



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101681013 B

(45) 授权公告日 2012. 09. 26

(21) 申请号 200880019707. X

(22) 申请日 2008. 06. 06

(30) 优先权数据

155157/2007 2007. 06. 12 JP

155159/2007 2007. 06. 12 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009. 12. 11

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2008/060816 2008. 06. 06

(87) PCT申请的公布数据

W02008/153114 JA 2008. 12. 18

(73) 专利权人 奥林巴斯株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 研野孝吉

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

11127

代理人 黄纶伟

(51) Int. Cl.

G02B 13/06(2006. 01)

A61B 1/00(2006. 01)

G02B 13/18(2006. 01)

G02B 17/08(2006. 01)

G02B 23/26(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特开 2006-113096 A, 2006. 04. 27,

CN 1917916 A, 2007. 02. 21,

US 5930055 A, 1999. 07. 27,

审查员 耿娜

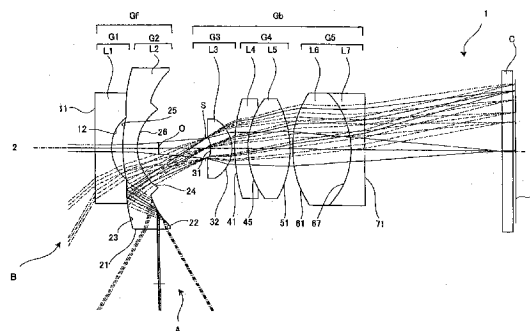
权利要求书 3 页 说明书 49 页 附图 39 页

(54) 发明名称

光学元件、光学系统及使用该光学系统的内窥镜

(57) 摘要

本发明提供一种光学元件、光学系统及使用该光学系统的内窥镜。按照顺光线追迹的顺序，侧视光路(A)构成大致Z字状的光路，该光路经过第1透射面(21)进入透明介质(L2)内，在第1反射面(22)向像面的相反侧反射，再在第2反射面(23)向像面侧反射，经过第2透射面(24)从透明介质(L2)射向外部到达像面(5)侧，直视光路(B)构成下述光路，即经过第3透射面(25)进入透明介质(L2)内，经过第4透射面(26)从透明介质(L2)射向外部到达像面(5)侧。



CN 101681013 B

1. 一种光学元件,其特征在于,所述光学元件由绕中心轴旋转对称的折射率大于1的透明介质构成,所述透明介质具有:第1透射面;相比所述第1透射面靠近中心轴侧配置的第1反射面;相比所述第1反射面靠近像面的相反侧配置的第2反射面;相比所述第2反射面靠近像面侧配置的第2透射面;第3透射面;以及相比所述第3透射面靠近像面侧配置的第4透射面,入射到所述透明介质的光束具有侧视光路和直视光路,按照顺光线追迹的顺序,所述侧视光路构成大致Z字状的光路,该光路经过所述第1透射面进入所述透明介质内,在所述第1反射面向像面的相反侧反射,再在所述第2反射面向像面侧反射,经过所述第2透射面从所述透明介质射向外部到达像面侧,所述直视光路构成下述光路,即经过所述第3透射面进入所述透明介质内,经过所述第4透射面从所述透明介质射向外部到达像面侧;

所述第1反射面具有负光焦距,所述第2反射面具有正光焦距。

2. 根据权利要求1所述的光学元件,其特征在于,所述侧视光路相对所述中心轴只在一侧构成。

3. 根据权利要求1或2所述的光学元件,其特征在于,在所述中心轴附近配置所述第2透射面,在所述中心轴的周边部配置所述第1反射面和所述第2反射面,在所述中心轴的最外周部配置所述第1透射面。

4. 根据权利要求1或2所述的光学元件,其特征在于,所述第1反射面是与所述第2透射面相同位置、相同形状的面。

5. 根据权利要求1或2所述的光学元件,其特征在于,所述第1反射面是与所述第4透射面相同位置、相同形状的面。

6. 根据权利要求1或2所述的光学元件,其特征在于,所述第2反射面是与所述第3透射面相同位置、相同形状的面。

7. 根据权利要求1或2所述的光学元件,其特征在于,所述第1反射面和所述第2反射面具有全反射作用。

8. 根据权利要求1或2所述的光学元件,其特征在于,所述第1透射面是圆柱或圆锥状的面。

9. 根据权利要求1或2所述的光学元件,其特征在于,所述第1反射面和所述第2反射面中的至少1个面由使不具有对称面的任意形状的线段绕中心轴旋转形成的扩展旋转自由曲面构成。

10. 根据权利要求1或2所述的光学元件,其特征在于,所述透明介质具有的面中的至少1个面由使包括奇数次项的任意形状的线段绕中心轴旋转形成的扩展旋转自由曲面构成。

11. 一种光学系统,其特征在于,所述光学系统具有前组、相比所述前组靠近像面侧配置的后组、以及配置于所述前组和所述后组之间的开口,在所述前组中配置有权利要求1或2所述的光学元件,所述直视光路对所述中心轴附近的物点进行摄像或投影,所述侧视光路对所述中心轴周边的物点进行摄像或投影;

所述第1反射面被配置成为使其凹面朝向所述开口侧;

所述第2反射面被配置成为使其凹面朝向所述开口侧。

12. 根据权利要求11所述的光学系统,其特征在于,所述侧视光路和所述直视光路共

同使用所述光学元件的一部分,使所述直视光路的圆形状的影像和其外周的所述侧视光路的圆环状的影像形成在同一平面内。

13. 根据权利要求 11 或 12 所述的光学系统,其特征在于,所述侧视光路的影像不在光路中形成中间像。

14. 根据权利要求 11 或 12 所述的光学系统,其特征在于,设所述光学元件的外形为 D 时,满足下述条件,

$$D < 10\text{mm} \quad \dots (1)。$$

15. 根据权利要求 11 或 12 所述的光学系统,其特征在于,设所述光学元件的外形为 D ,所述侧视光路的像的外形为 D_r 时,满足下述条件,

$$D/D_r < 2 \quad \dots (2)。$$

16. 一种光学系统,其由相对于中心轴旋转对称的具有负光焦度的前组、开口以及具有正光焦度的后组构成,在形成或投影像时不在光路中形成中间像,其特征在于,

所述前组具有将直视光路和侧视光路合成的作用,所述直视光路借助透射作用来对所述中心轴上的影像进行成像或投影,所述侧视光路借助反射作用来对与所述中心轴大致正交的方向的全方位的影像进行成像或投影,

所述前组具有透明介质,该透明介质具有:第 1 透射面;相比所述第 1 透射面靠近中心轴侧配置的第 1 反射面;相对所述第 1 反射面靠近像面的相反侧配置的第 2 反射面;相比所述第 2 反射面靠近像面侧配置的第 2 透射面;第 3 透射面;以及相比所述第 3 透射面靠近像面侧配置的第 4 透射面,

按照顺光线追迹的顺序,入射到所述前组的光束在所述侧视光路中具有大致 Z 字状的光路,该光路经过所述第 1 透射面进入所述透明介质内,在所述第 1 反射面向像面的相反侧反射,再在所述第 2 反射面向像面侧反射,经过所述第 2 透射面从所述透明介质射向外部到达像面侧,在所述直视光路中具有下述光路,即经过所述第 3 透射面进入所述透明介质内,经过所述第 4 透射面从所述透明介质射向外部到达像面侧,

在把通过所述开口中心的光线作为中心主光线时,进入所述第 1 透射面的所述中心主光线相比与所述中心轴正交的线向像面侧倾斜;

所述第 1 反射面和所述第 2 反射面构成为使其凹面朝向所述开口侧。

17. 根据权利要求 16 所述的光学系统,其特征在于,在把全方位图像的子午断面的视场角的中心作为中心视场角、把通过所述开口中心的光线作为中心主光线时,所述中心主光线落在所述第 1 反射面上的位置相对于所述开口被配置在像面的相反侧。

18. 根据权利要求 16 或 17 所述的光学系统,其特征在于,所述第 1 反射面具有全反射作用。

19. 根据权利要求 16 或 17 所述的光学系统,其特征在于,相对于所述第 1 反射面,在像面的相反侧配置所述第 1 透射面。

20. 根据权利要求 16 或 17 所述的光学系统,其特征在于,所述第 1 反射面和所述第 2 透射面构成为相同位置、相同面形状。

21. 根据权利要求 16 或 17 所述的光学系统,其特征在于,所述第 1 反射面和所述第 4 透射面构成为相同位置、相同面形状。

22. 根据权利要求 16 或 17 所述的光学系统,其特征在于,所述第 2 反射面和所述第 3

透射面构成相同位置、相同面形状。

23. 根据权利要求 16 或 17 所述的光学系统,其特征在于,从所述第 1 反射面到所述第 2 反射面的光路由相对于所述中心轴发散的方向构成。

24. 根据权利要求 16 或 17 所述的光学系统,其特征在于,所述第 1 透射面是圆柱或圆锥状的面。

25. 根据权利要求 16 或 17 所述的光学系统,其特征在于,所述前组具有的面中的至少 1 个面由使不具有对称面的任意形状的线段绕中心轴旋转形成的扩展旋转自由曲面构成。

26. 根据权利要求 16 或 17 所述的光学系统,其特征在于,所述前组具有的面中的至少 1 个面由使包括奇数次项的任意形状的线段绕中心轴旋转形成的扩展旋转自由曲面构成。

27. 一种使用权利要求 11 或 16 所述的光学系统的内窥镜。

光学元件、光学系统及使用该光学系统的内窥镜

技术领域

[0001] 本发明涉及光学元件、具有该光学元件的光学系统、及使用该光学系统的内窥镜，尤其涉及具有两个光路，并将与旋转对称轴上的影像和旋转对称轴大致正交的方向的两个光路合成的光学元件，以及具有该光学元件，并具有在一个摄像元件上成像为圆形和圆环状的影像的功能的成像光学系统或投影光学系统。

背景技术

[0002] 专利文献 1 的摄像光学系统配置有折射光学系统、反射光学系统和成像光学系统，并具有两个光路，能够拍摄全景 (panorama) 图像和轴向图像。另外，专利文献 2 的内窥镜同样具有两个光路。此外，专利文献 3 的内窥镜能够实现周围全方位观察，专利文献 4 的胶囊内窥镜能够实现周围全方位观察。专利文献 5 的摄像装置能够同时拍摄周围全方位及前方。

[0003] [专利文献 1] 日本特表 2003-042743 号公报

[0004] [专利文献 2] 美国专利公开 2004-0254424 号公报

[0005] [专利文献 3] 日本特开昭 60-42728 号公报

[0006] [专利文献 4] 日本特开 2001-174713 号公报

[0007] [专利文献 5] 日本特开 2002-341409 号公报

[0008] 但是，上述专利文献记载的光学系统都做不到小型化，并且不能获得析像力良好的影像。

发明内容

[0009] 本发明正是鉴于现有技术的这种状况而提出的，其目的在于，提供一种小型化且低廉的光学元件、光学系统及使用该光学系统的内窥镜，能够利用简单的结构，在一个摄像元件上同时拍摄中心轴上的物点和与中心轴大致正交的方向的全方位图像双方。

[0010] 为了达到上述目的，本发明的光学元件的特征在于，所述光学元件由绕中心轴旋转对称的折射率大于 1 的透明介质构成，所述透明介质具有：第 1 透射面；相比所述第 1 透射面靠近中心轴侧配置的第 1 反射面；相比所述第 1 反射面靠近像面的相反侧配置的第 2 反射面；相比所述第 2 反射面靠近像面侧配置的第 2 透射面；第 3 透射面；以及相比所述第 3 透射面靠近像面侧配置的第 4 透射面，入射到所述透明介质的光束具有侧视光路和直视光路，按照顺光线追迹的顺序，所述侧视光路构成大致 Z 字状的光路，该光路经过所述第 1 透射面进入所述透明介质内，在所述第 1 反射面向像面的相反侧反射，再在所述第 2 反射面向像面侧反射，经过所述第 2 透射面从所述透明介质射向外部到达像面侧，所述直视光路构成下述光路，即经过所述第 3 透射面进入所述透明介质内，经过所述第 4 透射面从所述透明介质射向外部到达像面侧。

[0011] 并且，本发明的特征在于，所述侧视光路相对所述中心轴只在一侧构成。

[0012] 并且，本发明的特征在于，在所述中心轴附近配置所述第 2 透射面，在其周边部配

置所述第 1 反射面和所述第 2 反射面,在最外周部配置所述第 1 透射面。

[0013] 并且,本发明的特征在于,所述第 1 反射面是与所述第 2 透射面相同位置、相同形状的面。

[0014] 并且,本发明的特征在于,所述第 1 反射面是与所述第 4 透射面相同位置、相同形状的面。

[0015] 并且,本发明的特征在于,所述第 2 反射面是与所述第 3 透射面相同位置、相同形状的面。

[0016] 并且,本发明的特征在于,所述第 1 反射面和所述第 2 反射面具有全反射作用。

[0017] 并且,本发明的特征在于,所述第 1 透射面是圆柱或圆锥状的面。

[0018] 并且,本发明的特征在于,所述第 1 反射面和所述第 2 反射面中的至少 1 个面由使不具有对称面的任意形状的线段绕中心轴旋转形成的扩展旋转自由曲面构成。

[0019] 并且,本发明的特征在于,所述透明介质具有的面中的至少 1 个面由使包括奇数次项的任意形状的线段绕中心轴旋转形成的扩展旋转自由曲面构成。

[0020] 并且,本发明的光学系统的特征在于,所述光学系统具有前组、相比所述前组靠近像面侧配置的后组、以及配置于所述前组和所述后组之间的开口,所述光学元件配置在所述前组上,所述直视光路对所述中心轴附近的物点进行摄像或投影,所述侧视光路对所述中心轴周边的物点进行摄像或投影。

[0021] 并且,本发明的特征在于,所述侧视光路和所述直视光路共同使用所述光学元件的一部分,使所述直视光路的圆形状的影像和其外周的所述侧视光路的圆环状的影像形成在同一平面内。

[0022] 并且,本发明的特征在于,所述第 2 反射面被配置成为使其凹面朝向所述开口侧。

[0023] 并且,本发明的特征在于,所述第 1 反射面被配置成为使其凹面朝向所述开口侧。

[0024] 并且,本发明的特征在于,所述侧视光路的影像不在光路中形成中间像。

[0025] 并且,本发明的特征在于,在把所述光学元件的外形设为 D 时,满足下述条件,

[0026] $D < 10\text{mm} \quad \dots (1)$ 。

[0027] 并且,本发明的特征在于,在把所述侧视光路的像的外形设为 D_r 时,满足下述条件,

[0028] $D/D_r < 2 \dots (2)$ 。

[0029] 另外,为了达到上述目的,本发明的光学系统由相对中心轴旋转对称的具有负光焦度的前组、开口以及具有正光焦度的后组构成,在形成或投影像时不在光路中形成中间像,其特征为,所述前组具有将直视光路和侧视光路合成的作用,所述直视光路借助透射作用来对所述中心轴上的影像进行成像或投影,所述侧视光路借助反射作用来对与所述中心轴大致正交的方向的全方位的影像进行成像或投影,所述前组具有透明介质,该透明介质具有:与物体面相对地配置在外侧的第 1 透射面;相比所述第 1 透射面靠近中心轴侧配置的第 1 反射面;相对于所述第 1 反射面靠近像面的相反侧配置的第 2 反射面;相比所述第 2 反射面靠近像面侧配置的第 2 透射面;第 3 透射面;以及相比所述第 3 透射面靠近像面侧配置的第 4 透射面,按照顺光线追迹的顺序,入射到所述前组的光束在所述侧视光路中具有大致 Z 字状的光路,该光路经过所述第 1 透射面进入所述透明介质内,在所述第 1 反射面向像面的相反侧反射,再在所述第 2 反射面向像面侧反射,经过所述第 2 透射面从所述透明

介质射向外部到达像面侧,在所述直视光路中具有下述光路,即经过所述第 3 透射面进入所述透明介质内,经过所述第 4 透射面从所述透明介质射向外部到达像面侧,在把通过所述开口中心的光线作为中心主光线时,进入所述第 1 透射面的所述中心主光线相比与所述中心轴正交的线向像面侧倾斜。

[0030] 并且,本发明的特征在于,所述第 1 反射面和所述第 2 反射面构成为使其凹面朝向所述开口侧,在把全方位图像的子午断面的视场角的中心作为中心视场角、把通过所述开口中心的光线作为中心主光线时,所述中心主光线在所述第 1 反射面上的位置,相对于所述开口被配置在像面的相反侧。

[0031] 并且,本发明的特征在于,所述第 1 反射面具有全反射作用。

[0032] 并且,本发明的特征在于,相对于所述第 1 反射面,在像面的相反侧配置透射面。

[0033] 并且,本发明的特征在于,所述第 1 反射面和所述第 2 透射面构成为相同位置、相同面形状。

[0034] 并且,本发明的特征在于,所述第 1 反射面和所述第 4 透射面构成为相同位置、相同面形状。

[0035] 并且,本发明的特征在于,所述第 2 反射面和所述第 3 透射面构成为相同位置、相同面形状。

[0036] 并且,本发明的特征在于,从所述第 1 反射面到所述第 2 反射面的光路包括相对所述中心轴发散的方向。

[0037] 并且,本发明的特征在于,所述前组具有的面中的至少 1 个面由使不具有对称面的任意形状的线段绕中心轴旋转形成的扩展旋转自由曲面构成。

[0038] 并且,本发明的特征在于,所述前组具有的面中的至少 1 个面由使包括奇数次项的任意形状的线段绕中心轴旋转形成的扩展旋转自由曲面构成。

[0039] 并且,本发明的特征在于,内窥镜使用所述光学系统。

[0040] 在以上所述的光学系统中,能够获得像差得到良好校正的、析像力良好的小型光学系统,其能够利用简单的结构观察不同的方向或者将影像投影到不同的方向。并且,在相比与中心轴正交的方向靠近像面的一侧能够获取较大的观察视场角。另外,能够减少彗形像差和偏心像差的产生。此外,能够容易且低成本地实现光学系统的加工,能够有效利用像素。

附图说明

[0041] 图 1 是用于说明本发明的光学系统的坐标系的图。

[0042] 图 2 是表示扩展旋转自由曲面的原理的图。

[0043] 图 3 是本发明的实施例 1 的沿光学系统的中心轴获取的剖面图。

[0044] 图 4 是表示实施例 1 的侧视光路中的光学系统整体的横像差图的图。

[0045] 图 5 是表示实施例 1 的直视光路中的光学系统整体的横像差图的图。

[0046] 图 6 是本发明的实施例 2 的沿光学系统的中心轴获取的剖面图。

[0047] 图 7 是表示实施例 2 的侧视光路中的光学系统整体的横像差图的图。

[0048] 图 8 是表示实施例 2 的直视光路中的光学系统整体的横像差图的图。

[0049] 图 9 是本发明的实施例 3 的沿光学系统的中心轴获取的剖面图。

- [0050] 图 10 是表示实施例 3 的侧视光路中的光学系统整体的横像差图的图。
- [0051] 图 11 是表示实施例 3 的直视光路中的光学系统整体的横像差图的图。
- [0052] 图 12 是本发明的实施例 4 的沿光学系统的中心轴获取的剖面图。
- [0053] 图 13 是表示实施例 4 的侧视光路中的光学系统整体的横像差图的图。
- [0054] 图 14 是表示实施例 4 的直视光路中的光学系统整体的横像差图的图。
- [0055] 图 15 是本发明的实施例 5 的沿光学系统的中心轴获取的剖面图。
- [0056] 图 16 是表示实施例 5 的侧视光路中的光学系统整体的横像差图的图。
- [0057] 图 17 是表示实施例 5 的直视光路中的光学系统整体的横像差图的图。
- [0058] 图 18 是用于说明本发明的光学系统的其他实施方式的坐标系的图。
- [0059] 图 19 是本发明的实施例 6 的沿光学系统的中心轴获取的剖面图。
- [0060] 图 20 是表示实施例 6 的侧视光路中的光学系统整体的横像差图的图。
- [0061] 图 21 是表示实施例 6 的直视光路中的光学系统整体的横像差图的图。
- [0062] 图 22 是本发明的实施例 7 的沿光学系统的中心轴获取的剖面图。
- [0063] 图 23 是表示实施例 7 的侧视光路中的光学系统整体的横像差图的图。
- [0064] 图 24 是表示实施例 7 的直视光路中的光学系统整体的横像差图的图。
- [0065] 图 25 是本发明的实施例 8 的沿光学系统的中心轴获取的剖面图。
- [0066] 图 26 是表示实施例 8 的侧视光路中的光学系统整体的横像差图的图。
- [0067] 图 27 是表示实施例 8 的直视光路中的光学系统整体的横像差图的图。
- [0068] 图 28 是本发明的实施例 9 的沿光学系统的中心轴获取的剖面图。
- [0069] 图 29 是表示实施例 9 的侧视光路中的光学系统整体的横像差图的图。
- [0070] 图 30 是表示实施例 9 的直视光路中的光学系统整体的横像差图的图。
- [0071] 图 31 是本发明的实施例 10 的沿光学系统的中心轴获取的剖面图。
- [0072] 图 32 是表示实施例 10 的侧视光路中的光学系统整体的横像差图的图。
- [0073] 图 33 是表示实施例 10 的直视光路中的光学系统整体的横像差图的图。
- [0074] 图 34 是表示本发明的光学系统的图像和摄像元件的配置示例的图。
- [0075] 图 35 是表示把本发明的光学系统用作内窥镜前端的摄影光学系统的示例的图。
- [0076] 图 36 是表示把本发明的光学系统的实施例 1 用作胶囊内窥镜的摄影光学系统的示例的图。
- [0077] 图 37 是表示把本发明的光学系统的实施例 6 用作胶囊内窥镜的摄影光学系统的示例的图。
- [0078] 图 38 是表示把本发明的光学系统用作汽车的摄影光学系统的示例的图。
- [0079] 图 39 是表示把本发明的光学系统用作投影装置的投影光学系统的示例的图。
- [0080] 图 40 是表示把本发明的光学系统用作拍摄户外的被摄体的摄影光学系统的示例的图。

具体实施方式

- [0081] 以下,根据实施例说明本发明的光学元件及具有该光学元件的光学系统。
- [0082] 图 3 是后面叙述的实施例 1 的沿光学系统 1 的中心轴(旋转对称轴)2 获取的剖面图。另外,以下的说明是对作为成像光学系统时进行的说明,但也能够用作构成逆向光路

时的投影光学系统。

[0083] 本发明的光学系统 1 由相对中心轴 2 旋转对称的具有负光焦度的前组 Gf、开口 S 以及具有正光焦度的后组 Gb 构成,是在形成或投影像时不在光路中形成中间像的光学系统 1。

[0084] 实施例 1 的光学系统 1 由绕中心轴 2 旋转对称的前组 Gf 和绕中心轴 2 旋转对称的后组 Gb 构成,前组 Gf 由具有负光焦度的第 1 组 G1 和作为光路合成光学系统的第 2 组 G2 构成,光学系统 1 在开口 S 的后侧包括作为后组 Gb 的具有正光焦度的第 3 组 G3、和接合透镜即具有正光焦度的第 4 组 G4、第 5 组 G5。

[0085] 在该实施例中,前组的第 2 组 G2 具有侧视光路 A 和直视光路 B,后组 Gb 的第 3 组 G3 和第 4 组 G4 和第 5 组 G5 具有将在第 2 组 G2 中被合成的空中像成像的作用,并具有以下作用,即在一个摄像面 5 上通过直视光路 B 使中心轴 2 上的影像形成于像中心并且是圆形,在其外侧使不同的侧视光路 A 的影像形成成为圆环状。

[0086] 实施例 6 以后的配置在开口 S 附近的平行平板作为滤波器 F 等发挥作用。像面 5 附近的平行平板是摄像元件的玻璃罩 C 等。

[0087] 并且,通过把前组 Gf 设为负、把后组 Gb 设为正,形成所谓的反远距 (retro-focus) 类型,尤其在想要在相对中心轴 2 上的物点的直视光路 B 上获取较大的观察视场角时有效。

[0088] 本发明的光学元件由绕中心轴 2 旋转对称的折射率大于 1 的透明介质 L2 构成,透明介质 L2 具有:第 1 透射面 21;相比第 1 透射面 21 靠近中心轴 2 侧配置的第 1 反射面 22;相比第 1 反射面 22 靠近像面 5 的相反侧配置的第 2 反射面 23;相比第 2 反射面 23 靠近像面 5 侧配置的第 2 透射面 24;第 3 透射面 25;以及相比第 3 透射面 25 靠近像面 5 侧配置的第 4 透射面 26,入射到透明介质 L2 上的光束具有侧视光路 A 和直视光路 B,按照顺光线追迹的顺序,侧视光路 A 构成大致 Z 字状的光路,该光路经过第 1 透射面 21 进入透明介质 L2 内,在第 1 反射面 22 向像面 5 的相反侧反射,再在第 2 反射面 23 向像面 5 侧反射,经过第 2 透射面 24 从透明介质 L2 射向外部到达像面 5 侧,直视光路 B 构成下述光路,即经过第 3 透射面 25 进入透明介质 L2 内,经过第 4 透射面 26 从透明介质 L2 射向外部到达像面 5 侧。

[0089] 根据这种结构,能够使向侧视光路 A 的第 1 反射面 22 和第 2 反射面 23 的入射角度比较小,能够减少在反射面产生的偏心像差的产生。并且,能够确保拍摄中心轴 2 附近的直视光路 B 的中心轴 2 附近的像的连续性,并形成平滑的中心影像。

[0090] 并且,通过只在中心轴的一侧构成侧视光路 A,能够使光学元件内的光路不跨越中心轴 2,并使光学元件变薄。

[0091] 并且,由于在中心轴 2 附近配置第 2 透射面 24,在其周边部配置第 1 反射面 22 和第 2 反射面 23,在最周边部配置第 1 透射面 21,因此,侧视光路 A 能够构成为从与中心轴 2 大致正交的方向入射,并在第 1 反射面 22 和第 2 反射面 23 反射后通过第 2 透射面 24,能够把第 1 反射面 22 和第 2 反射面 23 构成为内面反射面。并且,通过构成为内面反射面,能够减少偏心像差的产生。

[0092] 并且,通过使第 1 反射面 22 和第 2 透射面 24、第 1 反射面 22 和第 4 透射面 26、第 2 反射面 23 和第 3 透射面 25 分别构成为相同位置相同形状,能够提高加工性,使得容易制作。由于直视光路 B 和侧视光路 A 的光束在开口侧的面上不容易分离,尤其通过使第 1 反射面 22 和第 2 透射面 24 形成为相同位置相同形状,能够减小两个影像之间没有摄入任何

内容的区域。

[0093] 并且,通过使第 1 反射面 22 和第 2 反射面 23 具有全反射作用,不再需要设置反射膜,使得容易进行试制,同时反射率也达到 100%,能够拍摄明亮的影像。

[0094] 并且,通过使第 1 透射面 21 形成为圆柱或圆锥状的面,能够构成光学元件单体,从制作方面讲是优选方式。

[0095] 并且,使第 1 反射面 22 和第 2 反射面 23 中至少 1 面,构成为使不具有对称面的任意形状的线段绕中心轴 2 旋转形成的扩展旋转自由曲面,由此能够校正视场角周边部分的畸变。

[0096] 并且,通过使透明介质 L2 具有的面中至少 1 面,构成为使包括奇数次项的任意形状的线段绕中心轴 2 旋转形成的扩展旋转自由曲面,由此能够形成相对视场角中心上下不对称的形状,从校正像差方面讲是优选方式。

[0097] 另外,由于具有前组 Gf、相比前组 Gf 靠近像面 5 侧配置的后组 Gb、以及配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间的开口 S,光学元件被配置在前组 Gf 上,直视光路 B 拍摄或投影中心轴 2 附近的物点,侧视光路 A 拍摄或投影中心轴 2 周边的物点,因此,能够实现中心轴 2 附近的视场角中的像的连续性,获得鲜明的影像,能够形成直视光路 B 和侧视光路 A 不交叉的结构,能够减小向反射面的入射角度。另外,如果将光学元件配置在开口 S 周边,则导致直视光路 B 和侧视光路 A 的影像重合。另外,如果相比开口 S 靠近像面 5 侧配置,则导致用于成像的光学元件减少,不能成像鲜明的像。通过相比开口 S 靠近物体侧配置,能够将直视光路 B 和侧视光路 A 形成的像的区域分离,同时能够在两个光路中共用的光学元件增加,能够形成清楚的影像。

[0098] 并且,使侧视光路 A 和直视光路 B 共同使用光学元件的一部分,使直视光路 B 的圆形状的影像和其外周的侧视光路 A 的圆环状的影像形成在同一平面内,由此能够构成小型的光学系统,同时能够利用一个摄像元件将两个影像同时对焦,从而进行鲜明的摄像。

[0099] 并且,由于第 1 反射面 22 或第 2 反射面 23 被配置成为使其凹面朝向开口 S 侧,因此,优选使来自与中心轴 2 大致正交的方向的光束沿中心轴 2 方向反射,由此将侧视光路 A 和直视光路 B 合成。并且,能够将较强的负光焦度配置在物体侧,形成所谓的远距 (telephoto) 的光焦度配置,能够获取较大的视场角。

[0100] 另外,由于第 1 反射面 22 和第 2 反射面 23 被配置成为使其凹面朝向开口 S 侧,因此,反射面的光焦度配置为负正,形成远距类型的光焦度配置,能够获取较大的视场角。并且,侧视光路 A 的彗形像差的产生减少,因此是优选方式。

[0101] 并且,由于侧视光路 A 的影像不在光路中形成中间像,因此,能够缩短光学系统的总长度,大大有助于光学系统的小型化。

[0102] 另外,优选在把光学元件的外形设为 D 时满足下述条件:

[0103] $D < 10\text{mm}$... (1)。

[0104] 尤其在被用作内窥镜的摄像系统时,满足上述条件式将减小对被检者的负担,从这个意义上讲是优选方式。

[0105] 另外,优选在把反射光路的像的外形设为 D_r 时满足下述条件:

[0106] $D/D_r < 2$... (2)。

[0107] 如果超过上限,则摄像区域相对于光学系统 1 的整体外形过小,由于摄像元件的

噪声等导致不能拍摄良好的影像。

[0108] 下面,说明本发明的光学系统的实施例 1 ~ 5,关于这些光学系统的结构参数将在后面叙述。

[0109] 关于坐标系,在顺光线追迹中,例如图 1 所示,把从侧视物体面 3 朝向第 1 面的中心主光线的延长线与中心轴 2 交叉的点作为偏心光学面的原点 0,把侧视物体面 3 相对于中心轴 2 的相反侧与中心轴 2 正交的方向作为 Y 轴正方向,把图 1 的纸面内作为 Y-Z 平面。并且,把图 1 的像面 5 侧的方向作为 Z 轴正方向,把与 Y 轴、Z 轴构成右手正交坐标系的轴作为 X 轴正方向。另外,4 表示直视物体面。

[0110] 关于偏心面,给出用于定义该面的坐标系中距上述光学系统 1 的原点 0 的偏心量(分别把 X 轴方向、Y 轴方向、Z 轴方向设为 X、Y、Z),以及用于定义把对光学系统 1 的原点 0 定义的坐标系的 X 轴、Y 轴、Z 轴分别作为中心的各个面的坐标系的倾斜角(分别设为 α 、 β 、 γ ($^{\circ}$))。该情况时, α 和 β 的正表示相对各个轴的正方向为逆时针, γ 的正表示相对 Z 轴的正方向为顺时针。另外,面的中心轴的 α 、 β 、 γ 的旋转方式为,使定义各个面的坐标系首先绕对光学系统的原点定义的坐标系的 X 轴逆时针地旋转 α ,然后绕该旋转后的新的坐标系的 Y 轴逆时针地旋转 β ,然后绕该旋转后的另外新的坐标系的 Z 轴顺时针地旋转 γ 。

[0111] 并且,在构成各个实施例的光学系统的光学作用面中,在特定的面与其后续的面构成共轴光学系统的情况下,将被赋予面间隔,其他关于面的曲率半径、介质的折射率、阿贝数,将按照惯用方法赋予。

[0112] 并且,在后面叙述的结构参数中,没有记述数据的非球面的项为 0。关于折射率、阿贝数,记述了相对于 d 线(波长 587.56nm)的折射率、阿贝数。长度的单位是 mm。各个面的偏心如上所述利用距基准面的偏心量表示。

[0113] 另外,非球面指按照以下定义式给出的旋转对称非球面。

$$[0114] \quad Z = (Y^2/R) / [1 + \{1 - (1+k)Y^2/R^2\}^{1/2}]$$

$$[0115] \quad + aY^4 + bY^6 + cY^8 + dY^{10} + \dots$$

$$[0116] \quad \dots (a)$$

[0117] 其中,把 Z 设为轴,把 Y 设为与轴垂直的方向。其中,R 表示近轴曲率半径,k 表示圆锥常数,a、b、c、d... 分别表示 4 次、6 次、8 次、10 次的非球面系数。该定义式的 Z 轴是旋转对称非球面的轴。

[0118] 并且,扩展旋转自由曲面指按照以下定义给出的旋转对称面。

[0119] 首先,如图 2 所示,定义在 Y-Z 坐标面上通过原点的下述曲线 (b)。

$$[0120] \quad Z = (Y^2/R_Y) / [1 + \{1 - (C_1+1)Y^2/R_Y^2\}^{1/2}]$$

$$[0121] \quad + C_2Y + C_3Y^2 + C_4Y^3 + C_5Y^4 + C_6Y^6 +$$

$$[0122] \quad C_7Y^6$$

$$[0123] \quad + \dots + C_{21}Y^{20} + \dots + C_{n+1}Y^n +$$

$$[0124] \quad \dots$$

$$[0125] \quad \dots$$

$$[0126] \quad (b)$$

[0127] 然后,定义在把左旋设为正时使该曲线 (b) 朝向 X 轴正方向旋转角度 θ ($^{\circ}$) 后的

曲线 $F(Y)$ 。该曲线 $F(Y)$ 在 $Y-Z$ 坐标面上也通过原点。

[0128] 使该曲线 $F(Y)$ 沿 Y 正方向平行移动距离 R (负时为 Y 负方向), 然后使该平行移动后的曲线绕 Z 轴旋转, 把由此得到的旋转对称面作为扩展旋转自由曲面。

[0129] 结果, 扩展旋转自由曲面在 $Y-Z$ 面内成为自由曲面 (自由曲线), 在 $X-Y$ 面内成为半径 $|R|$ 的圆。

[0130] 根据该定义, Z 轴成为扩展旋转自由曲面的轴 (旋转对称轴)。

[0131] 其中, R_Y 表示 $Y-Z$ 断面的球面项的曲率半径, C_1 表示圆锥常数, $C_2, C_3, C_4, C_5, \dots$ 分别表示 1 次、2 次、3 次、4 次... 的非球面系数。

[0132] 另外, 中心轴具有与 Y 轴平行的轴的圆锥面被设为扩展旋转自由曲面之一, 并设为 $R_Y = \infty, C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, \dots = 0, \theta =$ (圆锥面的倾斜角), $R =$ ($X-Z$ 面内的底面的半径)。

[0133] 并且, 在后面叙述的结构参数中, 没有记述数据的非球面的项为 0。关于折射率、阿贝数, 记述了相对于 d 线 (波长 587.56nm) 的折射率、阿贝数。长度的单位是 mm。各个面的偏心如上所述利用距基准面的偏心量表示。

[0134] 图 3 表示实施例 1 的沿光学系统 1 的中心轴 2 获取的剖面图。并且, 图 4 表示该实施例的光学系统整体的侧视光路的横像差图, 图 5 表示直视光路的横像差图。在该横像差图中, 在中央部位示出的角度表示 (水平方向视场角、垂直方向视场角), 表示该视场角中的 Y 方向 (原始方向) 与 X 方向 (弧矢方向) 的横像差。另外, 负的视场角对于水平方向视场角表示朝向 Y 轴正方向右旋的角度, 对于垂直方向视场角表示朝向 X 轴正方向右旋的角度。以后也相同。

[0135] 本实施例是下述示例, 使沿光学系统 1 的中心轴 2 同心地旋转对称的折射率大于 1 的透明介质的透射面和反射面, 全部构成为不同的面, 并且不在侧视光路内共同使用。

[0136] 光学系统 1 由绕中心轴 2 旋转对称的前组 G_f 、绕中心轴 2 旋转对称的后组 G_b 、以及配置在前组 G_f 和后组 G_b 之间并与中心轴 2 同轴的开口 S 构成, 前组 G_f 由第 1 组 G_1 和第 2 组 G_2 构成, 后组 G_b 由第 3 组 G_3 和第 4 组 G_4 和第 5 组 G_5 构成。

[0137] 第 1 组 G_1 由凹面朝向像面 5 侧的平凹负透镜 L_1 构成。平凹负透镜 L_1 具有曲率半径无限大的直视第 1 透射面 11、和相比直视第 1 透射面 11 靠近像面 5 侧配置的直视第 2 透射面 12。

[0138] 第 2 组 G_2 由绕中心轴 2 旋转对称的折射率大于 1 的透明介质 L_2 构成, 是将侧视光路 A 和直视光路 B 合成的光路合成光学系统。透明介质 L_2 具有: 圆柱状的侧视第 1 透射面 21, 其与侧视物体面相对地配置在外侧, 并与中心轴 2 平行; 侧视第 1 反射面 22, 其形成于透明介质 L_2 的内部, 并且相比侧视第 1 透射面 21 靠近中心轴 2 侧形成, 由复曲面构成并具有负光焦度; 侧视第 2 反射面 23, 其形成于透明介质 L_2 的内部, 并且相比侧视第 1 反射面 22 靠近像面 5 的相反侧配置, 由复曲面构成并具有正光焦度; 以及侧视第 2 透射面 24, 其相比侧视第 2 反射面 23 靠近像面 5 侧配置, 由球面构成并具有负光焦度。并且, 透明介质 L_2 具有: 直视第 3 透射面 25, 其由球面构成并具有正光焦度; 以及直视第 4 透射面 26, 其相比直视第 3 透射面 25 靠近像面 5 侧配置, 由球面构成并具有负光焦度。另外, 侧视第 2 透射面 24 和直视第 4 透射面 26 是同一面。

[0139] 第 3 组 G_3 由凸面朝向像面 5 侧的正弯月透镜 L_3 构成, 并具有共用第 1 透射面 31、

以及相比共用第 1 透射面 31 靠近像面 5 侧配置的共用第 2 透射面 32。

[0140] 第 4 组 G4 由凹面朝向像面侧的负弯月透镜 L4 与双凸正透镜 L5 的接合透镜构成,并具有共用第 3 透射面 41、相比共用第 3 透射面 41 靠近像面 5 侧配置的接合面 45、以及相比接合面 45 靠近像面 5 侧配置的共用第 4 透射面 51。

[0141] 第 5 组 G5 由双凸正透镜 L6 与双凹负透镜 L7 的接合透镜构成,并具有共用第 5 透射面 61、相比共用第 5 透射面 61 靠近像面 5 侧配置的接合面 67、以及相比接合面 67 靠近像面 5 侧配置的共用第 6 透射面 71。

[0142] 光学系统 1 形成侧视光路 A 和直视光路 B。在侧视光路 A 中,从光学系统 1 侧方的侧视物体面入射的光束依次经过前组 Gf 中的第 2 组 G2 和后组 Gb,在与中心轴 2 垂直的像面 5 上偏离中心轴 2 的外侧形成圆环状的影像。并且,在直视光路 B 中,从光学系统 1 的中心轴 2 附近的直视物体面入射的光束依次经过前组 Gf 和后组 Gb,在与中心轴 2 垂直的像面 5 上的中心轴 2 附近形成圆形的影像。

[0143] 侧视光路 A 具有大致 Z 字状的光路,该光路用于使从光学系统 1 的侧方入射的光束经过侧视第 1 透射面 21 进入前组 Gf 的第 2 组 G2 的透明介质 L2 内,在中心轴 2 侧的侧视第 1 反射面 22 向像面 5 的相反侧反射,再在侧视第 2 反射面 23 向像面 5 侧反射,经过侧视第 2 透射面 24 从透明介质 L2 射向外部。

[0144] 然后,上述光束经过构成光圈的开口 S,该开口 S 被配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间并与中心轴 2 同轴,再隔着中心轴 2 在相反侧经过共用第 1 透射面 31 进入后组 Gb 的第 3 组 G3 的正弯月透镜 L3 内,从共用第 2 透射面 32 射向外部,经过共用第 3 透射面 41 进入第 4 组 G4 的负弯月透镜 L4 与双凸正透镜 L5 的接合透镜内,经过接合面 45 从共用第 4 透射面 51 射向外部,经过共用第 5 透射面 61 进入第 5 组 G5 的双凸正透镜 L6 与双凹负透镜 L7 的接合透镜内,经过接合面 67 从共用第 6 透射面 71 射向外部,并在像面 5 上偏离中心轴 2 的半径方向的预定位置成像。

[0145] 另外,直视光路 B 用于使入射到光学系统 1 的光束经过直视第 1 透射面 11 进入前组 Gf 的第 1 组 G1 的透明介质 L1 内,经过相比直视第 1 透射面 11 靠近像面 5 侧配置的直视第 2 透射面 12,从透明介质 L1 射向外部,经过直视第 3 透射面 25 进入第 2 组 G2 的透明介质 L2 内,经过相比直视第 1 透射面 11 靠近像面 5 侧配置的直视第 4 透射面 26,从透明介质 L2 射向外部。

[0146] 然后,上述光束经过构成光圈的开口 S,该开口 S 被配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间并与中心轴 2 同轴,再经过共用第 1 透射面 31 进入后组 Gb 的第 3 组 G3 的正弯月透镜 L3 内,从共用第 2 透射面 32 射向外部,经过共用第 3 透射面 41 进入第 4 组 G4 的负弯月透镜 L4 与双凸正透镜 L5 的接合透镜内,经过接合面 45 从共用第 4 透射面 51 射向外部,经过共用第 5 透射面 61 进入第 5 组 G5 的双凸正透镜 L6 与双凹负透镜 L7 的接合透镜内,经过接合面 67 从共用第 6 透射面 71 射向外部,并在像面 5 的中心轴 2 上成像。

[0147] 该实施例 1 的规格如下所述:

[0148] 视场角(侧视) $60^{\circ} \sim 120^{\circ}$

[0149] 视场角(直视) $0^{\circ} \sim 60^{\circ}$

[0150] 入射瞳径(侧视) $\phi 0.10\text{mm}$

[0151] (直视) $\phi 0.42\text{mm}$

[0152] 像的大小（侧视） $\phi 3.80 \sim \phi 4.96$

[0153] （直视） $\phi 2.88$

[0154] 图 6 表示实施例 2 的沿光学系统 1 的中心轴 2 获取的剖面图。并且，图 7 表示该实施例的光学系统整体的侧视光路的横像差图，图 8 表示直视光路的横像差图。在该横像差图中，在中央部位示出的角度表示（水平方向视场角、垂直方向视场角），表示该视场角中的 Y 方向（原始方向）与 X 方向（弧矢方向）的横像差。另外，负的视场角对于水平方向视场角表示朝向 Y 轴正方向右旋的角度，对于垂直方向视场角表示朝向 X 轴正方向右旋的角度。以后也相同。

[0155] 本实施例是下述示例，使沿光学系统 1 的中心轴 2 同心地旋转对称的折射率大于 1 的透明介质的透射面和反射面中的侧视光路 A 的侧视第 1 反射面 22 和侧视第 2 透射面 24、以及侧视光路 A 的侧视第 2 反射面 23 和直视光路 B 的直视第 3 透射面 25 构成为相同位置相同形状。

[0156] 光学系统 1 由绕中心轴 2 旋转对称的前组 Gf、绕中心轴 2 旋转对称的后组 Gb、以及配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间并与中心轴 2 同轴的开口 S 构成，前组 Gf 由第 1 组 G1 和第 2 组 G2 构成，后组 Gb 由第 3 组 G3 和第 4 组 G4 构成。

[0157] 第 1 组 G1 由凹面朝向像面 5 侧的平凹负透镜 L1 构成。平凹负透镜 L1 具有曲率半径无限大的直视第 1 透射面 11、以及相比直视第 1 透射面 11 靠近像面 5 侧配置的直视第 2 透射面 12。

[0158] 第 2 组 G2 由绕中心轴 2 旋转对称的折射率大于 1 的透明介质 L2 构成，是将侧视光路 A 和直视光路 B 合成的光路合成光学系统。透明介质 L2 具有：圆柱状的侧视第 1 透射面 21，其与侧视物体面相对地配置在外侧，并与中心轴 2 平行；侧视第 1 反射面 22，其形成于透明介质 L2 的内部，并且相比侧视第 1 透射面 21 靠近中心轴 2 侧形成，由非球面构成并具有负光焦度；侧视第 2 反射面 23，其形成于透明介质 L2 的内部，并且相比侧视第 1 反射面 22 靠近像面 5 的相反侧配置，由球面构成并具有正光焦度；以及侧视第 2 透射面 24，其相比侧视第 2 反射面 23 靠近像面 5 侧配置，由非球面构成并具有负光焦度。并且，透明介质 L2 具有：直视第 3 透射面 25，其由球面构成并具有负光焦度；以及直视第 4 透射面 26，其相比直视第 3 透射面 25 靠近像面 5 侧配置，由球面构成并具有负光焦度。另外，侧视第 1 反射面 22 和侧视第 2 透射面 24 是同一面，侧视第 2 反射面 23 和直视第 3 透射面 25 是同一面。

[0159] 第 3 组 G3 由凸面朝向像面 5 侧的正弯月透镜 L3 构成，并具有共用第 1 透射面 31、以及相比共用第 1 透射面 31 靠近像面 5 侧配置的共用第 2 透射面 32。

[0160] 第 4 组 G4 由凹面朝向像面侧的负弯月透镜 L4 与双凸正透镜 L5 的接合透镜构成，并具有共用第 3 透射面 41、相比共用第 3 透射面 41 靠近像面 5 侧配置的接合面 45、以及相比接合面 45 靠近像面 5 侧配置的共用第 4 透射面 51。

[0161] 光学系统 1 形成侧视光路 A 和直视光路 B。在侧视光路 A 中，从光学系统 1 侧方的侧视物体面入射的光束依次经过前组 Gf 中的第 2 组 G2 和后组 Gb，在与中心轴 2 垂直的像面 5 上偏离中心轴 2 的外侧形成圆环状的影像。并且，在直视光路 B 中，从光学系统 1 的中心轴 2 附近的直视物体面入射的光束依次经过前组 Gf 和后组 Gb，在与中心轴 2 垂直的像面 5 上的中心轴 2 附近形成圆形的影像。

[0162] 侧视光路 A 具有大致 Z 字状的光路，该光路用于使从光学系统 1 的侧方入射的光

束经过侧视第 1 透射面 21 进入前组 Gf 的第 2 组 G2 的透明介质 L2 内,在中心轴 2 侧的侧视第 1 反射面 22 向像面 5 的相反侧反射,再在侧视第 2 反射面 23 向像面 5 侧反射,经过侧视第 2 透射面 24 从透明介质 L2 射向外部。

[0163] 然后,上述光束经过构成光圈的开口 S,该开口 S 被配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间并与中心轴 2 同轴,再隔着中心轴 2 在相反侧经过共用第 1 透射面 31 进入后组 Gb 的第 3 组 G3 的正弯月透镜 L3 内,从共用第 2 透射面 32 射向外部,经过共用第 3 透射面 41 进入第 4 组 G4 的负弯月透镜 L4 内,经过接合面 45 从双凸正透镜 L5 的共用第 4 透射面 51 射向外部,并在像面 5 上偏离中心轴 2 的半径方向的预定位置成像。

[0164] 另外,直视光路 B 用于使入射到光学系统 1 的光束经过直视第 1 透射面 11 进入前组 Gf 的第 1 组 G1 的透明介质 L1 内,经过相比直视第 1 透射面 11 靠近像面 5 侧配置的直视第 2 透射面 12,从透明介质 L1 射向外部,经过直视第 3 透射面 25 进入第 2 组 G2 的透明介质 L2 内,经过相比直视第 1 透射面 11 靠近像面 5 侧配置的直视第 4 透射面 26,从透明介质 L2 射向外部。

[0165] 然后,上述光束经过构成光圈的开口 S,该开口 S 被配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间并与中心轴 2 同轴,再经过共用第 1 透射面 31 进入后组 Gb 的第 3 组 G3 的正弯月透镜 L3 内,从共用第 2 透射面 32 射向外部,经过共用第 3 透射面 41 进入第 4 组 G4 的负弯月透镜 L4 内,经过接合面 45 从双凸正透镜 L5 的共用第 4 透射面 51 射向外部,并在像面 5 的中心轴 2 上成像。

[0166] 该实施例 2 的规格如下所述:

[0167] 视场角(侧视) $60^{\circ} \sim 120^{\circ}$

[0168] 视场角(直视) $0^{\circ} \sim 60^{\circ}$

[0169] 入射瞳径(侧视) $\phi 0.13\text{mm}$

[0170] (直视) $\phi 0.68\text{mm}$

[0171] 像的大小(侧视) $\phi 3.87 \sim \phi 4.90$

[0172] (直视) $\phi 2.83$

[0173] 图 9 表示实施例 3 的沿光学系统 1 的中心轴 2 获取的剖面图。并且,图 10 表示该实施例的光学系统整体的侧视光路的横像差图,图 11 表示直视光路的横像差图。在该横像差图中,在中央部位示出的角度表示(水平方向视场角、垂直方向视场角),表示该视场角中的 Y 方向(原始方向)与 X 方向(弧矢方向)的横像差。另外,负的视场角对于水平方向视场角表示朝向 Y 轴正方向右旋的角度,对于垂直方向视场角表示朝向 X 轴正方向右旋的角度。以后也相同。

[0174] 本实施例是下述示例,使沿光学系统 1 的中心轴 2 同心地旋转对称的折射率大于 1 的透明介质的透射面和反射面中的侧视光路 A 的侧视第 1 反射面 22 和侧视第 2 透射面 24 和直视光路 B 的直视第 4 透射面 26、以及侧视光路 A 的侧视第 2 反射面 23 和直视光路 B 的直视第 3 透射面 25 构成为相同位置相同形状。

[0175] 光学系统 1 由绕中心轴 2 旋转对称的前组 Gf、绕中心轴 2 旋转对称的后组 Gb、以及配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间并与中心轴 2 同轴的开口 S 构成,前组 Gf 由第 1 组 G1 和第 2 组 G2 构成,后组 Gb 由第 3 组 G3 和第 4 组 G4 构成。

[0176] 第 1 组 G1 由凹面朝向像面侧的负弯月透镜 L1 构成。负弯月透镜 L1 具有直视第

1 透射面 11、以及相比直视第 1 透射面 11 靠近像面 5 侧配置的直视第 2 透射面 12。

[0177] 第 2 组 G2 由绕中心轴 2 旋转对称的折射率大于 1 的透明介质 L2、和双凹负透镜 L3 构成,是将侧视光路 A 和直视光路 B 合成的光路合成光学系统。

[0178] 透明介质 L2 具有:圆柱状的侧视第 1 透射面 21,其与侧视物体面相对地配置在外侧,并与中心轴 2 平行;侧视第 1 反射面 22,其形成于透明介质 L2 的内部,并且相比侧视第 1 透射面 21 靠近中心轴 2 侧形成,由非球面构成并具有负光焦度;侧视第 2 反射面 23,其形成于透明介质 L2 的内部,并且相比侧视第 1 反射面 22 靠近像面 5 的相反侧配置,由球面构成并具有正光焦度;以及侧视第 2 透射面 24,其相比侧视第 2 反射面 23 靠近像面 5 侧配置,由非球面构成并具有负光焦度。并且,透明介质 L2 具有:直视第 3 透射面 25,其由球面构成并具有负光焦度;以及直视第 4 透射面 26,其相比直视第 3 透射面 25 靠近像面 5 侧配置,由球面构成并具有负光焦度。另外,侧视第 1 反射面 22 和侧视第 2 透射面 24 是同一面。

[0179] 双凹负透镜 L3 包括由球面构成的具有负光焦度的侧视第 3 透射面 31 和具有负光焦度的侧视第 4 透射面 32 和具有负光焦度的直视第 5 透射面 33 和具有负光焦度的直视第 6 透射面 34。另外,侧视第 3 透射面 31 和直视第 5 透射面 33 是同一面,侧视第 4 透射面 32 和直视第 6 透射面 34 是同一面。

[0180] 第 3 组 G3 由凸面朝向像面 5 侧的负弯月透镜 L4 与凸面朝向像面 5 侧的正弯月透镜 L5 的接合透镜构成,并具有共用第 1 透射面 41、相比共用第 1 透射面 41 靠近像面 5 侧配置的接合面 45、以及相比接合面 45 靠近像面 5 侧配置的共用第 2 透射面 51。

[0181] 第 4 组 G4 由凹面朝向像面侧的负弯月透镜 L6 与双凸正透镜 L7 的接合透镜构成,并具有共用第 3 透射面 61、相比共用第 3 透射面 61 靠近像面 5 侧配置的接合面 67、以及相比接合面 67 靠近像面 5 侧配置的共用第 4 透射面 71。

[0182] 光学系统 1 形成侧视光路 A 和直视光路 B。在侧视光路 A 中,从光学系统 1 侧方的侧视物体面入射的光束依次经过前组 Gf 中的第 2 组 G2 和后组 Gb,在与中心轴 2 垂直的像面 5 上偏离中心轴 2 的外侧形成圆环状的影像。并且,在直视光路 B 中,从光学系统 1 的中心轴 2 附近的直视物体面入射的光束依次经过前组 Gf 和后组 Gb,在与中心轴 2 垂直的像面 5 上的中心轴 2 附近形成圆形的影像。

[0183] 侧视光路 A 具有大致 Z 字状的光路,该光路用于使从光学系统 1 的侧方入射的光束经过侧视第 1 透射面 21 进入前组 Gf 的第 2 组 G2 的透明介质 L2 内,在中心轴 2 侧的侧视第 1 反射面 22 向像面 5 的相反侧反射,再在侧视第 2 反射面 23 向像面 5 侧反射,经过侧视第 2 透射面 24 从透明介质 L2 射向外部。并且,上述光束从侧视第 3 透射面 31 进入透明介质 L3 内,经过侧视第 4 透射面 32 从透明介质 L3 射向外部。

[0184] 然后,上述光束经过构成光圈的开口 S,该开口 S 被配置在前组 Gf 和组 Gb 之间并与中心轴 2 同轴,再隔着中心轴 2 在相反侧经过共用第 1 透射面 41 进入后组 Gb 的第 3 组 G3 的负弯月透镜 L4 与正弯月透镜 L5 的接合透镜内,经过接合面 45 从共用第 2 透射面 51 射向外部,经过共用第 3 透射面 61 进入第 4 组 G4 的负弯月透镜 L6 与双凸正透镜 L7 的接合透镜内,经过接合面 67 从共用第 4 透射面 71 射向外部,并在像面 5 上偏离中心轴 2 的半径方向的预定位置成像。

[0185] 另外,直视光路 B 用于使入射到光学系统 1 的光束经过直视第 1 透射面 11 进入前组 Gf 的第 1 组 G1 的透明介质 L1 内,经过相比直视第 1 透射面 11 靠近像面 5 侧配置的直

视第 2 透射面 12,从透明介质 L1 射向外部,经过直视第 3 透射面 25 进入第 2 组 G2 的透明介质 L2 内,经过相比直视第 3 透射面 25 靠近像面 5 侧配置的直视第 4 透射面 26,从透明介质 L2 射向外部,经过直视第 5 透射面 33 进入透明介质 L3 内,经过相比直视第 5 透射面 33 靠近像面 5 侧配置的直视第 6 透射面 34,从透明介质 L3 射向外部。

[0186] 然后,上述光束经过构成光圈的开口 S,该开口 S 被配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间并与中心轴 2 同轴,再经过共用第 1 透射面 41 进入后组 Gb 的第 3 组 G3 的负弯月透镜 L4 与正弯月透镜 L5 的接合透镜内,经过接合面 45 从共用第 2 透射面 51 射向外部,经过共用第 3 透射面 61 进入第 4 组 G4 的负弯月透镜 L6 与双凸正透镜 L7 的接合透镜内,经过接合面 67 从共用第 4 透射面 71 射向外部,并在像面 5 的中心轴 2 上成像。

[0187] 该实施例 3 的规格如下所述:

[0188] 视场角(侧视) $60^{\circ} \sim 120^{\circ}$

[0189] 视场角(直视) $0^{\circ} \sim 60^{\circ}$

[0190] 入射瞳径(侧视) $\phi 0.09\text{mm}$

[0191] (直视) $\phi 0.49\text{mm}$

[0192] 像的大小(侧视) $\phi 3.78 \sim \phi 4.94$

[0193] (直视) $\phi 2.96$

[0194] 图 12 表示实施例 4 的沿光学系统 1 的中心轴 2 获取的剖面图。并且,图 13 表示该实施例的光学系统整体的侧视光路的横像差图,图 14 表示直视光路的横像差图。在该横像差图中,在中央部位示出的角度表示(水平方向视场角、垂直方向视场角),表示该视场角中的 Y 方向(原始方向)与 X 方向(弧矢方向)的横像差。另外,负的视场角对于水平方向视场角表示朝向 Y 轴正方向右旋的角度,对于垂直方向视场角表示朝向 X 轴正方向右旋的角度。以后也相同。

[0195] 本实施例是下述示例,使沿光学系统 1 的中心轴 2 同心地旋转对称的折射率大于 1 的透明介质的透射面和反射面中的侧视光路 A 的侧视第 1 反射面 32 和侧视第 2 透射面 34 和直视光路 B 的直视第 4 透射面 36、以及侧视光路 A 的侧视第 2 反射面 33 和直视光路 B 的直视第 3 透射面 35 构成为相同位置相同形状。

[0196] 光学系统 1 由绕中心轴 2 旋转对称的前组 Gf、绕中心轴 2 旋转对称的后组 Gb、以及配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间并与中心轴 2 同轴的开口 S 构成,前组 Gf 由第 1 组 G1 和第 2 组 G2 构成,后组 Gb 由第 3 组 G3 和第 4 组 G4 构成。

[0197] 第 1 组 G1 由凹面朝向像面侧的负弯月透镜 L1 和凸面朝向像面 5 侧的负弯月透镜 L2 构成。负弯月透镜 L1 具有直视第 1 透射面 11、和相比直视第 1 透射面 11 靠近像面 5 侧配置的直视第 2 透射面 12。负弯月透镜 L2 具有直视第 3 透射面 21、和相比直视第 3 透射面 21 靠近像面 5 侧配置的直视第 4 透射面 22。

[0198] 第 2 组 G2 由绕中心轴 2 旋转对称的折射率大于 1 的透明介质 L3、和双凹负透镜 L4 构成,是将侧视光路 A 和直视光路 B 合成的光路合成光学系统。

[0199] 透明介质 L3 具有:圆柱状的侧视第 1 透射面 31,其与侧视物体面相对地配置在外侧,并与中心轴 2 平行;侧视第 1 反射面 32,其形成于透明介质 L3 的内部,并且相比侧视第 1 透射面 31 靠近中心轴 2 侧形成,由非球面构成并具有负光焦度;侧视第 2 反射面 33,其形成于透明介质 L3 的内部,并且相比侧视第 1 反射面 32 靠近像面 5 的相反侧配置,由球面

