



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110476103 B

(45) 授权公告日 2021.08.06

(21) 申请号 201880022874.3

(72) 发明人 露木浩

(22) 申请日 2018.03.13

(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

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110476103 A

代理人 刘新宇

(43) 申请公布日 2019.11.19

(51) Int.Cl.

(30) 优先权数据
2017-073886 2017.04.03 JP

G02B 23/26 (2006.01)

A61B 1/00 (2006.01)

G02B 5/04 (2006.01)

G02B 5/30 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2019.09.29

(56) 对比文件

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2018/009799 2018.03.13

CN 104219990 A, 2014.12.17

CN 103957770 A, 2014.07.30

(87) PCT国际申请的公布数据
W02018/186123 JA 2018.10.11

JP 4502104 B2, 2010.07.14

审查员 邵娜

(73) 专利权人 奥林巴斯株式会社
地址 日本东京都

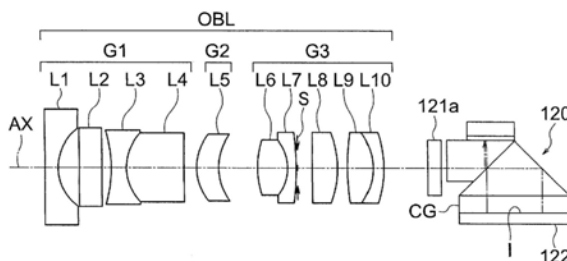
权利要求书4页 说明书14页 附图7页

(54) 发明名称

内窥镜系统和内窥镜系统的调整方法

(57) 摘要

内窥镜系统具有物镜光学系统(OBL)、光路分割单元(120)、摄像元件(122)以及图像处理部(30), λ/4波片(121a)配置于物镜光学系统(OBL)与光路分割单元(120)之间,光路分割单元(120)具有从物体侧起依次配置的第一棱镜(121b)和第二棱镜(121e),并具有将第一棱镜(121b)与第二棱镜(121e)贴合在一起而形成的分束面(SL),光路分割单元(120)将光在分束面(SL)分割为使P偏振光在分束面(SL)透过的第一光路和使S偏振光被分束面(SL)反射的第二光路,并配置在使分束面(SL)滑动来调整第一光路的光路长度和第二光路的光路长度从而消除了寻常光的焦点位置与异常光的焦点位置的偏差量后的位置,光路分割单元(120)满足特定的条件式。



1. 一种内窥镜,其特征在于,

具有从物体侧起依次配置的物镜光学系统、以及将来自所述物镜光学系统的光分割为两束的光路分割单元,

一个由双折射材料形成的 $\lambda/4$ 波片配置在光路中的所述物镜光学系统与所述光路分割单元之间的部分,

所述光路分割单元具有从物体侧起依次配置的第一棱镜和第二棱镜,

所述光路分割单元具有将所述第一棱镜与所述第二棱镜贴合在一起而形成的分束面,

所述光路分割单元将光在所述分束面分割为使P偏振光在所述分束面透过的第一光路和使S偏振光被所述分束面反射的第二光路,

所述第一棱镜与所述第二棱镜配置在以下位置:使所述分束面滑动来调整所述第一光路的光路长度和所述第二光路的光路长度从而消除了由具有双折射的所述 $\lambda/4$ 波片产生的寻常光的焦点位置与异常光的焦点位置的偏差量后的位置,

所述内窥镜满足下面的条件式(1)、(2),

$$0.01 < \Delta L \times n_{\text{pbs}} / D_y \leq 0.15 \quad (1)$$

$$0.09 \text{mm} \leq d / |\Delta n| \leq 5.7 \text{mm} \quad (2)$$

在此,

ΔL 为所述光路分割单元中的所述第二光路相对于所述第一光路的光路长度差的调整量,该调整量为空气当量长度,

$$\Delta L = |\Delta L_1 - \Delta L_2|$$

ΔL_1 为因所述光路分割单元的制造误差产生的光路长度差,该光路长度差为空气当量长度,

ΔL_2 为由所述 $\lambda/4$ 波片产生的焦点位置的偏差量,该偏差量为空气当量长度,

n_{pbs} 为所述光路分割单元的针对e线的折射率,

D_y 为所述光路分割单元的所述第一棱镜与所述第二棱镜的在与所述物镜光学系统的光轴正交的方向上的初始尺寸,

d 为所述 $\lambda/4$ 波片的厚度,

Δn 为所述 $\lambda/4$ 波片的针对e线的双折射率。

2. 根据权利要求1所述的内窥镜,其特征在于,

所述 $\lambda/4$ 波片的双折射材料为 LiNbO_3 、 YVO_4 、方解石以及 α - BBO 中的任一个。

3. 根据权利要求1所述的内窥镜,其特征在于,

满足下面的条件式(1)',

$$0.047 \leq \Delta L \times n_{\text{pbs}} / D_y \leq 0.15 \quad (1)'$$

4. 根据权利要求1所述的内窥镜,其特征在于,

满足下面的条件式(1)",

$$0.047 \leq \Delta L \times n_{\text{pbs}} / D_y \leq 0.121 \quad (1)''$$

5. 根据权利要求1所述的内窥镜,其特征在于,

满足下面的条件式(1)''' ,

$$0.067 \leq \Delta L \times n_{\text{pbs}} / D_y \leq 0.121 \quad (1)'''$$

6. 根据权利要求1所述的内窥镜,其特征在于,

满足下面的条件式(2)'，

$$0.432\text{mm} \leq d/|\Delta n| \leq 5.7\text{mm} \quad (2)'$$

7. 根据权利要求1所述的内窥镜,其特征在在于,
满足下面的条件式(2)"，

$$0.432\text{mm} \leq d/|\Delta n| \leq 4.546\text{mm} \quad (2)''$$

8. 根据权利要求1所述的内窥镜,其特征在在于,
满足下面的条件式(2)'''，

$$0.716\text{mm} \leq d/|\Delta n| \leq 4.546\text{mm} \quad (2)'''$$

9. 一种内窥镜的调整方法,所述内窥镜具有从物体侧起依次配置的物镜光学系统、以及将来自所述物镜光学系统的光分割为两束的光路分割单元，

一个由双折射材料形成的 $\lambda/4$ 波片配置在光路中的所述物镜光学系统与所述光路分割单元之间的部分，

所述光路分割单元具有从物体侧起依次配置的第一棱镜和第二棱镜，

所述光路分割单元具有将所述第一棱镜与所述第二棱镜贴合在一起而形成的分束面，

所述光路分割单元将光在所述分束面分割为使P偏振光在所述分束面透过的第一光路和使S偏振光被所述分束面反射的第二光路，

所述内窥镜的调整方法的特征在在于,包括以下工序：

滑动工序,通过使所述分束面滑动来调整第一光路和第二光路的光路长度,由此调整制造误差;以及

消除工序,消除由具有双折射的所述 $\lambda/4$ 波片产生的寻常光的焦点位置与异常光的焦点位置的偏差量，

其中,满足下面的条件式(1)、(2)，

$$0.01 < \Delta L \times n_{\text{pbs}}/D_y \leq 0.15 \quad (1)$$

$$0.09\text{mm} \leq d/|\Delta n| \leq 5.7\text{mm} \quad (2)$$

在此，

ΔL 为所述光路分割单元中的所述第二光路相对于所述第一光路的光路长度差的调整量,该调整量为空气当量长度，

$$\Delta L = |\Delta L1 - \Delta L2|$$

$\Delta L1$ 为因所述光路分割单元的制造误差产生的光路长度差,该光路长度差为空气当量长度，

$\Delta L2$ 为由所述 $\lambda/4$ 波片产生的焦点位置的偏差量,该偏差量为空气当量长度，

n_{pbs} 为所述光路分割单元的针对e线的折射率，

D_y 为所述光路分割单元的所述第一棱镜与所述第二棱镜的在与所述物镜光学系统的光轴正交的方向上的初始尺寸，

d 为所述 $\lambda/4$ 波片的厚度，

Δn 为所述 $\lambda/4$ 波片的针对e线的双折射率。

10. 根据权利要求9所述的内窥镜的调整方法,其特征在在于,
满足下面的条件式(1)'，

$$0.047 \leq \Delta L \times n_{\text{pbs}}/D_y \leq 0.15 \quad (1)'$$

11. 根据权利要求9所述的内窥镜的调整方法,其特征在于,满足下面的条件式(1)”,

$$0.047 \leq \Delta L \times npbs/Dy \leq 0.121 \quad (1)''。$$

12. 根据权利要求9所述的内窥镜的调整方法,其特征在于,满足下面的条件式(1)'''”,

$$0.067 \leq \Delta L \times npbs/Dy \leq 0.121 \quad (1)'''。$$

13. 根据权利要求9所述的内窥镜的调整方法,其特征在于,满足下面的条件式(2)',

$$0.432\text{mm} \leq d/|\Delta n| \leq 5.7\text{mm} \quad (2)'。$$

14. 根据权利要求9所述的内窥镜的调整方法,其特征在于,满足下面的条件式(2)''”,

$$0.432\text{mm} \leq d/|\Delta n| \leq 4.546\text{mm} \quad (2)''。$$

15. 根据权利要求9所述的内窥镜的调整方法,其特征在于,满足下面的条件式(2)'''”,

$$0.716\text{mm} \leq d/|\Delta n| \leq 4.546\text{mm} \quad (2)'''。$$

16. 一种内窥镜用摄像装置,具备摄像元件,所述内窥镜用摄像装置的特征在于,具有从物体侧起依次配置的物镜光学系统、以及将来自所述物镜光学系统的光分割为两束的光路分割单元,

一个由双折射材料形成的 $\lambda/4$ 波片配置在光路中的所述物镜光学系统与所述光路分割单元之间的部分,

所述光路分割单元具有从物体侧起依次配置的第一棱镜和第二棱镜,

所述光路分割单元具有将所述第一棱镜与所述第二棱镜贴合在一起而形成的分束面,

所述光路分割单元将光在所述分束面分割为使P偏振光在所述分束面透过的第一光路和使S偏振光被所述分束面反射的第二光路,

所述第一棱镜与所述第二棱镜配置在以下位置:使所述分束面滑动来调整所述第一光路的光路长度和所述第二光路的光路长度从而消除了由具有双折射的所述 $\lambda/4$ 波片产生的寻常光的焦点位置与异常光的焦点位置的偏差量后的位置,

