



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101688970 B

(45) 授权公告日 2013. 07. 03

(21) 申请号 200880024105. 3

(22) 申请日 2008. 07. 08

(30) 优先权数据

180150/2007 2007. 07. 09 JP

180151/2007 2007. 07. 09 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 01. 11

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2008/062663 2008. 07. 08

(87) PCT申请的公布数据

W02009/008536 JA 2009. 01. 15

(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 17/08 (2006. 01)

G02B 13/18 (2006. 01)

G02B 23/26 (2006. 01)

A61B 1/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

W0 200011512 A1, 2000. 03. 02, 全文.

W0 2005110186 A2, 2005. 11. 24, 全文.

JP 2006-58412 A, 2006. 03. 02, 说明书第 60-139 段, 图 13, 19, 21, 35.

JP 2006-113096 A, 2006. 04. 27, 说明书第 27-156 段, 图 1, 9, 10, 20, 21, 36.

JP 2006-259659 A, 2006. 09. 28, 说明书第 23-113 段, 图 1, 6, 11, 16, 19.

JP 2006-154364 A, 2006. 06. 15, 说明书第 21-109 段、图 1, 7, 19, 31.

JP 2006-126322 A, 2006. 05. 18, 说明书第 46-100 段, 图 3, 5, 7, 18.

审查员 张瑜

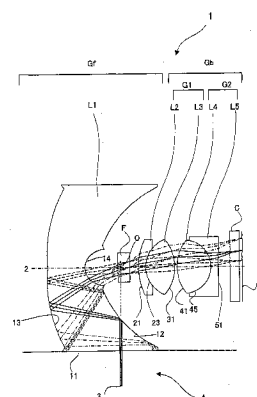
权利要求书2页 说明书32页 附图29页

## (54) 发明名称

光学系统及应用该光学系统的内窥镜

## (57) 摘要

一种光学元件,在包含中心轴(2)的剖面内以与中心轴(2)垂直的方向为中心在单侧具有大约 90° 视场角,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:第 1 透射面(11),其相对于中心轴(2)配置在最外周;第 1 反射面(12),其配置为比第 1 透射面(11)更靠近中心轴(2)侧;第 2 反射面(13),其配置为比第 1 反射面(12)更靠近像面(5)的相反侧;第 2 透射面(14),其配置为比第 2 反射面(13)更靠近像面(5)侧,所述光学元件构成下述的大致 Z 字形的光路(A):入射到透明介质(L1)的光束按照顺光线追踪的顺序经过第 1 透射面(11)、第 1 反射面(12)、第 2 反射面(13)、第 2 透射面(14)后向像面(5)侧射出到外部,相对于中心轴(2)仅在单侧构成光路(A)。



1. 一种光学系统,其特征在于,所述光学系统具有光学元件,该光学元件在包含中心轴的剖面内以与中心轴垂直的方向为中心在单侧具有大约  $90^\circ$  的视场角,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,其相对于所述中心轴配置在最外周;第1反射面,其配置为比第1透射面更靠近中心轴侧;第2反射面,其配置为比所述第1反射面更靠近像面的相反侧;第2透射面,其配置为比所述第2反射面更靠近像面侧,并且该光学元件构成下述的大致Z字形的光路:入射到所述透明介质的光束按照顺光线追踪的顺序,经过所述第1透射面后进入所述透明介质内,在所述第1反射面被反射向像面的相反侧,在所述第2反射面被反射向像面侧,经过所述第2透射面后从所述透明介质向像面侧射出到外部,相对于所述中心轴仅在单侧构成所述光路;

该光学系统还具有:前组;后组,其配置为比所述前组更靠近像面侧;以及开口,其配置在所述前组和所述后组之间,所述光学元件配置在所述前组,形成以包围所述中心轴的方式配置的物体的像,或者在从所述中心轴放射的方向上对物体的像进行投影;

所述第1反射面以及所述第2反射面配置为使凹面朝向所述开口侧。

2. 根据权利要求1所述的光学系统,其特征在于,当所述光学元件的子午剖面的角倍率设为  $\beta\omega$  时,满足

$$0.01 < \beta\omega < 0.5 \quad \dots (1) \text{ 的条件。}$$

3. 根据权利要求1所述的光学系统,其特征在于,所述第2透射面的子午剖面的光焦度为负,当所述第2透射面的光焦度设为  $P_2$ 、中心主光线的子午剖面的光学系统整体的光焦度设为  $P_m$  时,满足

$$-10 < P_2/P_m < -1 \quad \dots (2) \text{ 的条件。}$$

4. 根据权利要求1所述的光学系统,其特征在于,所述光学元件由折射率大于等于1.5的透明介质构成。

5. 根据权利要求1所述的光学系统,其特征在于,所述第1反射面以及所述第2反射面中的至少1个具有全反射作用。

6. 根据权利要求1所述的光学系统,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个面由扩展旋转自由曲面构成,该扩展旋转自由曲面是使不具有对称面的任意形状的线段绕中心轴旋转而形成的。

