

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-80819

(P2016-80819A)

(43) 公開日 平成28年5月16日(2016.5.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 0 2 B 7/02 (2006.01)	G 0 2 B 7/02 C	2 H 0 4 0
A 6 1 B 1/00 (2006.01)	A 6 1 B 1/00 A	2 H 0 4 4
G 0 2 B 23/24 (2006.01)	A 6 1 B 1/00 3 0 0 T	4 C 1 6 1
	G 0 2 B 23/24 A	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2014-210901 (P2014-210901)	(71) 出願人	000001007
(22) 出願日	平成26年10月15日 (2014.10.15)		キヤノン株式会社
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号
		(74) 代理人	100110412
			弁理士 藤元 亮輔
		(74) 代理人	100104628
			弁理士 水本 敦也
		(74) 代理人	100121614
			弁理士 平山 倫也
		(72) 発明者	辻 穰
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
			ヤノン株式会社内
		(72) 発明者	須藤 裕次
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
			ヤノン株式会社内

最終頁に続く

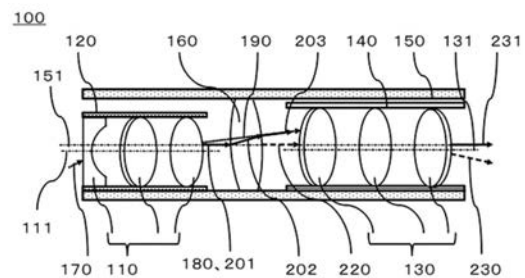
(54) 【発明の名称】 光学鏡筒および内視鏡

(57) 【要約】

【課題】第1および第2の鏡筒を第3の鏡筒内に収容する構成を有し、各鏡筒の製造精度や組立精度を上げることなく、良好な光学性能を得る。

【解決手段】光学鏡筒100は、第1の光学系110を保持する第1の鏡筒120と、第2の光学系130を保持する第2の鏡筒140と、第1および第2の鏡筒の外周面の外径より大きい内径の内周面を有し、該内周面の内側に第1および第2の鏡筒を収容する第3の鏡筒150とを含む。第3の鏡筒の内周面の中心軸151と第1の光学系の光軸111と第2の光学系の光軸131との相互の偏心に対する光学補正を行う補正光学素子160が、第3の鏡筒の内周面によって保持されている。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第 1 の光学系を保持する第 1 の鏡筒と、
第 2 の光学系を保持する第 2 の鏡筒と、
前記第 1 および第 2 の鏡筒の外周面の外径より大きい内径の内周面を有し、該内周面の内側に前記第 1 および第 2 の鏡筒を収容する第 3 の鏡筒とを含み、
前記第 3 の鏡筒の前記内周面の中心軸と前記第 1 の光学系の光軸と前記第 2 の光学系の光軸との相互の偏心に対する光学補正を行う補正光学素子が、前記第 3 の鏡筒の前記内周面によって保持されていることを特徴とする光学鏡筒。

【請求項 2】

前記補正光学素子が、前記第 3 の鏡筒の前記内周面のうち、前記第 1 および第 2 の鏡筒の間の第 1 の部分および前記第 1 および第 2 の鏡筒よりも像側の第 2 の部分のうち少なくとも一方によって保持されていることを特徴とする請求項 1 に記載の光学鏡筒。

【請求項 3】

前記第 3 の鏡筒の前記中心軸に対する前記第 1 の光学系の前記光軸の偏心量が前記第 2 の光学系の前記光軸の偏心量より多く、
前記補正光学素子は、少なくとも前記第 1 の部分に配置されていることを特徴とする請求項 2 に記載の光学鏡筒。

【請求項 4】

前記補正光学素子は、前記第 3 の鏡筒の前記中心軸に沿って進行する光線の変える作用を有する光学素子であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光学鏡筒。

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載の光学鏡筒が一体に又は取り外し可能に設けられ、前記第 1 および第 2 の光学系を通して撮像を行う撮像素子を有することを特徴とする内視鏡。

【請求項 6】

前記結像光学系は、前記撮像素子の撮像面とは異なる位置に第 1 の結像面を有し、前記撮像面の位置に第 2 の結像面を有し、
前記第 1 の結像面の少なくとも一部が前記補正光学素子の内部に含まれるように前記補正光学素子が配置されていることを特徴とする請求項 5 に記載の内視鏡。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、内視鏡に好適な光学鏡筒に関する。

【背景技術】**【0002】**

腹腔鏡等に代表される硬性内視鏡は、硬くて細く長い鏡筒内に小さな外径を有する光学素子（接合レンズやロッドレンズ等）を多数組み込んで組み立てられるため、組立作業性が悪く、組立誤差による光学性能の低下（像劣化）が生じ易い。しかも、そのような光学性能の低下を補正することも容易ではない。

【0003】

特許文献 1 には、対物光学系を収容する第 1 の鏡筒とリレー光学系を収容する第 2 の鏡筒とを別体とし、さらに第 2 の鏡筒も複数に分割した硬性内視鏡用の光学鏡筒が開示されている。このように光学鏡筒を複数に分割することで組み立てが容易となり、組立誤差も生じ難くなる。また、硬性内視鏡用の光学鏡筒として、第 1 の光学系（例えば対物光学系）を保持する第 1 の鏡筒と、第 2 の光学系（例えばリレー光学系）を保持する第 2 の鏡筒と、該第 1 および第 2 の鏡筒を収容する第 3 の鏡筒とにより構成されるものがある。このような鏡筒では、第 1 および第 2 の光学系をそれぞれ第 1 および第 2 の鏡筒に組み込んでから第 3 の鏡筒内に組み込めるため、組み立てが容易となる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2007-133175号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、第1および第2の鏡筒を第3の鏡筒内に収容する光学鏡筒では、第1、第2および第3の鏡筒の製造誤差により、第1の鏡筒の外径と第3の鏡筒の内径との差および第2の鏡筒の外径と第3の鏡筒の内径との差が互いに異なる場合がある。この場合、第1の鏡筒により保持された第1の光学系の光軸と第2の鏡筒により保持された第2の光学系の光軸とが互いに偏心し、光学性能が低下する。このような光軸の偏心を回避するためには、第1～第3の鏡筒の製造精度を向上させ、かつ組立精度を高めればよいが、これでは製造コストが上昇したり組立作業性を低下したりする。

10

【0006】

本発明は、第1および第2の鏡筒を第3の鏡筒内に収容する構成を有し、各鏡筒の製造精度や組立精度を上げることなく、良好な光学性能を得ることが可能な光学鏡筒およびこれを含む内視鏡を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一側面としての光学鏡筒は、第1の光学系を保持する第1の鏡筒と、第2の光学系を保持する第2の鏡筒と、第1および第2の鏡筒の外周面の外径より大きい内径の内周面を有し、該内周面の内側に第1および第2の鏡筒を収容する第3の鏡筒とを含む。そして、第3の鏡筒の内周面の中心軸と第1の光学系の光軸と第2の光学系の光軸との相互の偏心に対する光学補正を行う補正光学素子が、第3の鏡筒の内周面によって保持されていることを特徴とする。

20

【0008】

なお、上記光学鏡筒が一体に又は取り外し可能に設けられ、第1および第2の光学系を通して撮像を行う撮像素子を有する内視鏡も、本発明の他の一側面を構成する。

【発明の効果】

【0009】

本発明では、第3の鏡筒内で、その内周面の中心軸と第1の光学系の光軸と第2の光学系の光軸とが相互に偏心しても、第3の鏡筒の内周面によって保持された補正光学素子によって該偏心に対する光学補正が行われる。したがって、第1から第3の鏡筒の製造精度や組立精度を上げなくても、良好な光学性能を得ることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の実施例1である光学鏡筒の構成を示す断面図。

【図2】実施例1における補正光学素子の作用を説明する図。

【図3】本発明の実施例2である光学鏡筒の構成を示す断面図。

【図4】本発明の実施例3である光学鏡筒の構成を示す断面図。

40

【図5】本発明の実施例4である光学鏡筒の構成を示す断面図。

【図6】本発明の実施例5である光学鏡筒の構成を示す断面図。

【図7】本発明の光学系の部分拡大図である。

【図8】本発明の光学系の部分拡大図である。

【図9】本発明の光学系の一例を示す模式的断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明の実施例について図面を参照しながら説明する。

【実施例1】

【0012】

50

図 1 には、本発明の実施例 1 である硬性内視鏡用の光学鏡筒 100 の構成を示している。図 1 は、後述する第 3 の鏡筒 150 の内周面の中心軸 151 を含む平面で切断したときの断面を示している。このことは、後述する他の実施例の光学鏡筒を示す断面面でも同じである。