所述内窥镜用摄像装置满足下面的条件式(1)、(2),

$$0.01 < \Delta L \times npbs/Dy \leq 0.15 \quad (1)$$

$$0.09\text{mm} \leq d/|\Delta n| \leq 5.7\text{mm} \quad (2)$$

在此,

ΔL 为所述光路分割单元中的所述第二光路相对于所述第一光路的光路长度差的调整量,该调整量为空气当量长度,

$$\Delta L = |\Delta L1 - \Delta L2|$$

$\Delta L1$ 为因所述光路分割单元的制造误差产生的光路长度差,该光路长度差为空气当量长度,

$\Delta L2$ 为由所述 $\lambda/4$ 波片产生的焦点位置的偏差量,该偏差量为空气当量长度,

$npbs$ 为所述光路分割单元的针对e线的折射率,

Dy 为所述光路分割单元的所述第一棱镜与所述第二棱镜的在与所述物镜光学系统的

光轴正交的方向上的初始尺寸，

d 为所述 $\lambda/4$ 波片的厚度，

Δn 为所述 $\lambda/4$ 波片的针对 e 线的双折射率。

17. 根据权利要求16所述的内窥镜用摄像装置，其特征在于，满足下面的条件式(1)'，

$$0.047 \leq \Delta L \times n_{\text{pbs}} / D_y \leq 0.15 \quad (1)'$$

18. 根据权利要求16所述的内窥镜用摄像装置，其特征在于，满足下面的条件式(1)"，

$$0.047 \leq \Delta L \times n_{\text{pbs}} / D_y \leq 0.121 \quad (1)''$$

19. 根据权利要求16所述的内窥镜用摄像装置，其特征在于，满足下面的条件式(2)'，

$$0.432\text{mm} \leq d / |\Delta n| \leq 5.7\text{mm} \quad (2)'$$

20. 根据权利要求16所述的内窥镜用摄像装置，其特征在于，满足下面的条件式(2)"，

$$0.432\text{mm} \leq d / |\Delta n| \leq 4.546\text{mm} \quad (2)''$$

内窥镜系统和内窥镜系统的调整方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种内窥镜系统和内窥镜系统的调整方法。

背景技术

[0002] 一般众所周知的是,在以内窥镜系统为首的具备摄像元件的设备中,随着摄像元件的高像素化而景深变窄。即,在摄像元件中,当为了使像素数增加而减小像素间距(一个像素的纵横尺寸)时,与其相伴地,容许模糊圈也变小,因此摄像装置的景深变窄。

[0003] 为了扩大景深,例如提出了以下结构:将自图像分割后进行成像,通过图像处理将获取到的图像合成,来使深度扩大。在此,在对自图像进行分割时,使用利用了偏振光的光路分割单元是高效的。在利用了偏振光的光路分割单元中,例如期望使由 $\lambda/4$ 波片消除了偏振状态的光入射至光路分割单元。

[0004] 在利用了双折射的 $\lambda/4$ 波片中,寻常光与异常光的焦点位置不同。在专利文献1中,第二棱镜能够通过棱镜驱动单元来沿着第一棱镜的覆膜面移动。由此,对因可见光与红外光的波长的差异而引起的成像面的位置偏差进行了校正。

[0005] 另外,专利文献2公开了使分束面滑动来调整光路长度的结构。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献1:日本特开2003-307678号公报

[0009] 专利文献2:国际公开第2014/002740号

发明内容

[0010] 发明要解决的问题

[0011] 然而,在专利文献1中,无法消除由 $\lambda/4$ 波片产生的寻常光与异常光的焦点位置的偏差。

[0012] 另外,在专利文献2中,虽然能够使棱镜沿着分束面滑动来调整光路长度,但是没有明确记载与因双折射引起的焦点位置的偏差相关的问题、其具体的调整条件。因此,在专利文献2的结构中,无法进行准确的光路长度调整。

[0013] 本发明是鉴于上述情形而完成的,其目的在于提供一种能够充分地获得消偏振效果并能够通过小型的结构来校正由双折射产生的成像位置的偏差的内窥镜系统和内窥镜系统的调整方法。

[0014] 用于解决问题的方案

[0015] 为了解决上述的问题并达到目的,本申请发明是一种内窥镜系统,

[0016] 具有从物体侧起依次配置的物镜光学系统、将来自物镜光学系统的光分割为两束的光路分割单元、用于拍摄分割所得到的两个像的摄像元件、以及具有将由摄像元件拍摄到的像进行合成来形成为一个图像的图像合成部的图像处理部,

[0017] 一个由双折射材料形成的 $\lambda/4$ 波片配置在光路中的物镜光学系统与光路分割单元

之间的部分，

[0018] 光路分割单元具有从物体侧起依次配置的第一棱镜和第二棱镜，

[0019] 光路分割单元具有将第一棱镜与第二棱镜贴合在一起而形成的分束面，

[0020] 光路分割单元将光在分束面分割为使P偏振光在分束面透过的第一光路和使S偏振光被分束面反射的第二光路，

[0021] 第一棱镜与第二棱镜配置在以下位置：使分束面滑动来调整第一光路的光路长度和第二光路的光路长度从而消除了由具有双折射的 $\lambda/4$ 波片产生的寻常光的焦点位置与异常光的焦点位置的偏差量后的位置，并且满足下面的条件式(1)、(2)，

[0022] $0.01 < \Delta L \times n_{\text{pbs}} / D_y \leq 0.15$ (1)

[0023] $0.09 \leq d / |\Delta n| \leq 5.7$ (2)

[0024] 在此，

[0025] ΔL 为光路分割单元中的第二光路相对于第一光路的光路长度差的调整量(空气当量长度)，

[0026] $\Delta L = |\Delta L_1 - \Delta L_2|$

[0027] ΔL_1 为因光路分割单元的制造误差产生的光路长度差(空气当量长度)，

[0028] ΔL_2 为由 $\lambda/4$ 波片产生的焦点位置的偏差量(空气当量长度)，

[0029] n_{pbs} 为光路分割单元的针对e线的折射率，

[0030] D_y 为光路分割单元使第一棱镜与第二棱镜相对地进行滑动调整的方向上的初始尺寸，

[0031] d 为 $\lambda/4$ 波片的厚度，

[0032] Δn 为 $\lambda/4$ 波片的针对e线的双折射率。

[0033] 另外，在另一侧面，本申请发明是一种内窥镜系统的调整方法，所述内窥镜系统具有从物体侧起依次配置的物镜光学系统、将来自物镜光学系统的光分割为两束的光路分割单元、用于拍摄分割所得到的两个像的摄像元件、以及具有将由摄像元件拍摄到的像进行合成来形成一个图像的图像合成部的图像处理部，

[0034] 一个由双折射材料形成的 $\lambda/4$ 波片配置在光路中的物镜光学系统与光路分割单元之间的部分，

[0035] 光路分割单元具有从物体侧起依次配置的第一棱镜和第二棱镜，

[0036] 光路分割单元具有将第一棱镜与第二棱镜贴合在一起而形成的分束面，

[0037] 光路分割单元将光在分束面分割为使P偏振光在分束面透过的第一光路和使S偏振光被分束面反射的第二光路，

[0038] 所述内窥镜系统的调整方法包括以下工序：

[0039] 滑动工序，通过使分束面滑动来调整第一光路和第二光路的光路长度，由此调整制造误差；以及

[0040] 消除工序，使分束面滑动以消除由具有双折射的 $\lambda/4$ 波片产生的寻常光的焦点位置与异常光的焦点位置的偏差量。

[0041] 发明的效果

[0042] 本发明起到以下效果：能够提供一种能够充分地获得消偏振效果并能够通过小型的结构来校正由双折射产生的成像位置的偏差的内窥镜系统和内窥镜系统的调整方法。

附图说明

[0043] 图1是示出本发明的一个实施方式所涉及的内窥镜系统所具有的物镜光学系统、光路分割单元以及摄像元件的截面结构的图(通常观察状态)。

[0044] 图2是本发明的实施方式所涉及的内窥镜系统所具有的 $\lambda/4$ 波片、光路分割单元以及摄像元件的概要结构图。

[0045] 图3是本发明的实施方式所涉及的内窥镜系统所具有的摄像元件的概要结构图。

[0046] 图4是说明对本发明的实施方式所涉及的内窥镜系统所具有的 $\lambda/4$ 波片、光路分割单元以及摄像元件进行调整的方法的图。

[0047] 图5是示出由 $\lambda/4$ 波片产生的寻常光线的焦点位置和异常光线的焦点位置的图。

[0048] 图6是示出内窥镜系统的调整方法的流程图。

[0049] 图7是示出本发明的实施方式所涉及的内窥镜系统的结构的功能框图。

[0050] 图8是示出在本发明的实施方式所涉及的内窥镜系统中将两个光学像进行合成的情况下的流程的流程图。

[0051] 图9是示出在本发明的实施方式所涉及的内窥镜系统中通过分束器进行奇数次反射之后在摄像元件成像的情况下的成像状态的图。

[0052] 图10是示出本发明的实施例1所涉及的内窥镜系统所具有的物镜光学系统、光路分割单元以及摄像元件的截面结构的图。(a)是通常观察状态下的截面图,(b)是近距离观察状态下的截面图。

