



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104883953 B

(45)授权公告日 2016.08.24

(21)申请号 201480003908.6

(22)申请日 2014.05.21

(30)优先权数据

2013-108141 2013.05.22 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2015.07.02

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2014/063513 2014.05.21

(87)PCT国际申请的公布数据

W02014/189091 JA 2014.11.27

(73)专利权人 奥林巴斯株式会社

地址 日本东京都

(72)发明人 曾根伸彦 高头英泰

(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 张会华

(51)Int.Cl.

A61B 1/00(2006.01)

G02B 23/26(2006.01)

审查员 喻赛男

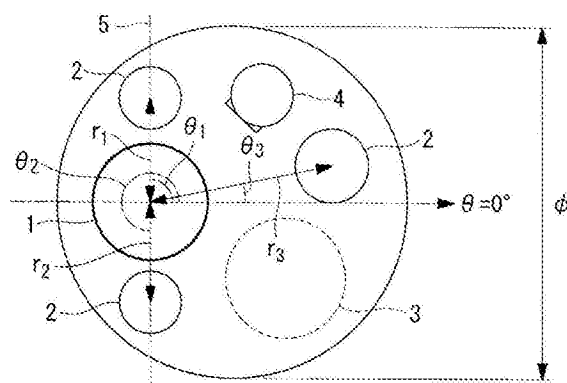
权利要求书2页 说明书18页 附图9页

(54)发明名称

内窥镜

(57)摘要

在普通观察时和近距离观察时都确保充足的配光来进行良好的观察。内窥镜具备接近被摄体来进行放大观察的观察光学系统(1)以及向被摄体照射照明光的多个照明光学系统(2),其中,在将插入部前端面与被摄体的距离为1.5mm~2.5mm的近距离观察时的观察视角内的最大亮度设为 I_{TM} 、将该近距离观察时的中心亮度设为 I_{TC} 、将插入部前端面与被摄体的距离为50mm的普通观察时的中心亮度设为 I_{WC} 、将最大视角的80%的位置的亮度设为 I_{WS} 时,满足以下条件式。 $0.3 < I_{TC}/I_{TM} < 0.45 \cdots (1)$ $0.15 < I_{WS}/I_{WC} < 0.25 \cdots (2)$ $0.3 < f_L f_T / \phi_L I_H < 0.6 \cdots (3)$ 其中, f_L 为照明光学系统整个系统的焦距, f_T 为观察光学系统的最大放大时的整个系统的焦距, ϕ_L 为照明光学系统的最靠近物体侧的透镜的外径, I_H 为观察光学系统的最大像高。



1. 一种内窥镜,具备:

观察光学系统,其被设置在插入部的前端,包括多个透镜,具有接近被摄体来进行放大观察的功能;以及

多个照明光学系统,其被设置在上述插入部的前端,包括多个透镜,向上述被摄体照射照明光,

其中,上述内窥镜的特征在于:

在将插入部前端面与被摄体之间的距离为1.5mm至2.5mm之间的任意距离的近距离观察时的观察视角内的最大亮度设为 I_{TM} 、将该近距离观察时的中心亮度设为 I_{TC} 、将插入部前端面与被摄体之间的距离为50mm的普通观察时的中心亮度设为 I_{WC} 、将该普通观察时的最大视角的80%的位置处的亮度设为 I_{WS} 时,满足以下条件式,

$$0.3 < I_{TC}/I_{TM} < 0.45 \cdots (1)$$

$$0.15 < I_{WS}/I_{WC} < 0.25 \cdots (2)$$

$$0.3 < f_L f_T / \phi_L I_H < 0.6 \cdots (3)$$

其中, f_L 为照明光学系统整个系统的焦距, f_T 为观察光学系统的最大放大时的整个系统的焦距, ϕ_L 为照明光学系统的最靠近物体侧的透镜的外径, I_H 为观察光学系统的最大像高。

2. 根据权利要求1所述的内窥镜,其特征在于,

多个上述照明光学系统中的至少两个照明光学系统满足以下条件式,

$$8 < r_1^2 / f_L f_T < 16 \cdots (4)$$

$$8 < r_2^2 / f_L f_T < 16 \cdots (5)$$

其中, r_1 、 r_2 为观察光学系统中的配置在最靠近物体侧的位置处的透镜的中心与各照明光学系统中的配置在最靠近物体侧的位置处的透镜的中心之间的距离。

3. 根据权利要求1所述的内窥镜,其特征在于,

上述观察光学系统满足以下条件式,

$$0.8 < f_T F_{FT} / f_W F_{FW} < 1.1 \cdots (6)$$

其中, f_W 为普通观察状态下的整个系统的焦距, F_{FT} 为近距离放大观察状态下的前侧焦点位置, F_{FW} 为普通观察状态下的前侧焦点位置。

4. 根据权利要求3所述的内窥镜,其特征在于,

上述观察光学系统满足以下条件式,

$$0.3 < |1 \times \beta / I_H| < 0.45 \cdots (7)$$

其中, β 为观察光学系统的最大放大时的近轴倍率。

5. 根据权利要求3所述的内窥镜,其特征在于,

上述观察光学系统满足以下条件式,

$$0.25 < I_H / (1000P) < 0.5 \cdots (8)$$

其中, P 为搭载于观察光学系统的摄像元件的像素间距。

6. 根据权利要求2所述的内窥镜,其特征在于,

多个上述照明光学系统中的至少两个照明光学系统各自具备三个凸透镜,并满足以下条件式,

$$1.4 < f_{L1} / f_L < 3.2 \cdots (9)$$

其中, f_{L1} 为照明光学系统的最靠近物体侧的透镜的焦距。

7. 根据权利要求2所述的内窥镜, 其特征在于,

在多个上述照明光学系统中的至少两个照明光学系统中, 在将距离50mm处的中心方向的亮度设为1时, 任意的角度 $\alpha(^{\circ})$ 所对应的亮度 $\gamma(\alpha)$ 满足以下条件式,

$$0.21 < \gamma(50) / \gamma(25) < 0.39 \cdots (10).$$

8. 根据权利要求2所述的内窥镜, 其特征在于,

在多个上述照明光学系统中的至少两个照明光学系统中, 满足以下条件式,

$$0.8 < r_1 / r_2 < 1.2 \cdots (11)$$

$$165 < |\theta_1 - \theta_2| \leq 180 \cdots (12)$$

$$0.06 < r_1 r_2 / \phi^2 < 0.15 \cdots (13)$$

其中, θ_1 、 θ_2 分别为相对于中心方向的方位角, ϕ 为内窥镜前端直径。

9. 根据权利要求1所述的内窥镜, 其特征在于,

具备三个上述照明光学系统, 各照明光学系统是包括三个凸透镜的相同的照明光学系统, 并满足以下条件式,

$$0.8 < \min(r_1, r_2, r_3) / \text{Ma} \times (r_1, r_2, r_3) \leq 1.0 \cdots (14)$$

其中, r_1 、 r_2 、 r_3 为观察光学系统中的配置在最靠近物体侧的位置处的透镜的中心与各照明光学系统中的配置在最靠近物体侧的位置处的透镜的中心之间的距离。

内窥镜

技术领域

[0001] 本发明涉及一种具有照明光学系统和观察光学系统的内窥镜。

背景技术

[0002] 一般地,在内窥镜的前端部配置有用于照射被摄体的照明光学系统、在前端面配置有用于使来自被摄体的光入射的光学构件的观察光学系统、导出处理器具的通道以及清洗附着于摄像光学系统的透镜面的污迹的喷嘴等结构物。

[0003] 另外,在搭载能够进行近距离放大观察的观察光学系统的内窥镜中,通过使观察光学系统的一部分透镜移动来使焦距变化,从而不只是普通观察,还能够进行近距离观察。而且,由于在普通观察时和近距离观察时使用同一照明光学系统,因此特别是在与被摄体之间的距离为2mm以下那样的近距离观察时,受到照明光学系统的布局的影响,导致周边部分比画面中央亮。因此,在使想要关注的被摄体配置在中央部分时,照明光未被充足地配光,从而无法良好地进行观察。

[0004] 在专利文献1中公开了如下一种内窥镜:通过在从多个照明窗射出的照明光重叠的范围内设定最佳焦点位置的操作范围,由此近距离放大观察时的照明不均小,从而能够以足够的亮度照明被摄体。

[0005] 另外,在专利文献2中公开了如下一种内窥镜:通过在观察光学系统的两侧的观察区域的周边部分的照度为中心部分的照度的两倍以下的位置设置照明单元,由此将近距离观察时的观察区域的偏差抑制为最小限度。

[0006] 专利文献1:日本特开2001-346752号公报

[0007] 专利文献2:日本特开2000-37345号公报

发明内容

[0008] 发明要解决的问题

[0009] 然而,上述的各专利文献均未就普通观察时的配光作任何考虑,另外,在近距离观察时也存在如下的问题。

[0010] 即,在专利文献1所公开的内窥镜中,需要以照明光学系统的配光充分扩展的距离来设定最佳焦点位置,因此很难接近被摄体,从而不适于放大观察。

[0011] 在专利文献2所公开的内窥镜中,通过使观察光学系统与照明光学系统之间的距离拉开来确保配光,因此内窥镜的前端直径变大。

[0012] 本发明是鉴于上述情况而完成的,其目的在于提供一种在普通观察时和近距离观察时都能够确保充足的配光来进行良好的观察的内窥镜。

[0013] 用于解决问题的方案

[0014] 为了达到上述目的,本发明提供以下方案。

[0015] 本发明的一个方式为一种内窥镜,具备:观察光学系统,其包括多个透镜,具有接近被摄体来进行放大观察的功能;以及多个照明光学系统,其包括多个透镜,向被摄体照射

