

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6785674号
(P6785674)

(45) 発行日 令和2年11月18日(2020.11.18)

(24) 登録日 令和2年10月29日(2020.10.29)

(51) Int.Cl.

F 1

GO 1 B	11/25	(2006.01)	GO 1 B	11/25	H
GO 2 F	1/01	(2006.01)	GO 2 F	1/01	C
GO 2 B	6/32	(2006.01)	GO 2 F	1/01	F
GO 2 B	6/12	(2006.01)	GO 2 B	6/32	
GO 1 B	11/24	(2006.01)	GO 2 B	6/12	3 6 1

請求項の数 10 (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2017-11686 (P2017-11686)
(22) 出願日	平成29年1月25日 (2017.1.25)
(65) 公開番号	特開2018-119865 (P2018-119865A)
(43) 公開日	平成30年8月2日 (2018.8.2)
審査請求日	令和1年12月18日 (2019.12.18)

(73) 特許権者	000000376 オリンパス株式会社 東京都八王子市石川町2951番地
(73) 特許権者	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(74) 代理人	100105924 弁理士 森下 賢樹
(74) 代理人	100109047 弁理士 村田 雄祐
(74) 代理人	100109081 弁理士 三木 友由
(72) 発明者	渡邊 大智 東京都八王子市石川町2951番地 オリ ンパス株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光計測装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

パターン光を投射する光投射部と、

前記パターン光が投射された対象物を撮像する撮像部と、を備え、

前記光投射部は、基板および前記基板上に設けられる位相変調可能な複数の導波路を有する光回路部を含み、前記光回路部は、前記複数の導波路の出射口が設けられる側面を有し、前記側面に前記撮像部が固定されることを特徴とする光計測装置。

【請求項 2】

前記光投射部および前記撮像部を内部に収容する筐体をさらに備え、

前記光投射部は、前記筐体に固定されており、前記撮像部は、前記光投射部を介して前記筐体に固定されることを特徴とする請求項1に記載の光計測装置。 10

【請求項 3】

前記光投射部は、前記複数の導波路から出射される複数の光束を干渉させて前記パターン光を前記対象物に投射する投射レンズと、前記投射レンズを保持するレンズ保持部と、をさらに含み、前記光回路部に前記レンズ保持部が固定されることを特徴とする請求項1または2に記載の光計測装置。

【請求項 4】

前記光回路部の前記側面に前記レンズ保持部が固定されることを特徴とする請求項3に記載の光計測装置。

【請求項 5】

パターン光を投射する光投射部と、
前記パターン光が投射された対象物を撮像する撮像部と、
前記光投射部と前記撮像部の双方が取り付けられる取付面を有し、光透過性を有する固定部材と、を備え、
前記光投射部は、前記固定部材ごしに前記パターン光を前記対象物に投射し、
前記撮像部は、前記固定部材ごしに前記対象物を撮像することを特徴とする光計測装置

。【請求項 6】

前記光投射部および前記撮像部を内部に収容する筐体をさらに備え、
前記固定部材は、前記筐体に固定され、前記光投射部および前記撮像部は、前記固定部材を介して前記筐体に固定されることを特徴とする請求項5に記載の光計測装置。 10

【請求項 7】

前記光投射部は、基板および前記基板上に設けられる位相変調可能な複数の導波路を有する光回路部を含み、前記光回路部が前記固定部材の前記取付面に固定されることを特徴とする請求項5または6に記載の光計測装置。

【請求項 8】

前記光投射部は、基板および前記基板上に設けられる位相変調可能な複数の導波路を有する光回路部と、前記複数の導波路から出射される複数の光束を干渉させて前記パターン光を前記対象物に投射する投射レンズと、前記投射レンズを保持するレンズ保持部と、を含み、
前記光回路部は、前記レンズ保持部を介して前記固定部材の前記取付面に固定されることを特徴とする請求項5または6に記載の光計測装置。 20

【請求項 9】

前記光回路部は、前記光投射部の投射軸方向と交差する側面を有し、前記側面に前記レンズ保持部が固定されることを特徴とする請求項8に記載の光計測装置。

【請求項 10】

前記光回路部の前記側面に前記複数の導波路の出射口が設けられることを特徴とする請求項9に記載の光計測装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、パターン光を投射して撮像する光計測装置に関する。

【背景技術】

【0002】

対象物の三次元形状を計測する方法として、対象物にレーザの干渉縞を投影し、干渉縞の投影像を撮像して解析することにより対象物表面の凹凸情報を演算する「縞走査法」といわれる技術が知られている。縞走査法では、干渉縞の走査量と投影像の各点の光強度の変化から各点での凹凸の深さ及び高さが求められる。干渉縞の走査量は、干渉させる二以上の光束の位相差を変えることで制御される。例えば、二分岐された光導波路の一方の位相を電気光学効果等を利用して変化させることにより、投影される干渉縞の走査量が制御される（例えば、特許文献1参照）。 40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開平5-87543号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

光導波路の位相変化に電気光学効果を用いる場合、ニオブ酸リチウムなどの特殊な材料を必要とする。一方、熱光学効果を用いれば、シリコン基板上に形成される一般的な石英 50

系の材料のみで位相変調器を構成することができる。しかしながら、シリコン基板上の光導波路の温度を変化させた場合、基板と光導波路の熱膨張率差等に起因して反りなどの変形が生じ、干渉縞の投射位置が変化するおそれがある。光導波路の位相変化とは異なる要因で干渉縞の投射位置が変化してしまうと計測精度の低下につながる。

【0005】

本発明はかかる状況においてなされたものであり、そのある態様の例示的な目的のひとつは、熱による変形に起因する計測精度の低下を抑制した光計測装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明のある態様の光計測装置は、パターン光を投射する光投射部と、パターン光が投射された対象物を撮像する撮像部と、を備える。光投射部および撮像部は、光投射部の投射軸方向と撮像部の撮像軸方向との双方に交差する取付面を介して互いに固定される。

【0007】

なお、以上の構成要素の任意の組み合わせ、本発明の表現を方法、装置、システム、などの間で変換したものもまた、本発明の態様として有効である。

【発明の効果】

【0008】

本発明のある態様によれば、熱による変形に起因する計測精度の低下を抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】第1実施例に係る光計測装置の構成を模式的に示す図である。

