

(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 I
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)	(73) 特許権者	000000376
(22) 出願日	平成29年1月25日 (2017. 1. 25)		オリンパス株式会社
(65) 公開番号	特開2018-119865 (P2018-119865A)		東京都八王子市石川町2951番地
(43) 公開日	平成30年8月2日 (2018. 8. 2)	(73) 特許権者	000004226
審査請求日	令和1年12月18日 (2019. 12. 18)		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。

【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】

10

20



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、

20

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。

【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】



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。

【0021】

30

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】

40

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。

【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を対象物に向けて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。

10

#### 【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。

20

#### 【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。

30

#### 【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、 $1^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 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。

40

#### 【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と電氣的に接続される。配線部48は

50



、配線ケーブル 36 と接続されており、撮像部 30 が撮像した干渉縞画像は、配線ケーブル 36 を介して制御部 40 に伝送される。

【0034】

光源 38 は、干渉縞パターン 90 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 38 の出力光は、光ファイバ 34 を介して光回路部 22 に入力される。光源 38 は、半導体レーザ素子などの固体レーザ源を含む。光源 38 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 38 は、発光素子の駆動電流や動作温度などを制御し、光源 38 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 38 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 38 の温度を調整するためのペルチェ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 38 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。

【0035】

制御部 40 は、光投射部 20 の動作を制御し、撮像部 30 が撮像する干渉縞画像を取得する。制御部 40 は、光回路部 22 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 90 を走査させる。制御部 40 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 30 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 20 および撮像部 30 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。

【0036】

図 2 は、図 1 の先端部 12 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。

【0037】

光回路部 22 は、基板 60 と、基板 60 の上に設けられる入力導波路 41、分岐部 42、第 1 導波路 43、第 2 導波路 44、第 1 位相変調器 45、第 2 位相変調器 46 および配線部 48 とを有する。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、基板 60 の上に形成される導波路構造である。入力導波路 41 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。入力導波路 41 に入力される光は、分岐部 42 において第 1 導波路 43 と第 2 導波路 44 に分岐される。第 1 導波路 43 は、分岐部 42 から第 1 出射口 43a に向けて直線状に延在し、第 2 導波路 44 は、分岐部 42 から第 2 出射口 44a に向けて直線状に延在する。

【0038】

図示する例において、第 1 導波路 43 および第 2 導波路 44 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 43 および第 2 導波路 44 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 41 と、分岐部 42 と、第 1 導波路 43 および第 2 導波路 44 とは、z 方向に順に並んで配置されている。入力導波路 41 の z 方向の長さは 0.5 mm 程度であり、分岐部 42 の z 方向の長さは 1 mm 程度であり、第 1 導波路 43 および第 2 導波路 44 の z 方向の長さは 2.5 mm 程度である。基板 60 の z 方向の長さは 4 mm 程度である。第 1 出射口 43a と第 2 出射口 44a の距離は、50  $\mu$ m ~ 100  $\mu$ m 程度である。

【0039】

なお、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 42 は、図示されるような



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と電氣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と電氣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、ファイバブロック２８および光ファイバ３４が取り付けられる。ファイバブロック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（ $\text{SiO}_2$ ）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。

【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。

【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（ $\text{Al}$ ）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（ $\text{Ag}$ ）ペースト、半田などを用いることができる。

【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。

【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。



## 【 0 0 5 3 】

光計測装置 1 0 0 の動作時には、光回路部 2 2 や撮像部 3 0 の駆動熱により筐体 1 8 の内部が加熱される。光回路部 2 2 では、主に第 1 位相変調器 4 5 および第 2 位相変調器 4 6 の駆動により熱が発生する。撮像部 3 0 では、撮像素子 5 0 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 1 8 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 2 2 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 6 0 とクラッド層 6 2 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。

