

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4224472号
(P4224472)

(45) 発行日 平成21年2月12日 (2009. 2. 12)

(24) 登録日 平成20年11月28日 (2008. 11. 28)

(51) Int. Cl.

F 1

G O 2 B 21/00 (2006. 01)

G O 2 B 21/00

G O 1 B 11/24 (2006. 01)

G O 1 B 11/24

A

請求項の数 2 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2005-169960 (P2005-169960)
 (22) 出願日 平成17年6月9日 (2005. 6. 9)
 (65) 公開番号 特開2006-343596 (P2006-343596A)
 (43) 公開日 平成18年12月21日 (2006. 12. 21)
 審査請求日 平成17年7月26日 (2005. 7. 26)

(73) 特許権者 000183266
 住友大阪セメント株式会社
 東京都千代田区六番町 6 番地 2 8
 (74) 代理人 100097320
 弁理士 宮川 貞二
 (74) 代理人 100123892
 弁理士 内藤 忠雄
 (74) 代理人 100100398
 弁理士 柴田 茂夫
 (74) 代理人 100131820
 弁理士 金井 俊幸
 (72) 発明者 武居 利治
 東京都千代田区六番町 6 番地 2 8
 住友大阪セメント株
 式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 共焦点型検査装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

検査対象に対向して配置された対物光学系と；
 前記対物光学系を介して前記検査対象に輝点光を投光する投光部と；
 前記輝点光で前記検査対象を二次元に走査する二次元走査系と；
 前記対物光学系を介して前記検査対象から戻ってくる前記投光された輝点光を結像する
 結像光学系と；
 前記結像光学系を介した光を受光する受光部と；
 前記検査対象と前記受光部との間の光路中に配置された臨界角プリズムと；
 前記受光部への光を絞る絞り部と；
 前記結像光学系よりも焦点距離の短い第 1 の補助光学系を備え；
 前記臨界角プリズムは、前記絞り部と前記受光部との間の光路中に配置され、
 前記第 1 の補助光学系は、前記絞り部と前記臨界角プリズムとの間の光路中に配置され
 る、
 共焦点型検査装置。

【請求項 2】

検査対象に対向して配置された対物光学系と；
 前記対物光学系を介して前記検査対象に輝点光を投光する投光部と；
 前記輝点光で前記検査対象を二次元に走査する二次元走査系と；
 前記対物光学系を介して前記検査対象から戻ってくる前記投光された輝点光を結像する

10

20

結像光学系と；

前記結像光学系を介した光を受光する受光部と；

前記検査対象と前記受光部との間の光路中に配置された臨界角プリズムと；

前記受光部への光を絞る絞り部と；

前記結像光学系の焦点位置を焦点とし、当該結像光学系よりも焦点距離の短い第１の補助光学系と；

前記第１の補助光学系と前記受光部との間の光路中に配置される第２の補助光学系とを備え；

前記臨界角プリズムは、前記第１の補助光学系と前記第２の補助光学系との間の光路中に配置され、

前記絞り部は、前記第２の補助光学系と前記受光部との間の光路中の、当該第２の補助光学系の焦点位置に配置される、

共焦点型検査装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、共焦点型検査装置に関し、特に検査対象の検査をより正確に行うことのできる共焦点型検査装置に関するものである。

【背景技術】

【０００２】

従来から、検査対象の三次元形状を検査する装置として、共焦点型検査装置があった。このような共焦点型検査装置としては、例えば、検査対象に微小な輝点光を結像し、さらにその輝点光を合焦面で平面的に、言い換えれば合焦面を x - y 平面とすると、その x と y それぞれの方向に走査し、そして、検査対象から（反射して）戻ってくる輝点光を受光素子で受光するものがあった。さらに、このような共焦点型検査装置は、焦点深度が浅く設定されているので、合焦面と検査対象の表面の部位が一致したことを検知することで、検査対象の凹凸を検査できるものであった。なお、検査対象上の部位で合焦したこと（合焦面と一致したこと）は、受光素子で受光する輝点光の強度が上がることを利用して検出していた。さらに、検査対象に対する光軸方向（ z 軸方向）に所定のピッチで焦点を移動させて、検査対象の凹凸の情報を積層していくことで、検査対象の凹凸を正確に検査できる、言い換えれば三次元形状を検査できるものがあった（例えば、特許文献１参照。）。 30

【特許文献１】特開２００５－１０７０９７号公報（第４－７頁、第１－４図）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００３】

しかしながら以上のような従来の装置によれば、例えば、検査対象に対する光軸方向（ z 軸方向）の分解能が十分でないことがあり、より正確な検査を実行することのできる共焦点型検査装置が望まれていた。

【０００４】

そこで本発明は、検査対象の検査をより正確に行うことのできる共焦点型検査装置を提供することを目的としている。 40

【課題を解決するための手段】

【０００５】

上記目的を達成するために、請求項１に係る発明による共焦点型検査装置は、例えば図１に示すように、検査対象２に対向して配置された対物光学系５と；対物光学系５を介して検査対象２に輝点光１０ａを投光する投光部１０と；輝点光１０ａで検査対象２を二次元に走査する二次元走査系２０と；対物光学系５を介して検査対象２から戻ってくる投光された輝点光１０ａを結像する結像光学系６と；結像光学系６を介した光を受光する受光部４０と；検査対象２と受光部４０との間の光路中に配置された第１の臨界角プリズム１００とを備えるように構成される。 50

【 0 0 0 6 】

このように構成すると、投光部は、検査対象に対向して配置された対物光学系を介して検査対象に輝点光を投光し、二次元走査系は、輝点光で検査対象を二次元に走査する。結像光学系は、対物光学系を介して検査対象から戻ってくる投光された輝点光を結像し、受光部は、結像光学系を介した光を受光する。第 1 の臨界角プリズムは、検査対象と受光部との間の光路中に配置され、例えば、対物光学系の焦点のずれによる光の発散、又は収束に対して、光量分布に変化をもたらし、受光部での受光量の変化量を大きくすることができるので、検査対象の検査をより正確に行うことのできる共焦点型検査装置を提供することができる。

【 0 0 0 7 】

10

また請求項 2 に記載のように、請求項 1 に記載の共焦点型検査装置では、例えば図 1 に示すように、受光部 4 0 への光を絞る絞り部 4 1 を備えるように構成してもよい。

【 0 0 0 8 】

このように構成すると、絞り部は、例えば、対物光学系の焦点のずれによる光の発散、又は収束に対して受光部への光を絞るので、検査対象の検査をより正確に行うことができる。

【 0 0 0 9 】

また請求項 3 に記載のように、請求項 1 又は請求項 2 に記載の共焦点型検査装置では、例えば図 1 に示すように、第 1 の臨界角プリズム 1 0 0 は、対物光学系 5 と結像光学系 6 との間の光路中に配置されるように構成してもよい。

20

【 0 0 1 0 】

このように構成すると、例えば、第 1 の臨界角プリズムは、第 1 の臨界角プリズムに対して臨界角よりも小さい角度で入射した光の一部を排除するので、結像光学系に入射する光の光量分布に変化を与えることができる。

【 0 0 1 1 】

また請求項 4 に記載のように、請求項 2 に記載の共焦点型検査装置では、例えば図 7 に示すように、結像光学系 6 よりも焦点距離の短い第 1 の補助光学系 1 1 0 を備え；第 1 の臨界角プリズム 1 0 0 は、絞り部 4 1 と受光部 4 0 との間の光路中に配置され、第 1 の補助光学系 1 1 0 は、絞り部 4 1 と第 1 の臨界角プリズム 1 0 0 との間の光路中に配置されるように構成してもよい。

30

【 0 0 1 2 】

このように構成すると、結像光学系よりも焦点距離の短い第 1 の補助光学系は、第 1 の臨界角プリズムに入射する光の角度倍率を向上させるので、第 1 の臨界角プリズムに臨界角に対して角度を有して入射した光の受光部での受光量の変化量をより大きくすることができる。したがって、検査の精度がより向上する。

【 0 0 1 3 】

また請求項 5 に記載のように、請求項 2 に記載の共焦点型検査装置では、例えば図 8 に示すように、結像光学系 6 の焦点位置を焦点とし、当該結像光学系 6 よりも焦点距離の短い第 1 の補助光学系 1 1 0 と；第 1 の補助光学系 1 1 0 と受光部 4 0 との間の光路中に配置される第 2 の補助光学系 1 2 0 とを備え；第 1 の臨界角プリズム 1 0 0 は、第 1 の補助光学系 1 1 0 と第 2 の補助光学系 1 2 0 との間の光路中に配置され、絞り部 4 1 は、第 2 の補助光学系 1 2 0 と受光部 4 0 との間の光路中の、当該第 2 の補助光学系 1 2 0 の焦点位置に配置されるように構成してもよい。

40

【 0 0 1 4 】

このように構成すると、結像光学系よりも焦点距離の短い第 1 の補助光学系は、第 1 の臨界角プリズムに入射する光の角度倍率を向上させるので、第 1 の臨界角プリズムに臨界角に対して角度を有して入射した光の受光部での受光量の変化量をより大きくすることができる。さらに、絞り部 4 1 は、第 2 の補助光学系と受光部との間の第 2 の補助光学系の焦点位置に配設されるので、例えば、回折光の影響等を低減することができる。したがって、検査の精度がより向上する。

