



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107111110 B

(45)授权公告日 2019.06.25

(21)申请号 201680003446.7

(22)申请日 2016.05.18

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107111110 A

(43)申请公布日 2017.08.29

(30)优先权数据
2015-108613 2015.05.28 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2017.04.28

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2016/064708 2016.05.18

(87)PCT国际申请的公布数据
W02016/190184 JA 2016.12.01

(73)专利权人 奥林巴斯株式会社
地址 日本东京都

(72)发明人 五十岚勉

(74)专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事务
所(普通合伙) 11277
代理人 刘新宇

(51)Int.Cl.
G02B 13/04(2006.01)
A61B 1/00(2006.01)
G02B 23/26(2006.01)

(56)对比文件
CN 102414597 A, 2012.04.11,
WO 2014/175038 A1, 2014.10.30,
WO 2014/208373 A1, 2014.12.31,
JP 特开2012-37768 A, 2012.02.23,
JP 特开2009-300796 A, 2009.12.24,
JP 2628627 B2, 1997.07.09,

审查员 吴美瑞

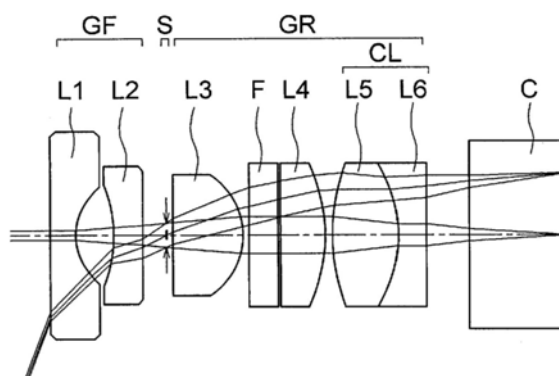
权利要求书1页 说明书22页 附图6页

(54)发明名称

内窥镜物镜光学系统

(57)摘要

本发明提供一种细径、水中视角广、视角的偏差小且光学系统的全长短的内窥镜物镜光学系统。内窥镜物镜光学系统由从物体侧起依次配置的具有负的折射力的前组(GF)、亮度光圈(S)以及具有正的折射力的后组(GR)组成,前组由第一负透镜(L1)和第二负透镜(L2)组成,满足以下的条件式(1)、(2)、(3)、(4)。 $1 < I_w/ft < 1.8$ (1) $4 < Lt/I_w < 9.5$ (2) $Lsf/ft < 2.8$ (3) $0.38 < \Sigma La/Lsf < 0.6$ (4)。



1. 一种内窥镜物镜光学系统,其特征在于,

由从物体侧起依次配置的具有负的折射力的前组、亮度光圈以及具有正的折射力的后组组成,

所述前组由第一负透镜和第二负透镜组成,

该内窥镜物镜光学系统满足以下的条件式(1)、(2)、(3')以及(4),

$$1 < I_w / f_t < 1.8 \quad (1)$$

$$4 < L_t / I_w < 9.5 \quad (2)$$

$$1.49 \leq L_{sf} / f_t \leq 2.30 \quad (3')$$

$$0.38 < \Sigma L_a / L_{sf} < 0.6 \quad (4)$$

在此,

I_w 为最大像高,

f_t 为所述内窥镜物镜光学系统整个系统的焦距,

L_t 为所述内窥镜物镜光学系统整个系统的全长,

L_{sf} 为从物体侧第一面到所述亮度光圈的间隔,

ΣL_a 为从所述物体侧第一面到所述亮度光圈之间的空气间隔的和,

所述全长为从所述物体侧第一面到像位置的距离,

所述物体侧第一面为所述内窥镜物镜光学系统中位于最靠近物体侧的位置的透镜面。

2. 根据权利要求1所述的内窥镜物镜光学系统,其特征在于,

所述后组在物体侧具有第一正透镜和第二正透镜,

该内窥镜物镜光学系统满足以下的条件式(5)和(6),

$$0.25 < P_{Sp12} \times f_t \quad (5)$$

$$0.5 < |P_{Sp12} / P_{Sn12}| < 1.1 \quad (6)$$

在此,

f_t 为所述内窥镜物镜光学系统整个系统的焦距,

P_{Sp12} 为所述第一正透镜与所述第二正透镜的珀兹伐和,

P_{Sn12} 为所述第一负透镜与所述第二负透镜的珀兹伐和。

3. 根据权利要求2所述的内窥镜物镜光学系统,其特征在于,

所述后组在所述第二正透镜的像侧具有接合透镜,

所述接合透镜包括具有正的折射力的透镜和具有负的折射力的透镜,该内窥镜物镜光学系统满足以下的条件式(7),

$$0.02 < P_{S3} \times f_t \quad (7)$$

在此,

f_t 为所述内窥镜物镜光学系统整个系统的焦距,

P_{S3} 为所述接合透镜的珀兹伐和。

内窥镜物镜光学系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种内窥镜物镜光学系统,主要涉及一种医疗用内窥镜的物镜光学系统。

背景技术

[0002] 作为以泌尿器官类脏器为对象的内窥镜,有将插入部经尿道插入的内窥镜(以下称为“泌尿器官用内窥镜”)。在泌尿器官用内窥镜中,为了能够将插入部插入尿道内,必须使插入部的外径为7mm以下。因此,泌尿器官用内窥镜的插入部的直径是比在胃的诊查、大肠的诊查等中众所周知的消化管用内窥镜的插入部细的细径。另外,泌尿器官类脏器通常被尿充满。因此,在泌尿器官用内窥镜中使用的内窥镜物镜光学系统成为假定水中观察的光学设计。

[0003] 在专利文献1中公开了一种水中观察时的视角(以下称为“水中视角”)广的内窥镜物镜光学系统。专利文献1的内窥镜物镜光学系统由具有负的折射力的第一组、开口光圈以及具有正的折射力的第二组组成。在专利文献1的内窥镜物镜光学系统中,水中视角为 $105^{\circ} \sim 164^{\circ}$ 。

[0004] 另外,在专利文献1中记载了观察空间的介质。此处的观察空间是通过泌尿器官用内窥镜来观察泌尿器官类脏器的情况下的空间。在专利文献1中示出了该情况下的观察空间的介质是以水为主要成分的灌流液、尿,那些介质的折射率可以视为与水同等。

[0005] 并且,在专利文献1中列举了水中视角相对于空气中观察时的视角(以下称为“空气中视角”)被窄角化。在专利文献1中,如以下那样示出了空气中视角与水中视角的关系。

	空气中视角	180°	160°	140°	120°
[0006]	水中视角	97.2°	95.3°	89.7°	81.0°

[0007] 将水在d线上的折射率设为1.333、将内窥镜物镜光学系统的最靠近物体侧的透镜设为平面而计算上述的空气中视角和水中视角。

[0008] 上述的关系意味着即使是例如空气中视角为 120° 的内窥镜物镜光学系统,如果将该内窥镜物镜光学系统使用为膀胱用内窥镜,则在实际使用时、即在水中观察时视角也变窄为 81° 。在专利文献1中呈现出了以下问题:即使是空气中视角广的内窥镜物镜光学系统,也不能高效地进行膀胱内表面整个区域中的病变的搜索。

[0009] 在专利文献2中公开了能够进行视角的切换、或者能够降低视角的偏差的内窥镜物镜光学系统。视角的偏差是由于部件的加工精度、装配误差等而产生的。专利文献2的内窥镜物镜光学系统由具有负的折射力的第一组、开口光圈以及具有正的折射力的第二组组成。而且,使局部的透镜移动而能够改变焦距。

[0010] 在专利文献2的内窥镜物镜光学系统中,空气中视角为广角端,约为 170° 。在专利

文献2的实施例7中,使光学系统的前端面具有正折射力。由此,实施例7成为水中视角最广的实施例。实施例7中的水中视角为 119° 。在前端面为平面的内窥镜物镜光学系统中,鉴于水中视角通常小于 100° ,则对比文献2的实施例7的内窥镜物镜光学系统在水中观察时也可以说是广角。

[0011] 在专利文献3中公开了降低了视角偏差的内窥镜用摄像单元。专利文献3的内窥镜物镜光学系统由具有负的折射力的第一组和具有正的折射力的第二组组成。而且,使局部的透镜移动而能够改变视角。

[0012] 在专利文献3的内窥镜物镜光学系统中,空气中视角为 $145^{\circ}\sim 173^{\circ}$ 。当换算为水中视角时,在前端面为平面的实施例中,水中视角小于 100° 。另外,实施例4是前端面具有正折射力的实施例,是水中视角最广的实施例,但是在该实施例4中,水中视角也为 105° 。

[0013] 在专利文献4中公开了视角能够切换的内窥镜物镜光学系统。专利文献4的内窥镜物镜光学系统由具有负的折射力的第一组、开口光圈以及具有正的折射力的第二组组成。而且,使局部的透镜移动来进行变焦。专利文献4的内窥镜物镜光学系统的特征在于特别是在第一组配置有至少两个负透镜。

[0014] 在专利文献4的所有实施例中,前端面为平面,空气中视角约为 138° 。因此,当换算为水中视角时,视角只有 89° 左右。

[0015] 专利文献5公开了一种超广角且能够进行视角的切换的内窥镜物镜光学系统。在专利文献5的内窥镜物镜光学系统中,空气中视角为 180° 以上。专利文献5的内窥镜物镜光学系统由具有负的折射力的第一组、具有负的折射力的第二组、开口光圈、具有正的折射力的第三组以及具有正的折射力的第四组组成。而且,使局部的透镜移动来进行变焦。

[0016] 在专利文献5中,没有关于水中观察进行说明。然而,在所有实施例中,前端面都具有正折射力。因此,专利文献5的内窥镜物镜光学系统的结构为有利于水中视角的广角化的结构。基于这样的情形认为,专利文献5的内窥镜物镜光学系统能够取得非常大的水中视角。

[0017] 在专利文献6中公开了超广角的内窥镜物镜光学系统。在专利文献6的内窥镜物镜光学系统中,空气中视角为 180° 以上。专利文献6的内窥镜物镜光学系统由具有负的折射力的第一组、开口光圈以及具有正的折射力的第二组组成。

[0018] 在专利文献6中,没有关于水中观察进行说明。然而,在所有实施例中,前端面具有正折射力。因此,专利文献6的内窥镜物镜光学系统的结构为有利于水中视角的广角化的结构。基于这样的情形认为,专利文献6的内窥镜物镜光学系统能够取得非常大的水中视角。

[0019] 在专利文献7中公开了超广角的内窥镜物镜光学系统。在专利文献7的内窥镜物镜光学系统中,空气中视角为 180° 以上。专利文献7的内窥镜物镜光学系统由具有负的折射力的第一组、开口光圈以及具有正的折射力的第二组组成。

[0020] 在专利文献7中,没有关于水中观察进行说明。然而,在所有实施例中,前端面都具有正折射力。因此,专利文献7的内窥镜物镜光学系统的结构为有利于水中视角的广角化的结构。基于这样的情形认为,专利文献7的内窥镜物镜光学系统能够取得非常大的水中视角。

[0021] 在专利文献8中公开了假定水中观察的内窥镜物镜光学系统。但是,即使是空气中视角最大的实施例(6~9、17、18),视角也为 138.3° 。该视角若换算为水中视角则为 89° 。

- [0022] 专利文献1:国际公开第2014/208373号
[0023] 专利文献2:日本特开平7-181377号公报
[0024] 专利文献3:日本特开2006-3549号公报
[0025] 专利文献4:日本特开2002-14282号公报
[0026] 专利文献5:日本特开2012-47909号公报
[0027] 专利文献6:国际公开第2011/70897号
[0028] 专利文献7:国际公开第2011/148822号
[0029] 专利文献8:日本特开平5-288986号公报