照明光,其中,在将插入部前端面与被摄体之间的距离为1.5mm至2.5mm之间的任意的距离的近距离观察时的观察视角内的最大亮度设为 I_{TM} 、将该近距离观察时的中心亮度设为 I_{TC} 、将插入部前端面与被摄体之间的距离为50mm的普通观察时的中心亮度设为 I_{WC} 、将该普通观察时的最大视角的80%的位置处的亮度设为 I_{WS} 时,满足以下条件式。

$$[0016] \quad 0.3 < I_{TC}/I_{TM} < 0.45 \cdots (1)$$

$$[0017] \quad 0.15 < I_{WS}/I_{WC} < 0.25 \cdots (2)$$

$$[0018] \quad 0.3 < f_L f_T / \phi_L I_H < 0.6 \cdots (3)$$

[0019] 其中, f_L 为照明光学系统整个系统的焦距, f_T 为观察光学系统的最大放大时的整个系统的焦距, ϕ_L 为照明光学系统的最靠近物体侧的透镜的外径, I_H 为观察光学系统的最大像高。

[0020] 根据本方式,通过满足条件式(1),即使在近距离放大观察时,也能够提高中心部分的亮度与周边部分的亮度之比,从而能够进行良好的观察。即,在近距离放大观察状态下,观察光学系统与被摄体之间的距离比观察光学系统与照明光学系统之间的距离近,因此周边部分的亮度比中心部分的亮度大。特别是在近距离放大观察时,由于使关注的病变等配置在中心部分的情形较多,因此如果中心部分的亮度与周边部分的亮度之比不高,则无法进行良好的观察。因此,通过满足上述条件式(1),即使在近距离放大观察时,也能够提高中心部分的亮度与周边部分的亮度之比,从而进行良好的观察。

[0021] 在普通观察状态下,由于与被摄体之间的距离足够,因此中心部分的亮度比周边部分的亮度大。另外,在该状态下为具有纵深的被摄体的观察,因此如果过分提高周边部分的亮度,则会妨碍纵深方向的良好观察。另一方面,如果过分降低周边部分的亮度,则会妨碍周边部分的良好观察,因此需要取得两者的平衡。因此,构成为满足条件式(2)。

[0022] 为了满足条件式(1)和(2)两个条件式,需要设定与观察光学系统的焦距匹配的照明光学系统的焦距,需要满足条件式(3)。根据条件式(3)来确定观察光学系统的焦距和照明光学系统的焦距,从而能够提供取得了远近双方的平衡的配光性能。

[0023] 另外,在上述方式中,优选的是,多个上述照明光学系统中的至少两个照明光学系统满足以下条件式。

$$[0024] \quad 8 < r_1^2 / f_L f_T < 16 \cdots (4)$$

$$[0025] \quad 8 < r_2^2 / f_L f_T < 16 \cdots (5)$$

[0026] 其中, r_1 、 r_2 为观察光学系统中的配置在最靠近物体侧的位置处的透镜的中心与各照明光学系统中的配置在最靠近物体侧的位置处的透镜的中心之间的距离。

[0027] 通过这样,能够使观察光学系统与照明光学系统之间的距离收敛于期望的范围,从而能够适当地设定照明光学系统的配光性能。

[0028] 另外,在上述方式中,优选的是上述观察光学系统满足以下条件式。

$$[0029] \quad 0.8 < f_T F_{FT} / f_W F_{FW} < 1.1 \cdots (6)$$

[0030] 其中, f_W 为普通观察状态下的整个系统的焦距, F_{FT} 为近距离放大观察状态下的前侧焦点位置, F_{FW} 为普通观察状态下的前侧焦点位置。

[0031] 通过这样,能够将视场范围设为适当的范围,能够使配光的分布均匀从而进行良好的观察。

[0032] 另外,在上述方式中,优选的是上述观察光学系统满足以下条件式。

[0033] $0.3 < |1 \times \beta / I_H| < 0.45 \cdots (7)$

[0034] 其中, β 为观察光学系统的最大放大时的近轴倍率。

[0035] 通过这样, 能够使最大放大时的放大率为足够的放大率从而良好地观察被摄体。

[0036] 另外, 在上述方式中, 优选的是上述观察光学系统满足以下条件式。

[0037] $0.25 < I_H / (1000P) < 0.5 \cdots (8)$

[0038] 其中, P 为搭载于观察光学系统的摄像元件的像素间距。

[0039] 通过这样, 能够使摄像元件的像素足够从而进行良好的观察。

[0040] 另外, 在上述方式中, 优选的是, 多个上述照明光学系统中的至少两个照明光学系统各自具备三个凸透镜, 并满足以下条件式。

[0041] $1.4 < f_{L1} / f_L < 3.2 \cdots (9)$

[0042] 其中, f_{L1} 为照明光学系统的最靠近物体侧的透镜的焦距。

[0043] 通过这样, 能够使配光范围为适当的范围从而进行良好的观察。

[0044] 另外, 在上述方式中, 优选的是, 在多个上述照明光学系统中的至少两个照明光学系统中, 在将距离 50mm 处的中心方向的亮度设为 1 时, 任意的角度 $\alpha(^{\circ})$ 所对应的亮度 $\gamma(\alpha)$ 满足以下条件式。

[0045] $0.21 < \gamma(50) / \gamma(25) < 0.39 \cdots (10)$

[0046] 通过这样, 能够抑制照明光学系统的配光性能中的角度方向的变化量, 保持适当的配光性能。

[0047] 另外, 在上述方式中, 优选的是在多个上述照明光学系统中的至少两个照明光学系统中, 满足以下条件式。

[0048] $0.8 < r_1 / r_2 < 1.2 \cdots (11)$

[0049] $165 < |\theta_1 - \theta_2| \leq 180 \cdots (12)$

[0050] $0.06 < r_1 r_2 / \phi^2 < 0.15 \cdots (13)$

[0051] 其中, θ_1 、 θ_2 分别为相对于中心方向的方位角, ϕ 为内窥镜前端直径。

[0052] 通过这样, 能够适当地配置观察光学系统和照明光学系统, 从而能够抑制照明光针对被摄体形成集中或者不均匀的配光不均。

[0053] 另外, 在上述方式中, 优选的是, 具备三个上述照明光学系统, 各照明光学系统是包括三个凸透镜的相同的照明光学系统, 并满足以下条件式。

[0054] $0.8 < \min(r_1, r_2, r_3) / \max(r_1, r_2, r_3) \leq 1.0 \cdots (14)$

[0055] 其中, r_1 、 r_2 、 r_3 为观察光学系统中的配置在最靠近物体侧的位置处的透镜的中心与各照明光学系统中的配置在最靠近物体侧的位置处的透镜的中心之间的距离。

[0056] 通过这样, 能够使三个照明光学系统的配置关系适当, 因此能够抑制照明光针对被摄体形成集中或者不均匀的配光不均。

[0057] 即, 不仅配置观察光学系统、照明光学系统, 还配置用于使处理器具伸出的通道、用于清洗透镜的喷嘴等结构物。因此, 特别是在配置三个照明光学系统的情况下, 存在难以将所有照明光学系统都相对于观察光学系统对称地配置的情况。在该情况下, 优选使三个照明光学系统距观察光学系统的距离相同, 并优选满足上述条件式(14)。

[0058] 发明的效果

[0059] 根据本发明, 起到如下效果: 在普通观察时和近距离观察时都能够确保充足的配

光来进行良好的观察。

附图说明

[0060] 图1是表示本发明的一个实施方式所涉及的内窥镜的插入部前端的正面的概要结构图。

[0061] 图2是表示本发明的一个实施方式所涉及的内窥镜的插入部前端的正面的另一例的概要结构图。

[0062] 图3是表示本发明的一个实施方式所涉及的内窥镜在近距离观察时与被摄体之间的关系的关系图。

[0063] 图4是表示与本发明的一个实施方式所涉及的内窥镜在普通观察时与被摄体之间的关系的关系图。

[0064] 图5是表示应用于本发明的一个实施方式所涉及的内窥镜中的照明光学系统的配光特性的说明图。

[0065] 图6是表示本发明的实施例一所涉及的内窥镜的插入部前端的正面的概要结构图。

[0066] 图7是表示应用于本发明的实施例1所涉及的内窥镜中的观察光学系统的整体结构的截面图。

[0067] 图8是表示应用于本发明的实施例1所涉及的内窥镜中的照明光学系统的整体结构的截面图。

[0068] 图9是表示本发明的实施例2所涉及的内窥镜的插入部前端的正面的概要结构图。

[0069] 图10是表示应用于本发明的实施例2所涉及的内窥镜中的观察光学系统的整体结构的截面图。

[0070] 图11是表示本发明的实施例3所涉及的内窥镜的插入部前端的正面的概要结构图。

[0071] 图12是表示应用于本发明的实施例3所涉及的内窥镜中的观察光学系统的整体结构的截面图。

具体实施方式

[0072] 下面,参照附图说明本发明的一个实施方式所涉及的内窥镜。

[0073] 图1示出内窥镜的插入部的前端部正面,如图1所示,在插入部中设置有对观察对象的图像进行摄像的观察光学系统1、将从未图示的光源射出并经由光导纤维提供的照明光向观察对象进行配光的多个照明光学系统2、将钳子、探针等处理用器具导出的通道3以及对观察光学系统1、照明光学系统2提供清洗用的流体、空气的喷嘴4。

[0074] 在图1中,将观察光学系统1的中心到各照明光学系统2的中心的距离分别设为 $r_1 \sim r_3$ 。方位角 θ 如图1所示那样通过观察光学系统1的中心,在纸面上,将右方向设为 $\theta = 0^\circ$,将逆时针方向设为正。作为参考,在图1所示的例子中,设为 $\theta_1 = 90^\circ$ 、 $\theta_2 = 270^\circ$ 、 $\theta_3 = 10^\circ$ 。

[0075] 另外,内窥镜前端插入直径 Φ 是内窥镜前端部的直径。但是,存在在内窥镜前端部的结构中具有例如在通道不能完全收容到圆形的前端部中的情况下等由于插入部内的物理性结构物而产生的突出的异形部20的情况。在这样的情况下,如图2所示那样将最大的直