50

【 0 0 1 5 】

また請求項 6 に記載のように、請求項 1 又は請求項 2 に記載の共焦点型検査装置では、例えば図 9 に示すように、第 1 の臨界角プリズム 1 0 0 の入射光と射出光を含む面と、入射光と射出光を含む面が平行な第 2 の臨界角プリズム 1 3 0 を備えるように構成してもよい。

【 0 0 1 6 】

このように構成すると、例えば、第 1 の臨界角プリズムは、第 1 の臨界角プリズムに対して臨界角よりも小さい角度で入射した光の一部を排除し、さらに、第 2 の臨界角プリズムは、第 1 の臨界角プリズムで反射した光の一部を排除するので、第 1 の臨界角プリズムの臨界角に対して角度を有して入射した光の大部分を排除することができ、受光部での受光量の変化量をより大きくすることができる。したがって、検査の精度がより向上する。

10

【 発明の効果 】

【 0 0 1 7 】

以上のように本発明によれば、検査対象に対向して配置された対物光学系と、対物光学系を介して検査対象に輝点光を投光する投光部と、輝点光で検査対象を二次元に走査する二次元走査系と、対物光学系を介して検査対象から戻ってくる投光された輝点光を結像する結像光学系と、結像光学系を介した光を受光する受光部と、検査対象と受光部との間の光路中に配置された第 1 の臨界角プリズムとを備えるように構成されるので、検査対象の検査をより正確に行うことのできる共焦点型検査装置を提供することができる。

20

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 8 】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。なお、各図において互いに同一あるいは相当する部材には同一符号を付し、重複した説明は省略する。

【 0 0 1 9 】

図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る共焦点型検査装置としての共焦点走査顕微鏡 1 の光学系概要例を示す図である。本図では、検査対象 2 の表面の一部のみを示している。共焦点走査顕微鏡 1 は、検査対象 2 に対向して配置された対物光学系としての対物レンズ 5 と、対物レンズ 5 を介して検査対象 2 に輝点光 1 0 a を投光する投光部 1 0 と、輝点光 1 0 a で検査対象 2 を二次元に走査する二次元走査系として二次元走査ミラー 2 0 と、対物レンズ 5 を介して検査対象 2 から戻ってくる前記投光された輝点光 1 0 a を結像する結像光学系としての結像レンズ 6 と、結像レンズ 6 を介した光を受光する受光部 4 0 と、検査対象 2 と受光部 4 0 との間の光路中に配置された第 1 の臨界角プリズム 1 0 0 とを備える。さらに、共焦点走査顕微鏡 1 は、受光部 4 0 への光を絞る絞り部としてのピンホール 4 1 を備える。典型的には、二次元走査ミラー 2 0 は、投光部 1 0 より投光される光を反射して、二次元に走査するように構成され、受光部 4 0 は、結像レンズ 6 により結像され、受光部 4 0 への光を絞るピンホール 4 1 で絞られた光を受光するように構成される。

30

【 0 0 2 0 】

さらに、共焦点走査顕微鏡 1 は、投光部 1 0 と二次元走査ミラー 2 0 との間に配置されたビームスプリッタ 3 1 と、対物レンズ 5 と結像レンズ 6 の共焦点を調節する共焦点調節機構 3 とを備えている。さらに共焦点調節機構 3 は、可変焦点レンズである。以下共焦点調節機構 3 は可変焦点レンズで説明する。可変焦点レンズ 3 を用いることで、光学系を単純化することができる。また共焦点の調節を高精度で行なえる。なお、可変焦点レンズ 3 については、図 3 で後述する。以下、上記構成について詳述する。

40

【 0 0 2 1 】

なおここでは、 x y 軸を、検査対象 2 上に置くように、直交座標系 x y z がとられている。またここでは、 z 軸は対物レンズ 5 の光軸と平行である。すなわち、光軸方向を z 軸方向とし、 x 軸 - y 軸平面は、 z 軸に直交する平面とする。

【 0 0 2 2 】

投光部 1 0 は、対物レンズ 5 を介して検査対象 2 に輝点光 1 0 a を投光するものである。投光部 1 0 は、典型的には LD (半導体レーザーダイオード) であるが、LED (発光

50

ダイオード)であってもよい。以下LDの場合で説明する。なお輝点光10aの形状は楕円形を含む略円形である(図示では円形)。また、投光部10により投光される光は、典型的にはコヒーレント光である

【0023】

投光部10により光が投光される方向には、投光部10からの光を平行光線にする光源光学系としてのコリメータレンズ(凸レンズ)34、ビームスプリッタ31、可変焦点レンズ3、二次元走査ミラー20がこの順で配置されている。

【0024】

二次元走査ミラー20は、投光部10より投光される光を反射して、輝点光10aで検査対象2を二次元に走査するものである。二次元に走査するとは、例えば2方向に走査することであり、ここでは、x軸方向、y軸方向にそれぞれ走査する。二次元走査ミラー20で反射された光は、対物レンズ5を介して検査対象2に輝点光10aとして投光される。

10

【0025】

対物レンズ5は、その光軸をz軸と平行方向に向けて、検査対象2に対向して配置されている。対物レンズ5は、図示では説明のために単レンズとして示してあるが、典型的には、複数枚多群で構成される組み合わせレンズである。本実施の形態では固定的に取り付けられている。対物レンズ5と二次元走査ミラー20との間には、対物レンズ5側からレンズ35、レンズ36が配置されている。

【0026】

20

ここで、上述した二次元走査ミラー20は、対物レンズ5とビームスプリッタ31との間に配置されている。また二次元走査ミラー20は、LD10より投光される光を反射するミラー部21を有している。二次元走査ミラー20は、ミラー部21を、第1の回動軸22aと、第1の回動軸22aと垂直な第2の回動軸22bとの2軸で回動することで、輝点光10aを二次元に走査できるように構成されている。ここでは二次元走査ミラー20は、ミラー部21を、第1の回動軸22a回りに回動させることで輝点光10aで検査対象2上をx軸方向に走査でき、第2の回動軸22b回りに回動させることで輝点光10aで検査対象2上をy軸方向に走査できる。

【0027】

図2は、本発明の第1の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡1の二次元走査ミラーについて説明する模式的平面図である。二次元走査ミラー20は、例えば本図に示すような半導体共振ミラーを用いるとよい。半導体共振ミラーとは、例えば、シリコン基板上貼り合せたミラー部21と、ミラー部21の周囲あるいは裏面にコイルパターンが形成されたベース部24とを含んで構成されている。ミラー部21は、トーションバー(ねじれ軸)23により支持され、トーションバー23a、23bをそれぞれ回動軸22a、22bとして所定の角度範囲内で振動できるように構成されている。半導体共振ミラーは、特定方向に磁界をかけながらコイルパターンに電流を流すことで、ローレンツ力により回転トルクが生じ、トーションバー23a、23bの復元力に釣り合う位置まで振動させることができる。これにより、入射光の反射方向を平面内で自在にコントロールすることができる。半導体共振ミラーは、ポリゴンミラーやガルバノミラーに比べて、二次元方向の走査が可能

30

40

だけでなく、小型で軽量であり、さらに高速走査が可能である。また消費電力も少なく長寿命である。なお、二次元走査系は、以上で説明した二次元走査ミラー20に代えて、複数の一次元走査ミラー(ガルバノミラーやレゾナントミラー)をリレーレンズで結合させた従来方式のものを用いてもよい。

【0028】

図3は、本発明の第1の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡1の可変焦点レンズ3について説明する模式的断面図である。本図を参照して、可変焦点レンズ3について説明する。可変焦点レンズ3は、例えば人間の眼球で水晶体の厚さを変化させて焦点調節を行っているのと同じ原理に基づいたものである。このような可変焦点レンズ3の構成の概略は、例えば次の通りである。可変焦点レンズ3は、可撓性に富む一対の透明板状体3aと、透

50

明板状体 3 a の間に充填された変形可能な透明体 3 b と、透明板状体 3 a の両端に取り付けられ、透明板状体 3 a と透明体 3 b の形状を変化させるアクチュエータ 3 c を含んで構成される。

【 0 0 2 9 】

可変焦点レンズ 3 は、アクチュエータ 3 c により、透明板状体 3 a と透明体 3 b の形状を変化させることで、一对の透明板状体 3 a を通過する光の屈折率を変化させることができる。即ち焦点を変化させることができる。なおこの透明体 3 b は、外部環境媒体（例えば空気）と異なる屈折率を持っている。透明体 3 b は、水などの液体やゼリー状の物質の流動体で、透明板状体 3 a が変形するとその変形に伴い形状が変化することができる。可変焦点レンズ 3 は、駆動信号を入力することによりその焦点を変化するものである。可変焦点レンズ 3 は、例えば、駆動信号の電圧により、その焦点距離を変化させるものである。このような可変焦点レンズ 3 は、小型軽量であり、さらに高速動作で焦点調節が可能である。