发明内容

[0030] 发明要解决的问题

[0031] 在专利文献1所公开的内窥镜物镜光学系统中,没有考虑视角的偏差。另外,为了光学地进行视角调整,需要移动透镜。然而,在专利文献1的内窥镜物镜光学系统中,不能说充分确保了透镜移动所需要的空间。

[0032] 另外,在专利文献2所公开的内窥镜物镜光学系统中,由于最靠近物体侧的透镜过大,因此难以实现细径化。

[0033] 另外,不能说专利文献3所公开的内窥镜物镜光学系统是水中视角非常广。

[0034] 另外,不能说专利文献4所公开的内窥镜物镜光学系统是水中视角非常广。并且,参照各实施例的图时,处于最靠近物体侧的位置的透镜的外径大于像高。因此,在实现了水中视角的更广角化时,难以实现细径化。

[0035] 另外,在专利文献5所公开的内窥镜物镜光学系统中,参照广角状态的光线图时,在各实施例中,处于最靠近物体侧的位置的透镜的外径与像高相比非常大。因此,难以实现细径化。

[0036] 另外,在专利文献6所公开的内窥镜物镜光学系统中,没有考虑视角的偏差。另外,为了光学地进行视角调整,需要移动透镜,但是在专利文献6的内窥镜物镜光学系统中,不能说充分地确保了透镜移动所需要的空间。

[0037] 另外,在专利文献7所公开的内窥镜物镜光学系统中,光学系统的全长过长。

[0038] 另外,在专利文献8所公开的内窥镜物镜光学系统中,不能说水中视角是在实际使用时足够的视角。并且,没有考虑视角的偏差,因此没有关于设法降低视角的偏差的公开。

[0039] 如以上那样,在专利文献1~8所公开的内窥镜物镜光学系统中,无法同时满足膀胱用内窥镜主要需要的细径、水中视角广、视角的偏差小且光学系统的全长短这样的要求。

[0040] 本发明是鉴于这样的问题点而完成的,其目的在于提供一种细径、水中视角广、视角的偏差小且光学系统的全长短的内窥镜物镜光学系统。

[0041] 用于解决问题的方案

[0042] 为了解决上述问题并达成目的,本发明的内窥镜物镜光学系统的特征在于,

[0043] 由从物体侧起依次配置的具有负的折射力的前组、亮度光圈以及具有正的折射力的后组组成,

[0044] 前组由第一负透镜和第二负透镜组成,

[0045] 该内窥镜物镜光学系统满足以下的条件式(1)、(2)、(3)、(4),

- [0046] $1 < I_w / f_t < 1.8$ (1)
- [0047] $4 < L_t / I_w < 9.5$ (2)
- [0048] $L_{sf} / f_t < 2.8$ (3)
- [0049] $0.38 < \Sigma L_a / L_{sf} < 0.6$ (4)
- [0050] 在此，
- [0051] I_w 为最大像高，
- [0052] f_t 为内窥镜物镜光学系统整个系统的焦距，
- [0053] L_t 为内窥镜物镜光学系统整个系统的全长，
- [0054] L_{sf} 为从物体侧第一面到亮度光圈的间隔，
- [0055] ΣL_a 为从物体侧第一面到亮度光圈之间的空气间隔的和，
- [0056] 全长为从物体侧第一面到像位置的距离，
- [0057] 物体侧第一面为内窥镜物镜光学系统中位于最靠近物体侧的位置的透镜面。
- [0058] 另外，本发明的另一内窥镜物镜光学系统的特征在于，
- [0059] 由从物体侧起依次配置的具有负的折射力的前组、亮度光圈以及具有正的折射力的后组组成，
- [0060] 前组由第一负透镜和第二负透镜组成，
- [0061] 后组由第一正透镜、第二正透镜以及接合透镜组成，
- [0062] 接合透镜包括具有正的折射力的透镜和具有负的折射力的透镜，
- [0063] 该内窥镜物镜光学系统满足以下的条件式(1)、(2)、(3)、(4)，
- [0064] $1 < I_w / f_t < 1.8$ (1)
- [0065] $4 < L_t / I_w < 9.5$ (2)
- [0066] $L_{sf} / f_t < 2.8$ (3)
- [0067] $0.38 < \Sigma L_a / L_{sf} < 0.6$ (4)
- [0068] 在此，
- [0069] I_w 为最大像高，
- [0070] f_t 为内窥镜物镜光学系统整个系统的焦距，
- [0071] L_t 为内窥镜物镜光学系统整个系统的全长，
- [0072] L_{sf} 为从物体侧第一面到亮度光圈的间隔，
- [0073] ΣL_a 为从物体侧第一面到亮度光圈之间的空气间隔的和，
- [0074] 全长为从物体侧第一面到像位置的距离，
- [0075] 物体侧第一面为内窥镜物镜光学系统中位于最靠近物体侧的位置的透镜面。
- [0076] 发明的效果
- [0077] 根据本发明，能够提供一种细径、水中视角广、视角的偏差小且光学系统的全长短的内窥镜物镜光学系统。

附图说明

- [0078] 图1是表示本实施方式的内窥镜物镜光学系统的基本结构的图。
- [0079] 图2是表示本实施方式的内窥镜单元的图，(a)是表示第一结构的图，(b)是表示第二结构的图。

[0080] 图3是表示实施例1所涉及的内窥镜物镜光学系统的截面结构的图,是分别表示球面像差(SA)、像散(AS)以及畸变像差(DT)的像差图。

[0081] 图4是表示实施例2所涉及的内窥镜物镜光学系统的截面结构的图,是分别表示球面像差(SA)、像散(AS)以及畸变像差(DT)的像差图。

[0082] 图5是表示实施例3所涉及的内窥镜物镜光学系统的截面结构的图,是分别表示球面像差(SA)、像散(AS)以及畸变像差(DT)的像差图。

[0083] 图6是表示摄像范围的概念图,(a)是表示水中观察状态下的摄像范围的图,(b)是表示空气中观察状态下的摄像范围的图。

具体实施方式

[0084] 以下,对于本实施方式所涉及的内窥镜物镜光学系统,使用附图来说明采用这种结构的理由和作用。此外,本发明并不限于以下的实施方式所涉及的内窥镜物镜光学系统。

[0085] 对于本实施方式的内窥镜物镜光学系统的基本结构进行说明。基本结构的光学系统由从物体侧起依次配置的具有负的折射力的前组、亮度光圈以及具有正的折射力的后组组成,前组由第一负透镜和第二负透镜构成。

[0086] 本实施方式的内窥镜物镜光学系统是超广角光学系统。因此,在本实施方式的内窥镜物镜光学系统中,为了确保非常广的视角,在基本结构中采用了最适合于视角扩大的所谓的反远距型的结构。

[0087] 图1中表示本实施方式的内窥镜物镜光学系统的基本结构的一例。在基本结构中,由从物体侧起依次配置的具有负的折射力的前组GF、亮度光圈S以及具有正的折射力的后组GR构成光学系统。

[0088] 并且,在基本结构中,由第一负透镜L1和第二负透镜L2构成了前组GF。第一负透镜L1和第二负透镜L2均为单透镜。这样,通过将构成前组GF的透镜限定为两个负的单透镜,由此在比亮度光圈S更靠物体侧的空间中排除了不对广角化、入射光瞳位置的缩短以及视角调整作出贡献的构造物。入射光瞳位置的缩短是指使入射光瞳位置更接近物体侧。

[0089] 本实施方式的内窥镜物镜光学系统在泌尿器官类脏器的观察中也能够使用。如前述的那样,在水中进行泌尿器官类脏器的观察。为了在水中观察时确保广的视角,如果前组GF的负透镜为一个则负的折射力不足。因此,通过由两个负透镜构成前组GF,充分地确保了负的折射力。其结果,在水中的观察时能够确保广的视角。

[0090] 如果前组GF的第一负透镜L1和第二负透镜L2中的任一个、或者两方由接合透镜构成,则由于透镜壁厚的增大而导致比亮度光圈S更靠物体侧的空间变长。通过将第一负透镜L1和第二负透镜L2分别设为单透镜,能够避免前组GF中的透镜壁厚增大。其结果,能够使比亮度光圈S更靠物体侧的空间中透镜所占的空间最小化。

[0091] 这种前组GF的结构实现前组GF的长度的缩短,并且也对光学系统整体的长度的缩短作出贡献。

[0092] 这样,本实施方式的内窥镜物镜光学系统中的基本结构为细径化(透镜外径的小径化)、广角化、光学系统全长的缩短化都考虑到的结构。

[0093] 此外,在超广角光学系统中也存在在亮度光圈S的物体侧配置有正透镜的光学系

统。然而,配置在前组GF的正的折射力在使视角变窄的方向上起作用。并且,正的折射力使入射光瞳位置位于更靠像侧的位置,因此使透镜外径增大。因此,不期望在亮度光圈S的物体侧配置正透镜。

[0094] 亮度光圈S配置在前组GF与后组GR之间。在前组GF与后组GR的间隔窄的情况下,也可以将亮度光圈S设置在透镜面。作为将亮度光圈S设置在透镜面的方法,例如有在透镜面涂布金属遮光膜并通过蚀刻形成开口的方法、在透镜与框之间夹持圆环状的薄的金属板的方法。

[0095] 后组GR由第一正透镜L3、第二正透镜L4以及接合透镜CL构成。接合透镜CL由正透镜L5和负透镜L6构成。另外,在后组GR配置有光学滤波器F。在图1中,光学滤波器F配置在第一正透镜L3与第二正透镜L4之间。

[0096] 光学滤波器F例如是红外线截止滤波器、色温变换滤波器。这些滤波器用于CCD等摄像元件的灵敏度校正。

[0097] 另外,也可以将激光截止滤波器、特殊功能滤波器配置在光学系统中。作为激光截止滤波器,例如有用于使YAG激光器、半导体激光器等激光截止的滤波器。作为特殊功能滤波器,例如有使特定波长范围的光线截止的陷波滤波器。

[0098] 另外,光学滤波器F也可以使用吸收型的滤波器、反射型的滤波器、或者将它们形成在一起的复合型的滤波器。另外,也可以使用施加过防反射膜的滤波器。

[0099] 在后组GR的像侧配置有玻璃块C。玻璃块C是假定为固体摄像元件的护罩玻璃的器件。在玻璃块C的像侧面形成有像高为 I_w 的物体的像。玻璃块C的像侧面与摄像元件的摄像面一致。

[0100] 下面说明第一实施方式的内窥镜物镜光学系统和第二实施方式的内窥镜物镜光学系统。

[0101] 第一实施方式的内窥镜物镜光学系统的特征在于,具备上述的基本结构,并且满足以下的条件式(1)、(2)、(3)、(4)。

[0102] $1 < I_w / f_t < 1.8$ (1)

[0103] $4 < L_t / I_w < 9.5$ (2)

[0104] $L_{sf} / f_t < 2.8$ (3)

[0105] $0.38 < \Sigma L_a / L_{sf} < 0.6$ (4)

[0106] 在此,

[0107] I_w 为最大像高,

[0108] f_t 为内窥镜物镜光学系统整个系统的焦距,

[0109] L_t 为内窥镜物镜光学系统整个系统的全长,

[0110] L_{sf} 为从物体侧第一面到亮度光圈的间隔,

[0111] ΣL_a 为从物体侧第一面到亮度光圈之间的空气间隔的和,

[0112] 全长为从物体侧第一面到像位置的距离,

[0113] 物体侧第一面为内窥镜物镜光学系统中位于最靠近物体侧的位置的透镜面。

[0114] 条件式(1)是与水中视角相关联的条件式。最大像高 I_w 是还考虑水中观察后的最大像高。 f_t 是内窥镜物镜光学系统整个系统的焦距。但是,在物体侧第一面具有曲率的情况下,焦距根据物体侧介质的折射率而变化。因此, f_t 与一般的透镜的焦距的定义同样地设为

