

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5973756号
(P5973756)

(45) 発行日 平成28年8月23日(2016.8.23)

(24) 登録日 平成28年7月22日(2016.7.22)

(51) Int.Cl.

F 1

GO2B 21/24	(2006.01)	GO2B 21/24
GO2B 21/36	(2006.01)	GO2B 21/36
GO2B 7/16	(2006.01)	GO2B 7/16
GO2B 7/04	(2006.01)	GO2B 7/04

C

請求項の数 4 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2012-57103 (P2012-57103)
(22) 出願日	平成24年3月14日 (2012.3.14)
(65) 公開番号	特開2013-190624 (P2013-190624A)
(43) 公開日	平成25年9月26日 (2013.9.26)
審査請求日	平成26年12月17日 (2014.12.17)

(73) 特許権者	514105011 株式会社東光高岳 東京都江東区豊洲五丁目6番36号
(74) 代理人	110001380 特許業務法人東京国際特許事務所
(72) 発明者	石原 満宏 静岡県浜松市北区新都田1丁目1番1号 株式会社高岳製作所 浜松工場内

審査官 越河 勉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】焦点位置変更装置およびこれを用いた共焦点光学装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源、対物レンズを有する共焦点光学装置の光路上に設けられ、前記対物レンズの焦点位置を光軸方向に変更する焦点位置変更装置であって、

それぞれ平行平板形の透明体により構成されるとともに屈折率および厚さの少なくとも一方が互いに異なる複数の光路変更片と、

前記複数の光路変更片が前記対物レンズの光軸と交差するよう回転方向に沿って配設されるとともに、前記光源側の面の所定の領域に反射防止層が形成された回転板と、

前記回転板を回転駆動する駆動部と、

を備え、

前記回転板は、

前記複数の光路変更片のそれぞれに対応する複数の光線通過部、

を有し、

前記複数の光路変更片のそれぞれは、

前記回転板の前記光源と反対側の面内の前記複数の光線通過部に対応する位置に設けられ、

前記回転板の前記反射防止層は、

前記回転板の前記光源側の面内の領域であって、前記複数の光路変更片のそれぞれに対応する複数の光線通過部を除く領域のうち少なくとも前記光源の光が照射される領域に形成された、

10

20

—焦点位置変更装置。

【請求項 2】

前記回転板は、

前記複数の光路変更片が前記対物レンズの前記光源側の光軸と交差するよう、前記光源と前記対物レンズとの間の光路上に設けられた、

請求項 1 記載の焦点位置変更装置。

【請求項 3】

前記反射防止層は、

前記回転板に貼り付けられた反射防止材、前記回転板に塗布された黒色系塗料、または前記回転板の表面を粗面化して形成された層のいずれかにより形成された、

10

請求項 1 または 2 に記載の焦点位置変更装置。

【請求項 4】

光源と、

複数の共焦点開口部が形成された開口板と、

前記複数の共焦点開口部を通過したそれぞれの光を物体側集光点に集光するとともに、この集光した光の被計測体による反射光をそれぞれ対応する共焦点開口部に再度集光する対物レンズと、

それぞれ平行平板形の透明体により構成されるとともに屈折率および厚さの少なくとも一方が互いに異なる複数の光路変更片と、前記複数の光路変更片が前記対物レンズの光軸と交差するよう回転方向に沿って配設されるとともに前記光源側の面の所定の領域に反射防止層が形成された回転板と、前記回転板を回転駆動する駆動部と、を有し、前記回転板の回転にともない光軸と交わる前記光路変更片が変わることに前記対物レンズの焦点を光軸方向に離散的に変更する焦点位置変更部と、

20

前記共焦点開口部に再度集光された前記被計測体による反射光を入力される撮像系と、

を備え、

前記回転板は、

前記複数の光路変更片のそれぞれに対応する複数の光線通過部、

を有し、

前記複数の光路変更片のそれぞれは、

前記回転板の前記光源と反対側の面内の前記複数の光線通過部に対応する位置に設けられ、

30

前記回転板の前記反射防止層は、

前記回転板の前記光源側の面内の領域であって、前記複数の光路変更片のそれぞれに対応する複数の光線通過部を除く領域のうち少なくとも前記光源の光が照射される領域に形成された、