具体实施方式

[0053] 图1是示出实施方式所涉及的内窥镜系统所具有的物镜光学系统、光路分割单元以及摄像元件的截面结构的图。另外,图2是实施方式所涉及的内窥镜系统所具有的 $\lambda/4$ 波片、光路分割单元以及摄像元件的概要结构图。内窥镜系统的特征在于,具有从物体侧起依次配置的物镜光学系统OBL、将来自物镜光学系统OBL的光分割为两束的光路分割单元120、用于拍摄分割所得到的两个像的摄像元件122、以及具有将由摄像元件122拍摄到的像进行合成来形成一个图像的图像合成部的图像处理部30(图7),一个由双折射材料形成的 $\lambda/4$ 波片121a配置于光路中的物镜光学系统OBL与光路分割单元120之间的部分,光路分割单元120具有从物体侧起依次配置的第一棱镜121b和第二棱镜121e,光路分割单元120具有将第一棱镜121b与第二棱镜121e贴合在一起而形成的分束面SL,光路分割单元120将光在分束面SL分割为使P偏振光在分束面SL透过的第一光路B和使S偏振光被分束面SL反射的第二光路A,第一棱镜121b与第二棱镜121e配置在使分束面SL滑动来调整第一光路B的光路长度和第二光路A的光路长度从而消除了由具有双折射的 $\lambda/4$ 波片121a产生的寻常光的焦点位置与异常光的焦点位置的偏差量后的位置,并且满足下面的条件式(1)、(2)。

[0054] $0.01 < \Delta L \times n_{pbs} / D_y \leq 0.15$ (1)

[0055] $0.09 \leq d / |\Delta n| \leq 5.7$ (2)

[0056] 在此,

[0057] ΔL 为光路分割单元120中的第二光路A相对于第一光路B的光路长度差的调整量(空气当量长度),

[0058] $\Delta L = |\Delta L1 - \Delta L2|$

[0059] $\Delta L1$ 为因光路分割单元120的制造误差产生的光路长度差(空气当量长度),

[0060] $\Delta L2$ 为由 $\lambda/4$ 波片121a产生的焦点位置的偏差量(空气当量长度),

[0061] n_{pbs} 为光路分割单元120的针对e线的折射率,

[0062] D_y 为光路分割单元120使第一棱镜121b与第二棱镜121e相对地进行滑动调整的方向上的初始尺寸,

[0063] d 为 $\lambda/4$ 波片121a的厚度,

[0064] Δn 为 $\lambda/4$ 波片121a的针对e线的双折射率。

[0065] 首先,使用图2来说明光路分割单元120的结构。图2是示出 $\lambda/4$ 波片121a、光路分割单元120以及摄像元件122的概要结构的图。

[0066] 自物镜光学系统OBL射出的光经过 $\lambda/4$ 波片121a后入射至光路分割单元120。 $\lambda/4$ 波片121a发挥使偏振光变成无偏振光的作用。

[0067] 光路分割单元120具有:偏振分束器121,其将被摄体像分割为焦点不同的两个光学像;以及摄像元件122,其用于拍摄两个光学像来获取两个图像。

[0068] 如图2所示,偏振分束器121具备物体侧的第一棱镜121b、像侧的第二棱镜121e、反射镜121c以及 $\lambda/4$ 片121d。物体侧的第一棱镜121b和像侧的第二棱镜121e均具有相对于光轴AX成45度的倾斜度的分束面SL。

[0069] 在物体侧的第一棱镜121b的分束面SL形成有偏振分离膜121f。而且,物体侧的第一棱镜121b和像侧的第二棱镜121e通过使彼此的分束面SL隔着偏振分离膜121f抵接来构成偏振分束器121。

[0070] 另外,反射镜121c隔着 $\lambda/4$ 片121d设置在物体侧的第一棱镜121b的端面附近。在像侧的第二棱镜121e的端面隔着护罩玻璃CG安装有摄像元件122。I为成像面(摄像面)。

[0071] 来自物镜光学系统OBL的被摄体像在物体侧的第一棱镜121b中被在分束面SL设置的偏振分离膜121f分离为P偏振光分量(透射光)和S偏振光分量(反射光),从而被分离为反射光侧的光学像和透射光侧的光学像这两个光学像。

[0072] S偏振光分量的光学像因偏振分离膜121f而向相对于摄像元件122而言的对面侧反射从而通过第二光路A,透过 $\lambda/4$ 片121d之后,被反射镜121c反射,向摄像元件122侧折返。被折返的光学像由于再次透过 $\lambda/4$ 片121d而偏振方向旋转 90° ,透过偏振分离膜121f后在摄像元件122成像。

[0073] P偏振光分量的光学像透过偏振分离膜121f而通过第一光路B,被用于朝向摄像元件122垂直折返的设置于与像侧的第二棱镜121e的分束面SL相反一侧的反射面反射,并在摄像元件122成像。此时,在第二光路A和第一光路B中,例如事先设定棱镜光程以产生几十 μ m左右的规定的的光路差,从而使焦点不同的两个光学像在摄像元件122的受光面成像。

[0074] 即,物体侧的第一棱镜121b和像侧的第二棱镜121e配置为相对于物体侧的第一棱镜121b中的至摄像元件122的透射光侧的光路长度(光程长)而言反射光侧的光路长度短(小),以能够将被摄体像分离为焦点位置不同的两个光学像。此外,在此,也可以将两个棱镜121b、121e配置为与上述的情况相反地使光路长度长(大)。此时,摄像元件中的远点像与近点像的配置反过来。

[0075] 图3是摄像元件122的概要结构图。如图3所示,摄像元件122为了分别单独地接收并拍摄焦点位置不同的两个光学像,而在摄像元件122的整个像素区域中设置有两个受光

区域(有效像素区域) 122a、122b。

[0076] 图4是说明对内窥镜系统所具有的 $\lambda/4$ 波片、光路分割单元以及摄像元件进行调整的方法的图。棱镜驱动部130使第一棱镜121b与第二棱镜121e相对地移动。由此能够使分束面SL沿着箭头Y方向滑动。

[0077] 接着,对本实施方式的作用效果进行说明。在本实施方式中,利用如上述那样的使用了双折射材料的 $\lambda/4$ 波片121a以消除偏振状态。在此,如图5所示,当使用了双折射材料的 $\lambda/4$ 波片121a的双折射率变大时,导致入射光Ray中的寻常光Ray1的焦点位置P1与异常光Ray2的焦点位置P2产生偏差 $\Delta L2$,是不理想的。

[0078] 图5示出由 $\lambda/4$ 波片121a产生的寻常光Ray1的焦点位置和异常光Ray2的焦点位置。

[0079] 因此,通过使偏振分束器的分束面SL滑动来调整寻常光($\approx S$ 偏振光=第二光路A)和异常光($\approx P$ 偏振光=第一光路B)的光路长度,从而校正成像位置的偏差,由此能够获得期望的光路长度差。关于具体的调整方法,在后面作为内窥镜系统的调整方法进行记述。

[0080] 使分束面SL沿箭头Y方向(图4)滑动,即,使第一棱镜121b与第二棱镜121e相对地进行滑动调整,来校正寻常光与异常光的光路长度差。在此,如果滑动调整过大,则导致具有物镜光学系统OBL的内窥镜顶端部大型化以及滑动调整后的形状大幅地偏离了设计形状,由此有可能导致耐温湿度、耐冲击性变弱。

[0081] 条件式(1)规定为不使滑动调整量变得过大。期望进行抑制到棱镜外形尺寸的15%以下的调整。

[0082] 另外,条件式(2)是规定条件式(1)的 ΔL 的式子。具体地说,对由 $\lambda/4$ 波片121a的双折射率 Δn 与 $\lambda/4$ 波片121a的厚度d的关系决定的 $\Delta L2$ 进行限定。而且,进行控制以避免 ΔL 过小或过大。

[0083] 当低于条件式(2)的下限值时,棱镜调整量可以较小。然而,导致消偏振效果变得过小。

[0084] 当超过条件式(2)的上限时,焦点偏差量 $\Delta L2$ 过大,从而上述的内窥镜顶端尺寸变大,或者调整后的棱镜模块的非对称性变大,从而在耐性方面变得不稳定,是不理想的。

[0085] 本实施例的内窥镜系统是以扩大景深为目的的内窥镜。为了扩大景深,如后文叙述的那样,需要通过偏振分束器来使将光路分割之后的近点像、远点像产生规定的光路长度差。因而,通过滑动调整来对由双折射产生的成像位置的偏差进行校正,从而获得设为目标值的景深范围。

[0086] 在其它应用例、例如以3D观察(立体观察)、动态范围扩大为目的的内窥镜中,能够通过进行使光路长度差大致为零的调整来获得良好的合成图像。

[0087] 另外,根据本实施方式的优选方式,期望的是, $\lambda/4$ 波片121a的双折射材料为 LiNbO_3 (铌酸锂)、 YVO_4 、方解石以及 $\alpha\text{-BBO}$ (偏硼酸钡)中的任一个。

[0088] 为了获得有效的消偏振效果,期望使用双折射率大的晶体材料。

[0089] 另外,其它侧面的本实施方式是内窥镜系统的调整方法,该内窥镜系统具有从物体侧起依次配置的物镜光学系统OBL、将来自物镜光学系统OBL的光分割为两束的光路分割单元120、用于拍摄分割所得到的两个像的摄像元件122、以及具有将由摄像元件122拍摄到的像进行合成来形成一个图像的图像合成部的图像处理部30(图7),

[0090] 一个由双折射材料形成的 $\lambda/4$ 波片121a配置在光路中的物镜光学系统OBL与光路

分割单元120之间的部分，

[0091] 光路分割单元120具有从物体侧起依次配置的第一棱镜121b和第二棱镜121e，

[0092] 光路分割单元120具有将第一棱镜121b与第二棱镜121e贴合在一起而形成的分束面SL，

[0093] 光路分割单元120将光在分束面SL分割为使P偏振光在分束面SL透过的第一光路B和使S偏振光被分束面SL反射的第二光路A，

[0094] 所述内窥镜系统的调整方法的特征在于，包括以下工序：

[0095] 滑动工序(图6的S201)，通过使分束面SL滑动来调整第一光路B和第二光路A的光路长度，由此调整制造误差；以及

[0096] 消除工序(图6的S202)，使分束面SL滑动以消除由具有双折射的 $\lambda/4$ 波片121a产生的寻常光Ray1的焦点位置P1与异常光Ray2的焦点位置P2的偏差量 $\Delta L2$ 。

