



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103380393 B

(45) 授权公告日 2015.08.19

(21) 申请号 201280009621.5

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2012.05.17

G02B 13/00(2006.01)

(30) 优先权数据

A61B 1/00(2006.01)

2011-173074 2011.08.08 JP

G02B 13/18(2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

G02B 13/24(2006.01)

2013.08.20

G02B 23/26(2006.01)

审查员 闫西章

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2012/062590 2012.05.17

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/021704 JA 2013.02.14

(73) 专利权人 奥林巴斯医疗株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 井上贵博

(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

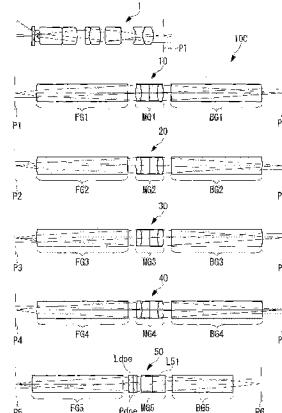
权利要求书1页 说明书21页 附图7页

(54) 发明名称

硬性镜用光学系统和硬性内窥镜

(57) 摘要

良好地校正次级频谱来获得清晰明亮的光学像。提供一种硬性镜用光学系统(100)，具备：物镜光学系统(1)；以及至少一个中继光学系统(10～50)，该中继光学系统从入射侧起依次包括正的前组(FG1～FG5)、中组(MG1～MG5)及后组(BG1～BG5)，将成像于入射侧的成像面(P1～P5)的光学像再次成像于出射侧的成像面(P2～P6)，其中，一个中继光学系统(50)的中组(MG5)所具备的衍射光学元件(Ldoe)使通过其它光学系统(10～40)校正两个波长间的轴上色像差后的光束入射至衍射面(Pdoe)，对光束中包含的另一个波长的轴上色像差进行校正。



1. 一种硬性镜用光学系统,具备:

物镜光学系统;以及

至少一个中继光学系统,各上述中继光学系统从入射侧起依次包括正的前组、中组以及后组,将成像于入射侧的第一成像面的光学像再次成像于出射侧的第二成像面,

该硬性镜用光学系统的特征在于,

上述至少一个中继光学系统中的一个中继光学系统中的上述中组具备具有衍射面的衍射光学元件,

通过除了该衍射光学元件以外的其它光学系统而被校正了至少两个波长间的轴上色像差后的光束入射至该衍射光学元件的上述衍射面,该衍射光学元件对上述光束中包含的另一个波长的轴上色像差进行校正。

2. 根据权利要求 1 所述的硬性镜用光学系统,其特征在于,

上述一个中继光学系统满足下式 (1) 和 (2),

$$(1) \quad 3Lf < Lfdoe$$

$$(2) \quad 3Lb < Lbdoe$$

其中,Lf 为上述一个中继光学系统的上述第一成像面至上述前组的最靠近入射侧的面为止的距离,Lfdoe 为上述一个中继光学系统的上述第一成像面至上述衍射面为止的距离,Lb 为上述一个中继光学系统的上述后组的最靠近出射侧的面至上述第二成像面为止的距离,Lbdoe 为上述衍射面至上述第二成像面为止的距离。

3. 根据权利要求 1 所述的硬性镜用光学系统,其特征在于,

上述一个中继光学系统满足下式 (3),

$$(3) \quad 0.5 < fdoe / (ff + fm + fb) < 10$$

其中,fdoe 为上述衍射光学元件的焦距,ff 为上述一个中继光学系统的上述前组的焦距,fm 为上述一个中继光学系统的上述中组的焦距,fb 为上述一个中继光学系统的上述后组的焦距。

4. 根据权利要求 1 所述的硬性镜用光学系统,其特征在于,

上述一个中继光学系统或 / 和其它中继光学系统包括至少一个接合光学系统。

5. 一种硬性内窥镜,具备根据权利要求 1 ~ 4 中的任一项所述的硬性镜用光学系统。

硬性镜用光学系统和硬性内窥镜

技术领域

[0001] 本发明涉及一种硬性镜用光学系统和硬性内窥镜。

背景技术

[0002] 以往,作为对硬性内窥镜所具备的光学系统的轴上色像差进行校正的单元,除了利用一般的接合透镜以外,还利用了衍射光学元件(例如,参照专利文献1。)。

[0003] 专利文献1:日本特开平8-29678号公报

[0004] 然而,在专利文献1的光学系统的情况下,通过衍射光学元件对两个波长间的轴上色像差进行校正,但是存在这些波长以外的波长的轴上色像差未被校正而作为所谓的次级频谱残留这样的问题。另外,由于透镜结构简单,因此存在光学性能低这样的问题。即,存在以下等问题:由于光束倾斜入射至衍射面而导致衍射效率下降以及产生光斑,无法确保足够大的NA(开口数),不得不使衍射面的焦度分布变大,从而由于次级频谱的过度校正而产生负的次级频谱。

发明内容

[0005] 发明要解决的问题

[0006] 本发明是鉴于上述的情形而完成的,其目的在于提供一种能够良好地校正次级频谱来获得清晰明亮的光学像的硬性镜用光学系统和硬性内窥镜。

[0007] 用于解决问题的方案

[0008] 为了达到上述目的,本发明提供以下单元。

[0009] 本发明的第一方式是一种硬性镜用光学系统,具备:物镜光学系统;以及至少一个中继光学系统,该中继光学系统从入射侧起依次包括正的前组、中组以及后组,将成像于入射侧的第一成像面的光学像再次成像在出射侧的第二成像面,其中,一个中继光学系统中的上述中组具备具有衍射面的衍射光学元件,通过除了该衍射光学元件以外的其它光学系统而被校正了至少两个波长间的轴上色像差后的光束入射至该衍射光学元件的上述衍射面,该衍射光学元件对上述光束中包含的另一个波长的轴上色像差进行校正。

[0010] 根据本发明的第一方式,通过物镜光学系统等成像于第一成像面的光束通过具有正焦度的前组、中组以及后组再次成像在第二成像面。在这种情况下,向一个中继光学系统的中组所具备的衍射光学元件入射由其它光学系统对两个波长间、例如与蓝色和红色对应的波长间的轴上色像差进行校正后的光束。入射的光束在通过衍射面的衍射作用校正了与其它颜色、例如绿色对应的波长相对于已经校正过的两个波长的轴上色像差之后成像于第二成像面。其它光学系统是指例如物镜光学系统、其它中继光学系统或者其它透镜组。

[0011] 因而,能够在一个中继光学系统的第二成像面获得被良好地校正次级频谱后的光学像。另外,通过设为三个组的结构,能够容易确保NA并获得明亮的光学像,另外,能够将衍射面的焦度抑制得较小。另外,由于光束通过前组形成为大致平行光束后入射到衍射面,因此能够防止光斑的产生,从而获得清晰的光学像。并且,由于在衍射面的位置处轴上的光

束和轴外的光束呈相叠加的状态,因此能够防止倍率色像差和色慧差的产生。

[0012] 在上述的第一方式中,优选的是,上述中继光学系统满足下式(1)和(2)。

[0013] (1) $3Lf < Lf_{doe}$

[0014] (2) $3Lb < Lb_{doe}$

[0015] 其中,上述一个中继光学系统的 L_f 是上述第一成像面至上述前组的最靠近入射侧的面为止的距离, L_{fdoe} 是上述一个中继光学系统的上述第一成像面至上述衍射面为止的距离, L_b 是上述后组的最靠近出射侧的面至上述第二成像面为止的距离, L_{bdoe} 是上述一个中继光学系统的上述衍射面至上述第二成像面为止的距离。

[0016] 式(1)和(2)规定了中继光学系统中的衍射面的位置。即,通过在距前组的最靠近入射侧的面和后组的最靠近出射侧的面足够远的位置配置衍射面,由此使向衍射面入射的光束变成更平行的状态。由此,能够更可靠地防止在衍射面产生光斑。在 L_{fdoe} 和 L_{bdoe} 分别为 L_f 或 L_b 的三倍以下的情况下,很难使向衍射面入射的光束变成足够平行的光束,有可能导致光斑的产生和衍射效率的下降。

[0017] 在上述第一方式中,优选的是,上述一个中继光学系统满足下式(3)。

[0018] (3) $0.5 < f_{doe}/(ff+fm+fb) < 10$

[0019] 其中, f_{doe} 是上述衍射光学元件的焦距, ff 是上述一个中继光学系统的上述前组的焦距, fm 是上述一个中继光学系统的上述中组的焦距, fb 是上述一个中继光学系统的上述后组的焦距。

[0020] 式(3)相对于一个中继光学系统整体的焦度规定了衍射光学元件的焦度。即,通过将衍射光学元件的相对的焦度设为适当的范围,能够适当地校正轴上色像差,另外,能够将形成于衍射面的衍射光栅的间距设为适合加工的大小。在式(3)的值为0.5以下的情况下,衍射面的焦度分布变大,从而产生负的次级频谱,另外,衍射光栅的间距变小,从而难以进行加工。另一方面,在式(3)的值为10以上的情况下,无法充分地对次级频谱进行校正,另外,由于衍射面的间距变大,有效直径内的衍射光栅条数变少,衍射效率下降。

