = 2\beta_1 - \alpha_1 \quad \dots (3)$$

図3(b)に示すように、複数枚のミラーで反射が起こる場合は、上記式(3)を組合せて次式となる。

$$2i\text{枚目のミラーで反射: } \alpha_{2i+1} = 2\beta_{2i} - \alpha_{2i}$$

$$2i-1\text{枚目のミラーで反射: } \alpha_{2i} = 2\beta_{2i-1} - \alpha_{2i-1}$$

$$\begin{aligned} 2\text{つの式の差より: } \alpha_{2i+1} &= 2(\beta_{2i} - \beta_{2i-1}) + \alpha_{2i-1} \\ &= 2(\beta_{2i} - \beta_{2i-1}) + 2(\beta_{2i-2} - \beta_{2i-3}) + \alpha_{2i-3} \\ &= 2\sum(\beta_{2j} - \beta_{2j-1}) + \alpha_1 \\ &\quad (\sum \text{は} j=1 \sim i \text{までの和を表しており以下同じ}) \end{aligned}$$

30

よって、 $2i$ (偶数)枚目のミラーで反射した像の角度 α_{2i+1} は以下の式(4)に示すようになる。

$$\begin{aligned} \alpha_{2i+1} &= 2\sum(\beta_{2j} - \beta_{2j-1}) + \alpha_1 \\ &= Be + \alpha_1 \quad (Be = 2\sum(\beta_{2j} - \beta_{2j-1})) \quad \dots (4) \end{aligned}$$

ここで、 Be はミラー群の角度 β_j で決まる固定値である。

【0054】

40

また、 $2i-1$ (奇数)枚目のミラーで反射した像の角度 α_{2i} は以下の式(5)に示すようになる。

$$\begin{aligned} \alpha_{2i} &= 2\beta_{2i-1} - 2\sum(\beta_{2j} - \beta_{2j-1}) - \alpha_1 \\ &= Bo - \alpha_1 \quad (Bo = 2\beta_{2i-1} - 2\sum(\beta_{2j} - \beta_{2j-1})) \quad \dots \\ (5) \end{aligned}$$

ここで、 Bo はミラー群の角度 β_j で決まる固定値である。

【0055】

それぞれの場合の複数枚ミラー全体への入射角を α_{in} 、射出角度 α_{out} とすると、全体の

50

曲り角 $\delta \alpha$ は、ミラー枚数が $2i$ (偶数) 枚のときは以下の式 (6) で示され、ミラー群の角度 β_j で決まる固定値 Be となる。

$$\delta \alpha = \alpha_{out} - \alpha_{in} = Be \quad \dots (6)$$

また、ミラー枚数が $2i-1$ (奇数) 枚のときは、以下の式 (7) で示される。

$$\delta \alpha = \alpha_{out} - \alpha_{in} = Bo - 2\alpha_{in} \quad \dots (7)$$

図4は、本実施の形態1にかかる立体形状測定装置の受光光学系を説明するための図である。

上記のモデルを計測する反射光8の進行角度で適用すると、図1に示した受光光学系90aの構成として図4(a)に示すように、2枚ミラー17a, 17bで構成した場合のように、x軸が副走査方向12、y軸が走査光光軸方向40の反対方向、 α_{in} はスポット光6からの直接反射光8が走査面6となす角を主走査方向11に垂直な平面に投影した角 θ で、 α_{out} は受光光学系90aから射出する反射光8が走査面6となす角を主走査方向11に垂直な平面に投影した角となる。

10

【0056】

ここで、 α_{out} については走査集光レンズ3の光軸に対して入射する反射光は平行に近いほうが受光光学系9bの配置の自由度が増すので、 α_{out} の範囲は $90^\circ - \phi \sim 90^\circ + \phi$ となる。なお、角度 ϕ は、あまり大きくない角度が望ましい。よって、ミラー枚数が偶数と奇数では、それぞれ上述した式(4)、式(5)より、以下に示すように、式(8)、式(9)となる。

$$\text{偶数枚: } 90^\circ - \theta - \phi < Be < 90^\circ - \theta + \phi \quad \dots (8)$$

20

$$\text{奇数枚: } 90^\circ + \theta - \phi < Bo < 90^\circ + \theta + \phi \quad \dots (9)$$

一方、図4(b)に示すように、走査光学手段の変化により、スポット光6が点Aから点A'と副走査方向12に距離ds動いた場合、スポット光6の移動について、このモデルを適用すると、x軸が副走査方向12、y軸が走査光光軸方向40の反対方向、 α_{in} はAA'がx軸上となす角で常に0、 α_{out} が受光光学系90aから射出する見かけ上の発光点13の移動前後の点B、点B'の直線BB'がx軸となす角に相当する。この場合、点Bと点B'の副走査方向12成分の移動距離をdrとすると、 $\alpha_{in} = 0$ より次式となる。

$$dr/ds = \cos(\alpha_{out}) = \cos(\delta \alpha)$$

よって、走査光学系の変形による測定高さ誤差を低減するには、上記式(2)より、受光光学系90aの反射光曲げ角 $\delta \alpha$ の範囲は $-90^\circ \sim 90^\circ$ となる。

30

【0057】

従って、ミラー枚数が偶数と奇数では、それぞれ上記式(6)、式(7)より、以下の式(10)、式(11)となる。

$$\text{偶数枚: } -90^\circ < \delta \alpha = Be < 90^\circ \quad \dots (10)$$

$$\text{奇数枚: } -90^\circ < \delta \alpha = Bo < 90^\circ \quad \dots (11)$$

受光光学系90aを偶数枚のミラーで構成した場合、上記式(8)と式(10)を同時に満たすには、式の両辺を比較して以下の式(12)となる。

$$-90^\circ < 90^\circ - \theta - \phi \text{ かつ } 90^\circ - \theta + \phi < 90^\circ$$

$$\phi < 180^\circ - \theta \text{ かつ } \phi < \theta \quad \dots (12)$$

θ の範囲は $0 \sim 90^\circ$ に対して、上記式(12)を満たす ϕ は容易に選択できるのは明らかである。

40

【0058】

一方、受光光学系90aを奇数枚のミラーで構成した場合、上記式(9)と式(11)とを同時に満たすには、式の両辺を比較して、以下の式(13)となる。

$$-90^\circ < 90^\circ + \theta - \phi \text{ かつ } 90^\circ + \theta + \phi < 90^\circ$$

$$\phi < 180^\circ + \theta \text{ かつ } \phi < -\theta \quad \dots (13)$$

θ の範囲は $0 \sim 90^\circ$ に対して、上記式(13)の条件、 $\phi < -\theta$ を満たす ϕ をとると、 θ が大きい場合、走査集光レンズに入射する角度が大きくなり、受光性能(収差, 開口など)に問題が生じるため、特殊な走査集光手段の必要性や、 θ の範囲制限が発生し、実現が困難となる。

50

【0059】

上記受光光学系90aを偶数枚のミラーで構成すると、反射光の曲り角は上記式(4)で示すように、固定値Beとなる。ここで、Beの式は隣り合った $2j$ 枚目と $2j-1$ 枚目の角度 β の差($\beta_{2j}-\beta_{2j-1}$)の合計となっている。つまり、ミラー間の相対角度が一定の場合、全体の角度が変化したとしても、固定値Be、つまり、反射光の曲り角は変化しないことになる。

【0060】

一方、受光光学系90aを奇数枚のミラーで構成すると、反射光の曲り角は上記式(5)で示したように、固定値Boとなる。この場合は、隣り合ったミラーの角度差($\beta_{2j}-\beta_{2j-1}$)の合計とは別に、最終の $2i-1$ 番目のミラー角度 β_{2i-1} と入射角 α_{in} があるので、ミラー間の相対角度が一定であっても、全体の角度が変化すると反射光の曲り角が変化することになる。

10

【0061】

このように、受光光学系90aを走査線7と平行な2枚以上の偶数枚のミラーで構成すると、スポット光6の走査光学系の変形による移動で発生する測定高さ誤差を低減でき、さらに、ミラー間の相対位置が保たれていると、受光光学系が主走査方向11回りに回転しても、高さ誤差を抑えることができる。

【0062】

(実施の形態2)

次に本発明の実施の形態2にかかる立体形状測定装置について説明する。

20

図5は、本発明の実施の形態2にかかる立体形状測定装置の受光光学系の構成を説明するための図であり、図5(a)は、図1に示した受光光学系90aを、入射面と射出面が主走査方向11と平行なプリズム17cで構成したものを示している。