径部定义为 Φ 。

[0076] 观察光学系统1包括多个透镜,具有接近被摄体来进行放大观察的功能。而且,在近距离放大观察状态下,观察光学系统1与被摄体之间的距离比观察光学系统1与照明光学系统2之间的距离近,因此周边部分的亮度比中心部分的亮度大。特别是在近距离放大观察时,将所关注的病变等移至中心部分的情况较多,因此如果中心部分的亮度与周边部分的亮度之比不高,则妨碍进行良好的观察。

[0077] 因此,构成为在将插入部前端面与被摄体之间的距离为1.5mm至2.5mm之间的任意的距离的近距离观察时的观察视角内的最大亮度设为 I_{TM} 、将该近距离观察时的中心亮度设为 I_{TC} 时,满足以下条件式。

$$[0078] \quad 0.3 < I_{TC}/I_{TM} < 0.45 \cdots (1)$$

[0079] 如果低于条件式(1)的下限,则中心部分变暗,无法在近距离时进行良好的观察。另一方面,如果超过上限,则虽然近距离观察能够进行良好的观察,但是由于照明光学系统的配光变宽,因此导致普通观察时的纵深方向的观察性能变差。

[0080] 此外,优选在近距离放大深度1.5mm至2.5mm之间的任意距离时满足条件式(1),但是更为优选在2mm以下的距离时满足条件式(1),此时与放大观察的效果(能够更靠近且较大地观察所关注的被摄体)相乘,从而能够进行更为良好的观察。

[0081] 在普通观察状态下,由于与被摄体之间的距离很充分,因此中心部分的亮度比周边部分的亮度大。另外,在该状态下为具有纵深的被摄体的观察,因此如果过分提高周边部分的亮度,则会妨碍纵深方向的良好观察。另一方面,如果过分降低周边部分的亮度,则会妨碍周边部分的良好观察,因此需要取得两者的平衡。因此,构成为在将插入部前端面与被摄体之间的距离为50mm的普通观察时的中心亮度设为 I_{WC} 、将该普通观察时的最大视角的80%的位置处的亮度设为 I_{WS} 时,满足以下条件式。

$$[0082] \quad 0.15 < I_{WS}/I_{WC} < 0.25 \cdots (2)$$

[0083] 当低于条件式(2)的下限时,导致普通观察时的周边部分变得过暗,并且也不能充分地确保近距离观察时的配光。另一方面,当超过条件式(2)的上限时,由于中心方向的配光不足,因此导致普通观察时的纵深方向的亮度不足,从而妨碍良好的观察。

[0084] 为了满足条件式(1)和(2)两个条件式,需要设定与观察光学系统的焦距匹配的照明光学系统的焦距,因此需要满足以下条件式。

$$[0085] \quad 0.3 < f_L f_T / \Phi_L I_H < 0.6 \cdots (3)$$

[0086] 其中, f_L 为照明光学系统整个系统的焦距, f_T 为观察光学系统的最大放大时的整个系统的焦距, Φ_L 为照明光学系统的最靠近物体侧的透镜的外径, I_H 为观察光学系统的最大像高。

[0087] 根据该条件式来确定观察光学系统的焦距和照明光学系统的焦距,从而能够提供取得了远近双方的平衡的配光性能。

[0088] 当低于条件式(3)的下限时,照明光学系统的配光过宽,妨碍普通观察时的纵深方向的观察,或者观察光学系统的视场范围变宽,无法确保近距离观察时期望的倍率。

[0089] 当超过条件式(3)的上限时,照明光学系统的配光变窄,近距离观察时的中心亮度不足,妨碍观察,或者由于观察光学系统的视场范围变窄,导致看漏病变部。

[0090] 此外,如果代替条件式(3)而应用下述的条件式(3)'则更为优选,

[0091] $0.35 < f_{\text{L}}f_{\text{T}}/\phi_{\text{L}}I_{\text{H}} < 0.55 \cdots (3)'$

[0092] 并且,如果代替条件式(3)或者(3)'而应用条件式(3)"则更为优选。

[0093] $0.38 < f_{\text{L}}f_{\text{T}}/\phi_{\text{L}}I_{\text{H}} < 0.52 \cdots (3)''$

[0094] 为了适当地设定照明光学系统的配光性能,观察光学系统与照明光学系统的距离很重要。特别是在近距离观察的情况下、例如与被摄体之间的距离为2mm的情况下,观察光学系统与被摄体之间的距离比观察光学系统与照明光学系统之间的距离近,有可能不能取入充足的光。因此,需要满足以下条件式(4)和(5)。

[0095] $8 < r_1^2/f_{\text{L}}f_{\text{T}} < 16 \cdots (4)$

[0096] $8 < r_2^2/f_{\text{L}}f_{\text{T}} < 16 \cdots (5)$

[0097] 其中, r_1 、 r_2 为观察光学系统中的配置在最靠近物体侧的位置处的透镜的中心与各照明光学系统中的配置在最靠近物体侧的位置处的透镜的中心之间的距离。

[0098] 当超过两个条件式的下限时,观察光学系统与照明光学系统之间的距离变近,导致彼此干扰。当超过上限时,导致照明光学系统远离,特别是在近距离观察中无法维持充足的配光性能,或者照明光学系统的焦距变小,因此照明光学系统的配光变宽,妨碍普通观察时的纵深方向的观察。

[0099] 此外,如果代替条件式(4)和(5)而应用下述的条件式(4)'和(5)'则更为优选。

[0100] $0 < r_1^2/f_{\text{L}}f_{\text{T}} < 14 \cdots (4)'$

[0101] $0 < r_2^2/f_{\text{L}}f_{\text{T}} < 14 \cdots (5)'$

[0102] 作为影响近距离观察时的观察的因素,列举视场范围。视场范围越窄,则配光的分布越均匀,越能够进行良好的观察。与之相反,视场范围越宽,则配光分布越宽,导致在观察画面上产生亮处与暗处的差。因此,优选构成为满足以下条件式(6)。

[0103] $0.8 < f_{\text{T}}F_{\text{FT}}/f_{\text{W}}F_{\text{FW}} < 1.1 \cdots (6)$

[0104] 其中, f_{W} 为普通观察状态下的整个系统的焦距, F_{FT} 为近距离放大观察状态下的前侧焦点位置, F_{FW} 为普通观察状态下的前侧焦点位置。

[0105] 当低于条件式(6)的下限时,能够在近距离观察中进行更宽范围的观察,但是中心部分变暗,无法进行良好的观察。另一方面,当超过条件式(6)的上限时,反而能够确保中心部分的亮度,但是观察范围被限定,无法进行宽范围的观察。

[0106] 此外,如果代替条件式(6)而应用下述的条件式(6)'则更为优选,

[0107] $0.85 < f_{\text{T}}F_{\text{FT}}/f_{\text{W}}F_{\text{FW}} < 1.05 \cdots (6)'$

[0108] 另外,如果代替条件式(6)或者(6)'而应用条件式(6)"则更加优选。

[0109] $0.9 < f_{\text{T}}F_{\text{FT}}/f_{\text{W}}F_{\text{FW}} < 1.1 \cdots (6)''$

[0110] 在具有放大观察功能的观察光学系统中,优选在最大放大时具有足够的放大率以良好地观察被摄体。

[0111] 因此,优选构成为满足以下条件式(7)。

[0112] $0.3 < |1 \times \beta/I_{\text{H}}| < 0.45 \cdots (7)$

[0113] 其中, β 为观察光学系统的最大放大时的近轴倍率。

[0114] 条件式(7)表示1mm大小的被摄体通过观察光学系统时的放大率,当低于条件式(7)的下限时,无法确保足够的倍率,从而不能进行良好的观察。另一方面,当超过条件式(7)的上限时,能够充分地确保倍率,但是成为窄角的光学系统,导致观察范围被限定,无法

进行良好的观察。

[0115] 另外,在具有放大观察功能的观察光学系统中,优选摄像元件为高像素以进行良好的观察。因此,优选构成为满足以下条件式(8)。

$$[0116] \quad 0.25 < I_H / (1000P) < 0.5 \cdots (8)$$

[0117] 其中,P为搭载于观察光学系统的摄像元件的像素间距。

[0118] 在低于条件式(8)的下限的情况下,像素间距变大、或者摄像元件变小,因此称不上是被高像素化的摄像元件。在超过条件式(8)的上限的情况下,成为高像素,但是像素间距变小,衍射的影响变强,因此当确保足够的倍率时,产生容易模糊、对焦困难这样的问题。

[0119] 在照明光学系统具有三个凸透镜的情况下,三个凸透镜中的处于最靠近物体侧面的透镜的焦距与整个系统的焦距之比产生较大影响。因此,优选为满足以下条件式(9)。

$$[0120] \quad 1.4 < f_{L1} / f_L < 3.2 \cdots (9)$$

[0121] 其中, f_{L1} 为照明光学系统的最靠近物体侧的透镜的焦距。

[0122] 当低于条件式(9)的下限时,配光大幅地扩展,因此虽然近距离观察时能够进行良好的观察,但是难以进行普通观察时的纵深方向的观察。另一方面,当超过条件式(9)的上限时,配光变窄,因此在近距离观察时中心附近的亮度不足。