【0013】

図 1 において、第 1 の鏡筒 120 は、複数の光学素子により構成された対物光学系としての第 1 の光学系 110 を保持する。第 2 の鏡筒 140 は、複数の光学素子により構成されたリレー光学系としての第 2 の光学系 130 を保持する。第 3 の鏡筒 150 は、その内周面の内側に、物体側（図の左側）から順に、第 1 の鏡筒 120 と、後述する補正光学素子 160 と、第 2 の鏡筒 140 とを収容する。第 1 および第 2 の光学系 110, 130 は、これらよりも像側（図の右側）に配置された不図示の他の光学系（例えば、接眼光学系）とともに、結像光学系（撮影光学系）を構成する。第 1 ～ 第 3 の鏡筒 120, 140, 150 は、金属、樹脂、セラミックおよびガラス等の材料により形成されて、必要な剛性が与えられている。

【0014】

設計上は、第 3 の鏡筒 150 の内周面は、その中心軸（以下、第 3 の鏡筒 150 の内周中心軸という）151 が延びる方向において内径が一定である。該内周面の内径は、後述する組立手順でのスムーズな組立を可能とするために、第 1 の鏡筒 120 と第 2 の鏡筒 140 の外周面の外径よりもわずかに大きく設定される。このため、第 1 および第 2 の鏡筒 120, 140 の外周面は、第 3 の鏡筒 150 の内周面に近接して対向する（または一部同士が接する）ように配置される。ただし、製造誤差によって、実際の第 3 の鏡筒 150 の内周面の内径は、必ずしも設計値通りではない。

【0015】

一方、第 1 および第 2 の鏡筒 120, 140 にも製造誤差があり、さらにこれらの第 3 の鏡筒 150 に対する組立誤差もある。このため、第 1 および第 2 の鏡筒 120, 140 の内周面の中心軸が第 3 の鏡筒 150 の内周中心軸 151 に対して偏心（シフト）する。この結果、第 1 の光学系 110 の光軸 111 と第 2 の光学系 130 の光軸 131 が、第 3 の鏡筒 150 の内周中心軸 151 に対してシフト偏心する。しかも、第 1 および第 2 の鏡筒 120, 140 の外周面の外径は、設計上は同じであるものの、実際には図 1 に示すように製造誤差によって互いに差を有する。したがって、第 3 の鏡筒 150 内において、第 1 の光学系 110 の光軸 111 と第 2 の光学系 130 の光軸 131 とが互いにシフト偏心する。

【0016】

このような第 3 の鏡筒 150 の内周中心軸 151 と第 1 の光学系 110 の光軸 111 と第 2 の光学系 130 の光軸 131 との相互シフト偏心は、光学性能の低下（像劣化）を招く。このため、本実施例では、この相互シフト偏心により生じる光学性能の低下を補正する、つまりは相互シフト偏心に対する光学補正を行う補正光学素子 160 を収容している。補正光学素子 160 は、上述の光学補正を行うために、第 3 の鏡筒 150 の内周中心軸 151 上を（つまりは内周中心軸 151 に沿って）進行する光線の変える作用を有する光学素子である。

【0017】

そして、本実施例では、補正光学素子 160 を、第 3 の鏡筒 150 の内周面のうち、第 1 および第 2 の鏡筒 120, 140 の間の部分（第 1 の部分）によって保持している。具体的には、第 3 の鏡筒 150 の内周面と補正光学素子 160 の外周面の全周（または全周にわたって不連続に設けられた被保持部）との間の隙間をなくするよう嵌め込んでいる。この際、補正光学素子 160 の外周面と第 3 の鏡筒 150 の内周面との間の隙間を埋めるゴムリング等の弾性部材を用いてもよい。

【0018】

なお、図 1 では、補正光学素子 160 を第 3 の鏡筒 150 の内周面のうち上述した第 1 の部分にて保持しているが、他の部分（例えば、後述する第 2 の部分）にて保持してもよ

10

20

30

40

50

い。

【0019】

次に、補正光学素子160の作用について説明する。ここでは、第1の光学系110の光軸111は第1の鏡筒120の外周面の中心軸と一致しており、第2の光学系130の光軸131は第2の鏡筒140の外周面の中心軸と一致しているものとする。まず、補正光学素子160が配置されていない場合について説明する。

【0020】

光学鏡筒100では、前述したように、製造誤差および組立誤差によって第1の鏡筒120が第3の鏡筒150に対してシフトした状態で収容されることで、第1の光学系110の光軸111が第3の鏡筒150の内周中心軸151に対してシフト偏心する。このため、内周中心軸151上とは異なる光路を通して第1の光学系110に入射した光線170が、第1の光学系110を通過（つまりは出射）することで内周中心軸151上を進行する光線180となる。一方、第1の光学系110の光軸111が内周中心軸151に対してシフト偏心していなければ（同軸であれば）、内周中心軸151上を進行して第1の光学系110に入射した光線は、第1の光学系110を通過することで内周中心軸151上を進行する光線180となる。

10

【0021】

このように、第1の光学系110の光軸111と第3の鏡筒150の内周中心軸151とが互いに同軸でない場合は、互いに同軸である場合に対して、第1の光学系110を通過した後の光線の光路が変化する。そして、この光路の変化が光学性能の低下に繋がる。

20

【0022】

次に、補正光学素子160が配置されている場合について説明する。図2には、図1に示した補正光学素子160の光学面161、162と光軸165を示している。光学面161、162は共に球面であり、それぞれ曲率中心163、164を有する。すなわち、補正光学素子160は、球面レンズである。一般的な光軸の定義から、曲率中心163、164を通る直線165が補正光学素子160の光軸165である。このように、補正光学素子160の光軸165は、第3の鏡筒150の内周中心軸151に対して傾いて（チルトして）いる。このため、補正光学素子160は、内周中心軸151上を進行して該補正光学素子160に入射した光線201の方向を、光線202および光線203の方向に変える作用を有する。

30

【0023】

第1の光学系110を通過した後に内周中心軸151上を進行する光線201は、補正光学素子160の上述した作用によって光線202の方向、さらには光線203の方向へと方向を変える。光線203の光路は、第1の光学系110の光軸111が第3の鏡筒150の内周中心軸151と同軸である場合の光線190の光路と一致している。このような補正光学素子160の作用により、第1の光学系110の光軸111が第3の鏡筒150の内周中心軸151と同軸ではないにもかかわらず、同軸である場合に近い光学性能を得ることができる。

【0024】

本実施例の補正光学素子160は、第1の光学系110で生じる光学性能の劣化を抑える効果に加え、第2の光学系130で生じる光学性能の劣化も小さく抑える効果も併せ持つ。

40

（実施例1の変形例）

図3には、第1の光学系110および第2の光学系130で生じた光学性能の劣化を抑えるために、実施例1の補正光学素子160とは異なる補正光学素子210を用いた光学鏡筒300を示している。なお、本変形例において、実施例1と共通する構成要素については、実施例1で用いた符号と同符号を付す。

【0025】

実施例1では、第2の鏡筒140が第3の鏡筒150に対してシフトした状態で収容されているため、第2の光学系130の光軸131が第3の鏡筒150の内周中心軸151

50

に対してシフト偏心する。このため、図 1 に示したように、内周中心軸 1 5 1 上を進行して第 2 の光学系 1 3 0 に入射した光線 2 2 0 は、第 2 の光学系 1 3 0 を通過することで該内周中心軸 1 5 1 上とは異なる光路を進行する光線 2 3 0 となる。これに対し、第 2 の光学系 1 3 0 の光軸 1 3 1 が内周中心軸 1 5 1 と同軸であれば、該内周中心軸 1 5 1 上を進行して第 2 の光学系 1 3 0 に入射した光線 2 2 0 は、第 2 の光学系 1 3 0 を通過することで該内周中心軸 1 5 1 上を進行する光線 2 3 1 となる。このように、第 2 の光学系 1 3 0 の光軸 1 3 1 と第 3 の鏡筒 1 5 0 の内周中心軸 1 5 1 とが互いに同軸でないと、互いに同軸である場合に対して、第 2 の光学系 1 3 0 を通過した後の光線の光路が変化し、この光路の変化が光学性能の劣化に繋がる。