【0063】

図5(a)において、該プリズム17cは、スポット光6の点Aからの反射光8を、主走査方向11と垂直な面内で曲げる作用があり、これにより反射光8を走査集光レンズ3に導いている。プリズム17cを射出する反射光8の見かけ上の発光点13を点Bとし、スポット光6の位置が副走査方向12向きに点Aから点A'に距離ds移動した場合、見かけ上の発光点Bは点B'となり、副走査方向12への移動距離をdrとする。その場合、プリズムの特性上、発光点Bの移動の副走査方向12成分の向きは、点Aの移動の向きと同じになりプリズムの入射面・射出面の角度や屈折率の組合せを選択することにより、スポット光6の、副走査方向12の移動距離dsと、見かけ上の発光点13の副走査方向12の移動距離drとの関係が上記式(2)を満たすことが可能となる。

30

【0064】

このように、受光光学系90aを、主走査方向11と垂直な平面内で光を曲げる作用のあるプリズム17cで構成することにより、スポット光6の走査光学系の変形による移動で発生する測定高さ誤差を低減することができる。

さらに、プリズムの特性上、プリズム17cが主走査方向11周りに回転した場合でも、見かけ上の発光点13の位置ずれを抑えられるので測定する高さ誤差を抑えることができる。

40

【0065】

図5(b)は、請求項5に記載した構成の立体形状測定装置の基本的な構成を示しており、受光光学系90aを、図5(a)におけるプリズム17cに代えて、円筒レンズ17dを用いて構成している。

図5(b)において、上記プリズム17cを用いたときの説明と同じく、発光点Bの副走査方向12の移動の向きはAの向きと同じで、スポット光6の副走査方向12の移動距離dsと見かけ上の発光点13の副走査方向12の移動距離drとの関係が、上記式(2)を満たすことが可能となる。

【0066】

また、図5(c)は、請求項6に記載した立体形状測定装置の基本的な構成を示しており

50

、受光光学系90aをプリズムシート17eを用いて構成している点が特徴である。

【0067】

図5(c)において、上記プリズム17cを用いたときの説明と同じく、発光点Bの副走査方向12の移動の向きはAの向きと同じで、スポット光6の副走査方向12の移動距離dsと見かけ上の発光点13の副走査方向12の移動距離drとの関係が上記式(2)を満たすことが可能となる。さらに、プリズムシート17eは、図5(c)に示すように、シート状に制作することが可能なため、空間的な体積が少なく、ほかの光学部品の配置に対して与える影響が少なくなるので、光学設計上の自由度が増し、付加的な機能や性能向上が容易となる。

なお、図5(c)では、断面形状が鋸状のプリズムシート17eを用いる場合を示したが、多段の凹凸形状となっている回折格子でも同様に実施することができる。

10

【0068】

(実施の形態3)

次に本発明の実施の形態3にかかる立体形状測定装置について説明する。

図6は、本発明の実施の形態3にかかる立体形状測定装置の基本的な構成を説明するための図であり、図6(a)は、本発明の請求項7に記載された立体形状測定装置の主要な構成を示している。

【0069】

図6(a)において、一体型受光光学系(プリズム)18は、請求項3に記載した構成(図3(b)に相当)を有する受光光学系の2つのミラーを内面に設けたものとなっており、スポット光6からの反射光8はプリズム18の内面にある2つのミラー17a, 17bを経由して走査集光レンズ3へ導かれるように構成されている。

20

【0070】

また、図6(b)に示すように、位置検出素子10と受光光学系9bとの間に補正プリズム19を設けた構成を有している。この場合、図6(c)に示すように、反射光8の片側の光を8aとし、反対側の光を8bとすると、プリズム18で曲ることにより、反射光8aと反射光8bとの間に光路長差が発生する。そのため単に走査光学系・受光光学系9bを通して位置検出素子10上に集光しても一点に集光しない。そこで補正プリズム19により、反射光8aと反射光8bとの間に、プリズム18で生じた光路長差とは反対方向の光路長差を発生させ、プリズム18で発生する光路長差を相殺するように構成すると、位置検出素子10上で反射光8は1点に集光するようになる。

30

【0071】

すなわち、プリズム18の入射面18aへの入射角を α_1 とし、プリズム18の射出面18bからの射出角を α_2 とし、補正プリズム19の入射面19aへの入射角を β_1 とし、さらに、補正プリズム19の射出面19bからの射出角を β_2 とすると、プリズム18と補正プリズム19の屈折率が同じで、スポット光6と位置検出素子10上の像との間の光学倍率が1の場合、 $\alpha_1 = \beta_2$ 、かつ $\alpha_2 = \beta_1$ だと、プリズム18で発生する光路長差は補正プリズム19で発生する光路長差で相殺され、反射光8の両端の光8aと光8bの光路長とが同じになり、位置検出素子10上の像サイズが小さくなり、測定高さ精度が改善されることになる。

40

【0072】

一般に、プリズム18の形状はコストやサイズの制限から、角度 α_1 , α_2 を収差が最小になる最適な組合せにとれないことが多いので、その場合、上記の条件を満たす補正プリズム19を配することにより、プリズム18で発生する収差を改善することができる。また、補正プリズム19の位置だと走査位置に関係なく反射光8の位置は、ほぼ一定のため、補正プリズム19のサイズを小さくでき、コスト上も有利となる。

【0073】

なお、プリズム18と補正プリズム19の屈折率が異なったり、光学倍率が1でなかったりする場合でも、プリズム18での入射角 α_1 , 射出角 α_2 に対して、光路長差を補正(相殺)するのに適合する補正プリズム19の入射角 β_1 と射出角 β_2 とを選ぶことで収差を改

50

善し、位置検出素子 10 上の像サイズを最適にすることができる。

【0074】

また、反射光 8 がプリズム 18 を通過すると、反射光の放射角が変化するために非点収差が発生する。つまり、図 6 (c) に示すように、主走査方向 11 と垂直な面に投影した反射光 8 の入射前の放射角 γ_1 と、射出後の放射角 γ_2 とが、プリズム 18 の作用により異なる。一方、副走査方向 12 と垂直な面に投影した反射光 8 の放射角は、プリズム 18 が平行ガラスとしての作用しかないので入射前と射出後で同じである。そのため、非点収差が発生し、集光しても直線の像となり点像とならない。直線像の直線方向が位置検出素子 10 の位置を検出する方向と直交していると、測定高さ精度に影響がないが、一般には部品精度や組立て精度の問題で直角にならないので、測定高さ精度の低下要因となる。こうした問題に対しても先述の補正プリズム 19 を配置することにより、非点収差が補正され、結像状態を改善することができる。

10

【0075】

また、受光光学系 90a をプリズムシートで構成した場合、上記図 6 (a) の構成で説明したのと同様の受光光学系 90a で発生する収差を改善する補正プリズム 19 を、位置検出素子 10 と受光光学系 90b との間に設けることにより、位置検出素子上の反射光 8 の像サイズを小さくし、測定高さ誤差を改善する効果が得られる。

【0076】

また、請求項 9 に記載した立体形状測定装置の構成においては、受光光学系 90a を円筒レンズで構成した場合、反射光 8 は主走査方向 11 と垂直な面内で曲り走査光学系へ導かれるが、同時にレンズとしての効果により、主走査方向 11 に垂直な平面に投影した反射光 8 の放射角が変化するので、反射光 8 に非点収差が発生する。そこで、円筒レンズを位置検出素子 10 と受光光学系 90b との間に、受光光学系 90a を構成する円筒レンズと直角の方向にパワーをもつ方向に設けることにより、位置検出素子 10 上の反射光 8 の像サイズを小さくし、測定高さ誤差を改善する効果を得ることができる。

20

【0077】

(実施の形態 4)

次に本発明の実施の形態 4 にかかる立体形状測定装置について説明する。

請求項 10 から請求項 17 に記載された立体形状測定装置について、図 7 ～図 10 を用いて説明する。

30

図 7 は、請求項 10 に記載した立体形状測定装置の基本的な構成を示す図である。

【0078】

図 7 において、走査集光レンズ 3 に入射する反射光 8 の見かけ上の発光点 13 が、走査集光レンズ 3 を通過した走査光 4 の見かけ上の集光点 41 を通り、走査光 4 に垂直な面（見かけ上の走査面 30）上にある場合、走査光学系を射出した、反射光 8 の見かけ上の集光点 14 までの距離 L_{dr} と、走査集光レンズ 3 に入射する、光源 1 から出た光の見かけ上の発光点 15 までの距離 L_{ds} とが走査位置にかかわらず常に一致するように構成されている。