[0021] 在上述第一方式中,也可以设为上述一个中继光学系统或/和其它中继光学系统包括至少一个接合光学系统。

[0022] 本发明的第二方式是具备上述任一个所记载的硬性镜用光学系统的硬性内窥镜。

发明的效果

[0024] 根据本发明,起到如下效果:能够良好地对次级频谱进行校正,得到清晰且明亮的光学像。

附图说明

[0025] 图1是本发明的一个实施方式所涉及的硬性镜用光学系统的整体结构图。

[0026] 图2是表示本发明的实施例1所涉及的硬性镜用光学系统的物镜光学系统的透镜截面图。

[0027] 图3是表示本发明的实施例1所涉及的硬性镜用光学系统的第一中继光学系统的透镜截面图。

[0028] 图4是表示本发明的实施例1所涉及的硬性镜用光学系统的第二中继光学系统的透镜截面图。

[0029] 图 5 是表示本发明的实施例 1 所涉及的硬性镜用光学系统的第三中继光学系统的透镜截面图。

[0030] 图 6 是表示本发明的实施例 1 所涉及的硬性镜用光学系统的第四中继光学系统的透镜截面图。

[0031] 图 7 是表示本发明的实施例 1 所涉及的硬性镜用光学系统的第五中继光学系统的透镜截面图。

[0032] 图 8 是本发明的实施例 1 所涉及的硬性镜用光学系统的轴上色像差图。

[0033] 图 9 是表示本发明的实施例 2 所涉及的硬性镜用光学系统的物镜光学系统的透镜截面图。

[0034] 图 10 是表示本发明的实施例 2 所涉及的硬性镜用光学系统的第五中继光学系统的透镜截面图。

[0035] 图 11 是本发明的实施例 2 所涉及的硬性镜用光学系统的轴上色像差图。

[0036] 图 12 是表示本发明的实施例 3 所涉及的硬性镜用光学系统的第五中继光学系统的透镜截面图。

[0037] 图 13 是本发明的实施例 3 所涉及的硬性镜用光学系统的轴上色像差图。

[0038] 图 14 是表示本发明的实施例 4 所涉及的硬性镜用光学系统的第五中继光学系统的透镜截面图。

[0039] 图 15 是本发明的实施例 4 所涉及的硬性镜用光学系统的轴上色像差图。

具体实施方式

[0040] 下面,参照图 1 说明本发明的一个实施方式所涉及的硬性镜用光学系统 100。

[0041] 如图 1 所示,本实施方式所涉及的硬性镜用光学系统 100 由物镜光学系统 1 以及第一至第五中继光学系统 10、20、30、40、50 构成。硬性镜用光学系统 100 是如下系统:将物镜光学系统 1 朝向前端侧地容纳在硬性的直筒状的镜筒内,由第一中继光学系统 10 至第五中继光学系统 50 对由物镜光学系统 1 聚光并成像出的物体的光学像反复成像并且进行传递。由第五中继光学系统 50 成像出的光学像能够通过未图示的目镜光学系统观察到。

[0042] 此外,物镜光学系统 1 以及第一中继光学系统 10 至第五中继光学系统 50 被配置在同一直线状的光轴上,但在图 1 中为了适合纸面而将光轴以各成像面 P1 ~ P5 进行分割来排列各光学系统 1、10、20、30、40、50。

[0043] 物镜光学系统 1 对来自物体(省略图示)的光进行聚光并在一次成像面 P1 成像。

[0044] 第一至第五中继光学系统 10、20、30、40、50 各自从入射侧起依次包括正的前组 FG1 ~ FG5、正的中组 MG1 ~ MG5 以及正的后组 BG1 ~ BG5。

[0045] 具体地说,前组 FG1 ~ FG5 包括使凸面朝向入射侧的一个平凸透镜。

[0046] 后组 BG1 ~ BG5 包括使凸面朝向出射侧的一个平凸透镜。

[0047] 第一至第四中继光学系统 10、20、30、40 的中组 MG1、MG2、MG3、MG4 各自包括双凸形状的接合透镜。第五中继光学系统(一个中继光学系统)50 的中组 MG5 包括后述的衍射光学元件 Ldoe 和双凸形状的接合透镜 L51。

[0048] 像这样构成的中继光学系统 10、20、30、40、50 分别通过将成像在前一级的一次至五次成像面(第一成像面)P1 至 P5 的光学像成像在后一级的二次至六次成像面(第二成

像面)P2 至 P6, 来将一次成像面 P1 的光学像以大致一倍的光学倍率中继至六次成像面 P6。

[0049] 在此, 第一至第四中继光学系统 10、20、30、40 所具备的接合透镜(接合光学系统)包括低分散的凸透镜和高分散的凹透镜, 对入射的光束中包含的两个规定的波长间、优选与红色对应的 C 线(波长 656.3nm) 和与蓝色对应的 F 线(波长 486.1nm) 之间的轴上色像差进行校正。

[0050] 第五中继光学系统 50 所具备的衍射光学元件 Ldoe 是层叠型。即, 衍射光学元件 Ldoe 是将由折射率和阿贝数互不相同的玻璃材料构成且其中一面是衍射面 Pdoe 的两个光学元件的衍射面 Pdoe 彼此接合而成的。衍射光学元件 Ldoe 对在第一至第四中继光学系统 10、20、30、40 中校正过两个波长间的轴上色像差的光束中包含的另一个波长、优选 C 线与 F 线之间的与绿色对应的 e 线(546.1nm) 的轴上色像差进行校正。

[0051] 在此, 第五中继光学系统 50 满足下式(1)、(2)、(3)。

$$[0052] (1) \quad 3Lf < Lf_{doe}$$

$$[0053] (2) \quad 3Lb < Lb_{doe}$$

$$[0054] (3) \quad 0.5 < f_{doe}/(ff+fm+fb) < 10$$

[0055] 其中, Lf 是五次成像面(第一成像面)至前组 FG5 的最靠近入射侧的面为止的距离, Lf_{doe} 是五次成像面至衍射面 Pdoe 为止的距离, Lb 是后组 BG5 的最靠近出射侧的面至六次成像面(第二成像面)为止的距离, Lb_{doe} 是衍射面 Pdoe 至六次成像面为止的距离, f_{doe} 是衍射光学元件 Ldoe 的焦距, ff 是前组 FG5 的焦距, fm 是中组 MG5 的焦距, fb 是后组 BG5 的焦距。

[0056] 根据像这样构成的硬性镜用光学系统 100, 在第一至第四中继光学系统 10、20、30、40 中残留的次级频谱通过第五中继光学系统 50 所具备的衍射光学元件 Ldoe 进行校正。由此, 能够在六次成像面 P6 在整个可视区域上获得被良好地校正了轴上色像差的光学像。

[0057] 另外, 根据式(1)和式(2), 衍射面 Pdoe 被配置在第五中继光学系统 50 内距前组 FG5 的平凸透镜的入射侧面和后组 BG5 的平凸透镜的出射侧面足够远的位置, 因此使向衍射面 Pdoe 入射的光束为大致平行光束。由此, 在衍射面 Pdoe 能够获得高的衍射效率, 并且能够防止光斑的产生。并且, 由于轴上的光束和轴外的光束在衍射面 Pdoe 的位置重叠, 因此能够防止倍率色像差和色慧差的产生。

[0058] 另外, 通过将第五中继光学系统 50 中的衍射面 Pdoe 的相对焦度设为由式(3)规定的大小, 能够通过衍射光学元件 Ldoe 适当地对次级频谱进行校正, 另外, 能够将形成于衍射面 Pdoe 的衍射光栅的间距的大小设为加工性和衍射效率良好的大小。另外, 通过将衍射光学元件 Ldoe 与双凸形状的接合透镜 51 组合来构成中组 MG5, 能够使衍射光学元件 Ldoe 的焦度分布变小。

[0059] 实施例

[0060] 接着, 下面参照图 2 至图 15 说明上述的本发明的一个实施方式所涉及的硬性镜用光学系统的实施例 1~4。

[0061] 此外, 在各实施例所记载的透镜数据中, r 表示曲率半径, d 表示面间隔, ne 表示针对 e 线的折射率, vd 表示针对 d 线的阿贝数。对相当于亮度光圈的面编号附加 S, 对相当于衍射面的面编号附加 P。另外, 在透镜数据和添附的透镜截面图中, IMG 表示像面。关于非球面, 在透镜数据的面编号中示出*, 在非球面数据中示出用下式定义的非球面形状的近

轴曲率半径 r、圆锥系数 k、非球面系数 A_i ($i = 2, 4, 6, 8, 10$)。此外, 下式将光轴方向记为 z, 将与光轴正交的方向记为 y。

$$[0062] \quad z = (y^2/r) / [1 + \{1 - (1+k) (y/r)^2\}^{1/2}]$$

$$[0063] \quad + A_2 y^2 + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10}$$

[0064] 另外, 基于高折射率法, 衍射面被记载为等效的超高折射率透镜 (Ultra-high index lens) (折射率非常大的折射型透镜) 的非球面形状。在形成于衍射面的衍射光栅的间距 d 与超高折射率透镜的非球面形状之间下式的关系成立。

$$[0065] \quad d = m \lambda / [(n-1) \{ch / (1 - c^2 (1+k) h^2)\}^{1/2}]$$

$$[0066] \quad + 2A_2 h + 4A_4 h^3 + 6A_6 h^5 + 8A_8 h^7 + 10A_{10} h^9 + \dots \}$$

[0067] 其中, h 是光线高度, m 是衍射次数。

[0068] [实施例 1]

[0069] 本发明的实施例 1 所涉及的硬性镜用光学系统如图 2 至图 7 所示那样从物体侧起依次具备物镜光学系统以及第一至第五中继光学系统。

[0070] 第一至第四中继光学系统从物体侧起依次包括由使凸面朝向物体侧的平凸透镜构成的正的前组、由接合透镜构成的正的中组以及由使凸面朝向像侧的平凸透镜构成的正的后组。第五中继光学系统从物体侧起依次包括由使凸面朝向物体侧的平凸透镜构成的正的前组、由衍射光学元件和接合透镜构成的正的中组以及由使凸面朝向像侧的平凸透镜构成的正的后组。本实施例所涉及的硬性镜用光学系统的透镜数据如下述那样。