[0123] 此外,如果代替条件式(9)而应用下述的条件式(9)'则更为优选,

$$[0124] \quad 1.6 < f_{L1} / f_L < 2.4 \cdots (9)'$$

[0125] 并且,如果代替条件式(9)或者(9)'而应用条件式(9)''则更加优选。

$$[0126] \quad 1.7 < f_{L1} / f_L < 2.2 \cdots (9)''$$

[0127] 为了近距离观察时与普通观察时的平衡、特别是在普通观察时进行良好的观察,需要抑制照明光学系统的配光性能中的角度方向的变化量。当变化量多时,中心附近的亮度被强化,相反地当变化量少时,周边附近的亮度被强化。因此,优选构成为在多个上述照明光学系统中的至少两个照明光学系统中,在将距离50mm处的中心方向的亮度设为1时,任意角度 $\alpha(^{\circ})$ 所对应的亮度 $\gamma(\alpha)$ 满足以下条件式(10)。

$$[0128] \quad 0.21 < \gamma(50) / \gamma(25) < 0.39 \cdots (10)$$

[0129] 当低于条件式(10)的下限时,在普通观察时中心附近的亮度被强化,纵深方向的观察良好,但是没有足够的光到达周边部分,从而导致观察性能降低。另一方面,当超过条件式(10)的上限时,周边部分的亮度被强化,能够进行良好的观察,但是导致纵深方向的观察性能降低。

[0130] 此外,如果代替条件式(10)而应用下述的条件式(10)'则更为优选。

$$[0131] \quad 0.23 < \gamma(50) / \gamma(25) < 0.34 \cdots (10)'$$

[0132] 在近距离观察时,特别是观察光学系统与照明光学系统的布局有较大影响。

[0133] 在被对称地配置的两个照明中的某一方离观察光学系统很远的情况下,远离的照明的某一侧变暗,亮度仅集中在观察画面上的一個方向上,导致看起来不均匀。因此,优选构成为在多个照明光学系统中的至少两个照明光学系统中满足以下条件式。

$$[0134] \quad 0.8 < r_1 / r_2 < 1.2 \cdots (11)$$

[0135] 当超过条件式(11)中确定的范围时,例如存在以下问题:产生只有左侧明亮等的配光不均匀,右侧的观察性能下降。

[0136] 此外,如果代替条件式(11)而应用下述的条件式(11)'则更为优选,

[0137] $0.9 < r_1/r_2 < 1.1 \cdots (11)'$

[0138] 另外,如果代替条件式(11)或者(11)'而应用条件式(11)"则更为优选。

[0139] $0.94 < r_1/r_2 < 1.06 \cdots (11)''$

[0140] 布局中的角度方向也在不均匀方面产生影响,优选在相对于摄像光学系统对称的方向上设置照明光学系统,其对称度也是越均匀越好。因此,优选构成为满足以下条件式(12)。

[0141] $165 < |\theta_1 - \theta_2| \leq 180 \cdots (12)$

[0142] 其中, θ_1 、 θ_2 分别为相对于中心方向的方位角。

[0143] 当超过条件式(12)中确定的范围时,产生例如只有右上和左上被照明那样的不均匀地产生多个较亮的地方的配光不均,存在下方方向的观察性能降低这样的问题。

[0144] 此外,如果代替条件式(12)而应用下述的条件式(12)'则更为优选,

[0145] $170 < |\theta_1 - \theta_2| \leq 180 \cdots (12)'$

[0146] 另外,如果代替条件式(12)或者(12)'而应用条件式(12)"则更为优选。

[0147] $175 < |\theta_1 - \theta_2| \leq 180 \leq (12)''$

[0148] 并且,关于布局,一般期望内窥镜的前端直径越小越好,优选构成为摄像光学系统与照明光学系统之间的距离和前端直径满足以下的条件式(13)。

[0149] $0.06 < r_1 r_2 / \phi^2 < 0.15 \cdots (13)$

[0150] 当低于条件式(13)的下限时,导致前端直径变大。另一方面,当超过条件式(13)的上限时,能够使前端直径较小,但是观察光学系统、照明光学系统等的配置限制变大,产生不能完全收容到前端直径内这样的问题。

[0151] 此外,如果代替条件式(13)而应用下述的条件式(13)'则更为优选,

[0152] $0.07 < r_1 r_2 / \phi^2 < 0.13 \cdots (13)'$

[0153] 另外,如果代替条件式(13)或者(13)'而应用条件式(13)"则更为优选。

[0154] $0.08 < r_1 r_2 / \phi^2 < 0.11 \cdots (13)''$

[0155] 在内窥镜前端部,不只具有观察光学系统、照明光学系统,还具有用于使处理器具伸出的被称为通道的孔、用于清洗透镜的喷嘴等结构物,因此特别是在配置三个照明光学系统那样的情况下,存在难以将所有照明光学系统都相对于观察光学系统对称地配置的情况。在这样的情况下,优选使三个照明光学系统距观察光学系统的距离相同,优选构成为满足以下条件式(14)。

[0156] $0.8 < \min(r_1, r_2, r_3) / \max(r_1, r_2, r_3) \leq 1.0 \cdots (14)$

[0157] 其中, r_1 、 r_2 、 r_3 为观察光学系统中的配置在最靠近物体侧的位置处的透镜的中心与各照明光学系统中的配置在最靠近物体侧的位置处的透镜的中心之间的距离。

[0158] 通过满足条件式(14),照明光学系统的配置变得均等,能够抑制配光不均而均匀地照射照明光,从而能够提高观察性能。

[0159] 此外,如果代替条件式(14)而应用下述条件式(14)'则更为优选,

[0160] $0.9 < \min(r_1, r_2, r_3) / \max(r_1, r_2, r_3) \leq 1.0 \cdots (14)'$

[0161] 另外,如果代替条件式(14)或者(14)'而应用条件式(14)"则更为优选。

[0162] $0.94 < \min(r_1, r_2, r_3) / \max(r_1, r_2, r_3) \leq 1.0 \cdots (14)''$

[0163] 图3示出近距离观察时的结构。被摄体8处于与通过观察光学系统1和照明光学系

统2的中心的内窥镜前端面5相距距离 D_0 的位置,将观察光学系统1的观察范围7的中心设为O,最周边分别为P、Q。

[0164] 另外,具有照明光学系统2的配光特性6,将PQ之间最亮处的亮度设为 I_{TM} ,将中心O处的亮度设为 I_{TC} 。近距离观察时的特征在于,由于距离 D_0 小到1.5mm至2.5mm,因此配光特性6为与观察范围的中心部分相比周边部分更大。

[0165] 此外,图1、图3在同一直线上具有观察光学系统、照明光学系统的情况下进行了说明,但是关于其以外的情况,也能够将观察范围内的最大亮度和中心亮度定义为 I_{TM} 、 I_{TC} ,这是不言而喻的。

[0166] 接着,图4示出普通观察时的结构。被摄体10处于与内窥镜前端面5相距距离50mm的位置,将观察光学系统的视场范围11的中心设为M,将最大视角的80%的位置分别设为L、N。另外,具有照明光学系统的配光特性9,L、N处的亮度为 I_{WS} ,中心部分M处的亮度为 I_{WC} 。普通观察时的特征在于,当距离为50mm时,关于配光特性9,照明光学系统的布局的影响变小,以中心为基准呈大致均匀的形状。

[0167] 图5示出一个照明光学系统的配光特性。

[0168] 针对与照明光学系统2相距距离50mm的被摄体10,具有配光分布13。此时,在图5中将纸面上方向设为 0° 时,将 0° 位置处的亮度设为 $\gamma(0)=1$,沿顺时针方向取角度 α ,将该角度下的亮度定义为 $\gamma(\alpha)$ 。此外,由于配光分布是对称的,因此也可以沿逆时针取 α 。

[0169] 像这样,根据本实施方式,不仅在普通观察时,在近距离放大观察时也能够提高中心部分的亮度与周边部分的亮度之比,从而在普通观察时和近距离观察时都能够确保充足的配光来进行良好的观察。

[0170] 实施例

[0171] 接着,参照图6~图12对上述的实施方式所涉及的内窥镜的实施例1~实施例3进行说明。在各实施例所记载的透镜数据中, r 表示曲率半径(单位为mm), d 表示面间隔(mm), N_d 表示相对于d线的折射率, V_d 表示相对于d线的阿贝数。

[0172] (实施例1)

[0173] 图6表示本发明的实施例1所涉及的内窥镜的插入部前端的正视图。在本实施例1中,应用了两个相同的照明光学系统2a以及照明光学系统2b共计三个照明光学系统。

[0174] 此外,在本实施例中, $r_1=3.2$, $r_2=3.2$, $r_3=5.16$, $\theta_1=90^\circ$, $\theta_2=270^\circ$, $\theta_3=8.9^\circ$, $\phi=9.9$ 。

[0175] 图7示出应用于本实施例所涉及的内窥镜中的观察光学系统1的透镜结构,图8示出应用于本实施例所涉及的内窥镜中的照明光学系统2a、2b的透镜结构。

[0176] 以下示出本发明的实施例1所涉及的内窥镜中的透镜数据。

[0177] 透镜数据

面编号	r	d	Nd	
Vd				
物体面	∞	d0		
1	∞	0.40	1.883	40
.76				
2	1.11	0.63		
3	∞	0.40	1.521	65
.13				
4	∞	0.30		
5	-4.49	1.56	1.517	52
.43				
6	-2.21	0.06		
7	∞	0.97	1.750	35
.33				
8	-1.56	0.36	1.923	18
.9				
9	-2.70	0.03		
10 (光面)	∞	d10		
11	∞	0.40	1.697	55
[0178] .53				
12	1.58	0.71	1.581	40
.75				
13	7.99	d13		
14	8.97	1.00	1.591	61
.14				
15	-2.98	0.05		
16	4.00	1.30	1.488	70
.23				
17	-2.68	0.30	1.923	18
.9				
18	∞	0.06		
19	∞	0.36	1.523	58
.5				
20	∞	0.94		
21	∞	0.84	1.516	64
.14				
22	∞	0.66	1.505	63
.26				
23 (像面)	∞			
[0179] 各种数据				

	普通观察时	最大放大时
d 0	5 0	2
d 1 0	0. 3	1. 9
d 1 3	1. 9	0. 3
[0180] 焦距	1. 2 4	1. 4 0
前侧焦点位置	0. 9 7	0. 8 5
最大像高	1. 2	1. 2
近轴倍率	—	—0. 4 9
像素间距	0. 0 0 4 2	0. 0 0 4 2