构成并具有正光焦度；以及侧视第 2 透射面 34，其相比侧视第 2 反射面 33 靠近像面 5 侧配置，由非球面构成并具有负光焦度。并且，透明介质 L3 具有：直视第 5 透射面 35，其由球面构成并具有正光焦度；以及直视第 6 透射面 36，其相比直视第 5 透射面 35 靠近像面 5 侧配置，由球面构成并具有负光焦度。另外，侧视第 1 反射面 32 和侧视第 2 透射面 34 和直视第 6 透射面 36 是同一面，侧视第 2 反射面 33 和直视第 5 透射面 35 是同一面。

[0200] 双凹负透镜 L4 包括由球面构成的具有负光焦度的侧视第 3 透射面 41 和具有负光焦度的侧视第 4 透射面 42 和具有负光焦度的直视第 5 透射面 43 和具有负光焦度的直视第 6 透射面 44。另外，侧视第 3 透射面 41 和直视第 5 透射面 43 是同一面，侧视第 4 透射面 42 和直视第 6 透射面 44 是同一面。

[0201] 第 3 组 G3 由双凹负透镜 L5 与双凸正透镜 L6 的接合透镜构成，并具有共用第 1 透射面 51、相比共用第 1 透射面 51 靠近像面 5 侧配置的接合面 56、以及相比接合面 56 靠近像面 5 侧配置的共用第 2 透射面 61。

[0202] 第 4 组 G4 由凹面朝向像面侧的负弯月透镜 L7 与双凸正透镜 L8 的接合透镜构成，并具有共用第 3 透射面 71、相比共用第 3 透射面 71 靠近像面 5 侧配置的接合面 78、以及相比接合面 78 靠近像面 5 侧配置的共用第 4 透射面 81。

[0203] 光学系统 1 形成侧视光路 A 和直视光路 B。在侧视光路 A 中，从光学系统 1 侧方的侧视物体面入射的光束依次经过前组 Gf 中的第 2 组 G2 和后组 Gb，在与中心轴 2 垂直的像面 5 上偏离中心轴 2 的外侧形成圆环状的影像。并且，在直视光路 B 中，从光学系统 1 的中心轴 2 附近的直视物体面入射的光束依次经过前组 Gf 和后组 Gb，在与中心轴 2 垂直的像面 5 上的中心轴 2 附近形成圆形的影像。

[0204] 侧视光路 A 具有大致 Z 字状的光路，该光路用于使从光学系统 1 的侧方入射的光束经过侧视第 1 透射面 31 进入前组 Gf 的第 2 组 G2 的透明介质 L3 内，在中心轴 2 侧的侧视第 1 反射面 32 向像面 5 的相反侧反射，再在侧视第 2 反射面 33 向像面 5 侧反射，经过侧视第 2 透射面 34 从透明介质 L3 射向外部。并且，上述光束从侧视第 3 透射面 41 进入透明介质 L4 内，经过侧视第 4 透射面 42 从透明介质 L4 射向外部。

[0205] 然后，上述光束经过构成光圈的开口 S，该开口 S 被配置在前组 Gf 和和组 Gb 之间并与中心轴 2 同轴，再隔着中心轴 2 在相反侧经过共用第 1 透射面 51 进入后组 Gb 的第 3 组 G3 的双凹负透镜 L5 与双凸正透镜 L6 的接合透镜内，经过接合面 56 从共用第 2 透射面 61 射向外部，经过共用第 3 透射面 71 进入第 4 组 G4 的负弯月透镜 L7 与双凸正透镜 L8 的接合透镜内，经过接合面 78 从共用第 4 透射面 81 射向外部，并在像面 5 上偏离中心轴 2 的半径方向的预定位置成像。

[0206] 另外，直视光路 B 用于使入射到光学系统 1 的光束经过直视第 1 透射面 11 进入前组 Gf 的第 1 组 G1 的透明介质 L1 内，经过相比直视第 1 透射面 11 靠近像面 5 侧配置的直视第 2 透射面 12，从透明介质 L1 射向外部，经过直视第 3 透射面 21 进入第 2 组 G2 的透明介质 L2 内，经过相比直视第 1 透射面 11 靠近像面 5 侧配置的直视第 4 透射面 22，从透明介质 L2 射向外部，经过直视第 5 透射面 35 进入透明介质 L3 内，经过相比直视第 5 透射面 35 靠近像面 5 侧配置的直视第 6 透射面 36，从透明介质 L3 射向外部，经过直视第 7 透射面 43 进入透明介质 L4 内，经过相比直视第 7 透射面 43 靠近像面 5 侧配置的直视第 8 透射面 44，从透明介质 L4 射向外部。

[0207] 然后,上述光束经过构成光圈的开口 S,该开口 S 被配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间并与中心轴 2 同轴,再经过共用第 1 透射面 51 进入后组 Gb 的第 3 组 G3 的双凹负透镜 L5 与双凸正透镜 L6 的接合透镜内,经过接合面 56 从共用第 2 透射面 61 射向外部,经过共用第 3 透射面 71 进入第 4 组 G4 的负弯月透镜 L7 与双凸正透镜 L8 的接合透镜内,经过接合面 78 从共用第 4 透射面 81 射向外部,并在像面 5 的中心轴 2 上成像。

[0208] 该实施例 4 的规格如下所述:

[0209] 视场角(侧视) $60^{\circ} \sim 120^{\circ}$

[0210] 视场角(直视) $0^{\circ} \sim 60^{\circ}$

[0211] 入射瞳径(侧视) $\phi 0.11\text{mm}$

[0212] (直视) $\phi 0.46\text{mm}$

[0213] 像的大小(侧视) $\phi 3.77 \sim \phi 4.94$

[0214] (直视) $\phi 2.97$

[0215] 图 15 表示实施例 5 的沿光学系统 1 的中心轴 2 获取的剖面图。并且,图 16 表示该实施例的光学系统整体的侧视光路的横像差图,图 17 表示直视光路的横像差图。在该横像差图中,在中央部位示出的角度表示(水平方向视场角、垂直方向视场角),表示该视场角中的 Y 方向(原始方向)与 X 方向(弧矢方向)的横像差。另外,负的视场角对于水平方向视场角表示朝向 Y 轴正方向右旋的角度,对于垂直方向视场角表示朝向 X 轴正方向右旋的角度。以后也相同。

[0216] 本实施例是下述示例,使沿光学系统 1 的中心轴 2 同心地旋转对称的折射率大于 1 的透明介质的透射面和反射面中的侧视光路 A 的侧视第 1 反射面 22 和侧视第 2 透射面 24 和直视光路 B 的直视第 4 透射面 26、以及侧视光路 A 的侧视第 2 反射面 23 和直视光路 B 的直视第 3 透射面 25 构成为相同位置相同形状,并且构成为安装在现有光学系统的前端的辅助光学系统。在图中,箭头表示理想透镜。

[0217] 光学系统 1 由绕中心轴 2 旋转对称的前组 Gf、和由理想透镜构成的后组 Gb、以及配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间并与中心轴 2 同轴的开口 S 构成,前组 Gf 由第 1 组 G1 和第 2 组 G2 构成,后组 Gb 由理想透镜 L0 构成。

[0218] 第 1 组 G1 由凸面朝向物体面侧的负弯月透镜 L1 构成,并具有直视第 1 透射面 11、和相比直视第 1 透射面 11 靠近像面 5 侧配置的具有负光焦度的直视第 2 透射面 12。

[0219] 第 2 组 G2 由绕中心轴 2 旋转对称的折射率大于 1 的透明介质 L2、和凸面朝向像面 5 侧的负弯月透镜 L3 构成,是将侧视光路 A 和直视光路 B 合成的光路合成光学系统。

[0220] 透明介质 L2 具有:圆柱状的侧视第 1 透射面 21,其与侧视物体面相对地配置在外侧,并与中心轴 2 平行;侧视第 1 反射面 22,其形成于透明介质 L2 的内部,并且相比侧视第 1 透射面 21 靠近中心轴 2 侧形成,由非球面构成并具有负光焦度;侧视第 2 反射面 23,其形成于透明介质 L2 的内部,并且相比侧视第 1 反射面 22 靠近像面 5 的相反侧配置,由非球面构成并具有正光焦度;以及侧视第 2 透射面 24,其相比侧视第 2 反射面 23 靠近像面 5 侧配置,由非球面构成并具有负光焦度。并且,透明介质 L2 具有:直视第 3 透射面 25,其由非球面构成并具有负光焦度;以及直视第 4 透射面 26,其相比直视第 3 透射面 25 靠近像面 5 侧配置,由非球面构成并具有负光焦度。另外,侧视第 1 反射面 22 和侧视第 2 透射面 24 和直视第 4 透射面 26 是同一面,侧视第 2 反射面 23 和直视第 3 透射面 25 是同一面。

[0221] 负弯月透镜 L3 具有侧视第 3 透射面 31 和侧视第 4 透射面 32 以及直视第 5 透射面 33 和直视第 6 透射面 34。另外,侧视第 3 透射面 31 和直视第 5 透射面 33 是同一面,侧视第 4 透射面 32 和直视第 6 透射面 34 是同一面。

[0222] 后组 Gb 是理想透镜 L0。

[0223] 光学系统 1 形成侧视光路 A 和直视光路 B。在侧视光路 A 中,从光学系统 1 侧方的侧视物体面入射的光束依次经过前组 Gf 中的第 2 组 G2 和后组 Gb,在与中心轴 2 垂直的像面 5 上偏离中心轴 2 的外侧形成圆环状的影像。并且,在直视光路 B 中,从光学系统 1 的中心轴 2 附近的直视物体面入射的光束依次经过前组 Gf 和后组 Gb,在与中心轴 2 垂直的像面 5 上的中心轴 2 附近形成圆形的影像。

[0224] 侧视光路 A 具有大致 Z 字状的光路,该光路用于使从光学系统 1 的侧方入射的光束经过侧视第 1 透射面 21 进入前组 Gf 的第 2 组 G2 的透明介质 L2 内,在中心轴 2 侧的侧视第 1 反射面 22 向像面 5 的相反侧反射,再在侧视第 2 反射面 23 向像面 5 侧反射,经过侧视第 2 透射面 24 从透明介质 L2 射向外部。并且,上述光束从侧视第 3 透射面 31 进入透明介质 L3 内,经过侧视第 4 透射面 32 从透明介质 L3 射向外部。

[0225] 然后,上述光束经过构成光圈的开口 S,该开口 S 被配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间并与中心轴 2 同轴,再经过后组 Gb 的理想透镜 L0,在像面 5 上偏离中心轴 2 的半径方向的预定位置成像。

[0226] 另外,直视光路 B 用于使入射到光学系统 1 的光束经过直视第 1 透射面 11 进入前组 Gf 的第 1 组 G1 的透明介质 L1 内,经过相比直视第 1 透射面 11 靠近像面 5 侧配置的直视第 2 透射面 12,从透明介质 L1 射向外部,经过直视第 3 透射面 25 进入第 2 组 G2 的透明介质 L2 内,经过相比直视第 1 透射面 11 靠近像面 5 侧配置的直视第 4 透射面 26,从透明介质 L2 射向外部,经过直视第 5 透射面 33 进入透明介质 L3 内,经过相比直视第 5 透射面 33 靠近像面 5 侧配置的直视第 6 透射面 34,从透明介质 L3 射向外部。

[0227] 然后,上述光束经过构成光圈的开口 S,该开口 S 被配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间并与中心轴 2 同轴,再经过后组 Gb 的理想透镜 L0,在像面 5 的中心轴 2 上成像。

[0228] 该实施例 5 的规格如下所述:

[0229] 视场角(侧视) $60^{\circ} \sim 120^{\circ}$

[0230] 视场角(直视) $0^{\circ} \sim 60^{\circ}$

[0231] 入射瞳径(侧视) $\phi 0.08\text{mm}$

[0232] (直视) $\phi 0.37\text{mm}$

[0233] 像的大小(侧视) $\phi 3.74 \sim \phi 4.99$

[0234] (直视) $\phi 2.86$

[0235] 下面,示出上述实施例 1~5 的结构参数。另外,下面的表中的“ASS”表示非球面,“ERFS”表示扩展旋转自由曲面,“RE”表示反射面。

[0236] 实施例 1

[0237] 侧视光路

[0238]	面序号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数
[0239]	物体面	∞	∞	偏心 [1]		
[0240]	1	ERFS[1]		偏心 [2]	1.8348	42.7

[0241]	2	ERFS[2] (RE)	偏心 [3]	1. 8348	42. 7
[0242]	3	ERFS[3] (RE)	偏心 [4]	1. 8348	42. 7
[0243]	4	ERFS[4]	偏心 [5]		
[0244]	5	∞ (光圈)	0. 20 偏心 [6]		
[0245]	6	-0. 89	0. 80	1. 7440	44. 8
[0246]	7	-1. 26	0. 10		
[0247]	8	6. 06	0. 50	1. 7502	33. 2
[0248]	9	3. 02	1. 60	1. 5174	67. 3
[0249]	10	-3. 73	0. 10		
[0250]	11	3. 78	2. 20	1. 4875	70. 4
[0251]	12	-2. 99	0. 50	1. 7508	32. 4
[0252]	13	56. 93	5. 13		
[0253]	14	∞	0. 40	1. 5163	64. 1
[0254]	15	∞	0. 10		
[0255]	像面	∞			
[0256]		ERFS[1]			
[0257]	RY	∞			
[0258]	θ	90. 00			
[0259]	R	-3. 00			
[0260]		ERFS[2]			
[0261]	RY	2. 56			
[0262]	θ	31. 22			
[0263]	R	-2. 33			
[0264]		ERFS[3]			
[0265]	RY	4. 88			
[0266]	θ	2. 88			
[0267]	R	-1. 71			
[0268]		ERFS[4]			
[0269]	RY	1. 75			
[0270]	θ	40. 71			
[0271]	R	-1. 14			
[0272]		偏心 [1]			
[0273]	X	0. 00	Y 0. 00	Z 0. 00	
[0274]	α	90. 00	β 0. 00	γ 0. 00	
[0275]		偏心 [2]			
[0276]	X	0. 00	Y 0. 00	Z -0. 03	
[0277]	α	0. 00	β 0. 00	γ 0. 00	
[0278]		偏心 [3]			
[0279]	X	0. 00	Y 0. 00	Z -0. 04	

[0280]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00		
[0281]			偏心 [4]					
[0282]	X	0.00	Y	0.00	Z	-1.22		
[0283]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00		
[0284]			偏心 [5]					
[0285]	X	0.00	Y	0.00	Z	-0.38		
[0286]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00		
[0287]			偏心 [6]					
[0288]	X	0.00	Y	0.00	Z	1.77		
[0289]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00		
[0290]	直视光路							
[0291]	面序号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数		
[0292]	物体面	∞	∞					
[0293]	1	∞	0.60		1.5163	64.1		
[0294]	2	1.50	1.76					
[0295]	3	ERFS[5]		偏心 [7]	1.8348	42.7		
[0296]	4	ERFS[4]		偏心 [5]				
[0297]	5	∞ (光圈)	0.20	偏心 [6]				
[0298]	6	-0.89	0.80		1.7440	44.8		
[0299]	7	-1.26	0.10					
[0300]	8	6.06	0.50		1.7502	33.2		
[0301]	9	3.02	1.60		1.5174	67.3		
[0302]	10	-3.73	0.10					
[0303]	11	3.78	2.20		1.4875	70.4		
[0304]	12	-2.99	0.50		1.7508	32.4		
[0305]	13	56.93	5.13					
[0306]	14	∞	0.40		1.5163	64.1		
[0307]	15	∞	0.10					
[0308]	像面	∞						
[0309]		ERFS[5]						
[0310]	RY	5.00						
[0311]	θ	5.04						
[0312]	R	-0.44						
[0313]		ERFS[4]						
[0314]	RY	1.75						
[0315]	θ	40.71						
[0316]	R	-1.14						
[0317]		偏心 [7]						
[0318]	X	0.00	Y	0.00	Z	-1.33		

[0319]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00		
[0320]			偏心 [5]					
[0321]	X	0.00	Y	0.00	Z	-0.38		
[0322]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00		
[0323]			偏心 [6]					
[0324]	X	0.00	Y	0.00	Z	1.77		
[0325]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00		
[0326]	实施例 2							
[0327]	侧视光路							
[0328]	面序号	曲率半径		面间隔	偏心	折射率	阿贝数	
[0329]	物体面	∞		∞	偏心 [1]			
[0330]	1	ERFS[1]			偏心 [2]	1.8348	42.7	
[0331]	2	ASS[1] (RE)			偏心 [3]	1.8348	42.7	
[0332]	3	11.26 (RE)			偏心 [4]	1.8348	42.7	
[0333]	4	ASS[1]			偏心 [3]			
[0334]	5	∞ (光圈)		0.10	偏心 [5]			
[0335]	6	-1.59		2.00		1.7292	54.7	
[0336]	7	-2.02		0.10				
[0337]	8	4.80		1.00		1.8467	23.8	
[0338]	9	2.52		2.50		1.7440	44.8	
[0339]	10	-12.02		3.62				
[0340]	11	∞		0.40		1.5163	64.1	
[0341]	12	∞		0.10				
[0342]	像面	∞		0.00				
[0343]		ERFS[1]						
[0344]	RY	∞						
[0345]	θ	90.00						
[0346]	R	-3.00						
[0347]		ASS[1]						
[0348]	R	3.25						
[0349]	k	$-7.5002e-1$						
[0350]		偏心 [1]						
[0351]	X	0.00	Y	0.00	Z	0.00		
[0352]	α	90.00	β	0.00	γ	0.00		
[0353]		偏心 [2]						
[0354]	X	0.00	Y	0.00	Z	-0.03		
[0355]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00		
[0356]		偏心 [3]						
[0357]	X	0.00	Y	0.00	Z	-0.91		

[0358]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00		
[0359]			偏心 [4]					
[0360]	X	0.00	Y	0.00	Z	-1.73		
[0361]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00		
[0362]			偏心 [5]					
[0363]	X	0.00	Y	0.00	Z	0.55		
[0364]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00		
[0365]	直视光路							
[0366]	面序号		曲率半径		面间隔	偏心	折射率	阿贝数
[0367]	物体面		∞		∞			
[0368]	1		∞		0.80		1.7292	54.7
[0369]	2		4.61		3.57			
[0370]	3		11.26			偏心 [4]	1.8348	42.7
[0371]	4		3.25			偏心 [3]		
[0372]	5		∞ (光圈)		0.10	偏心 [5]		
[0373]	6		-1.59		2.00		1.7292	54.7
[0374]	7		-2.02		0.10			
[0375]	8		4.80		1.00		1.8467	23.8
[0376]	9		2.52		2.50		1.7440	44.8
[0377]	10		-12.02		3.62			
[0378]	11		∞		0.40		1.5163	64.1
[0379]	12		∞		0.10			
[0380]	像面		∞		0.00			
[0381]			偏心 [4]					
[0382]	X	0.00	Y	0.00	Z	-1.73		
[0383]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00		
[0384]			偏心 [3]					
[0385]	X	0.00	Y	0.00	Z	-0.91		
[0386]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00		
[0387]			偏心 [5]					
[0388]	X	0.00	Y	0.00	Z	0.55		
[0389]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00		
[0390]	实施例 3							
[0391]	侧视光路							
[0392]	面序号		曲率半径		面间隔	偏心	折射率	阿贝数
[0393]	物体面		∞		∞	偏心 [1]		
[0394]	1		ERFS[1]			偏心 [2]	1.5163	64.1
[0395]	2		ASS[1] (RE)			偏心 [3]	1.5163	64.1
[0396]	3		15.47 (RE)			偏心 [4]	1.5163	64.1

[0397]	4	ASS[1]		偏心 [3]		
[0398]	5	-8.96	0.55	偏心 [5]	1.4875	70.4
[0399]	6	0.88	0.50			
[0400]	7	∞ (光圈)	0.50			
[0401]	8	-3.52	0.50		1.7552	27.6
[0402]	9	-25.30	1.50		1.7440	44.8
[0403]	10	-2.04	0.10			
[0404]	11	9.45	1.00		1.8467	23.8
[0405]	12	2.95	2.50		1.6204	60.3
[0406]	13	-5.81	8.41			
[0407]	14	∞	0.40		1.5163	64.1
[0408]	15	∞	0.10			
[0409]	像面	∞				
[0410]		ERFS[1]				
[0411]	RY	∞				
[0412]	θ	90.00				
[0413]	R	-3.00				
[0414]		ASS[1]				
[0415]	R	4.01				
[0416]	k	-3.0163e-1				
[0417]		偏心 [1]				
[0418]	X	0.00	Y	-5.00	Z	0.00
[0419]	α	90.00	β	0.00	γ	0.00
[0420]		偏心 [2]				
[0421]	X	0.00	Y	0.00	Z	-0.03
[0422]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00
[0423]		偏心 [3]				
[0424]	X	0.00	Y	0.00	Z	-0.78
[0425]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00
[0426]		偏心 [4]				
[0427]	X	0.00	Y	0.00	Z	-1.37
[0428]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00
[0429]		偏心 [5]				
[0430]	X	0.00	Y	0.00	Z	0.16
[0431]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00
[0432]	直视光路					
[0433]	面序号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数
[0434]	物体面	∞	∞			
[0435]	1	8.69	0.80		1.5163	64.1

[0436]	2	1.65	2.86			
[0437]	3	15.47		偏心 [4]	1.8348	42.7
[0438]	4	4.01		偏心 [3]		
[0439]	5	-8.96	0.55	偏心 [5]	1.4875	70.4
[0440]	6	0.88	0.50			
[0441]	7	∞ (光圈)	0.50			
[0442]	8	-3.52	0.50		1.7552	27.6
[0443]	9	-25.30	1.50		1.7440	44.8
[0444]	10	-2.04	0.10			
[0445]	11	9.45	1.00		1.8467	23.8
[0446]	12	2.95	2.50		1.6204	60.3
[0447]	13	-5.81	8.41			
[0448]	14	∞	0.40		1.5163	64.1
[0449]	15	∞	0.10			
[0450]	像面	∞				
[0451]		偏心 [4]				
[0452]	X	0.00	Y	0.00	Z	-1.37
[0453]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00
[0454]		偏心 [3]				
[0455]	X	0.00	Y	0.00	Z	-0.78
[0456]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00
[0457]		偏心 [5]				
[0458]	X	0.00	Y	0.00	Z	0.16
[0459]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00
[0460]	实施例 4					
[0461]	侧视光路					
[0462]	面序号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数
[0463]	物体面	∞	∞	偏心 [1]		
[0464]	1	ERFS[1]		偏心 [2]	1.5163	64.1
[0465]	2	ASS[1] (RE)		偏心 [3]	1.5163	64.1
[0466]	3	14.19 (RE)		偏心 [4]	1.5163	64.1
[0467]	4	ASS[1]		偏心 [3]		
[0468]	5	-3.01	0.55	偏心 [5]	1.4875	70.4
[0469]	6	1.10	0.50			
[0470]	7	∞ (光圈)	0.50			
[0471]	8	-4.75	0.50		1.7209	29.1
[0472]	9	43.27	1.50		1.7440	44.8
[0473]	10	-2.26	0.10			
[0474]	11	16.57	1.00		1.8467	23.8

[0475]	12	3.66	2.50	1.6204	60.3	
[0476]	13	-4.87	9.25			
[0477]	14	∞	0.40	1.5163	64.1	
[0478]	15	∞	0.10			
[0479]	像面	∞				
[0480]		ERFS[1]				
[0481]	RY	∞				
[0482]	θ	90.00				
[0483]	R	-4.00				
[0484]		ASS[1]				
[0485]	R	4.40				
[0486]	k	-7.3106e-1				
[0487]		偏心 [1]				
[0488]	X	0.00	Y 0.00	Z 0.00		
[0489]	α	90.00	β 0.00	γ 0.00		
[0490]		偏心 [2]				
[0491]	X	0.00	Y 0.00	Z -0.02		
[0492]	α	0.00	β 0.00	γ 0.00		
[0493]		偏心 [3]				
[0494]	X	0.00	Y 0.00	Z -1.12		
[0495]	α	0.00	β 0.00	γ 0.00		
[0496]		偏心 [4]				
[0497]	X	0.00	Y 0.00	Z -2.28		
[0498]	α	0.00	β 0.00	γ 0.00		
[0499]		偏心 [5]				
[0500]	X	0.00	Y 0.00	Z 0.06		
[0501]	α	0.00	β 0.00	γ 0.00		
[0502]	直视光路					
[0503]	面序号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数
[0504]	物体面	∞	∞			
[0505]	1	9.42	0.80		1.5163	64.1
[0506]	2	2.13	2.35			
[0507]	3	-4.29		0.80		1.516364.1
[0508]	4	-3.86	2.38			
[0509]	5	14.19	0.00	偏心 [5]	1.8348	42.7
[0510]	6	ASS[1]	0.00	偏心 [4]		
[0511]	7	-3.01	0.55	偏心 [6]	1.4875	70.4
[0512]	8	1.10	0.50			
[0513]	9	∞ (光圈)	0.50			

[0514]	10	-4.75	0.50	1.7209	29.1	
[0515]	11	43.27	1.50	1.7440	44.8	
[0516]	12	-2.26	0.10			
[0517]	13	16.57	1.00	1.8467	23.8	
[0518]	14	3.66	2.50	1.6204	60.3	
[0519]	15	-4.87	9.25			
[0520]	16	∞	0.40	1.5163	64.1	
[0521]	17	∞	0.10			
[0522]	像面	∞				
[0523]		ASS[1]				
[0524]	R	4.40				
[0525]	k	-7.3106e-1				
[0526]		偏心 [4]				
[0527]	X	0.00	Y 0.00	Z -2.28		
[0528]	α	0.00	β 0.00	γ 0.00		
[0529]		偏心 [3]				
[0530]	X	0.00	Y 0.00	Z -1.12		
[0531]	α	0.00	β 0.00	γ 0.00		
[0532]		偏心 [5]				
[0533]	X	0.00	Y 0.00	Z 0.06		
[0534]	α	0.00	β 0.00	γ 0.00		
[0535]	实施例 5					
[0536]	侧视光路					
[0537]	面序号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数
[0538]	物体面	∞	∞	偏心 [1]		
[0539]	1	ERFS[1]		偏心 [2]	1.5163	64.1
[0540]	2	ASS[1] (RE)		偏心 [3]	1.5163	64.1
[0541]	3	ASS[2] (RE)		偏心 [4]	1.5163	64.1
[0542]	4	ASS[1]		偏心 [3]		
[0543]	5	-3.66	0.55	偏心 [5]	1.7440	44.8
[0544]	6	-2.96	0.50			
[0545]	7	∞ (光圈)	3.00			
[0546]	8	理想透镜	3.58			
[0547]	像面	∞				
[0548]		ERFS[1]				
[0549]	RY	∞				
[0550]	θ	90.00				
[0551]	R	-4.00				
[0552]		ASS[1]				

[0553]	R	5.11					
[0554]	k	1.3753e+0					
[0555]		ASS[2]					
[0556]	R	13.09					
[0557]	k	0.0000					
[0558]		偏心 [1]					
[0559]	X	0.00	Y	-5.00	Z	0.00	
[0560]	α	90.00	β	0.00	γ	0.00	
[0561]		偏心 [2]					
[0562]	X	0.00	Y	-4.00	Z	-0.04	
[0563]	α	90.00	β	0.00	γ	0.00	
[0564]		偏心 [3]					
[0565]	X	0.00	Y	0.00	Z	-0.87	
[0566]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
[0567]		偏心 [4]					
[0568]	X	0.00	Y	0.00	Z	-1.64	
[0569]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
[0570]		偏心 [5]					
[0571]	X	0.00	Y	0.00	Z	1.17	
[0572]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
[0573]	直视光路						
[0574]	面序号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数	
[0575]	物体面	∞	∞				
[0576]	1	205.85	0.80		1.5163	64.1	
[0577]	2	2.32	2.30				
[0578]	3	ASS[2] (RE)		偏心 [4]	1.5163	64.1	
[0579]	4	ASS[1]		偏心 [3]			
[0580]	5	-3.66	0.55	偏心 [5]	1.7440	44.8	
[0581]	6	-2.96	0.50				
[0582]	7	∞ (光圈)	3.00				
[0583]	8	理想透镜	3.58				
[0584]	像面	∞					
[0585]		ASS[1]					
[0586]	R	5.11					
[0587]	k	1.3753e+0					
[0588]		ASS[2]					
[0589]	R	13.09					
[0590]	k	0.0000					
[0591]		偏心 [3]					

[0592]	X	0.00	Y	0.00	Z	-0.87
[0593]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00
[0594]			偏心 [4]			
[0595]	X	0.00	Y	0.00	Z	-1.64
[0596]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00
[0597]			偏心 [5]			
[0598]	X	0.00	Y	0.00	Z	1.17
[0599]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00

[0600] 并且,在把光学元件的外形设为 D,把反射光路的像的外形设为 Dr 时,可以表示如下。

	实施例 1	实施例 2	实施例 3	实施例 4	实施例 5	
[0602]	D	6.00	6.00	6.00	8.00	8.00
[0603]	Dr	4.96	4.90	4.94	4.94	4.99
[0604]	D/Dr	1.21	1.22	1.21	1.62	1.60

[0605] 下面,根据实施例说明本发明的光学系统的其他实施方式。

[0606] 图 19 是后面叙述的实施例 6 的沿光学系统 1 的中心轴 (旋转对称轴) 2 获取的剖面图。另外,以下的说明是对作为成像光学系统时进行的说明,但也能够用作构成逆向光路时的投影光学系统。

[0607] 本发明的光学系统 1 由相对中心轴 2 旋转对称的具有负光焦度的前组 Gf、开口 S 以及具有正光焦度的后组 Gb 构成,是在形成或投影像时不在光路中形成中间像的光学系统 1。