[0097] 图6是示出内窥镜系统的调整方法的流程图。

[0098] 另外，根据本实施方式的优选方式，在上述调整方法中，期望满足下面的条件式(1)、(2)。

[0099] $0.01 < \Delta L \times n_{\text{pbs}} / D_y \leq 0.15$ (1)

[0100] $0.09 \leq d / |\Delta n| \leq 5.7$ (2)

[0101] 在此，

[0102] ΔL 为光路分割单元中的第二光路相对于第一光路的光路长度差的调整量(空气当量长度)，

[0103] $\Delta L = |\Delta L1 - \Delta L2|$

[0104] $\Delta L1$ 为因光路分割单元的制造误差产生的光路长度差(空气当量长度)，

[0105] $\Delta L2$ 为由 $\lambda/4$ 波片产生的焦点位置的偏差量(空气当量长度)，

[0106] n_{pbs} 为光路分割单元的针对e线的折射率，

[0107] D_y 为光路分割单元使第一棱镜与第二棱镜相对地进行滑动调整的方向上的初始尺寸，

[0108] d 为 $\lambda/4$ 波片的厚度，

[0109] Δn 为 $\lambda/4$ 波片的针对e线的双折射率。

[0110] 调整方法中的条件式(1)、(2)的技术意义与内窥镜系统中的条件式(1)、(2)的技术意义相同。

[0111] 接着，对具体的光路长度调整的方法进行说明。例如，在将第一棱镜121b同反射镜单元(反射镜121c和 $\lambda/4$ 片121d)粘接而成的模块与第二棱镜121e粘接时，进行光路长度调整。

[0112] 通过用于扩大景深的光学系统的例子来进行说明。例如，在远点焦点图像的第一光路B与近点焦点图像的第二光路A的光路长度差为 $50\mu\text{m}$ 的情况下，使第一棱镜121b和第二棱镜121e中的至少一方沿着分束面SL滑动以使光路长度差为 $50\mu\text{m}$ 。

[0113] 实际的调整量是考虑偏振分束器的部件的精度、调整时的制造误差来决定的。在本实施方式中，将调整量设为 $\Delta L1$ 。本实施方式的偏振分束器121以使P偏振光向第一光路B行进、使S偏振光向第二光路A行进的方式进行分离。

[0114] 作为内窥镜用的光学系统的完成形态为将物镜光学系统OBL与 $\lambda/4$ 波片121a组合

得到的结构。当 $\lambda/4$ 波片121a使用双折射材料时,根据双折射率的大小、片厚度,而产生寻常光的成像位置与异常光的成像位置的偏差量(差) ΔL_2 。

[0115] 寻常光被偏振分束器121分到第二光路A,异常光被偏振分束器121分到第一光路B。因而,在组装该棱镜单元的光路长度调整的工序中,如果不考虑偏差量 ΔL_2 ,则无法获得期望的景深的扩大效果。

[0116] 也就是说,需要使 $|\Delta L_1 - \Delta L_2| = \Delta L$ 为最终的光路长度差的调整量。在后述的实施例1的情况下, ΔL_1 为 $50\mu\text{m}$, ΔL_2 (成像位置 n_o -成像位置 n_e)为 $-7.3\mu\text{m}$,因此 ΔL 为 $57.3\mu\text{m}$ 。像这样,如果不预先估计出 ΔL_2 为 $-7.3\mu\text{m}$,则导致光路长度差相比于目标值变短。

[0117] ΔL 为空气当量长度,但是实际的滑动量由实际的偏振分束器的折射率决定。例如,在实施例1的偏振分束器中使用S-BSM18(小原(OHARA)公司制造)来作为玻璃材料。针对e线的折射率为1.64129。因而,实际的调整量为 $57.3 \times 1.64129 \approx 94\mu\text{m}$ 。

[0118] 另一方面,由于该调整量 ΔL 影响具有光路分割单元的内窥镜顶端部的大小,因此实际的调整量受到限制。在本实施方式中,如图4所示,期望在条件式(1)中利用与偏振分束器121的在进行滑动调整的方向上的初始尺寸 D_y 的比率来进行优化。

[0119] 此外, ΔL_2 根据使用的 $\lambda/4$ 波片121a的双折射率 Δn 和板厚 d 而大幅地改变,因此期望收敛在条件式(2)的范围内。

[0120] 由双折射材料形成的 $\lambda/4$ 波片121a的晶轴与物镜光学系统OBL的光轴垂直是最期望的。另外,晶轴倾斜的晶体产生低通效果。也就是说,产生对小于奈奎斯特频率的低频率进行抑制那样的点分离,从而导致分辨率变差。还考虑 $\lambda/4$ 波片的制造偏差,期望像的分离幅度相对于使用的摄像元件的像素尺寸而言为0.5个像素以下。

[0121] 图7示出内窥镜系统的结构。本实施方式的内窥镜系统1具有被插入到被检体内的内窥镜2、向该内窥镜2提供照明光的光源装置3、处理器装置4以及图像显示装置5。

[0122] 处理器装置4具有进行图像处理的功能,也具有除此以外的功能。处理器装置4具有致动器控制部25、图像处理器30以及控制部39。图像显示装置5将由处理器装置4生成的图像信号显示为内窥镜图像。

[0123] 内窥镜2具有被插入到被检体内的细长的插入部6和设置在该插入部6的后端的操作部7。光导线缆8从操作部7朝向外侧延伸。光导线缆8的一端经由连接部8a装卸自如地连接于光源装置3。光导线缆8在内侧具有光导件9。光导件9的一部分被配置在插入部6内。

[0124] 光源装置3例如内置氙气灯等灯11作为光源。此外,作为光源,不限于氙气灯等灯11,也可以使用发光二极管(简记为LED)。由灯11产生的照明光、例如白色光被光圈12调整通过光量。然后,照明光被聚光透镜13聚光并向光导件9的入射端面入射。光圈12的孔径能够通过光圈驱动部14来改变。

[0125] 光导件9将由光源装置3生成的照明光传输至插入部6的前端部6a。被传输的照明光从光导件9的前端面射出。在前端部6a,以与前端面相向的方式配置有照明透镜15。照明透镜15将照明光自照明窗15a射出。由此照明被检体内部的观察对象部位。

[0126] 在前端部6a,在照明窗15a的旁边设置有观察窗20。来自观察对象部位的光通过观察窗20入射到前端部6a内。在观察窗20的后方配置有物镜光学系统OBL。物镜光学系统OBL包括透镜组16和光路分割单元120。

[0127] 透镜组16具有透镜16a、透镜21。透镜21能够沿着光轴进行移动。由此进行聚焦。为

了使透镜21移动而配置有致动器22。

[0128] 在光路分割单元120配置有一个摄像元件122(未图示)。在摄像元件122的受光面同时形成两个光学像。通过摄像元件122来拍摄两个光学像。

[0129] 操作部7经由线缆24而与处理器装置4连接。在与处理器装置4连接的位置设置有信号连接器24a。在内窥镜2与处理器装置4之间经由线缆24来进行各种信息的传递。信号连接器24a具有校正参数保存部37。

[0130] 在校正参数保存部37中保存有用于校正图像的校正参数(的信息)。校正参数在各个内窥镜中是不同的。设为将具有固有的内窥镜识别信息的内窥镜与处理器装置4连接。在该情况下,基于内窥镜识别信息,从校正参数保存部37读出已连接的内窥镜所固有的校正参数。在图像校正处理部32中,基于所读出的校正参数来进行图像的校正。关于是否校正,由控制部39进行控制。

[0131] 由致动器控制部25进行致动器22的控制。因此,致动器22与致动器控制部25经由信号线23进行连接。另外,摄像元件122经由信号线27a而与图像处理部30连接。来自摄像元件122的信号被输入到图像处理部30。另外,设置于操作部7的开关26的信息也经由信号线被发送到处理器装置4。

[0132] 在第一光路B中的光路长度与第二光路A中的光路长度稍有不同的情况下,在摄像面的前后形成聚焦的两个光学像。光学像相对于摄像面的偏差量很少。因此,在摄像面形成两个仅聚焦于局部领域的状态的光学像。

[0133] 通过摄像元件122来拍摄两个光学像。通过拍像所得到的图像信号经由信号线27a被输入到图像处理部30。该图像处理部30具有图像读出部31、图像校正处理部32、图像合成处理部33、后级图像处理部34、图像输出部35以及调光部36。

[0134] 图像读出部31从被输入的图像信号读出多个图像的图像信号。在此,光学像的数量和图像的数量均设为两个。

[0135] 在形成两个光学像的光学系统中,有时产生几何差异。作为几何差异,存在两个光学像的相对的偏差(差异)、例如倍率的偏差(差异)、位置偏差(差异)以及旋转方向的偏差(差异)。在制造物镜光学系统等,很难完全消除这些差异。但是,如果这些偏差(差异)量变大,则例如导致合成图像看起来重影。因此,优选的是通过图像校正处理部32来校正上述的几何差异。

[0136] 图像校正处理部32针对所读出的两个图像进行图像校正。在图像校正处理部32中例如进行使两个图像中的相对的、倍率的差异、位置的差异以及旋转的差异中的至少一个差异一致的处理。

[0137] 在图像校正处理部32中还进行色调校正。因此,图像校正处理部32具有色调校正部(未图示)。在色调校正中,进行使两个图像的相对的亮度和彩度在至少一个任意的特定波长范围中大致一致的处理。也可以不设置色调校正部,而通过图像校正处理部32来进行色调校正。

[0138] 在图像校正处理部32中,对两个图像中的一个图像的亮度进行变更使得与另一个图像中的亮度大致一致。另外,在图像校正处理部32中,对一个图像中的彩度进行变更使得与另一个图像中的彩度大致一致。

[0139] 如上所述,在获取景深大的图像的方法中,从多个图像中仅提取所聚焦的区域,并

进行提取出的区域的合成。在本实施方式的内窥镜系统中,能够使多个图像的明亮度的差异、色调的差异减小。因此,能够在合成得到的图像中减少明亮度的不均、色调的不同。

[0140] 另外,在提高图像的颜色再现性的方法中,使用两个图像来进行图像合成。当在两个光学像中产生了明亮度的差异、色调的差异时,在拍摄得到的两个图像中也产生明亮度的差异、色调的差异。在本实施方式的内窥镜系统中,即使在多个图像中产生了明亮度的差异、色调的差异,也能够使明亮度的差异、色调的差异减小。因此,能够进一步提高合成得到的图像的颜色再现性。