【0079】

ここで光源 1 は固定しているので距離 L_{ds} は一定となり、反射光 8 の距離 L_{dr} も走査位置に関わらず常に一定になる。位置検出素子 10 と走査集光レンズ 3 との間に配置している受光光学系 90b も固定されているので、受光光学系 90b により集光された反射光 8 の像は常に位置検出素子 10 上で結像し、像サイズも一定となる。

40

【0080】

よって、位置検出素子 10 上の像サイズが大きいと高さの測定精度が低下するので、この場合、走査位置に関係なく常に測定高さ精度は一定となる。つまり、走査集光レンズ 3 に入射する反射光 8 の見かけ上の発光点 13 の位置を、走査位置に関係なく、見かけ上の走査面 30 上に配することにより、走査位置に関係なく、常に安定した高さの測定が可能になり、また、全走査範囲全体の総合的な測定高さ精度も向上することになる。

なお、走査集光レンズ 3 と実際の走査面 16 との間に、走査光 4 の集光距離を変える光学

50

系がない場合、見かけ上の走査面 30 は実際の走査面 16 と一致することになる。

【0081】

図 8 は、請求項 11 に記載した立体形状測定装置の基本的な構成を示し、該立体形状測定装置の走査光伸縮手段の構成を説明するための図である。

図 8 において、走査集光レンズ 3 と走査面 16 との間に、収束光の集光点までの距離を変える作用をもつ手段 31 を挿入して、走査面 16 に対して走査集光レンズ 3 からみた、見かけ上の走査面 30 の位置を、見かけ上の発光点 13 の位置と一致するまで移動することにより、上記請求項 10 に記載した立体形状測定装置を実現している。

【0082】

図 8 (a) では、見かけ上の発光点 13 の位置が、走査面 16 より走査光進行方向 40 側にある場合、収束光の集光点までの距離を短くする作用をもつ手段 (集光距離変更手段) 31 を挿入して、見かけ上の走査面 30 を走査面 16 に対して走査光進行方向 40 に動かして、請求項 11 の構成を実現している。 10

【0083】

また、図 8 (b) では、見かけ上の発光点 13 の位置が走査面 16 より走査光進行方向 40 の逆側にある場合、収束光の集光点までの距離を長くする作用をもつ手段 31 を挿入して、見かけ上の走査面 30 を走査面 16 に対して走査光進行方向 40 と逆方向に動かして請求項 11 の構成を実現している。

【0084】

図 9 は、請求項 12 と請求項 13 に記載した立体形状測定装置の基本的な構成を示しており、該立体形状測定装置の走査光伸縮手段の構成を説明するための図である。 20

図 9 (a) は、収束光の集光点までの距離を短くする作用をもつ手段 31 を、主走査方向 11 の軸と平行な 4 枚のミラー群 32 で構成した例である。

図 9 (a) において、走査光 4 が 4 枚のミラーの間を折れ曲って進むことにより、光学的な距離 (光路長) が経過して走査集光レンズ 3 からみたときの走査光 4 の見かけ上の集光点 41 に対して、実際の集光点の位置が光進行方向 40 と逆側に移動する。つまり、実際の走査面 16 に対して見かけ上の走査面 30 は光進行方向に移動することになる。

【0085】

ミラーの間隔や角度を選んで見かけ上の走査面 30 上に、見かけ上の発光点 13 が位置するようにする。実際には、ミラー枚数は 3 枚以上であれば同様の作用が得られるのは明らかである。 30

【0086】

さらに、ミラー群 32 が偶数枚のミラーで構成されており、かつ、ミラー間の相対関係が固定されている場合、ミラー群 32 全体に主走査方向 11 周りの回転が発生しても、請求項 3 に記載した立体形状測定装置において述べたように、射出する走査光 4 の角度変化は発生せず、信頼性の高い測定が可能となる。

【0087】

また、図 9 (b) は、収束光の集光点までの距離を長くする作用をもつ手段 31 を、主走査方向 11 の軸と平行な平行ガラス 33 で構成した例である。

図 9 (b) において、走査光が屈折率 n で厚み t のガラス中を進むことにより、次の式 (30) で示される距離 L 、走査光 4 の集光点が光進行方向 40 側に移動する。 40

$$L = t (1 - 1/n) \cdots (30)$$

つまり、実際の走査面 16 に対して、見かけ上の走査面 30 は光進行方向 40 と逆方向に移動する。そこで、屈折率 n と厚み t を選んで、見かけ上の走査面 30 上に見かけ上の発光点 13 が位置するようにする。

【0088】

図 10 は、請求項 14 に記載した立体形状測定装置の基本的な構成を示しており、該立体形状測定装置の反射光伸縮手段の構成を説明するための図である。

図 10 において、受光光学系 90a と走査集光レンズ 3 との間に、収束光の集光点までの距離を変える作用をもつ手段 (反射光発光点距離変更手段) 34 を挿入して、走査光学系 50

に入射する反射光 8 の見かけ上の発光点 1 3 を走査面 1 6 上の位置まで移動する構成となっている。

【0089】

図 10 (a) は、見かけ上の発光点 1 3 の位置が、走査面 1 6 より走査光進行方向 4 0 と逆方向にある場合、収束光の見かけ上の集光点までの距離を長くする作用をもつ手段 3 4 を挿入して、見かけ上の発光点 1 3 を走査光進行方向 4 0 に動かして、請求項 1 3 に示す構成を実現している。収束光の見かけ上の集光点までの距離を長くする作用を持つ手段 3 4 として、図 9 (a) でスポット光の集光距離を変える手段 3 1 として使用した、主走査方向 4 0 と平行な複数のミラー群で同様に構成すると、請求項 1 5 に記載した立体形状測定装置を実現するものとなる。

10

【0090】

図 10 (b) は、見かけ上の発光点 1 3 の位置が、走査面 1 6 より走査光進行方向 4 0 側にある場合、収束光の見かけ上の集光点までの距離を短くする作用をもつ手段 3 4 を挿入して、見かけ上の発光点 1 3 を走査光進行方向 4 0 と逆方向に動かして請求項 1 3 の構成を実現している。

【0091】

収束光の見かけ上の集光点までの距離を短くする作用を持つ手段 3 4 として、図 9 (b) でスポット光の集光距離を変える手段 3 1 として使用した主走査方向 4 0 と平行な平行ガラスを用いて構成すると、請求項 1 6 に記載した立体形状測定装置を実現することができる。

20

【0092】

また、図 10 (a) , (b) において、見かけ上の発光点の距離を変える手段 3 4 を、主走査方向 1 1 の方向に伸びた円筒レンズで構成すると、上記請求項 1 7 に記載した立体形状測定装置を実現することができる。その場合、走査光学手段に入射する反射光 8 に非点収差が発生するので、位置検出素子 1 0 上の反射光の像は直線状となる。像の線方向が位置検出素子 1 0 の位置を検出する方向と垂直であれば、測定高さ精度に対して影響はないが、少しでも垂直から外れると測定高さ精度が低下する要因となる。このような場合には、請求項 9 記載の立体形状測定装置と同様の補正用円筒レンズを受光光学系 9 b の前後に追加することにより、非点収差を改善することができ、測定高さの精度低下を防止することができる。

30

【0093】

(実施の形態 5)

次に本発明の実施の形態 5 にかかる立体形状測定装置について説明する。請求項 1 8 から請求項 2 3 に記載された立体形状測定装置について、図 1 1 ~ 図 1 3 を用いて説明する。

【0094】

図 1 1 は、本発明の実施の形態 5 にかかる立体形状測定装置の基本的な構成を説明するための図であり、図 1 1 (a) は、請求項 1 8 に記載した立体形状測定装置の基本的な構成を示す図である。

図 1 1 (a) において、図 1 に示した受光光学系 9 0 a が、その内面に 2 枚のミラー 1 7 0 a, 1 7 0 b をもつプリズム 1 8 0 で構成されており、スポット光 6 からの反射光 8 は、プリズムの透過面 1 8 0 a 上の点 A を通過してプリズム内に入射し、ミラー 1 7 0 a 上の点 B とミラー 1 7 0 b 上の点 C で 2 回反射して透過面 1 8 0 b 上の点 D より射出され、走査集光レンズ 3 へ導かれるように構成されている。