[0181] 接着,以下示出本发明的实施例1所涉及的照明光学系统2a的透镜数据。

[0182] 此外, $\phi_L=1.3$,玻璃棒16的包层由折射率1.520的玻璃构成。此时的 $f_L=0.54$ 、 $f_{L1}=1.14$ 。

[0183] 透镜数据

面编号	r	d	Nd
1	∞	1. 1 1	1. 8 8 3
2	-1. 0 1	0. 0 4	
[0184] 3	1. 2 0	0. 6 5	1. 8 8 3
4	∞	0	
5	1. 2 6	2. 7 5	1. 8 0 5
6	∞		

[0185] 接着,以下示出本发明的实施例1所涉及的照明光学系统2b的透镜数据。

[0186] 此外, $\phi_L=1.7$,玻璃棒16的包层由折射率1.520的玻璃构成。此时的 $f_L=0.72$ 、 $f_{L1}=2.25$ 。

[0187] 透镜数据

面编号	r	d	Nd
1	∞	1. 3 0	1. 8 8 3
2	-2. 0 0	0. 0 4	
[0188] 3	2. 0 0	0. 7 5	1. 8 8 3
4	-2. 0 0	0. 0 5	
5	1. 9 1	2. 9 0	1. 7 3 0
6	∞		

[0189] 另外,由于从未图示的光源向照明光学系统引导照明光的光导纤维17也具有与角度对应的配光特性,因此以下示出该特性。

[0190] [表1]

[0191]

角度 α	照度 $\gamma(\alpha)$
0	1.00

5	0.97
10	0.94
15	0.35
20	0.67
25	0.46
30	0.27
35	0.13
40	0.05
45	0.01
50	0.00
55	0.00
60	0.00
65	0.00
70	0.00
75	0.00

[0192] 以下示出从上述光导纤维的特性得到的照明光学系统2a、2b的配光特性 $\gamma(\alpha)$ 。

[0193] [表2]

[0194]

	2a	2b
度 α	照度 $\gamma(\alpha)$	照度 $\gamma(\alpha)$
0	1.00	1.00
5	0.99	0.98
10	0.95	0.94
15	0.88	0.87
20	0.80	0.77
25	0.70	0.67
30	0.61	0.56
35	0.50	0.45
40	0.38	0.35
45	0.27	0.25
50	0.18	0.17
55	0.10	0.10
60	0.05	0.05
65	0.02	0.02
70	0.01	0.01
75	0.00	0.00

[0195] (实施例2)

[0196] 图9表示本发明的实施例2所涉及的内窥镜的插入部前端的正视图。另外,图10示出应用于本实施例所涉及的内窥镜中的观察光学系统1的透镜结构。

[0197] 此外,在本实施例中, $r_1=3.99$, $r_2=3.84$, $r_3=3.80$, $\theta_1=28.2^\circ$, $\theta_2=157.9^\circ$, $\theta_3=294.6^\circ$, $\phi=13.2$ 。

[0198] 以下示出本发明的实施例2所涉及的观察光学系统的透镜数据。

[0199] 透镜数据

面编号	r	d	Nd	
Vd				
物体面	∞	d0		
1	∞	0.48	1.883	40
.76				
2	1.39	0.80		
3	∞	0.40	1.521	65
.13				
4	∞	0.42		
5	-2.22	1.41	1.750	35
.33				
6	-2.54	0.03		
7	4.56	1.07	1.773	49
.6				
8	-2.42	0.37	1.923	18
.9				
9	-4.67	0.29		
10 (光圈)	∞	d10		
11	∞	0.40	1.488	70
[0200] .23				
12	1.63	0.40	1.593	35
.31				
13	2.10	d13		
14	4.51	1.33	1.488	70
.23				
15	-3.30	0.05		
16	6.34	1.92	1.488	70
.23				
17	-2.19	0.48	1.923	18
.9				
18	-6.59	0.03		
19	∞	0.40	1.523	58
.5				
20	∞	0.63		
21	∞	0.90	1.516	64
.14				
22	∞	0.60	1.505	63
.26				
23 (像面)	∞			
[0201] 各种数据				

	普通观察时	最大放大时
d 0	5 0	2, 2
d 1 0	0, 2 9	1, 7
d 1 3	1, 8 7	0, 4 6
[0202] 焦距	1, 4 9	1, 7 2
前侧焦点位置	1, 1 4	0, 9 5
最大像高	1, 6	1, 6
近轴倍率	—	—0, 5 5
像素间距	0, 0 0 3 4	0, 0 0 3 4

[0203] 照明光学系统的透镜结构与上述实施例1所应用的透镜结构相同,因此省略与该透镜结构有关的图,以下只示出透镜数据。此外, $\phi_L=1.7$,玻璃棒16的包层由折射率1.520的玻璃构成。此时的 $f_L=0.63$ 、 $f_{L1}=1.13$ 。

[0204] 透镜数据

面编号	r	d	N d
1	∞	1, 3 5	1, 8 8 3
2	—1, 0 1	0, 0 6	
[0205] 3	2, 5 8	0, 5 9	1, 8 8 3
4	—2, 5 8	0, 0 6	
5	1, 9 0	2, 9 0	1, 7 3 0
6	∞		

[0206] 以下示出应用与上述实施例1中所应用的光导纤维相同的光导纤维并从该特性得到的照明光学系统2c的配光特性 $\gamma(\alpha)$ 。

[0207] [表3]

[0208]

2c	
角度 α	照度 $\gamma(\alpha)$
0	1.00
5	0.98
10	0.95
15	0.89
20	0.82
25	0.73
30	0.63
35	0.53
40	0.42
45	0.32
50	0.22

55	0.14
60	0.08
65	0.04
70	0.02
75	0.00

[0209] (实施例3)

[0210] 图11表示本发明的实施例3所涉及的内窥镜的插入部前端的正视图。另外,图12示出应用于本实施例所涉及的内窥镜中的观察光学系统1的透镜结构。

[0211] 此外,在本实施例中, $r_1=3.47, r_2=3.68, r_3=3.47, \theta_1=28.4^\circ, \theta_2=155.3^\circ, \theta_3=303.9^\circ, \phi=11.7$ 。

[0212] 以下示出本发明的实施例3所涉及的观察光学系统的透镜数据。

[0213] 透镜数据

面序号	r	d	Nd	
Vd				
物体面	∞	d0		
1	∞	0.36	1.883	40
.76				
2	1.19	0.75		
3	∞	0.40	1.521	65
.13				
4	∞	0.37		
5	-3.55	1.78	1.681	40
.75				
6	-2.38	0.30		
7	6.83	0.83	1.517	52
.43				
8	-1.38	0.30	1.923	18
.9				
9	-2.14	0.05		
10 (光圈)	∞	d10		
11	∞	0.31	1.773	49
[0214] .6				
12	1.42	0.58	1.728	29
.46				
13	3.67	d13		
14	4.68	1.20	1.816	46
.62				
15	-6.02	0.03		
16	4.91	1.60	1.618	63
.33				
17	-2.42	0.36	1.923	18
.9				
18	11.2	0.16		
19	∞	0.40	1.523	58
.5				
20	∞	0.83		
21	∞	0.80	1.516	64
.14				
22	∞	0.70	1.505	63
.26				
23 (像面)	∞			
[0215] 各种数据				

	普通观察时	最大放大时
d0	50	2.5
d10	0.32	1.78
d13	1.9	0.44
[0216] 焦距	1.19	1.46
前侧焦点位置	0.99	0.78
最大像高	1.2	1.2
近轴倍率	—	−0.45
像素间距	0.0028	0.0028

[0217] 照明光学系统的透镜结构以及透镜数据与上述实施例1中所应用的照明光学系统的透镜结构以及透镜数据相同,因此省略记载。

[0218] 此外,表4和表5示出上述的实施例1~实施例3的结构中的上述条件式(1)~(14)的数值。

[0219] [表4]

[0220]

编号	公式	实施例1	实施例2	实施例3
(1)	I_{TC}/I_{TM}	0.42	0.30	0.35
(2)	I_{WS}/I_{WC}	0.24	0.20	0.21
(4)	$r_1^2/f_L f_T$	13.6	14.7	15.3
(5)	$r_2^2/f_L f_T$	13.6	13.6	12.8
(6)	$f_T f_{FT}/f_W f_{FW}$	0.99	0.96	0.97
(7)	$ 1 \times \beta/I_H $	0.41	0.34	0.37
(8)	$I_H/(1000P)$	0.29	0.47	0.43
(11)	r_1/r_2	1.00	1.04	0.94
(12)	$ \theta_1 - \theta_2 $	180	130	127
(13)	$r_1 r_2 / \phi^2$	0.10	0.09	0.09
(14)	$\min(r_1, r_2, r_3) \text{Max}(r_1, r_2, r_3)$	—	0.95	—

[0221] [表5]

		实施例1		实施例2	实施例3	
编号	公式	2a	2b	2c	2a	2b
[0222] (3)	$f_L f_T / \phi_L I_H$	0.48	0.50	0.40	0.50	0.52
(9)	f_{L1}/f_L	2.11	3.11	1.80	2.11	3.11
(10)	$\gamma(50)/\gamma(25)$	0.25	0.25	0.31	0.25	0.25