[0141] 在图像合成处理部33中,首先,使用两个图像进行对比度的比较。针对两个图像中的空间上相同的像素区域分别进行该比较。接着,选择对比度相对高的像素区域。然后,使用所选择的像素区域生成一个图像。像这样,根据两个图像来生成一个合成图像。此外,在两个图像的对比度差异小的情况下,在进行了对各图像进行规定的加权并相加的合成图像处理之后生成合成图像即可。

[0142] 在后级图像处理部34中,对合成图像进行例如轮廓增强、伽马校正等图像处理。图像输出部35将进行图像处理得到的图像输出到图像显示装置5。

[0143] 在调光部36中,根据由图像读出部31读出的图像,生成用于调光为基准的明亮度的调光信号。调光信号被输出到光源装置3的光圈驱动部14。光圈驱动部14按照调光信号调整光圈12的开口量以维持基准的明亮度。

[0144] 接着,图8是示出在本实施例中两个光学像进行合成的情况下的流程的流程图。

[0145] 在步骤S101中,在图像校正处理部32中对摄像元件122所获取到的焦点不同的与远点像相关的图像以及与近点像相关的图像进行远近两个图像的校正处理。即,按照预先设定的校正参数来对两个图像进行校正,以使两个图像的各光学像中的相对的位置、角度以及倍率大致相同,并将校正后的图像输出到图像合成处理部33。此外,也可以根据需要而校正两个图像的明亮度、颜色的差异。

[0146] 在步骤S102中,在图像合成处理部33中将进行校正处理所得到的两个图像进行合成。此时,针对远近两个图像的各自对应的像素区域,分别计算对比度值并进行比较。

[0147] 在步骤S103中,判断被比较的对比度值是否存在差,在对比度存在差异的情况下,进入步骤S105,选择对比度值较高的区域进行合成。

[0148] 在此,在进行比较的对比度值的差小或大致相同的情况下,选择远近两个图像中的哪一方会成为处理上的不稳定因素。例如,当存在噪声等信号的波动时,在合成图像中产生不连续区域,产生本来清晰的被摄体像模糊了之类的问题。

[0149] 因此,进入步骤S104,进行加权。在步骤S104中,在进行对比度比较的像素区域中,在两个图像中的对比度值大致相同的情况下,进行加权,在接下来的步骤S105中,对进行了加权的图像进行相加处理,由此消除了图像选择的不稳定性。

[0150] 像这样,根据本实施方式,在近距离观察和远处观察中都能够防止由于噪声等而在合成图像中产生不连续区域、或者光学像模糊,并能够获取扩大了景深的图像。

[0151] 图9是示出通过偏振分束器121进行奇数次反射后在摄像元件122成像的情况下的成像状态的图。在上述的图2的偏振分束器121的情况下,在一次反射后、也就是奇数次反射后,光学像成像于摄像元件122。因此,某一方的图像为图9那样的成像状态(镜像),在图像处理器30中实施使镜像翻转来使像方向一致的图像处理。

[0152] 对通过光学上的偶数次的反射形成的镜像的校正有时导致物镜光学系统大型化、棱镜的成本变高,因此优选的是由图像校正处理部32通过镜像翻转来对通过奇数次的反射形成的镜像进行校正。

[0153] 此外,优选的是,在摄像元件122沿内窥镜长边方向为长条形状的情况下,考虑图像显示装置5的长宽比来使合成图像适当地旋转。

[0154] 接着,对实施例所涉及的内窥镜系统所具有的物镜光学系统进行说明。

[0155] 图10的(a)、(b)对物镜光学系统、 $\lambda/4$ 波片、光路分割单元、摄像元件的截面结构进行说明。在此,图10的(a)是示出通常观察状态(远距离物点)下的截面结构的图。图10的(b)是示出近距离观察状态(近距离物点)下的截面结构的图。

[0156] 本实施例所涉及的物镜光学系统包括从物体侧起依次配置的负折射力的第一透镜组G1、正折射力的第二透镜组G2以及正折射力的第三透镜组G3。另外,亮度光圈S配置在第三透镜组G3内。第二透镜组G2在光轴AX上向像侧移动,来校正随着从通常观察状态向近距离观察状态的变化而产生的焦点位置的变化。

[0157] 第一透镜组G1包括从物体侧起依次配置的使平面朝向物体侧的平凹负透镜L1、平行平板L2、双凹负透镜L3以及使凸面朝向物体侧的正弯月透镜L4。在此,负透镜L3与正弯月透镜L4接合。第二透镜组G2由使凸面朝向物体侧的正弯月透镜L5构成。第三透镜组G3包括从物体侧起依次配置的双凸正透镜L6、使凸面朝向像侧的负弯月透镜L7、亮度光圈S、双凸正透镜L8、双凸正透镜L9以及使凸面朝向像侧的负弯月透镜L10。在此,正透镜L6与负弯月透镜L7接合。正透镜L9与负弯月透镜L10接合。

[0158] 在第三透镜组G3的像侧配置有上述光路分割单元120。光学系统中的棱镜使光路弯折。此外,平行平板L2是被实施了用于使特定的波长、例如YAG激光器的1060nm、半导体激光器的810nm或者红外线区域截止的涂布的滤波器。I为成像面(摄像面)。

[0159] 在光路中的第三透镜组G3的像侧与光路分割单元120之间的部分配置有 $\lambda/4$ 波片121a。

[0160] 下面,示出上述各实施例的数值数据。符号r为各透镜面的曲率半径,d为各透镜面间的间隔,ne为各透镜的针对e线的折射率,ve为各透镜的阿贝数,FNO为光圈值, ω 为半视角。另外,后焦距fb是对从最靠像侧的光学面到近轴像面的距离进行空气换算来表示的。全长为将从最靠物体侧的透镜面到最靠像侧的光学面的距离(不进行空气换算)与后焦距相加得到的值。光圈为亮度光圈。

[0161] 数值实施例1

[0162] 单位mm

[0163] 面数据

| 面编号 | r | d | ne | νe |
|-----------|----------|------|---------|---------|
| 1 | ∞ | 0.49 | 1.88815 | 40.52 |
| 2 | 1.812 | 0.79 | | |
| 3 | ∞ | 0.84 | 1.52300 | 66.3 |
| 4 | ∞ | 0.34 | | |
| 5 | -4.881 | 0.56 | 1.88815 | 40.52 |
| 6 | 1.866 | 2.13 | 1.85504 | 23.59 |
| 7 | 77.332 | 可变 | | |
| 8 | 2.010 | 0.81 | 1.48915 | 70.04 |
| 9 | 2.149 | 可变 | | |
| [0164] 10 | 3.354 | 1.13 | 1.65222 | 33.53 |
| 11 | -1.665 | 0.32 | 2.01169 | 28.07 |
| 12 | -9.987 | 0.04 | | |
| 13(光圈) | ∞ | 0.56 | | |
| 14 | 512.363 | 0.95 | 1.70442 | 29.89 |
| 15 | -3.552 | 0.36 | | |
| 16 | 9.128 | 0.94 | 1.48915 | 70.04 |
| 17 | -2.180 | 0.39 | 1.93429 | 18.74 |
| 18 | -4.093 | 4.59 | | |
| 19(摄像面) | ∞ | | | |

[0165] 数据

| | 通常观察状态 | 近距离观察状态 |
|-----------------|--------|---------|
| 焦距 | 1.00 | 1.01 |
| FNO. | 3.58 | 3.53 |
| 视角 2ω | 144.9 | 139.4 |
| [0166] fb (空气中) | 4.59 | 4.59 |
| 全长(空气中) | 17.15 | 17.05 |
| d7 | 0.47 | 1.20 |
| d9 | 1.43 | 0.70 |

[0167] 各组焦距

[0168] 第一组 (f1) 第二组 (f2) 第三组 (f3)

[0169] -1.12 21.78 3.51

[0170] 下面示出上述的共通的物镜光学系统所具有的光路分割单元120的七个实施例的条件式对应值。

[0171] 条件式

[0172] (1) $\Delta L \times \text{npbs} / D_y$

[0173] (2) $d / |\Delta n|$

[0174] $\Delta n = n_e - n_o$ (针对e线的寻常光线的折射率与异常光线的折射率之差)

[0175] LiNbO_3 具有负的双折射率, YVO_4 具有正的双折射率。

| | 实施例1 | 实施例2 | 实施例3 |
|-------------|--------------------|------------------|------------------|
| 条件式(1) | 0.067 | 0.047 | 0.121 |
| 条件式(2) | 4.546 | 0.865 | 0.865 |
| 晶体材料 | LiNbO ₃ | YVO ₄ | YVO ₄ |
| d | 0.4 | 0.2 | 0.2 |
| Δn | -0.08798 | 0.23122 | 0.23122 |
| $\Delta L1$ | 0.05 | 0.05 | 0.1 |
| $\Delta L2$ | -0.0073 | 0.0102 | 0.0102 |
| ΔL | 0.0573 | 0.0398 | 0.0898 |
| npbs | 1.64129 | 1.64129 | 1.75844 |
| Dy | 1.4 | 1.4 | 1.3 |

[0176]

| | 实施例4 | 实施例5 | 实施例6 | 实施例7 |
|-------------|--------------------|-------------------|------------------|------------------|
| 条件式(1) | 0.012 | 0.003 | 0.018 | 0.15 |
| 条件式(2) | 5.683 | 0.716 | 0.086 | 0.432 |
| 晶体材料 | LiNbO ₃ | LiNO ₃ | YVO ₄ | YVO ₄ |
| d | 0.5 | 0.063 | 0.02 | 0.1 |
| Δn | -0.08798 | -0.08798 | 0.23122 | 0.23122 |
| $\Delta L1$ | 0.01 | 0.007 | 0.01 | 0.1 |
| $\Delta L2$ | -0.0092 | -0.00011 | 0.001 | 0.0051 |
| ΔL | 0.0192 | 0.0081 | 0.009 | 0.0949 |
| npbs | 1.75844 | 1.51825 | 1.51825 | 1.64129 |
| Dy | 2.8 | 4 | 0.76 | 1.04 |