【 0 0 3 0 】

図 1 に戻って説明する。可変焦点レンズ 3 は、典型的には、二次元走査ミラー 2 0 とビームスプリッタ 3 1 との間に配置される。なお、可変焦点レンズ 3 は、比較的焦点距離の短いレンズを配置する必要がある箇所に配置することが好ましい。このようにすると、可変焦点レンズ 3 による共焦点の調整幅を大きく取りやすい。また、可変焦点レンズ 3 は、例えばレンズ 3 5 とレンズ 3 6 と対物レンズ 5 のうち、少なくともいずれか 1 つと置換えてもよい。なおこの場合には、二次元走査ミラー 2 0 とビームスプリッタ 3 1 との間に配置された可変焦点レンズ 3 を固定のレンズと置換えてもよいし、二次元走査ミラー 2 0 とビームスプリッタ 3 1 との間に配置された可変焦点レンズ 3 をそのまま配置した状態でもよい。後者の場合、共焦点走査顕微鏡 1 は、可変焦点レンズ 3 を少なくとも 2 つ備えることになる。このように、可変焦点レンズ 3 を複数配置することで、より高精度に共焦点を調節できる。即ち検査対象 2 を詳細に検査できる。また上記では、可変焦点レンズ 3 は、レンズ 3 5 とレンズ 3 6 と対物レンズ 5 のうち、少なくともいずれか 1 つと置換える場合で説明したが、例えば上記各レンズと組み合わせてもよい。

【 0 0 3 1 】

なおここでは、可変焦点レンズ 3 を用いる場合で説明するが、これに限られず、可変焦点レンズ 3 の代わりとして、例えば可変焦点レンズ 3 と同様な位置に配置された結像レンズと、前記結像レンズをその光軸方向に移動させる共焦点調節機構としてのレンズ移動手段とを有するものであってもよい。または、共焦点調節機構は、前記結像レンズ又は対物レンズ 5 を光軸方向に移動させる機構であってもよい。さらにこのような共焦点調節機構と、可変焦点レンズ 3 とを組み合わせてもよい。この場合には、前記共焦点調節機構により大まかに共焦点を調節し、さらに可変焦点レンズ 3 で高精度で共焦点を調節するとよい。このようにすることで、高速で高精度な共焦点走査顕微鏡 1 とすることができる。なお、前記共焦点調節機構は、対物レンズ 5 を光軸方向に移動させる機構とすると効果的に共焦点の調節を行なえる。この場合には前記共焦点調節機構は粗動のみに用い、詳細な焦点調節は可変焦点レンズ 3 で行なうので、このため、対物レンズ 5 を移動させる機構であっても、前記共焦点調節機構を比較的単純な構成とすることができる。なお、この共焦点調整機構は、従来と同様に、対物レンズ 5 を光軸方向に移動させるステッピングモータのみによる駆動でも良いし、ピエゾ素子を用いたものであっても良い。また、検査対象 2 を乗せたステージ（ここでは、図示しない）を光軸方向に移動させても良い。

【 0 0 3 2 】

ビームスプリッタ 3 1 は、可変焦点レンズ 3 とコリメータレンズ 3 4 との間に配設されている。ビームスプリッタ 3 1 は、検査対象 2 に投光され、検査対象 2 から二次元走査ミラー 2 0 等を介して戻ってくる輝点光 1 0 a が、ほぼ直角に反射されるように挿入配置してある。検査対象 2 から戻ってくる輝点光 1 0 a が、ビームスプリッタ 3 1 で反射される方向には、調整レンズ 8（凸レンズ）、第 1 の臨界角プリズム 1 0 0 がこの順で配設されている。

【 0 0 3 3 】

ここで、ビームスプリッタ 3 1 は、検査対象 2 から戻る光を投光部 1 0 方向と、調整レンズ 8、第 1 の臨界角プリズム 1 0 0 方向とに分離するハーフミラーを用いることができる。なお、ビームスプリッタ 3 1 は、ハーフミラーに限られず検査対象 2 から戻る光を投光部 1 0 方向と調整レンズ 8、第 1 の臨界角プリズム 1 0 0 方向とに分離するものであれば何でもよい。例えば、ビームスプリッタ 3 1 は、投光部 1 0 と検査対象 2 との間に配置された四分の一波長板（不図示）と、四分の一波長板と投光部 1 0 との間に配置され、検査対象 2 から戻る光のうち所定の偏光方向の光を透過させ前記所定の偏光方向と交差する偏光方向の光を調整レンズ 8、第 1 の臨界角プリズム 1 0 0 方向に偏向する、偏光ビームスプリッタ（不図示）によって構成してもよい。ここでは、ビームスプリッタ 3 1 は、ハーフミラーである場合で説明する。

10

【 0 0 3 4 】

調整レンズ 8 は、後述する第 1 の臨界角プリズム 1 0 0 と対物レンズ 5 との間の光路中、本実施の形態では、ビームスプリッタ 3 1 と第 1 の臨界角プリズム 1 0 0 との間に配設される。ここで、検査対象 2 に投光され、検査対象 2 から結像レンズ 6 等を介してビームスプリッタ 3 1 に戻ってくる輝点光 1 0 a は、合焦点位置においても、例えば、照射光学系の調整結果として、極微小に平行光からずれていることがある。そこで、調整レンズ 8 は、検査対象 2 から結像レンズ 6 等を介して戻ってくる輝点光 1 0 a が、合焦点位置において、ほぼ完全な平行光束となるように構成する。

【 0 0 3 5 】

20

第 1 の臨界角プリズム 1 0 0 は、対物レンズ 5 と結像レンズ 6 との間の光路中、本実施の形態では、調整レンズ 8 と後述する結像レンズ 6 との間に配置される。言い換えれば、第 1 の臨界角プリズム 1 0 0 は、ビームスプリッタ 3 1 によって分離された光の光路中に配置される。

【 0 0 3 6 】

ここで、第 1 の臨界角プリズム 1 0 0 は、第 1 の光学面 1 0 0 a と、第 2 の光学面 1 0 0 b と、第 3 の光学面 1 0 0 c とを有しており、合焦点位置において、調整レンズ 8 を通過したほぼ完全な平行光が、第 1 の光学面 1 0 0 a に入射するように配設される。すなわち、第 1 の臨界角プリズム 1 0 0 は、第 1 の光学面 1 0 0 a が調整レンズ 8 と対向するように配設される。本実施の形態では、第 1 の光学面 1 0 0 a は調整レンズ 8 を通過したほぼ完全な平行光の光軸とほぼ垂直に交わるように形成されている。第 1 の光学面 1 0 0 a から第 1 の臨界角プリズム 1 0 0 に入射する光は、第 2 の光学面 1 0 0 b で、第 1 の光学面 1 0 0 a に入射する光の光軸と交差する方向に反射される。

30

【 0 0 3 7 】

ここで、第 2 の光学面 1 0 0 b は、第 1 の光学面 1 0 0 a から入射する平行光束が、第 2 の光学面 1 0 0 b に対してちょうど臨界角で入射するように形成される。但し、本実施の形態では、ごくわずかに臨界角よりも大きい角度で入射するものとしている。すなわち、第 2 の光学面 1 0 0 b は、第 1 の光学面 1 0 0 a に平行光が入射した際に、入射光が全反射するように形成される。第 2 の光学面 1 0 0 b で反射した光は、第 3 の光学面 1 0 0 c を介して出射される。第 2 の光学面 1 0 0 b で反射した光が第 3 の光学面 1 0 0 c を介して出射される方向には、結像レンズ 6、ピンホール 4 1、受光部 4 0 がこの順で配設されている。言い換えれば、第 3 の光学面 1 0 0 c は、結像レンズ 6 と対向するように形成される。典型的には、第 1 の光学面 1 0 0 a と第 3 の光学面 1 0 0 c とは直角をなす。第 2 の光学面 1 0 0 b が、第 1 の光学面 1 0 0 a、第 3 の光学面 1 0 0 c に対して 45° をなすときは、第 1 の臨界角プリズム 1 0 0 の屈折率を $\sqrt{2} = 1.414$ にすれば、第 1 の光学面 1 0 0 a に垂直に入射した光は、第 2 の光学面 1 0 0 b にちょうど臨界角で入射し、第 3 の光学面 1 0 0 c からこれに垂直に射出することになる。ここで、屈折率を例えば 1.43 とすれば、約 1° だけ臨界角よりも大きい角度で入射するシステムとなる。なお、第 2 の光学面 1 0 0 b への入射角は、屈折率で調整するほか、第 1 の臨界角プリズム 1 0 0 の x 軸回りの角度設定で調整してもよい。また、第 2 の光学面 1 0 0 b への入射角が