7. 根据权利要求1所述的光学系统,其特征在于,所述透明介质具有的面中的至少1个面由扩展旋转自由曲面构成,该扩展旋转自由曲面是使包含奇数次项的任意形状的线段绕中心轴旋转而形成的。

8. 根据权利要求1所述的光学系统,其特征在于,所述光学系统在与中心轴垂直的平面内形成中心轴周围的圆环状的物体的像。

9. 根据权利要求1所述的光学系统,其特征在于,所述第2透射面配置为使凹面朝向所述开口侧。

10. 根据权利要求1所述的光学系统,其特征在于,所述光学系统在光路中不形成中间像。

11. 根据权利要求1所述的光学系统,其特征在于,所述光学元件相对于开口配置在像面的相反侧。

12. 根据权利要求1所述的光学系统,其特征在于,所述光学元件具有观察所述光学元

件正前方的直视光路和观察与中心轴垂直的方向的侧视光路,在同一平面内形成所述直视光路以及所述侧视光路的像。

13. 根据权利要求 1 所述的光学系统,其特征在于,当所述光学元件的外径设为  $D$ 、像的外径设为  $D_r$  时,满足

$D/D_r < 10$  ... (3) 的条件。

14. 根据权利要求 13 所述的光学系统,其特征在于,所述光学元件的外径  $D$  满足

$D < 20\text{mm}$  ... (4) 的条件。

15. 一种内窥镜,其应用了权利要求 1 中所述的光学系统。

## 光学系统及应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应用该光学元件的内窥镜，尤其涉及具有将绕旋转对称轴的图像在摄像元件上成像为圆环状的图像的功能的成像光学系统或者投影光学系统。

### 背景技术

[0002] 专利文献 1 是配置有折射光学系统、反射光学系统、成像光学系统，具有 2 个光路，且能够对全景图像以及轴方向图像进行拍摄的摄像光学系统。另外，专利文献 2 是同样具有 2 个光路的内窥镜。并且，专利文献 3 是可观察周围全方位的内窥镜，专利文献 4 是可观察周围全方位的胶囊型内窥镜。另外，专利文献 5 是可同时对周围全方位和前方进行拍摄的摄像装置。并且，专利文献 6 至专利文献 13 是全方位的光学系统。

[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] 专利文献 6：美国专利第 3505465 号公报

[0009] 专利文献 7：美国专利第 5854713 号公报

[0010] 专利文献 8：美国专利第 6115193 号公报

[0011] 专利文献 9：美国专利第 6175454 号公报

[0012] 专利文献 10：美国专利第 6356296 号公报

[0013] 专利文献 11：美国专利第 6392687 号公报

[0014] 专利文献 12：美国专利第 6449103 号公报

[0015] 专利文献 13：美国专利第 6597520 号公报

[0016] 但是，无论是哪个专利文献中记载的光学系统都不是小型的能得到分辨率高的图像的光学系统。

### 发明内容

[0017] 本发明是鉴于以往技术的这种状况而完成的，其目的在于，提供能够用简单的结构在摄像单元上成像与中心轴大致垂直的方向上的全方位图像，且图像畸变少、 $F-\theta$  特性好、小型、分辨率高、便宜的光学元件，具有该光学元件的光学系统以及应用该光学元件的内窥镜。

[0018] 达成上述目的本发明的光学元件的特征在于，该光学元件在包含中心轴的剖面内以与中心轴垂直的方向为中心在单侧具有大约  $90^\circ$  的视场角，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，其相对于所述中心轴配置在最外周；第 1 反射面，其配置为比第 1 透射面更靠近中心轴侧；第 2 反射面，其配置为比所述

第 1 反射面更靠近像面的相反侧 ; 第 2 透射面, 其配置为比所述第 2 反射面更靠近像面侧, 并且该光学元件构成下述的大致 Z 字形状的光路 : 入射到所述透明介质的光束按照顺光线追踪的顺序, 经过所述第 1 透射面后进入所述透明介质内, 在所述第 1 反射面被反射向像面的相反侧, 在所述第 2 反射面被反射向像面侧, 经过所述第 2 透射面后从所述透明介质向像面侧射出到外部, 相对于所述中心轴仅在单侧构成所述光路。