[0223] 附图标记说明

[0224] 1:观察光学系统;2:照明光学系统;3:通道;4:喷嘴。

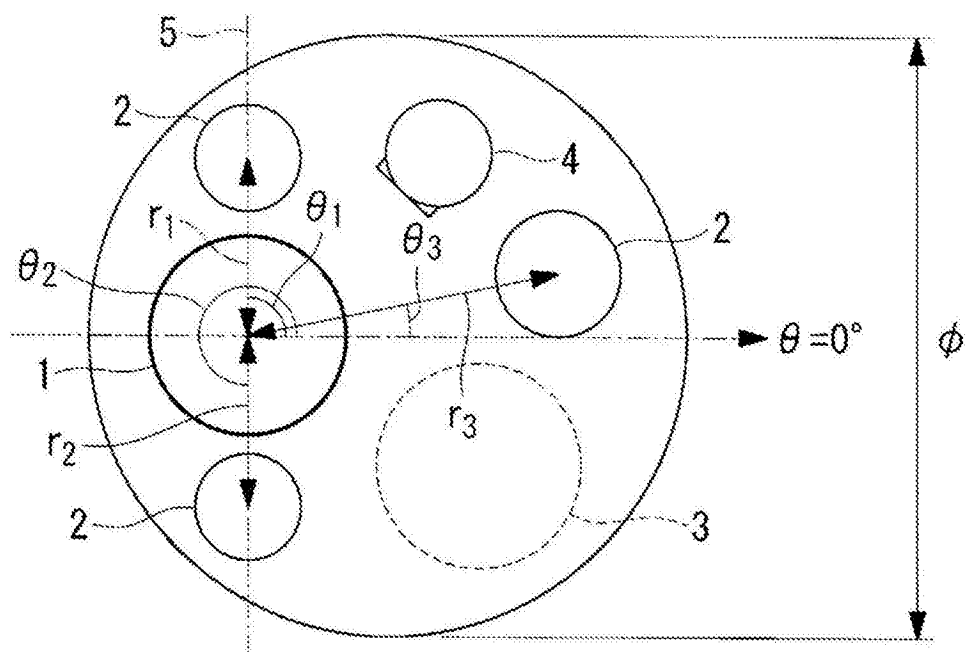


图1

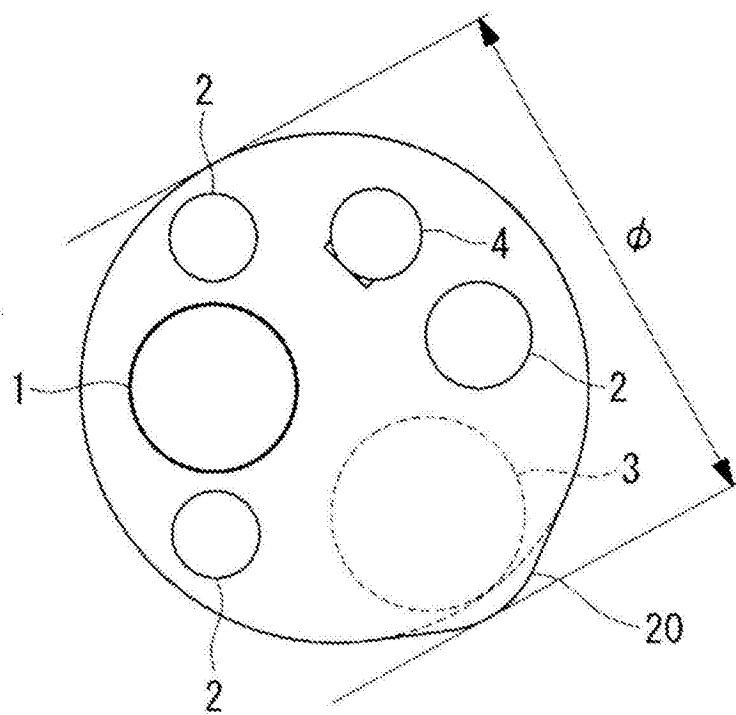


图2

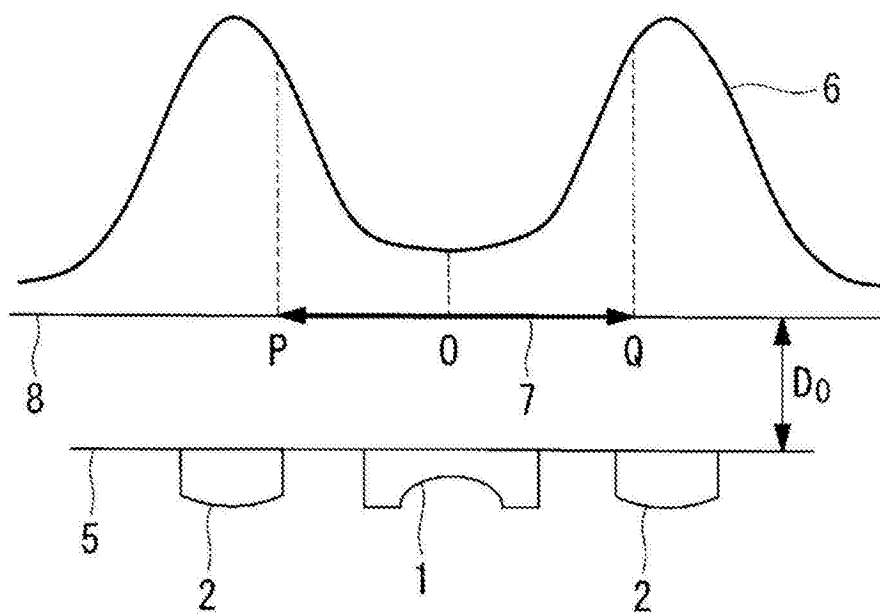


图3

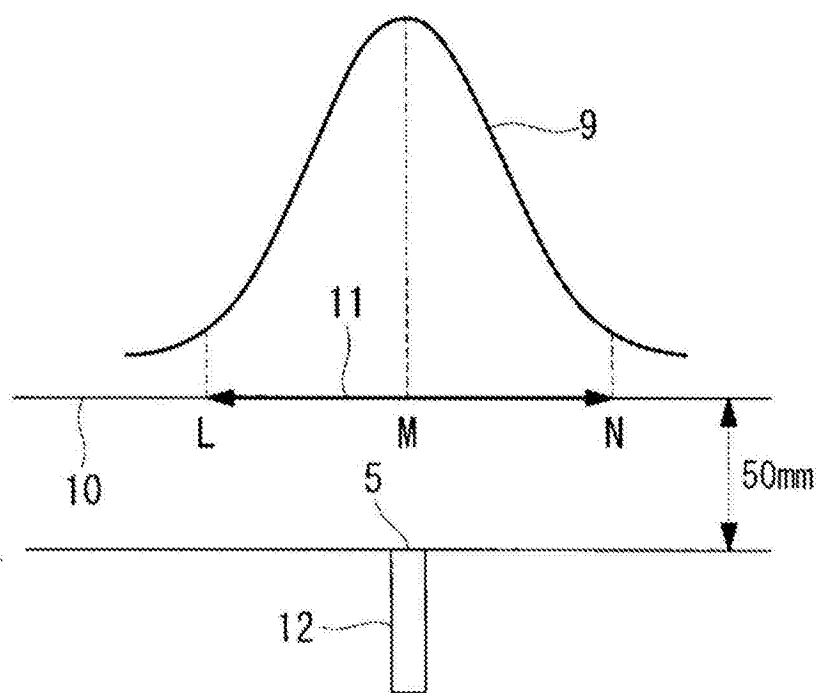


图4

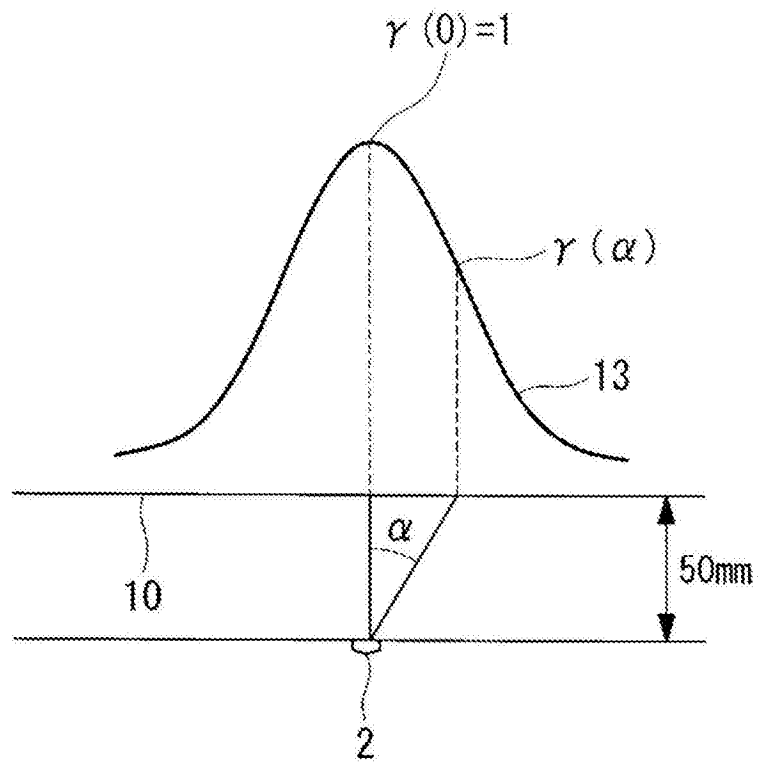


图5

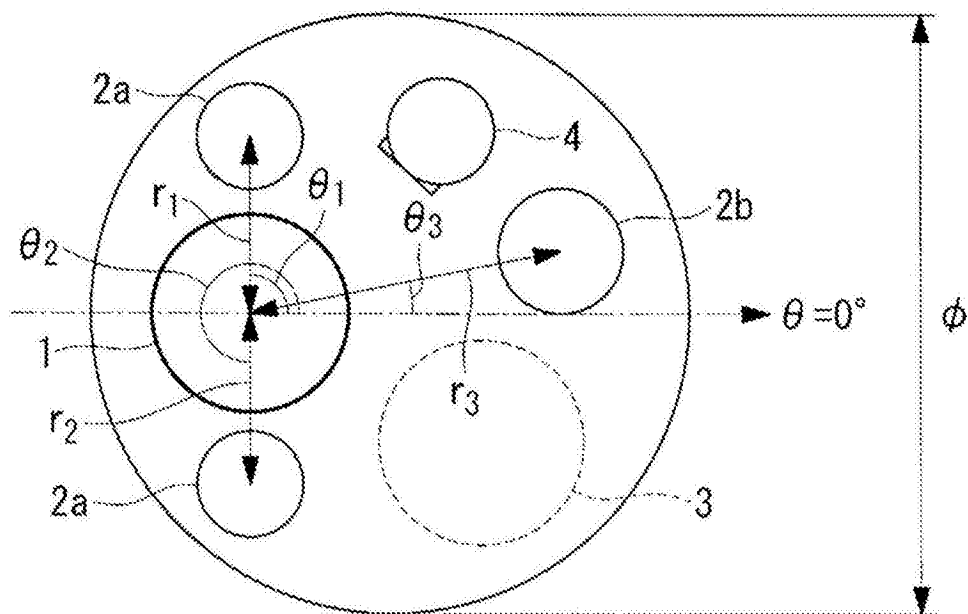


图6

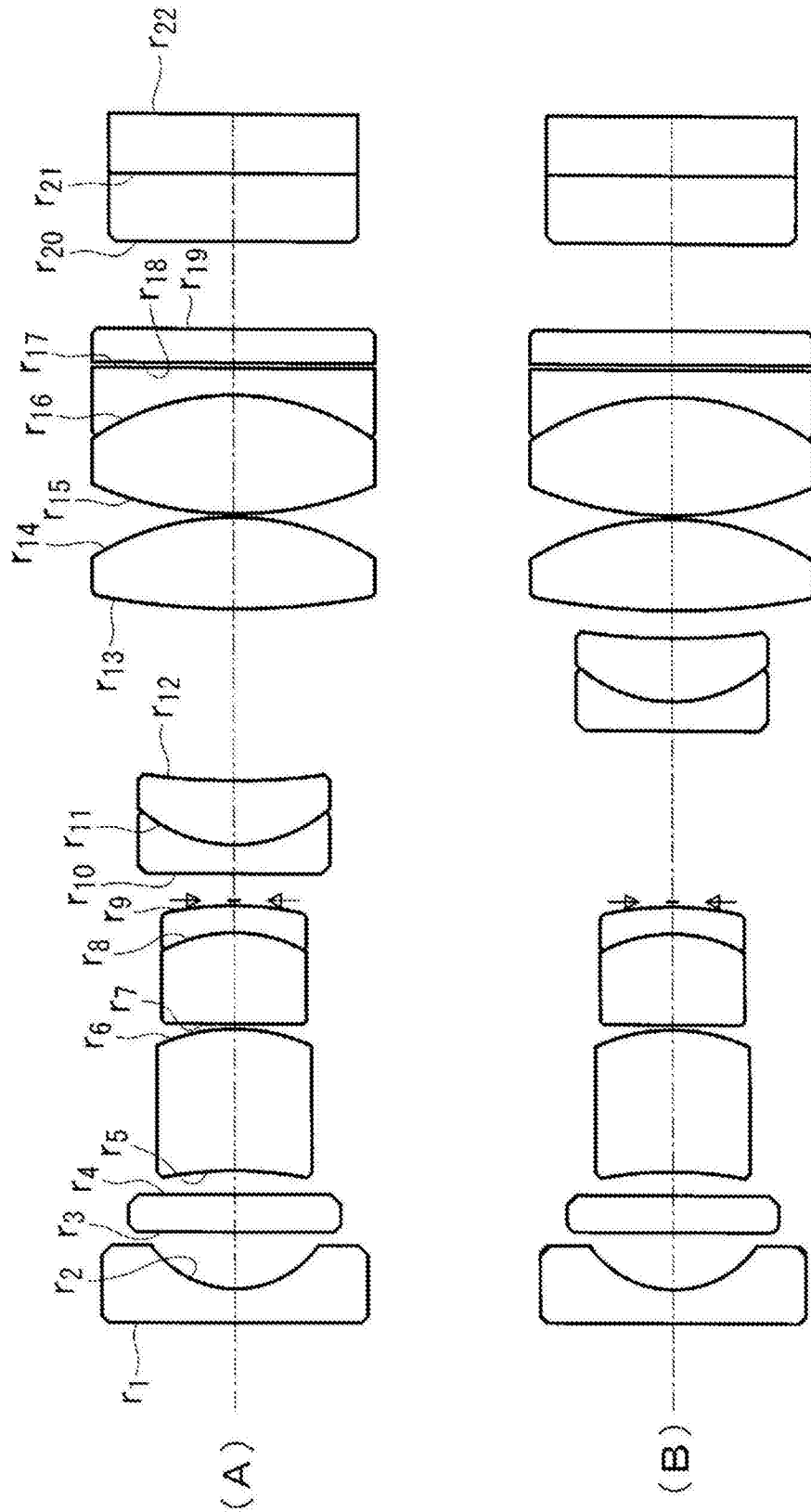


图7

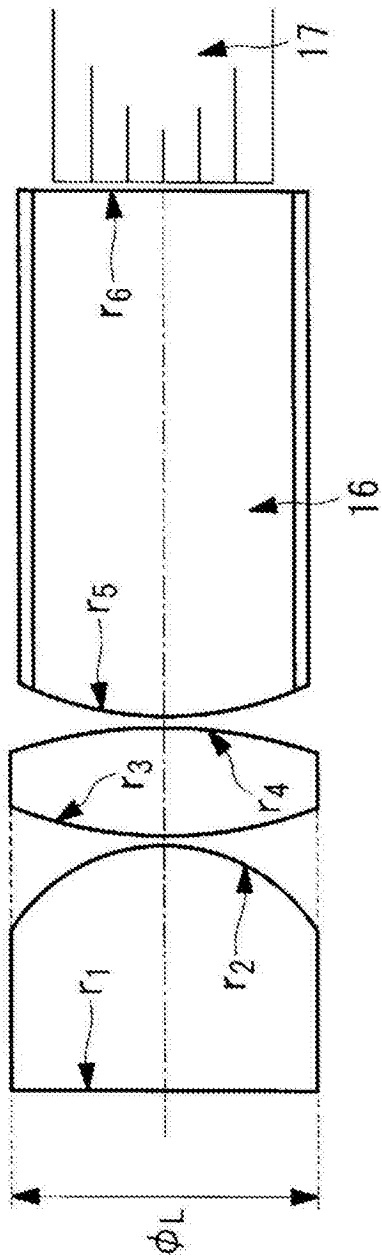


图8

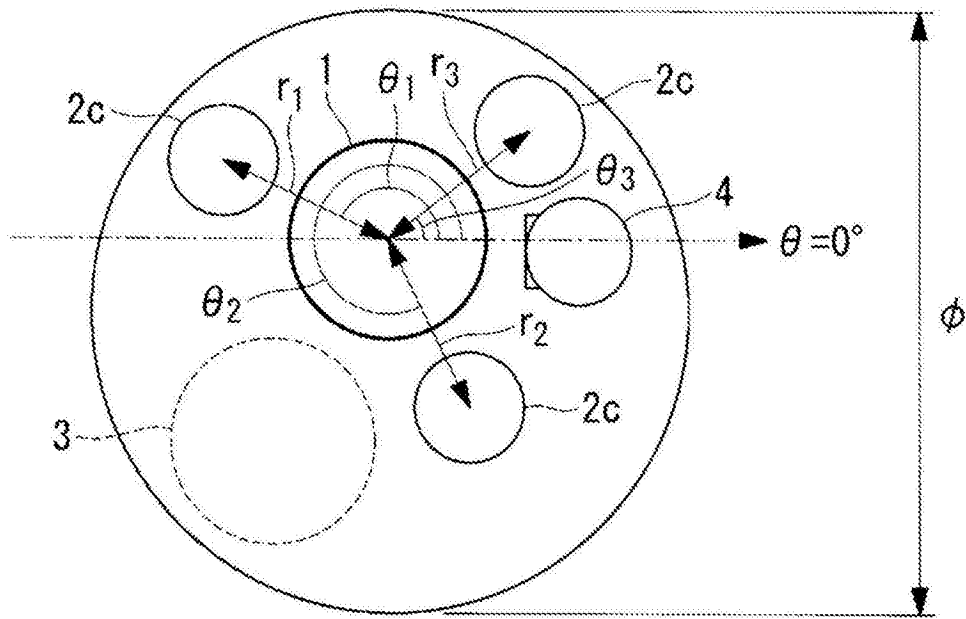


图9