10

## 【 0 0 5 4 】

図 4 は、比較例に係る光回路部 8 2 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 8 2 およびレンズ保持部 8 6 がキャリア基体 8 8 の上面 8 8 a 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 8 8 a 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 8 8 の上面 8 8 a に取り付けられている。光回路部 8 2 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 8 7 が位置する光回路部 8 2 の側面 8 2 c が斜めに傾斜し、側面 8 2 c が上方に変位する。一方、レンズ保持部 8 6 は、光回路部 8 2 から離れて配置されるため、光回路部 8 2 に比べて熱による変形量は小さい。その結果、仮想波源 8 7 と投射レンズ 8 4 の中心を結ぶ投射軸 A 1 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 8 2 の側面 8 2 c の位置を基準とした場合、側面 8 2 c が上向きとなるのに対し、変形後の投射軸 A 1 は下向きとなるため、側面 8 2 c から見た投射軸 A , A 1 は、変形前後において大きく変化する。

20

## 【 0 0 5 5 】

このとき、撮像部 3 0 の投射軸 B が投射軸 A 1 と同様に変化すれば、熱変形後においても投射軸 A 1 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 8 8 に光回路部 8 2 とは独立して撮像部が取り付けられる場合、光回路部 8 2 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 A 1 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 8 7 の位置が  $1 \mu\text{m}$  ずれただけで、対象物の三次元形状計測に約  $1 \text{ mm}$  の誤差を生じさせる。光回路部 8 2 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

## 【 0 0 5 6 】

図 5 は、実施例に係る光回路部 2 2 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 2 2 に反りが生じて側面 2 2 c が斜めに傾斜し、光回路部 2 2 が上方 ( y 方向 ) に変位している。本実施例では、側面 2 2 c の変形に追従してレンズ保持部 2 6 も y 方向に変位するため、光回路部 2 2 の側面 2 2 c の位置を基準とした投射レンズ 2 4 の位置はあまり変わらない。その結果、光回路部 2 2 の側面 2 2 c の位置を基準とした投射軸 A 2 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

## 【 0 0 5 7 】

同様にして、本実施例では撮像部 3 0 も光回路部 2 2 の反りに追従して変位するため、光回路部 2 2 の側面 2 2 c の位置を基準とした撮像部 3 0 の位置もあまり変わらない。その結果、光回路部 2 2 の側面 2 2 c 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。

## 【 0 0 5 8 】

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の主面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の主面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の主面132cに固定されている。カバーガラス132の主面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。

10

## 【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。

20

## 【0061】

レンズ保持部26は、カバーガラス132の主面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の主面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。

30

## 【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の主面132cに固定されており、カバーガラス132の主面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。

40

## 【0064】

## (第3実施例)

50



図 8 は、第 3 実施例に係る光計測装置 3 0 0 の構成を模式的に示す図である。本実施例は、光投射部 2 2 0 および撮像部 1 3 0 がカバーガラス 1 3 2 の主面 1 3 2 c 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 2 2 0 に含まれる光回路部 2 2 2 および投射レンズ 2 2 4 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。

【 0 0 6 5 】

光計測装置 3 0 0 は、光投射部 2 2 0 と、撮像部 1 3 0 とを備える。光投射部 2 2 0 および撮像部 1 3 0 は、内視鏡スコープの先端部 1 2 の筐体 1 1 8 の内部に設けられる。光投射部 2 2 0 および撮像部 1 3 0 は、カバーガラス 1 3 2 の主面 1 3 2 c に固定されている。

10

【 0 0 6 6 】

光投射部 2 2 0 は、光回路部 2 2 2 と、投射レンズ 2 2 4 と、第 1 保持部材 2 6 4 と、第 2 保持部材 2 6 6 と、第 3 保持部材 2 6 8 と、第 4 保持部材 2 7 0 とを有する。光回路部 2 2 2 は、第 3 保持部材 2 6 8 に固定され、第 3 保持部材 2 6 8 を介して第 2 保持部材 2 6 6 の内部に固定される。光回路部 2 2 2 は、導波路の出射口が設けられる側面 2 2 2 c にて第 3 保持部材 2 6 8 と接合される。投射レンズ 2 2 4 は、第 1 保持部材 2 6 4 と第 2 保持部材 2 6 6 の間に挟み込まれて固定される。