[0019] 另外, 光学元件的特征在于, 当所述光学元件的子午剖面的角倍率设为  $\beta \omega$  时, 满足

[0020]  $0.01 < \beta \omega < 0.5$  ... (1) 的条件。

[0021] 另外, 当所述光学元件的子午剖面的角倍率设为  $\beta \omega$  时, 满足

[0022]  $0.01 < \beta \omega < 0.5$  ... (1) 的条件。

[0023] 另外, 光学元件的特征在于, 所述光学元件由折射率大于等于 1.5 的透明介质构成。

[0024] 另外, 光学元件的特征在于, 所述第 1 反射面以及所述第 2 反射面中的至少 1 个具有全反射作用。

[0025] 另外, 光学元件的特征在于, 所述第 1 反射面和所述第 2 反射面中的至少 1 个面由扩展旋转自由曲面构成, 该扩展旋转自由曲面是使不具有对称面的任意形状的线段绕中心轴旋转而形成的。

[0026] 另外, 光学元件的特征在于, 所述透明介质具有的面中的至少 1 个面由扩展旋转自由曲面构成, 该扩展旋转自由曲面是使包含奇数次项的任意形状的线段绕中心轴旋转而形成的。

[0027] 并且, 达成上述目的的光学系统具有本发明的光学元件, 其特征在于, 该光学系统具有 : 前组 ; 后组, 其配置为比所述前组更靠近像面侧 ; 以及开口, 其配置在所述前组和所述后组之间, 所述光学元件配置在所述前组, 形成以包围所述中心轴的方式配置的物体的像, 或者在从所述中心轴放射的方向上对物体的像进行投影。

[0028] 另外, 光学系统的特征在于, 所述光学系统将中心轴周围的圆环状的物体的像形成在与中心轴垂直的平面内。

[0029] 另外, 光学系统的特征在于, 所述第 1 反射面以及所述第 2 反射面配置为使凹面朝向所述开口侧。

[0030] 另外, 光学系统的特征在于, 所述第 2 透射面配置为使凹面朝向所述开口侧。

[0031] 另外, 光学系统的特征在于, 所述光学系统在光路中不形成中间像。

[0032] 另外, 光学系统的特征在于, 所述光学元件相对于开口配置在像面的相反侧。

[0033] 另外, 光学系统的特征在于, 所述光学元件具有观察所述光学元件正前方的直视光路和观察与中心轴垂直的方向的侧视光路, 在同一平面内形成所述直视光路以及所述侧视光路的像。

[0034] 另外, 光学系统的特征在于, 当所述光学元件的外径设为  $D$ 、像的外径设为  $D_r$  时, 满足

[0035]  $D/D_r < 10$  ... (3) 的条件。

[0036] 另外, 光学系统的特征在于, 所述光学元件的外径  $D$  满足

[0037]  $D < 20\text{mm}$  ... (4) 的条件。

[0038] 并且,达成上述目的的本发明的特征在于,本发明是应用了所述光学系统的内窥镜。

[0039] 另外,达成上述目的本发明的光学元件的特征在于,该光学元件在包含中心轴的剖面内以与中心轴垂直的方向为中心在单侧具有大约  $90^\circ$  视场角,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,其相对于所述中心轴配置在最外周;第 1 反射面,其配置为比第 1 透射面更靠近中心轴侧;第 2 反射面,其配置为比所述第 1 反射面更靠近像面侧;第 3 反射面,其相对于所述第 2 反射面配置在像面的相反侧;以及第 2 透射面,其配置为比所述第 3 反射面更靠近像面侧,并且该光学元件构成下述的大致 W 字形状的光路:入射到所述透明介质的光束按照顺光线追踪的顺序,经过所述第 1 透射面后进入所述透明介质内,在所述第 1 反射面被反射向像面侧,在所述第 2 反射面被反射向像面侧的相反侧,在所述第 3 反射面被反射向像面侧,经过所述第 2 透射面后从所述透明介质向像面侧射出到外部,相对于所述中心轴仅在单侧构成所述光路。

[0040] 另外,光学元件的特征在于,当所述光学元件的子午剖面的角倍率设为  $\beta \omega$  时,满足

[0041]  $0.01 < \beta \omega < 0.5$  ... (1) 的条件。

[0042] 另外,光学元件的特征在于,所述第 2 透射面的子午剖面的光焦度为负,当所述第 2 透射面的光焦度设为  $P_2$ 、中心主光线的子午剖面的光学系统整体的光焦度设为  $P_m$  时,满足