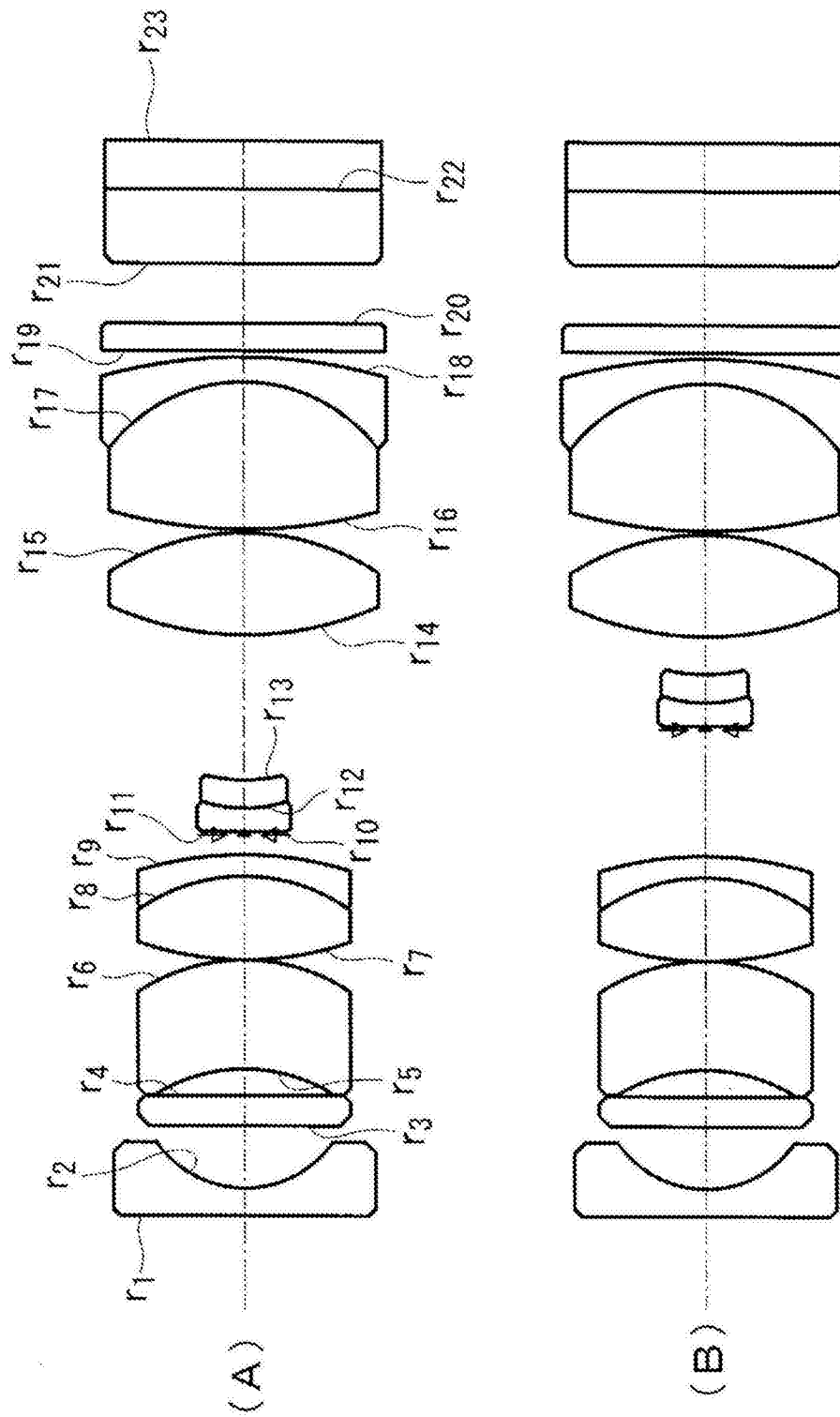


图10

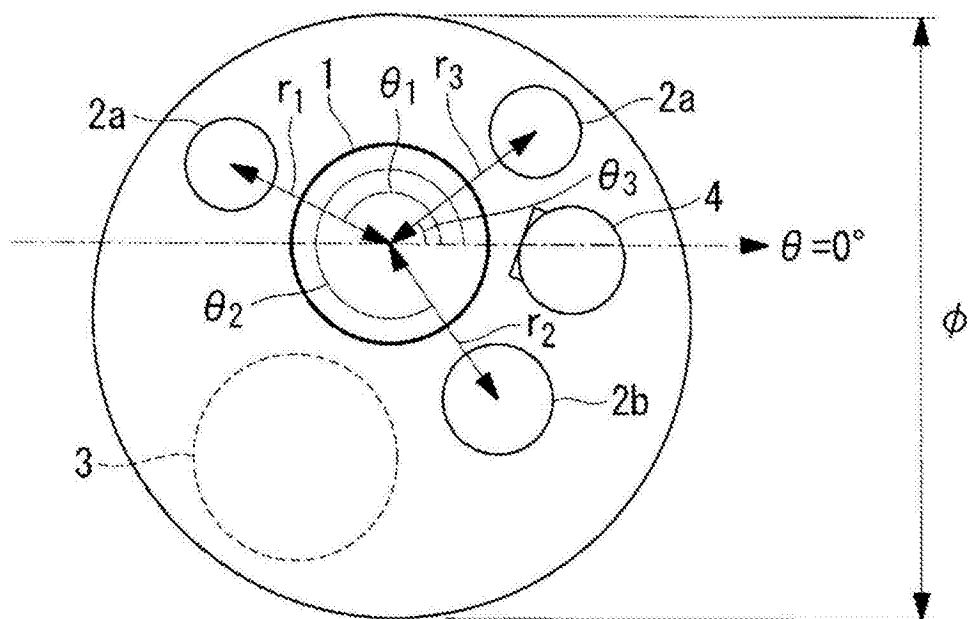


图11

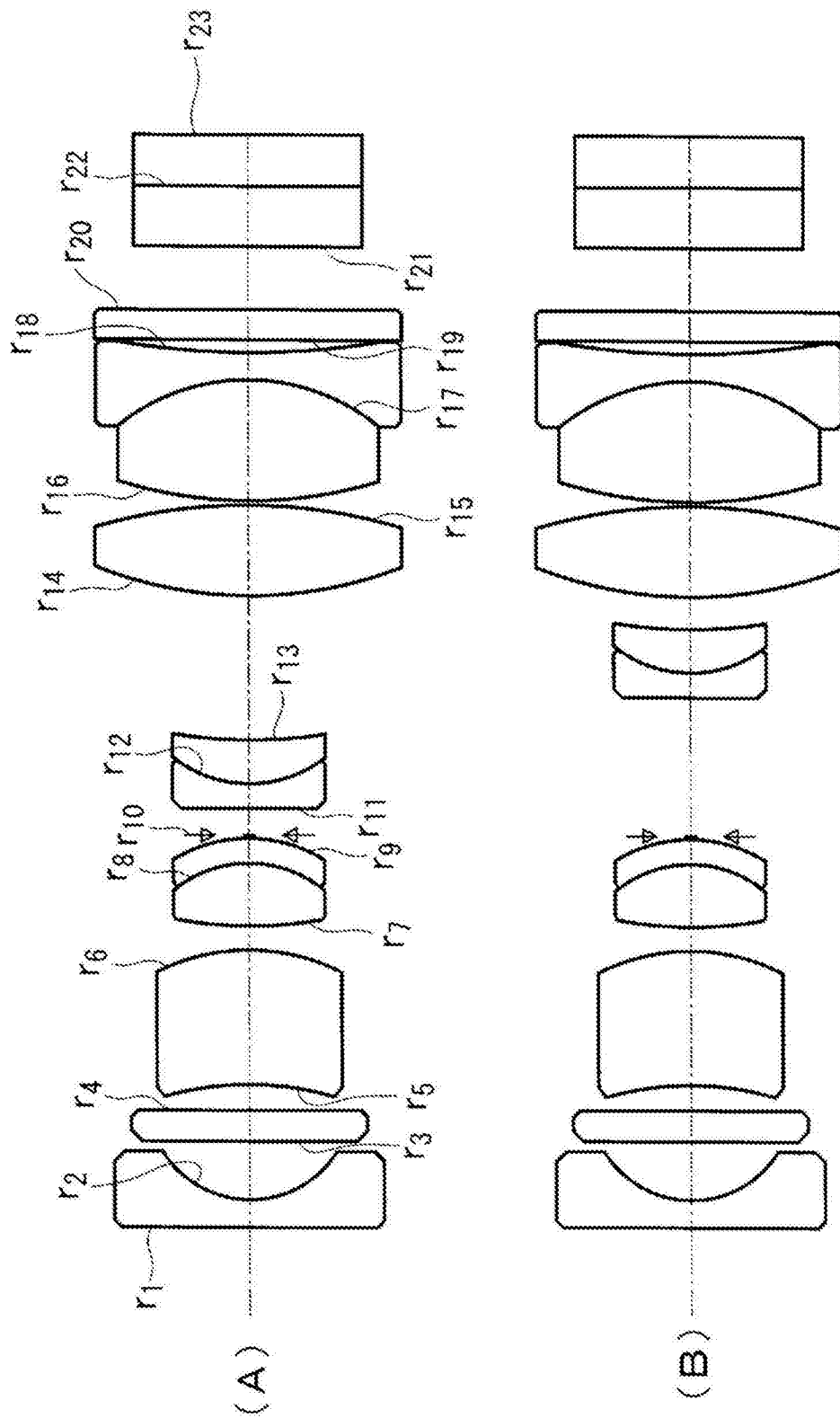


图12

专利名称(译)	内窥镜		
公开(公告)号	CN104883953B	公开(公告)日	2016-08-24
申请号	CN201480003908.6	申请日	2014-05-21
[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	曾根伸彦 高头英泰		
发明人	曾根伸彦 高头英泰		
IPC分类号	A61B1/00 G02B23/26		
CPC分类号	A61B1/00096 A61B1/00 A61B1/00188 A61B1/05 A61B1/0676 A61B1/07 G02B23/2423 G02B23/243 G02B23/26		
代理人(译)	刘新宇 张会华		
优先权	2013108141 2013-05-22 JP		
其他公开文献	CN104883953A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

在普通观察时和近距离观察时都确保充足的配光来进行良好的观察。内窥镜具备接近被摄体来进行放大观察的观察光学系统(1)以及向被摄体照射照明光的多个照明光学系统(2)，其中，在将插入部前端面与被摄体的距离为1.5mm~2.5mm的近距离观察时的观察视角内的最大亮度设为ITM、将该近距离观察时的中心亮度设为ITC、将插入部前端面与被摄体的距离为50mm的普通观察时的中心亮度设为IWC、将最大视角的80%的位置的亮度设为IWS时，满足以下条件式。 $0.3 < \text{ITC}/\text{ITM} < 0.45 \cdots (1)$
 $0.15 < \text{IWS}/\text{IWC} < 0.25 \cdots (2)$ 其中，fL为照明光学系统整个系统的焦距，fT为观察光学系统的最大放大时的整个系统的焦距，为照明光学系统的最靠近物体侧的透镜的外径，IH为观察光学系统的最大像高。