[0071] 图 8 示出像这样构成的硬性镜用光学系统的轴上色像差图。根据本实施例的硬性镜用光学系统, 能够由第一至第四中继光学系统所具备的接合透镜校正 C 线 (C-line) 与 F 线 (F-line) 之间的轴上色像差, 由第五中继光学系统所具备的衍射光学元件校正剩下的 e 线 (e-line) 的轴上色像差。

[0072] 透镜数据

[0073]

面编号	r	d	n e	νd
1	∞	0. 1886	1. 77066	71. 79
2	∞	0. 0613		
3 *	22. 2256	0. 2358	1. 79190	25. 76
4	0. 3320	0. 1844		
5	∞	1. 9525	1. 88814	40. 78
6	∞	1. 3205	1. 88815	40. 76
7	-2. 0440	0. 6791		
8	71. 5633	0. 3631	1. 83932	37. 16
9	1. 8963	1. 0140	1. 48915	70. 23
10	-1. 8963	0. 3584		
11	3. 0373	1. 3771	1. 73234	54. 68
12	-115. 0826	1. 3205		
13	-0. 9833	0. 5565	1. 85504	23. 78
14	1. 3960	0. 9385	1. 73234	54. 68
15	-1. 3960	0. 8348		

[0074]

16		∞	2. 4429	1. 00000	
17	4. 9147	10. 2057	1. 59143	61. 14	
18		∞	0. 9291		
19	4. 6600	0. 6320	1. 69661	53. 21	
20	-2. 4665	0. 0024	1. 51203	60. 00	
21	-2. 4625	0. 8890	1. 83945	42. 72	
22S		∞	0. 8890	1. 83945	42. 72
23	2. 4625	0. 0024	1. 51203	60. 00	
24	2. 4665	0. 6320	1. 69661	53. 21	
25	-4. 6600	0. 9291			
26		∞	10. 2057	1. 59143	61. 14
27	-4. 9147	2. 4429			
28		∞	2. 4429		
29	4. 9147	10. 2057	1. 59143	61. 14	
30		∞	0. 9291		
31	4. 6600	0. 6320	1. 69661	53. 21	
32	-2. 4665	0. 0024	1. 51203	60. 00	
33	-2. 4625	0. 8890	1. 83945	42. 72	
34		∞	0. 8890	1. 83945	42. 72
35	2. 4625	0. 0024	1. 51203	60. 00	
36	2. 4665	0. 6320	1. 69661	53. 21	
37	-4. 6600	0. 9291			
38		∞	10. 2057	1. 59143	61. 14
39	-4. 9147	2. 4429			
40		∞	2. 4429		
41	4. 9147	10. 2057	1. 59143	61. 14	
42		∞	0. 9291		
43	4. 6600	0. 6320	1. 69661	53. 21	
44	-2. 4665	0. 0024	1. 51203	60. 00	
45	-2. 4625	0. 8890	1. 83945	42. 72	

[0075]

4 6		∞	0. 8890	1. 83945	42. 72
4 7	2. 4625	0. 0024	1. 51203	60. 00	
4 8	2. 4665	0. 6320	1. 69661	53. 21	
4 9	-4. 6600	0. 9291			
5 0		∞	10. 2057	1. 59143	61. 14
5 1	-4. 9147	2. 4429			
5 2		∞	2. 4429		
5 3	4. 9147	10. 2057	1. 59143	61. 14	
5 4		∞	0. 9291		
5 5	4. 6600	0. 6320	1. 69661	53. 21	
5 6	-2. 4665	0. 0024	1. 51203	60. 00	
5 7	-2. 4625	0. 8890	1. 83945	42. 72	
5 8		∞	0. 8890	1. 83945	42. 72
5 9	2. 4625	0. 0024	1. 51203	60. 00	
6 0	2. 4665	0. 6320	1. 69661	53. 21	
6 1	-4. 6600	0. 9291			
6 2		∞	10. 2057	1. 59143	61. 14
6 3	-4. 9147	2. 4429			
6 4		∞	1. 8534		
6 5	3. 3539	10. 1396	1. 59143	61. 14	
6 6		∞	0. 6980		
6 7		∞	0. 4716	1. 64640	23. 40
6 8 P	45347. 1811	0. 0000	930. 00000		
$-3. 45$					
6 9		∞	0. 4716	1. 70455	36. 40
7 0		∞	0. 3867		
7 1	8. 2956	1. 2734	1. 83945	42. 71	
7 2		∞	0. 0141		
7 3		∞	1. 4620	1. 83945	42. 71

[0076]

74 -10. 6067 0. 7499
 75 ∞ 6. 9044 1. 48915 70. 23
 76 -11. 0870 3. 1636
 I M G ∞ 0. 0000

[0077] 非球面数据

[0078] 第3面

[0079] $k = 0.0000 \quad A_2 = 0$

[0080] $A_4 = 9.36E-01 \quad A_6 = -1.84E+00$

[0081] $A_8 = 3.91E+00 \quad A_{10} = 0.00E+00$

[0082] 第68面

[0083] $k = 24.0663 \quad A_2 = 0$

[0084] $A_4 = -2.30E-06 \quad A_6 = 5.64E-07$

[0085] $A_8 = 1.88E-06 \quad A_{10} = -7.55E-07$

[0086] 各种数据

[0087]

物距	14. 1832
焦距	-1
像高	0. 665
F no.	5. 76
视场角	70. 71°

[0088] [实施例 2]

[0089] 本发明的实施例 2 所涉及的硬性镜用光学系统如图 9 和图 10 所示那样主要在物镜光学系统（面编号 1 ~ 15）和第五中继光学系统（面编号 65 ~ 78）的透镜结构上与实施例 1 的硬性镜用光学系统不同。在第五中继光学系统中，衍射光学元件在光轴方向上被两个接合透镜夹在中间。第一至第四中继光学系统的透镜结构与实施例 1 的硬性镜用光学系统大致相同，因此省略其图示。本实施例所涉及的硬性镜用光学系统的透镜数据如下述那样。

[0090] 图 11 示出像这样构成的硬性镜用光学系统的轴上色像差图。根据本实施例的硬性镜用光学系统，能够由第一至第四中继光学系统所具备的接合透镜校正 C 线 (C-line) 与 F 线 (F-line) 之间的轴上色像差，由第五中继光学系统所具备的衍射光学元件校正剩下的 e 线 (e-line) 的轴上色像差。

[0091] 透镜数据

[0092]

面编号	r	d	n e	v d
1	∞	0. 1886	1. 77066	71. 79
2	∞	0. 0613		
3 * 22.	2258	0. 2358	1. 79190	25. 76
4	0. 3315	0. 1844		
5	∞	1. 9525	1. 88814	40. 78
6	∞	1. 1936	1. 88815	40. 76
7	-1. 8699	0. 2294		
8 - 20.	4710	0. 7292	1. 83932	37. 16
9	1. 9505	1. 0468	1. 48915	70. 23
10	-2. 1435	0. 4369		
11	3. 6510	1. 2517	1. 73234	54. 68
12	-4. 8434	1. 2162		
13	-1. 1595	0. 8772	1. 85504	23. 78
14	1. 6194	1. 1154	1. 73234	54. 68
15	-1. 8369	1. 0399		
16	∞	2. 4430		
17	4. 9147	10. 2058	1. 59143	61. 14
18	∞	0. 9291		
19	4. 6601	0. 6320	1. 69661	53. 21
20	-2. 4666	0. 0024	1. 51203	60. 00
21	-2. 4625	0. 8890	1. 83945	42. 72
22S	∞	0. 8890	1. 83945	42. 72
23	2. 4625	0. 0024	1. 51203	60. 00
24	2. 4666	0. 6320	1. 69661	53. 21
25	-4. 6601	0. 9291		

[0093]

26		∞	10.	2058	1. 59143	61. 14
27	-4.	9147	2.	4430		
28		∞	2.	4430		
29	4.	9147	10.	2058	1. 59143	61. 14
30		∞	0.	9291		
31	4.	6601	0.	6320	1. 69661	53. 21
32	-2.	4666	0.	0024	1. 51203	60. 00
33	-2.	4625	0.	8890	1. 83945	42. 72
34		∞	0.	8890	1. 83945	42. 72
35	2.	4625	0.	0024	1. 51203	60. 00
36	2.	4666	0.	6320	1. 69661	53. 21
37	-4.	6601	0.	9291		
38		∞	10.	2058	1. 59143	61. 14
39	-4.	9147	2.	4430		
40		∞	2.	4430		
41	4.	9147	10.	2058	1. 59143	61. 14
42		∞	0.	9291		
43	4.	6601	0.	6320	1. 69661	53. 21
44	-2.	4666	0.	0024	1. 51203	60. 00
45	-2.	4625	0.	8890	1. 83945	42. 72
46		∞	0.	8890	1. 83945	42. 72
47	2.	4625	0.	0024	1. 51203	60. 00
48	2.	4666	0.	6320	1. 69661	53. 21
49	-4.	6601	0.	9291		
50		∞	10.	2058	1. 59143	61. 14
51	-4.	9147	2.	4430		
52		∞	2.	4430		
53	4.	9147	10.	2058	1. 59143	61. 14
54		∞	0.	9291		
55	4.	6601	0.	6320	1. 69661	53. 21

[0094]