40

50

ように臨界角又はわずかに大きくないと、ちょうど対物レンズ５の焦点が合ったときに、第１の臨界角プリズム１００からの出射光が少なくなってしまう。

【００３８】

結像レンズ６は、ピンホール４１と第１の臨界角プリズム１００との間に配置され、ピンホール４１に検査対象２から戻ってくる輝点光１０ａを結像するものである。受光部４０は、典型的にはフォトディテクタといった受光素子である。受光部４０は、可変焦点レンズ３により結像される光の強度を計測するものである。受光部４０は、結像レンズ６を通過した光の光軸方向（ z 軸方向）に対して、受光面が垂直に交わるように配設される。ピンホール４１は、受光部４０への光を絞るものであり、可変焦点レンズ３と受光部４０との間、ここでは結像レンズ６と受光部４０との間に配置されている。受光部４０の前にこのようなピンホール４１を設置することで、迷光等が入らない、言い換えれば焦点光以外の光を除去できるので、検査対象２からの余分な散乱光やボケを排除し、三次元空間内の１点を正確に検査できる。また、高い分解能を実現できる。

10

【００３９】

なお受光部４０は、別の例として、点状の光の結像に比べて画素の大きさが小さいものを用いてもよい。この場合には、受光素子の広がりそのものが絞りとなる。即ちこの場合には受光部４０が絞り部でもある。

【００４０】

共焦点走査顕微鏡１は、可変焦点レンズ３に出力する駆動信号に対応する共焦点の移動距離を予め測定し、前記測定の結果に基づいて共焦点の調節を行なうように構成するとよい。具体的には、例えば駆動信号の電圧と、共焦点の移動距離を対応させてテーブルを生成しておくことよい。なお、テーブルは、電圧又は共焦点の移動距離が一定間隔になるように生成する。ここでは、共焦点の移動距離が一定間隔になるように生成した。可変焦点レンズ３は、電圧と焦点距離の変化（言い換えれば共焦点の移動距離）が線形でなく、一定間隔で共焦点の移動距離が一定間隔になるように制御することが難しい。このように、予め駆動信号の電圧に対応する共焦点の移動距離を予め測定して、テーブルを生成しておくことで、共焦点の調節が容易に行なえる。このため、検査の高速化が可能だけでなく、検査の自動化が可能になる。テーブルは、後述する記憶部９０に記憶しておくことよい。また、共焦点の移動距離を共焦点の位置（例えば対物レンズ５からの距離）としてもよい。即ち、駆動信号の電圧と、共焦点の位置を対応させてテーブルを生成してもよい。

20

30

図４に生成したテーブルの例を示す。

【００４１】

再び図１に戻って説明を続ける。共焦点走査顕微鏡１は、演算装置７０を備えている。演算装置７０は、共焦点走査顕微鏡１全体を制御するものである。また演算装置７０は、典型的にはパソコン等のコンピュータである。

【００４２】

演算装置７０は、制御プログラムを実行することによって共焦点走査顕微鏡１を制御する制御部８０（例えば、ＣＰＵ）を有している。さらに制御部８０には、記憶部９０が接続されている。記憶部９０は、必要に応じてワークメモリとして使用する第１の記憶部（不図示）と、各種のプログラムや制御データなどを記憶して保存しておく第２の記憶部（不図示）とを含んで構成される。

40

【００４３】

上述した受光部４０は、Ａ／Ｄ変換器７１を介して制御部８０に接続されている。さらに、可変焦点レンズ３、二次元走査ミラー２０も制御部８０に接続されている。制御部８０には、各種の画像や情報を表示する表示部７２が接続されている。また、制御部８０には、使用者が共焦点走査顕微鏡１を操作するための入力装置７３が接続されている。入力装置７３はマウスやキーボードを備えている。

【００４４】

制御部８０は、共焦点調節機構としての可変焦点レンズ３を駆動して、共焦点の調節を行う共焦点調節部８１と、二次元走査ミラー２０を駆動して、輝点光１０ａによる x 軸方

50

向及びy軸方向の走査を制御する二次元走査制御部82と、受光部40の出力に基づいて、画像データを生成する画像生成部83と、表示部72による各種の画像や情報の表示を制御する表示制御部84とを含んで構成される。

【0045】

共焦点調節部81は、可変焦点レンズ3に駆動信号を送信してアクチュエータ3c(図3参照)を駆動して、対物レンズ5と結像レンズ6の共焦点を調節するように可変焦点レンズ3を制御する。すなわち、共焦点調節部81は、例えば図4で上述したテーブルに基づいて、合焦点2aをz軸方向に移動させる(例えば図示の合焦点2a'の位置)ように構成される。二次元走査制御部82は、二次元走査ミラー20に駆動信号を送信してトーションバー23a、23bを駆動して、輝点光10aで検査対象2をx軸方向、y軸方向に走査するように二次元走査ミラー20を制御する。

10

【0046】

画像生成部83は、上述したように、受光部40の出力に基づいて、画像データを生成するように構成される。ここで、この共焦点走査顕微鏡1では、対物レンズ5の輝点光10aをy軸方向、x軸方向に移動させて検査対象2の表面を走査して、受光部40による光量検出値を制御部80を介して記憶部90に記憶させる。さらに、合焦点をz軸方向に所定移動させた後、y軸方向、x軸方向に検査対象2の表面を走査して、受光部40による光量検出値を制御部80を介して記憶部90に記憶させる。

【0047】

記憶部90では、受光部40による光量検出値を各z軸方向位置に対して全て記憶し、後でそれぞれを比較し、最大光量を与えるz軸方向位置を、その最大光量の値と共にx軸方向、y軸方向に対応させて記憶してもよいし、z軸方向に移動させつつ各z軸方向位置における光量を、z軸方向に移動させる前後で比較し、大きい方の光量を与えるz軸方向位置を次々に記憶することにより、最終的に最大光量を与えるz軸方向位置を記憶するようにしてもよい。

20

【0048】

本発明の実施の形態による共焦点走査顕微鏡1では、検査対象2の表面が合焦点位置にある際に、受光部40が受光する光量が一番大きくなる。画像生成部83は、記憶部90に記憶させた最大光量の位置情報を検出し、対応した検査対象2のプロファイルデータ、例えば、共焦点画像の画像データや、検査対象2の三次元の立体像を表現している画像データを生成する。画像生成部83は、生成した画像データを記憶部90に送信して記憶させる。表示制御部84は、画像データを読み出し、表示部72に画像表示する。

30

【0049】

続けて図1を参照して、共焦点走査顕微鏡1の動作について説明する。具体的には、まず、投光部10を発光させて、可変焦点レンズ3により、およその検査対象2の表面と一致する位置に焦点を調節する。言い換えれば、焦点の合った面、すなわち合焦点2aを調節する。図示されるように、投光部10により発せられた直線偏光の光は、ビームスプリッタ31を透過し、可変焦点レンズ3へ入射する。そして、二次元走査ミラー20で反射され(偏向され)、対物レンズ5に入射し、合焦点2aで収束する。即ち結像する。合焦点2aで収束した光は、合焦点2aに輝点光10aとして結像される。

40

【0050】

そして、検査対象2で反射した光は、対物レンズ5から戻り、可変焦点レンズ3に入射したのち、ビームスプリッタ31で受光部40方向に偏向される(図示では90度偏向)。そして偏向された光は、調整レンズ8、第1の臨界角プリズム100、結像レンズ6を介してピンホール41に結像され、このピンホール41を透過した光は受光部40で受光される。受光部40は、受光した光の強度を検出する。

【0051】

ここで、共焦点走査顕微鏡1は、共焦点光学系であるため、検査対象2に凹凸が存在すると、この凹凸のうち、z軸方向で合焦点2aと一致した部分に投影された輝点光10aはピンホール41上で結像し、ピンホール41を透過する。一致しない部分に投影された

50

輝点光 10a はピンホール 41 面上でボケるため、ピンホール 41 を透過する光量は大きく減少する。これを利用して、検査対象 2 の z 軸方向のうねり等の凹凸が検査できる。なお、本実施の形態では、第 1 の臨界角プリズム 100 を用いることで、z 軸方向で合焦面 2a と一致しない部分に輝点光 10a が投影された場合のピンホール 41 を透過する光量変化を著しく増大させることができる。詳細については図 5 で説明する。

【0052】

この状態で、二次元走査ミラー 20 により、輝点光 10a で x 軸方向及び y 軸方向に、使用者が選択した任意の範囲で検査対象 2 を走査することで、検査対象 2 の z 軸方向の凹凸が二次元的（平面的）に検査できる。

【0053】

さらに共焦点走査顕微鏡 1 は、上述のような検査対象 2 の凹凸の二次元的な検査が完了すると、可変焦点レンズ 3 により、合焦面 2a を z 軸方向へ移動させて（例えば図示の合焦面 2a' の位置に移動させて）、同様な検査を行なう。このような検査を z 軸の座標を変えて繰り返し行なう。これにより、z 軸の各座標で検査した、各合焦面 2a での検査対象 2 の凹凸の二次元的な検査結果を積層していくことで、詳細な検査対象 2 の z 軸方向の凹凸の検査、例えば凹凸の深浅とその値まで検査できる。言い換えれば検査対象 2 の三次元形状を検査できる。

【0054】

図 5 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡 1 の第 1 の臨界角プリズム 100 の作用について説明する模式図である。本図は、図 1 に示した x 軸方向矢視図である。すなわち、図 5 では、紙面に対して垂直方向が x 軸方向となる。