【図2】図1の先端部の構成をより詳細に示す上面図である。

【図3】光投射部の構成を模式的に示す側面図である。

【図4】比較例に係る光回路部に反りが生じた場合の投射軸の変化を模式的に示す側面図である。

【図5】実施例に係る光回路部に反りが生じた場合の投射軸の変化を模式的に示す側面図である。

【図6】第2実施例に係る光計測装置の構成を模式的に示す上面図である。

【図7】第2実施例に係る光計測装置の構成を模式的に示す側面図である。

【図8】第3実施例に係る光計測装置の構成を模式的に示す上面図である。

【図9】変形例に係る光計測装置の構成を模式的に示す上面図である。

【図10】変形例に係る光計測装置の構成を模式的に示す上面図である。

【図11】変形例に係る光計測装置の構成を模式的に示す上面図である。

【図12】変形例に係る光計測装置の構成を模式的に示す上面図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

はじめに、本発明に係るいくつかの実施の形態の概要を説明する。

ある態様の光計測装置は、パターン光を投射する光投射部と、パターン光が投射された対象物を撮像する撮像部と、を備える。光投射部および撮像部は、光投射部の投射軸方向と撮像部の撮像軸方向との双方に交差する取付面を介して互いに固定される。

【0011】

この態様によれば、投射軸方向と撮像軸方向との双方に交差する取付面を基準にして光投射部および撮像部が固定されるため、熱膨張率差に起因する変形により取付面の位置が変化したとしても、投射部と撮像部の相対位置の変化を小さくできる。また、熱に起因して取付面に反りが生じたとしても、取付面に交差する方向の変位量に比べて取付面に沿った方向の変位量が小さいため、投射軸と撮像軸とが離れる方向の相対位置の変化を小さくできる。これにより、熱による変形が生じる場合であっても、パターン光が投射される位置に対する撮像方向の位置変化を小さくして計測精度の低下を抑制できる。

【0012】

10

20

30

40

50

光投射部は、取付面を有してもよい。撮像部は、取付面に固定されてもよい。

【0013】

光計測装置は、光投射部および撮像部を内部に収容する筐体をさらに備えてもよい。光投射部は、筐体に固定されてもよい。撮像部は、光投射部を介して筐体に固定されてもよい。

【0014】

光投射部は、基板および基板上に設けられる位相変調可能な複数の導波路を有する光回路部を含み、光回路部に撮像部が固定されてもよい。

【0015】

光投射部は、複数の導波路から出射される複数の光束を干渉させてパターン光を対象物に投射する投射レンズと、投射レンズを保持するレンズ保持部と、をさらに含み、光回路部にレンズ保持部が固定されてもよい。

10

【0016】

光回路部は、複数の導波路の出射口が設けられる側面を有し、側面に撮像部が固定されてもよい。

【0017】

光回路部は、複数の導波路の出射口が設けられる側面を有し、側面に撮像部およびレンズ保持部が固定されてもよい。

【0018】

光回路部は、複数の導波路の出射口が設けられる第1側面と、第1側面に対して投射軸方向にずれた位置に設けられる第2側面とを有し、第2側面に撮像部が固定されてもよい。

20

【0019】

光回路部は、複数の導波路の出射口が設けられる第1側面と、第1側面に対して投射軸方向にずれた位置に設けられる第2側面とを有し、第1側面にレンズ保持部が固定され、第2側面に撮像部が固定されてもよい。

【0020】

光計測装置は、取付面を有する固定部材をさらに備えてもよい。取付面に光投射部と撮像部の双方が取り付けられてもよい。

30

【0021】

固定部材は、光透過性を有してもよい。光投射部は、固定部材ごしにパターン光を対象物に投射してもよい。撮像部は、固定部材ごしに対象物を撮像してもよい。

【0022】

光計測装置は、光投射部および撮像部を内部に収容する筐体をさらに備えてもよい。固定部材は、筐体に固定されてもよい。光投射部および撮像部は、固定部材を介して筐体に固定されてもよい。

【0023】

光投射部は、基板および基板上に設けられる位相変調可能な複数の導波路を有する光回路部を含み、光回路部が固定部材の取付面に固定されてもよい。

【0024】

光投射部は、基板および基板上に設けられる位相変調可能な複数の導波路を有する光回路部と、複数の導波路から出射される複数の光束を干渉させてパターン光を対象物に投射する投射レンズと、投射レンズを保持するレンズ保持部と、を含んでもよい。光回路部は、レンズ保持部を介して固定部材の取付面に固定されてもよい。

40

【0025】

光回路部は、投射軸方向と交差する側面を有し、当該側面にレンズ保持部が固定されてもよい。

【0026】

光回路部の側面に複数の導波路の出射口が設けられてもよい。

【0027】

50

以下、図面を参照しながら、本発明を実施するための形態について詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を適宜省略する。また、以下に述べる構成は例示であり、本発明の範囲を何ら限定するものではない。

【0028】

(第1実施例)

図1は、第1実施例に係る光計測装置100の構成を模式的に示す図である。光計測装置100は、光投射部20と、撮像部30と、光源38と、制御部40とを備える。光計測装置100は、先端部12、挿入部14および接続部16を有する内視鏡スコープ10に組み込まれており、先端部12を対象物に向けることで管腔内の目的部位の三次元形状を測定するために用いる。光計測装置100は、いわゆる「縞走査法」といわれる三次元計測方法により対象物を計測するために用いられる。

【0029】

先端部12は、光投射部20および撮像部30を収容する部分であり、金属等の硬質な筐体18により外面が構成されている。筐体18の先端にはカバーガラス32が設けられる。挿入部14は、可撓性を有する部材で構成され、先端部12の近傍を屈曲させることにより先端部12の向きが調整可能である。したがって、内視鏡スコープ10は軟性鏡として構成され、挿入部14に比べて先端部12は可撓性が低い。挿入部14の内側には、光ファイバ34や配線ケーブル36などが挿通されている。接続部16は、光源38や制御部40に内視鏡スコープ10を接続するためのプラグ等である。

【0030】

光投射部20は、対象物に干渉縞パターン90などのパターン光を投射する。先端部12にはカバーガラス32が設けられており、光投射部20は、カバーガラス32ごしにパターン光を投射する。光投射部20は、光回路部22と、投射レンズ24と、レンズ保持部26とを有する。

【0031】

光回路部22は、いわゆる平面型光集積回路(PLC; Planar Lightwave Circuit)であり、例えば、シリコン基板上に石英系の材料を用いて導波路構造が形成されている。光回路部22は、ファイバブロック28を介して光ファイバ34と結合されている。光回路部22は、位相変調可能な複数の導波路を有し、複数の導波路から出射される複数の光束を干渉させてパターン光を生成させる。光回路部22は、複数の導波路の位相差を変化させることにより、干渉縞パターン90の明暗位置が異なる複数種類のパターン光を投射可能にする。