将物体侧介质设为空气时的焦距。

[0115] 在条件式(1)中,如果 I_w/f_t 的值变小则水中视角变窄,如果 I_w/f_t 的值变大则水中视角变广。

[0116] 在为了空气中的观察而设计的以往的内窥镜物镜光学系统中,像高 H 多与焦距 f_t 和入射角 θ_a 的正弦大致成比例。这样的内窥镜物镜光学系统作为所谓的 $H=f_t \times \sin(\theta_a)$ 型的物镜光学系统而众所周知。 θ_a 是物体侧介质空间中的主光线与光轴所形成的角度,且是空气中观察时的角度。在 $H=f_t \times \sin(\theta_a)$ 型的物镜光学系统中, H/f_t 的值为1以下。

[0117] 与其相对地,关于第一实施方式的内窥镜物镜光学系统,由条件式(1)可知, I_w/f_t 的值大于1。这意味着在第一实施方式的内窥镜物镜光学系统中,将水中观察时的最大像高取得比在空气中观察时假定的像高大。超过条件式(1)的下限值有助于水中视角的广角化。通过低于条件式(1)的上限值而能够避免水中视角的过度的广角化。

[0118] 如果低于条件式(1)的下限值,则水中视角变窄。即,难以充分地获得水中的观察所需要的视角。

[0119] 如果超过条件式(1)的上限值,则导致水中视角变得过广。在该情况下,在观察视场的周边部、由摄像元件获取到的图像周边部产生明亮度的下降。因此,不期望超过条件式(1)的上限值。作为在观察视场的周边部、图像的周边明亮度的下降,例如有照明光学系统侧的配光不足、物镜光学系统中的周边光量的下降。

[0120] 条件式(2)是与光学系统的全长相关联的条件式。 L_t/I_w 意味着通过最大像高来使光学系统的全长标准化。能够实现 L_t/I_w 的值越小则光学系统的全长越短的内窥镜物镜光学系统。可以考虑为最大像高与固体摄像元件的摄像面尺寸大致成比例。

[0121] 如果低于条件式(2)的下限值,则导致光学系统的全长变得过短。其结果,难以确保视角调整所需要的空间,并难以确保充分的像差校正以及透镜制造时的容易性。因此,不期望低于条件式(2)的下限值。

[0122] 如果超过条件式(2)的上限值,则前端硬质部长度增加。如果前端硬质部长度长,则在使内窥镜的前端部弯曲时,到被摄体的距离变短。其结果,由于视场变窄了,因此广角化所产生的视场扩大的价值降低。因此,不期望超过条件式(2)的上限值。

[0123] 条件式(3)是与透镜的最大直径相关联的条件式。一般地,在广角透镜中,所谓的前透镜为具有最大直径的透镜。在第一实施方式的内窥镜物镜光学系统中,具有物体侧第一面的透镜、即第一负透镜相当于前透镜。

[0124] 在超广角透镜中,第一负透镜中的光线高由视角和入射光瞳位置大致决定。在确定了视角的情况下,入射光瞳位置成为用于决定第一负透镜中的光线高的参数。入射光瞳位置越是向着像侧远离物体侧第一面,第一负透镜中的光线高越高。因此,为了使第一负透镜小径化,需要设法使入射光瞳位置接近物体侧第一面。

[0125] 为了使入射光瞳位置接近物体侧第一面,只要缩短从物体侧第一面到亮度光圈的间隔(以下称为“ L_{sf} ”)即可。因此,通过内窥镜物镜光学系统整个系统的焦距(以下称为“ f_t ”)来使 L_{sf} 标准化,并设置了上限值。此外,在条件式(3)中,不是通过最大像高而是通过 f_t 来使 L_{sf} 标准化。这样做的理由是为了将视角的因素也添加到条件中。

[0126] 当例如设为最大像高由摄像元件的摄像面尺寸决定时,最大像高不包含视角的因素。另一方面,关于 f_t ,当使最大像高固定时,如果 f_t 的值变小则视角变广这样的关系成立。

这样, f_t 包含了视角的因素。

[0127] 通过 f_t 来使 L_{sf} 标准化, 由此随着广角化, f_t 的值越小则 L_{sf} 的上限值也越小。其结果, 能够更严格地进行第一负透镜的外径的限制。

[0128] 如果超过条件式 (3) 的上限值, 则第一负透镜的外径增大。与此同时, 内窥镜、尤其是前端硬质部变粗。因此, 不期望超过条件式 (3) 的上限值。

[0129] 为了改变视角, 只要改变光学系统整个系统的焦距即可。但是, 需要减小随着焦距变动所引起的焦点变动、透镜移动距离。在反远距型的光学系统中, 通过变更更具有负的折射力的透镜组与具有正的折射力的透镜组的间隔, 能够保持较小的焦点变动、移动距离并较大地改变焦距。因此, 在反远距型的光学系统中, 优选的是通过变更更具有负的折射力的透镜组与具有正的折射力的透镜组的间隔来进行视角调整。

[0130] 条件式 (4) 是与视角调整相关联的条件式。为了进行视角调整而选择能够保持较小的焦点变动、移动距离并较大地改变焦距的间隔, 需要通过透镜移动来改变该间隔。如前述的那样, 在基本结构中, 采用了反远距型的结构。在第一实施方式的内窥镜物镜光学系统中, 负折射力与正折射力的边界在第一负透镜与第二负透镜之间、或者第二负透镜与亮度光圈之间。因此, 第一负透镜与第二负透镜的间隔、或者第二负透镜与亮度光圈的间隔为对于视角调整而言优选的间隔。

[0131] 内窥镜物镜光学系统由透镜、光学滤波器等光学元件构成。为了以预先决定的间隔配置这些光学元件, 而将分成多个组的光学元件分别通过框构件来保持, 只要调整框构件彼此的位置即可。此时, 光学元件、框构件等部件各自存在由于制造误差所引起的尺寸偏差。因此, 根据部件的组合的不同, 也存在内窥镜物镜光学系统的广角端的视角超过预先设定的容许范围而变得过广。

[0132] 在如前述的那样, 在反远距型的光学系统中, 通过改变负折射力与正折射力的边界处的间隔来进行视角调整。在该情况下, 为了将过广的视角收敛于规定的容许范围内, 需要使该间隔减小。从这样的情形出发, 重要的是事先确保较大的透镜的移动宽度以能够通过间隔的减小来充分地进行视角调整。

[0133] 在第一实施方式的内窥镜物镜光学系统中, 通过满足条件式 (3), 使亮度光圈的物体侧的空间极力变窄。因此, 需要在该有限的空间内以适当的比率确保空气间隔。

[0134] $\Sigma La/L_{sf}$ 表示从物体侧第一面到亮度光圈之间的空气间隔占从物体侧第一面到亮度光圈的间隔的比率。此外, 在位于亮度光圈的物体侧的光学构件只有第一负透镜和第二负透镜的情况下, ΣLa 为第一负透镜与第二负透镜之间的空气间隔同第二负透镜与亮度光圈之间的空气间隔的和。

[0135] 如果低于条件式 (4) 的下限值, 则空气间隔所占的比率变得过小。在该情况下, 无法充分地确保视角调整所需要的调整宽度。特别地, 在内窥镜物镜光学系统由带来过度的广角侧偏差的部件的组合构成的情况下, 无法充分地使视角变窄。因此, 不期望低于条件式 (4) 的下限值。

[0136] 如果超过条件式 (4) 的上限值, 则空气间隔所占的比率变得过大。在该情况下, 无法充分地确保第一负透镜、第二负透镜的厚度。其结果, 产生第一负透镜、第二负透镜在加工时的破损、组装后的破损等的强度的问题。因此, 不期望超过条件式 (4) 的上限值。

[0137] 视角调整位置只要在满足条件式 (4) 的基础上选择第一负透镜与第二负透镜之间

以及第二负透镜与亮度光圈之间中的任一个即可。在安装于内窥镜的小型镜框中,对镜框设计时的要求事项即框部件加工性、组装性以及可靠性品质等的考虑是重要的。视角调整位置的选择强烈地影响镜框设计。因此,关于视角调整位置的选择,期望选择在满足了镜框设计上的要求事项的基础上容易确保调整宽度的一方。

[0138] 另外,在第一实施方式的内窥镜物镜光学系统中,优选的是,后组在物体侧具有第一正透镜和第二正透镜,该内窥镜物镜光学系统满足以下的条件式(5)、(6)。

[0139] $0.25 < PSp12 \times f_t$ (5)

[0140] $0.5 < |PSp12/PSn12| < 1.1$ (6)

[0141] 在此,

[0142] f_t 为内窥镜物镜光学系统整个系统的焦距,

[0143] $PSp12$ 为第一正透镜与第二正透镜的珀兹伐和,

[0144] $PSn12$ 为第一负透镜与第二负透镜的珀兹伐和。

[0145] 条件式(5)和条件式(6)均是局部的珀兹伐和相关联的条件式。成为像面弯曲的尺度的珀兹伐和是将通过两个区域相连而形成的边界面处的折射力除以位于边界两侧的区域折射率而得到的结果的和,具有长度的倒数的量纲。能够对每个边界面计算珀兹伐和。因此,在光学系统中,根据成为计算对象的透镜面的个数,能够按每个透镜、每个透镜组计算局部的珀兹伐和。

[0146] 如前述的那样,第一实施方式的内窥镜物镜光学系统的基本结构采用了反远距型的结构。当使反远距型的光学系统超广角化时,由于前组具有较大的负的折射力,因此前组的珀兹伐和为负。其结果,容易产生有校正过度倾向的像面弯曲。为了作为光学系统整体而对其进行校正,需要在后组产生较大的正的珀兹伐和,来与在前组产生的负的珀兹伐和取得平衡。

[0147] 在反远距型的结构中,通过前组来使光束大幅地发散,大幅地发散了的光束入射至后组。因此,需要在后组内的物体侧配置具有较大的正的折射力的透镜,将光束尽可能地在后组内的物体侧变换为收敛方向。这样,利用在后组内的物体侧配置的具有正的折射力的透镜和该透镜的折射率来抵消在前组产生的负的珀兹伐和是有效的。

[0148] 在第一实施方式的内窥镜物镜光学系统中,将第一正透镜和第二正透镜配置在后组,使该两个正透镜的珀兹伐和具有正的较大的值。此外,在内窥镜物镜光学系统中,期望缩短光学系统的全长。因此,在光学系统内配置透镜的空间有限。为了在该有限的空间内高效地产生正的珀兹伐和,与其将第一正透镜和第二正透镜设为接合透镜,更期望保持为单透镜,并且期望通过正透镜各自的折射力和折射率的选择来满足条件式(5)。

[0149] 条件式(5)是与第一正透镜同第二正透镜的珀兹伐和(以下称为“ $PSp12$ ”)相关联的条件式,是将 $PSp12$ 乘以 f_t 来进行无量纲化并进行标准化得到的。

[0150] 如果低于条件式(5)的下限值,则后组中的正的珀兹伐和变得过小。因此,在利用正的珀兹伐和来抵消前组中的负的珀兹伐和时,正的珀兹伐和绝对是不够的。因此,不期望低于条件式(5)的下限值。