【 0 0 6 7 】

第 1 保持部材 2 6 4 は、カバーガラス 1 3 2 の主面 1 3 2 c に固定される底面 2 3 4 a を有し、底面 2 3 4 a の中央にはパターン光を通すための開口 2 3 4 b が設けられる。底面 2 3 4 a の反対側には、第 2 保持部材 2 6 6 を固定するための係合部 2 3 4 c が設けられる。係合部 2 3 4 c 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 2 6 6 の第 1 端部 2 6 6 a と螺合するためのねじ切り構造が設けられる。

20

【 0 0 6 8 】

第 2 保持部材 2 6 6 は、筒状の部材であり、その内部に光回路部 2 2 2 を収容する。第 2 保持部材 2 6 6 の第 1 端部 2 6 6 a には、投射レンズ 2 2 4 を受けるための第 1 凹部 2 6 6 c が設けられる。第 1 端部 2 6 6 a とは反対側の第 2 端部 2 6 6 b には、光回路部 2 2 2 を収容するための第 2 凹部 2 6 6 d が設けられる。第 1 凹部 2 6 6 c と第 2 凹部 2 6 6 d 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。

【 0 0 6 9 】

30

第 3 保持部材 2 6 8 は、光透過性を有する平板状の部材である。第 3 保持部材 2 6 8 には光回路部 2 2 2 が取り付けられており、光回路部 2 2 2 の側面 2 2 2 c が第 3 保持部材 2 6 8 と接合される。第 3 保持部材 2 6 8 は、第 2 凹部 2 6 6 d の底部に嵌め込まれ、第 2 保持部材 2 6 6 と第 4 保持部材 2 7 0 の間に挟み込まれる。第 4 保持部材 2 7 0 は、リング状の部材であり、第 2 凹部 2 6 6 d 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 2 6 8 を固定する。

【 0 0 7 0 】

本実施例によれば、光回路部 2 2 2 と投射レンズ 2 2 4 とが円筒状の第 2 保持部材 2 6 6 により固定されるため、熱変形による光回路部 2 2 2 と投射レンズ 2 2 4 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 2 2 2 の側面 2 2 2 c を基準として光回路部 2 2 2 が第 2 保持部材 2 6 6 に固定されるため、熱変形により光回路部 2 2 2 に反りが生じる場合であっても、側面 2 2 2 c の変位を抑制して側面 2 2 2 c と投射レンズ 2 2 4 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 2 2 0 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 1 3 2 の主面 1 3 2 c）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

【 0 0 7 1 】

（変形例 1）

図 9 は、変形例 1 に係る光計測装置 4 0 0 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 3 2 0 に投射レンズが設けられず、光回路部 3 2 2 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 3 2 2 は、複数の導波路の出射口が設けられる側面 3 2 2 c が筐体 3 1 8 に固定されるカバーガラス 3 3 2 の主面 3 3 2 c に固定される。光回路部 3 2 2 は、投射軸 A と直交する取付面に固定される。撮像部 3 3 0 は、上述の実施例と同様にカバーガラス 3 3 2 の主面 3 3 2 c 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。

#### 【 0 0 7 2 】

##### ( 変形例 2 )

図 1 0 は、変形例 2 に係る光計測装置 5 0 0 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 3 2 0 をカバーガラス 3 3 2 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 3 2 0 は、伸介部材 4 7 0 を介してカバーガラス 3 3 2 の主面 3 3 2 c に固定される。伸介部材 4 7 0 は、光回路部 3 2 2 の側面 3 2 2 c に固定される第 1 面 4 7 0 a と、カバーガラス 3 3 2 の主面 3 3 2 c に固定される第 2 面 4 7 0 b とを有する。伸介部材 4 7 0 の第 1 面 4 7 0 a は第 2 面 4 7 0 b 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