【 0 0 2 6 】

本実施例における補正光学素子 2 1 0 は、実施例 1 の補正光学素子 1 6 0 と同じく、図 1 に示すように入射した光線 2 0 1 の方向を、光線 2 0 2 の方向、さらには光線 2 0 3 の方向に変える作用を有するとともに、更に、以下に説明する作用も有する。

【 0 0 2 7 】

図 3 において、第 3 の鏡筒 1 5 0 の内周中心軸 1 5 1 上を進行する光線 2 5 0 は、第 1 の光学系 1 1 0 に入射し、該第 1 の光学系 1 1 0 を通過（出射）することで光線 2 2 2 となる。また、光線 2 2 2 は、補正光学素子 1 6 0 を通過することで方向が変わって光線 2 2 1 となり、さらに補正光学素子 1 6 0 を通過することで第 3 の鏡筒 1 5 0 の内周中心軸 1 5 1 上を進行する光線 2 2 0 となる。先に述べたように、光線 2 2 0 は、第 2 の光学系 1 3 0 を通過した後は、内周中心軸 1 5 1 上とは異なる光路を進行する光線 2 3 0 となる。

【 0 0 2 8 】

本実施例では、光線 2 2 2 と同一の光路で補正光学素子 2 1 0 に入射した光線 2 4 2 は、光線 2 4 1 および光線 2 4 0 が辿るように光路を変えながら進行する。光線 2 4 0 は、第 2 の光学系 1 3 0 を通過することで、内周中心軸 1 5 1 上を進行する光線 2 6 0 となる。光線 2 6 0 の光路は、第 1 の光学系 1 1 0 において、第 2 の光学系 1 3 0 の光軸 1 3 1 が内周中心軸 1 5 1 と同軸である場合における、光線 2 2 0 が第 2 の光学系 1 3 0 を通過した後の光路と一致している。

【 0 0 2 9 】

このように、補正光学素子 2 1 0 の作用により、第 2 の光学系 1 3 0 の光軸 1 3 1 が第 3 の鏡筒 1 5 0 の内周中心軸 1 5 1 と同軸ではないにもかかわらず、同軸である場合に近い光学性能を得ることができる。

【 0 0 3 0 】

さらに言えば、補正光学素子 2 1 0 の作用により、第 1 の光学系 1 1 0 の光軸 1 1 1 および第 2 の光学系 1 3 0 の光軸 1 3 1 が内周中心軸 1 5 1 と同軸ではないにもかかわらず、同軸である場合に近い光学性能を得ることができる。

（光学鏡筒の組立手順）

次に、実施例 1 およびその変形例で説明した光学鏡筒 1 0 0 , 3 0 0 の組立手順の例について説明する。

【 0 0 3 1 】

まず、第 1 の手順として、第 1 の光学系 1 1 0 を保持した第 1 の鏡筒 1 2 0 を、第 3 の鏡筒 1 5 0 の左側または右側の開口端からその内周面の内側に挿入し、該第 3 の鏡筒 1 5 0 に対して固定する。

【 0 0 3 2 】

次に、第 2 の手順として、補正光学素子 1 6 0 または 2 1 0 を、第 3 の鏡筒 1 5 0 の右側の開口端からその内周面の内側に挿入する。そして、補正光学素子 1 6 0 または 2 1 0 の外周面を第 3 の鏡筒 1 5 0 の内周面に嵌合させるとともに、補正光学素子 1 6 0 または 2 1 0 を第 3 の鏡筒 1 5 0 に対して固定する。

【 0 0 3 3 】

ここで、補正光学素子 1 6 0 または 2 1 0 の光学面の形状は、次のように決める。まず

10

20

30

40

50

、第 1 および第 2 の鏡筒 1 2 0 , 1 4 0 の外周面の外径と第 3 の鏡筒 1 5 0 の内周面の内径とから、第 1 および第 2 の光学系 1 1 0 , 1 3 0 の光軸 1 1 1 , 1 3 1 が第 3 の鏡筒 1 5 0 の内周中心軸 1 5 1 に対してシフト偏心し得る量である予想偏心量を見積もる。次に、この予想偏心量に基づいて、第 1 の光学系 1 1 0 を通過した後の光線の光路が変化し得る量（以下、予想変化量という）A と、第 2 の光学系 1 3 0 を通過した後の光線の光路が変化し得る予想変化量 B とを見積もる。

【 0 0 3 4 】

そして、これら予想変化量 A , B を補正するのに適した光学面の形状を有する補正光学素子 1 6 0 または 2 1 0 を選択する。このようにして選択した補正光学素子 1 6 0 または 2 1 0 を用いることで、光学性能が補正された光学鏡筒 3 0 0 を得ることができる。

10

【 0 0 3 5 】

なお、上述した選択を行わなくとも、後述するように、光学鏡筒 3 0 0 の光学性能の測定結果を基に補正光学素子 1 6 0 または 2 1 0 を選択することで、光学性能が補正された光学鏡筒 3 0 0 を得ることができる。

【 0 0 3 6 】

続いて、最後の第 3 の手順として、第 2 の光学系 1 3 0 を保持した第 2 の鏡筒 1 4 0 を、第 3 の鏡筒 1 5 0 の右側の開口端から該第 3 の鏡筒 1 5 0 の内周面の内側に挿入し、第 3 の鏡筒 1 5 0 に対して固定する。

【 0 0 3 7 】

光学性能がより一層高い光学鏡筒 3 0 0 を得るには、上述した手順で組み立てた光学鏡筒 3 0 0 の光学性能を測定し、該光学性能を更に向上させる光学面の形状を有する補正光学素子 1 6 0 または 2 1 0 を改めて選択する。そして、該選択した補正光学素子 1 6 0 または 2 1 0 を用いて光学鏡筒 3 0 0 を組み立て直す。この際、選択し得る様々な形状の補正光学素子 1 6 0 または 2 1 0 を予め用意しておくといよい。

20

【 0 0 3 8 】

本実施例では、第 1 および第 2 の光学系 1 1 0 , 1 3 0 の光軸 1 1 1 , 1 3 1 が第 3 の鏡筒 1 5 0 の内周中心軸 1 5 1 に対してシフト偏心したり互いにシフト偏心したりすることによる光学性能の劣化を、補正光学素子 1 6 0 , 2 1 0 により良好に補正することができる。したがって、第 1 ~ 第 3 の鏡筒 1 2 0 , 1 4 0 , 1 5 0 の高精度な製造や組立を必要とすることなく、高い光学性能を有する光学鏡筒 1 0 0 , 3 0 0 を実現することができる。

30

【 0 0 3 9 】

本実施例では、第 1 の光学系 1 1 0 の光軸 1 1 1 や第 2 の光学系 1 3 0 の光軸 1 3 1 が第 3 の鏡筒 1 5 0 の内周中心軸 1 5 1 に対してシフト偏心している場合について説明した。しかし、第 1 および第 2 の鏡筒 1 2 0 , 1 4 0 が第 3 の鏡筒 1 5 0 内で傾くことで、第 1 および第 2 の光学系 1 1 0 , 1 3 0 の光軸 1 1 1 , 1 3 1 同士が互いに傾く（チルトする）場合がある。この場合は、第 3 鏡筒 1 5 0 の内周中心軸 1 5 1 、光軸 1 1 1 および光軸 1 1 3 の間で相互にチルト偏心が生じる。この場合、このチルト偏心に対して適切な形状を有する補正光学素子を選択することで、該チルト偏心による光学性能の劣化を補正することができる。適切な形状とは、第 1 の光学系 1 1 0 や第 2 の光学系 1 3 0 を通過した後の光線の光路を、第 1 の光学系 1 1 0 の光軸 1 1 0 や第 2 の光学系 1 3 0 の光軸 1 3 1 が第 3 の鏡筒 1 5 0 の内周中心軸 1 5 1 と同軸である場合の光路に導く形状である。

40

【 実施例 2 】

【 0 0 4 0 】

図 4 には、本発明の実施例 2 である光学鏡筒 4 0 0 の構成を示している。実施例 1 と同様に、第 1 の鏡筒 4 2 0 は、複数の光学素子により構成された第 1 の光学系 4 1 0 を保持する。第 2 の鏡筒 4 4 0 は、複数の光学素子により構成された第 2 の光学系 4 3 0 を保持する。第 3 の鏡筒 4 5 0 は、その内周面の内側に、物体側（図の左側）から順に、第 1 の鏡筒 4 2 0 と、第 2 の鏡筒 4 4 0 と、後述する補正光学素子 4 6 0 とを収容する。第 1 ~ 第 3 の鏡筒 4 2 0 , 4 4 0 , 4 5 0 の材料は、実施例 1 と同様である。