[0608] 实施例 6 的光学系统 1 由绕中心轴 2 旋转对称的前组 Gf 和绕中心轴 2 旋转对称的后组 Gb 构成,前组 Gf 由具有负光焦度的第 1 组 G1 和作为光路合成光学系统的第 2 组 G2 构成,光学系统 1 在开口 S 的后侧包括作为后组 Gb 的具有正光焦度的第 3 组 G3、和接合透镜即具有正光焦度的第 4 组 G4。

[0609] 在该实施例中,前组 Gf 的第 2 组 G2 具有侧视光路 A 和直视光路 B,后组 Gb 的第 3 组 G3 和第 4 组 G4 具有将在第 2 组 G2 中被合成的空中像成像的作用,并具有以下作用,即在一个摄像面 5 上通过直视光路 B 使中心轴 2 上的影像形成于像中心并且是圆形,在其外侧使不同的侧视光路 A 的影像形成为圆环状。

[0610] 配置在开口 S 附近的平行平板作为滤波器 F 等发挥作用。像面 5 附近的平行平板是摄像元件的玻璃罩 C 等。

[0611] 并且,通过把前组 Gf 设为负、把后组 Gb 设为正,形成为所谓的反远距 (retro-focus) 类型,尤其在想要在相对中心轴 2 上的物点的直视光路 B 上获取较大的观察视场角时有效。

[0612] 前组 Gf 具有将直视光路 B 和侧视光路 A 合成的作用,所述直视光路 B 借助透射作用来成像或投影中心轴 2 上的影像,所述侧视光路 A 借助反射作用来成像或投影与中心轴 2 大致正交的方向的全方位的影像。

[0613] 并且,前组 Gf 具有透明介质 L2,该透明介质 L2 具有:与侧视物体面 3 相对地配置在外侧的第 1 透射面 21;相比第 1 透射面 21 靠近中心轴 2 侧配置的第 1 反射面 22;相对

于第 1 反射面 22 靠近像面 5 的相反侧配置的第 2 反射面 23 ;相比第 2 反射面 23 靠近像面 5 侧配置的第 2 透射面 24 ;与直视物体面相对的第 3 透射面 25 ;以及相比第 3 透射面 25 靠近像面 5 侧配置的第 4 透射面 26。

[0614] 入射到透明介质 L2 的光束按照顺光线追迹的顺序,在侧视光路 A 中具有大致 Z 字状的光路,该光路经过第 1 透射面 21 进入透明介质 L 内,在第 1 反射面 22 向像面 5 的相反侧反射,再在第 2 反射面 23 向像面 5 侧反射,经过第 2 透射面 24 从透明介质 L2 射向外部到达像面 5 侧。并且,在直视光路 B 中,具有经过第 3 透射面 25 进入透明介质 L2 内,经过第 4 透射面 26 从透明介质 L2 射向外部到达像面 5 侧的光路。

[0615] 并且,在把通过开口 S 中心的光线作为中心主光线 Lc 时,进入第 1 透射面 21 的中心主光线 Lc 相比与中心轴 2 正交的线靠近像面 5 侧倾斜。通过形成这种结构,相比与中心轴 2 正交的方向,尤其能够在像面 5 侧获取较大的观察视场角。

[0616] 并且,优选在侧视光路 A 中,第 1 反射面 22 和第 2 反射面 23 都构成为使凹面朝向开口 S 侧的面。通过形成这种结构,能够从物体侧起按照具有负光焦度的第 1 反射面 22、具有正光焦度的第 2 反射面 23 的顺序配置。由此,能够扩大观察视场角,同时能够减少彗形像差的产生。

[0617] 另外,在把全方位图像的子午断面的视场角的中心作为中心视场角、把通过开口 S 中心的光线作为中心主光线 Lc 时,中心主光线 Lc 在第 1 反射面上的位置相比开口 S 靠近物体侧,这很重要。这是用于减小光学系统 1 的外形的重要条件,通过相比开口 S 靠近物体侧配置第 1 反射面,能够减小第 1 反射面 22 的外形。因为在开口 S 附近或者相比开口 S 靠近像侧,用于固定后组 Gb 的光学部件的部件等与第 1 反射面 22 干扰,因此,不得不增大第 1 反射面 22 的外形。

[0618] 并且,第 1 反射面 22 具有全反射作用,由此不再需要进行涂敷,能够低成本地制作光学系统。

[0619] 并且,通过把第 1 透射面 21 配置在相对于第 1 反射面 22 的像面的相反侧,能够使第 1 反射面和第 2 反射面构成为背面镜,能够减少偏心像差的产生。

[0620] 另外,优选第 1 反射面 22 和第 2 透射面 24、或者第 1 反射面 22 和第 4 透射面 26 构成为相同形状的面,由此能够在两个光路中使用一个面形状,能够减小在中心轴 2 上的物点通过直视光路 B 形成的圆形像和通过侧视光路 A 形成的圆环状像之间形成的不能摄入影像的区域,从有效利用像素的角度考虑是优选方式。

[0621] 另外,优选直视光路 B 的第 3 透射面 25 和侧视光路 B 的第 2 反射面 23 构成为相同位置相同形状的面,由此能够在两个光路中使用一个面形状,使加工变简单。

[0622] 另外,优选从第 1 反射面 22 到第 2 反射面 23 的光路包括相对中心轴 2 发散的方向,因此,相比与中心轴正交的方向,尤其能够在像面 5 侧获取较大的观察视场角。

[0623] 另外,优选前组 Gf 具有的面中至少 1 面,具有使不具有对称面的任意形状的线段绕中心轴 2 旋转形成的旋转对称的形状。通过不具有对称面,能够校正视场角周边部分的畸变。

[0624] 另外,优选前组 Gf 具有的面中至少 1 面是包括奇数次项的任意形状的线段。利用该奇数次项能够对视场角中心赋予上下不对称的形状,从校正像差的方面讲是优选方式。

[0625] 下面,说明本发明的视觉显示装置的光学系统的实施例 6 ~ 10。关于这些光学系

统的结构参数将在后面叙述。

[0626] 关于坐标系,在顺光线追迹中,例如图 18 所示,把从侧视物体面 3 朝向第 1 面的中心主光线的延长线与中心轴 2 交叉的点作为偏心光学面的原点 0,把侧视物体面 3 相对于中心轴 2 的相反侧与中心轴 2 正交的方向作为 Y 轴正方向,把图 18 的纸面内作为 Y-Z 平面。并且,把图 18 的像面 5 侧的方向作为 Z 轴正方向,把与 Y 轴、Z 轴构成右手正交坐标系的轴作为 X 轴正方向。另外,4 表示直视物体面。

[0627] 关于偏心面,给出用于定义该面的坐标系中距上述光学系统 1 的原点 0 的偏心量(分别把 X 轴方向、Y 轴方向、Z 轴方向设为 X、Y、Z),以及用于定义把对光学系统 1 的原点 0 定义的坐标系的 X 轴、Y 轴、Z 轴分别作为中心的各个面的坐标系的倾斜角(分别设为 α 、 β 、 γ ($^\circ$))。该情况时, α 和 β 的正表示相对各个轴的正方向为逆时针, γ 的正表示相对 Z 轴的正方向为顺时针。另外,面的中心轴的 α 、 β 、 γ 的旋转方式为,使定义各个面的坐标系首先绕对光学系统的原点定义的坐标系的 X 轴逆时针地旋转 α ,然后绕该旋转后的新的坐标系的 Y 轴逆时针地旋转 β ,然后绕该旋转后的另外新的坐标系的 Z 轴顺时针地旋转 γ 。

[0628] 并且,在构成各个实施例的光学系统的光学作用面中,在特定的面与其后续的面构成共轴光学系统的情况下,将被赋予面间隔,另外,关于面的曲率半径、介质的折射率、阿贝数,将按照惯用方法赋予。

[0629] 并且,在后面叙述的结构参数中,没有记述数据的非球面的项为 0。关于折射率、阿贝数,记述了相对于 d 线(波长 587.56nm)的折射率、阿贝数。长度的单位是 mm。各个面的偏心如上所述利用距基准面的偏心量表示。

[0630] 另外,非球面指按照以下定义式给出的旋转对称非球面。

$$[0631] \quad Z = (Y^2/R) / [1 + \{1 - (1+k)Y^2/R^2\}^{1/2}]$$

$$[0632] \quad + aY^4 + bY^6 + cY^8 + dY^{10} + \dots$$

$$[0633] \quad \dots (a)$$

[0634] 其中,把 Z 设为轴,把 Y 设为与轴垂直的方向。其中,R 表示近轴曲率半径,k 表示圆锥常数,a、b、c、d... 分别表示 4 次、6 次、8 次、10 次的非球面系数。该定义式的 Z 轴是旋转对称非球面的轴。

[0635] 并且,扩展旋转自由曲面指按照以下定义给出的旋转对称面。

[0636] 首先,如图 2 所示,定义在 Y-Z 坐标面上通过原点的下述曲线 (b)。

$$[0637] \quad Z = (Y^2/R) / [1 + \{1 - (C_1+1)Y^2/R^2\}^{1/2}]$$

$$[0638] \quad + C_2Y + C_3Y^2 + C_4Y^3 + C_5Y^4 + C_6Y^6 + C_7Y^6$$

$$[0639] \quad + \dots + C_{21}Y^{20} + \dots + C_{n+1}Y^n + \dots$$

$$[0640] \quad \dots (b)$$

[0641] 然后,定义在把左旋设为正时使该曲线 (b) 朝向 X 轴正方向旋转角度 θ ($^\circ$) 后的曲线 F(Y)。该曲线 F(Y) 在 Y-Z 坐标面上也通过原点。

[0642] 使该曲线 F(Y) 沿 Y 正方向平行移动距离 R(负时为 Y 负方向),然后使该平行移动后的曲线绕 Z 轴旋转,把由此得到的旋转对称面作为扩展旋转自由曲面。

[0643] 结果,扩展旋转自由曲面在 Y-Z 面内成为自由曲面(自由曲线),在 X-Y 面内成为半径 |R| 的圆。

[0644] 根据该定义, Z 轴成为扩展旋转自由曲面的轴(旋转对称轴)。

[0645] 其中, RY 表示 Y-Z 断面的球面项的曲率半径, C_1 表示圆锥常数, C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 ... 分别表示 1 次、2 次、3 次、4 次... 的非球面系数。

[0646] 另外, 中心轴具有与 Y 轴平行的轴的圆锥面被设为扩展旋转自由曲面之一, 并设为 $RY = \infty$, C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 、... = 0, $\theta =$ (圆锥面的倾斜角), R = (X-Z 面内的底面的半径)。

[0647] 并且, 在后面叙述的结构参数中, 没有记述数据的非球面的项为 0。关于折射率、阿贝数, 记述了相对于 d 线(波长 587.56nm) 的折射率、阿贝数。长度的单位是 mm。各个面的偏心如上所述利用距基准面的偏心量表示。

[0648] 图 19 表示实施例 6 的沿光学系统 1 的中心轴 2 获取的剖面图。并且, 图 20 表示该实施例的光学系统整体的侧视光路 A 的横像差图, 图 21 表示直视光路 B 的横像差图。在该横像差图中, 在中央部位示出的角度表示(水平方向视场角、垂直方向视场角), 表示该视场角中的 Y 方向(原始方向)与 X 方向(弧矢方向)的横像差。另外, 负的视场角对于水平方向视场角表示朝向 Y 轴正方向右旋的角度, 对于垂直方向视场角表示朝向 X 轴正方向右旋的角度。以后也相同。

[0649] 本实施例是将沿光学系统 1 的中心轴 2 同心地旋转对称的折射率大于 1 的透明介质的透射面和反射面, 设计为扩展旋转自由曲面的示例, 但扩展旋转自由曲面与旋转对称面正交, 不使用高次项, 因此, 是与球面等效的结构示例。

[0650] 光学系统 1 由绕中心轴 2 旋转对称的前组 Gf、绕中心轴 2 旋转对称的后组 Gb、以及配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间并与中心轴 2 同轴的开口 S 构成, 前组 Gf 由第 1 组 G1 和第 2 组 G2 构成, 后组 Gb 由第 3 组 G3 和第 4 组 G4 构成。

[0651] 第 1 组 G1 由绕中心轴 2 旋转对称的折射率大于 1 的透明介质 L1 构成, 透明介质 L1 具有: 曲率半径无限大的直视第 1 透射面 11; 以及相比直视第 1 透射面 11 靠近像面 5 侧配置, 由球面构成并具有负光焦度的直视第 2 透射面 12。

[0652] 第 2 组 G2 由绕中心轴 2 旋转对称的折射率大于 1 的透明介质 L2 构成, 是将侧视光路 A 和直视光路 B 合成的光路合成光学系统。透明介质 L2 具有: 圆柱状的作为第 1 透射面的侧视第 1 透射面 21, 其与侧视物体面 3 相对地配置在外侧, 并与 Z 轴平行; 作为第 1 反射面的侧视第 1 反射面 22, 其形成于透明介质 L2 的内部, 并且相比侧视第 1 透射面 21 靠近中心轴 2 侧形成, 由球面构成并具有负光焦度; 侧视第 2 反射面 23, 其形成于透明介质 L2 的内部, 并且相比侧视第 1 透射面 22 靠近像面 5 的相反侧配置, 由球面构成并具有正光焦度; 以及作为第 2 透射面的侧视第 2 透射面 24, 其相比作为第 2 反射面的侧视第 2 反射面 23 靠近像面 5 侧配置, 由球面构成并具有负光焦度。并且, 透明介质 L2 具有: 作为第 3 透射面的直视第 3 透射面 25, 其由球面构成并具有负光焦度; 以及作为第 4 透射面的直视第 4 透射面 26, 其相比直视第 3 透射面 25 靠近像面 5 侧配置, 由球面构成并具有负光焦度。另外, 侧视第 2 透射面 24 和直视第 4 透射面 26 是同一面。

[0653] 第 3 组 G3 由凸面朝向像面 5 侧的正弯月透镜 L3 构成, 并具有共用第 1 透射面 31、和相比共用第 1 透射面 31 靠近像面 5 侧配置的共用第 2 透射面 32。

[0654] 第 4 组 G4 由凹面朝向像面侧的负弯月透镜 L4 与凹面朝向像面侧的正弯月透镜 L5 的接合透镜构成, 并具有共用第 3 透射面 41、相比共用第 3 透射面 41 靠近像面 5 侧配置的

接合面 45、以及相比接合面 45 靠近像面 5 侧配置的共用第 4 透射面 51。

[0655] 光学系统 1 形成侧视光路 A 和直视光路 B。在侧视光路 A 中,从光学系统 1 侧方的侧视物体面 3 入射的光束依次经过前组 Gf 中的第 2 组 G2 和后组 Gb,在与中心轴 2 垂直的像面 5 上偏离中心轴 2 的外侧形成圆环状的影像。并且,在直视光路 B 中,从光学系统 1 的中心轴 2 附近的直视物体面入射的光束依次经过前组 Gf 和后组 Gb,在与中心轴 2 垂直的像面 5 上的中心轴 2 附近形成圆形的影像。

[0656] 侧视光路 A 具有大致 Z 字状的光路,该光路用于使从光学系统 1 的侧方入射的光束经过侧视第 1 透射面 21 进入前组 Gf 的第 2 组 G2 的透明介质 L2 内,在中心轴 2 侧的侧视第 1 反射面 22 向像面 5 的相反侧反射,再在侧视第 2 反射面 23 向像面 5 侧反射,经过侧视第 2 透射面 24 从透明介质 L2 射向外部。

[0657] 然后,上述光束经过构成光圈的开口 S,该开口 S 被配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间并与中心轴 2 同轴,再隔着中心轴 2 在相反侧经过共用第 1 透射面 31 进入后组 Gb 的第 3 组 G3 的正弯月透镜 L3 内,从共用第 2 透射面 32 射向外部,经过共用第 3 透射面 41 进入第 4 组 G4 的负弯月透镜 L4 内,经过接合面 45 从正弯月透镜 L5 的共用第 4 透射面 51 射向外部,并在像面 5 上偏离中心轴 2 的半径方向的预定位置成像。

[0658] 另外,直视光路 B 用于使入射到光学系统 1 的光束经过直视第 1 透射面 11 进入前组 Gf 的第 1 组 G1 的透明介质 L1 内,经过相比直视第 1 透射面 11 靠近像面 5 侧配置的直视第 2 透射面 12,从透明介质 L1 射向外部,经过直视第 3 透射面 25 进入第 2 组 G2 的透明介质 L2 内,经过相比直视第 3 透射面 25 靠近像面 5 侧配置的直视第 4 透射面 26,从透明介质 L2 射向外部。

[0659] 然后,上述光束经过构成光圈的开口 S,该开口 S 被配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间并与中心轴 2 同轴,再经过共用第 1 透射面 31 进入后组 Gb 的第 3 组 G3 的正弯月透镜 L3 内,从共用第 2 透射面 32 射向外部,经过共用第 3 透射面 41 进入由接合透镜构成的第 4 组 G4 的负弯月透镜 L4 内,经过接合面 45 从正弯月透镜 L5 的共用第 4 透射面 51 射向外部,并在像面 5 的中心轴 2 上成像。

[0660] 该实施例 6 的规格如下所述:

[0661] 视场角(侧视) $89.5^{\circ} \sim 135^{\circ}$

[0662] 视场角(直视) $0^{\circ} \sim 60^{\circ}$

[0663] 光圈直径 $\phi 0.5\text{mm}$

[0664] 像的大小(侧视) $\phi 2.00 \sim \phi 2.37$

[0665] (直视) $\phi 1.56$

[0666] 图 22 表示实施例 7 的沿光学系统 1 的中心轴 2 获取的剖面图。并且,图 23 表示该实施例的光学系统整体的侧视光路的横像差图,图 24 表示直视光路的横像差图。在该横像差图中,在中央部位示出的角度表示(水平方向视场角、垂直方向视场角),表示该视场角中的 Y 方向(原始方向)与 X 方向(弧矢方向)的横像差。另外,负的视场角对于水平方向视场角表示朝向 Y 轴正方向右旋的角度,对于垂直方向视场角表示朝向 X 轴正方向右旋的角度。以后也相同。

[0667] 本实施例是将沿光学系统 1 的中心轴 2 同心地旋转对称的折射率大于 1 的透明介质的透射面和反射面,设计为扩展旋转自由曲面的示例,但侧视光路 A 的侧视第 1 反射面 22

不使用高次项。并且,侧视光路 A 的侧视第 2 反射面 23 的扩展旋转自由曲面与旋转对称面正交,不使用高次项,因此,是与球面等效的结构示例。

[0668] 光学系统 1 由绕中心轴 2 旋转对称的前组 Gf、绕中心轴 2 旋转对称的后组 Gb、以及配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间并与中心轴 2 同轴的开口 S 构成,前组 Gf 由第 1 组 G1 和第 2 组 G2 构成,后组 Gb 由第 3 组 G3 和第 4 组 G4 构成。

[0669] 第 1 组 G1 由绕中心轴 2 旋转对称的折射率大于 1 的透明介质 L1 构成,透明介质 L1 具有:曲率半径无限大的直视第 1 透射面 11;以及相比直视第 1 透射面 11 靠近像面 5 侧配置,由球面构成并具有负光焦度的直视第 2 透射面 12。

[0670] 第 2 组 G2 由绕中心轴 2 旋转对称的折射率大于 1 的透明介质 L2 构成,是将侧视光路 A 和直视光路 B 合成的光路合成光学系统。透明介质 L2 具有:圆柱状的作为第 1 透射面的侧视第 1 透射面 21,其与物体面 3 相对地配置在外侧,并与 Z 轴平行;作为第 1 反射面的侧视第 1 反射面 22,其形成于透明介质 L2 的内部,并且相比侧视第 1 透射面 21 靠近中心轴 2 侧形成,由扩展旋转自由曲面构成并具有负光焦度;作为第 2 反射面的侧视第 2 反射面 23,其形成于透明介质 L2 的内部,并且相比侧视第 1 透射面 22 靠近像面 5 的相反侧配置,由球面构成并具有正光焦度;以及作为第 2 透射面的侧视第 2 透射面 24,其相比侧视第 2 反射面 23 靠近像面 5 侧配置,由球面构成并具有负光焦度。并且,透明介质 L2 具有:直视第 3 透射面 25,其由球面构成并具有负光焦度;以及直视第 4 透射面 26,其相比直视第 3 透射面 25 靠近像面 5 侧配置,由球面构成并具有负光焦度。另外,侧视第 2 透射面 24 和直视第 4 透射面 26 是同一面。

[0671] 第 3 组 G3 由凸面朝向像面 5 侧的正弯月透镜 L3 构成,并具有共用第 1 透射面 31、和相比共用第 1 透射面 31 靠近像面 5 侧配置的共用第 2 透射面 32。

[0672] 第 4 组 G4 由凹面朝向像面侧的负弯月透镜 L4 与凹面朝向像面侧的正弯月透镜 L5 的接合透镜构成,并具有共用第 3 透射面 41、相比共用第 3 透射面 41 靠近像面 5 侧配置的接合面 45、以及相比接合面 45 靠近像面 5 侧配置的共用第 4 透射面 51。

[0673] 光学系统 1 形成侧视光路 A 和直视光路 B。在侧视光路 A 中,从光学系统 1 侧方的侧视物体面 3 入射的光束依次经过前组 Gf 中的第 2 组 G2 和后组 Gb,在与中心轴 2 垂直的像面 5 上偏离中心轴 2 的外侧形成圆环状的影像。并且,在直视光路 B 中,从光学系统 1 的中心轴 2 附近的直视物体面入射的光束依次经过前组 Gf 和后组 Gb,在与中心轴 2 垂直的像面 5 上的中心轴 2 附近形成圆形的影像。

[0674] 侧视光路 A 具有大致 Z 字状的光路,该光路用于使从光学系统 1 的侧方入射的光束经过侧视第 1 透射面 21 进入前组 Gf 的第 2 组 G2 的透明介质 L2 内,在中心轴 2 侧的侧视第 1 反射面 22 向像面 5 的相反侧反射,再在侧视第 2 反射面 23 向像面 5 侧反射,经过侧视第 2 透射面 24 从透明介质 L2 射向外部。

[0675] 然后,上述光束经过构成光圈的开口 S,该开口 S 被配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间并与中心轴 2 同轴,再隔着中心轴 2 在相反侧经过共用第 1 透射面 31 进入后组 Gb 的第 3 组 G3 的正弯月透镜 L3 内,从共用第 2 透射面 32 射向外部,经过共用第 3 透射面 41 进入第 4 组 G4 的负弯月透镜 L4 内,经过接合面 45 从正弯月透镜 L5 的共用第 4 透射面 51 射向外部,并在像面 5 上偏离中心轴 2 的半径方向的预定位置成像。

[0676] 另外,直视光路 B 用于使入射到光学系统 1 的光束经过直视第 1 透射面 11 进入前

组 Gf 的第 1 组 G1 的透明介质 L1 内,经过相比直视第 1 透射面 11 靠近像面 5 侧配置的直视第 2 透射面 12,从透明介质 L1 射向外部,经过直视第 3 透射面 25 进入第 2 组 G2 的透明介质 L2 内,经过相比直视第 1 透射面 11 靠近像面 5 侧配置的直视第 4 透射面 26,从透明介质 L2 射向外部。

[0677] 然后,上述光束经过构成光圈的开口 S,该开口 S 被配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间并与中心轴 2 同轴,再经过共用第 1 透射面 31 进入后组 Gb 的第 3 组 G3 的正弯月透镜 L3 内,从共用第 2 透射面 32 射向外部,经过共用第 3 透射面 41 进入第 4 组 G4 的负弯月透镜 L4 内,经过接合面 45 从正弯月透镜 L5 的共用第 4 透射面 51 射向外部,并在像面 5 的中心轴 2 上成像。

[0678] 该实施例 7 的规格如下所述:

[0679] 视场角(侧视) $89.5^{\circ} \sim 135^{\circ}$

[0680] 视场角(直视) $0^{\circ} \sim 60^{\circ}$

[0681] 光圈直径 $\phi 0.5\text{mm}$

[0682] 像的大小(侧视) $\phi 1.80 \sim \phi 2.57$

[0683] (直视) $\phi 1.54$

[0684] 图 25 表示实施例 8 的沿光学系统 1 的中心轴 2 获取的剖面图。并且,图 26 表示该实施例的光学系统整体的侧视光路的横像差图,图 27 表示直视光路的横像差图。在该横像差图中,在中央部位示出的角度表示(水平方向视场角、垂直方向视场角),表示该视场角中的 Y 方向(原始方向)与 X 方向(弧矢方向)的横像差。另外,负的视场角对于水平方向视场角表示朝向 Y 轴正方向右旋的角度,对于垂直方向视场角表示朝向 X 轴正方向右旋的角度。以后也相同。

[0685] 在本实施例中,沿光学系统 1 的中心轴 2 同心地旋转对称的折射率大于 1 的透明介质的透射面和反射面中的侧视光路 A 的侧视第 1 反射面 22 被设计为扩展旋转自由曲面。透射面和侧视光路 A 的侧视第 2 反射面 23 被设计为非球面,但没有非球面项,因此,是与球面等效的结构示例。

[0686] 光学系统 1 由绕中心轴 2 旋转对称的前组 Gf、绕中心轴 2 旋转对称的后组 Gb、以及配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间并与中心轴 2 同轴的开口 S 构成,前组 Gf 由第 1 组 G1 和第 2 组 G2 构成,后组 Gb 由第 3 组 G3 和第 4 组 G4 构成。

[0687] 第 1 组 G1 由绕中心轴 2 旋转对称的折射率大于 1 的透明介质 L1 构成,透明介质 L1 具有:曲率半径无限大的直视第 1 透射面 11;以及相比直视第 1 透射面 11 靠近像面 5 侧配置的曲率半径无限大的直视第 2 透射面 12。

[0688] 第 2 组 G2 由绕中心轴 2 旋转对称的折射率大于 1 的透明介质 L2 构成,是将侧视光路 A 和直视光路 B 合成的光路合成光学系统。透明介质 L2 具有:圆柱状的作为第 1 透射面的侧视第 1 透射面 21,其与物体面 3 相对地配置在外侧,并与 Z 轴平行;作为第 1 反射面的侧视第 1 反射面 22,其形成于透明介质 L2 的内部,并且相比侧视第 1 透射面 21 靠近中心轴 2 侧形成,由扩展旋转自由曲面构成并具有负光焦距;作为第 2 反射面的侧视第 2 反射面 23,其形成于透明介质 L2 的内部,并且相比侧视第 1 透射面 22 靠近像面 5 的相反侧配置,由球面构成并具有正光焦距;以及作为第 2 透射面的侧视第 2 透射面 24,其相比侧视第 2 反射面 23 靠近像面 5 侧配置,由球面构成并具有负光焦距。并且,透明介质 L2 具有:直视第

3 透射面 25, 其由球面构成并具有负光焦度; 以及直视第 4 透射面 26, 其相比直视第 3 透射面 25 靠近像面 5 侧配置, 由球面构成并具有负光焦度。另外, 侧视第 2 透射面 24 和直视第 4 透射面 26 是同一面。

[0689] 第 3 组 G3 由凸面朝向像面 5 侧的正弯月透镜 L3 构成, 并具有共用第 1 透射面 31、和相比共用第 1 透射面 31 靠近像面 5 侧配置的共用第 2 透射面 32。

[0690] 第 4 组 G4 由双凸正透镜 L4 与凸面朝向像面 5 侧的负弯月透镜 L5 的接合透镜构成, 并具有共用第 3 透射面 41、相比共用第 3 透射面 41 靠近像面 5 侧配置的接合面 45、以及相比接合面 45 靠近像面 5 侧配置的共用第 4 透射面 51。

[0691] 光学系统 1 形成侧视光路 A 和直视光路 B。在侧视光路 A 中, 从光学系统 1 侧方的侧视物体面 3 入射的光束依次经过前组 Gf 中的第 2 组 G2 和后组 Gb, 在与中心轴 2 垂直的像面 5 上偏离中心轴 2 的外侧形成圆环状的影像。并且, 在直视光路 B 中, 从光学系统 1 的中心轴 2 附近的直视物体面入射的光束依次经过前组 Gf 和后组 Gb, 在与中心轴 2 垂直的像面 5 上的中心轴 2 附近形成圆形的影像。

[0692] 侧视光路 A 具有大致 Z 字状的光路, 该光路用于使从光学系统 1 的侧方入射的光束经过侧视第 1 透射面 21 进入前组 Gf 的第 2 组 G2 的透明介质 L2 内, 在中心轴 2 侧的侧视第 1 反射面 22 向像面 5 的相反侧反射, 再在侧视第 2 反射面 23 向像面 5 侧反射, 经过侧视第 2 反射面 24 从透明介质 L2 射向外部。

[0693] 然后, 上述光束经过构成光圈的开口 S, 该开口 S 被配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间并与中心轴 2 同轴, 再隔着中心轴 2 在相反侧经过共用第 1 透射面 31 进入后组 Gb 的第 3 组 G3 的正弯月透镜 L3 内, 从共用第 2 透射面 32 射向外部, 经过共用第 3 透射面 41 进入第 4 组 G4 的双凸正透镜 L4 内, 经过接合面 45 从负弯月透镜 L5 的共用第 4 透射面 51 射向外部, 并在像面 5 上偏离中心轴 2 的半径方向的预定位置成像。

[0694] 另外, 直视光路 B 用于使入射到光学系统 1 的光束经过直视第 1 透射面 11 进入前组 Gf 的第 1 组 G1 的透明介质 L1 内, 经过相比直视第 1 透射面 11 靠近像面 5 侧配置的直视第 2 透射面 12, 从透明介质 L1 射向外部, 经过直视第 3 透射面 25 进入第 2 组 G2 的透明介质 L2 内, 经过相比直视第 1 透射面 11 靠近像面 5 侧配置的直视第 4 透射面 26, 从透明介质 L2 射向外部。