[0177] 接着,对实施例1至实施例7的特征进行说明。

[0178] (A) 实施例1是在 $\lambda/4$ 波片的材料中使用了LiNbO₃的代表例。

[0179] (B) 实施例2是在 $\lambda/4$ 波片的材料中使用双折射率更大的YVO₄来进行了薄壁化的例子。

[0180] (C) 实施例3是以下的例子:使 $\lambda/4$ 波片的材料为YVO₄来进行薄壁化,使偏振分束器的玻璃材料为S-YGH51(小原(OHARA)公司制造)来提高偏振分束器的折射率,从而提高了消光比。另外,在实施例3中,容许滑动量(制造误差的调整量)达到条件式(1)的上限附近,相应地放宽偏振分束器的部件公差,由此使价格降低。

[0181] (D) 在实施例4中,使 $\lambda/4$ 波片的材料为 LiNbO_3 并使条件式(2)为上限值,从而易于处理且进行了厚壁化。偏振分束器的玻璃材料是与实施例3同样地设为S-YGH51(小原(OHARA)公司制造)从而提高了消光比的例子。另外,在实施例4中,通过使偏振分束器的部件公差为高精度,从而使调整所需要的滑动量减小到了条件式(1)的下限附近。因而,即使将摄像元件进行高像素化也不会使内窥镜顶端尺寸过度地变大。

[0182] (E) 实施例5是假定相比于实施例4而言更高像素的内窥镜、例如使用了4K图像用的摄像元件的内窥镜的例子。通过使 $\lambda/4$ 波片的材料进一步薄壁化并使由双折射产生的成像位置的偏差量减小到条件式(1)的下限,由此实现了小型化。同时,偏振分束器的玻璃材料是以部件公差为高精度作为目的并设为比较廉价且一般的S-BSL7(小原(OHARA)公司制造)的例子。

[0183] (F) 实施例6是假定使用了小型的摄像元件的经鼻内窥镜等的例子。偏振分束器使用S-BSL7(小原(OHARA)公司制造),伴随摄像元件的小型化而小型化到了 $D_y=0.76\text{mm}$ 以及小于 1mm 。另外,本偏振分束器在小型化的同时,还使部件公差为高精度。并且,实施例6是通过使 $\lambda/4$ 波片的材料为 YVO_4 来薄壁化到条件式(2)的下限值从而有助于内窥镜顶端尺寸的小型化的例子。

[0184] (G) 实施例7是关于 $\lambda/4$ 波片的薄壁加工和偏振分束器的加工而将该加工的难易度放宽到条件式(1)的上限从而降低了制造成本的例子。而且,是在放宽加工难易度、降低制造成本的同时、与实施例6同样地以内窥镜顶端部的小型为目的的方式。

[0185] 此外,上述的内窥镜系统也可以同时满足多个结构。这样做在获得良好的内窥镜系统方面是优选的。另外,优选的结构的组合是任意的。另外,关于各条件式,也可以仅对进一步限定后的条件式的数值范围的上限值或下限值进行限定。

[0186] 以上说明了本发明的各种实施方式,但是本发明并不仅仅限定于这些实施方式,在不脱离其宗旨的范围内,将这些实施方式的结构适当地进行组合而构成的实施方式也属于本发明的范畴。

[0187] 产业上的可利用性

[0188] 如以上那样,本发明对于能够充分地获得消偏振效果并能够通过小型的结构来校正由双折射产生的成像位置的偏差的内窥镜系统和内窥镜系统的调整方法是有用的。

[0189] 附图标记说明

[0190] OBL:物镜光学系统;1:内窥镜系统;2:内窥镜;3:光源装置;4:处理器装置;5:图像显示装置;6:插入部;6a:前端部;7:操作部;8:光导线缆;8a:连接部;9:光导件;11:灯;12:光圈;13:聚光透镜;14:光圈驱动部;15:照明透镜;15a:照明窗;16:透镜组;16a:透镜;20:观察窗;21:透镜;22:致动器;23:信号线;24:线缆;24a:信号连接器;25:致动器控制部;26:开关;27a:信号线;30:图像处理器(图像处理部);31:图像读出部;32:图像校正处理部;33:图像合成处理部;34:后期图像处理部;35:图像输出部;36:调光部;37:校正参数保存部;39:控制部;120:光路分割单元;121:偏振分束器;121a: $\lambda/4$ 波片;121b:物体侧的棱镜(第一棱镜);121c:反射镜;121d: $\lambda/4$ 片;121e:像侧的棱镜(第二棱镜);121f:偏振分离膜;122:摄像元件;122a、122b:受光区域;122c:校正像素区域;130:棱镜驱动部;AX:光轴;CG:护罩玻璃;G1:第一透镜组;G2:第二透镜组;G3:第三透镜组;S:亮度光圈(光圈);L1、L3-L10:透镜;L2:平行平板;I:成像面(摄像面);A:第二光路;B:第一光路;SL:分束面。