[0151] 条件式(6)是与前述的 $PSp12$ 同前组的珀兹伐和(以下称为“ $PSn12$ ”)的平衡相关的条件式。在第一实施方式的内窥镜物镜光学系统中,期望尽可能地减小 $PSn12$ 的绝对值。然而,前组的折射力由视角、透镜的外径等大致决定。因此,作为用于减小 $PSn12$ 的绝对值的自

由度,只是第一负透镜和第二负透镜使用高折射率材料这样程度的自由度。

[0152] 从这样的情形出发,实质上,PSn12作为绝对值而言残留了较大的值。因此,针对具有较大的值的PSn12而有意地产生较大的值的PSp12,来取得平衡。由于PSp12的值的符号与PSn12的值的符号是异号,因此在条件式(6)中,以绝对值取得了两者的比。

[0153] 如果 $|PSp12/PSn12|$ 的值为1,则成为珀兹伐和被这四个透镜抵消的状态。因此,在珀兹伐和方面,能够实现理想的内窥镜物镜光学系统。

[0154] 如果低于条件式(6)的下限值,则PSp12相对于PSn12而言过小。在该情况下,通过正的珀兹伐和无法充分地抵消负的珀兹伐和。其结果,内窥镜物镜光学系统整个系统中的珀兹伐和以校正过度的状态而残留。因此,不期望低于条件式(6)的下限值。

[0155] 顺便说一下,在观察管腔内的内窥镜中,视场周边的被摄体容易靠近内窥镜物镜光学系统。因此,像面弯曲稍有校正不足倾向会更容易聚焦于视场周边。相反地,在有校正过度倾向的像面弯曲残留的情况下,使视场周边的焦点更加模糊。因此,有校正过度倾向的像面弯曲残留是不理想的。

[0156] 如果超过条件式(6)的上限值,则PSp12不必要地变大。在该情况下,由低折射率材料构成第一正透镜和第二正透镜并且使两个正透镜具有非常大的正的折射力。然而,这样的话,偏心等制造误差灵敏度变得过高。一般来说,偏心以使点像强度分布的形状变形、或者使像面的对称性和平坦性变差的形式来使成像性能劣化。偏心的制造误差灵敏度高导致在安装时容易使成像性能劣化。因此,不期望使PSp12不必要地增大、即超过作为条件式(6)的上限值的1.1。

[0157] 另外,在第一实施方式的内窥镜物镜光学系统中,优选的是,后组在第二正透镜的像侧具有接合透镜,接合透镜包括具有正的折射力的透镜和具有负的折射力的透镜,该内窥镜物镜光学系统满足以下的条件式(7)。

$$[0158] \quad 0.02 < PS3 \times f_t \quad (7)$$

[0159] 在此,

[0160] f_t 为内窥镜物镜光学系统整个系统的焦距,

[0161] PS3为接合透镜的珀兹伐和。

[0162] 通过第一负透镜、第二负透镜、第一正透镜以及第二透镜四个透镜,能够大致实现期望的光学规格以及良好地校正像面弯曲。但是,并非仅通过这四个透镜就能够良好地完全校正球面像差、彗星像差、像散以及色像差。

[0163] 因此,在后组内追加接合透镜,该接合透镜包括具有正的折射力的透镜与具有负的折射力的透镜的组合。通过这样,能够进行球面像差、彗星像差、像散以及色像差的校正。

[0164] 在具有负的折射力的透镜中使用高折射率且高分散的玻璃材料,与具有负的折射力的透镜中所使用的玻璃材料相比,具有正的折射力的透镜使用相对低折射率且相对低分散的玻璃材料即可。这样的组合是通常使用的组合。

[0165] 但是,为了尽可能地避免像面弯曲的校正过度的倾向,在第一实施方式的内窥镜物镜光学系统中,关于接合透镜,还附加了与珀兹伐和相关的条件。

[0166] 条件式(7)是将接合透镜的珀兹伐和乘以 f_t 进行无量纲化并进行标准化得到的。通过满足条件式(7),能够将接合透镜中的珀兹伐和利用于抵消前组中的负的珀兹伐和。其结果,关系到内窥镜物镜光学系统整个系统中的珀兹伐和的改善。另外,如前述的那样,对

第一正透镜和第二正透镜的限制容易形成由制造误差所致的图像质量劣化和折衷。满足条件式(7)也能够缓和对于第一正透镜和第二正透镜的限制。

[0167] 如果低于条件式(7)的下限值,则无法得到如前述那样的效果。因此,不期望低于条件式(7)的下限值。

[0168] 第二实施方式的内窥镜物镜光学系统的特征在于,由从物体侧起依次配置的具有负的折射力的前组、亮度光圈以及具有正的折射力的后组组成,前组由第一负透镜和第二负透镜组成,后组由第一正透镜、第二正透镜以及接合透镜组成,接合透镜包括具有正的折射力的透镜和具有负的折射力的透镜,该内窥镜物镜光学系统满足以下的条件式(1)、(2)、(3)、(4)。

$$[0169] \quad 1 < I_w / f_t < 1.8 \quad (1)$$

$$[0170] \quad 4 < L_t / I_w < 9.5 \quad (2)$$

$$[0171] \quad L_{sf} / f_t < 2.8 \quad (3)$$

$$[0172] \quad 0.38 < \Sigma L_a / L_{sf} < 0.6 \quad (4)$$

[0173] 在此,

[0174] I_w 为最大像高,

[0175] f_t 为内窥镜物镜光学系统整个系统的焦距,

[0176] L_t 为内窥镜物镜光学系统整个系统的全长,

[0177] L_{sf} 为从物体侧第一面到亮度光圈的间隔,

[0178] ΣL_a 为从物体侧第一面到亮度光圈之间的空气间隔的和,

[0179] 全长为从物体侧第一面到像位置的距离,

[0180] 物体侧第一面为内窥镜物镜光学系统中位于最靠近物体侧的位置的透镜面。

[0181] 另外,优选的是,第二实施方式的内窥镜物镜光学系统满足以下的条件式(5)、(6)、(7)。

$$[0182] \quad 0.25 < P_{Sp12} \times f_t \quad (5)$$

$$[0183] \quad 0.5 < |P_{Sp12} / P_{Sn12}| < 1.1 \quad (6)$$

$$[0184] \quad 0.02 < P_{S3} \times f_t \quad (7)$$

[0185] 在此,

[0186] f_t 为内窥镜物镜光学系统整个系统的焦距,

[0187] P_{Sp12} 为第一正透镜与第二正透镜的珀兹伐和,

[0188] P_{Sn12} 为第一负透镜与第二负透镜的珀兹伐和,

[0189] P_{S3} 为接合透镜的珀兹伐和。

[0190] 第二实施方式的内窥镜物镜光学系统中的结构、条件式在第一实施方式的内窥镜物镜光学系统中进行了说明,因此省略此处的说明。

[0191] 另外,在第一实施方式的内窥镜物镜光学系统、第二实施方式的内窥镜物镜光学系统(以下称为“本实施方式的内窥镜物镜光学系统”)中,优选的是,第一负透镜是物体侧面为平面的平凹透镜。

[0192] 通过将物体侧面设为平面,能够降低透镜面的破损。另外,由于水滴难以积存在透镜面的周边部,因此能够观察的范围不会变窄。

[0193] 另外,在本实施方式的内窥镜物镜光学系统中,优选的是,第一负透镜的折射率为

1.75以上。

[0194] 通过这样,能够减小第一负透镜的外径。

[0195] 另外,在本实施方式的内窥镜物镜光学系统中,优选的是,第一负透镜的玻璃材料为蓝宝石。

[0196] 蓝宝石为硬度非常高的材料,抵抗来自外部的冲击的能力强。因此,物体侧的透镜面不容易受伤。通过使用蓝宝石,不容易发生伤痕映现到图像中、伤痕所致的光斑产生。

[0197] 另外,在本实施方式的内窥镜物镜光学系统中,优选的是,第二负透镜的物体侧面是使凹面朝向物体侧。

[0198] 另外,在本实施方式的内窥镜物镜光学系统中,优选的是,第二负透镜为平凹透镜,使凹面朝向物体侧,像侧面为平面。

[0199] 另外,在本实施方式的内窥镜物镜光学系统中,优选的是,第二负透镜的折射率为1.75以上。

[0200] 另外,在本实施方式的内窥镜物镜光学系统中,优选的是,第一正透镜的像侧面使凸面朝向像侧。

[0201] 另外,在本实施方式的内窥镜物镜光学系统中,优选的是,第一正透镜为平凸透镜,物体侧面为平面,像侧面使凸面朝向像侧。

[0202] 另外,在本实施方式的内窥镜物镜光学系统中,优选的是,第一正透镜的折射率小于1.75。

[0203] 另外,在本实施方式的内窥镜物镜光学系统中,优选的是,第二正透镜的像侧面使凸面朝向像侧。

[0204] 另外,在本实施方式的内窥镜物镜光学系统中,优选的是,第二正透镜为平凸透镜,物体侧面为平面,像侧面使凸面朝向像侧。

[0205] 另外,在本实施方式的内窥镜物镜光学系统中,优选的是,第二正透镜的折射率高于第一正透镜的折射率。

[0206] 另外,在本实施方式的内窥镜物镜光学系统中,优选的是,接合透镜的具有正的折射力的透镜是双凸透镜。

[0207] 另外,在本实施方式的内窥镜物镜光学系统中,优选的是,凹透镜的折射率为1.85以上,阿贝数为23以下。

[0208] 对于本实施方式的内窥镜物镜单元进行说明。本实施方式的内窥镜物镜单元具有内窥镜物镜光学系统、第一保持构件以及第二保持构件,内窥镜物镜光学系统的特征在于,具有从物体侧起依次配置的第一负透镜、第二负透镜、第一正透镜、第二正透镜以及接合透镜,第一保持构件至少具有第一负透镜,第二保持构件至少具有第一正透镜、第二正透镜以及接合透镜,使第一保持构件和第二保持构件沿着光轴相对地移动。

[0209] 如前述的那样,内窥镜物镜光学系统由透镜、光学滤波器等光学元件构成。为了以预先决定的间隔配置这些光学元件,而将分成多个组的光学元件分别通过框构件来保持,只要调整框构件彼此的位置即可。在此,将形成为所有的光学元件通过框构件来保持并将框构件组合在一起的状态的部分设为内窥镜物镜单元。

[0210] 在内窥镜物镜单元的组装中,进行各种调整。各种调整之一为光学系统的视角调整。在超广角光学系统中,视角非常广。因此,超广角光学系统中的视角调整是非常难的。能

够通过改变光学系统的焦距来调整视角。

[0211] 如前述的那样,在反远距型的结构中,通过变更具有负的折射力的透镜组与具有正的折射力的透镜组的间隔,能够保持较小的焦点变动、移动距离并较大地变更焦距。本实施方式的内窥镜物镜光学系统的基本结构也采用了反远距型的结构。因此,在本实施方式的内窥镜物镜单元中,也能够通过变更前组与后组的间隔而以较少的间隔变更来进行视角调整。

[0212] 如前述的那样,在基本结构中,通过两个负透镜构成前组GF,并且将两个负透镜配置为相独立的状态。因此,存在具有负的折射力的透镜组使用一个负透镜的结构(以下称为“第一结构”)和具有负的折射力的透镜组使用两个负透镜的结构(以下称为“第二结构”)。

[0213] 这样,在基本结构中,存在两个适合于视角调整的地方的候选。因此,根据需要而从两个候选中选择进行视角调整的地方即可。

[0214] 图2中表示本实施方式的内窥镜单元。图2的(a)是表示第一结构的图,图2的(b)是表示第二结构的图。

[0215] 图2的(a)中表示具有第一结构的内窥镜物镜单元。内窥镜物镜单元至少具有内窥镜物镜光学系统和透镜框。内窥镜物镜光学系统由负透镜L1、负透镜L2、正透镜L3、正透镜L4、正透镜L5以及负透镜L6构成。将正透镜L5与负透镜L6接合。