#### 【 0 0 7 3 】

##### ( 変形例 3 )

図 1 1 は、変形例 3 に係る光計測装置 6 0 0 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 5 2 2 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 5 2 0 および撮像部 5 3 0 は、カバーガラス 3 3 2 に対して固定されず、カバーガラス 3 3 2 との間に取付部材や伸介部材が設けられていない。光回路部 5 2 2 は、複数の導波路の出射口が設けられる第 1 側面 5 2 2 c と、撮像部 5 3 0 が取り付けられる第 2 側面 5 2 2 d と、光ファイバ 3 4 や配線ケーブル 3 6 が接続される第 3 側面 5 2 2 e とを有する。第 1 側面 5 2 2 c および第 2 側面 5 2 2 d は、第 3 側面 5 2 2 e 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 5 2 2 c および第 2 側面 5 2 2 d 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 5 2 2 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 5 3 0 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

30

#### 【 0 0 7 4 】

##### ( 変形例 4 )

図 1 2 は、変形例 4 に係る光計測装置 7 0 0 の構成を模式的に示す上面図である。本変形例は、撮像部 5 3 0 が光回路部 5 2 2 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 5 3 0 は、伸介部材 6 7 0 を介して光回路部 5 2 2 の第 2 側面 5 2 2 d に固定される。伸介部材 6 7 0 は、光回路部 5 2 2 の第 2 側面 5 2 2 d に固定される第 1 面と、撮像部 5 3 0 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 5 2 2 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 5 3 0 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。

40

#### 【 0 0 7 5 】

なお、さらなる変形例では、伸介部材 6 7 0 を設ける代わりに、光回路部 5 2 2 の第 1 側面 5 2 2 c に対して第 2 側面 5 2 2 d が傾斜するように第 2 側面 5 2 2 d を構成し、傾斜した第 2 側面 5 2 2 d に撮像部 5 3 0 を固定してもよい。

#### 【 0 0 7 6 】

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なこと、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。

#### 【 0 0 7 7 】

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。

#### 【0078】

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。

#### 【0079】

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。

#### 【0080】

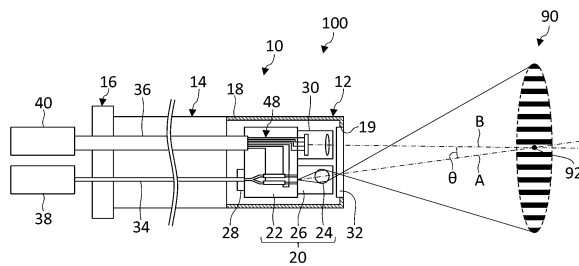
上述の第1実施例では、レンズ保持部26および撮像部30が光回路部22の同一の側面22cに取り付けられる場合を示した。さらなる変形例においては、図11に示されるようにz方向にずれて配置される第1側面および第2側面が光回路部に設けられ、第1側面にレンズ保持部が取り付けられ、撮像部が第2側面に取り付けられてもよい。つまり、レンズ保持部および撮像部のそれぞれが光回路部の異なる側面に取り付けられてもよい。