50

【 0 0 4 1 】

本実施例でも、実施例 1 と同様に、製造誤差や組立誤差により、第 1 および第 2 の鏡筒 4 2 0 , 4 4 0 (つまりは第 1 および第 2 の光学系 4 1 0 , 4 3 0 の光軸 4 1 1 , 4 3 1) が第 3 の鏡筒 4 5 0 の内周中心軸 4 5 1 に対してシフト偏心している。さらに、第 1 および第 2 の光学系 4 1 0 , 4 3 0 の光軸 4 1 1 , 4 3 1 も互いにシフト偏心している。このため、本実施例でも、これら内周中心軸 4 5 1 および光軸 4 1 1 , 4 3 1 の相互シフト偏心に対する光学補正を行うために、第 3 の鏡筒 4 5 0 の内周中心軸 4 5 1 上を進行する光線 4 7 0 の方向を変える作用を有する補正光学素子 4 6 0 を有する。

【 0 0 4 2 】

本実施例における補正光学素子 4 6 0 は、光学面である 2 つの平面が互いに傾いて形成されている二平面プリズムである。そして、補正光学素子 4 6 0 は、第 3 の鏡筒 1 5 0 の内周面のうち、第 1 および第 2 の鏡筒 4 2 0 , 4 4 0 よりも像側の部分 (第 2 の部分) によって保持されている。第 3 の鏡筒 4 5 0 の内周面による補正光学素子 4 6 0 の保持方法は、実施例 1 と同様である。

【 0 0 4 3 】

次に、補正光学素子 4 6 0 の作用について説明する。本実施例でも、第 1 の光学系 4 1 0 の光軸 4 1 1 は第 1 の鏡筒 4 2 0 の外周面の中心軸と一致しており、第 2 の光学系 4 3 0 の光軸 4 3 1 は第 2 の鏡筒 4 4 0 の外周面の中心軸と一致しているものとする。まず、補正光学素子 4 6 0 が配置されていない場合について説明する。

【 0 0 4 4 】

光学鏡筒 4 0 0 では、第 1 および第 2 の鏡筒 4 2 0 , 4 4 0 が第 3 の鏡筒 4 5 0 に対してシフトした状態で収容されることで、第 1 の光学系 4 1 0 の光軸 4 1 1 が第 3 の鏡筒の内周中心軸 4 5 1 に対してシフト偏心する。このため、内周中心軸 4 5 1 上とは異なる光路を通過して第 1 の光学系 4 1 0 に入射した光線 4 7 0 が、第 1 および第 2 の光学系 4 1 0 , 4 3 0 を通過 (出射) することで内周中心軸 4 5 1 上を進行する光線 4 8 0 となる。また、内周中心軸 4 5 1 上を進行して第 1 の光学系 4 1 0 に入射した光線 5 5 0 は、第 1 および第 2 の光学系 4 1 0 , 4 3 0 を通過することで内周中心軸 4 5 1 上とは異なる光路を進行する光線 5 2 0 となる。一方、第 1 および第 2 の光学系 4 1 0 , 4 3 0 の光軸 4 1 1 , 4 3 1 が内周中心軸 4 5 1 と同軸であれば、内周中心軸 4 5 1 上を進行して第 1 の光学系 4 1 0 に入射した光線が、第 2 の光学系 4 3 0 を通過することで内周中心軸 4 5 1 上を進行する光線 4 8 0 となる。

【 0 0 4 5 】

このように、第 1 および第 2 の光学系 4 1 0 の光軸 4 1 1 , 4 3 1 が第 3 の鏡筒 4 5 0 の内周中心軸 4 5 1 と同軸ではないと、互いに同軸である場合に対して、第 1 および第 2 の光学系 4 1 0 , 4 3 0 を通過した後の光線の光路が変化する。そして、この光路の変化が光学性能の劣化に繋がる。

【 0 0 4 6 】

次に、補正光学素子 4 6 0 が配置されている場合について説明する。第 1 の光学系 4 1 0 および第 2 の光学系 4 3 0 を通過した後に第 3 の鏡筒 4 5 0 の内周中心軸 4 5 1 上を進行する光線 5 0 1 は、二平面プリズムである補正光学素子 4 6 0 を通過することにより、光線 5 0 2 の方向、さらには光線 5 0 3 の方向へと方向を変える。光線 5 0 3 の光路は、第 1 および第 2 の光学系 4 1 0 の光軸 4 1 1 , 4 3 1 が内周中心軸 4 5 1 と同軸である場合における第 1 の光学系 4 1 0 に入射した光線 4 7 0 が第 1 および第 2 の光学系 4 1 0 , 4 3 0 を通過した後になる光線 4 9 0 の光路と一致する。

【 0 0 4 7 】

また、内周中心軸 4 5 1 上を進行して第 1 の光学系 4 1 0 に入射した光線 5 5 0 が第 1 および第 2 の光学系 4 1 0 , 4 3 0 を通過した後になる光線 5 2 0 は、補正光学素子 4 6 0 を通過することで光線 5 2 1 の方向、さらには光線 5 2 2 の方向へと方向を変える。光線 5 2 2 は、内周中心軸 4 5 1 上を進行する光線である。光線 5 2 0 の光路は、第 1 および第 2 の光学系 4 1 0 , 4 3 0 の光軸 4 1 1 , 4 3 1 が内周中心軸 4 5 1 と同軸である場

10

20

30

40

50

合における第 1 の光学系 4 1 0 に入射した光線 5 5 0 が第 1 および第 2 の光学系 4 1 0 , 4 3 0 を通過した後になる光線 5 2 0 の光路と一致する。

【 0 0 4 8 】

このような補正光学素子 4 6 0 の作用により、第 1 および第 2 の光学系 4 1 0 , 4 3 0 の光軸 4 1 1 , 4 3 1 が第 3 の鏡筒 4 5 0 の内周中心軸 1 5 1 と互いに同軸ではないにもかかわらず、これらが互いに同軸である場合に近い光学性能を得ることができる。

(光学鏡筒の組立手順)

次に、実施例 2 の光学鏡筒 4 0 0 の組立手順の例について説明する。

【 0 0 4 9 】

まず、第 1 の手順として、第 1 の光学系 4 1 0 を保持した第 1 の鏡筒 4 2 0 を、第 3 の鏡筒 4 5 0 の左側または右側の開口端からその内周面の内側に挿入し、該第 3 の鏡筒 4 5 0 に対して固定する。

【 0 0 5 0 】

次に、第 2 の手順として、第 2 の光学系 4 3 0 を保持した第 2 の鏡筒 4 4 0 を、第 3 の鏡筒 4 5 0 の右側の開口端からその内周面の内側に挿入し、該第 3 の鏡筒 4 5 0 に対して固定する。

【 0 0 5 1 】

最後に、第 3 の手順として、補正光学素子 4 6 0 を、第 3 の鏡筒 4 5 0 の右側の開口端からその内周面の内側に挿入し、該第 3 の鏡筒 4 5 0 に対して固定する。

【 0 0 5 2 】

ここで、補正光学素子 4 6 0 の形状、すなわち 2 つの光学面である平面の傾きやそれらの間隔を含む全体の形状は次のように決める。まず、第 1 および第 2 の鏡筒 4 2 0 , 4 4 0 の外周面の外径と第 3 の鏡筒 4 5 0 の内周面の内径とから、第 1 および第 2 の光学系 4 1 0 , 4 3 0 の光軸 4 1 1 , 4 3 1 が第 3 の鏡筒 4 5 0 の内周中心軸 4 5 1 に対してシフト偏心し得る予想偏心量を見積もる。次に、この予想偏心量に基づいて、第 1 および第 2 の光学系 4 1 0 , 4 3 0 を通過した後の光線の光路が変化し得る予想変化量 C を見積もる。

【 0 0 5 3 】

そして、この予想変化量 C を補正するのに適した形状を有する補正光学素子 4 6 0 を選択する。このようにして選択した補正光学素子 4 6 0 を用いることで、光学性能が補正された光学鏡筒 4 0 0 を得ることができる。

【 0 0 5 4 】

なお、上述した選択を行わなくとも、後述するように、光学鏡筒 4 0 0 の光学性能の測定結果を基に補正光学素子 4 6 0 を選択することで、光学性能が補正された光学鏡筒 4 0 0 を得ることができる。