5 6	- 2. 4 6 6 6	0. 0 0 2 4	1. 5 1 2 0 3	6 0. 0 0
5 7	- 2. 4 6 2 5	0. 8 8 9 0	1. 8 3 9 4 5	4 2. 7 2
5 8	∞	0. 8 8 9 0	1. 8 3 9 4 5	4 2. 7 2
5 9	2. 4 6 2 5	0. 0 0 2 4	1. 5 1 2 0 3	6 0. 0 0
6 0	2. 4 6 6 6	0. 6 3 2 0	1. 6 9 6 6 1	5 3. 2 1
6 1	- 4. 6 6 0 1	0. 9 2 9 1		
6 2	∞	1 0. 2 0 5 8	1. 5 9 1 4 3	6 1. 1 4
6 3	- 4. 9 1 4 7	2. 4 4 3 0		
6 4	∞	1. 8 8 6 5		
6 5	3. 7 1 9 0	9. 4 1 2 8	1. 5 9 1 4 3	6 1. 1 4
6 6	∞	1. 4 3 5 3		
6 7	8. 8 4 8 8	0. 5 6 6 6	1. 6 9 6 6 1	5 3. 2 1
6 8	1 5. 2 7 6 1	0. 7 7 5 9	1. 8 3 9 4 5	4 2. 7 1
6 9	∞	0. 0 1 4 1		
7 0	∞	0. 4 7 1 6	1. 6 4 6 4 0	2 3. 4 0
7 1 P	5 6 8 7 7. 3 6 2 1	0. 0 0 0 0	9 3 0. 0 0 0 0 0	
- 3. 4 5				
7 2	∞	0. 4 7 1 6	1. 7 0 4 5 5	3 6. 4 0
7 3	∞	0. 0 1 4 1		
7 4	∞	0. 7 7 5 9	1. 8 3 9 4 5	4 2. 7 1
7 5	- 1 5. 2 7 6 1	0. 5 6 6 6	1. 6 9 6 6 1	5 3. 2 1
7 6	- 8. 8 4 8 8	1. 2 1 0 0		
7 7	∞	6. 6 0 2 6	1. 4 8 9 1 5	7 0. 2 3
7 8	- 7. 9 2 7 2	3. 7 8 7 1		
I MG	∞	0. 0 0 0 0		

[0095] 非球面数据

[0096] 第 3 面

[0097] $k = 0 \quad A_2 = 0$ [0098] $A_4 = 9.36E-01 \quad A_6 = -1.84E+00$ [0099] $A_8 = 3.91E+00 \quad A_{10} = 0.00E+00$

[0100] 第 71 面

[0101] $k = 3.5108 \quad A_2 = 0$

[0102] $A_4 = -2.95E-06$ $A_6 = 1.55E-06$

[0103] $A_8 = 0.00E+00$ $A_{10} = 0.00E+00$

[0104] 各种数据

[0105]

物距	14. 14 8 5
焦距	- 1
像高	0. 6 6 5
F n o.	5. 7 5 6 8
视场角	7 0. 1°

[0106] [实施例 3]

[0107] 本发明的实施例 3 所涉及的硬性镜用光学系统如图 12 所示那样主要在第五中继光学系统（面编号 65 ~ 78）的透镜结构上与实施例 2 的硬性镜用光学系统不同。物镜光学系统和第一至第四中继光学系统的透镜结构与实施例 2 的硬性镜用光学系统大致相同，因此省略其图示。本实施例所涉及的硬性镜用光学系统的透镜数据如下述那样。

[0108] 图 13 示出像这样构成的硬性镜用光学系统的轴上色像差图。根据本实施例的硬性镜用光学系统，能够由第一至第四中继光学系统所具备的接合透镜校正 C 线 (C-line) 与 F 线 (F-line) 之间的轴上色像差，由第五中继光学系统所具备的衍射光学元件校正剩下的 e 线 (e-line) 的轴上色像差。

[0109] 透镜数据

[0110]

面编号	r	d	n e	νd
1	∞	0. 1886	1. 77066	71. 79
2	∞	0. 0613		
3 * 22.	2258	0. 2358	1. 79190	25. 76
4	0. 3315	0. 1844		
5	∞	1. 9525	1. 88814	40. 78
6	∞	1. 1936	1. 88815	40. 76
7	-1. 8699	0. 2294		
8	-20. 4710	0. 7292	1. 83932	37. 16
9	1. 9505	1. 0468	1. 48915	70. 23
10	-2. 1435	0. 4369		
11	3. 6510	1. 2517	1. 73234	54. 68
12	-4. 8434	1. 2162		
13	-1. 1595	0. 8772	1. 85504	23. 78
14	1. 6194	1. 1154	1. 73234	54. 68
15	-1. 8369	1. 0399		
16	∞	2. 4430		
17	4. 9147	10. 2058	1. 59143	61. 14
18	∞	0. 9291		
19	4. 6601	0. 6320	1. 69661	53. 21
20	-2. 4666	0. 0024	1. 51203	60. 00
21	-2. 4625	0. 8890	1. 83945	42. 72
22S	∞	0. 8890	1. 83945	42. 72
23	2. 4625	0. 0024	1. 51203	60. 00
24	2. 4666	0. 6320	1. 69661	53. 21
25	-4. 6601	0. 9291		
26	∞	10. 2058	1. 59143	61. 14
27	-4. 9147	2. 4430		
28	∞	2. 4430		
29	4. 9147	10. 2058	1. 59143	61. 14
30	∞	0. 9291		

[0111]

3 1	4. 6601	0. 6320	1. 69661	53. 21
3 2	-2. 4666	0. 0024	1. 51203	60. 00
3 3	-2. 4625	0. 8890	1. 83945	42. 72
3 4	∞	0. 8890	1. 83945	42. 72
3 5	2. 4625	0. 0024	1. 51203	60. 00
3 6	2. 4666	0. 6320	1. 69661	53. 21
3 7	-4. 6601	0. 9291		
3 8	∞	10. 2058	1. 59143	61. 14
3 9	-4. 9147	2. 4430		
4 0	∞	2. 4430		
4 1	4. 9147	10. 2058	1. 59143	61. 14
4 2	∞	0. 9291		
4 3	4. 6601	0. 6320	1. 69661	53. 21
4 4	-2. 4666	0. 0024	1. 51203	60. 00
4 5	-2. 4625	0. 8890	1. 83945	42. 72
4 6	∞	0. 8890	1. 83945	42. 72
4 7	2. 4625	0. 0024	1. 51203	60. 00
4 8	2. 4666	0. 6320	1. 69661	53. 21
4 9	-4. 6601	0. 9291		
5 0	∞	10. 2058	1. 59143	61. 14
5 1	-4. 9147	2. 4430		
5 2	∞	2. 4430		
5 3	4. 9147	10. 2058	1. 59143	61. 14
5 4	∞	0. 9291		
5 5	4. 6601	0. 6320	1. 69661	53. 21
5 6	-2. 4666	0. 0024	1. 51203	60. 00
5 7	-2. 4625	0. 8890	1. 83945	42. 72
5 8	∞	0. 8890	1. 83945	42. 72
5 9	2. 4625	0. 0024	1. 51203	60. 00
6 0	2. 4666	0. 6320	1. 69661	53. 21

[0112]

6 1	-4. 6601	0. 9291
6 2	∞	10. 2058 1. 59143 61. 14
6 3	-4. 9147	2. 4430
6 4	∞	1. 8865
6 5	3. 7190	9. 4128 1. 59143 61. 14
6 6	∞	1. 4135
6 7	4. 7493	0. 5333 1. 69661 53. 21
6 8	-2. 6933	0. 7447 1. 83945 42. 71
6 9	∞	0. 0141
7 0	∞	0. 4716 1. 64640 23. 40
7 1 P	231984. 5611	0. 0000 930. 00000
-3. 45		
7 2	∞	0. 4716 1. 70455 36. 40
7 3	∞	0. 0141
7 4	∞	0. 7447 1. 83945 42. 71
7 5	2. 6933	0. 5333 1. 69661 53. 21
7 6	-4. 7493	1. 1610
7 7	∞	6. 6026 1. 48915 70. 23
7 8	-7. 9272	3. 8241
IMG	∞	0. 0000

[0113] 非球面数据

[0114] 第3面

[0115] $k = 0.0000 \quad A_2 = 0$ [0116] $A_4 = 9.36E-01 \quad A_6 = -1.84E+00$ [0117] $A_8 = 3.91E+00 \quad A_{10} = 0.00E+00$

[0118] 第71面

[0119] $k = 3.5112 \quad A_2 = 0$ [0120] $A_4 = -3.19E-06 \quad A_6 = 2.50E-06$ [0121] $A_8 = 0.00E+00 \quad A_{10} = 0.00E+00$

[0122] 各种数据

[0123]

物距	1 4. 1 4 8 5
焦距	- 1
像高	0. 6 6 5
F n o.	5. 7 5 6 8
视场角	6 9. 9 8°

[0124] [实施例 4]

[0125] 本发明的实施例 4 所涉及的硬性镜用光学系统如图 14 所示那样主要在第五中继光学系统（面编号 65 ~ 78）的透镜结构上与实施例 2 的硬性镜用光学系统不同。物镜光学系统和第一至第四中继光学系统的结构与实施例 2 的硬性镜用光学系统大致相同，因此省略其图示。本实施例所涉及的硬性镜用光学系统的透镜数据如下述那样。

[0126] 图 15 示出像这样构成的硬性镜用光学系统的轴上色像差图。根据本实施例的硬性镜用光学系统，能够由第一至第四中继光学系统所具备的接合透镜校正 C 线 (C-line) 与 F 线 (F-line) 之间的轴上色像差，由第五中继光学系统所具备的衍射光学元件校正剩下的 e 线 (e-line) 的轴上色像差。