【0055】

図 5 (a) は、第 1 の臨界角プリズム 100 に平行光が入射した際の図である。投光部 10 (図 1 参照) から発せられた光が、およそ検査対象 2 (図 1 参照) の表面と一致する位置に焦点を結んでいる状態、さらに言えば、検査対象 2 (図 1 参照) の表面が焦点の合った面（合焦面 2a）となっている状態である際に、第 1 の臨界角プリズム 100 に平行光が入射する。投光部 10 から発せられた光は、対物レンズ 5 に入射し、合焦面 2a で収束している。即ち結像している。合焦面 2a で収束した光は、合焦面 2a に輝点光 10a として結像される。

【0056】

第 1 の臨界角プリズム 100 に第 1 の光学面 100a を介して平行光が入射すると、入射光は第 2 の光学面 100b で全反射して、第 3 の光学面 100c を介して出射される。第 3 の光学面 100c から出射された出射光は、結像レンズ 6 を介してピンホール 41 上で結像し、ピンホール 41 を透過し、受光部 40 によって受光される。ここでは、第 1 の光学面 100a に入射する平行光は、第 2 の光学面 100b で全反射することから、受光部 40 での受光量は、例えば、第 1 の臨界角プリズム 100 を配置さなかった場合と比較してほぼ等しい。なお、第 1 の臨界角プリズム 100 に平行光が入射すると、受光部 40 にほぼ正円の像を形成する。

【0057】

図 5 (b) は、第 1 の臨界角プリズム 100 に収束光が入射した際の図である。例えば、検査対象 2 (図 1 参照) の表面に凸部が存在し、合焦面 2a よりも対物レンズ 5 (図 1 参照) 側に当該凸部が位置する場合に、投光部 10 (図 1 参照) から発せられた光が、当該凸部に拡散した輝点光 10a として投射される状態、すなわち、凸部の対物レンズ 5 とは反対側に焦点を結んでいる状態である際に、第 1 の臨界角プリズム 100 に収束光が入射する。

【0058】

第 1 の臨界角プリズム 100 に収束光が入射すると、入射光の光軸を境界として光軸よりも第 3 の光学面 100c 側の光は、第 2 の光学面 100b に対して臨界角よりも小さい角度で入射するので、一部が第 2 の光学面 100b を透過する。一方、入射光の光軸を境界として光軸よりも第 3 の光学面 100c とは反対側の光は、第 2 の光学面 100b に対

10

20

30

40

50

して臨界角よりも大きい角度で入射するので全反射する。

【0059】

この結果、光軸を境とする第1の臨界角プリズム100中の光量にアンバランスが生じる。上述したように、合焦面2aに一致しない部分に投影された輝点光10aはピンホール41面上でボケるため、ピンホール41を透過する光量は大きく減少するのに加え、ここでは、第2の光学面100bに対して臨界角よりも小さい角度で入射した光の一部が第2の光学面100bを透過することで、第1の臨界角プリズム100に平行光が入射した場合と比較して、受光部40での受光量は著しく減少する。なお、第1の臨界角プリズム100に収束光が入射すると、受光部40の受光面に形成される像は、光軸を境界として、調整レンズ8側（第1の光学面100aが位置する側）に形成される円弧状の像が、調整レンズ8とは反対側（第1の光学面100aが位置する側の反対側）に形成される円弧状の像よりも小さくなるように、扁平した形状に形成される。

10

【0060】

図5(c)は、第1の臨界角プリズム100に拡散光が入射した際の図である。例えば、検査対象2（図1参照）の表面に凹部が存在し、合焦面2aよりも対物レンズ5（図1参照）とは反対側に当該凹部が位置する場合に、投光部10（図1参照）から発せられた光が、当該凹部に拡散した輝点光10aとして投射される状態、すなわち、凹部の対物レンズ5側に焦点を結んでいる状態である際に、第1の臨界角プリズム100に拡散光が入射する。

【0061】

20

第1の臨界角プリズム100に拡散光が入射すると、図5(b)で示した収束光が入射する場合とは逆に、入射光の光軸を境界として光軸よりも第3の光学面100cとは反対側の光は、第2の光学面100bに対して臨界角よりも小さい角度で入射するので、一部が第2の光学面100bを透過する。一方、入射光の光軸を境界として光軸よりも第3の光学面100c側の光は、第2の光学面100bに対して臨界角よりも大きい角度で入射するので全反射する。

【0062】

この結果、図5(b)で示した場合と同様に、光軸を境とする第1の臨界角プリズム100中の光量にアンバランスが生じる。上述したように、合焦面2aに一致しない部分に投影された輝点光10aはピンホール41面上でボケるため、ピンホール41を透過する光量は大きく減少するのに加え、ここでも、第2の光学面100bに対して臨界角よりも小さい角度で入射した光の一部が第2の光学面100bを透過することで、第1の臨界角プリズム100に平行光が入射した場合と比較して、受光部40での受光量は著しく減少する。なお、第1の臨界角プリズム100に収束光が入射すると、受光部40の受光面に形成される像は、図5(b)で示した場合と同様に、光軸を境界として、調整レンズ8側（第1の光学面100aが位置する側）に形成される円弧状の像が、調整レンズ8とは反対側（第1の光学面100aが位置する側の反対側）に形成される円弧状の像よりも小さくなるように、扁平した形状に形成される。

30

【0063】

図6は、本発明の第1の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡1の受光部40での受光量と検査対象2のz軸方向の位置との関係の一例を示した線図である。上述したように本発明の実施の形態による共焦点走査顕微鏡1では、検査対象2の表面が合焦点位置にある際に、受光部40が受光する光量が一番大きくなることから、画像生成部83（図1参照）は、記憶部90に記憶させた最大光量の位置情報を検出して、対応した検査対象2のプロファイルデータを生成する。上述したように、第1の臨界角プリズム100に収束光又は拡散光が入射した際に、合焦面2aに一致しない部分に投影された輝点光10aはピンホール41面上でボケるため、ピンホール41を透過する光量が大きく減少するのに加え、第2の光学面100bに対して臨界角よりも小さい角度で入射した光の一部が第2の光学面100bを透過することで、受光部40での受光量が著しく減少する。このため、本図に示すように、検査対象2の光軸方向（z軸方向）位置に対する受光部40の受光量の変

40

50

化量が大きくなる。すなわち、受光部 40 の受光量のピーク（最大値 $\max$ ）を頂点とする曲線の傾斜が急になる。したがって、検査対象 2 に対する光軸方向（ z 軸方向）の分解能を向上させることができる。図中実線は、第 1 の臨界角プリズム 100 を用いた場合、図中一点鎖線は、第 1 の臨界角プリズム 100 を用いなかった場合を示している。

【0064】

以上で説明した本発明の第 1 の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡 1 によれば、調整レンズ 8 と結像レンズ 6 との間に配設された第 1 の臨界角プリズム 100 に収束光又は拡散光が入射した際に、合焦面 2a に一致しない部分に投影された輝点光 10a はピンホール 41 面上でボケるため、ピンホール 41 を透過する光量が大きく減少するのに加え、第 1 の臨界角プリズム 100 の第 2 の光学面 100b に対して臨界角よりも小さい角度で入射した光の一部が第 2 の光学面 100b を透過することで、受光部 40 での受光量が著しく減少する。すなわち、検査対象 2 の光軸方向（ z 軸方向）位置に対する受光部 40 の受光量の変化量が大きくなる。したがって、検査対象 2 に対する光軸方向（ z 軸方向）の分解能を向上させることができるので、検査対象の検査をより正確に行うことのできる共焦点型検査装置を提供することができる。また、第 1 の臨界角プリズム 100 を用いることで、収差を含んだ光の光量を減ずることができ、検査対象 2 からの戻り光の質を向上させることができるので、より解像度を高めることができる。

【0065】

図 7 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る共焦点型検査装置としての共焦点走査顕微鏡 1' の光学系概要例を示す図である。本図を参照して、本発明の第 2 の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡 1' について説明する。共焦点走査顕微鏡 1' は、基本的に第 1 の実施の形態で説明した共焦点走査顕微鏡 1（図 1 参照）と共通であるが、上述した第 1 の臨界角プリズム 100 が配設される位置が異なる点と、第 1 の補助光学系としての第 1 の補助レンズ 110 を備える点で異なる。ここでは、第 1 の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡 1 と共通する構成の説明についてはなるべく省略する。

【0066】

本発明の第 2 の実施の形態に係る共焦点型検査装置としての共焦点走査顕微鏡 1' は、結像光学系としての結像レンズ 6 よりも焦点距離の短い第 1 の補助光学系としての第 1 の補助レンズ 110 を備え、第 1 の臨界角プリズム 100 は、絞り部としてのピンホール 41 と受光部 40 との間の光路中に配置されるように構成される。第 1 の補助レンズ 110 は、ピンホール 41 と第 1 の臨界角プリズム 100 との間の光路中に配置される。すなわち、検査対象 2 から戻ってくる輝点光 10a が、ビームスプリッタ 31 で反射される方向には、調整レンズ 8（凸レンズ）、結像レンズ 6、ピンホール 41、第 1 の補助レンズ 110、第 1 の臨界角プリズム 100 がこの順で配設されている。