共焦点光学装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、共焦点光学系に用いられる対物レンズの焦点位置を光軸方向に変更する焦点位置変更装置およびこれを用いた共焦点光学装置に関する。

40

【背景技術】

【0002】

共焦点光学系を用いた光学装置である共焦点光学装置は、被計測体表面の立体形状を計測する計測装置として利用され、あるいは被計測体表面を観察する顕微鏡として利用される。これらの目的で用いられる場合、共焦点光学装置は、被計測体表面上の各点に焦点を合わせる必要がある。このため、対物レンズの焦点位置を変更するための焦点位置変更装置を備えることが多い。

【0003】

従来、この種の焦点位置変更装置として、特開平9-126739号公報（特許文献1

50

)に開示されたものがある。

【0004】

この特許文献1に開示された焦点位置変更装置は、共焦点光学系に設けられ、互いに厚さが異なるかまたは互いに屈折率が異なる複数の平行平板形の透明体と、この複数の透明体が配列された回転体と、を備える。この焦点位置変更装置は、回転体の回転にともない光軸と順次交差する透明体の厚さまたは屈折率に応じて、対物レンズの焦点位置を光軸方向(被計測体の高さ方向)に変更できるようになっている。このため、この種の回転体を用いた焦点位置変更装置によれば、対物レンズの焦点位置を固定し被計測体の載置台を動かす場合に比べ、非常に高速かつ精細に焦点位置を変更することができる。

【先行技術文献】

10

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平9-126739号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、回転体を用いた焦点位置変更装置を用いると、回転体自体が光軸と交差する期間が生じてしまう。回転体自体が光軸と交差すると、回転体により光が反射される。この回転体からの反射光は、被計測体からの反射光をあつかう共焦点撮像系にとっては本来不要なものであって、低減されることが望ましい。

20

【0007】

一方、回転体の透明体設置面は、透明体の傾きによる対物レンズの焦点位置のずれを防ぐため、研磨を施されるなどして平面度が高く設定されることが好ましい。ところが、平面度が高いと反射率が非常に高くなってしまい、回転体からの反射光がより多く共焦点撮像系に入力されてしまう。

【0008】

本発明は、上述した事情を考慮してなされたもので、回転体からの反射光を抑制することができる焦点位置変更装置およびこれを用いた共焦点光学装置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】

30

【0009】

本発明の一実施形態に係る焦点位置変更装置は、上述した課題を解決するために、光源、対物レンズを有する共焦点光学装置の光路上に設けられ、対物レンズの焦点位置を光軸方向に変更する焦点位置変更装置であって、それぞれ平行平板形の透明体により構成されるとともに屈折率および厚さの少なくとも一方が互いに異なる複数の光路変更片と、複数の光路変更片が対物レンズの光軸と交差するよう回転方向に沿って配設されるとともに、光源側の面の所定の領域に反射防止層が形成された回転板と、回転板を回転駆動する駆動部と、を備え、回転板は、複数の光路変更片のそれぞれに対応する複数の光線通過部、を有し、複数の光路変更片のそれぞれは、回転板の光源と反対側の面内の複数の光線通過部に対応する位置に設けられ、回転板の反射防止層は、回転板の光源側の面内の領域であつて、複数の光路変更片のそれぞれに対応する複数の光線通過部を除く領域のうち少なくとも光源の光が照射される領域に形成されたものである。

40

【発明の効果】

【0010】

本発明に係る焦点位置変更装置およびこれを用いた共焦点光学装置によれば、回転体からの反射光を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の第1実施形態に係る焦点位置変更装置を備えた共焦点光学装置の一例を示す概略的な全体構成図。

50

【図2】焦点位置変更部の一構成例を示す斜視図。

【図3】光路変更片が回転板の被計測体側の面に設けられる場合における回転板の一部の構成例を示す平面図。

【図4】焦点位置変更部の構成例の一部を図3のA-A線に沿って外周側から見た弧状の断面図。

【図5】図4に示す焦点位置変更部の構成例における回転板32の変形例を示す図。

【図6】本発明の第2実施形態に係る共焦点光学装置(焦点位置変更装置を含む)の一例を示す概略的な全体構成図。

【図7】本発明の第3実施形態に係る共焦点光学装置(焦点位置変更装置を含む)の一例を示す概略的な全体構成図。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本発明に係る焦点位置変更装置およびこれを用いた共焦点光学装置の実施の形態について、添付図面を参照して説明する。