【 0 0 5 5 】

光学性能がより一層高い光学鏡筒 4 0 0 を得るには、上述した手順で組み立てた光学鏡筒 4 0 0 の光学性能を測定し、該光学性能を更に向上させる形状を有する補正光学素子 4 6 0 を改めて選択する。そして、該選択した補正光学素子 4 6 0 を用いて光学鏡筒 4 0 0 を組み立て直すとよい。この際、選択し得る様々な形状の補正光学素子 4 6 0 を予め用意しておくともよい。

【 0 0 5 6 】

本実施例では、第 1 および第 2 の光学系 4 1 0 , 4 3 0 の光軸 4 1 1 , 4 3 1 が第 3 の鏡筒 4 5 0 の内周中心軸 4 5 1 に対してシフト偏心したり互いにシフト偏心したりすることによる光学性能の劣化を、補正光学素子 4 6 0 を用いて良好に補正することができる。したがって、第 1 ~ 第 3 の鏡筒 4 2 0 , 4 4 0 , 4 5 0 の高精度な製造や組立を必要とすることなく、高い光学性能を有する光学鏡筒 4 0 0 を実現することができる。

【 0 0 5 7 】

本実施例では、第 2 の鏡筒 4 4 0 が第 1 の鏡筒 4 2 0 と補正光学素子 4 6 0 との間に配置されている。このため、上述したように補正光学素子 4 6 0 を改めて選択して光学鏡筒

10

20

30

40

50

400を組み立て直す際に、第2の鏡筒440を第3の鏡筒450から取り外す必要がなく、組立作業性が良い。しかも、第2の鏡筒440の組み立てにおける再現性を考慮する必要がないので、光学性能の補正が容易である。

【0058】

また、本実施例でも、実施例1で述べたように、第3の鏡筒450の内周中心軸451と第1および第2の光学系410、431の光軸411、431との間での相互にチルト偏心が生じ得る。この場合、このチルト偏心に対して適切な形状を有する補正光学素子460を選択することで、該チルト偏心による光学性能の劣化を補正することができる。

【実施例3】

【0059】

図5には、本発明の実施例3である光学鏡筒600の構成を示している。実施例1と同様に、第1の鏡筒620は、複数の光学素子により構成された第1の光学系610を保持する。第2の鏡筒640は、複数の光学素子により構成された第2の光学系630を保持する。第3の鏡筒650は、その内周面の内側に、物体側（図の左側）から順に、第1の鏡筒620と、後述する第1の補正光学素子660と、第2の鏡筒440と、後述する第2の補正光学素子710とを収容する。第1～第3の鏡筒420、440、450の材料は、実施例1と同様である。

【0060】

本実施例でも、実施例1と同様に、製造誤差や組立誤差により、第1および第2の鏡筒（つまりは第1および第2の光学系の光軸）が第3の鏡筒の内周中心軸に対してシフト偏心したり、第1および第2の光学系の光軸が互いにシフト偏心したりしている。

【0061】

本実施例でも、実施例1と同様に、製造誤差や組立誤差により、第1および第2の鏡筒620、640（つまりは第1および第2の光学系610、630の光軸611、631）が第3の鏡筒650の内周中心軸651に対してシフト偏心している。さらに、第1および第2の光学系610、630の光軸611、631も互いにシフト偏心している。このため、本実施例でも、内周中心軸651および光軸611、631の相互シフト偏心に対する光学補正を行うため、第3の鏡筒650の内周中心軸651上を進行する光線の変える作用を有する第1の補正光学素子660と第2の補正光学素子710を有する。第1の補正光学素子660は、第3の鏡筒150の内周面のうち、第1および第2の鏡筒120、140の間の部分（第1の部分）によって保持されている。また、第2の補正光学素子710は、第3の鏡筒150の内周面のうち、第1および第2の鏡筒620、640よりも像側の部分（第2の部分）によって保持されている。第3の鏡筒650の内周面による第1および第2の補正光学素子660、710の保持方法は、実施例1と同様である。

【0062】

第1の補正光学素子660は、実施例1における補正光学素子160と同様に、その光軸が第3の鏡筒650の内周中心軸651に対して傾いた（チルトした）球面レンズである。一方、第2の補正光学素子710は、実施例2における補正光学素子460と同様に、光学面である二つの平面が互いに傾いて形成された二平面プリズムである。

【0063】

本実施例では、第1の光学系610の光軸611が第3の鏡筒650の内周中心軸651に対してシフト偏心していることによる光学性能の劣化を、第1の補正光学素子660の作用で抑える。以下、第1の補正光学素子660の作用について説明する。

上述したように、第1の光学系610の光軸611は、第3の鏡筒650の内周中心軸651に対してシフト偏心している。このため、該内周中心軸651上とは異なる光路を通過して第1の光学系610に入射した光線670が、第1の光学系610を通過（出射）することによって内周中心軸651上を進行する光線680となる。これに対し、第1の光学系610の光軸611が内周中心軸651と同軸であれば、内周中心軸651上を進行して第1の光学系610に入射した光線が、第1の光学系610を通過することで該内周

10

20

30

40

50

中心軸 6 5 1 上を進行する光線 6 8 0 となる。

【 0 0 6 4 】

このように、第 1 の光学系 6 1 0 の光軸 6 1 1 と第 3 の鏡筒 6 5 0 の内周中心軸 6 5 1 とが互いに同軸でないと、互いに同軸である場合に対して、第 1 の光学系 6 1 0 を通過した後の光線の光路が変化する。そして、この光路の変化が光学性能の劣化に繋がる。

【 0 0 6 5 】

第 1 の光学系 6 1 0 を通過した後に内周中心軸 6 5 0 上を進行する光線 6 0 1 は、第 1 の補正光学素子 6 6 0 を通過することにより、光線 6 0 2 の方向、さらには光線 6 0 3 の方向へと方向を変える。光線 6 0 3 の光路は、第 1 の光学系 6 1 0 の光軸 6 1 1 が内周中心軸 6 5 1 と同軸である場合における第 1 の光学系 6 1 0 に入射した光線 6 1 1 が第 1 の光学系 6 1 0 を通過した後になる光線 6 9 0 の光路と一致する。

10

【 0 0 6 6 】

この第 1 の補正光学素子 6 6 0 の作用により、第 1 の光学系 6 1 0 の光軸 6 1 1 が第 3 の鏡筒 6 5 0 の内周中心軸 6 5 1 と同軸ではないにもかかわらず、同軸である場合に近い光学性能を得ることができる。

【 0 0 6 7 】

本実施例では、さらに第 2 の光学系 6 3 0 の光軸 6 3 1 が第 3 の鏡筒 6 5 0 の内周中心軸 6 5 1 に対して傾いていることによる光学性能の劣化を、第 2 の補正光学素子 7 1 0 の作用で抑える。以下、第 2 の補正光学素子 7 1 0 の作用について説明する。

【 0 0 6 8 】

20

上述したように第 2 の光学系 6 3 0 の光軸 6 3 1 は、第 3 の鏡筒 6 5 0 の内周中心軸 6 5 1 に対して傾いている。このため、該内周中心軸 6 5 1 上とは異なる光路を通して第 2 の光学系 6 3 0 に入射した光線 7 2 0 は、第 2 の光学系 6 3 0 を通過（出射）することによって該内周中心軸 6 5 1 上を進行する光線 7 3 0 となる。これに対し、第 2 の光学系 6 3 0 の光軸 6 3 1 が内周中心軸 6 5 1 と同軸であれば、該内周中心軸 6 5 1 上を進行して第 2 の光学系 6 3 0 に入射した光線は、第 2 の光学系 6 3 0 を通過することによって該内周中心軸 6 5 1 上を進行する光線 7 3 0 となる。

【 0 0 6 9 】

このように、第 2 の光学系 6 3 0 の光軸 6 3 1 と第 3 の鏡筒 6 5 0 の内周中心軸 6 5 1 とが互いに同軸でないと、互いに同軸である場合に対して、第 2 の光学系 6 3 0 を通過した後の光線の光路が変化する。そして、この光路の変化が光学性能の劣化に繋がる。

30

【 0 0 7 0 】

第 2 の光学系 6 3 0 を通過した後に内周中心軸 6 5 1 上を進行する光線 7 5 1 は、第 2 の補正光学素子 7 1 0 を通過することにより光線 7 5 2 の方向、さらには光線 7 5 3 の方向へと方向を変える。光線 7 5 3 の光路は、第 2 の光学系 6 3 0 の光軸 6 3 1 が内周中心軸 6 5 1 と同軸である場合における第 2 の光学系 6 3 0 に入射した光線 7 2 0 が第 2 の光学系 6 3 0 を通過した後になる光線 7 7 0 の光路と一致する。