【0067】

検査対象 2 の表面が合焦面 2a となっている状態である際に、結像レンズ 6 よりも焦点距離の短い第 1 の補助レンズ 110 は、焦点位置が結像レンズ 6 の焦点位置、すなわちピンホール 41 のホール位置と一致するように配設される。第 1 の臨界角プリズム 100 は、第 1 の補助レンズ 110 を介した光が、第 1 の光学面 100a に入射するように配設される。すなわち、第 1 の臨界角プリズム 100 は、第 1 の光学面 100a が第 1 の補助レンズ 110 と対向するように配設される。第 1 の光学面 100a から第 1 の臨界角プリズム 100 に入射する光は、第 2 の光学面 100b で、第 1 の光学面 100a に入射する光の光軸と交差する方向に反射される。第 2 の光学面 100b で反射した光は、第 3 の光学面 100c を介して出射される。第 2 の光学面 100b で反射した光が第 3 の光学面 100c を介して出射される方向には、受光部 40 が配設されている。すなわち、第 3 の光学面 100c は、受光部 40 と対向するように形成される。

【0068】

検査対象 2 の表面が合焦面 2a となっている状態である際、検査対象 2 から戻ってくる輝点光 10a は、調整レンズ 8 でほぼ完全な平行光に調整された後、結像レンズ 6 を介してピンホール 41 上で結像し、ピンホール 41 を透過する。ピンホール 41 を透過した光

は、当該第1の補助レンズ110を介して、ほぼ完全な平行光として第1の臨界角プリズム100に入射する。ここで、第1の補助レンズ110は、結像レンズ6よりも焦点距離が短いので、第1の臨界角プリズム100に入射する光の角度倍率が向上する。

【0069】

例えば、合焦面2aよりも対物レンズ5（図1参照）側に検査対象2の凸部が位置し、第1の臨界角プリズム100に収束光が入射した際、あるいは、合焦面2aよりも対物レンズ5（図1参照）とは反対側に検査対象2の凹部が位置し、第1の臨界角プリズム100に拡散光が入射した際には、第1の補助レンズ110の作用により第1の臨界角プリズム100に入射する光の角度倍率が向上するので、第2の光学面100bに対して臨界角よりも小さい角度で入射した光の一部が、より確実に第2の光学面100bを透過する。すなわち、受光部40での受光量がより明確に減少し、感度が向上する。

10

【0070】

以上で説明した本発明の第2の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡1'によれば、ピンホール41と受光部40との間に配設された第1の臨界角プリズム100に収束光又は拡散光が入射した際に、合焦面2aに一致しない部分に投影された輝点光10aはピンホール41面上でボケるため、ピンホール41を透過する光量が大きく減少するのに加え、第1の臨界角プリズム100の第2の光学面100bに対して臨界角よりも小さい角度で入射した光の一部が第2の光学面100bを透過することで、受光部40での受光量が著しく減少する。すなわち、検査対象2の光軸方向（z軸方向）位置に対する受光部40の受光量の変化量が大きくなる。したがって、検査対象2に対する光軸方向（z軸方向）の分解能を向上させることができるので、検査対象の検査をより正確に行うことのできる共焦点型検査装置を提供することができる。

20

【0071】

さらに、第2の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡1'によれば、ピンホール41と第1の臨界角プリズム100との間に配設され、結像レンズ6よりも焦点距離の短い第1の補助レンズ110により、第1の臨界角プリズム100に入射する光の角度倍率が向上するので、第1の臨界角プリズム100に収束光又は拡散光が入射した際の受光部40での受光量がより明確に減少し、感度が向上する。さらに、単純な構成の光学系により、ほとんど完全な平行光束となった状態の光を検出することになるので、合焦時においても有する収差の影響を軽減することができる。

30

【0072】

図8は、本発明の第3の実施の形態に係る共焦点型検査装置としての共焦点走査顕微鏡1''の光学系概要例を示す図である。本図を参照して、本発明の第3の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡1''について説明する。共焦点走査顕微鏡1''は、基本的に第1の実施の形態で説明した共焦点走査顕微鏡1（図1参照）と共通であるが、第2の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡1'と同様に、上述した第1の臨界角プリズム100が配設される位置が異なる点と、第1の補助光学系としての第1の補助レンズ110を備える点で異なる。また、第3の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡1''が、第2の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡1'と異なる点は、ピンホール41が配設される位置が異なる点と、第2の補助光学系としての第2の補助レンズ120を備える点である。ここでは、第1の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡1、第2の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡1'と共通する構成の説明についてはなるべく省略する。

40

【0073】

共焦点走査顕微鏡1''は、結像光学系としての結像レンズ6の焦点位置を焦点とし、結像レンズ6よりも焦点距離の短い第1の補助光学系としての第1の補助レンズ110と、第1の補助レンズ110と受光部40との間の光路中に配置される第2の補助光学系としての第2の補助レンズ120とを備える。第1の臨界角プリズム100は、第1の補助レンズ110と第2の補助レンズ120との間の光路中に配置され、絞り部としてのピンホール41は、第2の補助レンズ120と受光部40との間の光路中の、第2の補助レンズ120の焦点位置に配置される。すなわち、検査対象2から戻ってくる輝点光10aが

50

、ビームスプリッタ 31 で反射される方向には、調整レンズ 8 (凸レンズ)、結像レンズ 6、第 1 の補助レンズ 110、第 1 の臨界角プリズム 100 がこの順で配設されている。

【0074】

検査対象 2 の表面が合焦面 2a となっている状態である際に、結像レンズ 6 よりも焦点距離の短い第 1 の補助レンズ 110 は、焦点位置が結像レンズ 6 の焦点位置と一致するように配設される。第 1 の臨界角プリズム 100 は、第 1 の補助レンズ 110 を介した光が、第 1 の光学面 100a に入射するように配設される。すなわち、第 1 の臨界角プリズム 100 は、第 1 の光学面 100a が第 1 の補助レンズ 110 と対向するように配設される。第 1 の光学面 100a から第 1 の臨界角プリズム 100 に入射する光は、第 2 の光学面 100b で、第 1 の光学面 100a に入射する光の光軸と交差する方向に反射される。第 2 の光学面 100b で反射した光は、第 3 の光学面 100c を介して出射される。第 2 の光学面 100b で反射した光が第 3 の光学面 100c を介して出射される方向には、第 2 の補助レンズ 120、ピンホール 41、受光部 40 がこの順で配設されている。すなわち、第 3 の光学面 100c は、第 2 の補助レンズ 120 と対向するように形成される。

【0075】

検査対象 2 の表面が合焦面 2a となっている状態である際、検査対象 2 から戻ってくる輝点光 10a は、調整レンズ 8 でほぼ完全な平行光に調整された後、結像レンズ 6 を介して第 1 の補助レンズ 110 に入射し、ほぼ完全な平行光として第 1 の臨界角プリズム 100 に入射する。ここで、第 1 の補助レンズ 110 は、結像レンズ 6 よりも焦点距離が短いので、第 2 の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡 1' と同様に、第 1 の臨界角プリズム 100 に入射する光の角度倍率が向上する。

【0076】

第 2 の光学面 100b で反射し、第 3 の光学面 100c を介して出射される光は、第 2 の補助レンズ 120 に入射する。ここでは、第 2 の補助レンズ 120 は、第 1 の補助レンズ 110 と同様に、焦点距離が結像レンズ 6 の焦点距離よりも短くなるように構成される。ピンホール 41 は、第 2 の補助レンズ 120 の焦点位置に配設される。

【0077】

以上で説明した本発明の第 3 の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡 1'' によれば、結像レンズ 6 と受光部 40 との間に配設された第 1 の臨界角プリズム 100 に収束光又は拡散光が入射した際に、合焦面 2a に一致しない部分に投影された輝点光 10a はピンホール 41 面上でボケるため、ピンホール 41 を透過する光量が大きく減少するのに加え、第 1 の臨界角プリズム 100 の第 2 の光学面 100b に対して臨界角よりも小さい角度で入射した光の一部が第 2 の光学面 100b を透過することで、受光部 40 での受光量が著しく減少する。すなわち、検査対象 2 の光軸方向 (z 軸方向) 位置に対する受光部 40 の受光量の変化量が大きくなる。したがって、検査対象 2 に対する光軸方向 (z 軸方向) の分解能を向上させることができるので、検査対象の検査をより正確に行うことのできる共焦点型検査装置を提供することができる。

【0078】

さらに、第 3 の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡 1'' によれば、結像レンズ 6 と第 1 の臨界角プリズム 100 との間に配設され、結像レンズ 6 よりも焦点距離の短い第 1 の補助レンズ 110 により、第 1 の臨界角プリズム 100 に入射する光の角度倍率が向上するので、第 1 の臨界角プリズム 100 に収束光又は拡散光が入射した際の受光部 40 での受光量がより明確に減少し、感度が向上する。さらに、ほとんど完全な平行光束となった状態の光を検出することになるので、合焦時においても有する収差の影響を軽減することができる。