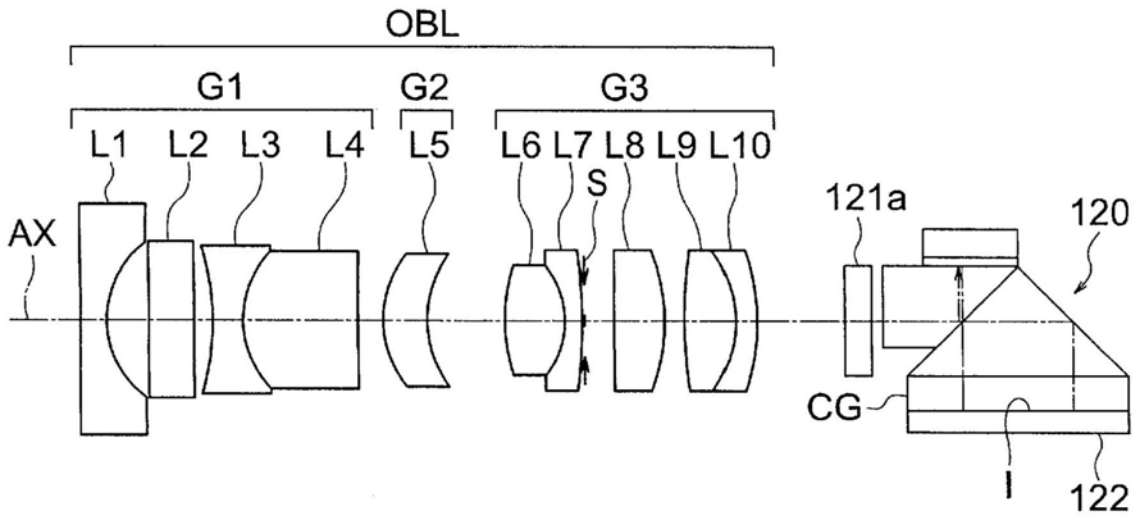


图1

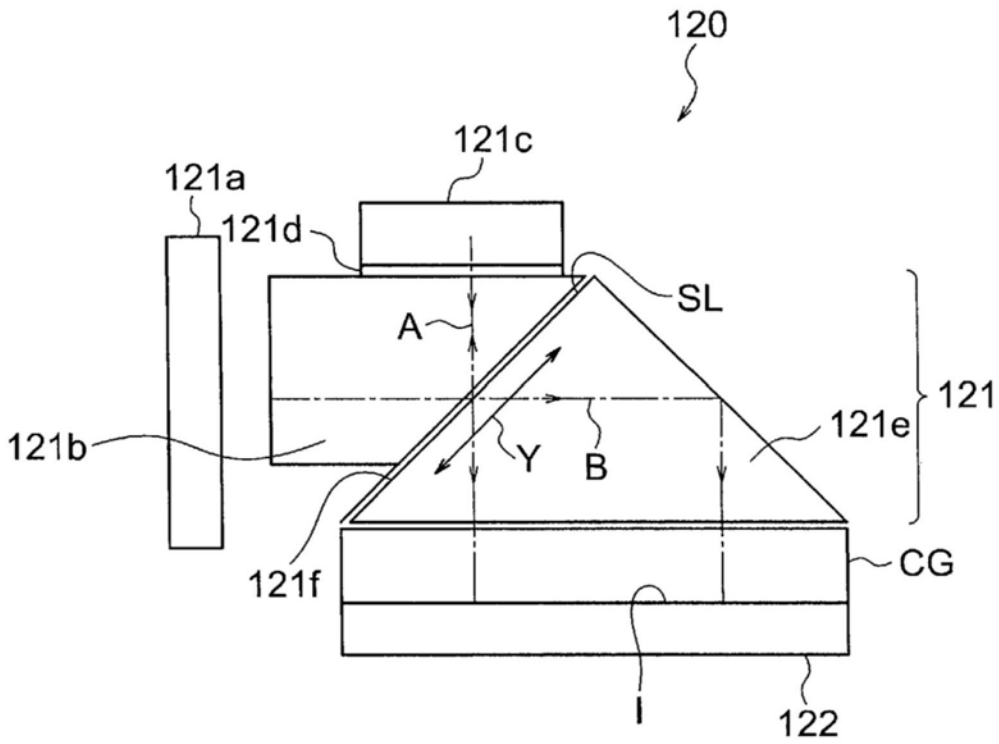


图2

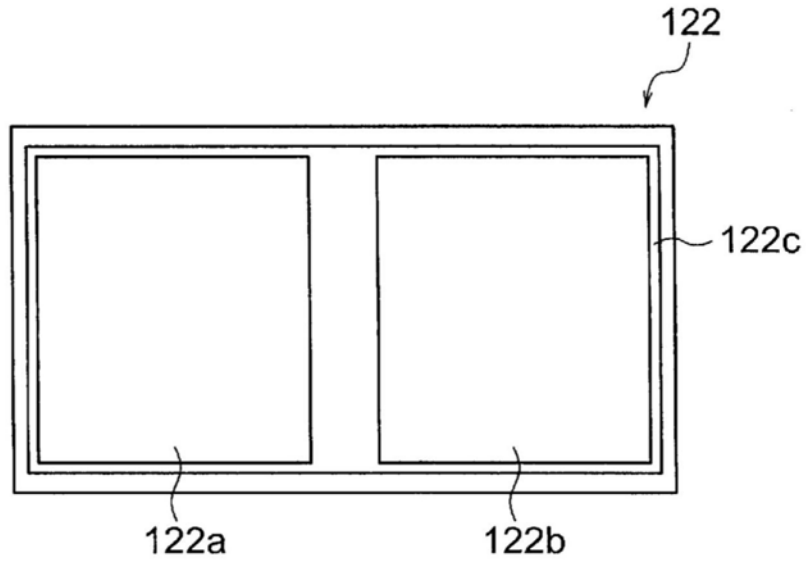


图3

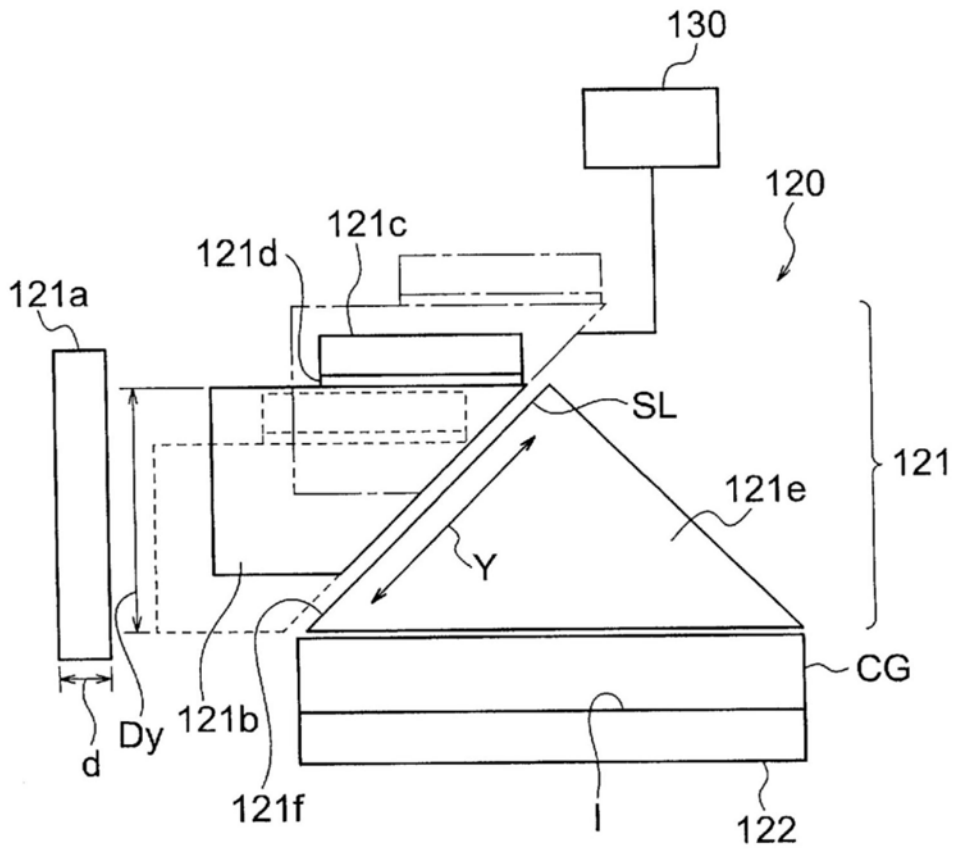


图4

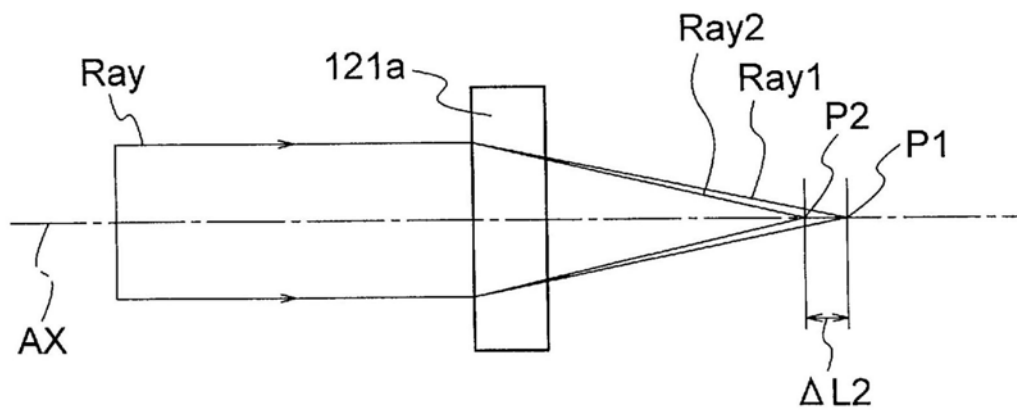


图5