[0127] 透镜数据

[0128]

面编号	r	d	n e	v d
1	∞	0. 1 8 8 6	1. 7 7 0 6 6	7 1. 7 9
2	∞	0. 0 6 1 3		
3 * 2 2. 2 2 5 6	0. 2 3 5 8	1. 7 9 1 9 0	2 5. 7 6	
4	0. 3 3 1 5	0. 1 8 4 4		
5	∞	1. 9 5 2 5	1. 8 8 8 1 4	4 0. 7 8
6	∞	1. 1 9 3 6	1. 8 8 8 1 5	4 0. 7 6
7	- 1. 8 6 9 9	0. 2 2 9 4		

[0129]

8	-20.	4708	0.	7292	1.	83932	37.	16
9	1.	9504	1.	0468	1.	48915	70.	23
10	-2.	1435	0.	4369				
11	3.	6510	1.	2517	1.	73234	54.	68
12	-4.	8433	1.	2162				
13	-1.	1595	0.	8772	1.	85504	23.	78
14	1.	6194	1.	1154	1.	73234	54.	68
15	-1.	8368	1.	0399				
16		∞	2.	4429				
17	4.	9147	10.	2057	1.	59143	61.	14
18		∞	0.	9291				
19	4.	6600	0.	6320	1.	69661	53.	21
20	-2.	4665	0.	0024	1.	51203	60.	00
21	-2.	4625	0.	8890	1.	83945	42.	72
22S		∞	0.	8890	1.	83945	42.	72
23	2.	4625	0.	0024	1.	51203	60.	00
24	2.	4665	0.	6320	1.	69661	53.	21
25	-4.	6600	0.	9291				
26		∞	10.	2057	1.	59143	61.	14
27	-4.	9147	2.	4429				
28		∞	2.	4429				
29	4.	9147	10.	2057	1.	59143	61.	14
30		∞	0.	9291				
31	4.	6600	0.	6320	1.	69661	53.	21
32	-2.	4665	0.	0024	1.	51203	60.	00
33	-2.	4625	0.	8890	1.	83945	42.	72
34		∞	0.	8890	1.	83945	42.	72
35	2.	4625	0.	0024	1.	51203	60.	00

[0130]

3 6	2. 4 6 6 5	0. 6 3 2 0	1. 6 9 6 6 1	5 3. 2 1
3 7	-4. 6 6 0 0	0. 9 2 9 1		
3 8		∞	10. 2 0 5 7	1. 5 9 1 4 3 6 1. 1 4
3 9	-4. 9 1 4 7	2. 4 4 2 9		
4 0		∞	2. 4 4 2 9	
4 1	4. 9 1 4 7	10. 2 0 5 7	1. 5 9 1 4 3	6 1. 1 4
4 2		∞	0. 9 2 9 1	
4 3	4. 6 6 0 0	0. 6 3 2 0	1. 6 9 6 6 1	5 3. 2 1
4 4	-2. 4 6 6 5	0. 0 0 2 4	1. 5 1 2 0 3	6 0. 0 0
4 5	-2. 4 6 2 5	0. 8 8 9 0	1. 8 3 9 4 5	4 2. 7 2
4 6		∞	0. 8 8 9 0	1. 8 3 9 4 5 4 2. 7 2
4 7	2. 4 6 2 5	0. 0 0 2 4	1. 5 1 2 0 3	6 0. 0 0
4 8	2. 4 6 6 5	0. 6 3 2 0	1. 6 9 6 6 1	5 3. 2 1
4 9	-4. 6 6 0 0	0. 9 2 9 1		
5 0		∞	10. 2 0 5 7	1. 5 9 1 4 3 6 1. 1 4
5 1	-4. 9 1 4 7	2. 4 4 2 9		
5 2		∞	2. 4 4 2 9	
5 3	4. 9 1 4 7	10. 2 0 5 7	1. 5 9 1 4 3	6 1. 1 4
5 4		∞	0. 9 2 9 1	
5 5	4. 6 6 0 0	0. 6 3 2 0	1. 6 9 6 6 1	5 3. 2 1
5 6	-2. 4 6 6 5	0. 0 0 2 4	1. 5 1 2 0 3	6 0. 0 0
5 7	-2. 4 6 2 5	0. 8 8 9 0	1. 8 3 9 4 5	4 2. 7 2
5 8		∞	0. 8 8 9 0	1. 8 3 9 4 5 4 2. 7 2
5 9	2. 4 6 2 5	0. 0 0 2 4	1. 5 1 2 0 3	6 0. 0 0
6 0	2. 4 6 6 5	0. 6 3 2 0	1. 6 9 6 6 1	5 3. 2 1
6 1	-4. 6 6 0 0	0. 9 2 9 1		
6 2		∞	10. 2 0 5 7	1. 5 9 1 4 3 6 1. 1 4
6 3	-4. 9 1 4 7	2. 4 4 2 9		

[0131]

6 4	∞	4. 0000
6 5	3. 1973	7. 0000 1. 59143 61. 14
6 6	∞	1. 6210
6 7	-6. 9788	0. 5202 1. 69661 53. 21
6 8	1. 6001	0. 9080 1. 83945 42. 71
6 9	∞	0. 0141
7 0	∞	0. 4716 1. 64640 23. 40
7 1 P	12138. 3807	0. 0000 930. 00000
 -3. 45		
7 2	∞	0. 4716 1. 70455 36. 40
7 3	∞	0. 0141
7 4	∞	0. 9039 1. 83945 42. 71
7 5	-1. 4289	0. 5190 1. 69661 53. 21
7 6	31. 4292	1. 3000
7 7	∞	4. 9223 1. 48915 70. 23
7 8	-5. 7900	3. 1223
IMG	∞	0. 0000

[0132] 非球面数据

[0133] 第3面

[0134] $k = 0.0000 \quad A_2 = 0$ [0135] $A_4 = 9.36E-01 \quad A_6 = -1.84E+00$ [0136] $A_8 = 3.91E+00 \quad A_{10} = 0.00E+00$

[0137] 第71面

[0138] $k = 0.00E+00 \quad A_2 = 0$ [0139] $A_4 = -3.64E-05 \quad A_6 = 3.65E-06$ [0140] $A_8 = 0.00E+00 \quad A_{10} = 0.00E+00$

[0141] 各种数据

[0142]

物距	14. 1483
焦距	-1
像高	0. 665
F n o.	5. 7568
视场角	69. 51°

[0143] 上述实施例1至4所涉及的硬性镜用光学系统所具备的第五中继光学系统的条件

式(1)、(2)、(3)的各参数的值如表1所示那样。

[0144] [表1]

[0145]

条件式		实施例1	实施例2	实施例3	实施例4
(1)	3Lf	5.560	5.660	5.660	12.000
	Lfdoe	13.163	14.563	14.476	14.535
(2)	3Lb	9.491	11.361	11.472	9.367
	Lbdoe	14.426	13.428	13.351	11.253
(3)	fdoe	48.827	61.241	249.784	13.070
	ff	5.670	6.288	6.288	5.406
	fm	5.433	5.763	5.763	6.712
	fb	22.666	16.206	16.206	11.837
	fdoe/(ff+fm+fb)	1.446	2.167	8.840	0.546

[0146] 附图标记说明

[0147] 1:物镜光学系统;10、20、30、40、50:中继光学系统;100:硬性镜用光学系统;
BG1、BG2、BG3、BG4、BG5:后组;MG1、MG2、MG3、MG4、MG5:中组;FG1、FG2、FG3、FG4、FG5:前组;
Ldoe:衍射光学元件;P1、P2、P3、P4、P5、P6:成像面;Pdoe:衍射面。