【0079】

また、第 3 の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡 1'' によれば、検査対象 2 の表面が合焦面 2a となっている状態である際に、例えば、第 2 の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡 1' と比較して、ピンホール 41 の回折光の影響を取り除くことができるので、第 2 の補助レンズ 120 に、ほとんど完全な平行光を入射させることができる。すなわち、極

めて理想的な（純粋な）共焦点光学系を構築することができる。また、第2の補助レンズ120の焦点距離を、第1の補助レンズ110の焦点距離と同等にすることで、拡大倍率は、例えば、第1の補助レンズ110、第2の補助レンズ120を用いなかった場合とほぼ等しく、結像レンズ6とほぼ同等の光学系となるが、角度倍率が高くなることで、第1の臨界角プリズム100に収束光又は拡散光が入射した際の受光部40での受光量がより明確に減少し、感度を向上させることができる。

【0080】

図9は、本発明の第4の実施の形態に係る共焦点型検査装置としての共焦点走査顕微鏡1' ' 'の光学系概要例を示す図である。本図を参照して、本発明の第4の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡1' ' 'について説明する。共焦点走査顕微鏡1' ' 'は、基本的に第1の実施の形態で説明した共焦点走査顕微鏡1（図1参照）と共通であるが、第2の臨界角プリズム130を備える点で異なる。ここでは、第1の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡1と共通する構成の説明についてはなるべく省略する。

10

【0081】

共焦点走査顕微鏡1' ' 'は、第1の臨界角プリズム100の入射光と射出光を含む面と、入射光と射出光を含む面が平行な第2の臨界角プリズム130を備える。ここでは、第2の臨界角プリズム130は、第1の臨界角プリズム100、第2の臨界角プリズム130の入射光と射出光を含む面が一致するように配設される。また、第2の臨界角プリズム130は、第1の臨界角プリズム100と同様に、第1の光学面130aと、第2の光学面130bと、第3の光学面130cとを有している。

20

【0082】

第2の臨界角プリズム130は、第1の臨界角プリズム100を通過し、第3の光学面100cから出射される光が、第2の臨界角プリズム130の第1の光学面130aに入射するように配設される。第2の臨界角プリズム130は、第1の光学面130aが第1の臨界角プリズム100の第3の光学面100cと対向して密着するように配設される。第1の光学面130aから第2の臨界角プリズム130に入射する光は、第2の光学面130bで、第1の光学面130aに入射する光の光軸と交差する方向に反射される。

【0083】

ここで、第2の光学面130bは、第1の臨界角プリズム100と同様に、第1の光学面130aから入射する平行光束が、第2の光学面130bに対してちょうど臨界角で入射するように形成される。但し、本実施の形態では、ごくわずかに臨界角よりも大きい角度で入射するものとしている。すなわち、第2の光学面130bは、第1の光学面130aに平行光が入射した際に、入射光が全反射するように形成される。第2の光学面130bで反射した光は、第3の光学面130cを介して出射される。第2の光学面130bで反射した光が第3の光学面100cを介して出射される方向には、結像レンズ6、ピンホール41、受光部40がこの順で配設されている。言い換えれば、第3の光学面130cは、結像レンズ6と対向するように形成される。

30

【0084】

第1の臨界角プリズム100に収束光あるいは拡散光が入射すると、第2の光学面100bに対して臨界角よりも小さい角度で入射する光は、一部が第2の光学面100bを透過する。一方、第2の光学面100bに対して臨界角よりも大きい角度で入射する光は、第2の光学面100bで全反射する。さらに、第2の光学面100bに対して臨界角よりも大きい角度で入射し、第2の光学面100bで全反射した光は、第2の臨界角プリズム130の第1の光学面130aに入射し、第2の光学面130bに対して臨界角よりも小さい角度で入射することになる。したがって、第2の光学面100bに対して臨界角よりも大きい角度で入射し、第2の光学面100bで全反射した光は、一部が第2の光学面130bを透過する。すなわち、検査対象2から戻ってくる輝点光10aは、第1の臨界角プリズム100、第2の臨界角プリズム130を通過することで、ほぼ平行光以外の光が排除されることになる。この結果、輝点光10aが合焦点2aに一致しない部分に投影された場合（第1の臨界角プリズム100に拡散光又は収束光が入射した場合）は、輝点光

40

50

10 a が合焦点 2 a と一致する部分に投影された場合（第 1 の臨界角プリズム 100 に平行光が入射した場合）と比較して、受光部 40 での受光量は極端に減少する。

【0085】

以上で説明した本発明の第 4 の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡 1' ' ' によれば、調整レンズ 8 と結像レンズ 6 との間に配設された第 1 の臨界角プリズム 100、第 2 の臨界角プリズム 130 に収束光又は拡散光が入射した際に、合焦点 2 a に一致しない部分に投影された輝点光 10 a はピンホール 41 面上でボケるため、ピンホール 41 を透過する光量が大きく減少するのに加え、第 1 の臨界角プリズム 100 の第 2 の光学面 100 b に対して臨界角よりも小さい角度で入射した光の一部が第 2 の光学面 100 b を透過し、さらに、第 2 の光学面 100 b に対して臨界角よりも大きい角度で入射した光も第 2 の臨界角プリズム 130 の第 2 の光学面 130 b で一部が透過することで、受光部 40 での受光量が極端に減少する。すなわち、検査対象 2 の光軸方向（z 軸方向）位置に対する受光部 40 の受光量の変化量が大きくなる。したがって、検査対象 2 に対する光軸方向（z 軸方向）の分解能を向上させることができるので、検査対象の検査をより正確に行うことのできる共焦点型検査装置を提供することができる。

10

【0086】

なお、本発明の実施の形態に係る共焦点型検査装置は、上述した実施の形態に限定されず、特許請求の範囲に記載された範囲で種々の変更が可能である。以上で説明した共焦点走査顕微鏡 1、1'、1' '、1' ' ' では、一部構成を並び替えてもよい（例えば可変焦点レンズの配置等）。

20

【0087】

以上の説明では、共焦点走査顕微鏡 1、1'、1' '、1' ' ' は、典型的には結像光学系としての結像レンズ 6 の共焦点位置に配置されたピンホール 41 を備えるが、これに限らず、検査対象 2 の対物光学系としての対物レンズ 5 の焦点からの位置ズレ Δz に応じて、光を排除するような構成を備えるものを広く含む。例えば、第 4 の実施の形態で上述したように、第 1 の臨界角プリズム 100、第 2 の臨界角プリズム 130 を用いた場合、平行光が入射した際の第 2 の光学面 100 b、第 2 の光学面 130 b と光軸の角度を臨界角にごく近く（ごくわずかに大きく）することで、合焦点 2 a に一致しない部分に投影された輝点光 10 a からの光はほぼ完全に遮光される。したがって、第 1 の臨界角プリズム 100、第 2 の臨界角プリズム 130 を用いることで、これを絞り部とし、ピンホール 41 を省略した構成としてもよい。また、以上の説明では、共焦点走査顕微鏡 1、1'、1' '、1' ' ' は、1 個又は 2 個の臨界角プリズムを用いるものとして説明したが、3 個以上の臨界角プリズムを組み合わせ用いてもよい。これにより、臨界角プリズムに入射する光の角度変化に対する受光部 40 の受光量の変化量をさらに大きくすることができる。すなわち、検査対象 2 に対する光軸方向（z 軸方向）の分解能を向上させることができるので、検査対象の検査をより正確に行うことのできる共焦点型検査装置を提供することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0088】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡の光学系概要例を示す図である。

40

【図 2】本発明の第 1 の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡の二次元走査ミラーについて説明する模式的平面図である。

【図 3】本発明の第 1 の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡の可変焦点レンズについて説明する模式的断面図である。

【図 4】本発明の実施の形態で用いる駆動信号の電圧に対応した共焦点の移動距離を表すテーブルの例を示す線図である。

【図 5】本発明の第 1 の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡の第 1 の臨界角プリズムの作用について説明する模式図である。

【図 6】本発明の第 1 の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡の受光部での受光量と検査対

50

象の z 軸方向の位置との関係の一例を示した線図である。

【図7】本発明の第2の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡の光学系概要例を示す図である。

【図8】本発明の第3の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡の光学系概要例を示す図である。

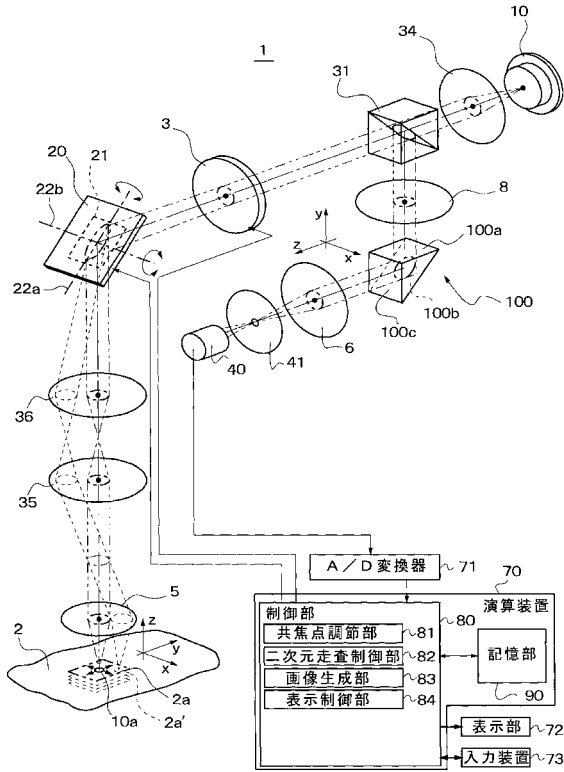
【図9】本発明の第4の実施の形態に係る共焦点走査顕微鏡の光学系概要例を示す図である。