[0216] 亮度光圈S设置在正透镜L3的物体侧面。在正透镜L3与正透镜L4之间配置有光学滤波器F。在负透镜L6的像侧配置有玻璃块C。玻璃块C假定为固体摄像元件的护罩玻璃。玻璃块C的像侧面与摄像元件的摄像面一致。在玻璃块C的像侧面形成有最大像高为 I_w 的物体的像。

[0217] 从负透镜L2到负透镜L6的光学系统具有成像作用,因此该部分的光学系统为必然具有正的折射力的透镜组。这样的话,在第一结构中,负透镜L1成为前组,负透镜L2到负透镜L6成为后组。因此,在第一结构中,能够维持反远距型所特有的透镜组的关系。其结果,负透镜L1与负透镜L2之间作为调整视角的间隔而成为较佳的场所。

[0218] 因此,在第一结构中,通过透镜框LB1来保持负透镜L1,通过透镜框LB2来保持负透镜L2、正透镜L3、光学滤波器F、正透镜L4、正透镜L5以及负透镜L6,通过透镜框LB3来保持玻璃块C。

[0219] 通过这样,能够使透镜框LB1和透镜框LB2在沿着光轴的方向上相对移动。由此,负透镜L1与负透镜L2的间隔改变。这样,在第一结构中,能够通过改变负透镜L1与负透镜L2的间隔来进行视角调整。在此,负透镜L1为第一负透镜,负透镜L2为第二负透镜。因此,在第一结构中,能够通过改变第一负透镜与第二负透镜的间隔来进行视角调整。

[0220] 另外,当改变负透镜L1与负透镜L2的间隔时,像位置改变。如前述的那样,玻璃块C的像侧面与摄像元件的摄像面一致。因此,在改变负透镜L1与负透镜L2的间隔时,也需要使玻璃块C的像侧面与像位置一致。因此,使透镜框LB2和透镜框LB3在沿着光轴的方向上相对移动。由此,负透镜L6与玻璃块C的间隔改变。其结果,能够进行焦点位置的调整。

[0221] 图2的(b)中表示具有第二结构的内窥镜物镜单元。内窥镜物镜单元至少具有内窥镜物镜光学系统和透镜框。内窥镜物镜光学系统由负透镜L1、负透镜L2、正透镜L3、正透镜L4、正透镜L5以及负透镜L6构成。将正透镜L5与负透镜L6接合。

[0222] 亮度光圈S配置在负透镜L2与正透镜L3之间。在正透镜L3与正透镜L4之间配置有

光学滤波器F。在负透镜L6的像侧配置有玻璃块C。

[0223] 在第二结构中,隔着亮度光圈S而物体侧的折射力为负折射力、像侧的折射力为正折射力。这样,在第二结构中,负透镜L1和负透镜L2成为前组,负正透镜L3到负透镜L6成为后组。这样,在第二结构中,真正实现了反远距型所特有的透镜组的关系。其结果,负透镜L2与亮度光圈S之间作为调整视角的间隔而成为较佳的场所。

[0224] 因此,在第二结构中,通过透镜框LB1来保持负透镜L1和负透镜L2,通过透镜框LB2来保持正透镜L3、光学滤波器F、正透镜L4、正透镜L5以及负透镜L6,通过透镜框LB3来保持玻璃块C。

[0225] 通过这样,能够使透镜框LB1和透镜框LB2在沿着光轴的方向上相对移动。由此,负透镜L2与亮度光圈S的间隔改变。这样,在第二结构中,能够通过改变负透镜L2与亮度光圈S的间隔来进行视角调整。在此,负透镜L2为第二负透镜。因此,在第二结构中,能够通过改变第二负透镜与亮度光圈的间隔来进行视角调整。

[0226] 另外,当改变负透镜L2与亮度光圈S的间隔时,像位置改变。如前述的那样,护罩玻璃C的像侧面与摄像元件的摄像面一致。因此,在改变负透镜L2与亮度光圈S的间隔时,也需要使玻璃块C的像侧面与像位置一致。因此,使透镜框LB2和透镜框LB3在沿着光轴的方向上相对移动。由此,负透镜L6与玻璃块C的间隔改变。其结果,能够进行焦点位置的调整。

[0227] 以下,对于实施例进行说明。各实施例的透镜截面图中显示了将物体侧空间设为水时的光线。另外,在各像差图中,横轴表示像差量。像差图所示的像差曲线表示水中观察时的像差。关于球面像差和像散,像差量的单位为mm。另外,关于畸变像差,像差量的单位为%。另外,Iw为最大像高,单位为mm,FN0为光圈值。另外,像差曲线的波长的单位为nm。球面像差表示d线上的像差。

[0228] (实施例1)

[0229] 对于实施例1所涉及的内窥镜物镜光学系统进行说明。图3是表示实施例1所涉及的内窥镜物镜光学系统的截面结构的图和像差图,(a)表示透镜截面,(b)表示球面像差(SA),(c)表示像散(AS),(d)表示畸变像差(DT)。

[0230] 如图3的(a)所示,实施例1的内窥镜物镜光学系统由从物体侧起依次配置的负折射力的前组、亮度光圈S以及正折射力的后组组成。

[0231] 前组由物体侧为平面的平凹负透镜L1以及像侧为平面的平凹负透镜L2组成。

[0232] 后组由物体侧为平面的平凸正透镜L3、物体侧为平面的平凸正透镜L4、双凸正透镜L5以及像侧为平面的平凹负透镜L6组成。在此,由双凸正透镜L5和平凹负透镜L6形成了正折射力的接合透镜。

[0233] 亮度光圈S设置在平凸正透镜L3的物体侧面。在后组配置有光学滤波器F。光学滤波器F配置在平凸正透镜L3与平凸正透镜L4之间。在后组的像侧,假定配置固体摄像元件的护罩玻璃,而配置了玻璃块C。

[0234] 如前述的那样,为了调整部件的制造误差所引起的视角的偏差,而在实施例1的内窥镜物镜光学系统中,将光学系统设计成将第一负透镜与第二负透镜之间设为用于视角调整的间隔,并能够充分地确保调整宽度。第一负透镜为平凹负透镜L1,第二负透镜为平凹负透镜L2。另外,光学设计成将接合透镜与玻璃块C之间设为焦点调整间隔,并能够充分地确保调整宽度。

[0235] 以具体的框结构表示该设计的结构是图2的(a)所示的结构。在图2的(a)所示的结构中,以两个调整间隔为边界而形成三部分构造。在透镜框LB2内配置有第二负透镜到接合透镜。将该第二负透镜到接合透镜视为光学概念上的视角调整用移动组。

[0236] 视角调整间隔的变更能够通过使透镜框LB1和透镜框LB2在光轴方向上相对移动来实现。另外,焦点调整间隔的变更能够通过使透镜框LB2和透镜框LB3在光轴方向上相对移动来实现。通常,在视角调整时,在进行了临时的焦点调整之后,基于像的尺寸来进行视角调整。此时,焦点的变动越小,作业性越好。

[0237] 实施例1中的视角调整用移动组的近轴横向倍率为-0.932倍。如在光学原理上众所周知的那样,焦点不变动的特异点是近轴横向倍率为-1倍。实施例1中的近轴横向倍率接近焦点不变动的特异点的近轴横向倍率。因此,在实施例1中,伴随视角调整产生的焦点的变动小。这样,在实施例1中,在设计光学系统时,进行了视角调整时的焦点变动变小那样的考虑。

[0238] 记述第一负透镜的特征。在第一负透镜中,将物体侧面设为平面。该构造一般作为内窥镜前端构造。一般来说,在超广角透镜、鱼眼透镜中,物体侧面为凸面。在内窥镜中,在将物体侧面设为凸面的情况下,导致照明光直接入射,因此需要设法在内窥镜前端部做成遮光构造。因此,在实施例1中,不需要针对来自未图示的照明系统的直接光入射光斑而设法进行第一负透镜、框结构处的遮光。

[0239] 另外,由于是平面因此没有突出部分这样的情形即使有东西从物体侧撞击,第一负透镜受伤的概率也低于凸面的情况。此外,优选的是,第一负透镜的材料设为机械耐久性优异的蓝宝石。只要是蓝宝石,则即使设为材料本身也不容易受伤。另外,通过对蓝宝石的外周进行金属喷镀,来与透镜框LB1焊接,由此能够提供可靠性非常高的镜框结构。

[0240] 实施例1的内窥镜物镜光学系统具有一般可以分类为鱼眼透镜的视角。尽管如此,第一负透镜的外径直径为2.2mm,非常小,因此未对内窥镜前端的构造设计施加负担。

[0241] 在第二负透镜中使用高折射率材料,来尽可能地减小负的珀兹伐和的绝对值。另外,在第二负透镜中,将亮度光圈侧设为平面。这样,在由薄板构成亮度光圈的情况下,能够与第一正透镜之间夹持亮度光圈。这样,通过设为在两个透镜的间隙夹持亮度光圈的构造,削减了空气间隔。削减光学调整间隔以外的空气间隔关系到良好的透镜加工性的确保(避免随着薄壁化所引起的加工性恶化),并且有助于缩短光学系统的全长。

[0242] 在第一正透镜中使用低折射率材料来增大正的珀兹伐和。在第一正透镜中,像侧面使凸面朝向像侧。这样,关于第一正透镜,能够进行像侧面的主光线折射角变小的设计、所谓的同心设计。为了增大第一正透镜中的正的珀兹伐和,只要具有较大的正的折射力并进行低折射率化即可。但是,这样的话,透镜面的曲率半径变小,因此容易产生像差。然而,第一正透镜形成了同心的设计。因此,在第一正透镜中,即使减小曲率半径,也能够抑制偏心所引起的像散的变动。

[0243] 第二正透镜也产生了正的珀兹伐和。但是,在第二正透镜中,使降低光线高优先于珀兹伐和的增加,因此在第二正透镜中使用了高折射率材料。在第二正透镜中,与第一正透镜相比,光线高变高。因此,第二正透镜中的像侧凸面的折射力和中壁厚对第二正透镜以后的外径产生影响。

[0244] 在第二正透镜中,像侧面使凸面朝向像侧。关于第二正透镜,也能够进行比较同心

的设计,容易提高正的折射力。因此,通过使像侧面的凸面在近轴上尽可能地接近第一正透镜,由此与第二正透镜相比能够降低像侧的光线高。

[0245] 在第二正透镜中,越是提高折射率,曲率半径越是增加。随着曲率半径的增加,能够使透镜的中壁薄壁化。并且,由于还能够获得空气当量长度的降低效果,因此能够使近轴的折射力接近第一正透镜的折射力。

[0246] 接合透镜由低折射率材料的正透镜和高折射率材料的负透镜构成。而且,通过使接合面具有负的折射力,来校正像散、彗星像差。并且,考虑了通过将接合面的物体侧的折射率与像侧的折射率的差取得较大,使得接合面的曲率半径不会变得过小。由此,抑制了随着偏心所产生的像差变动。在接合透镜的物体侧没有能够校正倍率色像差的透镜。因此,在接合透镜的负透镜中使用超高分散玻璃,通过接合透镜来一并校正倍率色像差。

[0247] 光学滤波器F例如是颜色校正滤波器。颜色校正滤波器包含使可见光范围的长波长侧到近红外波长范围衰减的吸收材料。但是,在泌尿器官用途中,存在使用Nd:YAG激光器进行肿瘤等的处置的情形。因此,也可以事先对颜色校正滤波器的单面、或者两面施加针对Nd:YAG激光器的波长而言具有大致100%的反射率的多层光学干涉膜。