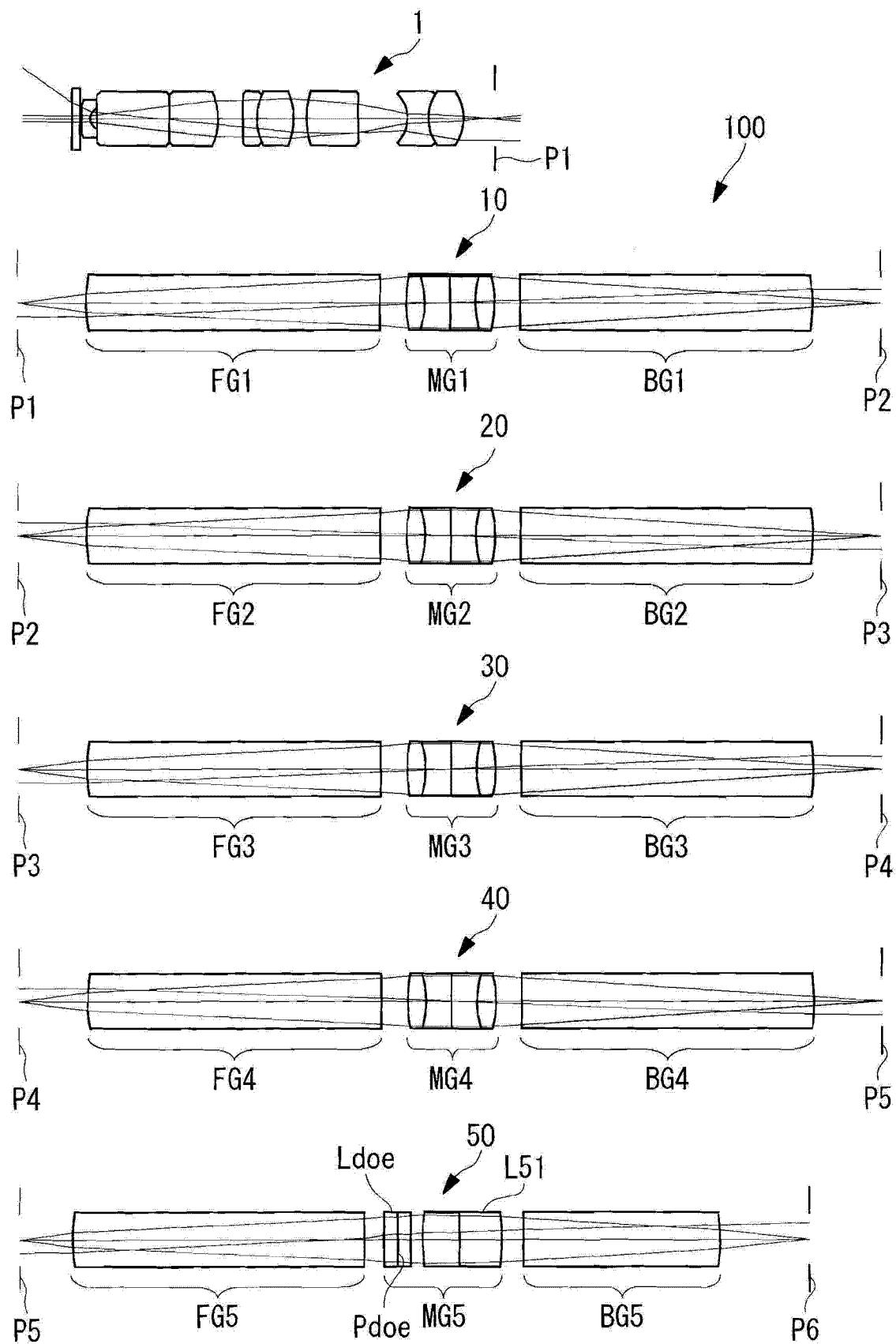


图 1

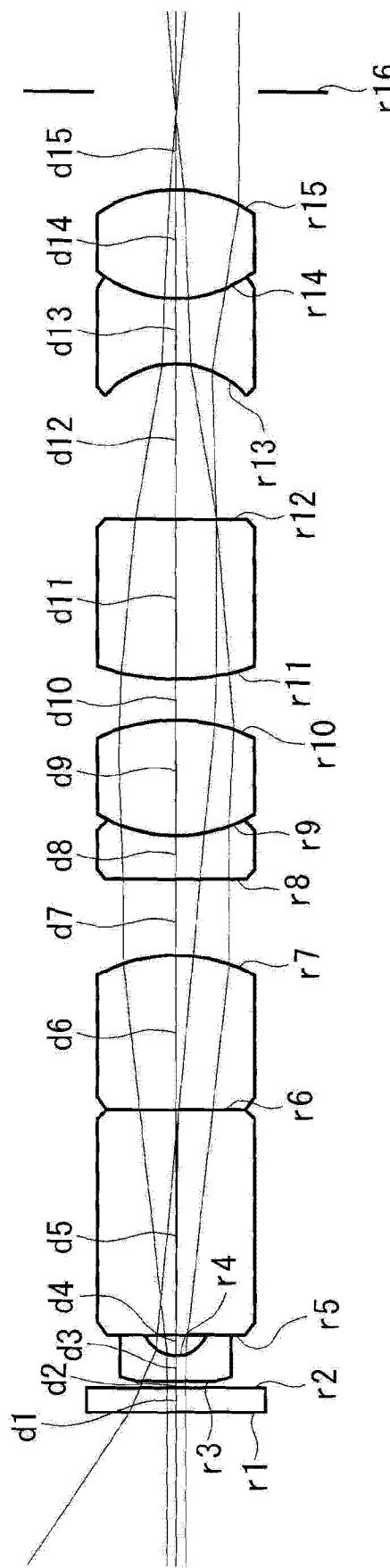


图 2

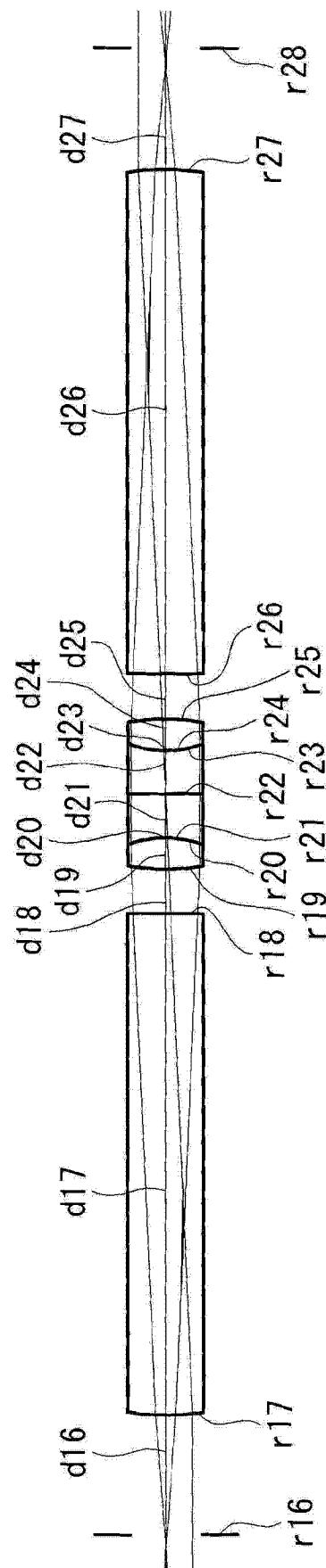


图 3

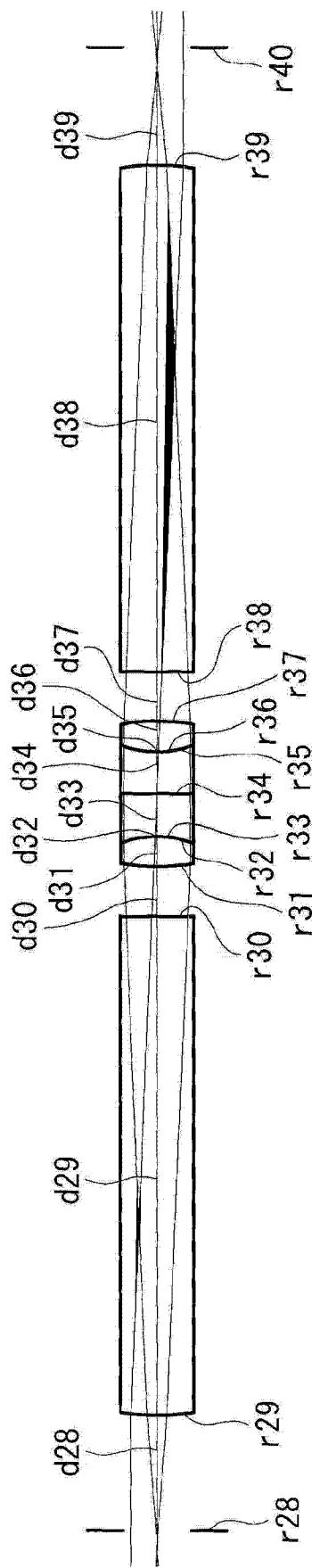


图 4

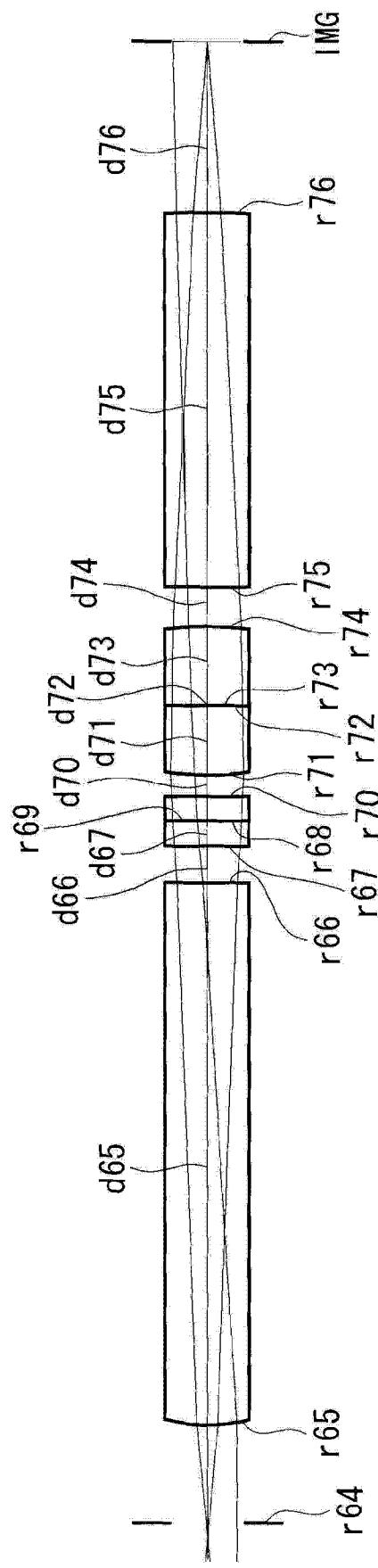
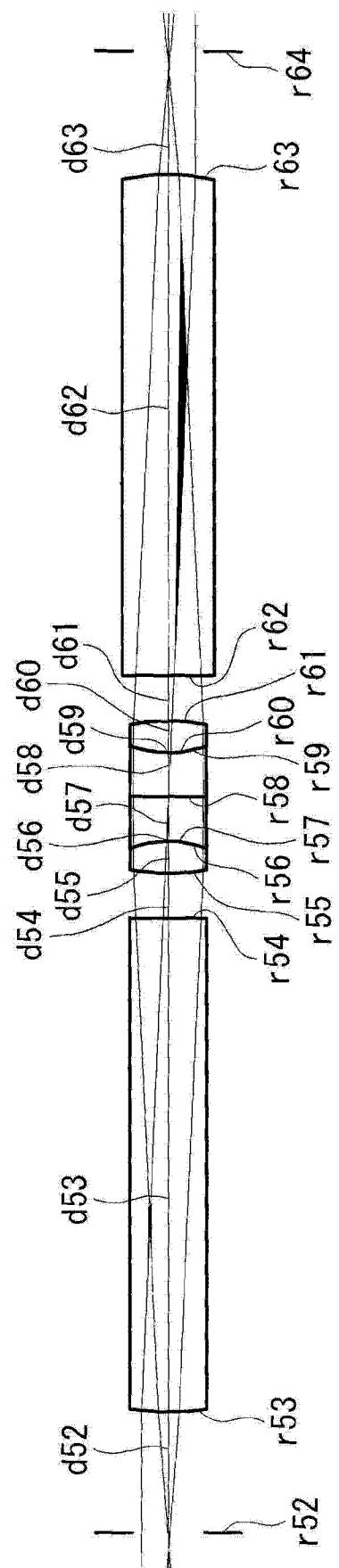
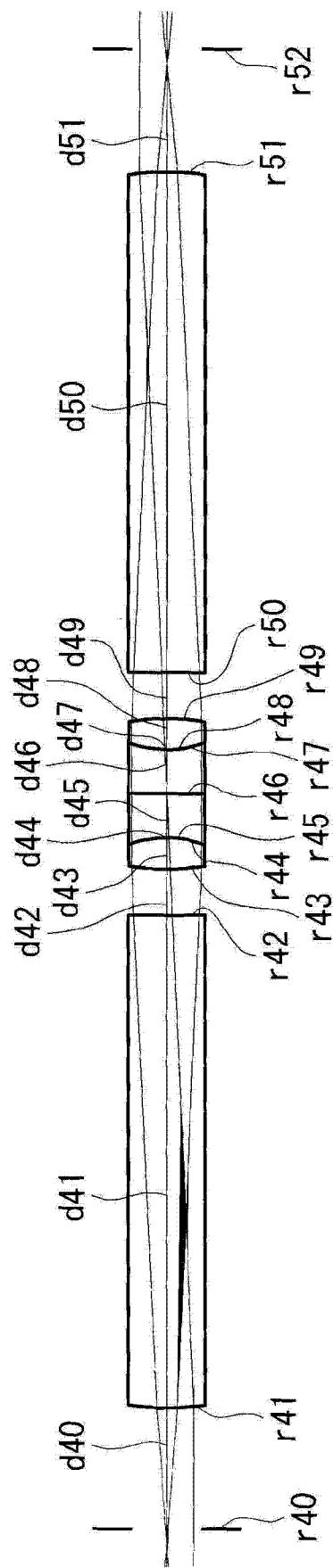