[0695] 然后, 上述光束经过构成光圈的开口 S, 该开口 S 被配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间并与中心轴 2 同轴, 再经过共用第 1 透射面 31 进入后组 Gb 的第 3 组 G3 的正弯月透镜 L3 内, 从共用第 2 透射面 32 射向外部, 经过共用第 3 透射面 41 进入第 4 组 G4 的双凸正透镜 L4 内, 经过接合面 45 从负弯月透镜 L5 的共用第 4 透射面 51 射向外部, 并在像面 5 的中心轴 2 上成像。

[0696] 该实施例 8 的规格如下所述:

[0697] 视场角 (侧视) $89.5^{\circ} \sim 135^{\circ}$

[0698] 视场角 (直视) $0^{\circ} \sim 60^{\circ}$

[0699] 光圈直径 $\phi 0.5\text{mm}$

[0700] 像的大小 (侧视) $\phi 1.87 \sim \phi 2.48$

[0701] (直视) $\phi 1.57$

[0702] 图 28 表示实施例 9 的沿光学系统 1 的中心轴 2 获取的剖面图。并且, 图 29 表示

该实施例的光学系统整体的侧视光路的横像差图,图 30 表示直视光路的横像差图。在该横像差图中,在中央部位示出的角度表示(水平方向视场角、垂直方向视场角),表示该视场角中的 Y 方向(原始方向)与 X 方向(弧矢方向)的横像差。另外,负的视场角对于水平方向视场角表示朝向 Y 轴正方向右旋的角度,对于垂直方向视场角表示朝向 X 轴正方向右旋的角度。以后也相同。

[0703] 在本实施例中,沿光学系统 1 的中心轴 2 同心地旋转对称的折射率大于 1 的透明介质的透射面和反射面,被设计为球面。

[0704] 光学系统 1 由绕中心轴 2 旋转对称的前组 Gf、绕中心轴 2 旋转对称的后组 Gb、以及配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间并与中心轴 2 同轴的开口 S 构成,前组 Gf 由第 1 组 G1 和第 2 组 G2 构成,后组 Gb 由第 3 组 G3 和第 4 组 G4 构成。

[0705] 第 1 组 G1 由绕中心轴 2 旋转对称的折射率大于 1 的透明介质 L1 构成,透明介质 L1 具有:曲率半径无限大的直视第 1 透射面 11;以及相比直视第 1 透射面 11 靠近像面 5 侧配置,由球面构成并具有负光焦度的直视第 2 透射面 12。

[0706] 第 2 组 G2 由绕中心轴 2 旋转对称的折射率大于 1 的透明介质 L2 构成,是将侧视光路 A 和直视光路 B 合成的光路合成光学系统。透明介质 L2 具有:圆柱状的作为第 1 透射面的侧视第 1 透射面 21,其与物体面 3 相对地配置在外侧,并与 Z 轴平行;作为第 1 反射面的侧视第 1 反射面 22,其形成于透明介质 L2 的内部,并且相比侧视第 1 透射面 21 靠近中心轴 2 侧形成,由球面构成并具有负光焦度;作为第 2 反射面的侧视第 2 反射面 23,其形成于透明介质 L2 的内部,并且相比侧视第 1 反射面 22 靠近像面 5 的相反侧配置,由球面构成并具有正光焦度;以及作为第 2 透射面的侧视第 2 透射面 24,其相比侧视第 2 反射面 23 靠近像面 5 侧配置,由球面构成并具有负光焦度。并且,透明介质 L2 具有:作为第 3 透射面的直视第 3 透射面 25,其由球面构成并具有负光焦度;以及作为第 4 透射面的直视第 4 透射面 26,其相比直视第 3 透射面 25 靠近像面 5 侧配置,由球面构成并具有负光焦度。另外,侧视第 1 反射面 22 和侧视第 2 透射面 24 和直视第 4 透射面 26 是同一面,侧视第 2 反射面 23 和直视第 3 透射面 25 是同一面。

[0707] 第 3 组 G3 由双凸正透镜 L3 构成,并具有共用第 1 透射面 31、和相比共用第 1 透射面 31 靠近像面 5 侧配置的共用第 2 透射面 32。

[0708] 第 4 组 G4 由凹面朝向像面侧的负弯月透镜 L4 与双凸正透镜 L5 的接合透镜构成,并具有共用第 3 透射面 41、相比共用第 3 透射面 41 靠近像面 5 侧配置的接合面 42、以及相比接合面 45 靠近像面 5 侧配置的共用第 4 透射面 51。

[0709] 光学系统 1 形成侧视光路 A 和直视光路 B。在侧视光路 A 中,从光学系统 1 侧方的侧视物体面 3 入射的光束依次经过前组 Gf 中的第 2 组 G2 和后组 Gb,在与中心轴 2 垂直的像面 5 上偏离中心轴 2 的外侧形成圆环状的影像。并且,在直视光路 B 中,从光学系统 1 的中心轴 2 附近的直视物体面入射的光束依次经过前组 Gf 和后组 Gb,在与中心轴 2 垂直的像面 5 上的中心轴 2 附近形成圆形的影像。

[0710] 侧视光路 A 具有大致 Z 字状的光路,该光路用于使从光学系统 1 的侧方入射的光束经过侧视第 1 透射面 21 进入前组 Gf 的第 2 组 G2 的透明介质 L2 内,在中心轴 2 侧的侧视第 1 反射面 22 向像面 5 的相反侧反射,再在侧视第 2 反射面 23 向像面 5 侧反射,经过侧视第 2 反射面 24 从透明介质 L2 射向外部。

[0711] 然后,上述光束经过构成光圈的开口 S,该开口 S 被配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间并与中心轴 2 同轴,再隔着中心轴 2 在相反侧经过共用第 1 透射面 31 进入后组 Gb 的第 3 组 G3 的双凸正透镜 L3 内,从共用第 2 透射面 32 射向外部,经过共用第 3 透射面 41 进入第 4 组 G4 的负弯月透镜 L4 内,经过接合面 45 从双凸正透镜 L5 的共用第 4 透射面 51 射向外部,并在像面 5 上偏离中心轴 2 的半径方向的预定位置成像。

[0712] 另外,直视光路 B 用于使入射到光学系统 1 的光束经过直视第 1 透射面 11 进入前组 Gf 的第 1 组 G1 的透明介质 L1 内,经过相比直视第 1 透射面 11 靠近像面 5 侧配置的直视第 2 透射面 12,从透明介质 L1 射向外部,经过直视第 3 透射面 25 进入第 2 组 G2 的透明介质 L2 内,经过相比直视第 1 透射面 11 靠近像面 5 侧配置的直视第 4 透射面 26,从透明介质 L2 射向外部。

[0713] 然后,上述光束经过构成光圈的开口 S,该开口 S 被配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间并与中心轴 2 同轴,再经过共用第 1 透射面 31 进入后组 Gb 的第 3 组 G3 的双凸正透镜 L3 内,从共用第 2 透射面 32 射向外部,经过共用第 3 透射面 41 进入第 4 组 G4 的负弯月透镜 L4 内,经过接合面 45 从双凸正透镜 L5 的共用第 4 透射面 51 射向外部,并在像面 5 的中心轴 2 上成像。

[0714] 该实施例 9 的规格如下所述:

[0715] 视场角(侧视) $89^{\circ} \sim 150^{\circ}$

[0716] 视场角(直视) $0^{\circ} \sim 60^{\circ}$

[0717] 光圈直径 $\phi 0.5\text{mm}$

[0718] 像的大小(侧视) $\phi 1.90 \sim \phi 2.41$

[0719] (直视) $\phi 1.57$

[0720] 图 31 表示实施例 10 的沿光学系统 1 的中心轴 2 获取的剖面图。并且,图 32 表示该实施例的光学系统整体的侧视光路的横像差图,图 33 表示直视光路的横像差图。在该横像差图中,在中央部位示出的角度表示(水平方向视场角、垂直方向视场角),表示该视场角中的 Y 方向(原始方向)与 X 方向(弧矢方向)的横像差。另外,负的视场角对于水平方向视场角表示朝向 Y 轴正方向右旋的角度,对于垂直方向视场角表示朝向 X 轴正方向右旋的角度。以后也相同。

[0721] 本实施例是将沿光学系统 1 的中心轴 2 同心地旋转对称的折射率大于 1 的透明介质的反射面,设计为扩展旋转自由曲面的示例。

[0722] 光学系统 1 由绕中心轴 2 旋转对称的前组 Gf、绕中心轴 2 旋转对称的后组 Gb、以及配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间并与中心轴 2 同轴的开口 S 构成,前组 Gf 由第 1 组 G1 和第 2 组 G2 构成,后组 Gb 由第 3 组 G3 和第 4 组 G4 构成。

[0723] 第 1 组 G1 由绕中心轴 2 旋转对称的折射率大于 1 的透明介质 L1 构成,透明介质 L1 具有:曲率半径无限大的直视第 1 透射面 11;以及相比直视第 1 透射面 11 靠近像面 5 侧配置,由球面构成并具有负光焦度的直视第 2 透射面 12。

[0724] 第 2 组 G2 由绕中心轴 2 旋转对称的折射率大于 1 的透明介质 L2 构成,是将侧视光路 A 和直视光路 B 合成的光路合成光学系统。透明介质 L2 具有:圆柱状的作为第 1 透射面的侧视第 1 透射面 21,其与物体面 3 相对地配置在外侧,并与 Z 轴平行;作为第 1 反射面的侧视第 1 反射面 22,其形成于透明介质 L2 的内部,并且相比侧视第 1 透射面 21 靠近中心

轴 2 侧形成,由扩展旋转自由曲面构成并具有负光焦度;作为第 2 反射面的侧视第 2 反射面 23,其形成于透明介质 L2 的内部,并且相比侧视第 1 反射面 22 靠近像面 5 的相反侧配置,由扩展旋转自由曲面构成并具有正光焦度;以及作为第 2 透射面的侧视第 2 透射面 24,其相比侧视第 2 反射面 23 靠近像面 5 侧配置,由扩展旋转自由曲面构成并具有负光焦度。并且,透明介质 L2 具有:直视第 3 透射面 25,其由扩展旋转自由曲面构成并具有负光焦度;以及直视第 4 透射面 26,其相比直视第 3 透射面 25 靠近像面 5 侧配置,由球面构成并具有负光焦度。另外,侧视第 2 透射面 24 和直视第 4 透射面 26 是同一面。

[0725] 第 3 组 G3 由凸面朝向像面 5 侧的正弯月透镜 L3 构成,并具有共用第 1 透射面 31、和相比共用第 1 透射面 31 靠近像面 5 侧配置的共用第 2 透射面 32。

[0726] 第 4 组 G4 由凹面朝向像面侧的负弯月透镜 L4 与双凸正透镜 L5 的接合透镜构成,并具有共用第 3 透射面 41、相比共用第 3 透射面 41 靠近像面 5 侧配置的接合面 45、以及相比接合面 45 靠近像面 5 侧配置的共用第 4 透射面 51。

[0727] 光学系统 1 形成侧视光路 A 和直视光路 B。在侧视光路 A 中,从光学系统 1 侧方的侧视物体面 3 入射的光束依次经过前组 Gf 中的第 2 组 G2 和后组 Gb,在与中心轴 2 垂直的像面 5 上偏离中心轴 2 的外侧形成圆环状的影像。并且,在直视光路 B 中,从光学系统 1 的中心轴 2 附近的直视物体面入射的光束依次经过前组 Gf 和后组 Gb,在与中心轴 2 垂直的像面 5 上的中心轴 2 附近形成圆形的影像。

[0728] 侧视光路 A 具有大致 Z 字状的光路,该光路用于使从光学系统 1 的侧方入射的光束经过侧视第 1 透射面 21 进入前组 Gf 的第 2 组 G2 的透明介质 L2 内,在中心轴 2 侧的侧视第 1 反射面 22 向像面 5 的相反侧反射,再在侧视第 2 反射面 23 向像面 5 侧反射,经过侧视第 2 透射面 24 从透明介质 L2 射向外部。

[0729] 然后,上述光束经过构成光圈的开口 S,该开口 S 被配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间并与中心轴 2 同轴,再隔着中心轴 2 在相反侧经过共用第 1 透射面 31 进入后组 Gb 的第 3 组 G3 的正弯月透镜 L3 内,从共用第 2 透射面 32 射向外部,经过共用第 3 透射面 41 进入第 4 组 G4 的负弯月透镜 L4 内,经过接合面 45 从双凸正透镜 L5 的共用第 4 透射面 51 射向外部,并在像面 5 上偏离中心轴 2 的半径方向的预定位置成像。

[0730] 另外,直视光路 B 用于使入射到光学系统 1 的光束经过直视第 1 透射面 11 进入前组 Gf 的第 1 组 G1 的透明介质 L1 内,经过相比直视第 1 透射面 11 靠近像面 5 侧配置的直视第 2 透射面 12,从透明介质 L1 射向外部,经过直视第 3 透射面 25 进入第 2 组 G2 的透明介质 L2 内,经过相比直视第 1 透射面 11 靠近像面 5 侧配置的直视第 4 透射面 26,从透明介质 L2 射向外部。

[0731] 然后,上述光束经过构成光圈的开口 S,该开口 S 被配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间并与中心轴 2 同轴,再经过共用第 1 透射面 31 进入后组 Gb 的第 3 组 G3 的正弯月透镜 L3 内,从共用第 2 透射面 32 射向外部,经过共用第 3 透射面 41 进入第 4 组 G4 的负弯月透镜 L4 内,经过接合面 45 从双凸正透镜 L5 的共用第 4 透射面 51 射向外部,并在像面 5 的中心轴 2 上成像。

[0732] 该实施例 10 的规格如下所述:

[0733] 视场角(侧视) $89.5^{\circ} \sim 135^{\circ}$

[0734] 视场角(直视) $0^{\circ} \sim 60^{\circ}$

[0735] 光圈直径 $\phi 0.5\text{mm}$

[0736] 像的大小 (侧视) $\phi 1.80 \sim \phi 2.57$

[0737] (直视) $\phi 1.54$

[0738] 下面,示出上述实施例 6 ~ 10 的结构参数。另外,下面的表中的“ASS”表示非球面,“ERFS”表示扩展旋转自由曲面,“RE”表示反射面。

[0739] 实施例 6

[0740] 侧视光路

[0741]	面序号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数
[0742]	物体面	10.00	10.00	偏心 [1]		
[0743]	1	ERFS [1]		偏心 [2]	1.8348	42.7
[0744]	2	ERFS [2] (RE)		偏心 [3]	1.8348	42.7
[0745]	3	ERFS [3] (RE)		偏心 [4]	1.8348	42.7
[0746]	4	ERFS [2]		偏心 [3]		
[0747]	5	∞	-0.50	偏心 [5]	1.5163	64.1
[0748]	6	∞ (光圈)	0.35			
[0749]	7	-1.96	1.00		1.7292	54.7
[0750]	8	-1.54	0.10			
[0751]	9	2.41	0.30		1.7529	27.7
[0752]	10	1.25	1.60		1.6583	53.9
[0753]	11	31.16	1.87			
[0754]	12	∞	0.40		1.5163	64.1
[0755]	13	∞	0.10			
[0756]	像面	∞				
[0757]		ERFS [1]				
[0758]	RY	∞				
[0759]	θ	90.00				
[0760]	R	-3.00				
[0761]		ERFS [2]				
[0762]	RY	2.04				
[0763]	θ	54.52				
[0764]	R	-1.66				
[0765]		ERFS [3]				
[0766]	RY	5.71				
[0767]	θ	18.97				
[0768]	R	-1.86				
[0769]		偏心 [1]				
[0770]	X	0.00	Y	-9.24	Z	3.83
[0771]	α	112.50	β	0.00	γ	0.00
[0772]		偏心 [2]				

[0773]	X	0.00	Y	0.00	Z	1.24		
[0774]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00		
[0775]			偏心 [3]					
[0776]	X	0.00	Y	0.00	Z	0.96		
[0777]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00		
[0778]			偏心 [4]					
[0779]	X	0.00	Y	0.00	Z	-0.61		
[0780]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00		
[0781]			偏心 [5]					
[0782]	X	0.00	Y	0.00	Z	2.57		
[0783]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00		
[0784]	直视光路							
[0785]	面序号		曲率半径		面间隔		偏心	折射率 阿贝数
[0786]	物体面		20.00		20.00			
[0787]	1		∞		1.00			1.5163 64.1
[0788]	2		2.27		2.13			
[0789]	3		ERFS[3]				偏心 [4]	1.8348 42.7
[0790]	4		ERFS[2]				偏心 [3]	
[0791]	5		∞ 0.50				偏心 [5]	1.5163 64.1
[0792]	6		∞ (光圈)					
[0793]	7		-1.96		1.00			1.7292 54.7
[0794]	8		-1.54		0.10			
[0795]	9		2.41		0.30			1.7529 27.7
[0796]	10		1.25		1.60			1.6583 53.9
[0797]	11		31.16		1.87			
[0798]	12		∞		0.40			1.5163 64.1
[0799]	13		∞		0.10			
[0800]	像面		∞					
[0801]			ERFS[2]					
[0802]	RY	2.04						
[0803]	θ	54.52						
[0804]	R	-1.66						
[0805]			ERFS[3]					
[0806]	RY	5.71						
[0807]	θ	18.97						
[0808]	R	-1.86						
[0809]			偏心 [3]					
[0810]	X	0.00	Y	0.00	Z	0.96		
[0811]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00		

[0812]			偏心 [4]				
[0813]	X	0.00	Y	0.00	Z	-0.61	
[0814]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
[0815]			偏心 [5]				
[0816]	X	0.00	Y	0.00	Z	2.57	
[0817]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
[0818]	实施例 7						
[0819]	侧视光路						
[0820]	面序号		曲率半径		面间隔	偏心	折射率 阿贝数
[0821]	物体面		10.00		10.00	偏心 [1]	
[0822]	1		ERFS[1]			偏心 [2]	1.8348 42.7
[0823]	2		ERFS[2] (RE)			偏心 [3]	1.8348 42.7
[0824]	3		ERFS[3] (RE)			偏心 [4]	1.8348 42.7
[0825]	4		ERFS[4]			偏心 [5]	
[0826]	5		∞	0.50		偏心 [6]	1.5163 64.1
[0827]	6		∞ (光圈)	0.20			
[0828]	7		-2.18	1.00			1.7292 54.7
[0829]	8		-1.32	0.10			
[0830]	9		3.43	0.30			1.7063 29.9
[0831]	10		0.91	1.60			1.7038 48.4
[0832]	11		21.69	1.61			
[0833]	12		∞	0.40			1.5163 64.1
[0834]	13		∞	0.10			
[0835]	像面		∞				
[0836]			ERFS[1]				
[0837]	RY	∞					
[0838]	θ	90.00					
[0839]	R	-3.00					
[0840]			ERFS[2]				
[0841]	RY	4.75					
[0842]	θ	50.15					
[0843]	R	-1.72					
[0844]			ERFS[3]				
[0845]	RY	5.62					
[0846]	θ	17.31					
[0847]	R	-1.67					
[0848]			ERFS[4]				
[0849]	RY	1.45					
[0850]	θ	45.27					

[0851]	R	-1.03					
[0852]			偏心 [1]				
[0853]	X	0.00	Y	-9.24	Z	3.83	
[0854]	α	112.50	β	0.00	γ	0.00	
[0855]			偏心 [2]				
[0856]	X	0.00	Y	0.00	Z	1.24	
[0857]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
[0858]			偏心 [3]				
[0859]	X	0.00	Y	0.00	Z	0.97	
[0860]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
[0861]			偏心 [4]				
[0862]	X	0.00	Y	0.00	Z	-0.63	
[0863]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
[0864]			偏心 [5]				
[0865]	X	0.00	Y	0.00	Z	0.24	
[0866]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
[0867]			偏心 [6]				
[0868]	X	0.00	Y	0.00	Z	1.83	
[0869]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
[0870]	直视光路						
[0871]	面序号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数	
[0872]	物体面	20.90	20.00				
[0873]	1	∞	1.00		1.5163	64.1	
[0874]	2	3.47	2.25				
[0875]	3	ERFS[3]		偏心 [4]	1.8348	42.7	
[0876]	4	ERFS[4]		偏心 [5]			
[0877]	5	∞	0.50	偏心 [6]	1.5163	64.1	
[0878]	6	∞ (光圈)	0.20				
[0879]	7	-2.18	1.00		1.7292	54.7	
[0880]	8	-1.32	0.10				
[0881]	9	3.43	0.30		1.7063	29.9	
[0882]	10	0.91	1.60	1.7038	48.4		
[0883]	11	21.69	1.61				
[0884]	12	∞	0.40	1.5163	64.1		
[0885]	13	∞	0.10				
[0886]	像面	∞					
[0887]		ERFS[3]					
[0888]	RY	5.62					
[0889]	θ	17.31					

[0890]	R	-1.67				
[0891]			ERFS[4]			
[0892]	RY	1.45				
[0893]	θ	45.27				
[0894]	R	-1.03				
[0895]			偏心 [4]			
[0896]	X	0.00	Y	0.00	Z	-0.63
[0897]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00
[0898]			偏心 [5]			
[0899]	X	0.00	Y	0.00	Z	0.24
[0900]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00
[0901]			偏心 [6]			
[0902]	X	0.00	Y	0.00	Z	1.83
[0903]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00
[0904]	实施例 8					
[0905]	侧视光路					
[0906]	面序号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数
[0907]	物体面	10.00	10.00	偏心 [1]		
[0908]	1	ERFS[1]		偏心 [2]	1.8348	42.7
[0909]	2	ERFS[2] (RE)		偏心 [3]	1.8348	42.7
[0910]	3	ASS[1] (RE)		偏心 [4]	1.8348	42.7
[0911]	4	ASS[2]		偏心 [5]		
[0912]	5	∞	0.50	偏心 [6]	1.5163	64.1
[0913]	6	∞ (光圈)	0.20			
[0914]	7	-2.11	1.00		1.7292	54.7
[0915]	8	-1.53	0.10			
[0916]	9	3.51	1.60		1.6204	60.3
[0917]	10	-1.30	0.50		1.7552	27.6
[0918]	11	-2.52	2.12			
[0919]	12	∞	0.40		1.5163	64.1
[0920]	13	∞	0.10			
[0921]	像面	∞				
[0922]		ERFS[1]				
[0923]	RY	∞				
[0924]	θ	90.00				
[0925]	R	-3.00				
[0926]		ERFS[2]				
[0927]	RY	8.21				
[0928]	θ	41.24				

[0929]	R	-2.36					
[0930]			ASS[1]				
[0931]	R	6.48					
[0932]	k	0.0000					
[0933]			ASS[2]				
[0934]	R	0.80					
[0935]	k	0.0000					
[0936]			偏心 [1]				
[0937]	X	0.00	Y	-9.24	Z	3.83	
[0938]	α	112.50	β	0.00	γ	0.00	
[0939]			偏心 [2]				
[0940]	X	0.00	Y	0.00	Z	1.24	
[0941]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
[0942]			偏心 [3]				
[0943]	X	0.00	Y	0.00	Z	1.11	
[0944]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
[0945]			偏心 [4]				
[0946]	X	0.00	Y	0.00	Z	-0.72	
[0947]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
[0948]			偏心 [5]				
[0949]	X	0.00	Y	0.00	Z	-0.18	
[0950]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
[0951]			偏心 [6]				
[0952]	X	0.00	Y	0.00	Z	1.19	
[0953]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
[0954]	直视光路						
[0955]	面序号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数	
[0956]	物体面	20.00	20.00				
[0957]	1	∞	1.00		1.5163	64.1	
[0958]	2	∞	1.22				
[0959]	3	ASS[1]		偏心 [4]	1.8348	42.7	
[0960]	4	ASS[2]		偏心 [5]			
[0961]	5	∞	0.50	偏心 [6]	1.5163	64.1	
[0962]	6	∞ (光圈)	0.20				
[0963]	7	-2.11	1.00		1.7292	54.7	
[0964]	8	-1.53	0.10				
[0965]	9	3.51	1.60		1.6204	60.3	
[0966]	10	-1.30	0.50		1.7552	27.6	
[0967]	11	-2.52	2.12				

[0968]	12	∞		0.40		1.5163	64.1
[0969]	13	∞		0.10			
[0970]	像面	∞					
[0971]		ASS[1]					
[0972]	R	6.48					
[0973]	k	0.0000					
[0974]		ASS[2]					
[0975]	R	0.80					
[0976]	k	0.0000					
[0977]		偏心 [4]					
[0978]	X	0.00	Y	0.00	Z	-0.72	
[0979]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
[0980]		偏心 [5]					
[0981]	X	0.00	Y	0.00	Z	-0.18	
[0982]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
[0983]		偏心 [6]					
[0984]	X	0.00	Y	0.00	Z	1.19	
[0985]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
[0986]	实施例 9						
[0987]	侧视光路						
[0988]	面序号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数	
[0989]	物体面	10.00	10.00	偏心 [1]			
[0990]	1	ERFS[1]		偏心 [2]	1.8348	42.7	
[0991]	2	ASS[1] (RE)		偏心 [3]	1.8348	42.7	
[0992]	3	ASS[2] (RE)		偏心 [4]	1.8348	42.7	
[0993]	4	ASS[1]		偏心 [3]			
[0994]	5	∞	0.50	偏心 [5]	1.5163	64.1	
[0995]	6	∞ (光圈)	2.28				
[0996]	7	7.24	1.40		1.7292	54.7	
[0997]	8	-3.73	0.10				
[0998]	9	4.26	0.30		1.7479	27.9	
[0999]	10	1.56	1.80		1.5311	66.1	
[1000]	11	-9.12	2.33				
[1001]	12	∞	0.40		1.5163	64.1	
[1002]	13	∞	0.10				
[1003]	像面	∞					
[1004]		ERFS[1]					
[1005]	RY	∞					
[1006]	θ	90.00					

[1007]	R	-3.00						
[1008]			ASS[1]					
[1009]	R	2.36						
[1010]	k	0.0000						
[1011]			ASS[2]					
[1012]	R	8.35						
[1013]	k	0.0000						
[1014]			偏心 [1]					
[1015]	X	0.00	Y	-8.67	Z	4.98		
[1016]	α	120.00	β	0.00	γ	0.00		
[1017]			偏心 [2]					
[1018]	X	0.00	Y	0.00	Z	1.71		
[1019]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00		
[1020]			偏心 [3]					
[1021]	X	0.00	Y	0.00	Z	0.42		
[1022]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00		
[1023]			偏心 [4]					
[1024]	X	0.00	Y	0.00	Z	-1.45		
[1025]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00		
[1026]			偏心 [5]					
[1027]	X	0.00	Y	0.00	Z	3.18		
[1028]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00		
[1029]			直视光路					
[1030]	面序号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数		
[1031]	物体面	20.00	20.00					
[1032]	1	∞	1.00		1.5163	64.1		
[1033]	2	1.98	2.16					
[1034]	3	ASS[2]		偏心 [4]	1.8348	42.7		
[1035]	4	ASS[1]		偏心 [3]				
[1036]	5	∞	0.50	偏心 [5]	1.5163	64.1		
[1037]	6	∞ (光圈)	2.28					
[1038]	7	7.24	1.40		1.7292	54.7		
[1039]	8	-3.73	0.10					
[1040]	9	4.26	0.30		1.7479	27.9		
[1041]	10	1.56	1.80		1.5311	66.1		
[1042]	11	-9.12	2.33					
[1043]	12	∞	0.40		1.5163	64.1		
[1044]	13	∞	0.10					
[1045]	像面	∞						

[1046]			ASS[1]				
[1047]	R	2.36					
[1048]	k	0.0000					
[1049]			ASS[2]				
[1050]	R	8.35					
[1051]	k	0.0000					
[1052]			偏心 [3]				
[1053]	X	0.00	Y	0.00	Z	0.42	
[1054]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
[1055]			偏心 [4]				
[1056]	X	0.00	Y	0.00	Z	-1.45	
[1057]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
[1058]			偏心 [5]				
[1059]	X	0.00	Y	0.00	Z	3.18	
[1060]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
[1061]	实施例 10						
[1062]	侧视光路						
[1063]	面序号		曲率半径		面间隔	偏心	折射率 阿贝数
[1064]	物体面		10.00		10.00	偏心 [1]	
[1065]	1		ERFS[1]			偏心 [2]	1.8348 42.7
[1066]	2		ERFS[2] (RE)			偏心 [3]	1.8348 42.7
[1067]	3		ERFS[3] (RE)			偏心 [4]	1.8348 42.7
[1068]	4		ERFS[4]			偏心 [5]	
[1069]	5		∞	0.50		偏心 [6]	1.5163 64.1
[1070]	6		∞ (光圈)	0.48			
[1071]	7		-19.12	1.00			1.7292 54.7
[1072]	8		-1.87	0.10			
[1073]	9		10.85	0.30			1.7552 27.6
[1074]	10		1.03	1.60			1.7427 44.9
[1075]	11		-8.15	1.91			
[1076]	12		∞	0.40			1.5163 64.1
[1077]	13		∞	0.10			
[1078]	像面		∞				
[1079]			ERFS[1]				
[1080]	RY	∞					
[1081]	θ	90.00					
[1082]	R	-3.00					
[1083]			ERFS[2]				
[1084]	RY	2.97					

[1085]	θ	48.06					
[1086]	R	-1.96					
[1087]			ERFS[3]				
[1088]	RY	3.99					
[1089]	θ	15.59					
[1090]	R	-1.80					
[1091]			ERFS[4]				
[1092]	RY	1.50					
[1093]	θ	50.66					
[1094]	R	-1.16					
[1095]			偏心 [1]				
[1096]	X	0.00	Y	-9.24	Z	3.83	
[1097]	α	112.50	β	0.00	γ	0.00	
[1098]			偏心 [2]				
[1099]	X	0.00	Y	0.00	Z	1.24	
[1100]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
[1101]			偏心 [3]				
[1102]	X	0.00	Y	0.00	Z	1.02	
[1103]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
[1104]			偏心 [4]				
[1105]	X	0.00	Y	0.00	Z	-0.53	
[1106]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
[1107]			偏心 [5]				
[1108]	X	0.00	Y	0.00	Z	0.32	
[1109]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
[1110]			偏心 [6]				
[1111]	X	0.00	Y	0.00	Z	2.49	
[1112]	α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
[1113]	直视光路						
[1114]	面序号	曲率半径	面间隔	偏心	折射率	阿贝数	
[1115]	物体面	20.00	20.00				
[1116]	1	∞	1.00		1.5163	64.1	
[1117]	2	2.91	2.09				
[1118]	3	ERFS[5]		偏心 [7]	1.8348	42.7	
[1119]	4	ERFS[4]		偏心 [5]			
[1120]	5	∞	0.50	偏心 [6]	1.5163	64.1	
[1121]	6	∞ (光圈)	0.48				
[1122]	7	-19.12	1.00		1.7292	54.7	
[1123]	8	-1.87	0.10				