【0032】

投射レンズ24は、光回路部22から出射される複数の光束を成形し、所望の領域に干渉縞パターン90が形成されるようにする。レンズ保持部26は、投射レンズ24を保持し、投射レンズ24が光回路部22に対して所望の位置に配置されるようにする。レンズ保持部26は、光回路部22に対して投射レンズ24の光軸がずれた軸外し系となるように投射レンズ24を保持する。これにより、光投射部20の投射軸Aと撮像部30の撮像軸Bとが交差するようにしている。なお、投射軸Aと撮像軸Bのなす角度は、先端部12から計測対象物までの距離にもよるが、1°～30°程度である。これは、投射レンズ24と撮像レンズ52の中心間距離を1mmとした場合、投射軸Aと撮像軸Bの交差点92までの距離、つまり、対象物までの距離が2mm～50mm程度となる角度範囲に相当する。

【0033】

撮像部30は、干渉縞パターン90が投射された対象物を撮像し、パターン光に基づく干渉縞画像を生成する。撮像部30は、干渉縞パターン90が投射された対象物からの光をカバーガラス32ごしに受ける。撮像部30は、干渉縞パターン90の明暗位置が異なる複数種類のパターン光が投影された対象物を撮像し、複数種類のパターン光のそれぞれに対応する複数種類の干渉縞画像を生成する。撮像部30は、光回路部22に対して固定されており、光回路部22に設けられる配線部48と電気的に接続される。配線部48は

10

20

30

40

50

、配線ケーブル 3 6 と接続されており、撮像部 3 0 が撮像した干渉縞画像は、配線ケーブル 3 6 を介して制御部 4 0 に伝送される。

【 0 0 3 4 】

光源 3 8 は、干渉縞パターン 9 0 を生成するための可干渉光を出力し、例えば単波長のレーザ光を出力する。光源 3 8 の出力光は、光ファイバ 3 4 を介して光回路部 2 2 に入力される。光源 3 8 は、半導体レーザ素子などの固体レーザ源を含む。光源 3 8 の出力波長は特に限定されないが、例えば、波長 = 635 nm の赤色光を用いることができる。光源 3 8 は、発光素子の駆動電流や動作温度などを制御し、光源 3 8 の出力強度および出力波長が一定となるように制御する制御機構を含んでもよい。この制御機構は、光源 3 8 の出力強度に応じたフィードバック駆動を実現するための受光素子および駆動素子と、光源 3 8 の温度を調整するためのペルチエ素子といった温度調整素子とを有してもよい。このような制御機構を設けることで、光源 3 8 の出力波長を安定化させ、生成される干渉縞パターンの明暗周期の変化を抑制できる。

【 0 0 3 5 】

制御部 4 0 は、光投射部 2 0 の動作を制御し、撮像部 3 0 が撮像する干渉縞画像を取得する。制御部 4 0 は、光回路部 2 2 に設けられる複数の導波路の位相差を制御し、干渉縞パターン 9 0 を走査させる。制御部 4 0 は、複数種類のパターン光のそれぞれに対応する複数種類の干渉縞画像を撮像部 3 0 から取得し、複数種類の干渉縞画像に基づいて距離画像ないし三次元表示画像を生成する。距離画像や三次元表示画像の生成にあたり、まず位相分布画像を生成する。位相分布画像とは、干渉縞画像の各画素の位置における初期位相の値を画像化したものである。位相分布画像は、複数種類のパターン光のそれぞれの位相値と、複数の干渉縞画像の各画素値とから公知のアルゴリズムに基づいて算出できる。次に、光投射部 2 0 および撮像部 3 0 の配置と位相分布画像とから幾何学的に対象物の三次元形状を導出することで、距離画像ないし三次元表示画像を得ることができる。

【 0 0 3 6 】

図 2 は、図 1 の先端部 1 2 の構成をより詳細に示す上面図であり、図 1 の部分拡大図に相当する。図 2 において、撮像軸 B が延びる方向（撮像軸方向ともいう）を z 方向とし、投射軸 A と撮像軸 B とが離れる方向を x 方向としている。また、x 方向および z 方向の双方に直交する方向を y 方向としている。

【 0 0 3 7 】

光回路部 2 2 は、基板 6 0 と、基板 6 0 の上に設けられる入力導波路 4 1 、分岐部 4 2 、第 1 導波路 4 3 、第 2 導波路 4 4 、第 1 位相変調器 4 5 、第 2 位相変調器 4 6 および配線部 4 8 とを有する。入力導波路 4 1 、分岐部 4 2 、第 1 導波路 4 3 および第 2 導波路 4 4 は、基板 6 0 の上に形成される導波路構造である。入力導波路 4 1 は、ファイバプロック 2 8 を介して光ファイバ 3 4 と結合されている。入力導波路 4 1 に入力される光は、分岐部 4 2 において第 1 導波路 4 3 と第 2 導波路 4 4 に分岐される。第 1 導波路 4 3 は、分岐部 4 2 から第 1 出射口 4 3 a に向けて直線状に延在し、第 2 導波路 4 4 は、分岐部 4 2 から第 2 出射口 4 4 a に向けて直線状に延在する。

【 0 0 3 8 】

図示する例において、第 1 導波路 4 3 および第 2 導波路 4 4 は、z 方向に直線状に延在し、x 方向に離れて配置されている。つまり、第 1 導波路 4 3 および第 2 導波路 4 4 は、互いに平行となるようにして z 方向に延在する。また、入力導波路 4 1 と、分岐部 4 2 と、第 1 導波路 4 3 および第 2 導波路 4 4 とは、z 方向に順に並んで配置されている。入力導波路 4 1 の z 方向の長さは 0.5 mm 程度であり、分岐部 4 2 の z 方向の長さは 1 mm 程度であり、第 1 導波路 4 3 および第 2 導波路 4 4 の z 方向の長さは 2.5 mm 程度である。基板 6 0 の z 方向の長さは 4 mm 程度である。第 1 出射口 4 3 a と第 2 出射口 4 4 a の距離は、50 μm ~ 100 μm 程度である。

【 0 0 3 9 】

なお、入力導波路 4 1 、分岐部 4 2 、第 1 導波路 4 3 および第 2 導波路 4 4 は図示される構造に限られず、他の構造により構成されてもよい。分岐部 4 2 は、図示されるよう

10

20

30

40

50

Y分岐導波路の他、方向性結合器、マルチモード干渉カプラまたはスター カプラであってもよい。また、入力導波路41、第1導波路43および第2導波路44は、全体が直線状に構成されなくてもよく、曲線部を含むように構成されてもよい。