[0248] 多层光学干涉膜由于入射角依赖性强,因此反射率根据入射角的不同而变化大。因此,在颜色校正滤波器具备多层光学干涉膜的情况下,需要在主光线入射角不过大的场所配置颜色校正滤波器。在实施例1的内窥镜物镜光学系统的结构中,期望颜色校正滤波器配置在与第一正透镜相比更靠像侧的位置。

[0249] 记述实施例1的内窥镜物镜光学系统的规格。在实施例1的内窥镜物镜光学系统中,水中观察状态下的最大像高 I_w 为0.942mm。假定使该最大像高 I_w 与固体摄像元件的有效摄像区域一致。因此,在水中观察状态下,使用固体摄像元件的有效摄像区域整体。

[0250] 另外,在实施例1的内窥镜物镜光学系统中,水中视角为 138.0° 。因此,实施例1的内窥镜物镜光学系统作为能够进行水中观察的内窥镜物镜光学系统而形成非常广角的光学系统。根据实施例1的内窥镜物镜光学系统,能够使用固体摄像元件的有效摄像区域整体来观察处于水中的被摄体。

[0251] 在实施例1的内窥镜物镜光学系统中,第一负透镜的物体侧为平面,因此只有在空气中视角为 180° 以下的光线能够入射到第一负透镜。当将空气中视角为 180° 时的最大像高设为 I_a 时,在 I_a 的位置成像的光线的水中视角为 97.2° 。当然,基于水中视角,将 I_a 与 I_w 的关系表示为下式。

[0252] $I_a(\text{水中视角}97.2^\circ) < I_w(\text{水中视角}138.0^\circ)$

[0253] 图6是表示摄像范围的概念图,(a)是表示水中观察状态下的摄像范围的图,(b)是表示空气中观察状态下的摄像范围的图。在图6中,以能够直观地掌握的方式图示了空气中观察状态下的摄像范围相比于水中观察状态下的摄像范围而变窄。

[0254] 在此,将针对固体摄像元件的有效摄像区域附加八角形的电视场掩模设为前提。在该情况下,有效摄像区域为八角形所表示的区域的内侧,因此摄像范围也为八角形所表示的区域的内侧。在图6的(a)和图6的(b)中,对摄像范围施加了阴影。

[0255] 图6的(a)表示水中观察状态下的摄像范围。如图6的(a)所示,在水中观察状态下,八角形所表示的区域的内侧都为摄像范围。因此,在水中观察状态下,能够将有效摄像区域的整个区域都有效地用于摄像。另外,摄像范围为八角形所表示的区域。因此,最大像高 I_w

为将八角形的中心至八角形的边连接的直线的长度中的成为最大的长度。

[0256] 图6的 (b) 表示空气中观察状态下的摄像范围。如图6的 (b) 所示, 在空气中观察状态下, 八角形所表示的区域中的圆所表示的区域为摄像范围。因此, 在空气中观察状态下, 无法将有效摄像区域的整个区域有效地利用于摄像。另外, 摄像范围为圆所表示的区域。因此, 最大像高 I_a 为圆的半径。圆的外侧的区域未被施加阴影。在该区域不形成被摄体像, 因此该区域为光学无效区域。

[0257] (实施例2)

[0258] 对于实施例2所涉及的内窥镜物镜光学系统进行说明。图4是表示实施例2所涉及的内窥镜物镜光学系统的截面结构的图和像差图, (a) 表示透镜截面, (b) 表示球面像差(SA), (c) 表示像散(AS), (d) 表示畸变像差(DT)。

[0259] 如图4(a)所示, 实施例2的内窥镜物镜光学系统由从物体侧起依次配置的负折射力的前组、亮度光圈S以及正折射力的后组组成。

[0260] 前组由物体侧为平面的平凹负透镜L1和像侧为平面的平凹负透镜L2组成。

[0261] 后组由物体侧为平面的平凸正透镜L3、物体侧为平面的平凸正透镜L4、双凸正透镜L5以及像侧为平面的平凹负透镜L6组成。在此, 由双凸正透镜L5和平凹负透镜L6形成了正折射力的接合透镜。

[0262] 亮度光圈S设置在平凸正透镜L3的物体侧面。在后组配置有光学滤波器F。光学滤波器F配置在平凸正透镜L3与平凸正透镜L4之间。在后组的像侧, 假定配置固体摄像元件的护罩玻璃, 而配置了玻璃块C。

[0263] 与实施例1同样地, 在实施例2中也假定为与固体摄像元件进行组合。但是, 在实施例2中假定的固体摄像元件的大小小于在实施例1中假定的固体摄像元件的大小。因此, 在实施例2中, 将最大像高 I_w 设定得小于实施例1中的最大像高, 来对光学系统进行了设计。

[0264] 此外, 随着减小最大像高, 需要减小衍射像的斑点尺寸。为了减小衍射像的斑点尺寸, 在实施例2中使光圈值小于实施例1中的光圈值。

[0265] 与实施例1中的透镜类型同样地, 实施例2中的透镜类型对于固体摄像元件尺寸的差异、光圈值的差异不那么敏感, 因此具有某种程度的通用性。

[0266] 如前述的那样, 为了调整部件的制造误差所引起的视角的偏差, 在实施例2的内窥镜物镜光学系统中, 将光学系统设计成将第一负透镜与第二负透镜之间设为用于视角调整的间隔, 并能够充分确保调整宽度。第一负透镜为平凹负透镜L1, 第二负透镜为平凹负透镜L2。另外, 光学设计成将接合透镜与玻璃块C之间设为焦点调整间隔, 并能够充分确保调整宽度。

[0267] 实施例2中的具体的框结构与实施例1中的框结构相同。

[0268] 如前述的那样, 在实施例2中, 将第一负透镜与第二负透镜之间设为用于视角调整的间隔。该情况下的视角调整用移动组的近轴横向倍率为-0.754倍。当以绝对值进行比较时, 实施例2中的近轴横向倍率的值小于实施例1中的近轴横向倍率的值。其理由为, 与实施例1相比, 在实施例2中, 最大像高 I_w 变小了。其结果, 在实施例2中, 与实施例1相比, 近轴横向倍率变小了。

[0269] 在此, 假设在将用于视角调整的间隔设为第二负透镜与亮度光圈之间的情况下, 从亮度光圈到接合透镜的近轴横向倍率为-1.131倍。如前述的那样, 如果是焦点不变动的

特异点,则近轴横向倍率为-1倍。接近特异点的近轴横向倍率的是将用于视角调整的间隔设为第二负透镜与亮度光圈之间的情况。因此,在实施例2中,也能够将第二负透镜与亮度光圈之间设为用于视角调整的间隔。

[0270] (实施例3)

[0271] 对于实施例3所涉及的内窥镜物镜光学系统进行说明。图5是表示实施例3所涉及的内窥镜物镜光学系统的截面结构的图和像差图,(a)表示透镜截面,(b)表示球面像差(SA),(c)表示像散(AS),(d)表示畸变像差(DT)。

[0272] 如图5(a)所示,实施例3的内窥镜物镜光学系统由从物体侧起依次配置的负折射力的前组、亮度光圈S以及正折射力的后组组成。

[0273] 前组由物体侧为平面的平凹负透镜L1和像侧为平面的平凹负透镜L2组成。

[0274] 后组由物体侧为平面的平凸正透镜L3、物体侧为平面的平凸正透镜L4、双凸正透镜L5以及使凸面朝向像侧的负弯月透镜L6组成。在此,由双凸正透镜L5和负弯月透镜L6形成了正折射力的接合透镜。

[0275] 亮度光圈S设置在平凹负透镜L2与平凸正透镜L3之间。在后组配置有光学滤波器F。光学滤波器F配置在平凸正透镜L3与平凸正透镜L4之间。在后组的像侧,假定配置固体摄像元件的护罩玻璃,而配置了玻璃块C。

[0276] 与实施例1同样地,在实施例3中也假定为与固体摄像元件进行组合。但是,在实施例3中假定的固体摄像元件的大小更小于在实施例2中假定的固体摄像元件的大小。因此,在实施例3中,将最大像高 I_w 设定得小于实施例2中的最大像高,来对光学系统进行了设计。

[0277] 如前述的那样,为了调整伴随部件的制造误差所引起的视角的偏差,在实施例3的内窥镜物镜光学系统中,将光学系统设计成将第二负透镜与亮度光圈之间设为用于视角调整的间隔,并能够充分确保调整宽度。第二负透镜为平凹负透镜L2。另外,光学设计成将接合透镜与玻璃块C之间设为焦点调整间隔,并能够充分确保调整宽度。

[0278] 以具体的框结构表示该设计的结构是图2的(b)所示的结构。在图2的(b)所示的结构中,以两个调整间隔为边界而形成三部分构造。在透镜框LB2内配置有第一正透镜到接合透镜。将该第一正透镜到接合透镜视为光学概念上的视角调整用移动组。

[0279] 视角调整间隔的变更能够通过使透镜框LB1和透镜框LB2在光轴方向上相对移动来实现。另外,焦点调整间隔的变更能够通过使透镜框LB2和透镜框LB3在光轴方向上相对移动来实现。

[0280] 在实施例3中,将第二负透镜与亮度光圈之间设为用于视角调整的间隔。该情况下的视角调整用移动组的近轴横向倍率为-1.255倍。在此,在假设将用于视角调整的间隔设为第一负透镜与第二负透镜之间的情况下,从第二负透镜到接合透镜为止的近轴横向倍率为-0.678倍。如前述的那样,如果是焦点不变动的特异点,则近轴横向倍率为-1倍。接近特异点的近轴横向倍率的是将用于视角调整的间隔设为第二负透镜与亮度光圈之间的情况。从这样的情形出发,在实施例3中,将第二负透镜与亮度光圈之间设为用于视角调整的调整位置。

[0281] 仅关于近轴横向倍率来说的话,如果最大像高 I_w 比较小,则期望如实施例3那样将第二负透镜与亮度光圈之间设为视角调整间隔。另一方面,如果最大像高 I_w 比较大,则期望如实施例1那样将第一负透镜与第二负透镜之间设为视角调整间隔。但是,为了视角调整而

改变间隔不仅与焦点的变动相关,还与像差变动、框结构限制相关。因此,对这些进行综合判断来选择任一个都合适的一方即可。

[0282] 以下,示出上述各实施例的数值数据。记号 r 表示各面的曲率半径,记号 d 表示各光学构件的壁厚或空气间隔,记号 n_d 表示各光学构件的针对 d 线的折射率,记号 ν_d 表示各光学构件的针对 d 线的阿贝数,记号 f_t 表示内窥镜物镜光学系统的整个系统的焦距,记号 $FN0$ 表示光圈值,记号 $D0w$ 表示物距,记号 Iw 表示最大像高,记号 ω_w 表示半视角。此外, $D0w$ 、 Iw 以及 ω_w 分别是假定水中观察时得到的。另外, r 、 d 、 f_t 、 $D0w$ 、 Iw 、 Lt 、 Lsf 、 ΣLa 的单位为 mm 。 ω_w 的单位为 $^\circ$ (度)。

[0283] 数值实施例1

[0284] 单位 mm

[0285] 面数据

面编号	r	d	n_d	ν_d
1	∞	0.25	1.76820	71.7
2	0.639	0.49		
3	-3.157	0.30	2.00330	28.27
4	∞	0.03		
5(光圈)	∞	1.00	1.58913	61.14
6	-0.961	0.08		
7	∞	0.30	1.52100	65.13
8	∞	0.03		
9	∞	0.52	1.88300	40.76
10	-2.484	0.05		
11	2.665	0.83	1.58913	61.14
12	-1.869	0.30	1.95906	17.47
13	∞	0.42		
14	∞	1.30	1.51633	64.14
15(像面)	∞			