【0013】

本発明の一実施形態に係る焦点位置変更装置を備えた共焦点光学装置は、2次元配列型の共焦点開口アレイまたはニポウディスクを有する共焦点光学系を用いて、たとえば被計測体表面の立体形状を計測するための計測装置として利用され、あるいは表面形状観察をするための顕微鏡として利用されるものである。計測対象物としては、たとえばICパッケージのような大量生産部品の電極端子(たとえば大きさ数十ミクロン～数百ミクロン)などが挙げられる。

【0014】

(第1の実施形態)

図1は、本発明の第1実施形態に係る焦点位置変更装置を備えた共焦点光学装置の一例を示す概略的な全体構成図である。なお、以下の説明では、光軸方向をZ軸、光軸方向に垂直な方向をX軸およびY軸とする場合の例について示す。また、以下の説明では、焦点位置変更装置を備えた共焦点光学装置が被計測体表面の立体形状を計測するための計測装置として利用される場合の例について示す。

【0015】

共焦点光学装置10は、光源11aを有する照明光学系11、主面が光軸方向に垂直となるよう配置された開口板12、対物レンズ13、焦点位置変更部14、被計測体15を載置するための載物台16、被計測体15からの反射光を入射される光検出器17aを複数有する光検出器群17、載物台16をXYZ各方向に移動させるための載物台駆動部18、載物台16および載物台駆動部18を支持する支持基台19、および画像処理装置20を有する。載物台駆動部18は、載物台Z変位部21および載物台XY変位部22を有する。

【0016】

光源11aとしては、たとえばハロゲンランプやレーザなどを用いることができる。光源11aから出射された光は、照明レンズ23を介して面状の照明光束となる。この光は、偏光ビームスプリッタ24を介して開口板12を照明する。

【0017】

開口板12は、それぞれ共焦点開口部として機能する複数の開口部25を有する。開口板12には複数の開口部25が形成されればよく、開口板12としては開口部25が2次元に配列されて開口アレイが形成されたものを用いてもよいし、いわゆるニポウディスクを用いてもよい。ニポウディスクを用いる場合、ニポウディスクは図示しない駆動機構により回転駆動される。

【0018】

各開口部25を通過した光は、焦点位置変更部14を介して対物レンズ13を照射し、対物レンズ13によって被計測体15に投光されつつ開口部25と共にスポット(物体側集光点)に集光される。各物体側集光点は、Z軸方向の所定の位置の光軸方向に垂直な

10

20

30

40

50

面（以下、物体側集光面という）上に位置する。なお、対物レンズ13は、たとえば複数のレンズおよび絞りにより構成されて両側テレセントリック光学系を構成されてもよい。

【0019】

載物台Z変位部21は、ステッピングモータやサーボモータ、あるいはピエゾモータなどの一般的な駆動装置により構成され、載物台16を光軸方向に変位させる。この変位の量、方向およびタイミングは、画像処理装置20によりZ軸ドライバ30を介して制御される。載物台Z変位部21は、たとえば測定開始前に載物台16を光軸方向に大まかに変位させる。

【0020】

図2は、焦点位置変更部14の一構成例を示す斜視図である。図2には、光路変更片31が被計測体側の面に設けられる場合の例について示した。10

【0021】

対物レンズ13の光路中に透明体により構成された平行平板形の光路変更片31を配置すると、対物レンズ13の物体側集光面の位置がZ方向に移動する。この焦点移動幅は、光路変更片31の屈折率および厚さによって制御することができる。

【0022】

このため、図2に示すように、回転板32に対して回転方向に沿って等間隔に互いに焦点移動幅が異なる光路変更片31を配設する。この回転板32をモータなどの駆動部33により所定の速度で連続回転させることにより、光路変更片31のそれぞれが対物レンズ13の光軸と交わるごとに離散的に（ステップ的に）対物レンズ13の物体側集光面の位置をZ方向（光軸方向）に移動させることができる。なお、回転板32に配設された光路変更片31の一部は、他の光路変更片31と同一の屈折率および厚さを有し同一の焦点移動幅を有するものであってもよい。20