#### 【符号の説明】

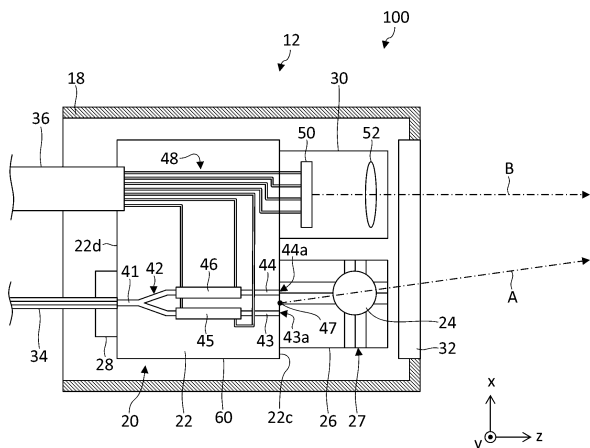
#### 【0081】

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。

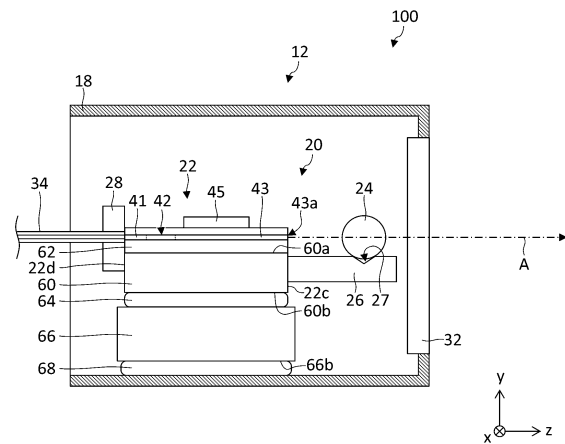
【図1】



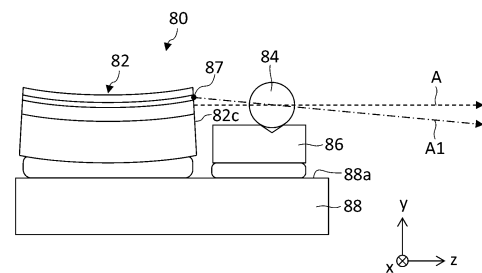
【図2】



【図3】

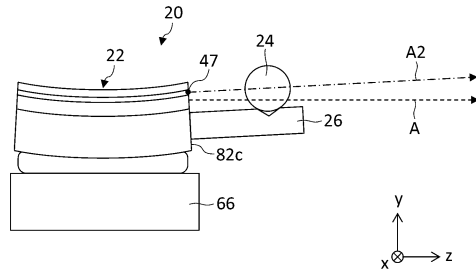


【図4】

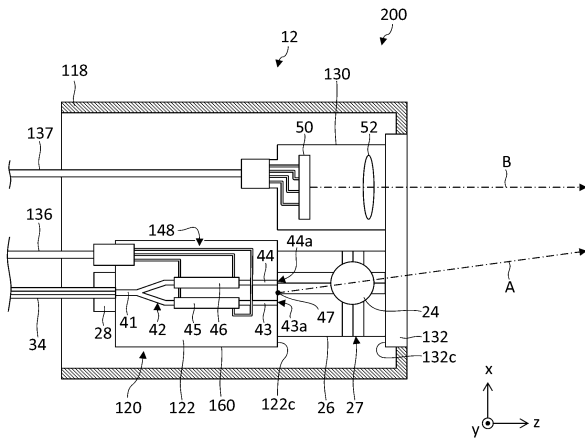




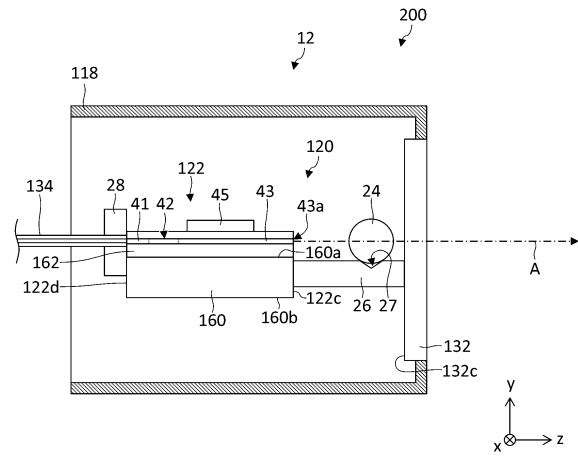
【図 5】



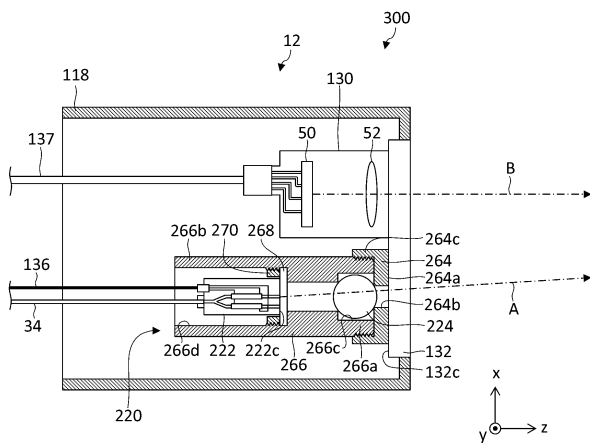