[0043]  $-10 < P_2/P_m < -1$  ... (2) 的条件。

[0044] 另外,光学元件的特征在于,所述光学元件由折射率大于等于 1.5 的透明介质构成。

[0045] 另外,光学元件的特征在于,所述第 1 反射面、所述第 2 反射面以及所述第 3 反射面中的至少 1 个具有全反射作用。

[0046] 另外,光学元件的特征在于,所述第 1 反射面、所述第 2 反射面以及所述第 3 反射面中的至少 1 个面由扩展旋转自由曲面构成,该扩展旋转自由曲面是使不具有对称面的任意形状的线段绕中心轴旋转而形成的。

[0047] 另外,光学元件的特征在于,所述透明介质具有的面中的至少 1 个面由扩展旋转自由曲面构成,该扩展旋转自由曲面是使包含奇数次项的任意形状的线段绕中心轴旋转而形成的。

[0048] 并且,达成上述目的的光学系统具有本发明的光学元件,其特征在于,该光学系统具有:前组;后组,其配置为比所述前组更靠近像面侧;以及开口,其配置在所述前组和所述后组之间,所述光学元件配置在所述前组,形成以包围所述中心轴的方式配置的物体的像,或者在从所述中心轴放射的方向上对物体的像进行投影。

[0049] 另外,光学系统的特征在于,所述光学系统将中心轴周围的圆环状的物体的像形成在与中心轴垂直的平面内。

[0050] 另外,光学系统的特征在于,所述第 1 反射面、所述第 2 反射面以及所述第 3 反射面配置为使凸面朝向所述开口侧。

[0051] 另外,光学系统的特征在于,所述第 2 透射面配置为使凹面朝向所述开口侧。

[0052] 另外,光学系统的特征在于,所述光学系统在光路中不形成中间像。

- [0053] 另外,光学系统的特征在于,所述光学元件相对于开口配置在像面的相反侧。
- [0054] 另外,光学系统的特征在于,当所述光学元件的外径设为  $D$ 、像的外径设为  $D_r$  时,满足
- [0055]  $D/D_r < 10$  ... (3) 的条件。
- [0056] 另外,光学系统的特征在于,所述光学元件的外径  $D$  满足
- [0057]  $D < 20\text{mm}$  ... (4) 的条件。
- [0058] 并且,达成上述目的的本发明的特征在于,本发明是应用了所述光学系统的内窥镜。
- [0059] 在上述的本发明的光学系统中,能够得到小型的、良好地校正了像差、分辨率高的光学系统,其能够用简单的结构观察不同的方向或者在不同的方向上对图像进行投影。

#### 附图说明

- [0060] 图 1 是用于说明本发明的实施例 1 至实施例 3 的光学系统的坐标系的图。
- [0061] 图 2 是示出扩展旋转自由曲面的原理的图。
- [0062] 图 3 是沿着本发明的实施例 1 的光学系统的中心轴截取的剖面图。
- [0063] 图 4 是示出实施例 1 的光学系统整体的横像差图的图。
- [0064] 图 5 是示出实施例 1 的光学系统整体的  $F-\theta$  线图的图。
- [0065] 图 6 是沿着本发明的实施例 2 的光学系统的中心轴截取的剖面图。
- [0066] 图 7 是示出实施例 2 的光学系统整体的侧视光路的横像差图的图。
- [0067] 图 8 是示出实施例 2 的光学系统整体的直视光路的横像差图的图。
- [0068] 图 9 是示出实施例 2 的光学系统整体的  $F-\theta$  线图的图。
- [0069] 图 10 是沿着本发明的实施例 3 的光学系统的中心轴截取的剖面图。
- [0070] 图 11 是示出实施例 3 的光学系统整体的横像差图的图。
- [0071] 图 12 是示出实施例 3 的光学系统整体的  $F-\theta$  线图的图。
- [0072] 图 13 是示出其它实施例的图。
- [0073] 图 14 是示出其它实施例的图。
- [0074] 图 15 是用于说明本发明的实施例 4 或实施例 5 的光学系统的坐标系的图。
- [0075] 图 16 是沿着本发明的实施例 4 的光学系统的中心轴截取的剖面图。
- [0076] 图 17 是示出实施例 4 的光学系统整体的横像差图的图。
- [0077] 图 18 是示出实施例 4 的光学系统整体的像高与视场角的关系的图。
- [0078] 图 19 是沿着本发明的实施例 5 的光学系统的中心轴截取的剖面图。
- [0079] 图 20 是示出实施例 5 的光学系统整体的横像差图的图。
- [0080] 图 21 是示出实施例 5 的光学系统整体的像高与视场角的关系的图。
- [0081] 图 22 是示出本发明的实施例 1 至实施例 3 的光学系统的图像和摄像元件的配置示例的图。
- [0082] 图 23 是示出本发明的实施例 4 或实施例 5 的光学系统的图像和摄像元件的配置示例的图。
- [0083] 图 24 是示出将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。
- [0084] 图 25 是示出将本发明的实施例 1 至实施例 3 的光学系统用作胶囊型内窥镜的摄