[0287] 各种数据

	f t	0.717			
	F N O.	5.528			
	D O w	8.5			
[0288]	I w	0.942			
	2 ω w	138.0			
	L t	5.90			
	L s f	1.07			
	Σ L a	0.52			
[0289]	数值实施例2				
[0290]	单位mm				
[0291]	面数据				
	面编号	r	d	nd	ν d
	1	∞	0.25	1.76820	71.79
	2	0.639	0.49		
	3	-2.461	0.30	2.00330	28.27
	4	∞	0.03		
	5(光圈)	∞	0.91	1.58913	61.14
	6	-0.978	0.08		
	7	∞	0.30	1.52100	65.13
[0292]	8	∞	0.03		
	9	∞	0.56	1.88300	40.76
	10	-2.107	0.05		
	11	2.526	0.82	1.69680	55.53
	12	-1.667	0.30	1.95906	17.47
	13	∞	0.44		
	14	∞	0.90	1.51633	64.14
	15(像面)	∞			
[0293]	各种数据				

	f t	0.584			
	F N O.	3.780			
	D O w	8.5			
[0294]	I w	0.751			
	2 ω w	137.8			
	L t	5.46			
	L s f	1.07			
	Σ L a	0.52			
[0295]	数值实施例3				
[0296]	单位mm				
[0297]	面数据				
	面编号	r	d	nd	ν d
	1	∞	0.25	1.76820	71.79
	2	0.639	0.41		
	3	-1.354	0.30	2.00330	28.27
	4	∞	0.25		
	5(光圈)	∞	0.06		
	6	∞	0.72	1.58144	40.75
	7	-0.874	0.08		
[0298]	8	∞	0.30	1.52100	65.13
	9	∞	0.03		
	10	∞	0.49	1.77250	49.60
	11	-1.869	0.05		
	12	2.256	0.71	1.58913	61.14
	13	-1.345	0.30	1.95906	17.47
	14	-22.300	0.42		
	15	∞	1.05	1.51633	64.14
	16(像面)	∞			
[0299]	各种数据				

	f_t	0.525
	$FNO.$	4.761
	DOW	8.5
[0300]	I_w	0.652
	$2\omega_w$	138.1
	L_t	5.42
	L_{sf}	1.21
	ΣL_a	0.66

[0301] 乘以 f_t 得到的珀兹伐和

	实施例1	实施例2	实施例3
第一负透镜	-0.487	-0.397	-0.357
第二负透镜	-0.114	-0.119	-0.194
第一正透镜	0.276	0.221	0.221
第二正透镜	0.135	0.130	0.123
接合透镜	0.054	0.067	0.051

[0303] 接着,列举各实施例中的条件式(1)~(7)的值。

条件式	实施例1	实施例2	实施例3
(1) I_w/f_t	1.31	1.29	1.24
(2) L_t/I_w	6.26	7.27	8.31
(3) L_{sf}/f_t	1.49	1.83	2.30
(4) $\Sigma L_a/L_{sf}$	0.49	0.49	0.55
(5) $PSp_{12} \times f_t$	0.411	0.351	0.344
(6) $ PSp_{12}/PSn_{12} $	0.684	0.680	0.624
(7) $PS_3 \times f_t$	0.054	0.067	0.051