40

【0095】

反射光 8 は、2 つのミラー 1 7 0 a, 1 7 0 b 間を折れ曲って進むので走査集光レンズ 3 から見たときの、ミラー 1 7 0 b からの射出光の見かけ上の発光点は、走査光進行方向 4 0 に移動する。同時に、反射光は屈折率 n のプリズム内を通過するので、反射光のプリズム内の通過距離を t ($=$ 距離 AB + 距離 BC + 距離 CD) とし、屈折率を n とすると、先述の式 (30) に示されるように、見かけ上の発光点は走査光進行方向 4 0 とは反対方向に移動する。

50

【0096】

こうした2つの見かけ上の発光点の移動は、それぞれ逆方向になるのでミラーの間隔やプリズムのサイズを選ぶことにより、移動方向をお互いに相殺することができ、見かけ上の発光点を走査面16上に位置する効果と、スポット光6の、副走査方向位置変化による発光点13の位置変化をほぼ同じにすることができるという2つの作用を同時に得ることができる光学系を、一体のプリズム18を用いて実現することができる。

【0097】

さらに、図11(b)は、請求項19に記載した立体形状測定装置の基本的な構成を示している。

図11(b)において、走査光4がプリズム181の平行な2つの透過面181cと透過面181dとを、それぞれ通過点Eと点Fで通過するように構成されている。その距離EFを t とし、プリズム屈折率 n とすると、同様に先述の式(30)により、2枚の平行ガラスによる効果である、見かけ上の走査面30の移動が起こり、走査光による見かけの走査面30も変更することができるので、スポット光6の、副走査方向位置変化による発光点13の位置変化をほぼ同じにすることができるのとあわせて、自由度の高い設計が可能となる。

10

【0098】

以上に示した請求項18と請求項19記載の立体形状測定装置は、請求項7記載の立体形状測定装置でも述べたように、プリズム180,181の入射面や射出面が反射光8と垂直でない場合に、発生する収差を改善する補正プリズムを設けることも可能である。

20

【0099】

図12は、本実施の形態5における立体形状測定装置の構成を説明するための図であり、図12(a)は、請求項20記載の立体形状測定装置の基本的な構成を示している。

図12(a)において、図1に示した受光光学系90aが、主走査方向11と平行な入射面と射出面をもつプリズム182で構成されており、スポット光6からの反射光8は、入射面182a上の点Aを通過してプリズム内に入射し、入射面182b上の点Bよりプリズムから射出され走査集光レンズ3へ導かれるように構成されている。

【0100】

この場合、反射光8が折れ曲って進むのと、射出する反射光8の放射角が変わるのとで、見かけ上の発光点13の位置が移動する。同時に、反射光8は屈折率 n のプリズム内を通過するので、反射光8のプリズム内の通過距離を t (=距離AB)とし、その屈折率を n とすると、先述の式(30)に示されるように、見かけ上の発光点が走査光進行方向40とは反対方向に移動する。プリズム182の入射/射出面の角度、屈折率、及びプリズムのサイズを選ぶことにより、2つの見かけ上の発光点の移動は、その移動方向がお互いに相殺することにより、見かけ上の発光点が走査面16上に位置する効果と、スポット光6の、副走査方向位置変化による発光点の位置変化をほぼ同じにすることができるという2つの効果を同時に実現することができる光学系を、一体のプリズム18を用いて実現することができる。

30

【0101】

さらに、図12(b)は、請求項21記載の立体形状測定装置の基本構成を示す。

40

図12(b)において、走査光4が、主走査方向11に平行で、お互いに平行な2つの透過面183cと183dとをそれぞれ通過点Cと点Dで通過する。その距離CDを t として、プリズム183の屈折率を n とすると、同様に先述の式(30)により、2枚の平行ガラスによる効果である、見かけ上の走査面の移動が起こり、走査光による見かけの走査面が変更され、スポット光6の、副走査方向位置変化による発光点の位置変化をほぼ同じにすることができることとあわせて、より自由度の高い設計が可能となる。

【0102】

なお、以上に示した、請求項20と請求項21記載の立体形状測定装置は、上記請求項8に記載した立体形状測定装置の説明で述べたように、プリズム182,183で発生する収差を改善する補正プリズムを設けた場合でも、同様に効果を得ることができる。

50

【0103】

図13は、本実施の形態5における立体形状測定装置の構成を説明するための図である。なお、図13(a)は、上記図12(b)において、受光光学系90aを構成するプリズムを、プリズムシート184に置き換えたものであり、図12(b)で示した立体形状測定装置と同様、2枚の平行ガラスによる効果である、見かけ上の走査面の移動が起こり、走査光による見かけの走査面が変更され、スポット光6の、副走査方向位置変化による発光点の位置変化をほぼ同じにすることができることとあわせて、より自由度の高い設計が可能となる。

また、図12(a)においても、プリズム182をプリズムシートへ置き換えることにより、同等の効果が実現することができる。

10

【0104】

また、図13(b)は、請求項23に記載した立体形状測定装置の基本構造を示しており、受光光学系90aを、主走査方向11に伸びている円筒レンズ185を用いて構成している点の特徴である。

図13(b)において、スポット光6からの反射光8は、入射面185a上の点Aを通過して円筒レンズ内に入射し、折れ曲って入射面185b上の点Bより円筒レンズから射出され、走査集光レンズ3へと導かれるように構成されている。また、レンズのパワーにより射出した反射光8の放射角が変わり、見かけ上の発光点の位置が、見かけ上の走査面上に配され、請求項5記載の立体形状測定装置において説明したように、スポット光6の走査光学系の変形による移動で発生する測定高さ誤差を低減することができ、また、上記請求項17記載の立体形状測定装置において説明したように、反射光の見かけ上の発光点が走査面上にない場合に、走査面に対して見かけ上の発光点の位置を移動して、走査面と反射光の見かけ上の発光点の位置を一致させることができる効果が実現されている。

20

【0105】

さらに、走査光4が通過する平行ガラスと一体化することにより、請求項13記載の立体形状測定装置において説明したように、実際の走査面に対して、見かけ上の走査面が光進行方向と逆方向に移動するので、見かけ上の走査面上に見かけ上の発光点を位置させることができるので、より自由度の高い設計が可能となる。

【0106】

なお、以上の説明では、反射光の方向は主に、主走査方向と垂直な面内の1方向の反射光を代表例として説明したが、上記いずれの実施の形態においても走査光束が描く面内以外のどの方向の反射光についても、主走査方向と垂直な面に反射光を投影した光に対して実施可能である。さらに、複数方向の受光光学系が同時にある場合でも実施可能である。また、受光光学系を構成するプリズムや円筒レンズ、シートプリズムについて、いずれも個数が1個の場合を例として説明したが、複数個で構成されている場合でも実施可能であることは言うまでもない。

30

【0107】

【発明の効果】

以上のように、本発明の請求項1にかかる立体形状測定装置によれば、走査光束を測定対象の物体に照射して得られた反射光を光位置検出器によって検出し、各走査位置における検出結果から上記物体の立体形状を測定する立体形状測定装置において、光束を発生する手段と、該光束を偏向して走査させる偏向走査手段と、該偏向走査手段を通過した光束を集光する走査集光手段と、上記走査集光手段を通過した光束（以下、走査光束）の集光点が描く軌跡（以下、走査線）上の測定対象となる物体からの反射光を上記走査集光手段、及び上記偏向走査手段に導き、上記光位置検出器に入射させるとともに、上記走査光束と上記走査線の両者に垂直な方向（以下、副走査方向）に上記物体が移動した場合、上記光位置検出器にて得られる像の、上記副走査方向の移動の向きが、上記物体の移動の向きと同じで、かつ、上記像の移動距離が上記物体の移動距離の2倍未満となる反射光光路変換手段とを備えたものとしたので、走査光学系から射出する反射光の見かけ上の集光点の光源に対する相対的な位置が、走査光学系の変形にかかわらずほぼ一定になるので、位置