影光学系统的示例的图。

[0085] 图 26 是示出将本发明的实施例 4 或实施例 5 的光学系统用作胶囊型内窥镜的摄影光学系统的示例的图。

[0086] 图 27 是示出将本发明的光学系统用作汽车的摄影光学系统的示例的图。

[0087] 图 28 是示出将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。

[0088] 图 29 是示出将本发明的光学系统用作对室外的被摄体进行拍摄的摄影光学系统的示例的图。

## 具体实施方式

[0089] 下面,根据实施例 1~实施例 3,对本发明的光学元件以及具有该光学元件的光学系统进行说明。

[0090] 图 3 是沿着后述的实施例 1 的光学系统 1 的中心轴(旋转对称轴)2 截取的剖面图。并且,下面作为成像光学系统进行说明,但是,也可以将光路逆转用作投影光学系统。

[0091] 实施例 1 的光学系统 1 构成为包括:由关于中心轴 2 旋转对称且具有负光焦距度的前组 Gf、开口 S、以及具有正光焦距度的后组 Gb,以不会在光路中形成中间像的方式成像或对像进行投影。像面 5 附近的平行平板是摄像元件的玻璃罩 C 等。

[0092] 另外,通过使前组 Gf 为负,后组 Gb 为正,由此成为所谓的反焦型,尤其是在期望得到较宽的观察视场角时效果显著。

[0093] 本发明的光学元件在包含中心轴 2 的剖面内以与中心轴 2 垂直的方向为中心在单侧具有大约  $180^\circ$  视场角,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:第 1 透射面 11,其相对于中心轴 2 配置在最外周;第 1 反射面 12,其配置为比第 1 透射面更靠近中心轴侧;第 2 反射面 13,其相对于第 1 反射面 12 配置在像面 5 的相反侧;第 2 透射面 14,其配置为比第 2 反射面 13 更靠近像面 5 侧,并且入射到透明介质 L1 的光束构成下述的大致 Z 字形状的光路 A:按照顺光线追踪的顺序,经过第 1 透射面 11 后进入透明介质 L1 内,在第 1 反射面 12 反射被向像面 5 的相反侧,在第 2 反射面 13 被反射向像面 5 侧,经过第 2 透射面 14 后从透明介质 L1 向像面 5 侧射出到外部,相对于中心轴 2 仅在单侧构成光路 A。

[0094] 通过该结构,可在单侧具有大约  $90^\circ$  的大视场角,并且相对地减小光路 A 的入射到第 1 反射面 12 以及第 2 反射面 13 的入射角度,并能够减少在反射面的偏心像差的发生。另外,仅在中心轴的单侧构成光路 A,由此光学元件内的光路不会跨越中心轴 2,能够使光学元件变薄。

[0095] 另外,优选当本发明的光学元件的子午剖面的角倍率设为  $\beta \omega$  时,满足

$$[0096] \quad 0.01 < \beta \omega < 0.5 \quad \dots (1)$$

[0097] 的条件。该条件表示子午剖面上的缩小角倍率,当超过条件式(1)的下限时,本发明的光学元件承受的负担增大,光学元件异常地大型化,需要折射率异常高的昂贵的玻璃。另外,当超过条件(1)的上限时,将不再有光学元件的视场角缩小效果,入射到后组的视场角变宽,后组的负担增大。

[0098] 还优选的是,满足

$$[0099] \quad 0.02 < \beta \omega < 0.2 \quad \dots (1-1) \text{ 的条件。}$$



[0100] 另外,当第 2 透射面 14 的近轴的光焦度设为  $P_2$ 、中心主光线的光学系统整体的子午剖面的光焦度设为  $P_m$  时,优选满足

[0101]  $-10 < P_2/P_m < -1$  ... (2) 的条件。

[0102] 该条件式 (2) 表示第 2 透射面 14 占整体的光焦度的比例,当超过条件式 (2) 的下限时,意味着第 2 透射面 14 的负光焦度强,可缩小角倍率,但是当变得过小时,在该面上产生过大的彗形像差和像散,不能用其它面进行校正。另外,当超过条件式 (2) 的上限时,第 2 透射面 14 的负光焦度变得过小,与条件式 (1) 相同,不能得到大的子午剖面的角倍率(增大缩小率),后组的负担增大,光学系统更加大型化。