【 0 0 7 1 】

この第 2 の補正光学素子 7 1 0 の作用により、第 2 の光学系 6 3 0 の光軸 6 3 1 が第 3 の鏡筒 6 5 0 の内周中心軸 6 5 1 と同軸でないにもかかわらず、同軸である場合に近い光学性能を得ることができる。

40

（光学鏡筒の組立手順）

次に、実施例 3 の光学鏡筒 6 0 0 の組立手順の例について説明する。

【 0 0 7 2 】

まず、第 1 の手順として、第 1 の光学系 6 1 0 を保持した第 1 の鏡筒 6 2 0 を、第 3 の鏡筒 6 5 0 の左側または右側の開口端からその内周面の内側に挿入し、該第 3 の鏡筒 6 5 0 に対して固定する。

【 0 0 7 3 】

次に、第 2 の手順として、第 1 の補正光学素子 6 6 0 を、第 3 の鏡筒 6 5 0 の右側の開口端からその内周面の内側に挿入し、該第 3 の鏡筒 6 5 0 に対して固定する。

50

【 0 0 7 4 】

ここで、第 1 の補正光学素子 6 6 0 の光学面の形状は、次のように決める。まず、第 1 の鏡筒 6 2 0 の外周面の外径と第 3 の鏡筒 6 5 0 の内周面の内径とから、第 1 の光学系 6 1 0 の光軸 6 1 1 が第 3 の鏡筒 6 5 0 の内周中心軸 6 5 1 に対してシフト偏心し得る予想偏心量を見積もる。次に、この予想偏心量に基づいて、第 1 の光学系 1 1 0 を通過した後の光線の光路が変化し得る予想変化量 D を見積もる。

【 0 0 7 5 】

そして、この予想変化量 D を補正するのに適した光学面の形状を有する第 1 の補正光学素子 6 6 0 を選択する。

【 0 0 7 6 】

次に、第 3 の手順として、第 1 および第 2 の手順で組み立てた第 1 の光学系 6 1 0 と第 1 の補正光学素子 6 6 0 で構成される光学系（以下、この光学系を光学系 I と称す）の光学性能を測定する。ここでいう光学性能は、光学系 I を通過した光学波面の形状と、設計値の光学波面の形状との差を表す量である。第 1 の光学系 6 1 0 に製造誤差や組立誤差が生じていなければ、測定される光学波面の形状は設計値の光学波面の形状と一致する。しかし、実際には製造誤差や組立誤差が生じるため、測定される光学波面の形状は設計値の光学波面の形状とは一致しないことがほとんどである。

【 0 0 7 7 】

上述した光学性能の測定方法について説明する。まず、第 3 の鏡筒 6 5 0 の内周中心軸 6 5 1 と平行な方向に進行する平行波面を光学系 I に入射させる。次に、光学系 I を通過した光学波面の形状を波面形状センサで測定する。最後に、測定した光学波面の形状と、設計値の光学波面の形状を重ね合わせ、内周中心軸 6 5 1 と平行な方向への波面間隔の差の絶対値を算出し、この算出結果を光学性能とする。

【 0 0 7 8 】

次に、第 4 の手順として、第 3 の手順で測定された光学性能に基づいて、光学系 I の光学性能をさらに向上させる光学面の形状を有する第 1 の補正光学素子 6 6 0 を改めて選択する。そして、該第 1 の補正光学素子 6 6 0 を用いて光学鏡筒 6 0 0 を組み立て直す。この際、選択し得る様々な光学面の形状を有する第 1 の補正光学素子 6 6 0 を予め用意しておくといよい。

【 0 0 7 9 】

上記第 2 の手順から第 4 の手順は、求められる光学性能が得られるまで繰り返し行うといよい。

【 0 0 8 0 】

最後に、第 5 の手順として、第 2 の光学系 6 3 0 と第 2 の補正光学素子 7 1 0 を、第 1 の光学系 6 1 0 と第 1 の補正光学素子 6 6 0 の組立手順である第 1 の手順から第 4 の手順に倣って組み立てる。

【 0 0 8 1 】

本実施例の光学鏡筒 6 0 0 は、第 3 の鏡筒 6 5 0 に対して、第 1 の光学系 6 1 0 を組み付けた後に第 1 の補正光学素子 6 6 0 を組み付け、次に第 2 の光学系 6 3 0 を組み付け、さらに第 2 の補正光学素子 7 1 0 を組み付けることが可能な構成を有する。このため、第 1 および第 2 の補正光学素子 6 6 0 , 7 1 0 を改めて選択して組み立て直す際に、第 1 および第 2 の鏡筒 6 2 0 , 6 4 0 を第 3 の鏡筒 6 5 0 から取り外す必要がなく、組立作業性がよい。しかも、第 1 および第 2 の鏡筒 6 2 0 , 6 4 0 の組み立てにおける再現性を考慮する必要がないため、補正が容易である。

【 0 0 8 2 】

また、本実施例の光学鏡筒 6 0 0 では、第 1 の光学系 6 1 0 における光学性能の劣化を補正する機能を第 1 の補正光学素子 6 6 0 が有し、第 2 の光学系 6 3 0 における光学性能の劣化を補正する機能を第 2 の補正光学素子 7 1 0 が有する。このように、2 つの補正機能を 2 つの補正光学素子 6 6 0 , 7 1 0 に分離することにより、補正が容易になり、作業性が向上する。

10

20

30

40

50

【0083】

本実施例では、第1および第2の光学系610、630の光軸611、631が第3の鏡筒650の内周中心軸651に対してシフト偏心したり互いにシフト偏心したりすることによる光学性能の劣化を、第1および第2の補正光学素子660、710を用いて良好補正する。したがって、第1～第3の鏡筒620、640、650の高精度な製造や組立を必要とすることなく、高い光学性能を有する光学鏡筒600を実現することができる。

【0084】

また、本実施例でも、実施例1で述べたように、第3の鏡筒650の内周中心軸651と第1および第2の光学系610、631の光軸611、631との間での相互にチルト偏心が生じ得る。この場合、このチルト偏心に対して適切な形状を有する第1および第2の補正光学素子660、710を選択することで、該チルト偏心による光学性能の劣化を補正することができる。

10

【0085】

なお、上記実施例1～3では、第1および第2の光学系の光軸がそれぞれ第1および第2の鏡筒の外周面の中心軸と一致しているとして説明した。しかし、必ずしも第1および第2の光学系の光軸がそれぞれ第1および第2の鏡筒の外周面の中心軸と一致している必要はない。

【実施例4】

【0086】

図6には、本発明の実施例4である光学鏡筒800の構成を示している。光学鏡筒800の構成の大部分は実施例1の光学鏡筒100の構成と同じである。ただし、本実施例では、第1の光学系810が、複数のレンズが接合された接合レンズを含む。そして、該接合レンズの面頂点の間隔は、該接合レンズの外径よりも小さい。図7には、第1の光学系810が含む接合レンズ810a付近を拡大して示している。

20

【0087】

接合レンズ810aにおいて、面頂点の間隔W1は外径d1よりも小さい。また、接合レンズ810aの外径d1は、製造誤差によって第1の鏡筒820の内径D1よりも小さくなっている。このため、接合レンズ810aと第1の鏡筒820の間には、 $(D1 - d1)$ の隙間が生じており、接合レンズ810aを第1の鏡筒820に組み込んだ際には、該隙間 $(D1 - d1)$ による接合レンズ810aの傾き（チルト）が組立誤差として生じる。なお、接合レンズ810aを単レンズに置き換えてもよく、この場合、該単レンズの面頂点の間隔が該レンズの外径よりも小さい。

30

【0088】

さらに本実施例では、第2の光学系830はロッドレンズと他のレンズとが接合された接合ロッドレンズを含む。そして、該接合ロッドレンズの面頂点の間隔は、該接合ロッドレンズの外径よりも大きい。図8には、第2の光学系830に含まれる接合ロッドレンズ830a付近を拡大して示している。

【0089】

接合ロッドレンズ830aにおいて、面頂点の間隔W2は外径d2よりも大きい。また、接合ロッドレンズ830aの外径d2は、製造誤差によって第2の鏡筒840の内径D2よりも小さくなっている。このため、接合ロッドレンズ830aと第2の鏡筒840の間には $(D2 - d2)$ の隙間が生じており、接合ロッドレンズ830aを第2の鏡筒840に組み込んだ際には、該隙間 $(D2 - d2)$ によるチルトが組立誤差として生じる。なお、接合ロッドレンズ820aを単ロッドレンズに置き換えてもよく、この場合、該単ロッドレンズの面頂点の間隔が該レンズの外径より大きくてもよい。他の構成は、実施例1の光学鏡筒100と同じである。