40

50

検出素子上の像の位置変化が抑えられ、発生する測定高さ誤差を低減することができるという効果が得られる。

【0108】

また、本発明の請求項2にかかる立体形状測定装置によれば、請求項1記載の立体形状測定装置において、上記反射光光路変換手段は、上記走査線と平行に配置された2枚以上の偶数枚の鏡としたので、単純なミラーの組合せにより、容易に走査光学系の変形で発生する測定高さ誤差を低減することができるという効果が得られる。

【0109】

また、本発明の請求項3にかかる立体形状測定装置によれば、請求項2記載の立体形状測定装置において、上記鏡と鏡の間の相対位置関係が常に一定に保たれているものとしたので、反射光光路変換手段全体が主走査方向の軸周りに回転しても、反射光光路変換手段を射出する反射光の見かけ上の発光点の位置がほぼ同じになり、発生する測定高さ誤差を低減することができるという効果が得られる。

10

【0110】

また、本発明の請求項4にかかる立体形状測定装置によれば、請求項1記載の立体形状測定装置において、上記反射光光路変換手段は、上記走査線と平行な入射面と射出面とを持つ、くさび型のプリズムとしたもので、単純な部品で容易に走査光学系の変形で発生する測定高さ誤差を低減でき、さらに、反射光光路変換手段全体が走査光の走査する方向の軸周りに回転しても、反射光光路変換手段を射出する反射光の見かけ上の発光点の位置がほぼ同じになり、高さデータの変化も低減することができるという効果が得られる。

20

【0111】

また、本発明の請求項5にかかる立体形状測定装置によれば、請求項1記載の立体形状測定装置において、上記反射光光路変換手段は、上記走査線の方に伸びた円筒レンズとしたので、単純な部品で容易に走査光学系の変形で発生する測定高さ誤差を低減でき、反射光光路変換手段全体が走査光の走査する方向の軸周りに回転しても、反射光光路変換手段を射出する反射光の見かけ上の発光点の位置がほぼ同じになり、高さデータの変化も低減することができるという効果が得られる。

【0112】

また、本発明の請求項6にかかる立体形状測定装置によれば、請求項1記載の立体形状測定装置において、上記反射光光路変換手段は、シート状の形状を有し、光を屈折させる光学素子としたので、1つの部品で容易に走査光学系の変形で発生する測定高さ誤差を低減でき、さらに、反射光光路変換手段全体が走査光の走査する方向の軸周りに回転しても、反射光光路変換手段を射出する反射光の見かけ上の発光点の位置がほぼ同じになり、高さデータの変化も低減でき、また、さらに、反射光光路変換手段の配置上の制限を低減でき、設計上の自由度が増すので、より最適な設計が可能になるという効果が得られる。

30

【0113】

また、本発明の請求項7にかかる立体形状測定装置によれば、請求項3記載の立体形状測定装置において、上記反射光光路変換手段を構成する偶数枚の鏡が、ひとつのプリズム本体の内面に形成されており、上記反射光を上記光位置検出器上に集光した像の収差を改善する補正プリズムを、上記走査集光手段と上記光位置検出器との間に設けたので、反射光がプリズムで構成された反射光光路変換手段の入射面や射出面に対して斜めに入射すると、発生する収差が修正され、位置検出素子上の像サイズが小さくなり、高さ測定精度が向上するという効果が得られる。

40

【0114】

また、本発明の請求項8にかかる立体形状測定装置によれば、請求項4または請求項6記載の立体形状測定装置において、上記反射光を上記光位置検出器上に集光した像の収差を改善する補正プリズムを、上記集光手段と上記光位置検出器との間に設けたので、反射光がプリズムで構成された反射光光路変換手段の入射面や射出面に対して斜めに入射すると、発生する収差が修正され、位置検出素子上の像サイズが小さくなり、高さ測定精度が向上するという効果が得られる。

50

【0115】

また、本発明の請求項9にかかる立体形状測定装置によれば、請求項5記載の立体形状測定装置において、上記反射光を上記光位置検出器上に集光した像の収差を改善する円筒レンズを、上記集光手段と上記光位置検出器との間に設けたので、反射光が円筒レンズで構成された反射光光路変換手段に入射すると、発生する非点収差が修正され、位置検出素子上の像が点状に小さくなり、高さ測定精度を向上することができるという効果が得られる。

【0116】

また、本発明の請求項10にかかる立体形状測定装置によれば、走査光束を測定対象の物体に照射して得られた反射光を光位置検出器によって検出し、各走査位置における検出結果から上記物体の立体形状を測定する立体形状測定装置において、光束を発生する手段と、該光束を偏向して走査させる偏向走査手段と、該偏向走査手段を通過した光束を集光する走査集光手段と、上記走査集光手段を通過した光束（以下、走査光束）の集光点が描く軌跡（以下、走査線）上の測定対象となる物体からの反射光を上記走査集光手段、及び上記偏向走査手段に導き、上記光位置検出器に入射させるとともに、上記走査集光手段を射出した上記走査光束の見かけ上の集光点が描く軌跡を通り、かつ、上記走査光束に垂直な面（以下、仮想走査面）に対して、上記集光点の上記走査集光手段に入射する反射光の見かけ上の発光点が、常に上記仮想走査面上に位置するようになる反射光光路変換手段とを備えたものとしたので、走査光学系から射出する反射光の見かけ上の集光点と光源から射出される光束の見かけ上の発光点との間の相対的な位置が、走査位置にかかわらずほぼ一定になり、走査位置による位置検出素子上の像サイズの変化が低減され、高さ測定精度を向上させることができるという効果が得られる。

【0117】

また、本発明の請求項11にかかる立体形状測定装置によれば、請求項10記載の立体形状測定装置において、上記走査集光手段を通過した上記走査光束が上記走査面に到達する間の光路に設けられ、上記走査光束の集光距離を変化させる集光距離変更手段を備えたものとしたので、走査集光手段からみた見かけ上の走査面の位置が、走査集光手段からみた反射光の見かけ上の発光点まで移動し、走査位置に関係なく、常に安定した高さ測定が可能になるという効果が得られる。

【0118】

また、本発明の請求項12にかかる立体形状測定装置によれば、請求項11記載の立体形状測定装置において、上記集光距離変更手段は、上記走査線と平行な3枚以上の鏡から構成されているものとしたので、反射光の見かけ上の発光点が走査面に対して走査光進行方向に移動している場合に、走査集光手段からみた見かけ上の走査面の位置を走査光の進行方向に移動して、見かけ上の走査面と反射光の見かけ上の発光点の位置とを一致させることができ、走査位置に関係なく、常に安定した高さ測定が可能になるという効果が得られる。

【0119】

また、本発明の請求項13にかかる立体形状測定装置によれば、請求項11記載の立体形状測定装置において、上記集光距離変更手段は、上記走査線と平行な入射面と射出面とを有する平行ガラスで構成するようにしたので、反射光の見かけ上の発光点が走査面に対して走査光進行と逆方向に移動している場合に、走査面に対して走査集光手段からみた見かけ上の走査面の位置を走査光進行と逆方向に移動して、見かけ上の走査面と、反射光の見かけ上の発光点の位置とを一致させることができ、走査位置に関係なく、常に安定した高さ測定が可能になるという効果が得られる。

【0120】

また、本発明の請求項14にかかる立体形状測定装置によれば、請求項10記載の立体形状測定装置において、上記測定対象からの上記反射光が上記走査集光手段に到達する間の光路に設けられ、上記反射光の見かけ上の発光点までの距離を変化させる反射光発光点距離変更手段を備えたものとしたので、走査集光手段からみた反射光の見かけ上の発光点の

位置を、走査面まで移動して、走査位置に関係なく、常に安定した高さ測定が可能になるという効果が得られる。

【0121】

また、本発明の請求項15にかかる立体形状測定装置によれば、請求項14記載の立体形状測定装置において、上記反射光発光点距離変更手段は、上記走査線と平行な3枚以上の鏡から構成したので、反射光の見かけ上の発光点の位置が走査面に対して走査光進行方向と逆方向に移動している場合に、走査面に対して見かけ上の発光点の位置を走査光進行方向に移動して、見かけ上の走査面と反射光の見かけ上の発光点の位置を一致させることができ、走査位置に関係なく、常に安定した高さ測定が可能になるという効果が得られる。