图 5

图 6

图 7

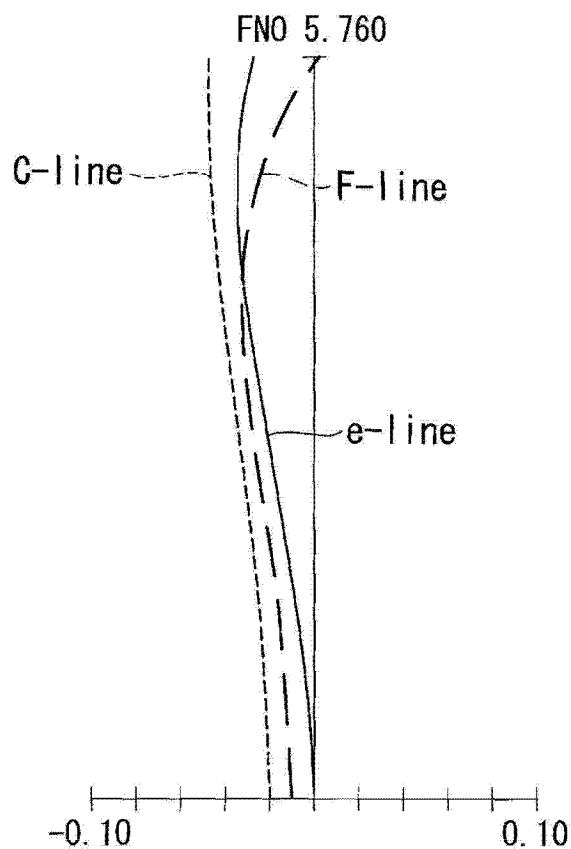


图 8

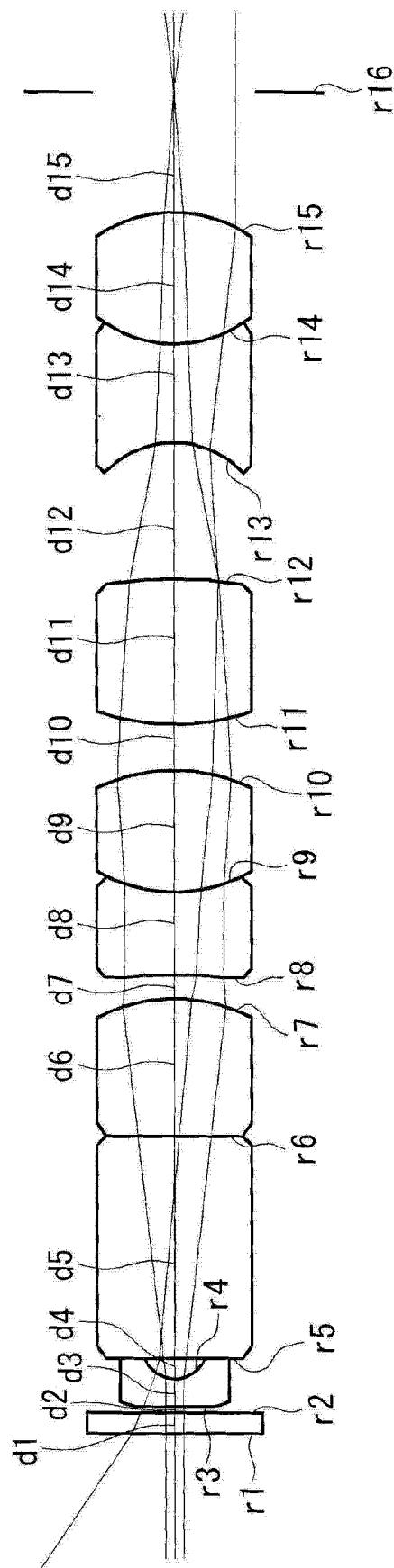


图 9

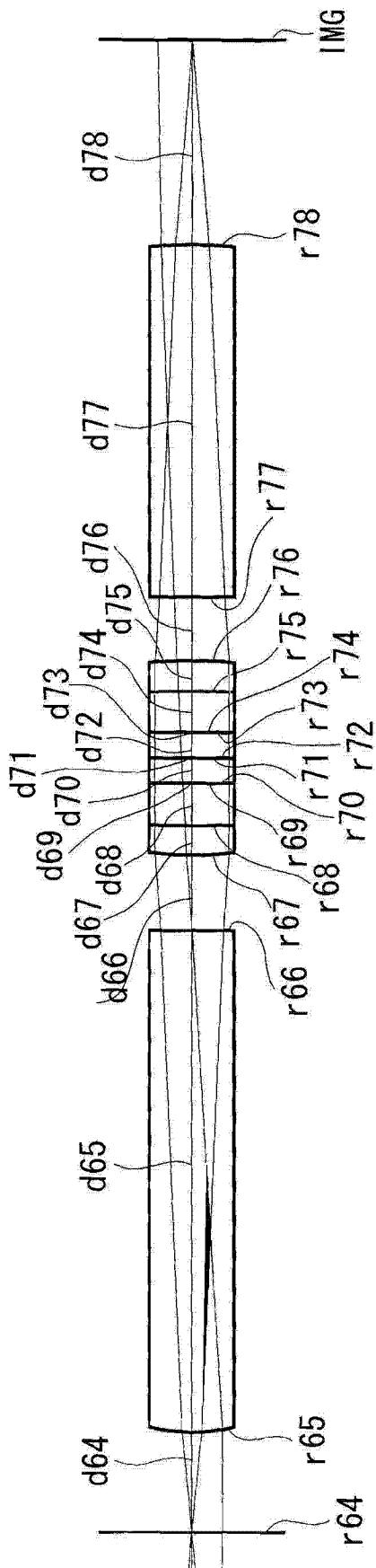


图 10

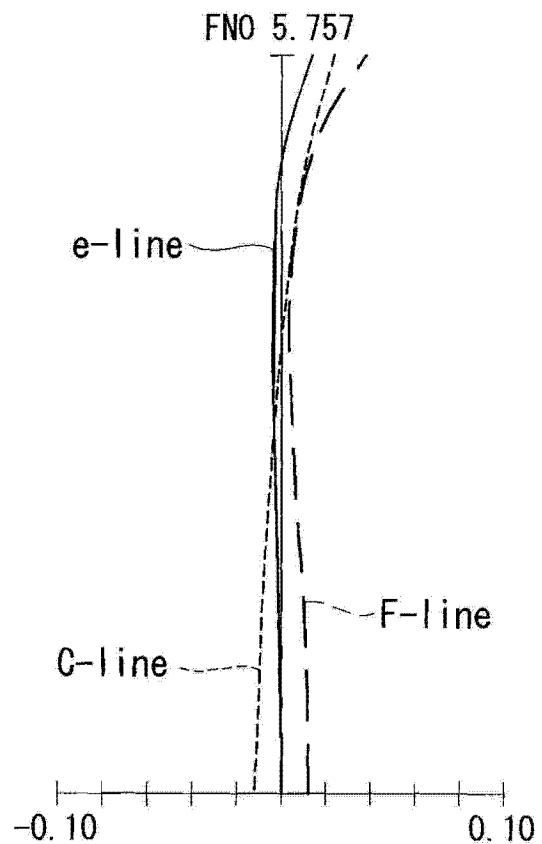


图 11

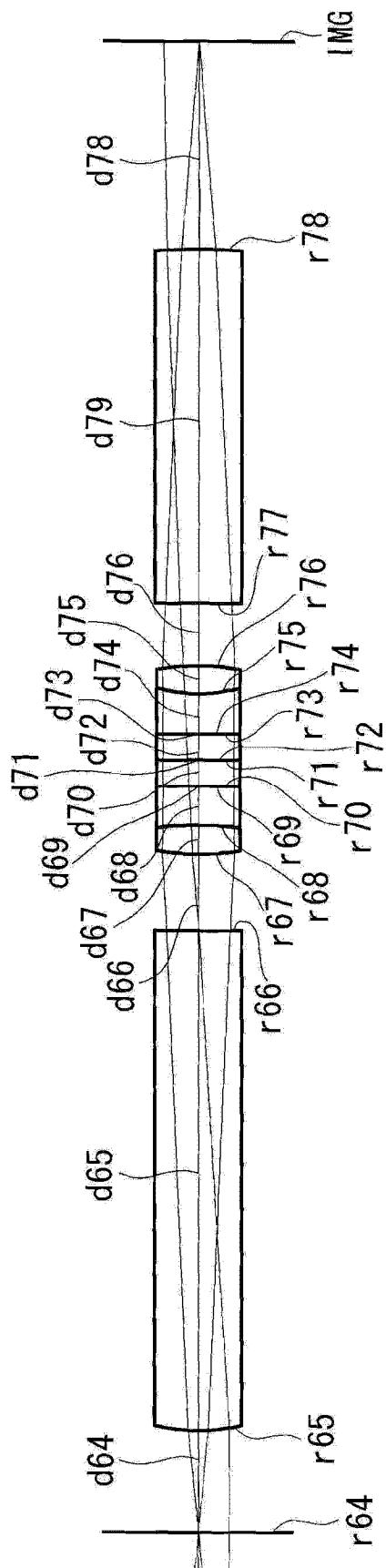


图 12

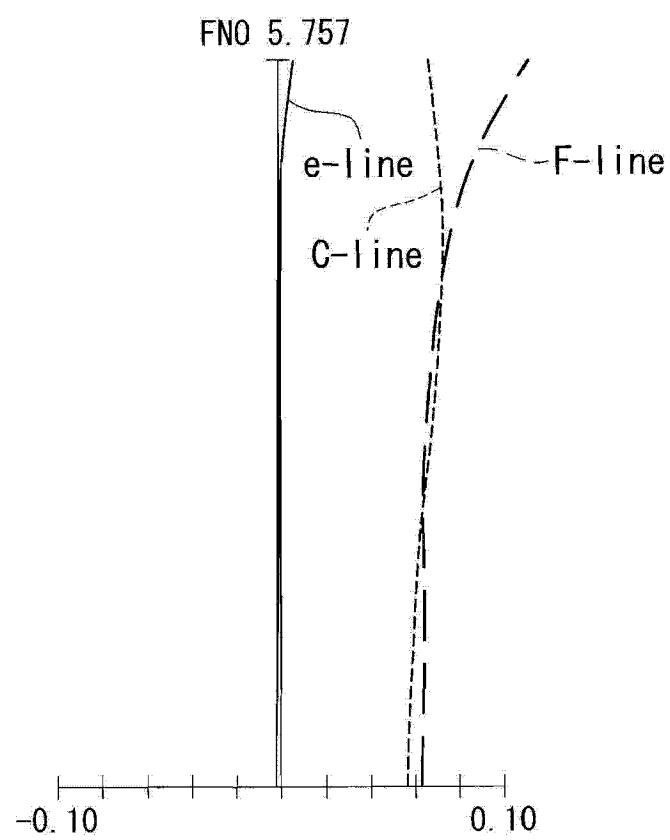


图 13

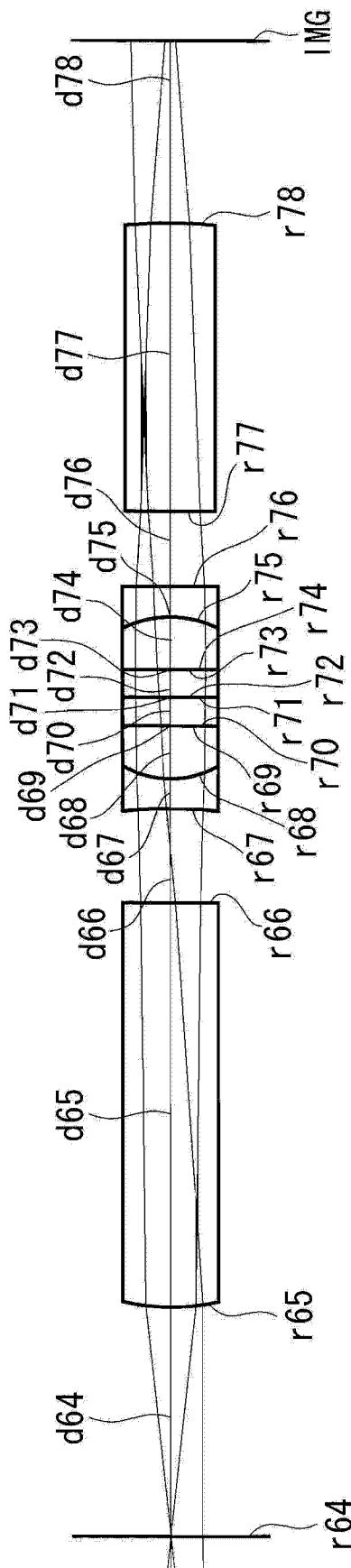


图 14

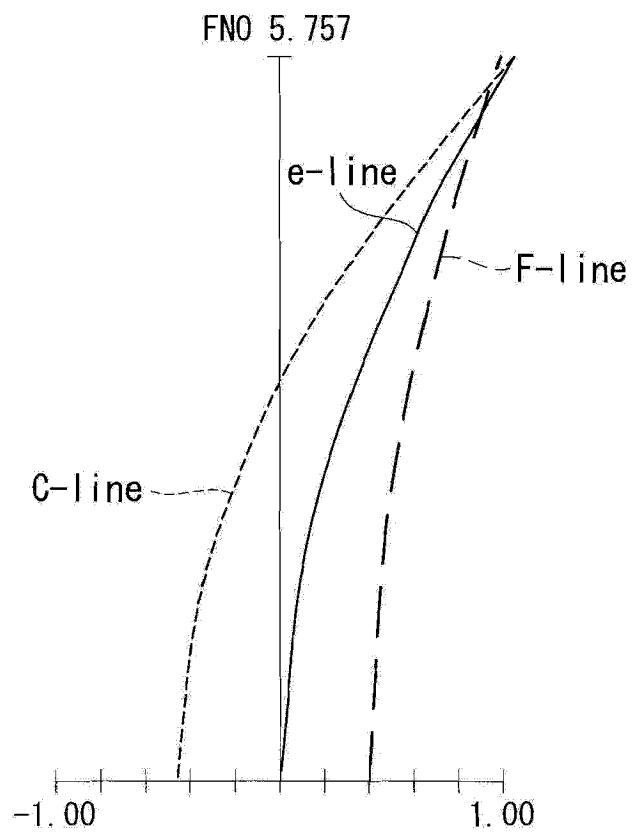


图 15

专利名称(译)	硬性镜用光学系统和硬性内窥镜		
公开(公告)号	CN103380393B	公开(公告)日	2015-08-19
申请号	CN201280009621.5	申请日	2012-05-17
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯医疗株式会社		