40

【0090】

本実施例において第1および第2の光学系810、830の間に配置された補正光学素子860は、実施例1の補正光学素子160（またはその変形例の補正光学素子210）と同様の作用を有する。このため、第1の光学系810の光軸811または第2の光学系

50

８３０の光軸８３１が、第３の鏡筒８５０における内周中心軸８５１と同軸ではないにもかかわらず、同軸である場合に近い光学性能を得ることができる。

【００９１】

本実施例における補正光学素子８６０のさらなる役割について、図７および図８を用いて説明する。ここでは、第１の鏡筒８２０の内径Ｄ１と第２の鏡筒８４０の内径Ｄ２とが互いに等しく、接合レンズ８１０ａの外径ｄ１と接合ロッドレンズ８３０ａの外径ｄ２とが互いに等しいものとする。

【００９２】

上述したように、接合レンズ８１０ａおよび接合ロッドレンズ８３０ａはそれぞれ、第３の鏡筒８５０の内周中心軸８５１に対して傾いた（チルトした）状態で組み立てられている。このように接合レンズ８１０ａおよび接合ロッドレンズ８３０ａがチルトしていると、第１の光学系８１０の光軸８１１および第２の光学系８３０の光軸８３１も、第３の鏡筒８５０の内周中心軸８５１に対してチルト偏心する。これにより、第１の光学系８１０および第２の光学系８３０のそれぞれにおいて光学性能の劣化が生ずる。

【００９３】

また、接合レンズ８１０ａと接合ロッドレンズ８３０ａの面頂点の間隔Ｗ１，Ｗ２が互いに異なるため、それらのチルト量１，２も互いに異なる。接合レンズ８１０ａの面頂点の間隔Ｗ１は、接合ロッドレンズ８２０ａの面頂点の間隔Ｗ２よりも小さいため、チルト量１はチルト量２よりも大きい。このため、第１の光学系８１０の光軸８１１の第３の鏡筒８５０の内周中心軸８５１に対するチルト量も、第２の光学系８３０の光軸８３１の第３の鏡筒８５０の内周中心軸８５１に対するチルト量よりも大きい。これにより、第１の光学系８１０で生じる光学性能の劣化が、第２の光学系８３０で生じる光学性能の劣化よりも大きくなる。

【００９４】

本実施例では、補正光学素子８６０を第１の鏡筒８２０と第２の鏡筒８４０との間に配置し、第１の光学系８１０にてその光軸８１１のチルトにより生じた光学性能の劣化を、第２の光学系８３０の手前で補正する。つまりは、第３の鏡筒８５０の内周中心軸８５１に対する第１の光学系８１０の光軸８１１のチルト偏心に対する光学補正を行う。これにより、第１の光学系８１０で生じた光学性能の劣化を、第２の光学系８３０で拡大される前に補正することができる。したがって、補正光学素子８６０が第２の光学系８３０よりも像側に配置されている場合よりも、光学性能の劣化を効果的に補正することができる。

【００９５】

なお、本実施例の光学鏡筒８００の組立手順は、実施例１の光学鏡筒１００の組立手順と同じである。

【００９６】

また、実施例３の光学鏡筒６００と同様に、本実施例の光学鏡筒８００においても補正光学素子を複数の位置に配置し、実施例３の光学鏡筒６００と同様の組立手順で組み立ててもよい。これにより、実施例３の光学鏡筒６００と同様に、光学性能の劣化の補正が容易になり、この結果、組立作業性を向上させることができる。

【実施例５】

【００９７】

図９には、本発明の実施例５である内視鏡（カメラ）９００の構成を示している。内視鏡９００は、実施例４の光学鏡筒８００と、第３の鏡筒８５０の内周中心軸８５１上に配置されている撮像素子１０００とにより構成される。光学鏡筒８００は、撮像素子１０００を保持する不図示のカメラ本体に対して一体で設けられてもよいし、取り外し可能に設けられてもよい。

【００９８】

光学鏡筒８００には、物体（被写体）９１０からの光としての物体光が入射する。第１の光学系８１０を通過した物体光は、第１の光学系８１０と第２の光学系８３０との間で物体像９２０を形成する。この物体像９２０が形成される面が、光学鏡筒８００の第１の

10

20

30

40

50

結像面である。

【0099】

物体像920を形成した物体光は、さらに第2の光学系830を通過した後に撮像素子1000の撮像面で物体像930を形成する。この物体像930が形成される面が、光学鏡筒800の第2の結像面である。

【0100】

光学鏡筒800は、実施例4で説明したように、第1の光学系810の光軸811または第2の光学系830の光軸831が第3の鏡筒850の内周中心軸851と同軸ではないにもかかわらず、同軸である場合に近い光学性能を得ることができる。この光学性能は、内視鏡900においては撮像素子1000で得られる像性能に対応する。このため、光学鏡筒800の光学性能を向上させることで、内視鏡900における像性能を向上させることができる。

10

【0101】

本実施例の内視鏡900の特徴について説明する。本実施例では、補正光学素子860を、第1の結像面の少なくとも一部が補正光学素子860の内部に含まれる位置に配置している。一般に、結像面付近では、像性能のパラメータのうち、像高や像の倒れの敏感度が他のパラメータよりも高い。つまり、結像面付近にパワーを有する光学面が存在すると、像高や像の倒れが他のパラメータよりも大きく変化する。このため、補正光学素子860を上述した位置に配置することにより、像高や像の倒れを、他の像性能のパラメータへの影響を小さく抑えつつ補正することができる。

20

【0102】

ここで、本実施例では、第1の結像面が第1の光学系810と第2の光学系830との間に形成されているが、第1の結像面が他の位置に形成されてもよい。撮像素子1000の撮像面に対応する第2の結像面に対して、第1の結像面が異なる位置に形成されており、第1の結像面の少なくとも一部が補正光学素子860の内部に含まれていればよい。

【0103】

例えば、第1の結像面が、第2の光学系と撮像素子との間に形成され、補正光学素子が第1の結像面を内部に含む位置に配置されていてもよい。なお、内視鏡900において、光学鏡筒800を他の実施例1～3で説明した光学鏡筒100(300)、400、600に置き換えてもよい。

30

【0104】

以上、本発明の実施例について説明したが、実施例1～4で説明した光学鏡筒100(300)、400、600、800の構成は、細径で、かつ光軸と平行な方向に長い光学鏡筒に特に好適である。このような細長い光学鏡筒では、該光学鏡筒に収容される複数の光学系のそれぞれを構成する光学素子の製造誤差や組立誤差によって、光学系の光軸にシフト偏心やチルト偏心が生じ易いからである。

【0105】

特に、内視鏡用の光学鏡筒には、直径が数ミリのものも存在し、このような光学鏡筒の光学系を構成する光学素子の製造誤差を小さくするのは容易ではない。さらに、内視鏡用の光学鏡筒では、光軸と平行な方向の長さが、直径の50倍以上のものも存在し、このような非常に細長い光学鏡筒の光学系を構成する光学素子の組立誤差による光軸のシフト偏心やチルト偏心を小さくするのは容易ではない。

40

【0106】

実施例1～4で説明した光学鏡筒100(300)、400、600、800を内視鏡の光学鏡筒として用いることにより、製造誤差や組立誤差に起因する光学性能(像性能)の劣化を抑えることができ、良好な観察が可能な内視鏡を実現することができる。

【0107】

特に、手術に用いる医療用内視鏡では、光学鏡筒の光学性能の劣化が大きいと、観察される映像に対して医師が違和感を覚えやすく、疲労が早まるおそれがある。光学性能の劣化が少ない実施例1～4で説明した光学鏡筒100(300)、400、600、800

50

を医療用内視鏡に適用することにより、映像に対する違和感を低減することができる。

【 0 1 0 8 】

なお、実施例 1 ～ 4 で説明した光学鏡筒 1 0 0 (3 0 0) , 4 0 0 , 6 0 0 , 8 0 0 は、医療用に限らず、工業用の内視鏡に用いることも可能である。