【0122】

また、本発明の請求項16にかかる立体形状測定装置によれば、請求項14記載の立体形状測定装置において、上記反射光発光点距離変更手段は、上記走査線と平行な入射面と射出面を有する平行ガラスで構成したものとしたので、反射光の見かけ上の発光点が走査面に対して走査光進行に移動している場合に、走査面に対して見かけ上の発光の位置を走査光進行と逆方向に移動して、走査面と反射光の見かけ上の発光点の位置を一致させることができ、走査位置に関係なく、常に安定した高さ測定が可能になるという効果が得られる。

【0123】

また、本発明の請求項17にかかる立体形状測定装置によれば、請求項14記載の立体形状測定装置において、上記反射光発光点距離変更手段は、上記走査線方向に伸びた円筒レンズから構成したので、反射光の見かけ上の発光点が走査面上にない場合に、走査面に対して見かけ上の発光の位置を移動して、走査面と反射光の見かけ上の発光点の位置が一致するようになるので、走査位置に関係なく、常に安定した高さ測定が可能になるという効果が得られる。

【0124】

また、本発明の請求項18にかかる立体形状測定装置によれば、請求項16記載の立体形状測定装置において、上記反射光光路変換手段を構成する平行ガラスは、上記走査線と平行に配置された2枚以上の偶数枚の鏡をその内面に形成されて一体化されたものとしたので、複数の機能をもった手段を一体化することにより、部品点数を抑えられ、部品コストや組立て調整工数が削減可能となり、総合的なコストを低減することができるという効果が得られる。

【0125】

また、本発明の請求項19にかかる立体形状測定装置によれば、請求項18記載の立体形状測定装置において、上記反射光光路変換手段を構成する一体化された平行ガラスは、上記走査光束の集光距離を変化させる、上記走査線と平行な入射面と射出面とを備えたものとしたので、複数の機能をもった手段を一体化することにより、部品点数を抑えられ、部品コストや組立て調整工数が削減可能となり、総合的なコストを低減できるという効果が得られる。

【0126】

また、本発明の請求項20にかかる立体形状測定装置によれば、請求項4、請求項6または請求項8のいずれかに記載の立体形状測定装置において、上記反射光の見かけ上の発光点までの距離を変化させる反射光発光点距離変更手段を、上記反射光光路変換手段を構成するプリズムと一体的に形成したので、複数の機能をもった手段を一体化することにより、部品点数を抑えられ、部品コストや組立て調整工数が削減可能となり、総合的なコストを低減することができるという効果が得られる。

【0127】

また、本発明の請求項21にかかる立体形状測定装置によれば、請求項20記載の立体形状測定装置において、上記走査線と平行な入射面と射出面とを有する平行ガラスからなる、上記走査光束の集光距離を変化させる集光距離変更手段を、上記反射光光路変換手段を構成するプリズムと一体的に形成したので、複数の機能をもった手段を一体化することに

10

20

30

40

50

より、部品点数を抑えられ、部品コストや組立て調整工数が削減可能となり、総合的なコストを低減することができるという効果が得られる。

【0128】

また、本発明の請求項22にかかる立体形状測定装置によれば、請求項5記載の立体形状測定装置において、上記反射光光路変換手段を構成する円筒レンズが、上記測定対象からの上記反射光が上記走査集光手段に到達する間の光路に設けられ、上記反射光の見かけ上の発光点までの距離を変化させる反射光発光点距離変更手段を一体化することにより、部品点数を抑えられ、部品コストや組立て調整工数が削減可能となり、総合的なコストを低減することができるという効果が得られる。

【0129】

また、本発明の請求項23にかかる立体形状測定装置によれば、請求項22記載の立体形状測定装置において、上記反射光光路変換手段を構成する円筒レンズは、上記走査光束の集光距離を変化させる、上記走査線と平行な入射面と射出面とを有する平行ガラスからなる集光距離変更手段とを一体化することにより、部品点数を抑えられ、部品コストや組立て調整工数が削減可能となり、総合的なコストを低減することができるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にかかる立体形状測定装置の全体的な構成を示す斜視図である。

【図2】本発明の実施の形態1にかかる立体形状測定装置の原理を説明するための図であり、スポット光が移動した場合（図（a））及びスポット光の移動が走査光学系の変形により発生している場合（図（b））を示す。

【図3】上記実施の形態1にかかる立体形状測定装置において、ミラー群の反射による物体と像移動の関係を説明するための図であり、ミラーがそれぞれ、1枚（図（a））及び複数枚（図（b））の場合を示す。

【図4】上記実施の形態1における立体形状測定装置の受光光学系の構成を説明するための図であり、2枚ミラーによる受光光学系の構成（図（a））及びスポット光の移動（図（b））を示す。

【図5】実施の形態2における立体形状測定装置の受光光学系の構成を説明するための図であり、受光光学系をそれぞれ、プリズム（図（a））、円筒レンズ（図（b））、及びフレネルプリズム（図（c））で構成した場合を示す。

【図6】本発明の実施の形態3にかかる立体形状測定装置の基本的な構成を説明するための図であり、一体型受光光学系の構成（図（a））、補正プリズムの設置（図（b））、光路長差の発生（図（c））を示す。

【図7】本発明の実施の形態4にかかる立体形状測定装置の基本的な構成を説明するための図である。

【図8】上記実施の形態4における立体形状測定装置の走査光伸縮手段の構成を説明するための図であり、見かけ上の発光点の位置が走査面よりそれぞれ、走査光進行方向側（図（a））及び走査光進行方向の逆側（図（b））にある場合を示す。

【図9】上記実施の形態4における立体形状測定装置の走査光伸縮手段の構成を説明するためのほかの図であり、走査光伸縮手段をそれぞれ、ミラー群（図（a））及び平行ガラス（図（b））で構成した場合を示す。

【図10】上記実施の形態4における立体形状測定装置の反射光伸縮手段の構成を説明するための図であり、見かけ上の発光点の位置が走査面よりそれぞれ、走査光進行方向と逆方向（図（a））及び走査光進行方向（図（b））にある場合を示す。

【図11】本発明の実施の形態5にかかる立体形状測定装置の基本的な構成を説明するための図であり、受光光学系がその内面に2枚のミラーを持つプリズムで構成されている場合（図（a））及び走査光がプリズムの平行な2つの透過面を通過するように構成されている場合（図（b））を示す。

【図12】上記実施の形態5における立体形状測定装置の構成を説明するための他の図であり、受光光学系が主走査方向と平行な入射面と射出面を持つプリズムで構成されている

10

20

30

40

50

場合（図（a））及び走査光が主走査方向に平行で、お互いに平行な2つの透過面を通過する場合（図（b））を示す。

【図13】上記実施の形態5における立体形状測定装置の構成を説明するための他の図であり、受光光学系にプリズムシート（図（a））及び円筒レンズ（図（b））を用いた場合を示す。

【図14】従来の立体形状測定装置の全体的な構成を示す斜視図である。

【図15】従来の立体形状測定装置における、三角測量による高さ計測の問題点を説明するための図であり、死角が発生（図（a））、多重反射による高さ測定誤差（図（b））、及び複数の方向から反射光を測定（図（c））する場合を示す。

【図16】従来の立体形状測定装置における、走査位置と受光像位置との関係を示す断面図である。 10

【図17】従来の立体形状測定装置における、受光光学系に走査光学系が含まれる場合の構成を示す斜視図である。

【図18】従来の立体形状測定装置における、スポット光位置ずれと高さ誤差とを説明するための図であり、一方向（図（a））及び複数方向（図（b））の反射光を測定する場合を示す。