[0103] 另外,通过使光学元件为折射率大于等于 1.5 的介质,由内部反射面构成具有反射作用的面,由此,与由反射面构成相比,减少了像差的发生。通过该结构,能够构成小型、分辨率高的光学系统,并且能够将 2 个反射面构成为一体,对于组装调整是优选的。

[0104] 还优选的是,由折射率大于等于 1.7 的介质构成。当提高折射率时,能够相应地减小内部反射面的曲率(增大曲率半径),尤其是在如本发明这样,构成为偏心光学系统的情况下,能够减少偏心像差的发生,提高分辨率。

[0105] 还优选的是,通过使折射率大于等于 1.8,临界角变成 33 度,尤其是能够将第 1 反射面构成为全反射面,可以不进行反射涂层,因此,在加工上和光量的损失方面是优选的。

[0106] 另外,通过使第 1 反射面 12 以及第 2 反射面 13 中的至少 1 个具有全反射作用,由此,无需安装反射膜,因而在制造变得容易的同时,反射率也成为 100%,能够拍摄明亮的图像。

[0107] 另外,第 1 反射面 12 以及第 2 反射面 13 中的至少 1 个面由扩展旋转自由曲面构成,由此能够校正视场角周边部分的畸变,该扩展旋转自由曲面是使不具有对称面的任意形状的线段绕中心轴 2 旋转而形成的。

[0108] 另外,透明介质 L1 具有的面中的至少 1 个面由扩展旋转自由曲面构成,由此,能够提供关于视场角中心上下非对称的形状,对于像差校正是优选的,该扩展旋转自由曲面是使包含奇数次项的任意形状的线段绕中心轴 2 旋转而形成的。

[0109] 在该实施例中,具有反射作用的 2 个反射面都使凹面朝向开口 S。由此,反射面的光焦度配置为负 - 正的配置,光学元件本身的反射面的光焦度配置为所谓的反焦型,容易得到宽视场角,并且能够减少彗形像差的发生。

[0110] 另外,第 2 透射面优选为使凹面朝向开口侧的、具有强的负光焦度的面。通过减小通过该面后从光学元件射出的视场角,由此能够减小入射到后组的视场角,减轻后组进行像差校正的负担,在整体上实现小型的、构成枚数少的光学系统。

[0111] 另外,通过将光学元件配置为比开口更靠近物体侧,容易与后组取得平衡,对于光学系统的小型化和简单化具有良好的结果。在开口附近,子午剖面的中心光线与视场角大的光线接近,因此当光学元件配置在开口附近时,不能得到高的角倍率,其它透镜的负担增大。另外,当光学元件配置在开口的像侧时,很难通过比开口更靠近物体侧的前组得到宽的视场角。

[0112] 图 6 示出沿着后述的实施例 2 的光学系统 1 的中心轴(旋转对称轴)2 截取的剖面图。在该实施例中,除了与针对实施例 1 进行说明的内容相同的用于从中心轴观察获得侧面的像的侧视光路以外,还具有直视光路,该直视光路用于获得通过光学元件的中心且沿

着光学系统的中心轴的前面的像。这样,当光学元件构成为可获得侧视光路A和直视光路B这2个光路时,由于其它光学元件也共用一部分,因此可减少光学元件的数量,并可构成小型的光学系统。另外,通过在同一平面上对两个光路的图像进行投影,可以用一个摄像元件同时对两个图像进行对焦来清晰地拍摄。

[0113] 还优选的是,当光学元件的外径设为D、像的外径设为 $D_r$ 时,满足

[0114]  $D/D_r < 10$  ... (3) 的条件。

[0115] 当超过条件式(3)的上限时,相对于摄像元件,光学系统的外径增大。对于摄像元件而言,某种程度上优选的尺寸取决于其价格和摄像元件的噪声等。例如,在使用1/3英寸或1/4英寸等比较便宜且容易得到的分辨率高的摄像元件时,如果超过条件式(3)的上限,则不能紧凑地构成光学系统整体。

[0116] 还优选的是,满足

[0117]  $D/D_r < 5$  ... (3-1) 的条件。

[0118] 还优选的是,光学元件的外径D满足

[0119]  $D < 20\text{mm}$  ... (4) 的条件。

[0120] 尤其是在用作内窥镜的摄像系统时,在减轻对被检者的负担的意义上,优选满足条件(4)。

[0121] 还优选的是,满足

[0122]  $D < 10\text{mm}$  ... (4-1) 的条件。

[0123] 下面,对本发明的光学系统的实施例1~实施例3进行说明。这些光学系统的结构参数将在后面叙述。

[0124] 例如如图1所示,坐标系在顺光线追踪中,将从物体面3朝向到第1面的中心主光线的延长线与中心轴2的交点设为偏心光学面的原点O,相对于中心轴2为物体面3的相反侧的、与中心轴2垂直的方向设为Y轴正方向,图1的纸平面设为Y-Z平面。并且,图1的像面5侧的方向设为Z轴正方向,与Y轴、Z轴构成右手直角坐标系的轴设为X轴正方向。