[0305] 产业上的可利用性

[0306] 如以上那样,本发明对于细径、水中视角广、视角的偏差小且光学系统的全长短的内窥镜物镜光学系统是有用的。

[0307] 附图标记说明

[0308] GF:前组;GR:后组;L1、L2、L3、L4、L5、L6:透镜;CL:接合透镜;S:亮度光圈;F:光学滤波器;C:玻璃块(护罩玻璃);I:像面。

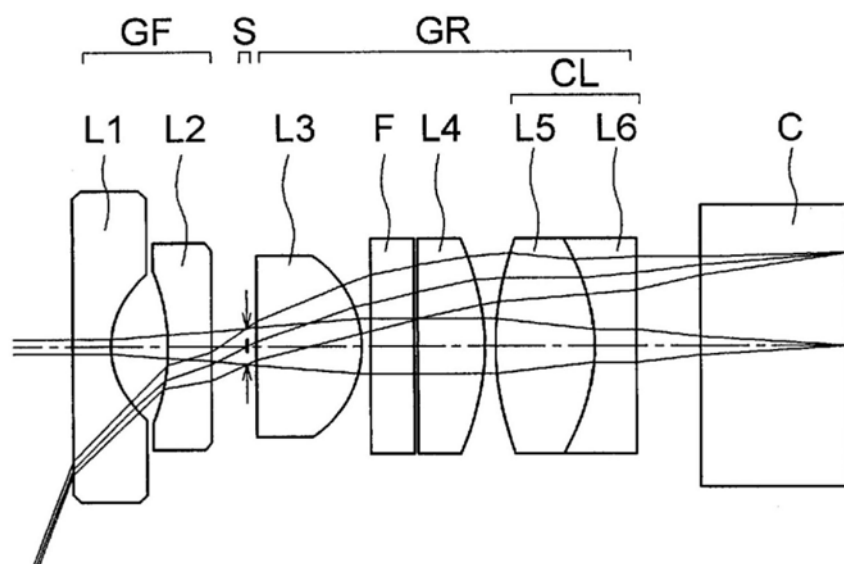


图1

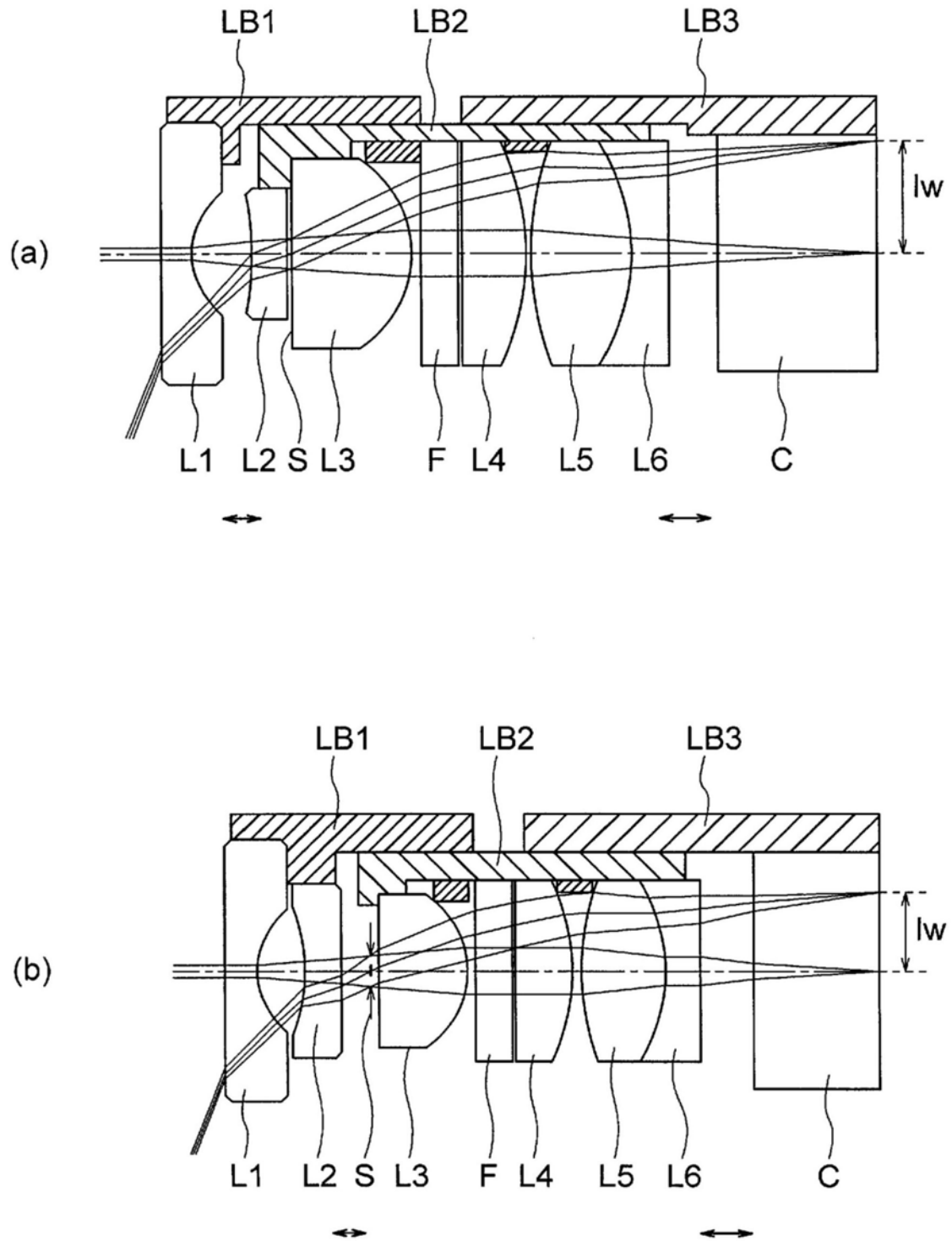


图2

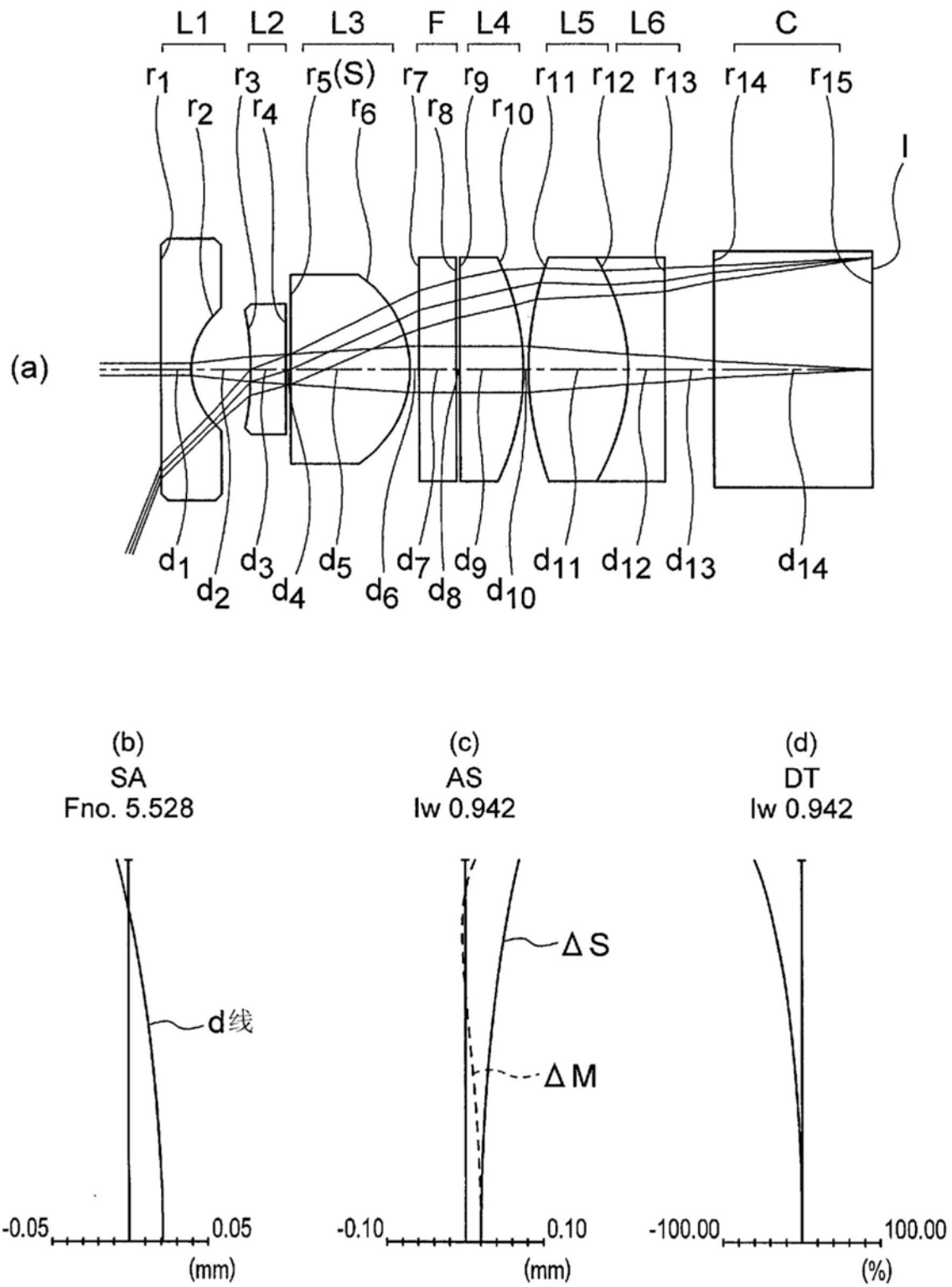


图3

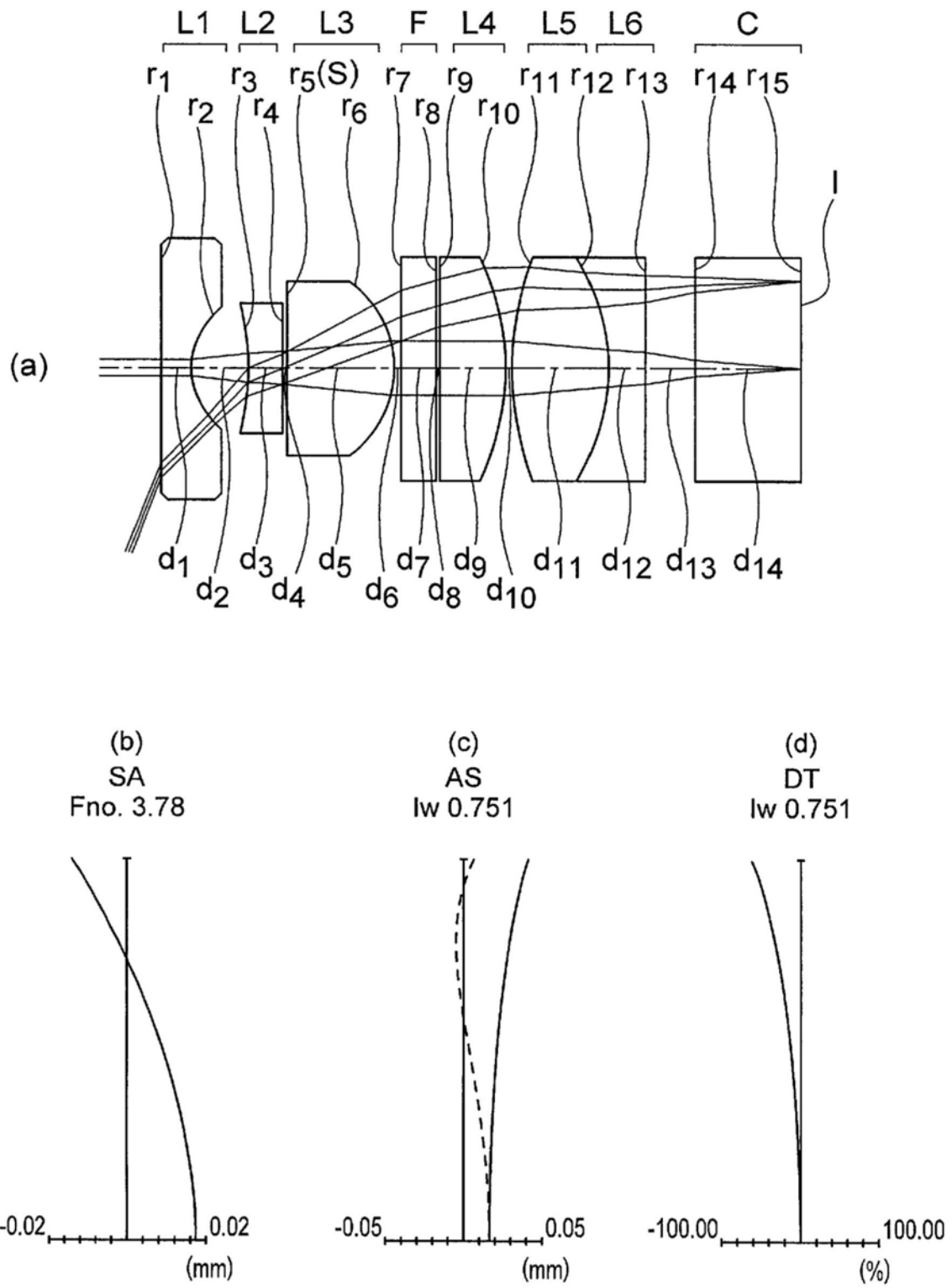


图4

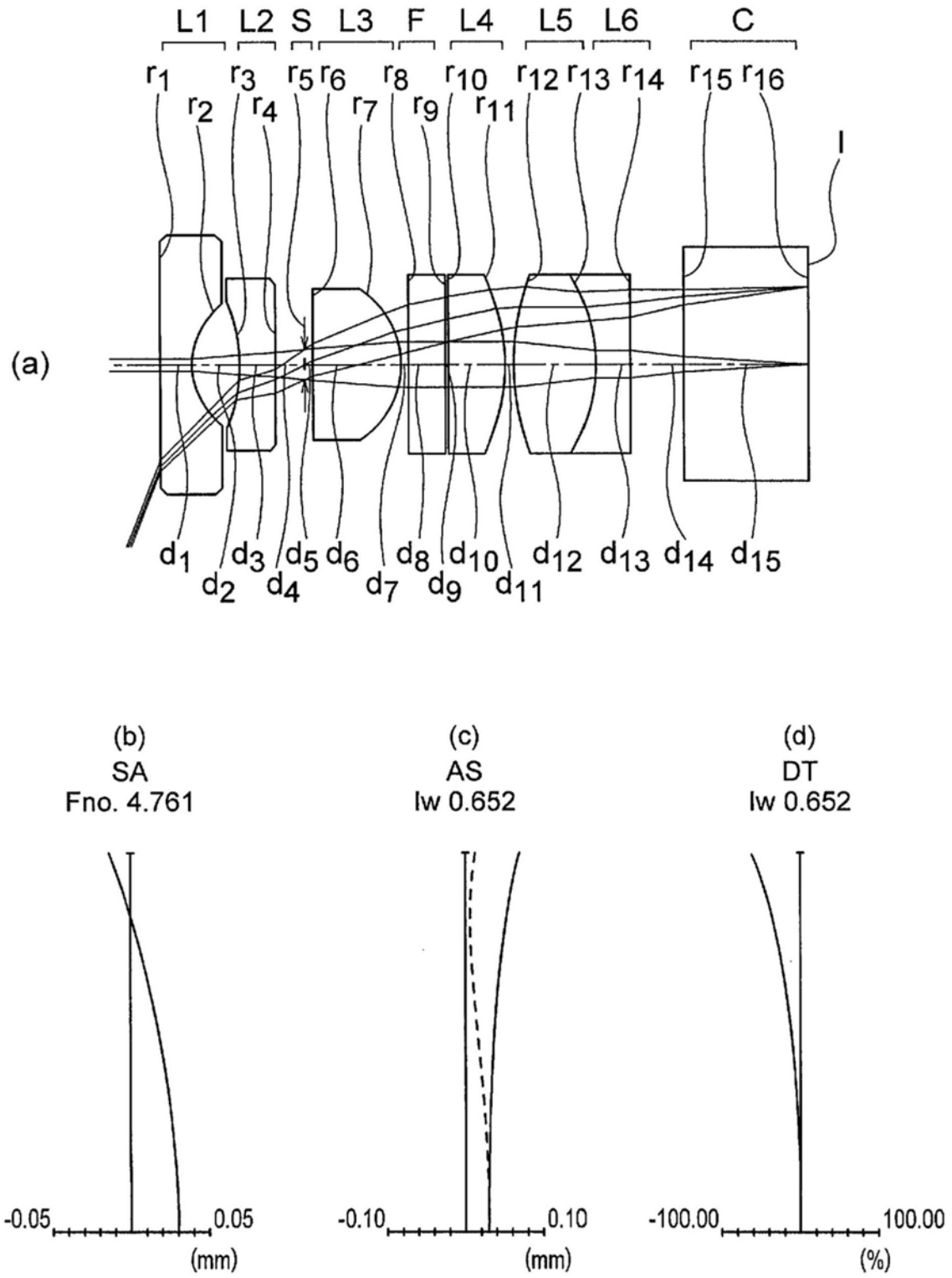
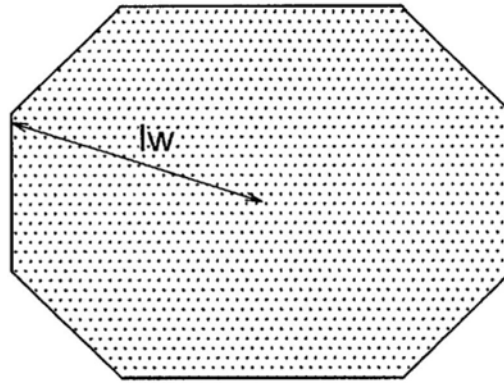


图5

(a)



(b)

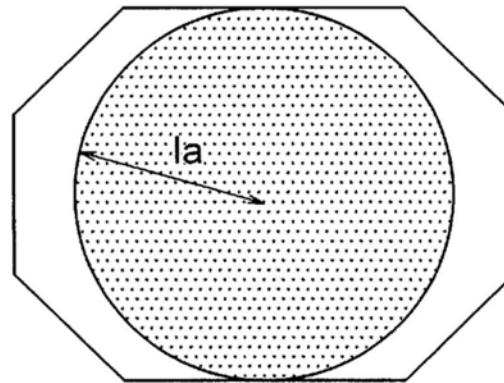


图6

专利名称(译)	内窥镜物镜光学系统		
公开(公告)号	CN107111110B	公开(公告)日	2019-06-25
申请号	CN201680003446.7	申请日	2016-05-18
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
[标]发明人	五十岚勉		
发明人	五十岚勉		
IPC分类号	G02B13/04 A61B1/00 G02B23/26		
CPC分类号	G02B23/243 A61B1/00163 A61B1/00183 A61B1/00188 A61B1/04 G02B9/60 G02B13/04 G02B13/06 G02B23/26		
代理人(译)	刘新宇		
优先权	2015108613 2015-05-28 JP		
其他公开文献	CN107111110A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明提供一种细径、水中视角广、视角的偏差小且光学系统的全长短的内窥镜物镜光学系统。内窥镜物镜光学系统由从物体侧起依次配置的具有负的折射力的前组(GF)、亮度光圈(S)以及具有正的折射力的后组(GR)组成，前组由第一负透镜(L1)和第二负透镜(L2)组成，满足以下的条件式(1)、(2)、(3)、(4)。 $1 < l_w / f_t < 1.8$ (1) $4 < L_t / l_w < 9.5$ (2) $L_{sf} / f_t < 2.8$ (3) $0.38 < \Sigma L_a / L_{sf} < 0.6$ (4)。