【図19】従来の立体形状測定装置における、走査位置による高さ測定精度の変化を示す図である。

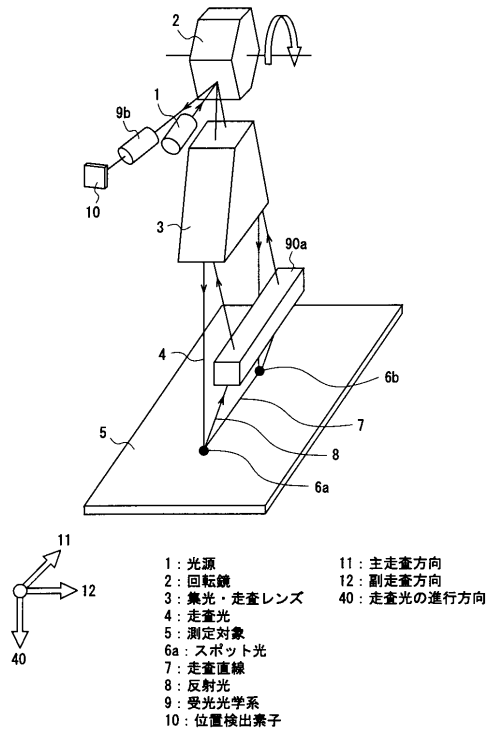
【符号の説明】

- | | | |
|--|--|----|
| 1 | 光源 | 20 |
| 2 | 回転鏡 | |
| 3 | 集光・走査レンズ | |
| 4 | 走査光 | |
| 5 | 測定対象 | |
| 6 | 測定対象上のスポット光 | |
| 6 a | 走査直線の端に位置するスポット光 | |
| 6 b | 走査直線のもう一方の端に位置するスポット光 | |
| 7 | 走査直線 | |
| 8 a | 測定対象からの反射光 | |
| 8 b | 測定対象からの反射光 | 30 |
| 9 | 受光光学系 | |
| 9 a, 9 0 a | 受光光学系（測定対象と走査光学系の間に位置） | |
| 9 b | 受光光学系（走査光学系と位置検出素子の間に位置） | |
| 10 | 位置検出素子 | |
| 11 | 主走査方向 | |
| 12 | 副走査方向 | |
| 13 | 走査光学系に入射する反射光の見かけの発光点 | |
| 14 | 受光光学系に入射する反射光の見かけの集光点 | |
| 15 | 光源から射出する光束の見かけの発光点 | |
| 16 | スポット光6が集光する走査面 | 40 |
| 17 a, 17 0 a, 17 1 a | 受光光学系を構成するミラー | |
| 17 b, 17 0 b, 17 1 b | 受光光学系を構成するミラー | |
| 17 c | 受光光学系を構成するプリズム | |
| 17 d | 受光光学系を構成する円筒レンズ | |
| 17 e | 受光光学系を構成するフレネルプリズム | |
| 18, 18 0, 18 1, 18 2, 18 3, 18 4, 18 5 | 受光光学系を構成する一体型受光光学系 | |
| 18 a, 18 0 a, 18 1 a, 18 2 a, 18 3 a, 18 4 a, 18 5 a | 一体型受光光学系（18 1, 18 2, 18 3, 18 4, 18 5）を構成する反射光の入射面 | |
| 18 b, 18 0 b, 18 1 b, 18 2 b, 18 3 b, 18 4 b, 18 5 b | 一体型受光光学系（ | 50 |

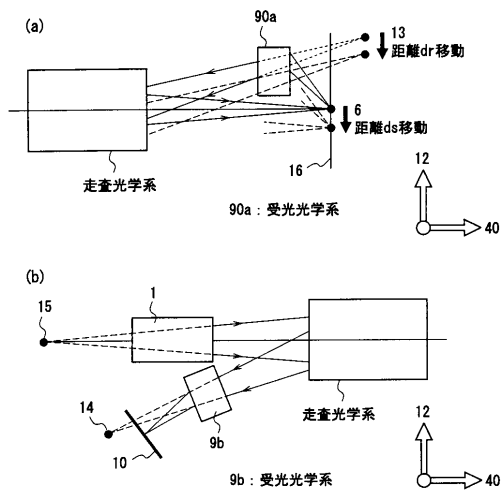
- 181, 182, 183, 184, 185) を構成する反射光8の射出面
 181c, 183c, 184c, 185c 一体型受光光学系を構成する走査光の入射面
 181d, 183d, 184d, 185d 一体型受光光学系を構成する走査光の射出面
 19 受光光学系と位置検出素子の間に位置する補正プリズム
 19a プリズムを構成する反射光の入射面
 19b プリズムを構成する反射光の射出面
 30 走査集光レンズ3からみた見かけ上の走査面
 31 スポット光の集光距離を変える手段(集光距離変更手段)
 32 スポット光の集光距離を変えるミラー群
 33 スポット光の集光距離を変える平行ガラス
 34 見かけ上の発光点の距離を変える手段(反射光発光点距離変更手段)
 40 走査光の進行方向
 41 走査集光レンズからみた見かけ上の集光点