[0125] 对偏心面赋予:距定义了该面的坐标系从的上述光学系统1的原点O之间的偏心量(X轴方向、Y轴方向、Z轴方向分别为X、Y、Z)、以及对分别以定义在光学系统1的原点O的坐标系的X轴、Y轴、Z轴为中心的各面进行定义的坐标系的倾斜角(分别为 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ ( $^\circ$ ))。在该情况下, $\alpha$ 和 $\beta$ 的正是指相对于各个轴的正方向的逆时针, $\gamma$ 的正是指相对于Z轴的正方向顺时针。并且,使面的中心轴的 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 旋转的方法是:首先,使对各面进行定义的坐标系绕定义在光学系统的原点的坐标系的X轴逆时针旋转 $\alpha$ ,接着,绕该旋转后的新坐标系的Y轴逆时针旋转 $\beta$ ,接着,绕该旋转后的另外的又一新坐标系的Z轴顺时针旋转 $\gamma$ 。

[0126] 另外,当构成各实施例的光学系统中的光学作用面中的、特定的面以及其后续的面构成共轴光学系统时,赋予面间隔,另外,按照常用方法赋予面的曲率半径、介质的折射率、阿贝数。

[0127] 并且,与后述的结构参数中没有记载数据的非球面有关的项为0。记载了与d线(波长587.56nm)对应的折射率、阿贝数。长度的单位是mm。如上所述,用从距基准面的偏心量表示各面的偏心。

[0128] 并且,非球面是由下述定义式赋予给出的旋转对称非球面。

$$[0129] \quad Z = (Y^2/R) / [1 + \{1 - (1+k) Y^2/R^2\}^{1/2}]$$

$$[0130] \quad +aY^4+bY^6+cY^8+dY^{10}+\dots$$

$$[0131] \quad \dots (a)$$

[0132] 其中,Z 设为轴,Y 取与轴垂直的方向。这里,R 为近轴曲率半径,k 是圆锥常数,a、b、c、d、…分别是 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。

[0133] 另外,扩展旋转自由曲面是由下述定义给出赋予的旋转对称面。

[0134] 首先,如图 2 所示,确定在 Y-Z 坐标面上通过原点的下述曲线(b)。

$$[0135] \quad Z = (Y^2/R_Y) / [1 + \{1 - (C_1+1) Y^2/R_Y^2\}^{1/2}]$$

$$[0136] \quad +C_2Y+C_3Y^2+C_4Y^3+C_5Y^4+C_6Y^5+C_7Y^6$$

$$[0137] \quad +\dots+C_{21}Y^{20}+\dots+C_{n+1}Y^n+\dots$$

$$[0138] \quad \dots (b)$$

[0139] 接着,确定曲线 F (Y),该曲线 F (Y) 是将该曲线(b) 朝向 X 轴正方向以左转为正而转动角度  $\theta$  (°) 得到的。该曲线 F (Y) 也在 Y-Z 坐标面上也通过原点。

[0140] 将该曲线 F (Y) 向 Y 正方向平行移动距离 R (为负时向 Y 负方向),然后将使该平行移动后的曲线绕 Z 轴旋转而生成的旋转对称面作为是扩展旋转自由曲面。

[0141] 其结果是,扩展旋转自由曲面在 Y-Z 面内是自由曲面(自由曲线),在 X-Y 面内是半径为 |R| 的圆。

[0142] 根据该定义,Z 轴是扩展旋转自由曲面的轴(旋转对称轴)。

[0143] 这里,R<sub>Y</sub> 是 Y-Z 剖面上的球面项的曲率半径,C<sub>1</sub> 是圆锥常数,C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub>、C<sub>4</sub>、C<sub>5</sub>…分别是 1 次、2 次、3 次、4 次…的非球面系数。

[0144] 并且,假设具有 Z 轴作为中心轴的 Z 轴的圆锥面是扩展旋转自由曲面的一种,R<sub>Y</sub>=∞,C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub>、C<sub>4</sub>、C<sub>5</sub>、…=0,  $\theta$  = (圆锥面的倾斜角),R= (X-Z 面内的底面半径)。