【0040】

第1位相変調器45は、第1導波路43に沿って設けられ、第1導波路43の光路長を変化させて第1導波路43を通る光の位相を制御する。第2位相変調器46は、第2導波路44に沿って設けられ、第2導波路44の光路長を変化させて第2導波路44を通る光の位相を制御する。第1位相変調器45および第2位相変調器46は、電気光学効果または熱光学効果により導波路43, 44の位相を制御する。第1位相変調器45および第2導波路44は、例えばヒータであり、導波路43, 44を加熱して対応する導波路43, 44の位相を変化させる。第1位相変調器45および第2位相変調器46は、配線部48と電気的に接続されており、制御部40からの制御信号に基づいて動作する。

10

【0041】

第1導波路43にて位相変調された光は、第1出射口43aから出射され、第2導波路44にて位相変調された光は、第2出射口44aから出射される。第1出射口43aおよび第2出射口44aは、光回路部22の側面22cに設けられる。側面22cは、z方向に直交する平面(xy平面)で構成され、投射軸Aが延びる方向(投射軸方向ともいう)と撮像軸方向との双方に交差する面である。

【0042】

投射レンズ24は、レンズ保持部26の保持溝27に嵌め込まれて固定されている。保持溝27は、x方向およびz方向に延びて十字状に刻まれる溝であり、投射レンズ24のx, y, zの三方向の位置決めを助ける。保持溝27は、第1出射口43aと第2出射口44aに対して所定の位置に投射レンズ24が配置されるよう形状が規定される。保持溝27は、例えば、第1出射口43aと第2出射口44aの中間点である仮想波源47に対してx方向にずれた位置に投射レンズ24が配置されるよう形状が決められる。ここで、仮想波源47とは、干渉縞パターン90などのパターン光の仮想的な光源のことをいい、光学的に仮想波源47からパターン光が放射されているとみなせる点のことをいう。

20

【0043】

レンズ保持部26は、光回路部22の側面22cに取り付けられており、光回路部22とz方向に隣接する。したがって、レンズ保持部26は、光回路部22に固定され、投射軸方向および撮像軸方向の双方に交差する取付面に固定されている。レンズ保持部26は、熱膨張率の小さい材料で構成されることが好ましく、例えば、石英ガラスなどのガラス材料で構成される。レンズ保持部26は、接着剤を用いた接着や融着などにより光回路部22の側面22cに取り付けられる。

30

【0044】

撮像部30は、撮像素子50と、撮像レンズ52とを有する。撮像レンズ52は、干渉縞パターン90が投影された対象物を撮像素子50に結像させる。撮像素子50は、CCDやCMOSセンサなどのイメージセンサであり、撮像した干渉縞画像に基づく画像信号を出力する。撮像素子50は、光回路部22の配線部48と電気的に接続されており、配線ケーブル36を介して制御部40に干渉縞画像に基づく画像信号が伝送される。

40

【0045】

撮像部30は、光回路部22の側面22cに取り付けられており、光回路部22とz方向に隣接する。撮像部30は、光回路部22に固定され、投射軸方向および撮像軸方向の双方に交差する取付面に固定されている。本実施例では、撮像軸方向と直交する取付面に撮像部30が固定されている。撮像部30は、接着剤を用いた接着や融着などにより光回路部22の側面22cに取り付けられる。撮像部30は、光回路部22の側面22cとの接合部が石英ガラスなどのガラス材料で構成されてもよい。

【0046】

撮像部30は、投射レンズ24およびレンズ保持部26とx方向に並んで配置されている。なお、レンズ保持部26と撮像部30の間には固定部材が設けられず、レンズ保持部

50

26と撮像部30の相対位置は光回路部22の側面22cを基準として決められる。

【0047】

レンズ保持部26および撮像部30が取り付けられる光回路部22の側面22cとは反対側の側面22dには、ファイバプロック28および光ファイバ34が取り付けられる。ファイバプロック28および光ファイバ34は、接着剤を用いた接着や融着などにより光回路部22の側面22dに取り付けられる。

【0048】

図3は、光投射部20の構成を模式的に示す側面図であり、光投射部20をx方向に見たときの構成を示す。光回路部22は、基板60と、基板60の上面60aの上に設けられるクラッド層62とを有する。基板60は、例えばシリコンウェハであり、クラッド層62は、酸化シリコン(SiO₂)を主体とする材料で構成される。光回路部22の導波路構造は、クラッド層62に設けられる。例えば、入力導波路41、分岐部42、第1導波路43および第2導波路44は、クラッド層62の内部に設けられるコア部により実現される。第1位相変調器45および第2位相変調器46は、クラッド層62の上に設けられる。また、配線部48(図3において不図示)もクラッド層62の上に設けられる。

10

【0049】

基板60は、第1接着層64を介してキャリア基体66に固定されている。キャリア基体66は、基板60の上面60aと反対側の下面60b側に設けられる。キャリア基体66は、第2接着層68を介して筐体18に固定されている。したがって、光回路部22は、キャリア基体66を介して筐体18に固定される。図示する例では、キャリア基体66を挟んで基板60とは反対側の下面66bに第2接着層68が設けられており、キャリア基体66の下面66bにて筐体18に固定されている。なお、キャリア基体66の固定方法は特に問わず、キャリア基体66の側面で筐体18に固定されてもよい。また、キャリア基体66を用いずに基板60が第1接着層64を介して筐体18に固定されてもよい。

20

【0050】

キャリア基体66の材料は問わず、金属材料、樹脂材料およびセラミック材料の少なくとも一つを用いることができる。キャリア基体66として、例えば、ガラスエポキシ基板やアルミニウム(A1)基板を用いることができる。また、第1接着層64や第2接着層68の材料も特に問わず、樹脂材料および金属材料の少なくとも一つを用いることができる。第1接着層64および第2接着層68として、例えば、粘着性テープ、樹脂接着剤、銀(Ag)ペースト、半田などを用いることができる。

30

【0051】

レンズ保持部26は、光回路部22の側面22cに固定されている。レンズ保持部26は、例えば、基板60の側面に固定される。レンズ保持部26は、基板60の側面のみに固定されてもよいし、基板60とクラッド層62の双方の側面に固定されてもよい。一方で、レンズ保持部26は、キャリア基体66や筐体18に直接的に固定されておらず、基板60およびクラッド層62に反りなどが生じて変形または変位した場合には、その変形または変位に追従して変位する。なお、図3には示されない撮像部30についても同様である。

40

【0052】

つづいて、光計測装置100の動作について説明する。光回路部22は、光源38からの光を第1導波路43および第2導波路44に分岐させる。制御部40は、第1位相変調器45および第2位相変調器46を駆動させ、第1導波路43と第2導波路44の位相差を制御する。投射レンズ24は、第1出射口43aおよび第2出射口44aから出射される位相変調された二つの光束を干渉させて対象物にパターン光を投射させる。撮像部30は、パターン光が投射された対象物の干渉縞画像を撮像する。制御部40は、第1導波路43と第2導波路44の位相差を変化させることにより、干渉縞パターン90の明暗位置を変化させる。撮像部30は、明暗位置が異なる複数種類の干渉縞パターン90に対応する複数種類の干渉縞画像を生成する。制御部40は、撮像された複数種類の干渉縞画像を解析し、対象物の三次元形状を導出する。