[1124]	9	10.85	0.30	1.7552	27.6
[1125]	10	1.03	1.60	1.7427	44.9
[1126]	11	-8.15	1.91		
[1127]	12	∞	0.40	1.5163	64.1
[1128]	13	∞	0.10		
[1129]	像面	∞			
[1130]		ERFS[4]			
[1131]	RY	1.50			
[1132]	θ	50.66			
[1133]	R	-1.16			
[1134]		ERFS[5]			
[1135]	RY	4.09			
[1136]	θ	7.31			
[1137]	R	-0.52			
[1138]		偏心 [5]			
[1139]	X	0.00	Y 0.00	Z 0.32	
[1140]	α	0.00	β 0.00	γ 0.00	
[1141]		偏心 [6]			
[1142]	X	0.00	Y 0.00	Z 2.49	
[1143]	α	0.00	β 0.00	γ 0.00	
[1144]		偏心 [7]			
[1145]	X	0.00	Y 0.00	Z -0.74	
[1146]	α	0.00	β 0.00	γ 0.00	

[1147] 并且,关于中心主光线在侧视第 1 反射面 22 上的位置,在把以从开口到物体侧为正时在旋转对称轴方向实现的长度设为 d_1 ,同样把中心主光线在侧视第 2 反射面 23 上的位置设为 d_2 时,优选以下条件:

[1148]	实施例 6	实施例 7	实施例 8	实施例 9	实施例 10
[1149] d	1.11	1.36	0.59	3.26	1.96
[1150] d	23.68	2.96	2.41	2.23	3.51
[1151] d_1/d_2	0.62	0.46	0.25	1.46	0.55

[1152] 并且,

$$[1153] \quad d_1 > 0 \quad \dots (3)$$

[1154] 上述条件式表示侧视第 1 反射面 22 位于开口和侧视第 2 反射面 23 之间,尤其是用于位于不易和后组 Gb 的光学系统干扰的最佳位置的条件。

[1155] 另外,优选满足下述条件:

$$[1156] \quad d_1/d_2 > 0 \quad \dots (4)$$

[1157] 通过满足该条件式,能够构成小型的光学系统。如果超过上限,则导致第 2 反射面的反射角增大。如果外形变粗,则不能在其他面上校正在第 2 反射面产生的偏心像差。

[1158] 以上的实施例是将沿光学系统 1 的中心轴 2 同心地旋转对称的折射率大于 1 的透

明介质的透射面和反射面,设计为扩展旋转自由曲面的示例,但在扩展旋转自由曲面与旋转对称面正交、不使用高次项时,将成为与球面等效的结构。

[1159] 并且,前组 Gf 的反射面和折射面分别是通过使任意形状的线段绕旋转对称轴 1 旋转而形成的,并被设计成为在旋转对称轴 1 上不具有面顶的扩展旋转自由曲面,但也可以分别替换为任意的曲面。

[1160] 并且,本发明的光学系统的定义用于形成旋转对称面的任意形状的线段的算式使用包含奇数次项的算式,由此校正因偏心产生的像面 5 的倾斜和逆向投影时的光圈的瞳孔像差。

[1161] 并且,构成本发明的前组 Gf 的绕中心轴 2 旋转对称的透明介质被直接采用,由此能够拍摄或投影具有 360° 的全方位视场角的图像,但也可以沿包含中心轴 2 的断面将该透明介质切成二分之一、三分之一、三分之二等,由此拍摄或投影绕中心轴 2 的视场角为 180° 、 120° 、 240° 等的图像。

[1162] 以上,说明了把本发明的光学系统用作摄像或观察光学系统,该系统使中心轴(旋转对称轴)1 朝向垂直方向,获得包含天顶在内的 360° 的全方位(全周)视场角的图像,但本发明不限于摄影光学系统、观察光学系统,也能够用作构成逆向光路、并以包含天顶在内的 360° 的全方位(全周)视场角投影图像的投影光学系统。并且,还可以用作内窥镜的管内观察装置的全周观察光学系统。

[1163] 图 34 表示本实施例的图像和摄像元件的配置示例。图 34(a) 是使用画面比为 16 : 9 的摄像元件的示例。在不使用上下方向的图像的情况下,优选使摄像元件 50 的大小与侧视光路 A 的图像 A1 的左右位置一致。图 34(b) 是使用画面比为 4 : 3 的摄像元件 50,使摄像元件 50 的大小与直视光路 B 的图像 B1 一致的示例,与图 34(a) 相同,表示不使用上下方向的影像的情况。图 34(c) 是使用画面比为 4 : 3 的摄像元件 50,使摄像元件 50 的大小与侧视光路 A 的图像 A1 一致的示例。如果进行这种配置,则能够拍摄全部的侧视光路 A 的图像 A1 和直视光路 B 的图像 B1 双方。

[1164] 下面,作为本发明的光学系统 1 的应用示例,说明摄影光学系统 101 或投影光学系统 102 的应用示例。图 35 是表示内窥镜前端的摄影光学系统使用了本发明的摄影光学系统 101 的示例的图,图 35(a) 是在硬质内窥镜 110 的前端 101 安装本发明的摄影光学系统,并拍摄观察 360° 的全方位图像的示例。图 35(b) 表示其前端的结构概况。在本发明的全景摄影光学系统 101 的前组 Gf 的入射面 21 的周边配置有杂光光圈 107,以防止杂光入射,杂光光圈 107 由具有沿圆周方向延伸成带状的开口 106 的壳体等构成。另外,图 35(c) 是表示在软质电子内窥镜 113 的前端同样安装本发明的全景摄影光学系统 101,在显示装置 114 上对拍摄到的图像实施图像处理并校正畸变后进行显示的示例。

[1165] 图 36 和图 37 是在胶囊内窥镜 120 上安装本发明的摄影光学系统 101,并拍摄观察 360° 的全方位图像的示例。在本发明的摄影光学系统 101 的侧视光路 A 中的前组 Gf 的第 2 组的侧视第 1 透射面 21 的周边,在壳体等上形成有杂光光圈 107,以防止杂光入射,该壳体具有沿圆周方向延伸成带状的开口 106,同时在直视光路 B 中的前组 Gf 的第 1 组的直视第 1 透射面 11 的前方具有圆形状的开口 106。

[1166] 如图 35、图 36 和图 37 所示,内窥镜使用摄影光学系统 101,由此能够拍摄观察摄影光学系统 101 后方的图像,能够从与以往不同的角度拍摄观察各个部位。

[1167] 图 38(a) 是表示在汽车 130 的前方安装本发明的摄影光学系统 101 作为摄影光学系统,在车内的显示装置上对经由各个摄影光学系统 101 拍摄到的图像实施图像处理并校正畸变后进行显示的示例的图,图 38(b) 是在汽车 130 的各个角部和头部的进气口(ポール)的顶部安装多个本发明的摄影光学系统 101 作为摄影光学系统,在车内的显示装置上对经由各个摄影光学系统 101 拍摄到的图像实施图像处理并校正畸变后同时进行显示的示例的图。该情况时,如图 34(a) 所示,如果使摄像元件 50 的大小与侧视光路 A 的图像 A1 的左右位置一致,则能够拍摄较大的左右图像,因此是优选方式。

[1168] 另外,图 39 表示下述示例,使用本发明的投影光学系统 102 作为投影装置 140 的投影光学系统,在配置于其像面 5 的显示元件上显示全景图像,通过投影光学系统 102,在全方位配置的 360° 屏幕 141 上投影显示 360° 的全方位图像。

[1169] 另外,图 40 表示下述示例,在建筑物 150 的外部安装使用了本发明的摄影光学系统 101 的摄影装置 151,在室内配置使用了本发明的摄影光学系统 101 的投影装置 151,并将它们连接成通过电线 152 将由摄影装置 151 拍摄到的影像发送给投影装置 140。在这种配置中,经由摄影光学系统 101 利用摄影装置 151 拍摄室外的 360° 全方位的被摄体 0,将其影像信号通过电线 152 发送给投影装置 140,在配置于像面的显示元件上显示该影像,通过投影光学系统 102 在室内的壁面等上投影显示被摄体 0 的影像 0'。

[1170] 产业上的应用领域

[1171] 在以上所述的光学系统中,能够获得像差得到良好校正的、析像力良好的小型光学系统,其能够利用简单的结构观察不同的方向或者将影像投影到不同的方向。并且,在相比与中心轴正交的方向靠近像面的一侧能够获取较大的观察视场角。另外,能够减少彗形像差和偏心像差的产生。此外,能够容易且低成本地实现光学系统的加工,能够有效利用像素。