【0023】

回転板32の回転状態はタイミングセンサ34により検知される。タイミングセンサ34の出力は画像処理装置20に与えられる。画像処理装置20は、あらかじめ各光路変更片31と物体側集光点のZ軸座標とを関連付けた情報を保持している。画像処理装置20がタイミングセンサ34の出力にもとづいて各光路変更片31と光軸とが交わるタイミングで光検出器群17を露光させることを繰り返すことにより、離散的な複数の物体側集光点の位置のそれそれで、容易かつ高速に撮像を行うことができる。30

【0024】

駆動部33は、画像処理装置20により制御可能に構成されてもよい。この場合、画像処理装置20は回転板32の回転速度を制御することができる。

【0025】

なお、図2には、複数の光路変更片31のそれぞれに対応する複数の光線通過部35が回転板32に貫通口として設けられるとともに、光路変更片31が回転板32の光源側の面（以下、光源側面という）36には設けられず、回転板32の光源11aと反対側の面（以下、被計測体側面という）37に光路変更片31が設けられる場合の例について示した。このとき、この場合、開口部25を通過した光は、貫通口としての光線通過部35を通過してから、光路変更片31を透過して被計測体15に向かう。40

【0026】

また、以下の説明では光線通過部35および光路変更片31の形状が円形である場合の例について示すが、これらの形状は橢円形、多角形等であってもよい。

【0027】

被計測体15による反射光のうち特に物体側集光点における反射光は、対物レンズ13により、物体側集光点と光学的共役関係にある点（以下、像側集光点という）に集光される。点光源としての開口部25と物体側集光点とは、1対1に対応する。本実施形態では、像側集光点が点光源としての開口部25に一致する場合の例について説明する。この場合、開口部25を通過した光は物体側集光点に集光されるとともに、この物体側集光点で反射されて開口部25に再度入射することになる。50

【0028】

開口部25に再度入射した光は、偏光ビームスプリッタ24により偏向されて結像光学系38に入射し、光検出器群17を構成する光検出器17aに入射する。ここで、結像光学系38は、開口部25の像を光検出器群17の光電変換面に結ぶように構成される。開口部25(像側集光点)とこの開口部25に対応する位置に配設された光検出器17aとは、偏光ビームスプリッタ24および結像光学系38により互いに共役関係となる。

【0029】

光検出器群17は、いわゆる2次元イメージセンサであり、光検出器群17を構成する光検出器17aは、CCD(Charge Coupled Device)イメージセンサやCMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)イメージセンサにより構成されて、照射された光の強度に応じた信号を画像処理装置20に出力する。また、光検出器群17は、画像処理装置20により光検出のタイミングを制御される。10

【0030】

画像処理装置20は、この光検出器群17から受けた信号を、画像(以下、共焦点画像という)を生成するための画像データ(以下、共焦点画像データという)として用いることができる。また、画像処理装置20は、たとえば共焦点画像データにもとづく共焦点画像を露光ごとに生成してもよい。なお、画像処理装置20は、露光ごとに光検出器群17の出力信号を得ることができれば、この出力信号にもとづいて立体形状計測を行うことが可能であり、共焦点画像は必ずしも生成せずともよい。

【0031】

画像処理装置20は、CPUなどの演算処理部、演算処理部により読み書き可能な記憶部、入力部および表示部などを有する一般的なパーソナルコンピュータなどの情報処理装置によって構成することができる。画像処理装置20の演算処理部は、少なくとも立体形状計測に必要な演算処理および共焦点光学装置10の動作の全般的な制御を実行する。20

【0032】

載物台駆動部18の載物台XY変位部22は、載物台16を光軸方向に垂直な方向に変位させる。たとえば、載物台XY変位部22は、測定の合間に測定対象領域をXY面内で移動させるために用いられる。

【0033】

この載物台XY変位部22は、載物台16のX軸方向およびY軸方向の位置決めを行うX軸変位機構41およびY軸変位機構42を有する。X軸変位機構41およびY軸変位機構42は、たとえばサーボモータにより構成され、変位の量、方向およびタイミングは、画像処理装置20によりXY軸ドライバ45を介して制御される。30