50

【0053】

光計測装置100の動作時には、光回路部22や撮像部30の駆動熱により筐体18の内部が加熱される。光回路部22では、主に第1位相変調器45および第2位相変調器46の駆動により熱が発生する。撮像部30では、撮像素子50に含まれるトランジスタ等の半導体素子の駆動により熱が発生する。筐体18の内部に設けられる各部品は相互に固定されているため、各部品の熱膨張率差に起因して反りなどの変形が生じうる。特に、光回路部22は、導波路が延在するz方向に長く、y方向の厚みが小さい形状を有しているため、基板60とクラッド層62の熱膨張率差によって反りが生じやすい。各部品の変形や変位によって投射軸Aと撮像軸Bの位置関係が変化してしまうと、縞走査法の計測精度が低下につながる。縞走査法では、投射軸Aと撮像軸Bがなす角度 10 に基づいて対象物表面の深さまたは高さが導出されるためである。

【0054】

図4は、比較例に係る光回路部82に反りが生じた場合の投射軸Aの変化を模式的に示す図である。本図に示す比較例では、光回路部82およびレンズ保持部86がキャリア基体88の上面88aに取り付けられており、投射軸Aに沿った方向の平面である上面88aが取付面となる点で上述の実施例と相違する。本比較例では、図示されない撮像部もキャリア基体88の上面88aに取り付けられている。光回路部82は、基板よりクラッド層の熱膨張率が小さいため、駆動熱により加熱されると、基板が相対的に大きく伸びて下に凸となるように反りが生じる。その結果、仮想波源87が位置する光回路部82の側面82cが斜めに傾斜し、側面82cが上方に変位する。一方、レンズ保持部86は、光回路部82から離れて配置されるため、光回路部82に比べて熱による変形量は小さい。その結果、仮想波源87と投射レンズ84の中心を結ぶ投射軸A1の方向は、変形前の投射軸Aからずれた方向を向くことになる。また、光回路部82の側面82cの位置を基準とした場合、側面82cが上向きとなるのに対し、変形後の投射軸A1は下向きとなるため、側面82cから見た投射軸A, A1は、変形前後において大きく変化する。 20

【0055】

このとき、撮像部30の投射軸Bが投射軸A1と同様に変化すれば、熱変形後においても投射軸A1と撮像軸Bの位置関係を維持できるかもしれない。しかしながら、キャリア基体88に光回路部82とは独立して撮像部が取り付けられる場合、光回路部82の変形の態様と撮像部の変形の態様はおそらく一致しないと考えられる。その結果、投射軸A1と撮像軸Bの位置関係が熱変形によってずれてしまい、縞走査法の計測精度に影響を及ぼす。本発明者の試算によれば、仮想波源87の位置が1μmずれただけで、対象物の三次元形状計測に約1mmの誤差を生じさせる。光回路部82の変形がより大きければ、さらに大きな計測誤差を生じせるかもしれない。 30

【0056】

図5は、実施例に係る光回路部22に反りが生じた場合の投射軸Aの変化を模式的に示す図である。図示する例では、上述の比較例と同様に、光回路部22に反りが生じて側面22cが斜めに傾斜し、光回路部22が上方(y方向)に変位している。本実施例では、側面22cの変形に追随してレンズ保持部26もy方向に変位するため、光回路部22の側面22cの位置を基準とした投射レンズ24の位置はあまり変わらない。その結果、光回路部22の側面22cの位置を基準とした投射軸A2の方向は、変形前の投射軸Aの方向とあまり変わらない。 40

【0057】

同様にして、本実施例では撮像部30も光回路部22の反りに追随して変位するため、光回路部22の側面22cの位置を基準とした撮像部30の位置もあまり変わらない。その結果、光回路部22の側面22cから見た投射軸Aと撮像軸Bの双方の方向が変わらないようにでき、投射軸Aと撮像軸Bの位置関係の変化を抑え、投射軸Aと撮像軸Bがなす角度 の変化を低減できる。これにより、熱による変形に起因する計測精度の低下を抑えることができる。

【0058】

10

20

30

40

50

(第2実施例)

図6および図7は、第2実施例に係る光計測装置200の構成を模式的に示す図である。図6は上面図であり、上述の図2に対応する。図7は側面図であり、上述の図3に対応する。本実施例では、カバーガラス132の正面132cに光投射部120および撮像部130が取り付けられており、カバーガラス132の正面132cが取付位置の基準となる取付面になる点で上述の第1実施例と相違する。以下、本実施例について、上述の第1実施例との相違点を中心に説明する。

【0059】

光計測装置200は、光投射部120と、撮像部130とを備える。光投射部120および撮像部130は、内視鏡スコープの先端部12の筐体118の内部に設けられる。筐体118には、投射軸Aおよび撮像軸Bの双方と交差するカバーガラス132が取り付けられる。光投射部120および撮像部130は、カバーガラス132の正面132cに固定されている。カバーガラス132の正面132cは、投射軸方向および撮像軸方向の双方と交差する取付面である。カバーガラス132は、光投射部120および撮像部130を位置決めするための固定部材と言える。

【0060】

光投射部120は、光回路部122と、投射レンズ24と、レンズ保持部26とを含む。光回路部122は、基板160と、基板160の上面160aの上のクラッド層162とを有する。クラッド層162には、上述の第1実施例と同様の導波路構造が設けられる。クラッド層162の上には、第1位相変調器45、第2位相変調器46および配線部148が設けられる。配線部148は、第1位相変調器45および第2位相変調器46と電気的に接続され、第1配線ケーブル136を介して制御部40と接続される。

【0061】

レンズ保持部26は、カバーガラス132の正面132cに取り付けられている。レンズ保持部26は、接着剤を用いた接着や融着などによりカバーガラス132の正面132cに取り付けられる。レンズ保持部26は、上述の第1実施例と同様、光回路部122の側面122cに取り付けられている。一方、光回路部122は、レンズ保持部26にのみ固定されている。つまり、本実施例では、第1実施例のようなキャリア基体66が設けられず、基板160の下面160bと筐体118の間を固定するための部材が設けられない。その結果、光回路部122は、レンズ保持部26を介してカバーガラス132に固定される。