10

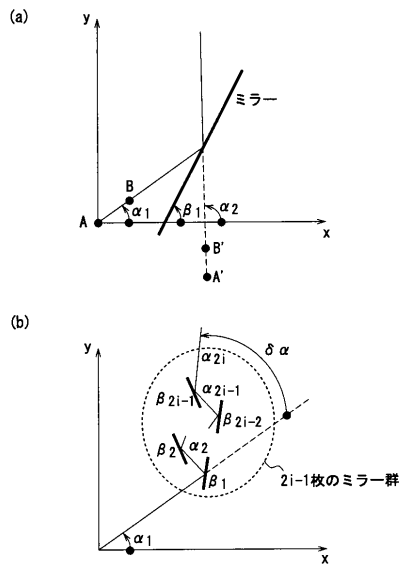
【図1】



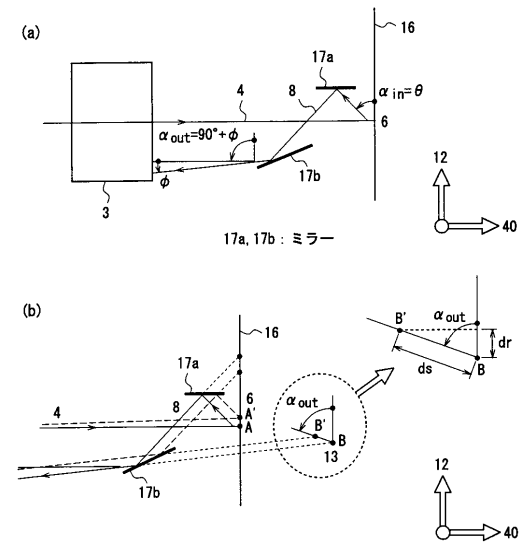
【図2】



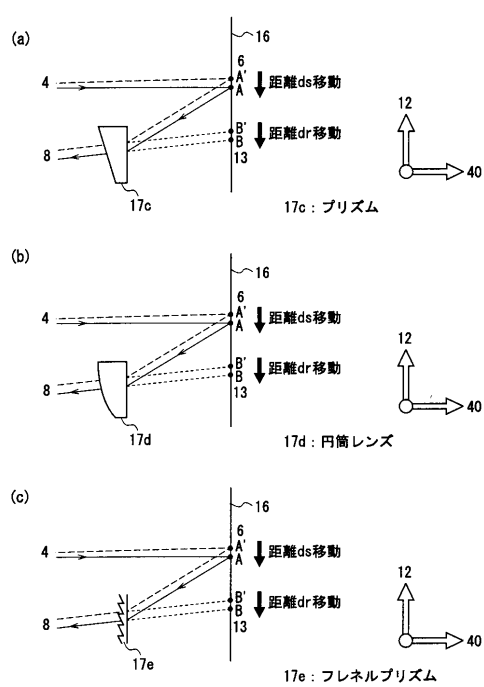
【図 3】



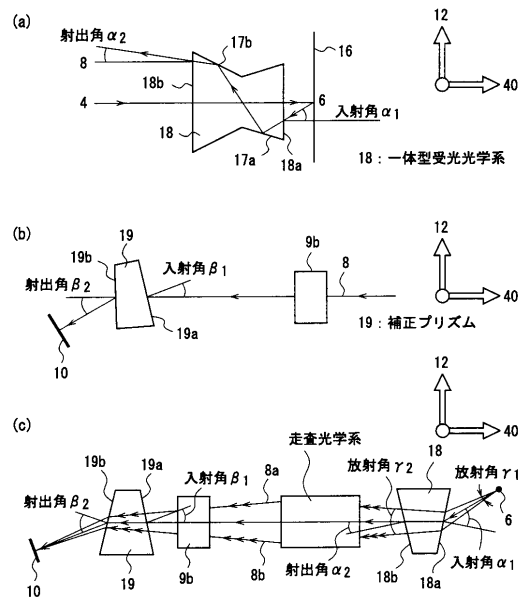
【図 4】



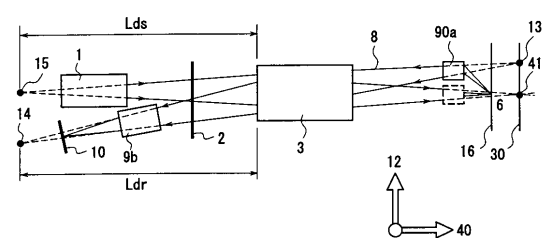
【図 5】



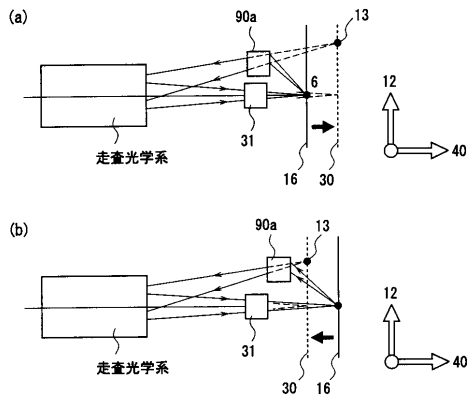
【図 6】



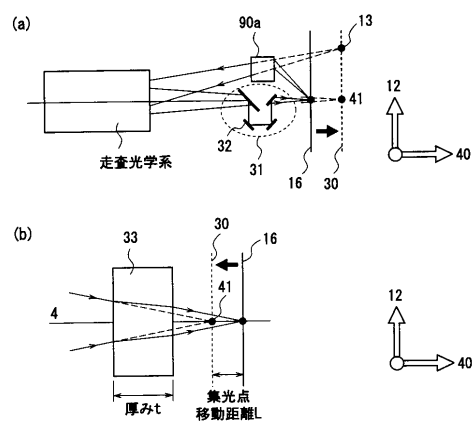
【図 7】



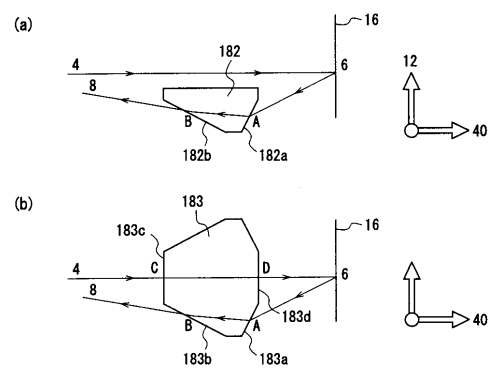
【図 8】



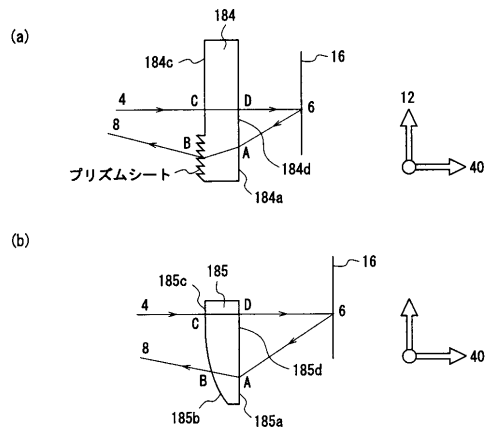
【図 9】



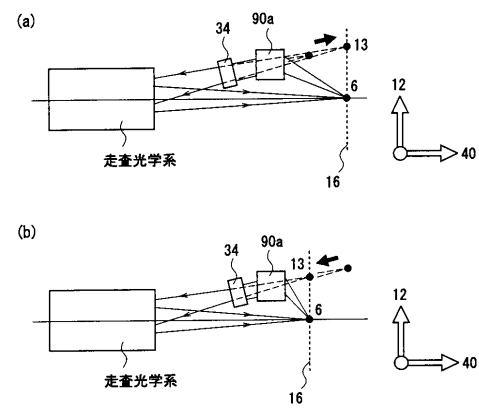
【図 12】



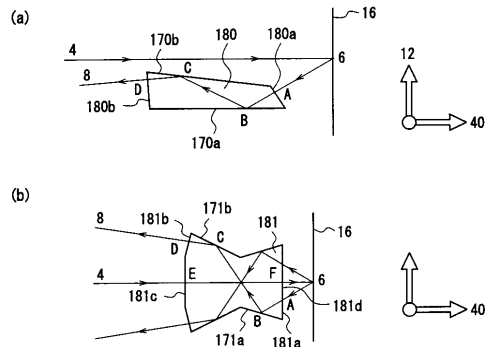
【図 13】



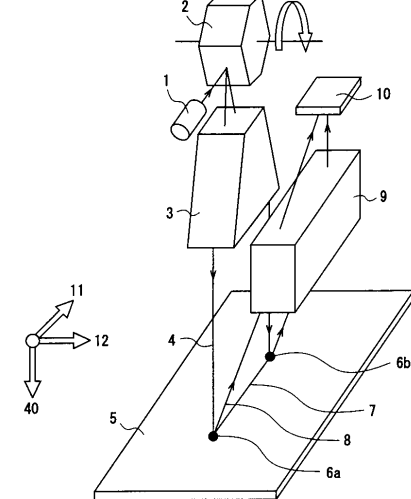
【図 10】



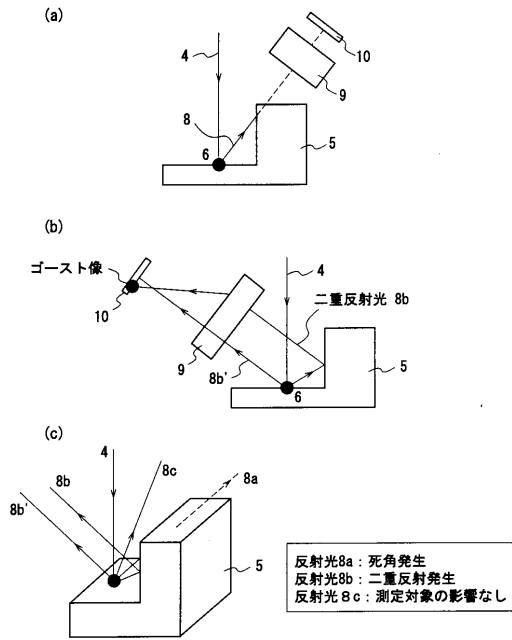
【図 11】



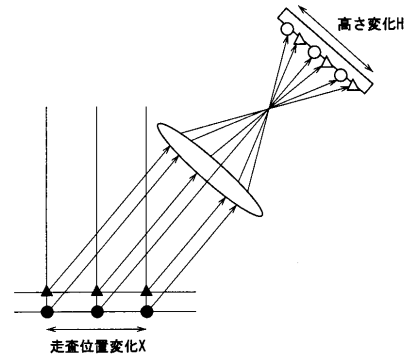
【図 14】



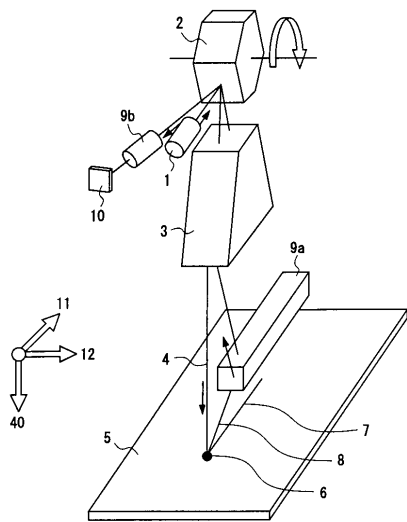
【図 15】



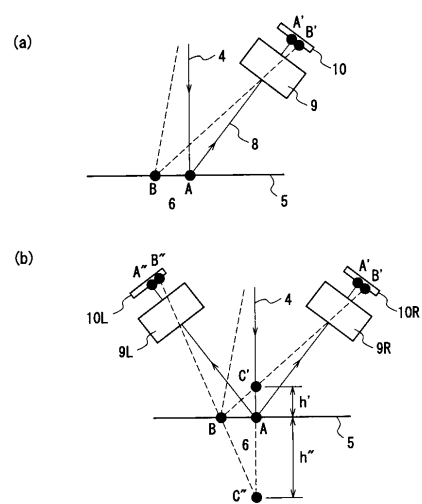
【図 16】



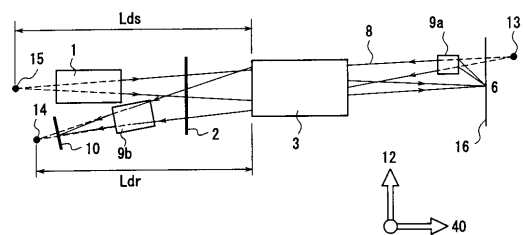
【図 17】



【図 18】



【図 19】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01B11/00-11/30