申请(专利权)人(译)	奥林巴斯医疗株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	奥林巴斯医疗株式会社		
[标]发明人	井上贵博		
发明人	井上贵博		
IPC分类号	G02B13/00 A61B1/00 G02B13/18 G02B13/24 G02B23/26		
CPC分类号	A61B1/0638 A61B1/002 G02B27/42 G02B27/4211 A61B1/00163 G02B23/243 G02B23/2446 G02B27/0056		
代理人(译)	刘新宇		
优先权	2011173074 2011-08-08 JP		
其他公开文献	CN103380393A		
外部链接	Espacenet Sipo		

摘要(译)

良好地校正次级频谱来获得清晰明亮的光学像。提供一种硬性镜用光学系统(100)，具备：物镜光学系统(1)；以及至少一个中继光学系统(10~50)，该中继光学系统从入射侧起依次包括正的前组(FG1~FG5)、中组(MG1~MG5)及后组(BG1~BG5)，将成像于入射侧的成像面(P1~P5)的光学像再次成像于出射侧的成像面(P2~P6)，其中，一个中继光学系统(50)的中组(MG5)所具备的衍射光学元件(Ldoe)使通过其它光学系统(10~40)校正两个波长间的轴上色像差后的光束入射至衍射面(Pdoe)，对光束中包含的另一个波长的轴上色像差进行校正。