【0062】

撮像部130は、第1実施例と同様、撮像素子50と、撮像レンズ52とを含む。撮像素子50は、第2配線ケーブル137と電気的に接続されており、第2配線ケーブル137を介して制御部40に画像信号が伝送される。撮像部130は、カバーガラス132の正面132cに固定されており、カバーガラス132の正面132cと撮像軸Bとが直交するように取り付けられる。

【0063】

本実施例においても、投射軸方向と撮像軸方向の双方に交差する取付面に対して光投射部120および撮像部130を固定することにより、熱変形に起因する投射軸Aと撮像軸Bの相対位置の変化を小さくできる。本実施例によれば、熱膨張率の小さいガラス材料の固定部材(カバーガラス132)にレンズ保持部26と撮像部130が固定されるため、投射レンズ24と撮像レンズ52の相対位置の変化量を小さくできる。また、光回路部122の側面122cにレンズ保持部26が固定されるため、光回路部122に反りが生じる場合であっても、側面122cとレンズ保持部26の位置関係を固定できる。その結果、光回路部122の側面122cに設けられる仮想波源47と投射レンズ24の相対位置の変化を小さくできる。したがって、本実施例においても、熱変形に起因する投射軸Aと撮像軸Bの相対位置の変化を小さくし、熱変形による計測精度の低下を抑制できる。

【0064】

(第3実施例)

10

20

30

40

50

図8は、第3実施例に係る光計測装置300の構成を模式的に示す図である。本実施例は、光投射部220および撮像部130がカバーガラス132の主面132cに取り付けられる点で上述の第2実施例と共通するが、光投射部220に含まれる光回路部222および投射レンズ224の固定方法が上述の実施例と相違する。以下、本実施例について、上述の実施例との相違点を中心に説明する。

【0065】

光計測装置300は、光投射部220と、撮像部130とを備える。光投射部220および撮像部130は、内視鏡スコープの先端部12の筐体118の内部に設けられる。光投射部220および撮像部130は、カバーガラス132の主面132cに固定されている。

10

【0066】

光投射部220は、光回路部222と、投射レンズ224と、第1保持部材264と、第2保持部材266と、第3保持部材268と、第4保持部材270とを有する。光回路部222は、第3保持部材268に固定され、第3保持部材268を介して第2保持部材266の内部に固定される。光回路部222は、導波路の出射口が設けられる側面222cにて第3保持部材268と接合される。投射レンズ224は、第1保持部材264と第2保持部材266の間に挟み込まれて固定される。

【0067】

第1保持部材264は、カバーガラス132の主面132cに固定される底面234aを有し、底面234aの中央にはパターン光を通すための開口234bが設けられる。底面234aの反対側には、第2保持部材266を固定するための係合部234cが設けられる。係合部234cは、z方向に突出するように設けられており、その内周に第2保持部材266の第1端部266aと螺合するためのねじ切り構造が設けられる。

20

【0068】

第2保持部材266は、筒状の部材であり、その内部に光回路部222を収容する。第2保持部材266の第1端部266aには、投射レンズ224を受けるための第1凹部266cが設けられる。第1端部266aとは反対側の第2端部266bには、光回路部222を収容するための第2凹部266d設けられる。第1凹部266cと第2凹部266dは、軸方向(z方向)に延びる内部空間を介して連通している。

【0069】

30

第3保持部材268は、光透過性を有する平板状の部材である。第3保持部材268には光回路部222が取り付けられており、光回路部222の側面222cが第3保持部材268と接合される。第3保持部材268は、第2凹部266dの底部に嵌め込まれ、第2保持部材266と第4保持部材270の間に挟み込まれる。第4保持部材270は、リング状の部材であり、第2凹部266dの底部に設けられるねじ切り構造と螺合して第3保持部材268を固定する。

【0070】

本実施例によれば、光回路部222と投射レンズ224とが円筒状の第2保持部材266により固定されるため、熱変形による光回路部222と投射レンズ224の相対位置の変化を小さくできる。また、パターン光が出射される光回路部222の側面222cを基準として光回路部222が第2保持部材266に固定されるため、熱変形により光回路部222に反りが生じる場合であっても、側面222cの変位を抑制して側面222cと投射レンズ224の位置関係の変化を小さくできる。また、本実施例においても、光投射部220が投射軸方向および撮像軸方向の双方と交差する取付面(カバーガラス132の主面132c)に固定されるため、投射軸Aと撮像軸Bの相対位置の変化を小さくし、熱変形による計測精度の低下を抑制できる。

40

【0071】

(変形例1)

図9は、変形例1に係る光計測装置400の構成を模式的に示す上面図である。本変形例は、光投射部320に投射レンズが設けられず、光回路部322の複数の導波路から出

50

射されるパターン光をレンズを介さずに対象物に投射するよう構成される。光回路部322は、複数の導波路の出射口が設けられる側面322cが筐体318に固定されるカバーガラス332の正面332cに固定される。光回路部322は、投射軸Aと直交する取付面に固定される。撮像部330は、上述の実施例と同様にカバーガラス332の正面332cに取り付けられ、撮像軸Bと直交する取付面に固定される。本変形例においても、上述の実施例と同様の効果を奏することができる。

【0072】

(変形例2)

図10は、変形例2に係る光計測装置500の構成を模式的に示す上面図である。本変形例は、光投射部320をカバーガラス332に対して斜めに取り付けることにより、投射軸Aと撮像軸Bとが交差するようにしている。光投射部320は、仲介部材470を介してカバーガラス332の正面332cに固定される。仲介部材470は、光回路部322の側面322cに固定される第1面470aと、カバーガラス332の正面332cに固定される第2面470bとを有する。仲介部材470の第1面470aは第2面470bに対して傾斜しており、その傾斜角は投射軸Aと撮像軸Bの交差角に対応する。本変形例においても、上述の実施例と同様の効果を奏することができる。

10

【0073】

(変形例3)

図11は、変形例3に係る光計測装置600の構成を模式的に示す上面図である。本変形例は、上述の第1実施例と同様、光回路部522が取付位置の基準となるよう構成される。つまり、光投射部520および撮像部530は、カバーガラス332に対して固定されず、カバーガラス332との間に取付部材や仲介部材が設けられていない。光回路部522は、複数の導波路の出射口が設けられる第1側面522cと、撮像部530が取り付けられる第2側面522dと、光ファイバ34や配線ケーブル36が接続される第3側面522eとを有する。第1側面522cおよび第2側面522dは、第3側面522eと反対側に設けられ、互いにz方向にずれた位置に設けられる。第1側面522cおよび第2側面522dは、互いに平行となるように設けられ、投射軸方向および撮像軸方向の双方と交差または直交する。本変形例においても、光回路部522の投射軸方向および撮像軸方向の双方と交差する側面を基準に撮像部530が固定されるため、上述の実施例と同様の効果を奏することができる。