【 0 1 0 9 】

以上説明した各実施例は代表的な例にすぎず、本発明の実施に際しては、各実施例に対して種々の変形や変更が可能である。

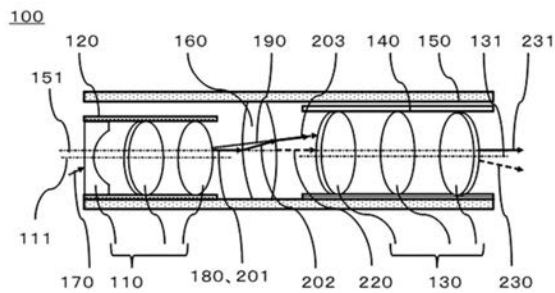
【符号の説明】

【 0 1 1 0 】

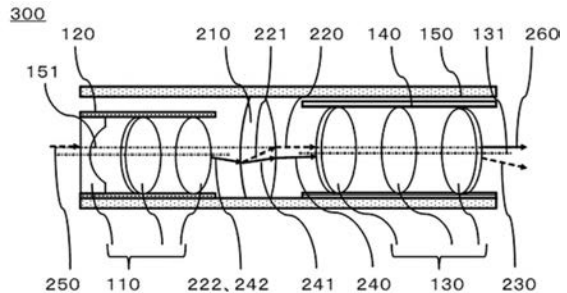
1 0 0 (3 0 0) , 4 0 0 , 6 0 0 , 8 0 0 光学鏡筒
 1 1 0 , 4 1 0 , 6 1 0 , 8 1 0 第 1 の光学系
 1 2 0 , 4 2 0 , 6 2 0 , 8 2 0 第 1 の鏡筒
 1 3 0 , 4 3 0 , 6 3 0 , 8 3 0 第 2 の光学系
 1 4 0 , 4 4 0 , 6 4 0 , 8 4 0 第 2 の鏡筒
 1 5 0 , 4 5 0 , 6 5 0 , 8 5 0 第 3 の鏡筒
 1 6 0 , 2 1 0 , 4 6 0 , 6 6 0 , 7 1 0 , 8 6 0 補正光学素子

10

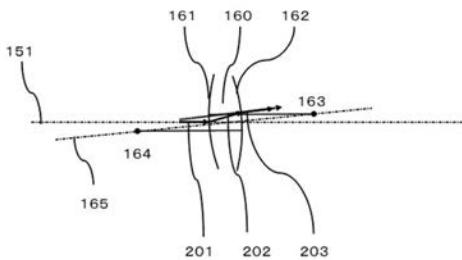
【 図 1 】



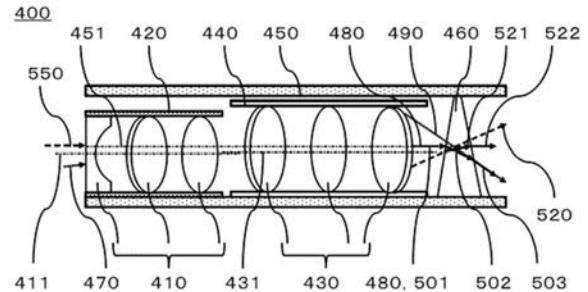
【 図 3 】



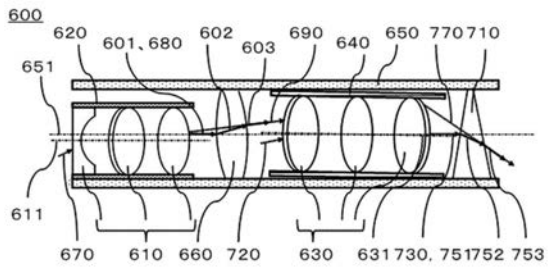
【 図 2 】



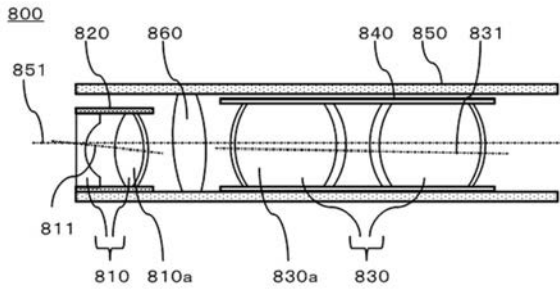
【 図 4 】



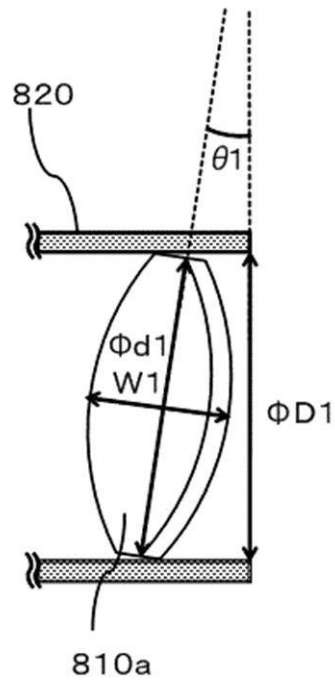
【図 5】



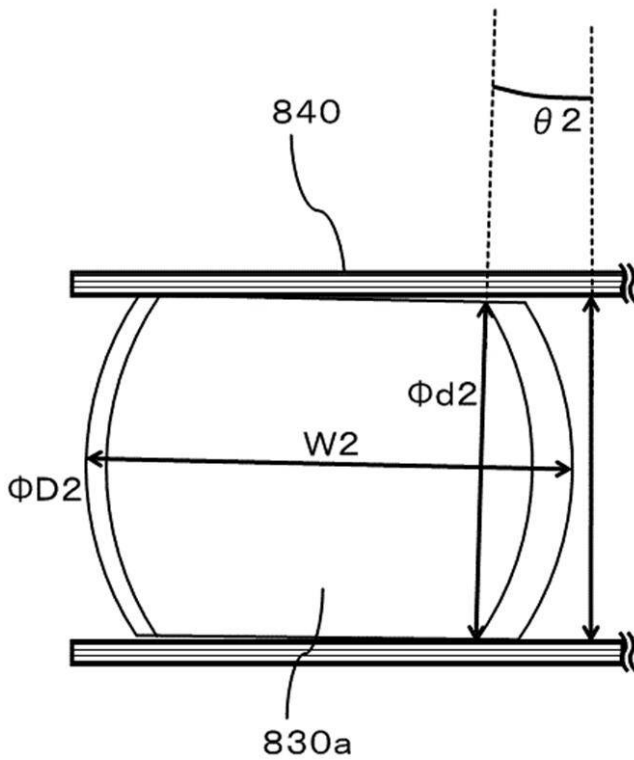
【図 6】



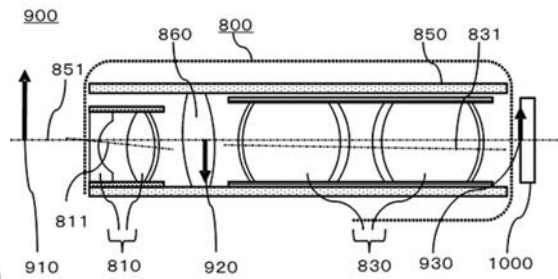
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H040 CA23 GA02

2H044 AC01

4C161 BB02 CC03 CC06 DD01 FF47 JJ06 LL03

专利名称(译)	光学镜筒和内窥镜		
公开(公告)号	JP2016080819A	公开(公告)日	2016-05-16
申请号	JP2014210901	申请日	2014-10-15
[标]申请(专利权)人(译)	佳能株式会社		
申请(专利权)人(译)	佳能公司		
[标]发明人	辻 穰 須藤 裕次		
发明人	辻 穰 須藤 裕次		
IPC分类号	G02B7/02 A61B1/00 G02B23/24		
FI分类号	G02B7/02.C A61B1/00.A A61B1/00.300.T G02B23/24.A A61B1/00.R A61B1/00.730 A61B1/00.731		
F-TERM分类号	2H040/CA23 2H040/GA02 2H044/AC01 4C161/BB02 4C161/CC03 4C161/CC06 4C161/DD01 4C161/FF47 4C161/JJ06 4C161/LL03		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：为了在不增加每个镜筒的制造精度和装配精度的情况下获得良好的光学性能，第一和第二镜筒容纳在第三镜筒中。光学镜筒100包括保持第一光学系统110的第一镜筒120，保持第二光学系统130的第二镜筒140，以及第一和第二光学系统130并且第三镜筒150具有内周表面，该内周表面的内径大于镜筒的外周表面的外径，并且在内周表面内容纳第一和第二镜筒。校正光学元件160对第三镜筒的内周表面的中心轴151与第一光学系统的光轴111和第二光学系统的光轴131之间的相互偏心进行光学校正。如图3所示，镜筒的内周表面。