【0034】

次に、焦点位置変更部14の構成について詳細に説明する。

図3は、光路変更片31が被計測体側面37に設けられる場合における回転板32の一部の構成例を示す平面図である。

【0035】

回転板32の回転にともない、光源11aの光は光源側面36の帯状の領域(以下、光照射領域という)50を照射する。しかしながら、回転板32のうち被計測体15に向けて光を通過させるべき領域は光線通過部35のみである。たとえば回転板32が金属などの高反射率部材により構成され、光線通過部35が貫通口により構成される場合、光線通過部35における反射はおこらないものの、回転板32の光源側面36内の領域であって光線通過部35を除く領域のうち、光照射領域50に属する領域に照射された光は、光源側に反射されて光検出器群17に入射してしまう場合がある。40

【0036】

ここで、回転板32の光路変更片31の設置面は、光路変更片31の傾きによる画像の横ずれを防ぐため、研磨を施されるなどして平面度が高く設定され、反射率が非常に高くなっている。このため、光路変更片31の設置面を光源側面36とすると、光検出器群17に入射される光源側面36の反射光が非常に多くなってしまう。50

【0037】

そこで、本実施形態に係る焦点位置変更部14は、光路変更片31の設置面を被計測体側面37とし、光源側面36の反射光を抑制するよう構成される。

【0038】

図4は、焦点位置変更部14の構成例の一部を図3のA-A線に沿って外周側から見た弧状の断面図である。

【0039】

図4に示す焦点位置変更部14の構成例において、光線通過部35は貫通口により構成される。また、光路変更片31は、回転板32の被計測体側面37の、光線通過部35に対応する位置に設けられる。この場合、被計測体側面37はあらかじめ研磨を施されるなどして平面度が高く設定される。一方、光源側面36内の領域であって光線通過部35を除く領域のうち、少なくとも光照射領域50に属する領域には、反射防止層51が形成される。10

【0040】

反射防止層51は、回転板32に貼り付けられた反射防止材、回転板32に塗布された黒色系塗料、回転板32の表面を粗面化して形成された層のいずれかまたはこれらの組み合わせにより形成することができる。

【0041】

この第1構成例に係る焦点位置変更部14によれば、光源側面36に照射される光の反射を反射防止層51によって抑制することができる。20

【0042】

図5は、図4に示す焦点位置変更部14の構成例における回転板32の変形例を示す図である。

【0043】

回転板32は、金属板などの高反射率部材により構成されてもよいし、透明体により構成されてもよい。透明体により構成される場合、光線通過部35にはなにも施されず、貫通口とされる必要はない。すなわち、透明体により構成される場合、回転板32は光線通過部35を含む全体を一枚の連続した板で構成することができる。

【0044】

回転板32を透明体により構成し、光線通過部35(図5の斜線部)にはなにも施さずに回転板32を貫通口のない一枚の連続した板とする場合、図4に示す構成例における回転板32をこの変形例に係る回転板32に置き換えるべき。図5には、図4に示す焦点位置変更部14の構成例における回転板32を変形例に係る回転板32に置き換える場合について例示した。30

【0045】

本実施形態に係る焦点位置変更部14および共焦点光学装置10によれば、光路変更片31の設置面に対して研磨を施すなどして平面度を高く設定することにより光路変更片31の意図しない傾きを防止しつつ、回転板32の光源側面36の反射光を抑制することができる。したがって、本実施形態に係る焦点位置変更部14を用いた共焦点光学装置10によれば、焦点位置を光軸方向に高速かつ精細に制御することができるとともに、光源側面36からの反射光の影響を低減した画像を取得することができる。40

【0046】**(第2の実施形態)**

次に、本発明に係る焦点位置変更装置およびこれを用いた共焦点光学装置の第2実施形態について説明する。

【0047】

図6は、本発明の第2実施形態に係る共焦点光学装置10A(焦点位置変更部14を含む)の一例を示す概略的な全体構成図である。

【0048】

この第2実施形態に示す共焦点光学装置10Aは、焦点位置変更部14が対物レンズ1

10

20

30

40

50

3の被計測体15側に設けられる点で第1実施形態に示す共焦点光学装置10と異なる。他の構成および作用については図1に示す共焦点光学装置10と実質的に異なるため、同じ構成には同一符号を付して説明を省略する。

【0049】

図6に示すように、焦点位置変更部14は被計測体15側に設けられてもよい。この共焦点光学装置10Aによっても、第1実施形態に係る共焦点光学装置10と同様の作用効果を奏する。