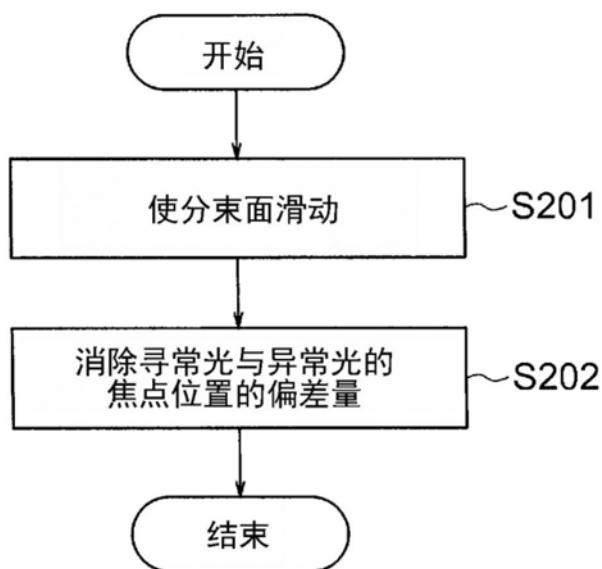


图6

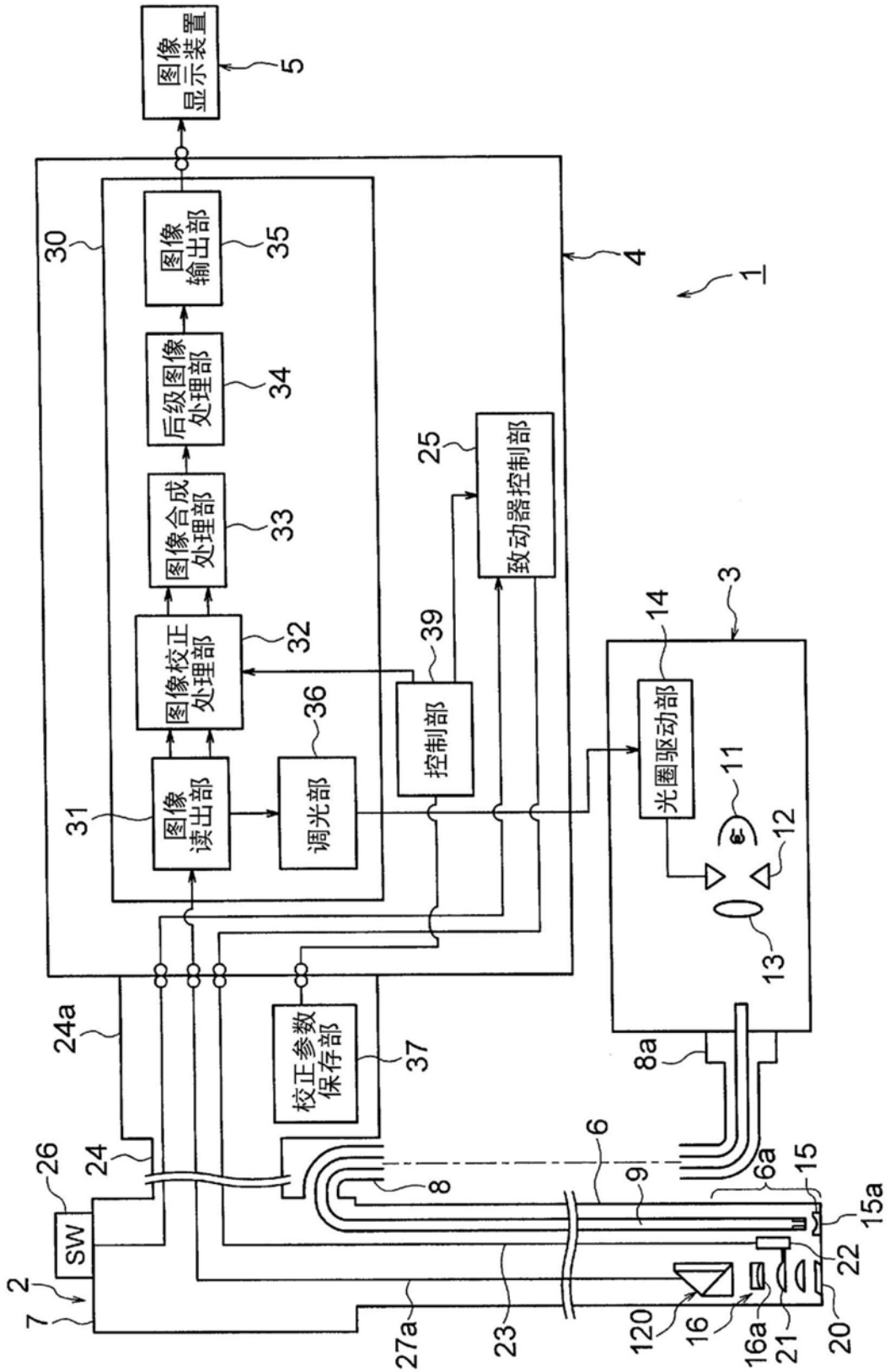


图7

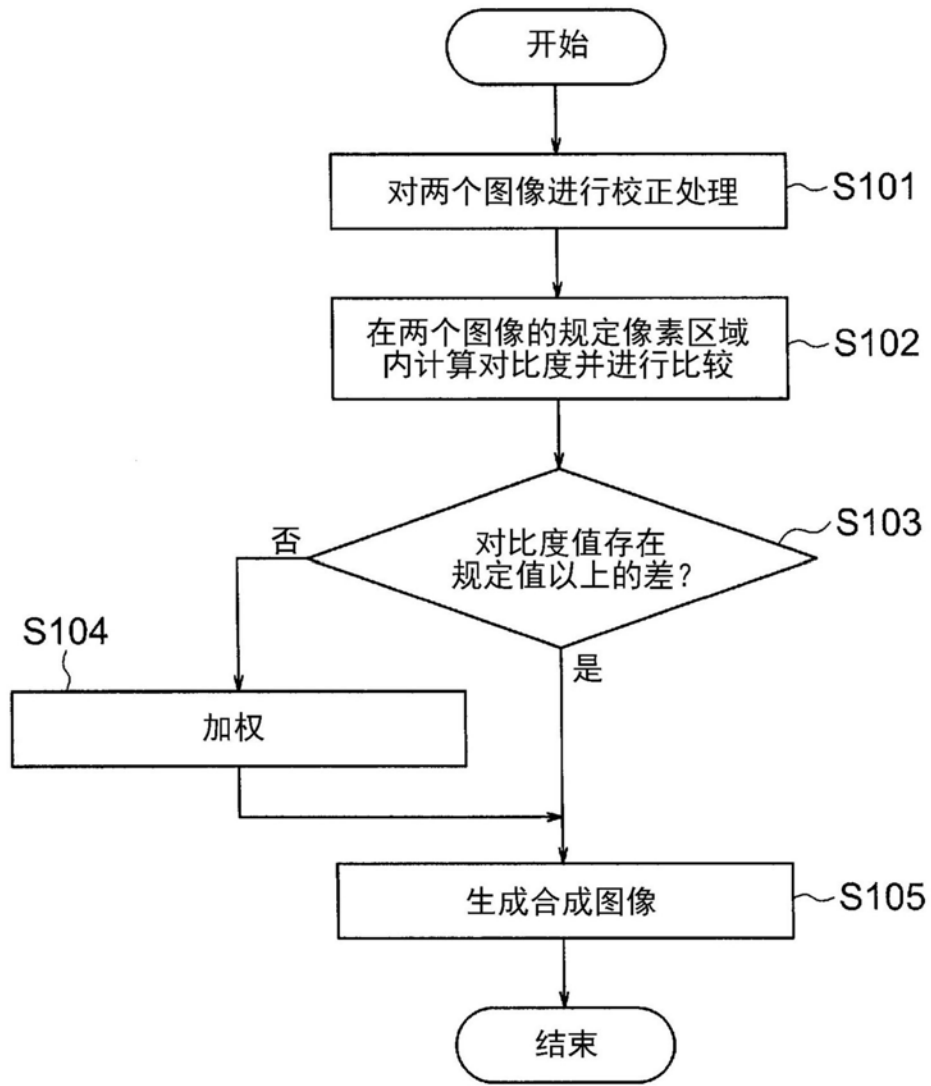


图8

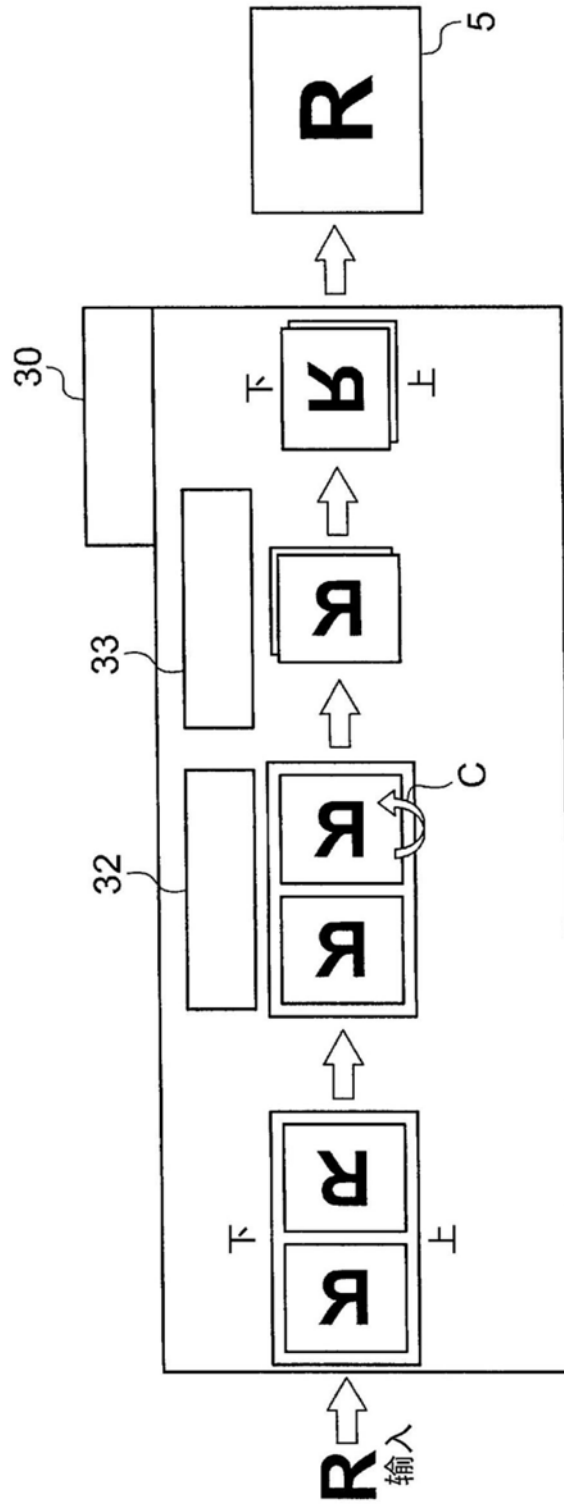


图9

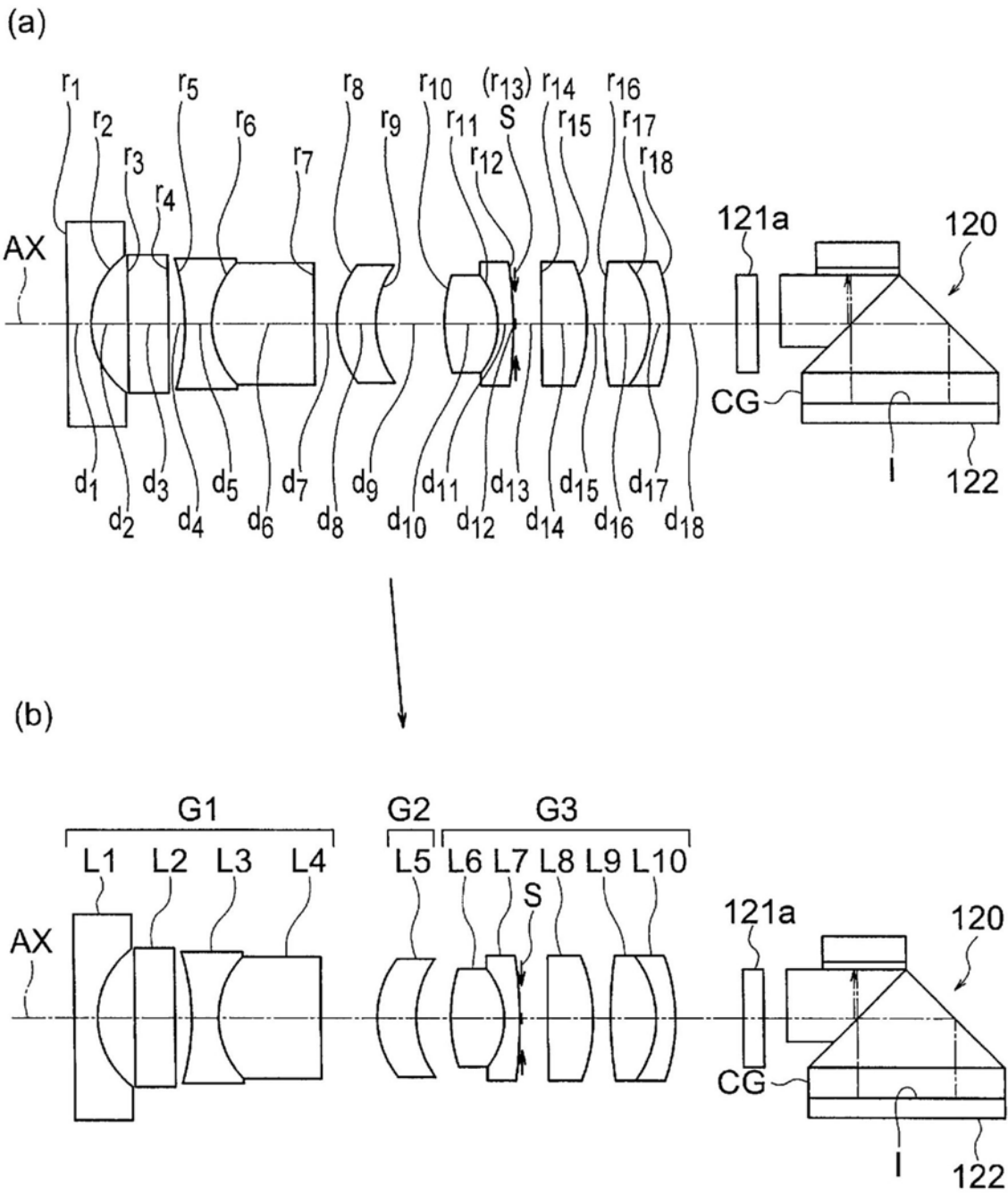


图10