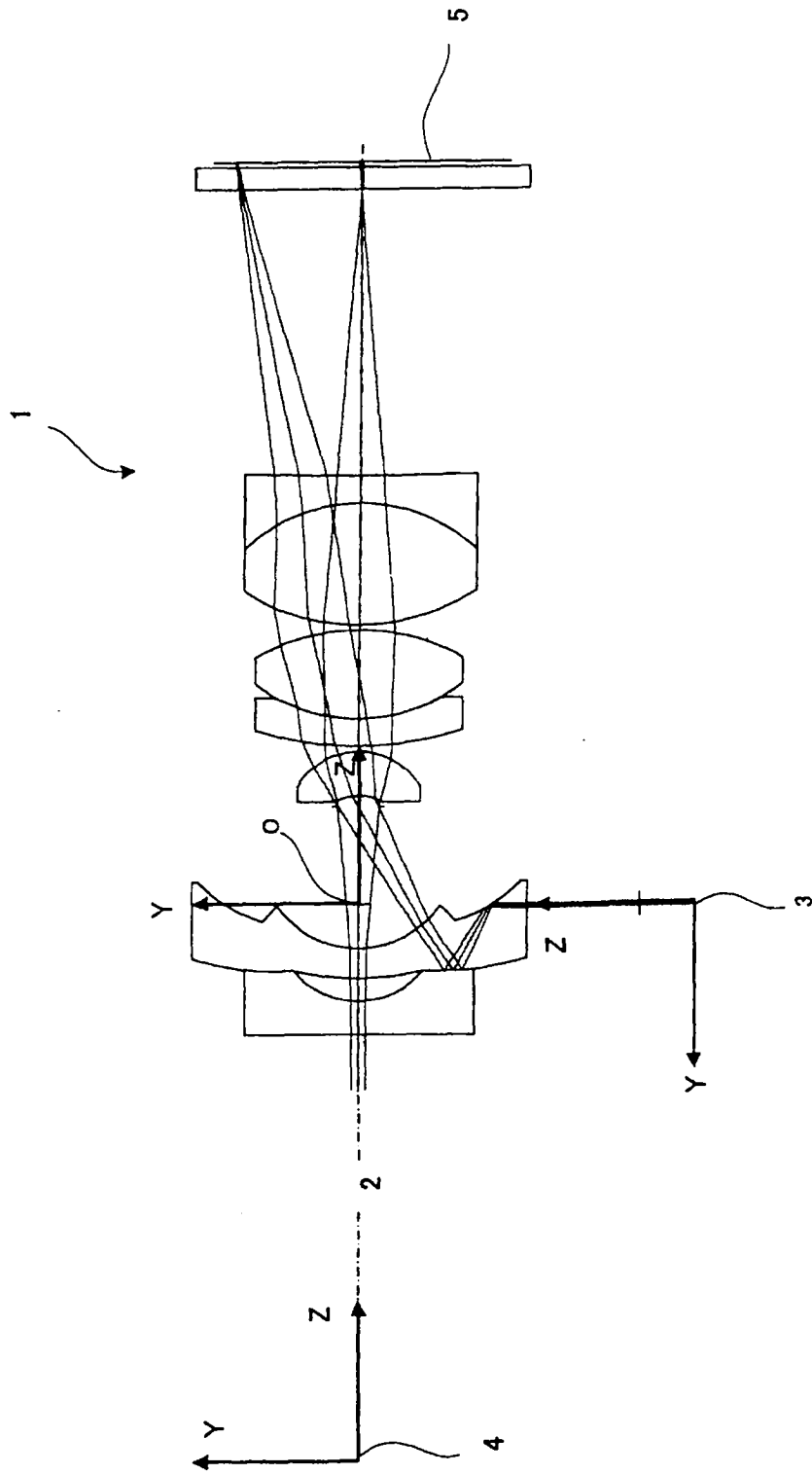


图 1

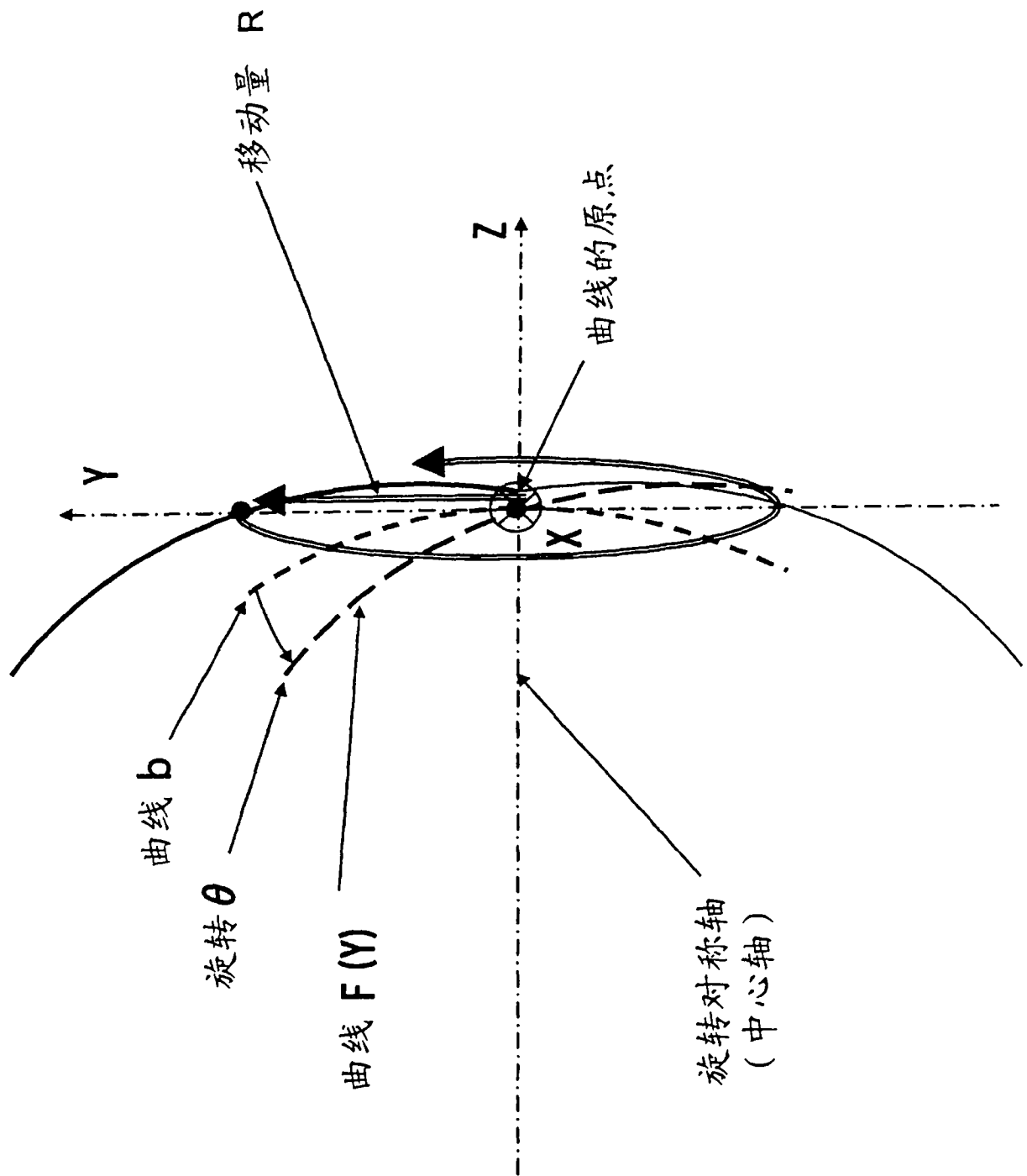


图 2

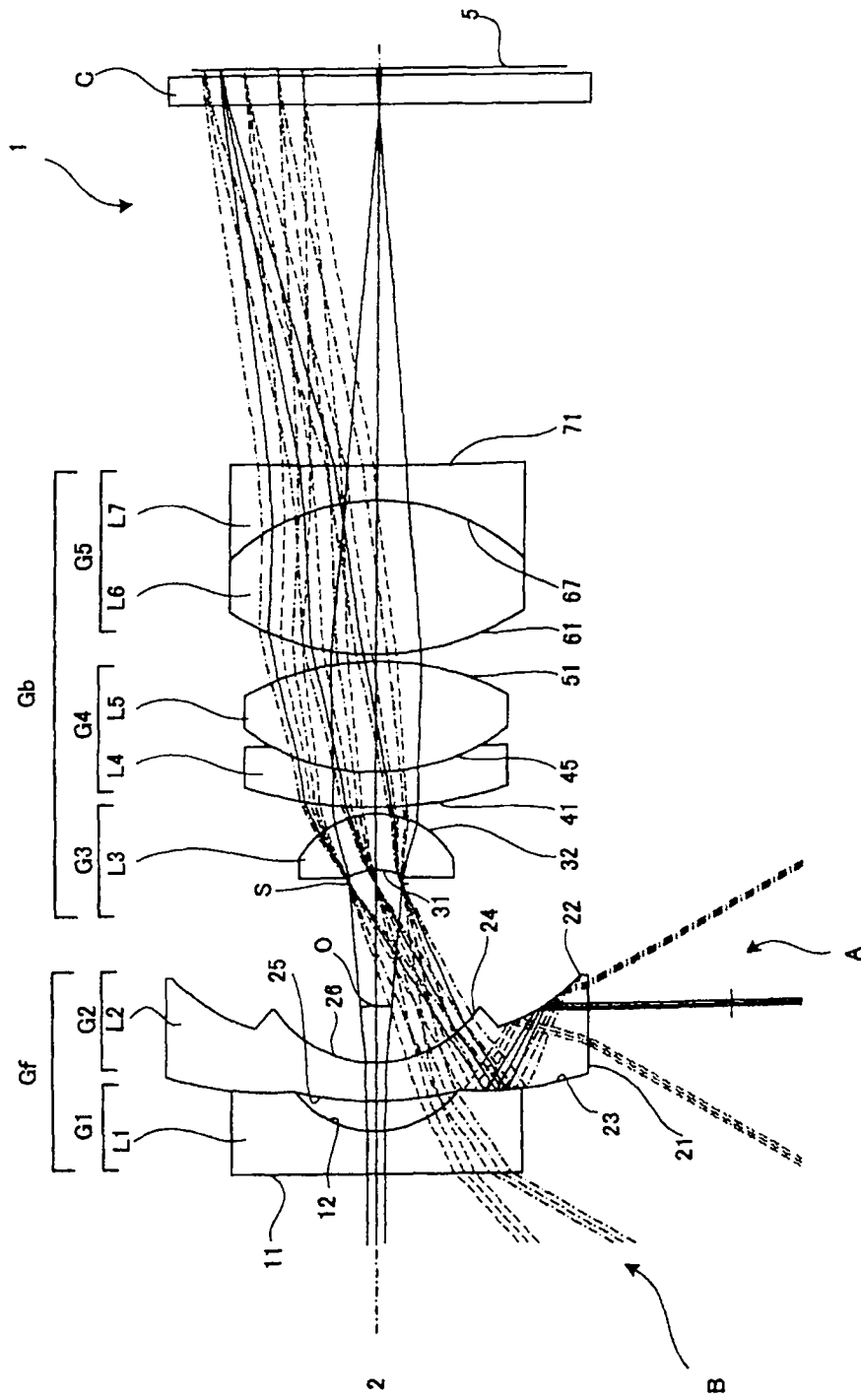


图 3

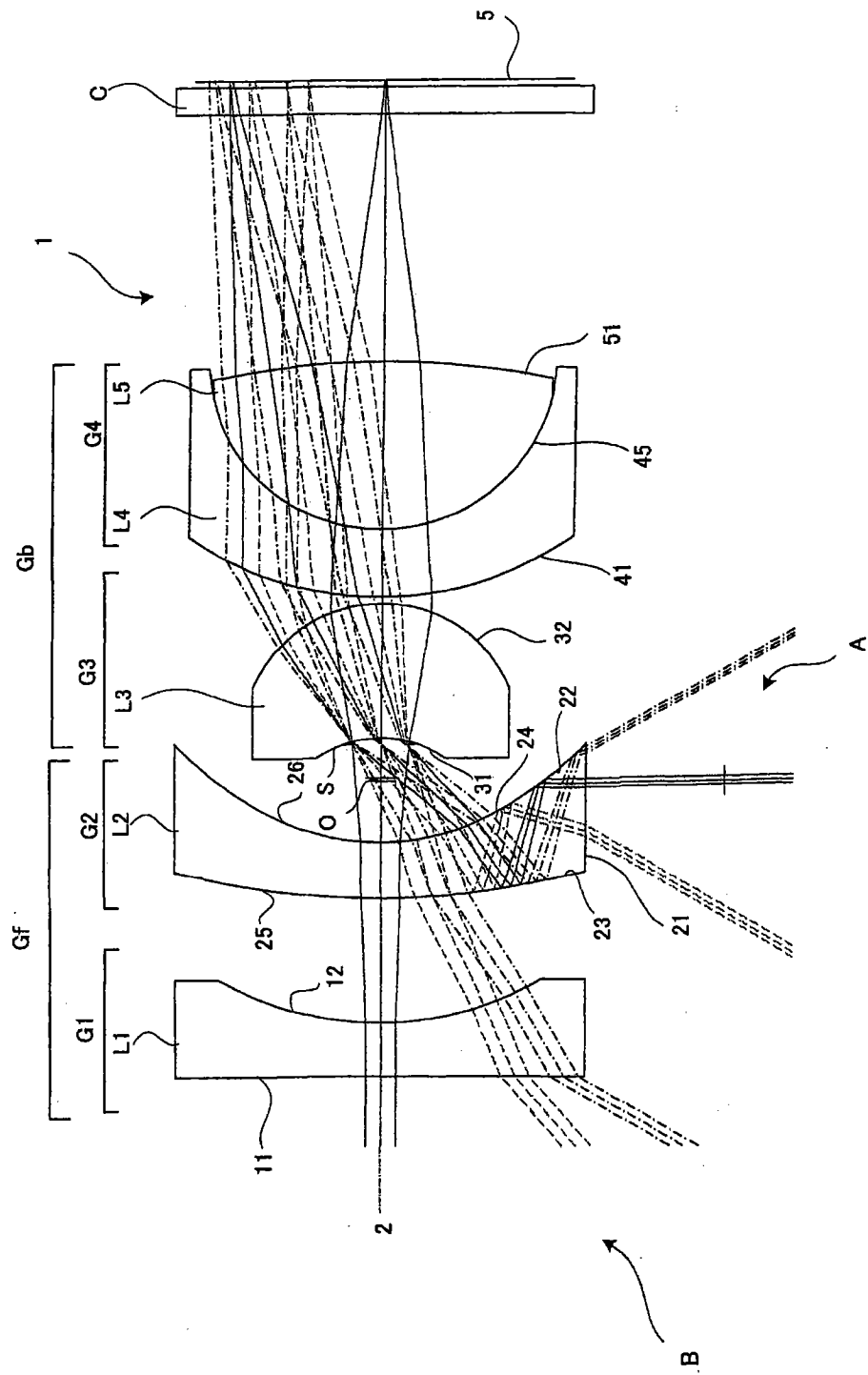


图 6

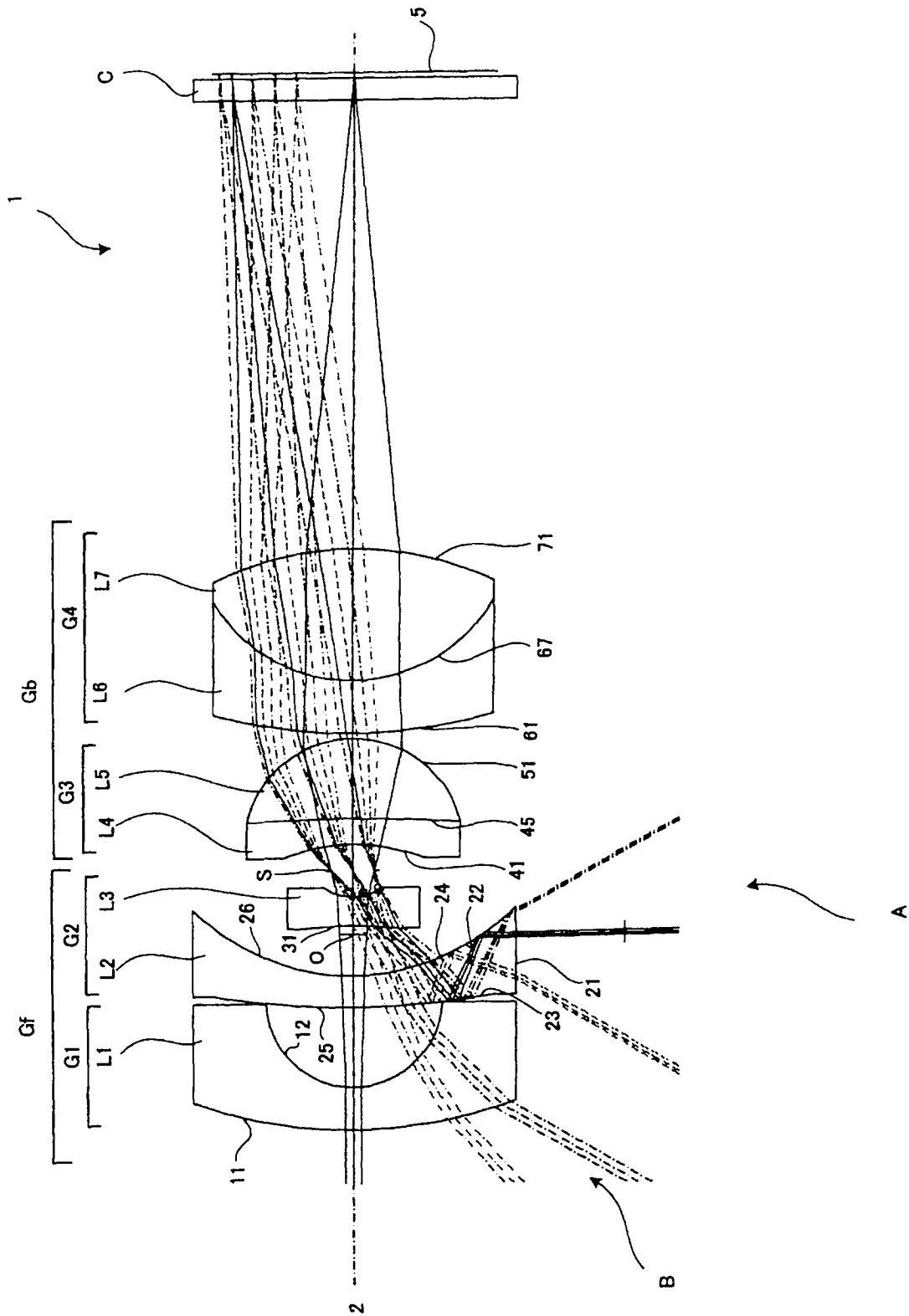


图 9

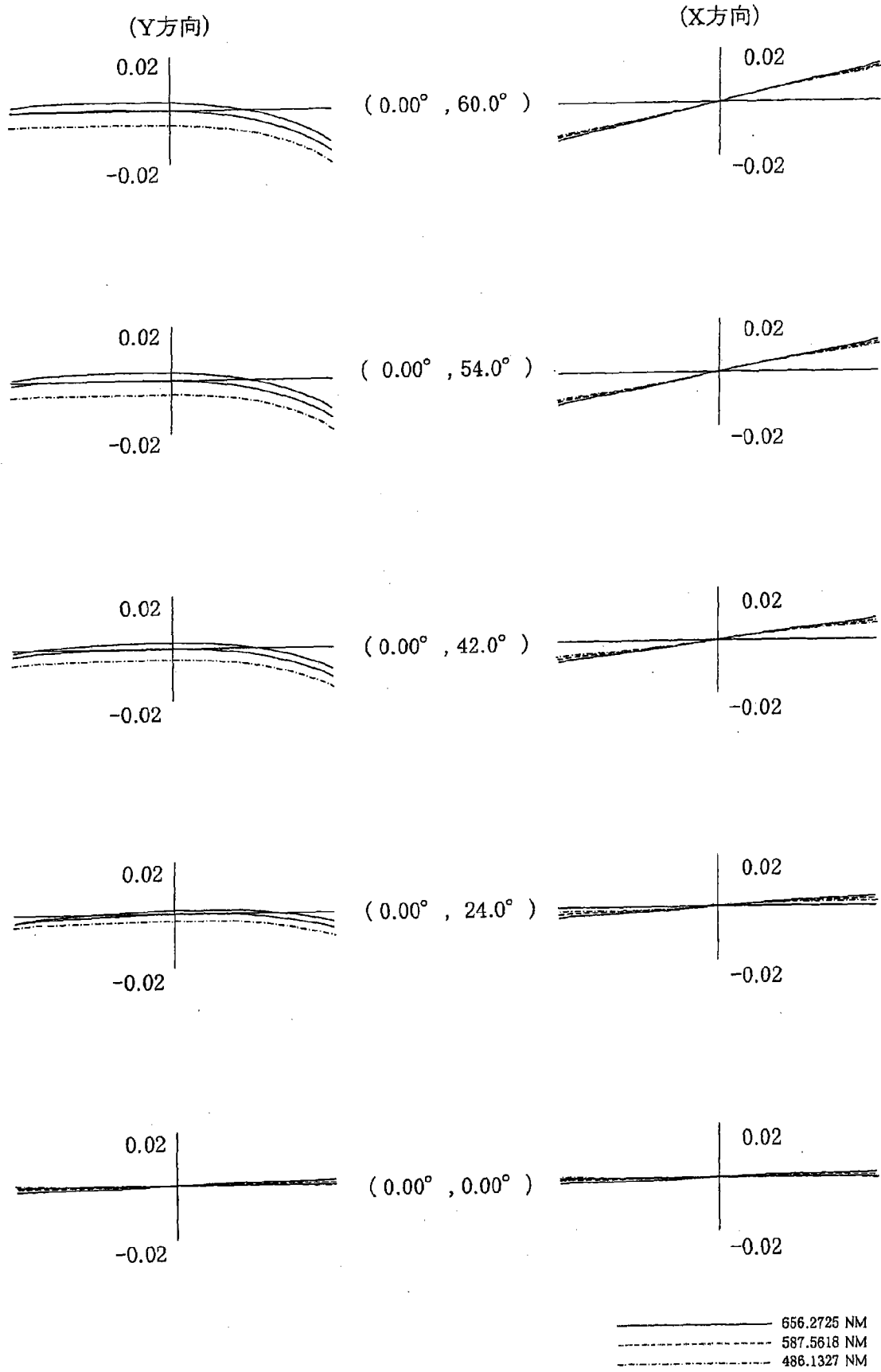


图 11

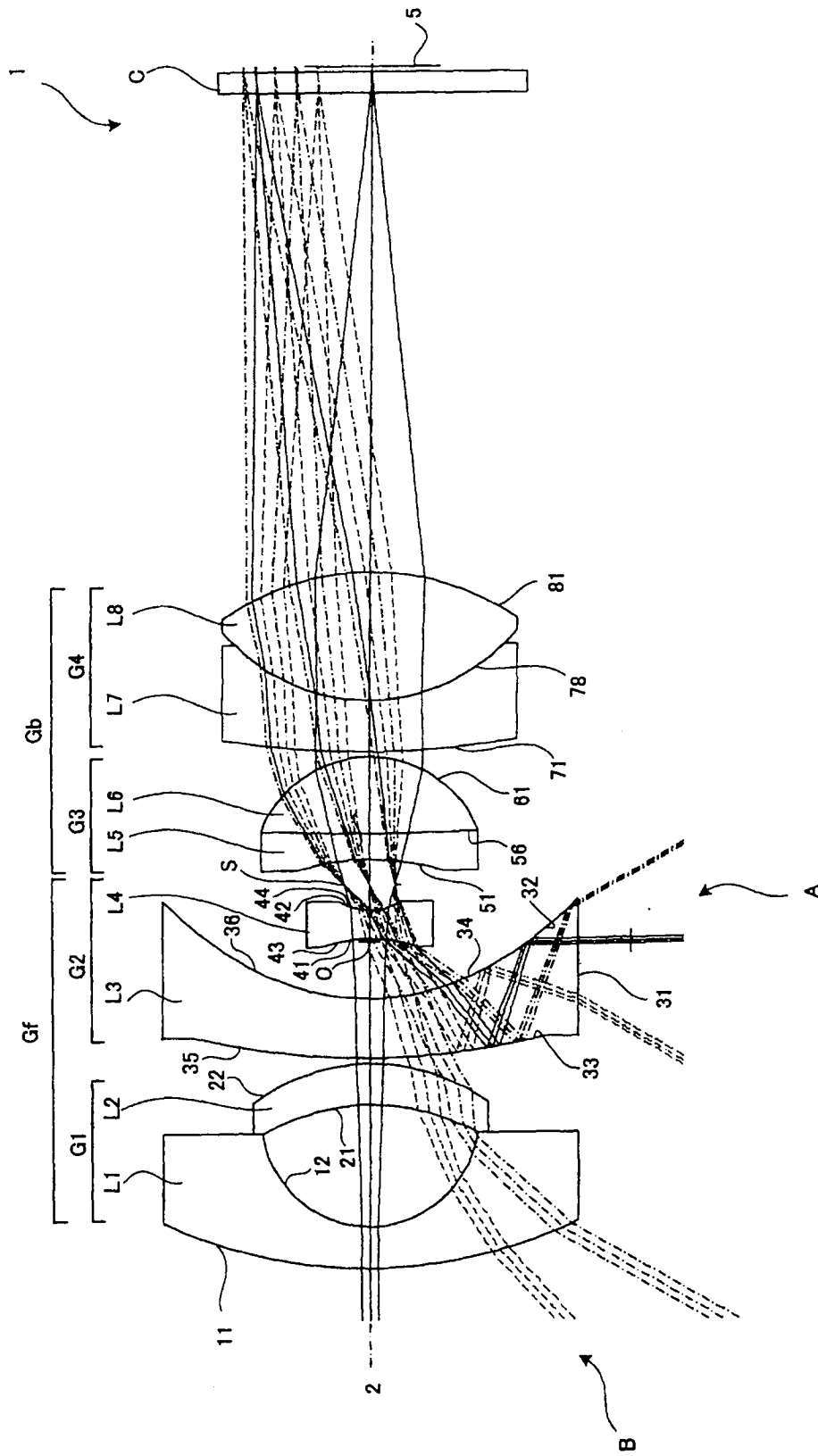


图 12

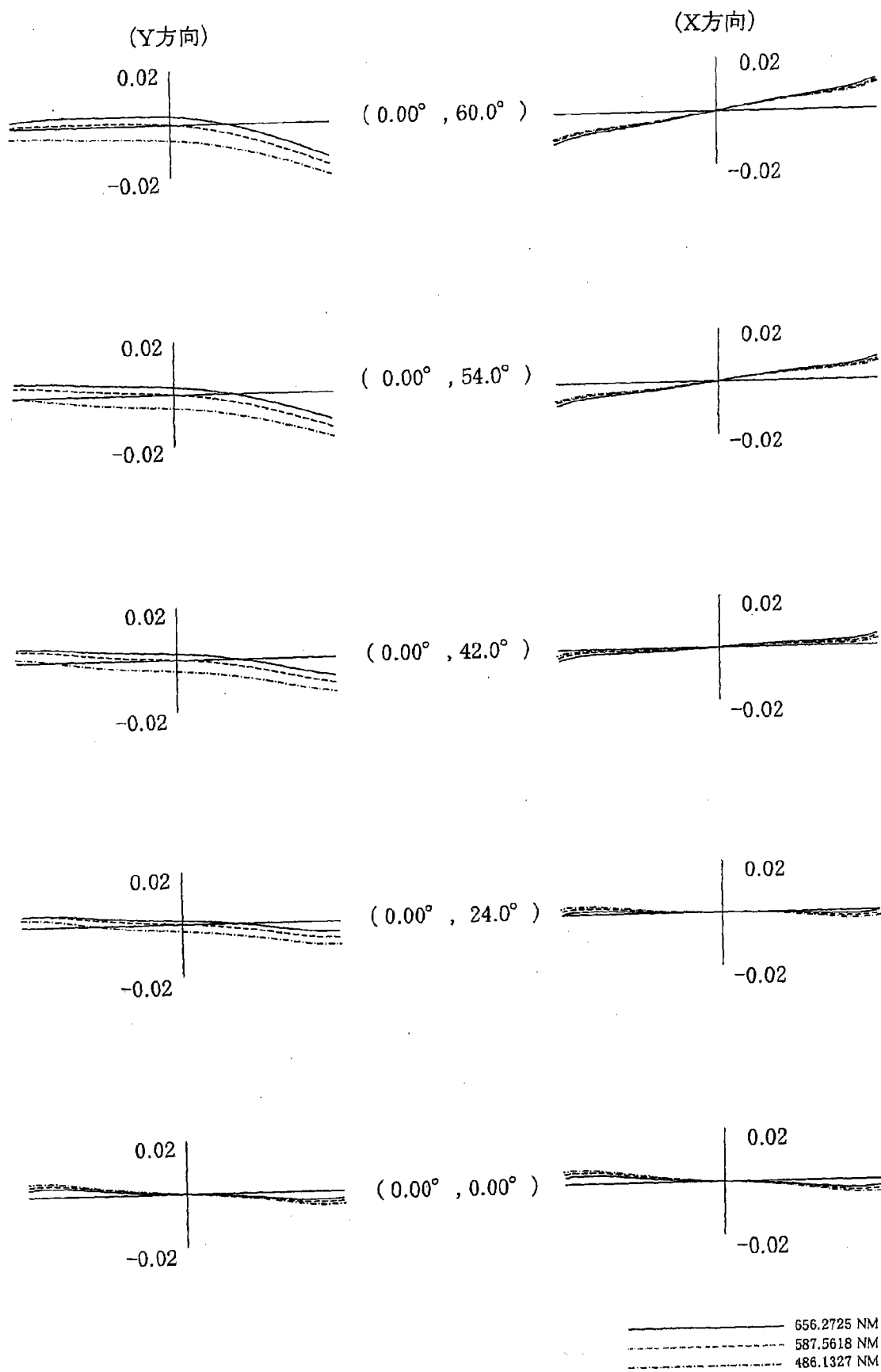


图 14

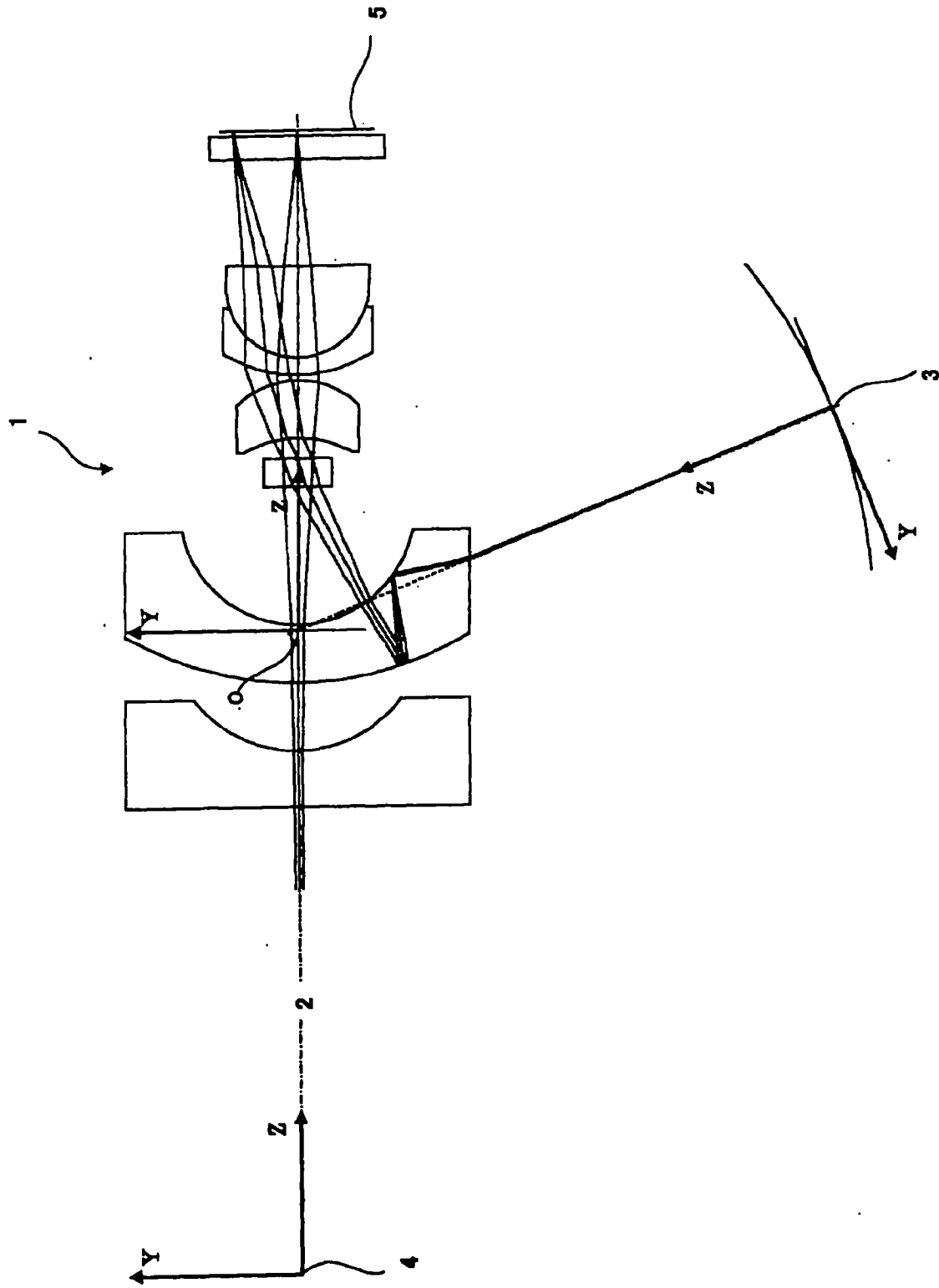


图 18

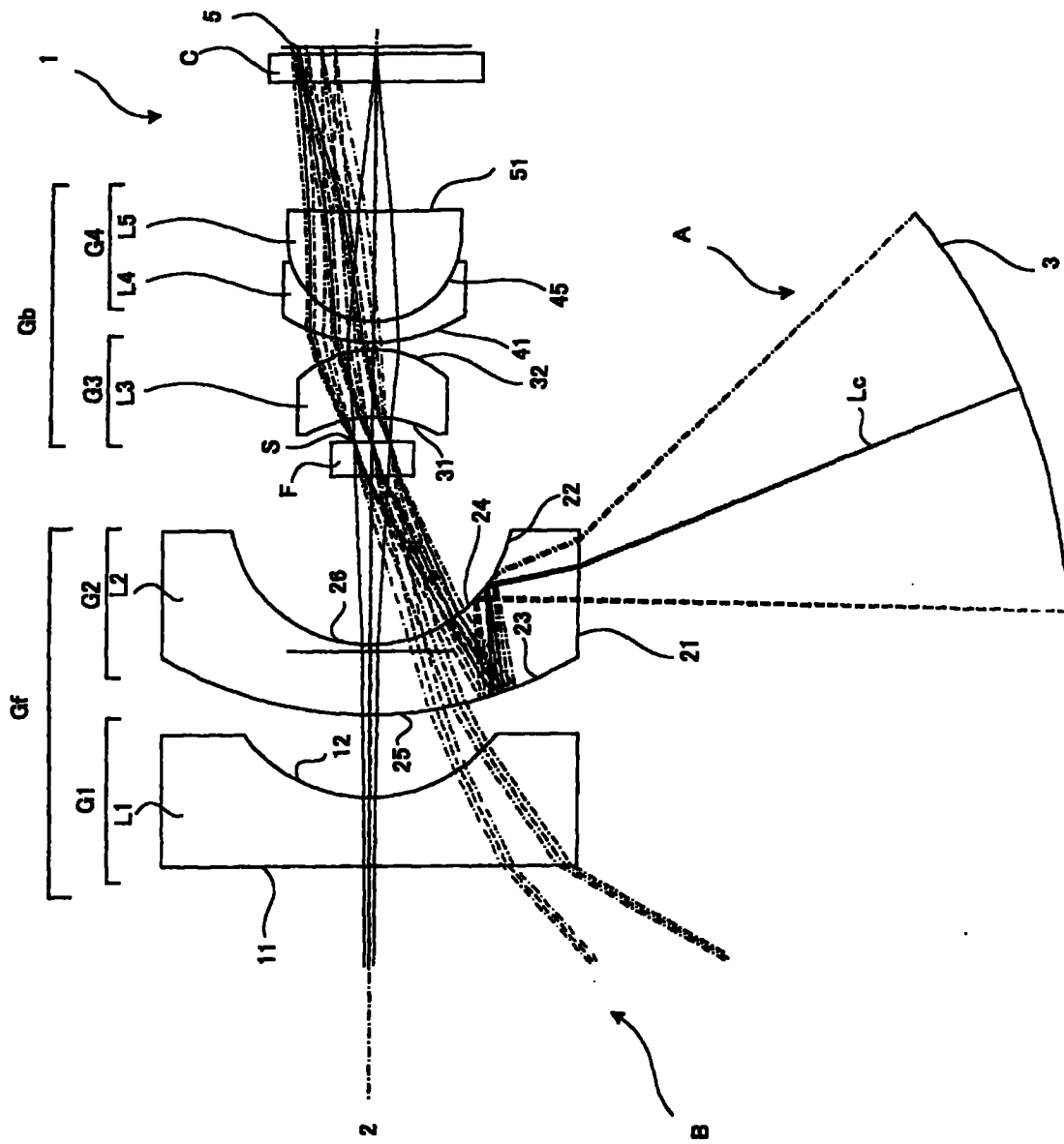


图 19

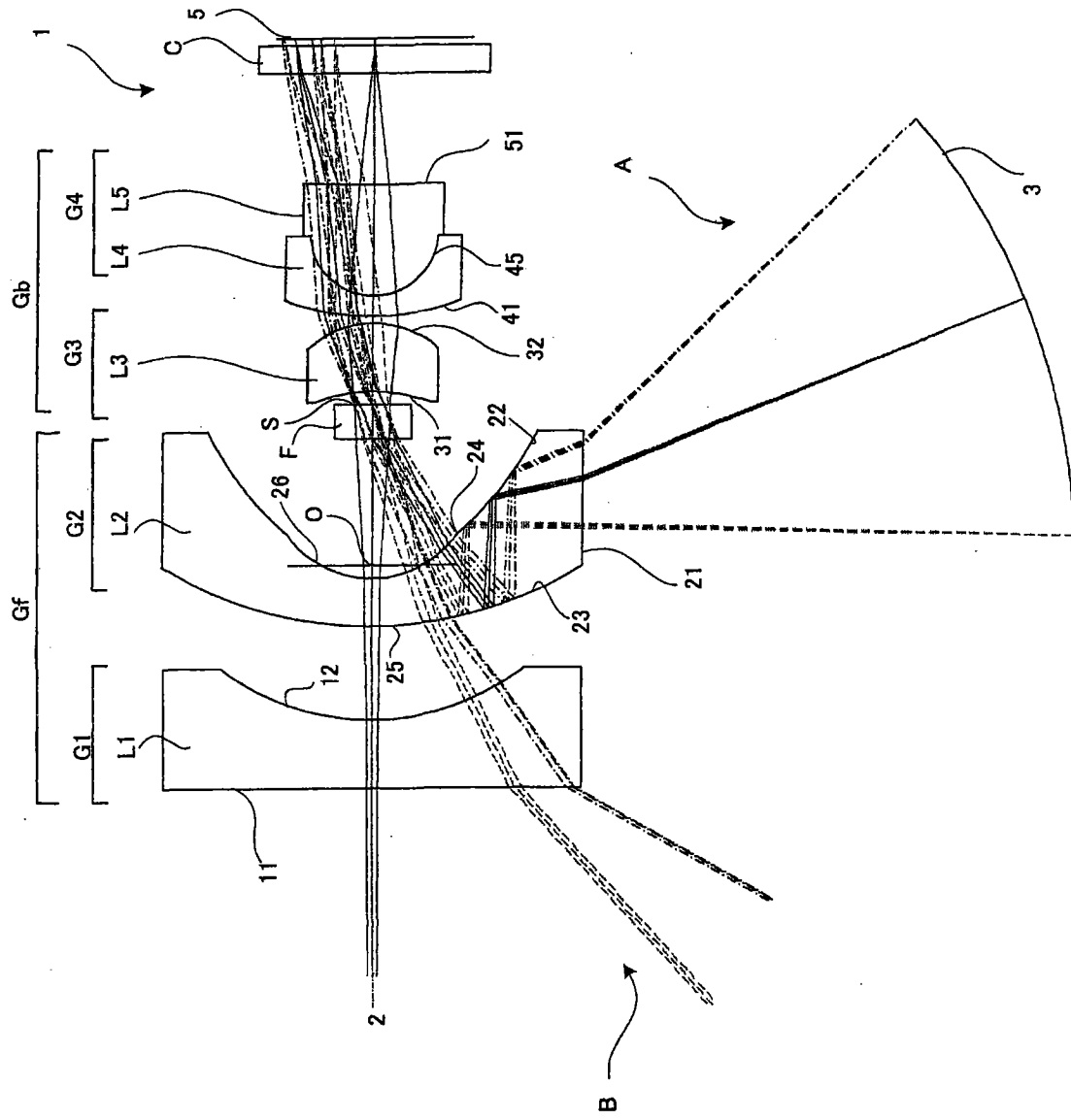


图 22

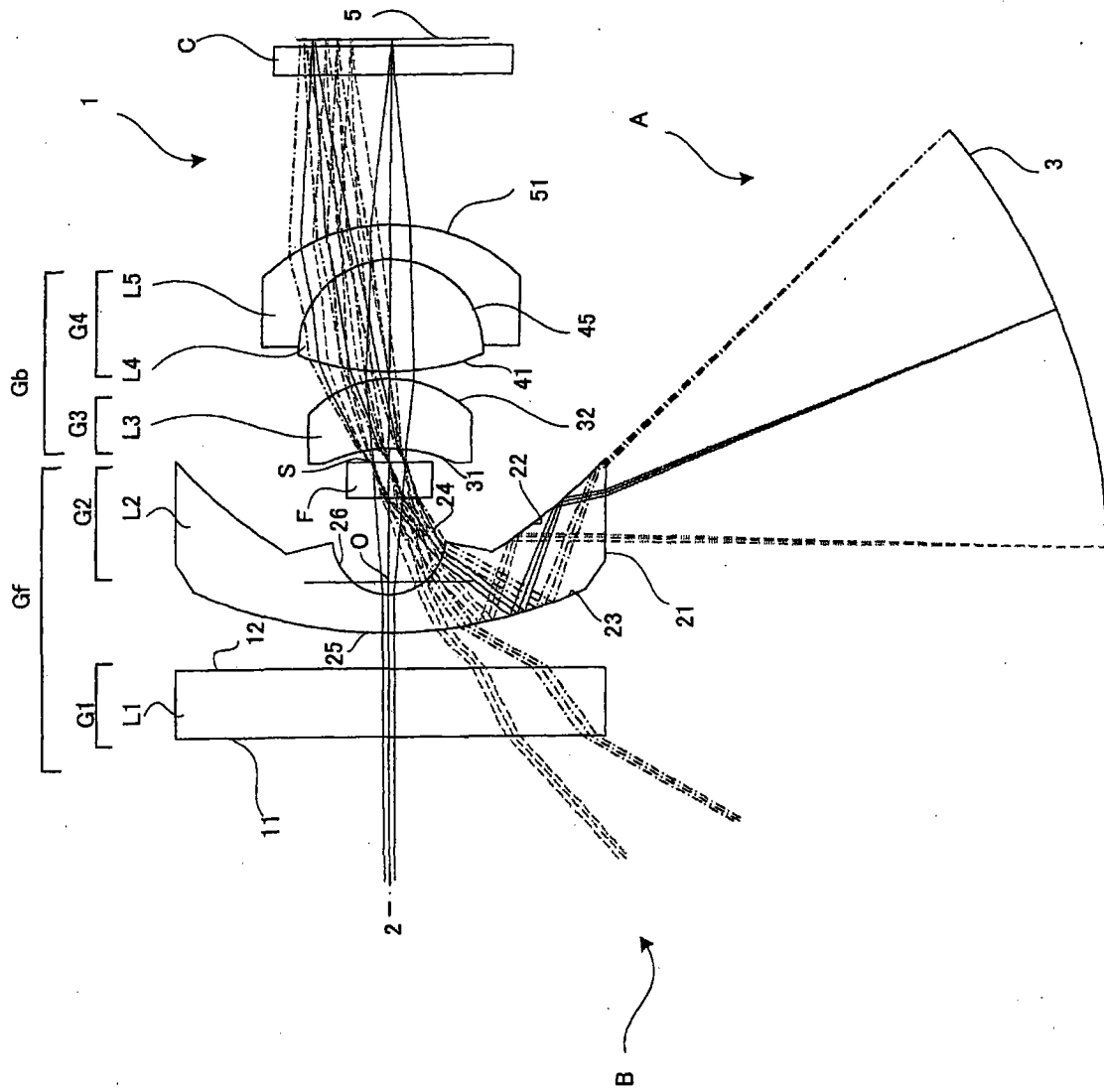


图 25

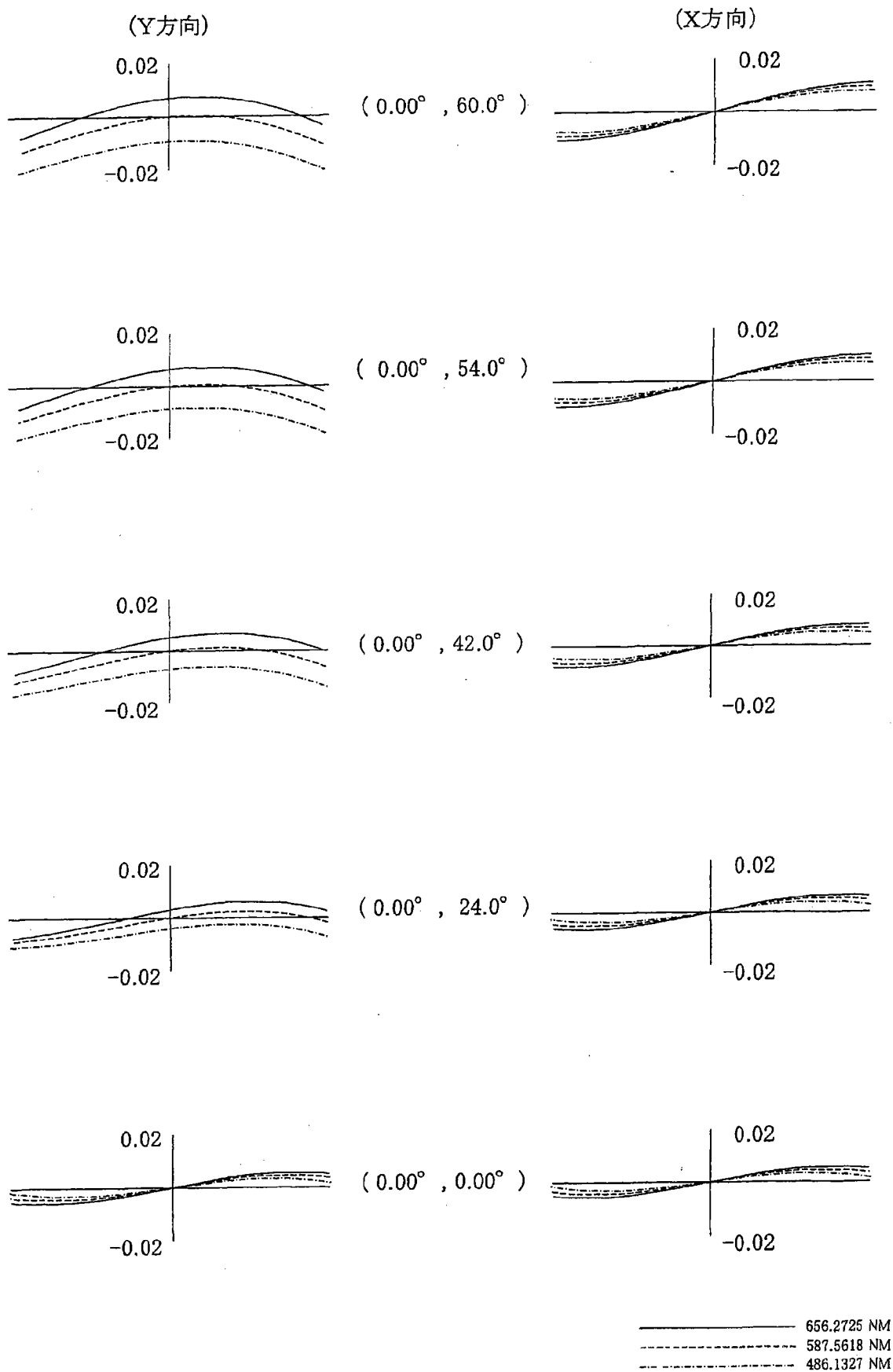


图 27

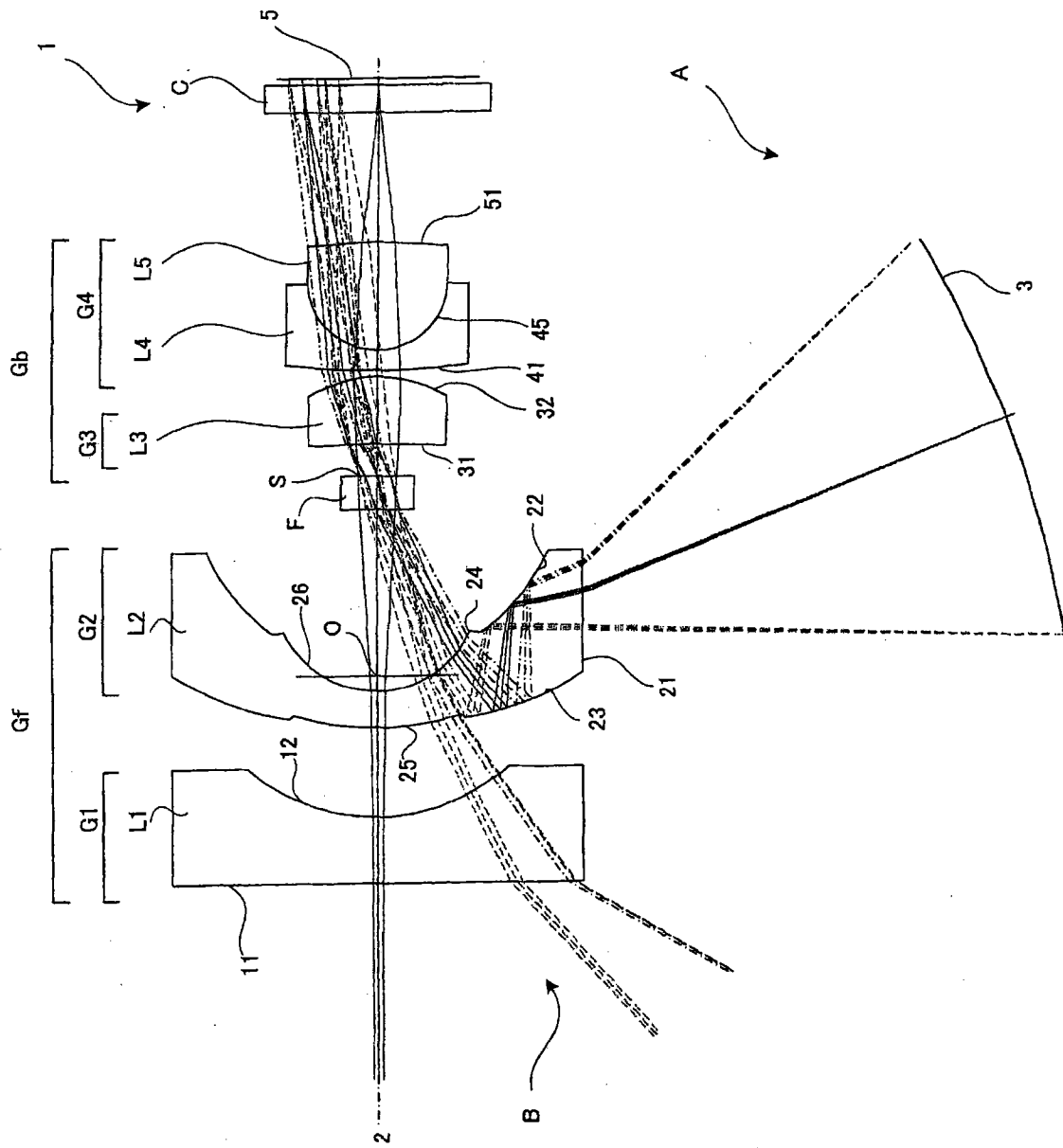


图 31

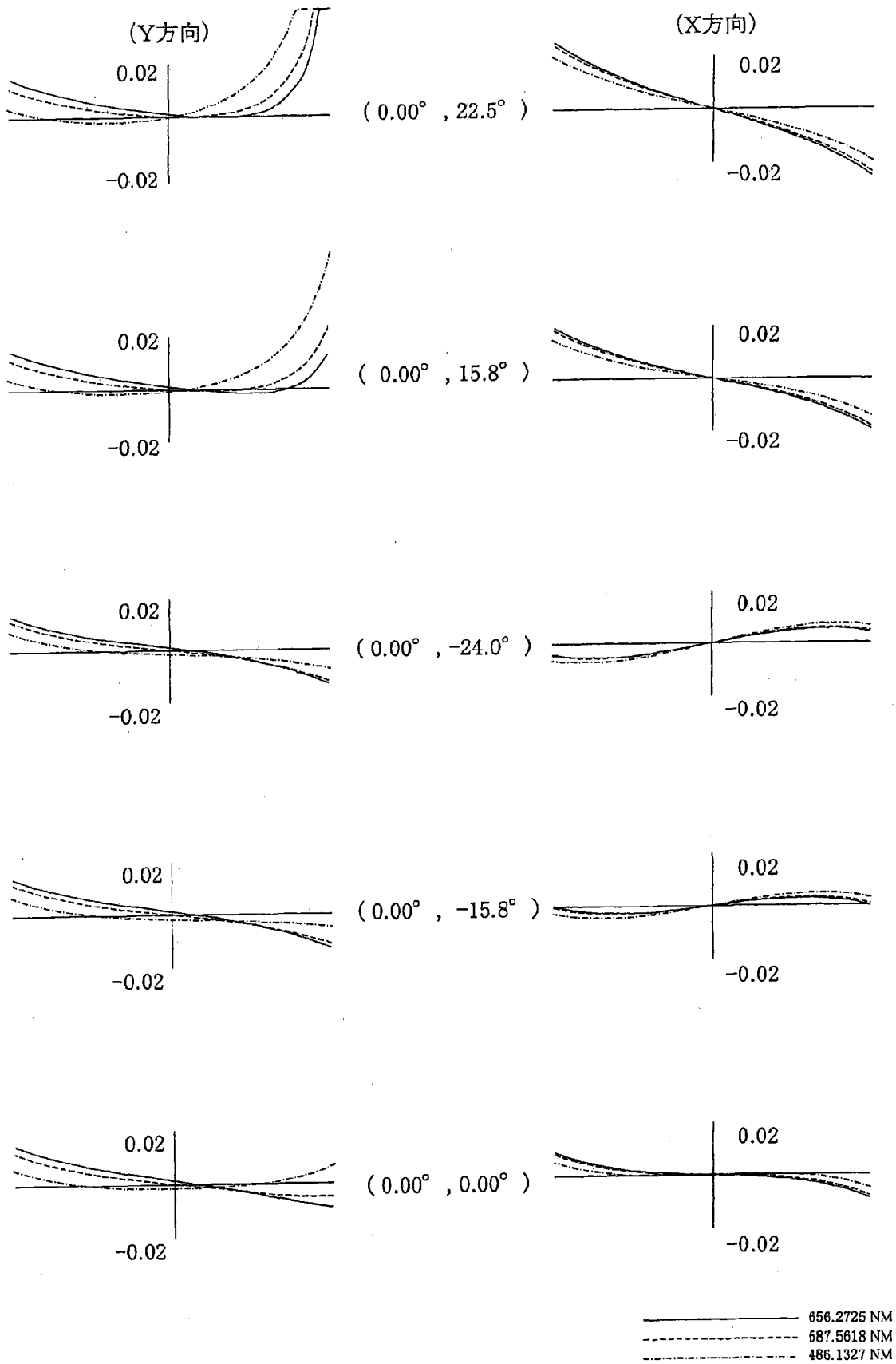
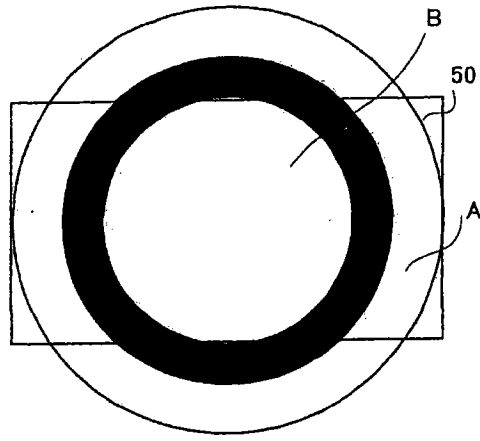
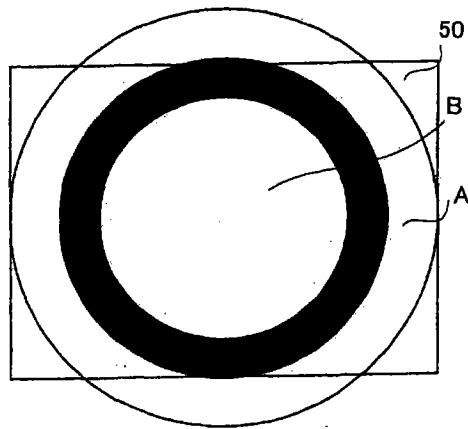


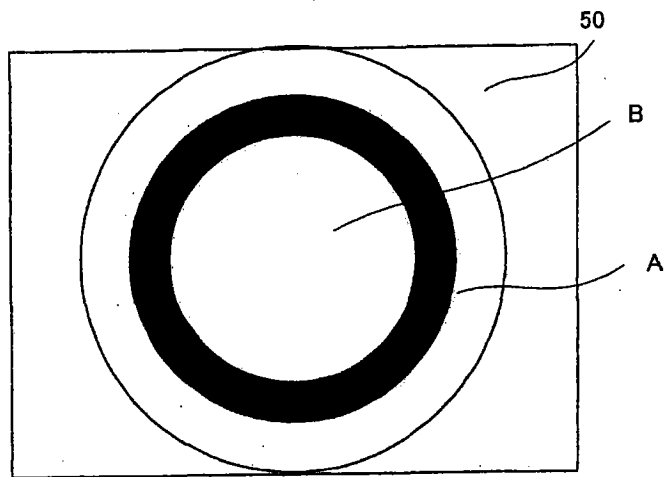
图 32



(a)



(b)



(c)

图 34

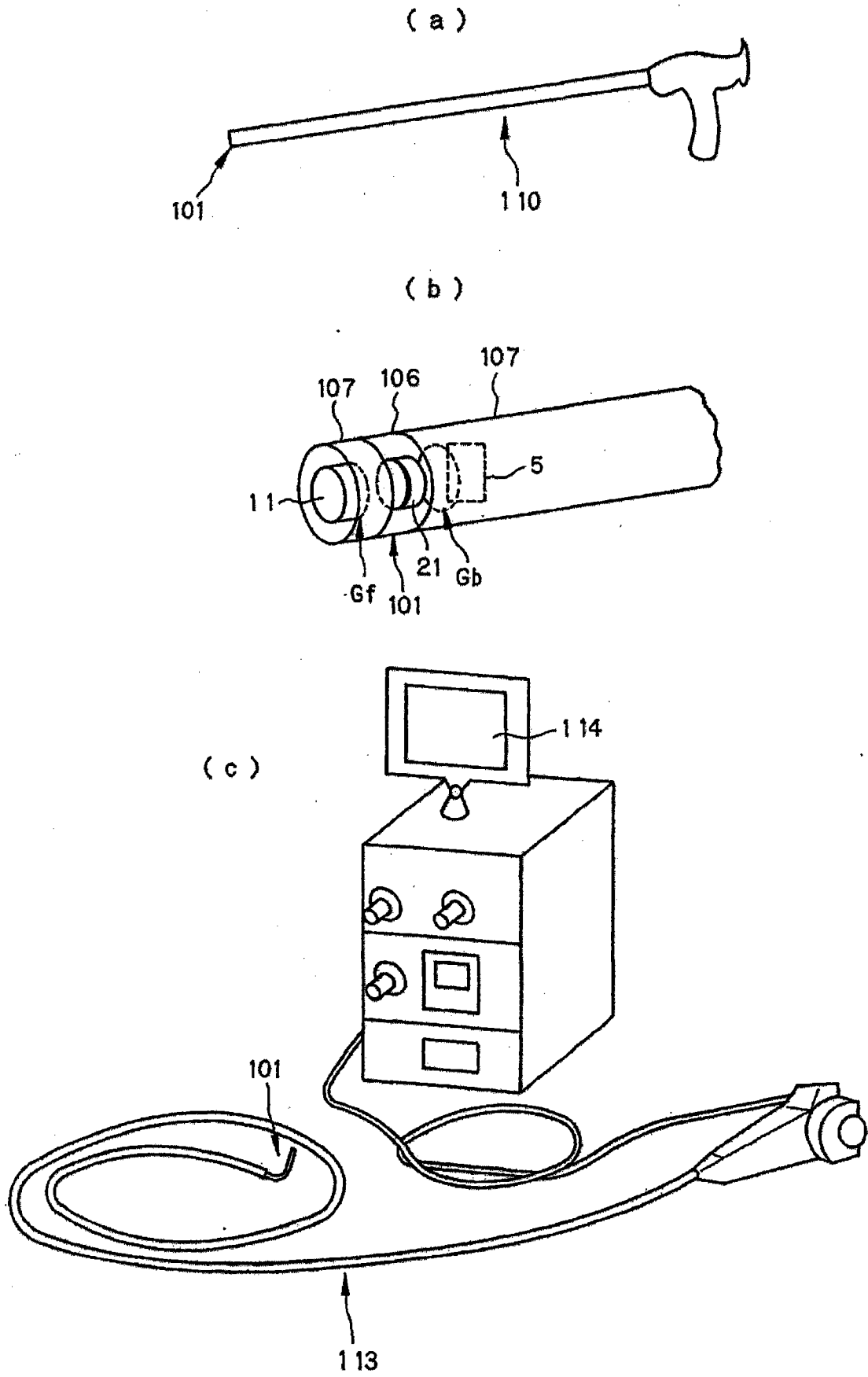


图 35