【0050】

(第3の実施形態)

次に、本発明に係る焦点位置変更装置およびこれを用いた共焦点光学装置の第3実施形態について説明する。

10

【0051】

図7は、本発明の第3実施形態に係る共焦点光学装置10B(焦点位置変更部14を含む)の一例を示す概略的な全体構成図である。

【0052】

この第3実施形態に示す共焦点光学装置10Bは、開口板12として開口部25が2次元に配列されて開口アレイが形成されたものを用い、この開口板12を開口板変位部60により光軸方向に垂直な所定の方向にリニアに変位させる点で第1実施形態に示す共焦点光学装置10と異なる。他の構成および作用については図1に示す共焦点光学装置10と実質的に異なるため、同じ構成には同一符号を付して説明を省略する。

20

【0053】

一般に、2次元配列型の開口アレイの開口部25同士は、ビーム間のクロストークを小さくするために所定の離間距離をあけて設けられる必要がある。このため、2次元配列型の開口アレイを有する共焦点光学系では、この離間距離のために光軸に垂直な面内方向の分解能が制約されてしまう。一方、近年、固体撮像素子を用いた2次元イメージセンサは、非常に高画素のものが開発されてきている。

【0054】

そこで、本実施形態では、光検出器群17を露光させつつ、開口板変位部60により開口板12を光軸方向に垂直な所定の方向に直線的に走査することにより、1つの開口部25で複数の画素に対応させる。

30

【0055】

この共焦点光学装置10Bによっても、第1実施形態に係る共焦点光学装置10と同様の作用効果を奏する。また、本実施形態に係る共焦点光学装置10Bによれば、光軸に垂直な面内方向における取得される撮像画像の分解能を、より向上させることができる。

【0056】

なお、本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

40

【符号の説明】

【0057】

10、10A、10B 共焦点光学装置

11 照明光学系

11a 光源

12 開口板

13 対物レンズ

14 焦点位置変更部

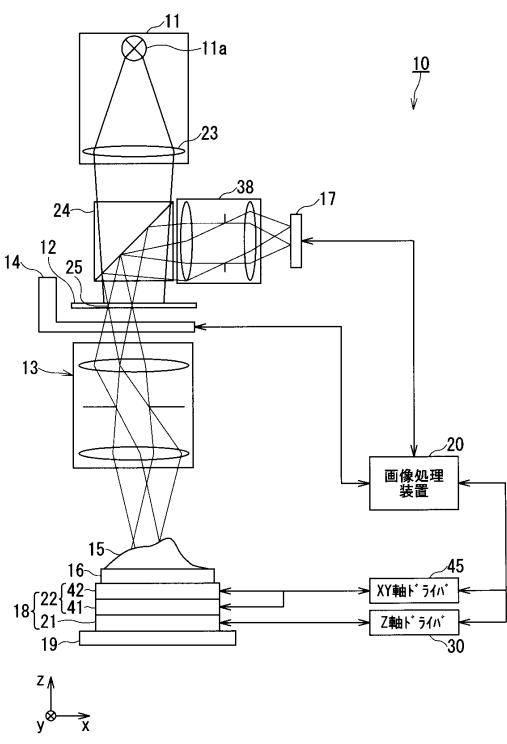
15 被計測体

50

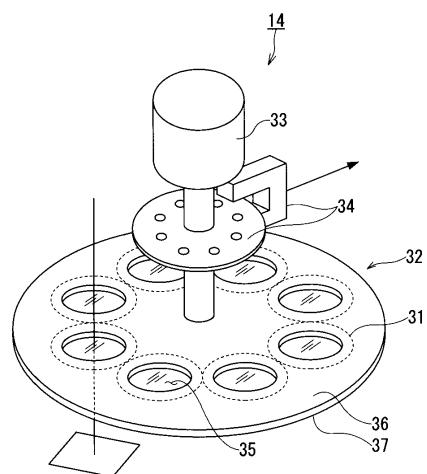
1 7 光検出器群
 1 7 a 光検出器
 2 5 開口部
 3 1 光路変更片
 3 2 回転板
 3 3 駆動部
 3 5 光線通過部
 3 6 光源側面
 3 7 被計測体側面
 5 0 光照射領域
 5 1 反射防止層