【図 6】



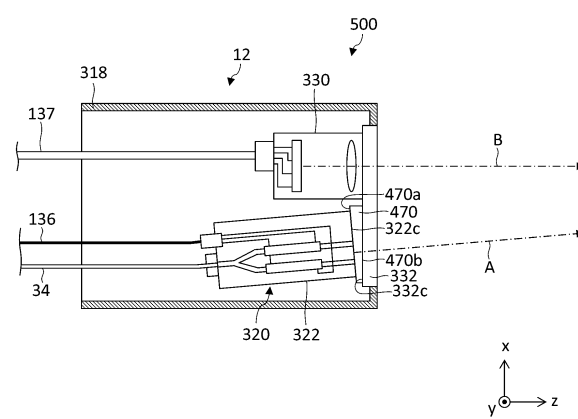
【図 7】



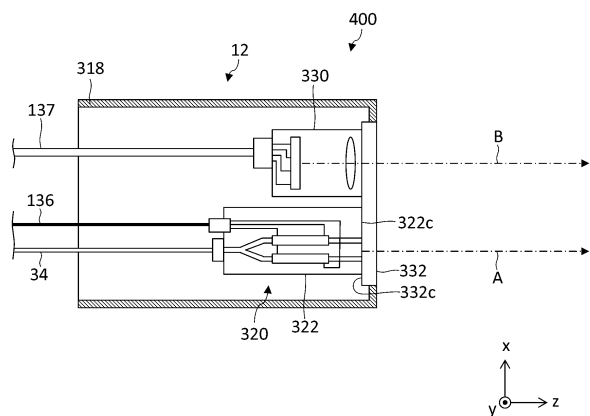
【図 8】



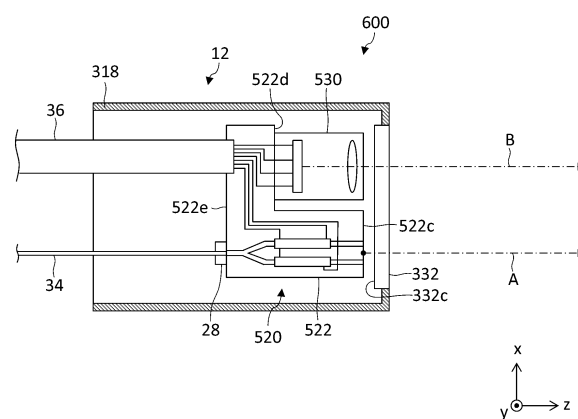
【図 10】



【図 9】

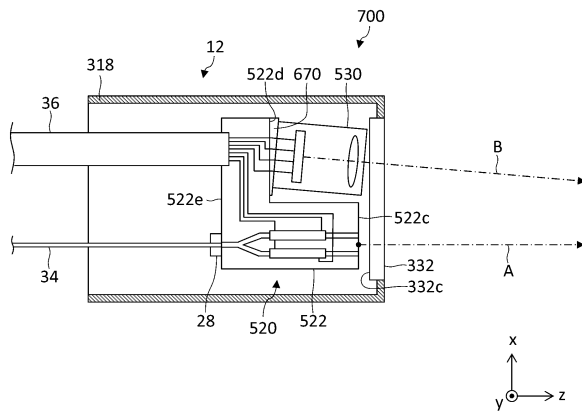


【図 11】





【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 11/00 - 11/30  
G 0 1 C 3/06  
G 0 1 N 21/84 - 21/958  
G 0 2 B 6/12  
G 0 2 B 6/32  
G 0 2 F 1/01