20

【0074】

(変形例4)

図12は、変形例4に係る光計測装置700の構成を模式的に示す上面図である。本変形例は、撮像部530が光回路部522に対して斜めとなるように取り付けることにより、投射軸Aと撮像軸Bとが交差するようにしている。撮像部530は、仲介部材670を介して光回路部522の第2側面522dに固定される。仲介部材670は、光回路部522の第2側面522dに固定される第1面と、撮像部530に固定される第2面とを有し、第1面に対して第2面が傾斜するよう構成されている。本変形例においても、光回路部522の投射軸方向および撮像軸方向の双方と交差する側面を基準に撮像部530が固定されるため、上述の実施例と同様の効果を奏することができる。

30

【0075】

なお、さらなる変形例では、仲介部材670を設ける代わりに、光回路部522の第1側面522cに対して第2側面522dが傾斜するように第2側面522dを構成し、傾斜した第2側面522dに撮像部530を固定してもよい。

40

【0076】

以上、本発明を実施例をもとに説明した。この実施例は例示であり、それらの各構成要素や各処理プロセスの組合せにいろいろな変形例が可能のこと、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは当業者に理解されるところである。

【0077】

上述の実施例では、光計測装置が軟性鏡の内視鏡スコープである場合を示した。さらな

50

る変形例では、挿入部が可撓性を有しないように構成された硬性鏡の内視鏡スコープであってもよい。また、内視鏡装置は医療用途に用いられるものであってもよいし、工業用途に用いられるものであってもよい。また、本実施例に係る光計測装置は、内視鏡に組み込まれなくてもよい。また、縞走査法のみならず、構造化照明法を利用する計測技術に上述の実施例および変形例を適用してもよい。

【 0 0 7 8 】

上述の実施例では、Y分岐された第1導波路と第2導波路のそれぞれに位相変調器が設けられる光回路部を示した。さらなる変形例では、第1導波路と第2導波路のいずれか一方にのみ位相変調器が設けられてもよい。

【 0 0 7 9 】

上述の実施例では、投射レンズとしてボールレンズを用いる場合を示した。さらなる変形例では、投射レンズとして平凸レンズを用いてもよいし、凹レンズを用いてもよい。また、凹レンズまたは凸レンズを含む複数のレンズの組み合わせにより投射レンズを構成してもよい。

【 0 0 8 0 】

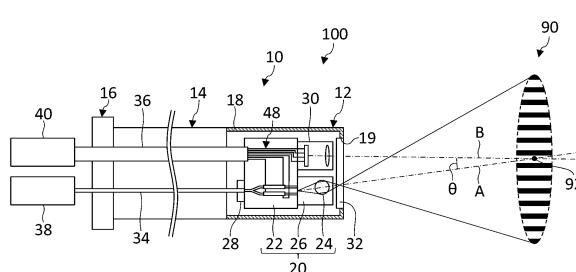
上述の第1実施例では、レンズ保持部26および撮像部30が光回路部22の同一の側面22cに取り付けられる場合を示した。さらなる変形例においては、図11に示されるようにz方向にずれて配置される第1側面および第2側面が光回路部に設けられ、第1側面にレンズ保持部が取り付けられ、撮像部が第2側面に取り付けられてもよい。つまり、レンズ保持部および撮像部のそれぞれが光回路部の異なる側面に取り付けられてもよい。

【符号の説明】

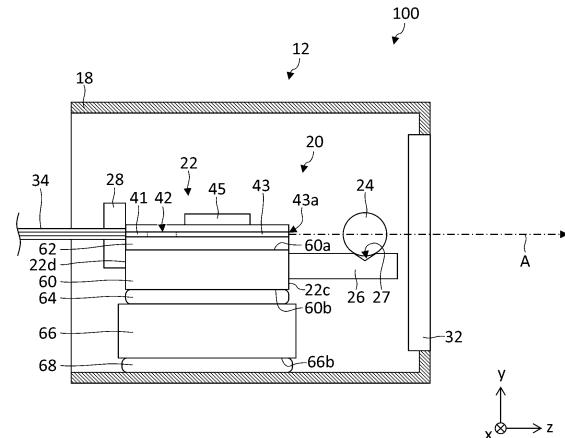
〔 0 0 8 1 〕

18...筐体、20...光投射部、22...光回路部、22c...側面、24...投射レンズ、26...レンズ保持部、30...撮像部、60...基板、100...光計測装置。