10

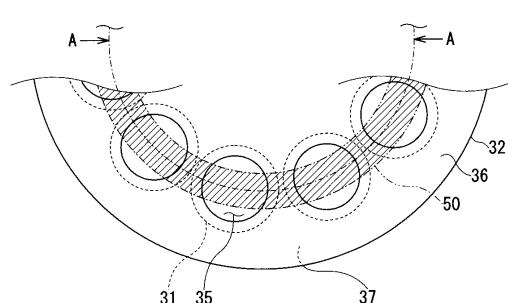
【図1】



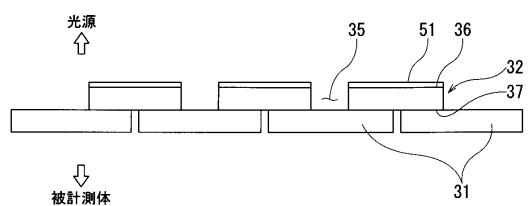
【図2】



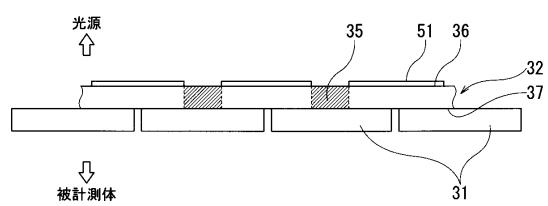
【図3】



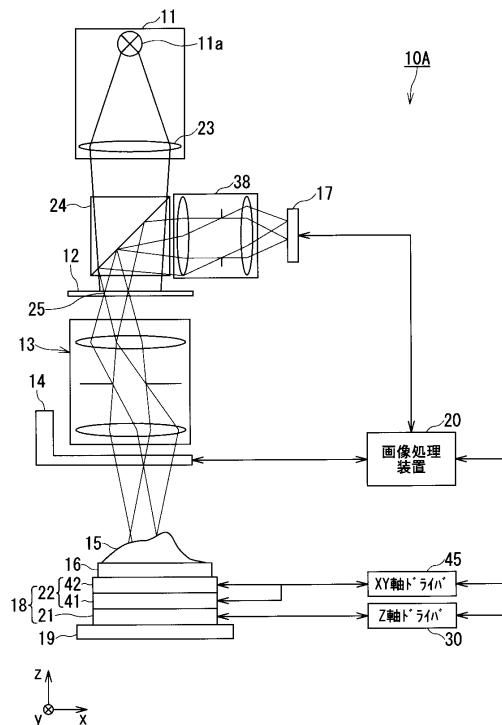
【図4】



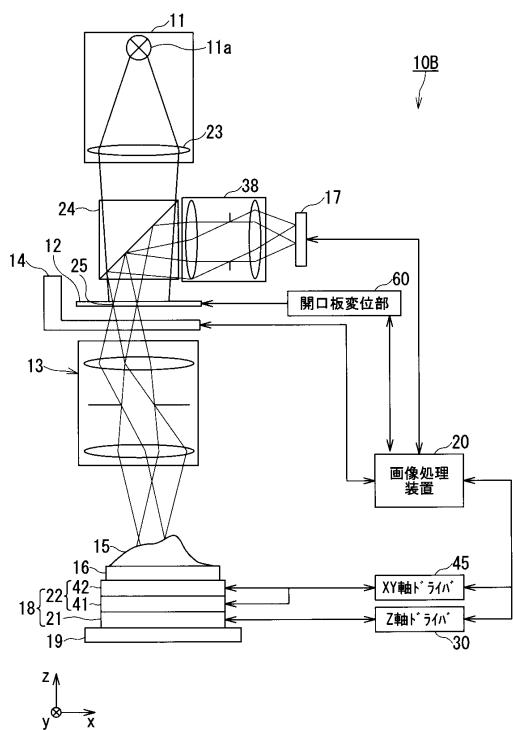
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平09-005046(JP,A)
特開2005-010516(JP,A)
特開2001-133695(JP,A)
国際公開第2006/046502(WO,A1)
米国特許出願公開第2008/0057273(US,A1)
国際公開第2008/069220(WO,A1)
米国特許出願公開第2009/0201366(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B 21 / 24
G 02 B 7 / 04
G 02 B 7 / 16
G 02 B 21 / 36