【符号の説明】

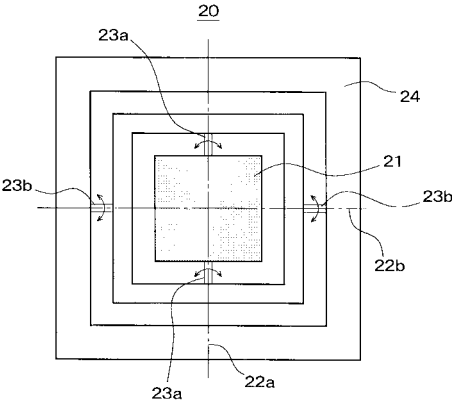
【0089】

1、1'、1''、1'''	共焦点走査顕微鏡	10
2	検査対象	
2a、2a'	合焦面	
3	可変焦点レンズ	
5	対物レンズ	
6	結像レンズ	
8	調整レンズ	
10	投光部	
10a	輝点光	
20	二次元走査ミラー	
31	ビームスプリッタ	20
34	コリメータレンズ	
40	受光部	
41	ピンホール	
70	演算装置	
71	A/D変換器	
72	表示部	
73	入力装置	
80	制御部	
81	共焦点調節部	
82	二次元走査制御部	30
83	画像生成部	
84	表示制御部	
90	記憶部	
100	第1の臨界角プリズム	
110	第1の補助レンズ	
120	第2の補助レンズ	
130	第1の臨界角プリズム	

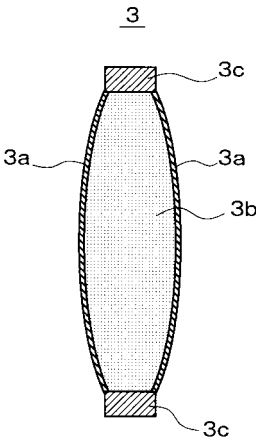
【図 1】



【図 2】



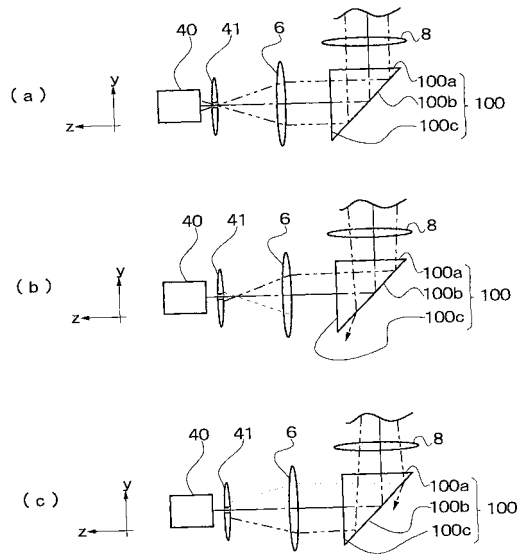
【図 3】



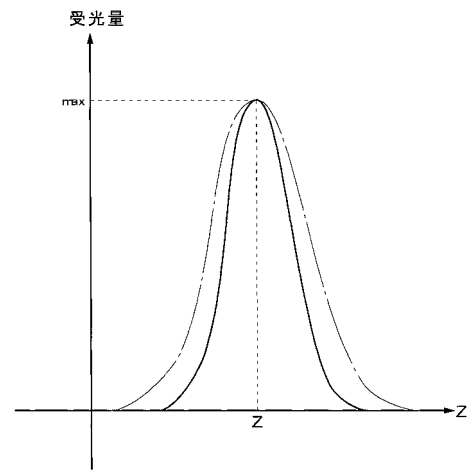
【図 4】

電圧	共焦点の移動距離
100 mV	1 μ m
200 mV	2 μ m
⋮	⋮
⋮	⋮
⋮	⋮
⋮	⋮

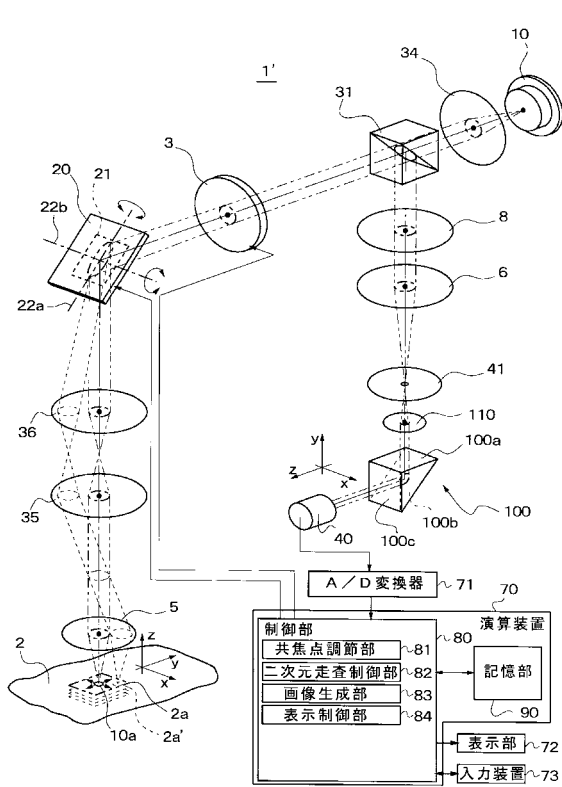
【図 5】



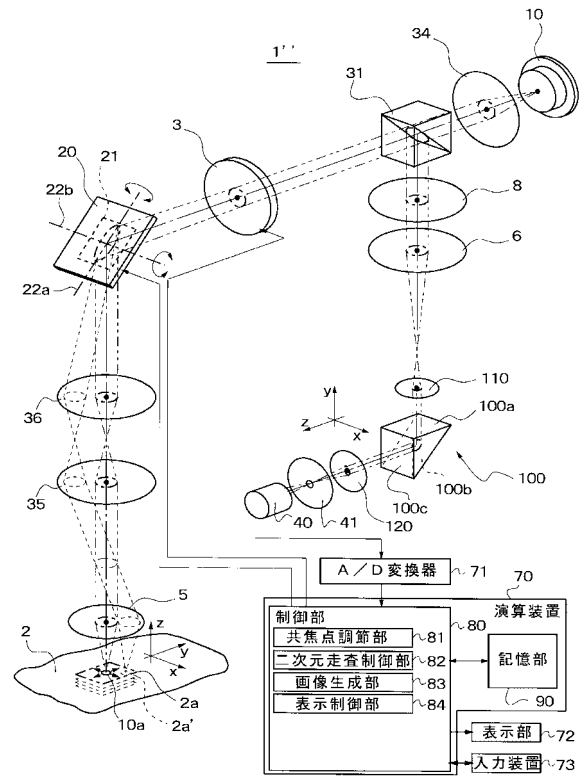
【図 6】



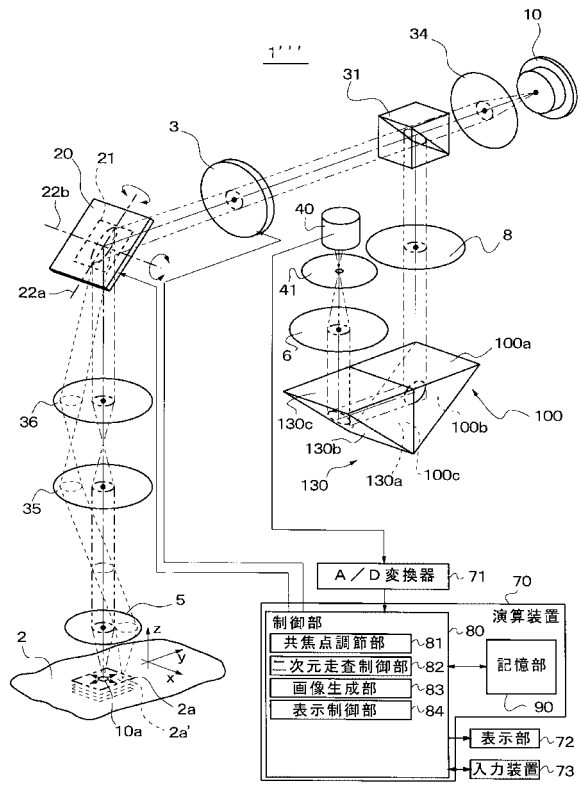
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

審査官 井上 信

(56)参考文献 特開平4 - 340911 (JP, A)
特開2005 - 107097 (JP, A)
特開2005 - 189475 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 21/00