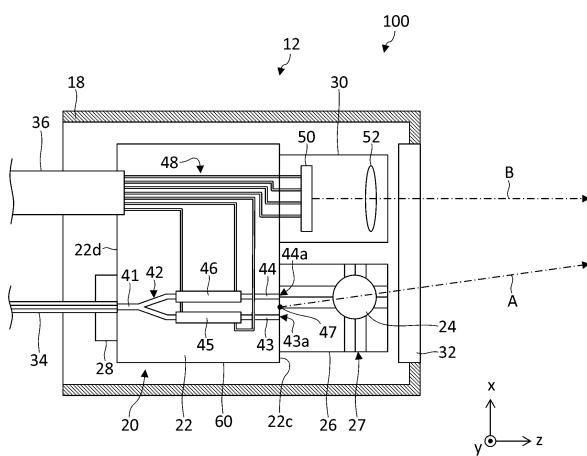
【図1】



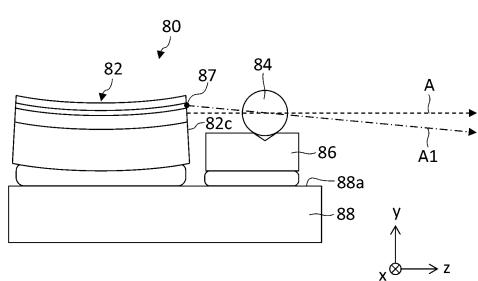
【圖3】



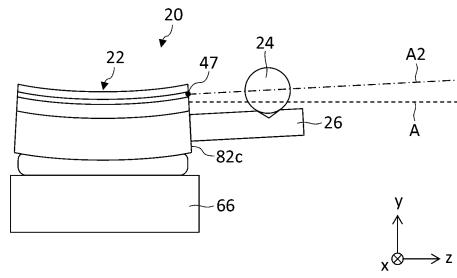
〔 図 2 〕



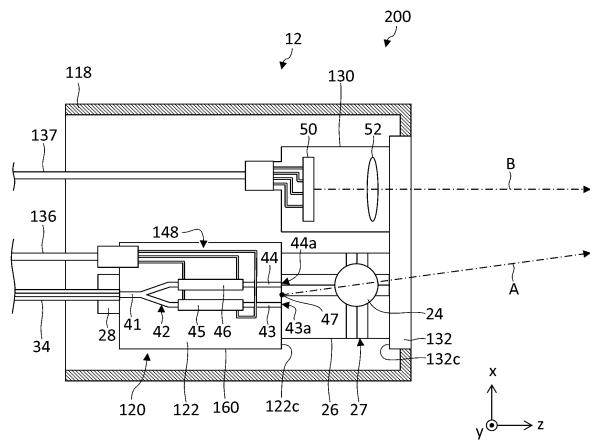
【図4】



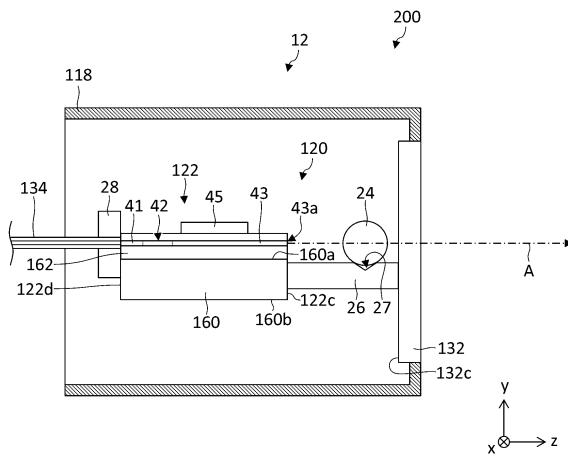
【 図 5 】



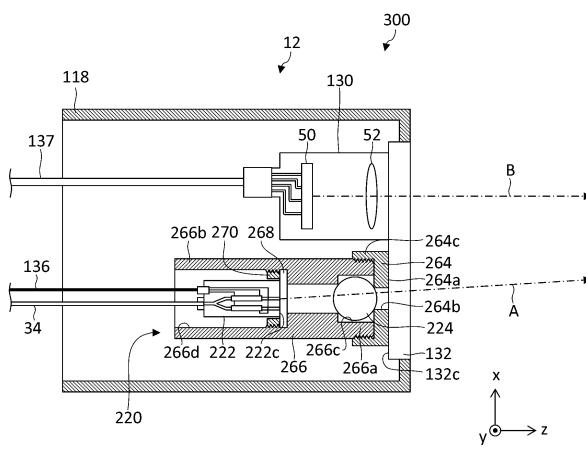
【 図 6 】



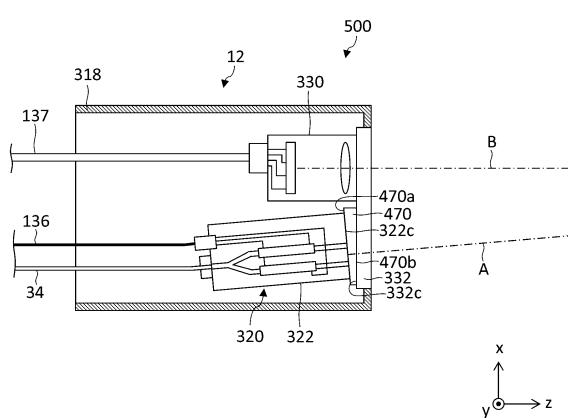
【 四 7 】



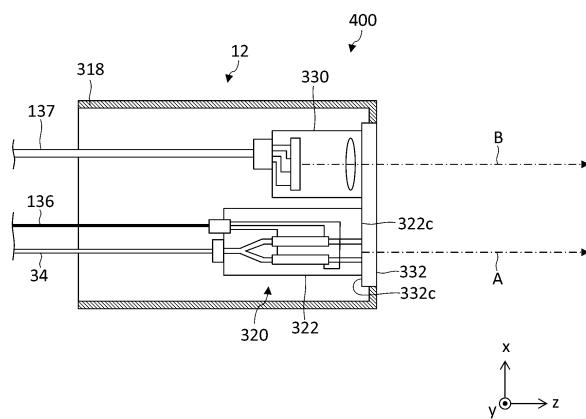
【 図 8 】



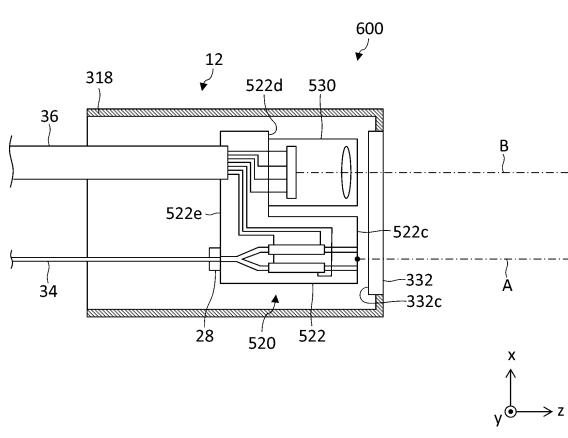
【 囮 1 0 】



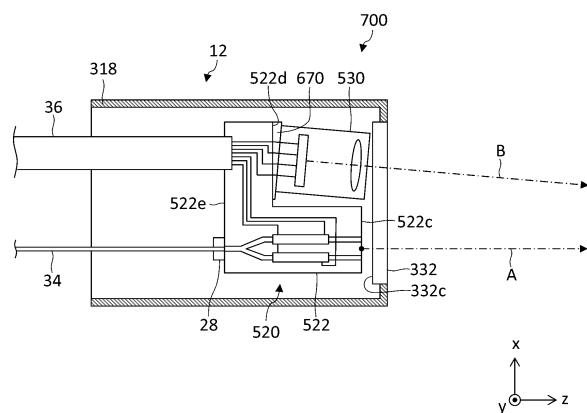
〔 9 〕



〔 図 1 1 〕



【図12】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

G 0 1 B 11/24

K

(72)発明者 宮崎 敢人

東京都八王子市石川町2951番地 オリンパス株式会社内

(72)発明者 片寄 里美

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

(72)発明者 渡邊 啓

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

(72)発明者 倉田 優生

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

(72)発明者 笠原 亮一

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

審査官 三好 貴大

(56)参考文献 特開2014-102073 (JP, A)

特開平5-87543 (JP, A)

特開2002-122416 (JP, A)

特開2003-214824 (JP, A)

特開平4-1505 (JP, A)

国際公開第2016/006049 (WO, A1)

米国特許第4498776 (US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 1 B 11 / 0 0 - 1 1 / 3 0

G 0 1 C 3 / 0 6

G 0 1 N 2 1 / 8 4 - 2 1 / 9 5 8

G 0 2 B 6 / 1 2

G 0 2 B 6 / 3 2

G 0 2 F 1 / 0 1