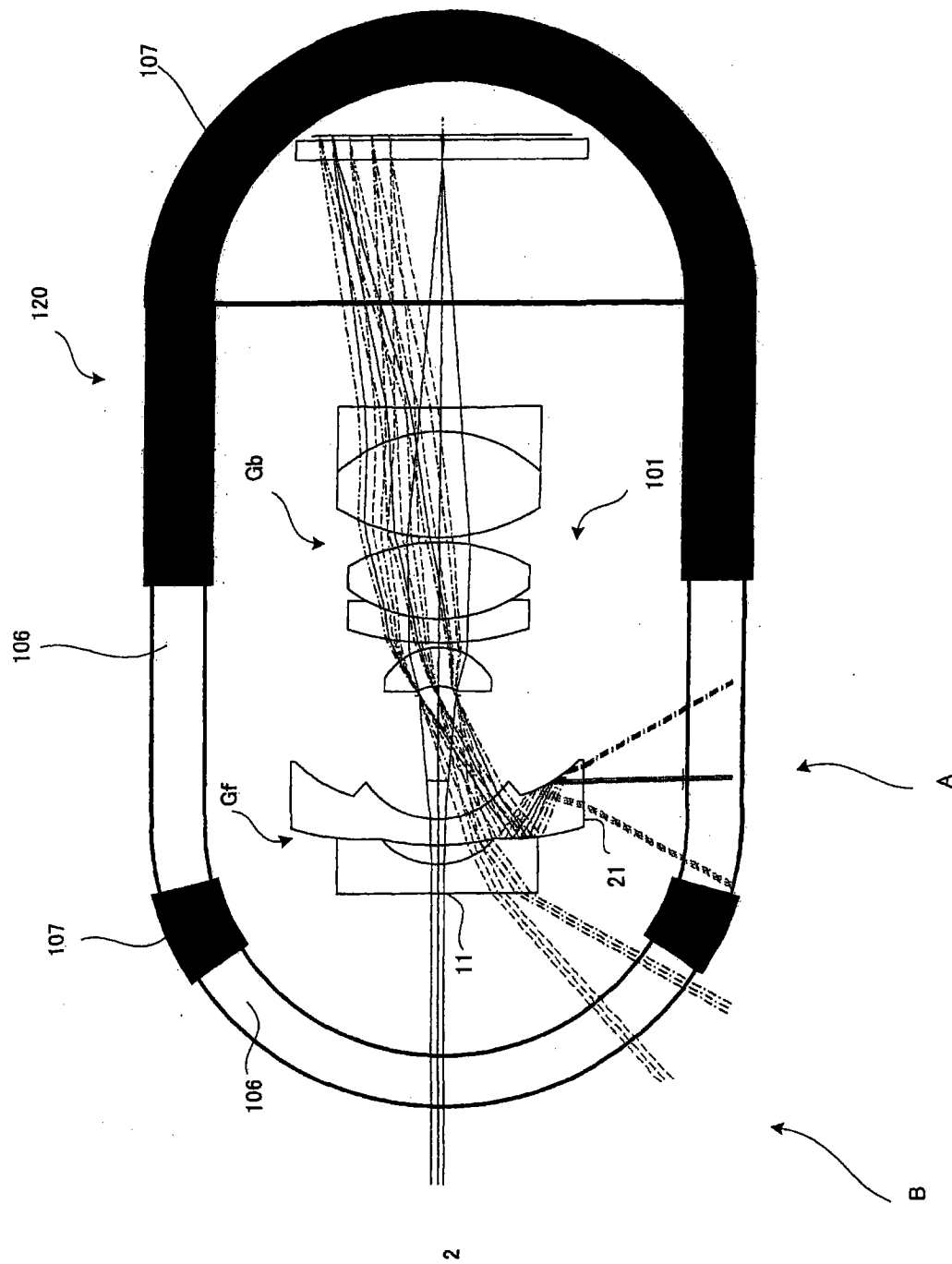


图 36

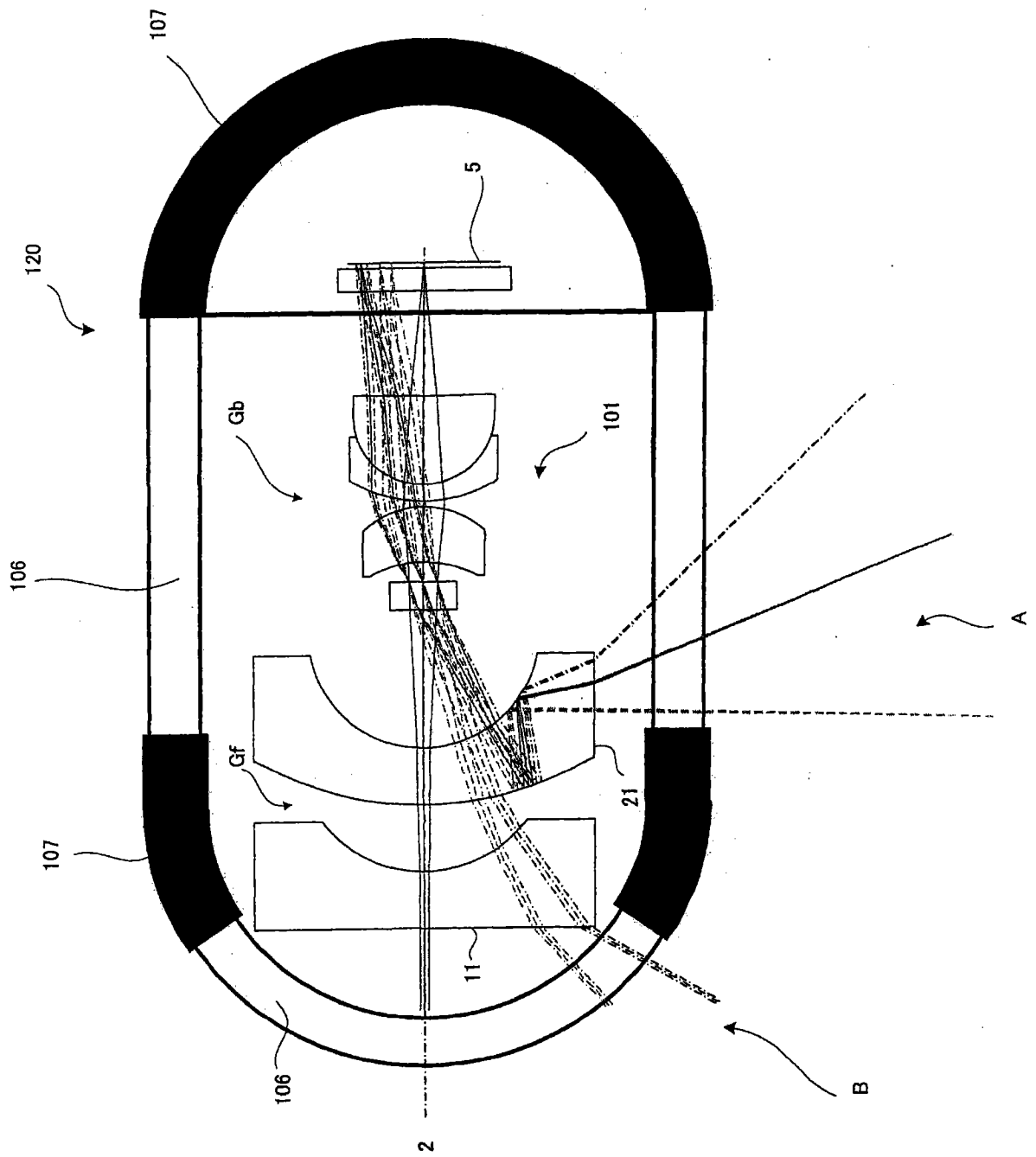


图 37

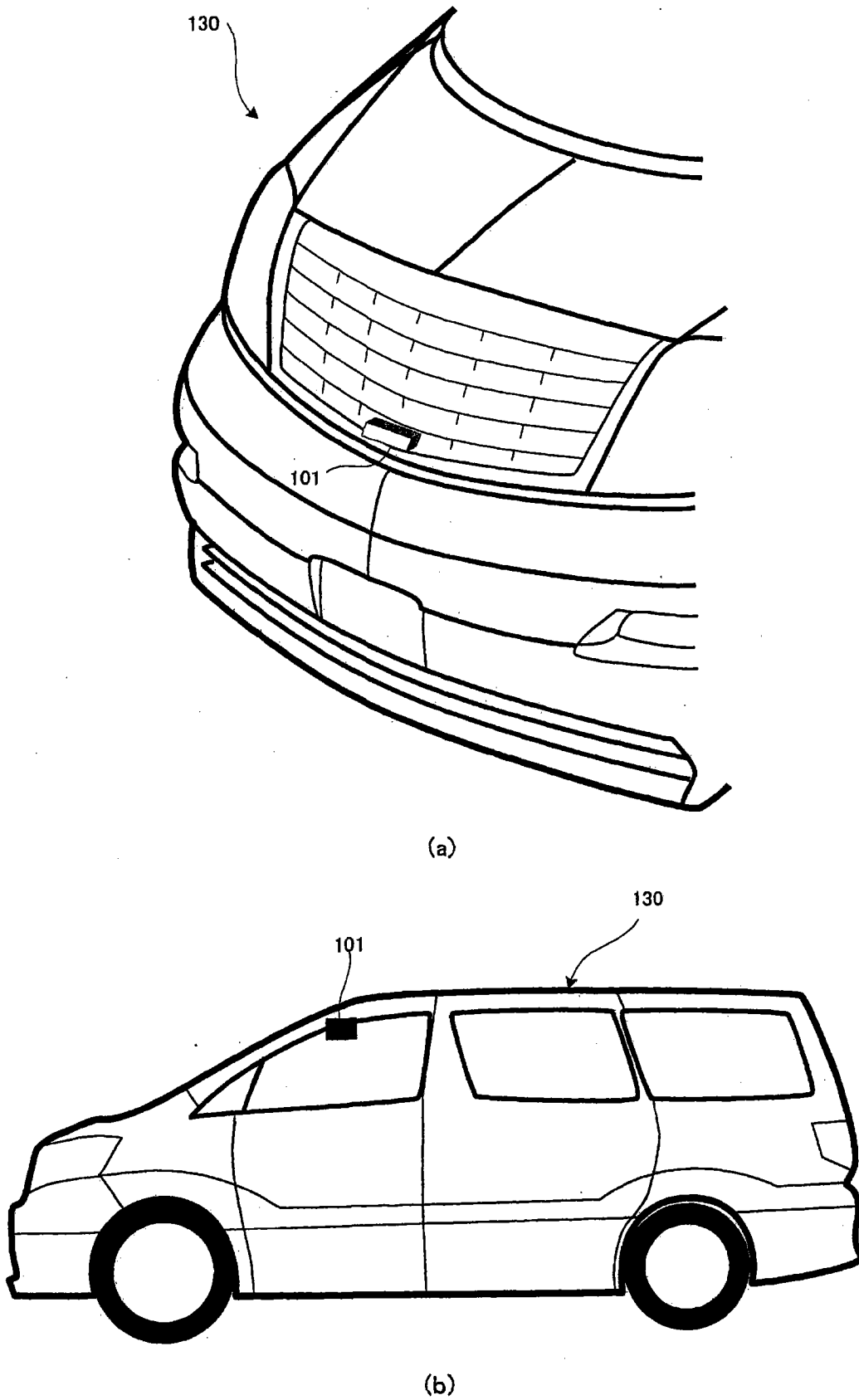


图 38

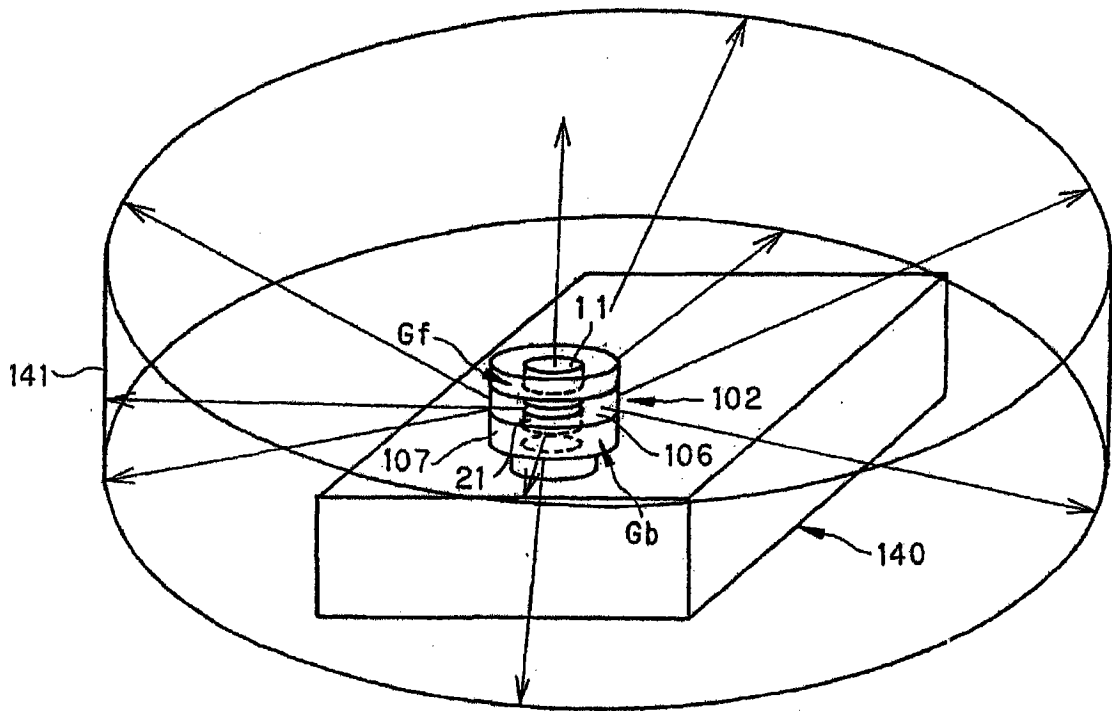


图 39

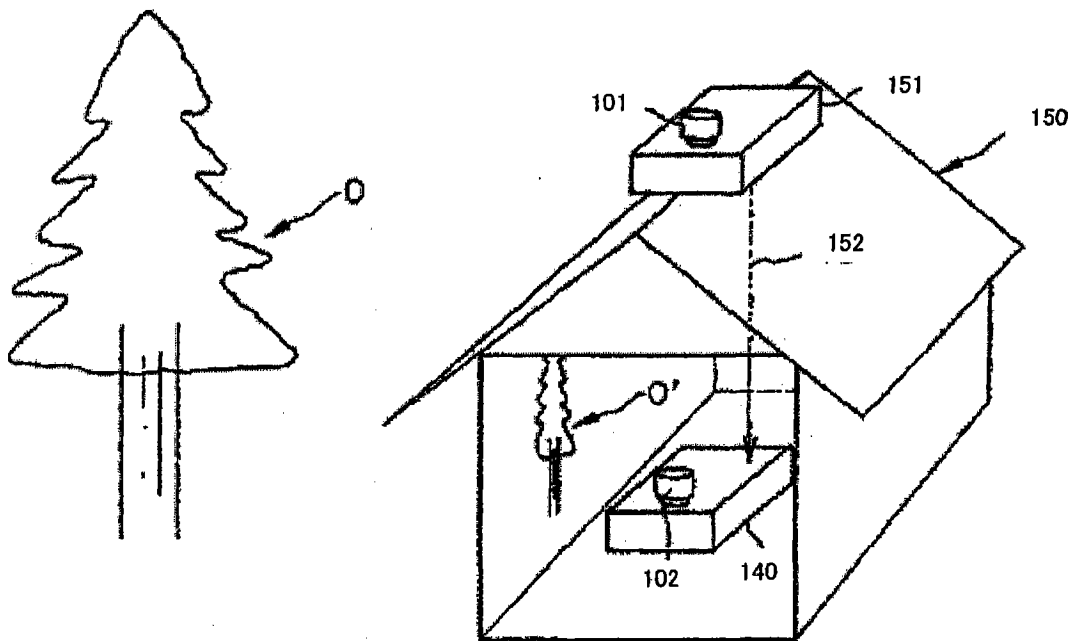


图 40

专利名称(译)	光学元件、光学系统及使用该光学系统的内窥镜		
公开(公告)号	CN101681013B	公开(公告)日	2012-09-26
申请号	CN200880019707.X	申请日	2008-06-06
[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	研野孝吉		
发明人	研野孝吉		
IPC分类号	G02B13/06 A61B1/00 G02B13/18 G02B17/08 G02B23/26		
CPC分类号	A61B1/00177 G02B17/004 A61B1/00096 A61B1/00188 G02B23/243 A61B1/00163		
审查员(译)	耿娜		
优先权	2007155157 2007-06-12 JP 2007155159 2007-06-12 JP		
其他公开文献	CN101681013A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明提供一种光学元件、光学系统及使用该光学系统的内窥镜。按照顺光线追迹的顺序，侧视光路(A)构成大致Z字状的光路，该光路经过第1透射面(21)进入透明介质(L2)内，在第1反射面(22)向像面的相反侧反射，再在第2反射面(23)向像面侧反射，经过第2透射面(24)从透明介质(L2)射向外部到达像面(5)侧，直视光路(B)构成下述光路，即经过第3透射面(25)进入透明介质(L2)内，经过第4透射面(26)从透明介质(L2)射向外部到达像面(5)侧。