[0145] 另外,与后述的结构参数中没有记载数据的非球面有关的项为 0。对于折射率、阿贝数,记载了与 d 线(波长 587.56nm)对应的折射率、阿贝数。长度的单位是 mm。如上所述,用从距基准面的偏心量表示各面的偏心。

[0146] 图 3 示出沿着实施例 1 的光学系统 1 的中心轴 2 截取的剖面图。另外,图 4 示出该实施例的光学系统整体的横像差图,图 5 示出视场角与像高之间的关系。在该横像差图中,在中央所示的角度表示(水平方向视场角、垂直方向视场角),表示该视场角时的 Y 方向(子午方向)和 X 方向(弧矢方向)的横像差。并且,对于水平方向视场角,负的视场角是指朝向 Y 轴正方向向右旋转的角度,对于垂直方向视场角,负的视场角是指朝向 X 轴正方向向右旋转的角度。以下相同。

[0147] 本实施例是这样的示例,即:与光学系统 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以及反射面全部由不同的面构成,而不是在光路内共用。

[0148] 光学系统 1 构成为包括: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、以及与中心轴 2 同轴地配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间的开口 S,后组 Gb 由第 1 组 G1 和第 2 组 G2 构成。

[0149] 前组由绕中心轴 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:第 1 透射面 11,其与物体面对置,配置在外侧,由与中心轴 2 平行地形成的圆柱面构成;

第 1 反射面 12,其形成在透明介质 L1 的内部,相对于第 1 透射面 11 配置在中心轴 2 侧,由复曲面构成,且具有负光焦度;第 2 反射面 13,其形成在透明介质 L1 的内部,相对于第 1 反射面 12 配置在像面 5 的相反侧,由复曲面构成,且具有正光焦度;以及第 2 透射面 14,其配置为比第 2 反射面 13 更靠近像面 5 侧,由非球面构成,且具有负光焦度。

[0150] 第 1 组由凹面朝向像面 5 侧的负凹凸透镜 L2 与双凸正透镜 L3 的接合透镜构成,具有:第 3 透射面 21;配置为比第 3 透射面 21 更靠近像面 5 侧的接合面 23;以及配置为比接合面 23 更靠近像面 5 侧的第 4 透射面 31。

[0151] 第 2 组由双凸正透镜 L4 与双凹负透镜 L5 的接合透镜构成,第 2 组具有:第 5 透射面 41;配置为比第 5 透射面 41 更靠近像面 5 侧的接合面 45;以及配置为比接合面 45 更靠近像面 5 侧的第 6 透射面 51。

[0152] 光学系统 1 形成光路 A。在光路 A 中,从光学系统 1 的物体面 3 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 的、偏离中心轴 2 的外侧圆环状地形成图像。

[0153] 作为光路 A,具有下述大致 Z 字形状的光路,即:入射到光学系统 1 的光束经过第 1 透射面 11 后进入前组 Gf 的透明介质 L1 内,在第 1 反射面 12 被反射向像面 5 的相反侧,在第 2 反射面 13 被反射向像面 5 侧,经过第 2 透射面 14 后从透明介质 L1 射出到外部。

[0154] 然后,经过与中心轴 2 同轴地设置在前组 Gf 和后组 Gb 之间、且构成光圈的开口 S,间隔着中心轴 2 在相反侧经过第 3 透射面 21 进入后组 Gb 的第 1 组的负凹凸透镜 L2 与双凸正透镜 L3 的接合透镜内,经过接合面 23,从第 4 透射面 31 射出到外部,经过第 5 透射面 41 进入第 2 组的双凸正透镜 L4 与双凹负透镜 L5 的接合透镜内,经过接合面 45,从第 6 透射面 51 射出到外部,在像面 5 的偏离中心轴 2 的半径方向的规定位置处成像。

[0155] 该实施例 1 的规格为:

[0156] 视场角  $-89^{\circ} \sim 89^{\circ}$

[0157] 像的尺寸  $\phi 0.48 \sim \phi 2.37$

[0158] F 数值 3.97

[0159] 图 6 示出沿着实施例 2 的光学系统 1 的中心轴 2 截取的剖面图。另外,图 7 示出该实施例的光学系统整体的侧视光路的横像差图,图 8 示出直视光路的横像差图,图 9 示出像高与视场角之间的关系的图。

[0160] 本实施例是这样的示例,即:与光学系统 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以及反射面全部由不同的面构成,而不是在侧视光路内共用。

[0161] 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、以及为中心轴 2 同轴地配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间的开口 5 构成,后组 Gb 由第 1 组 G1、第 2 组 G2 构成。

[0162] 前组 Gf 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,是将侧视光路 A 与直视光路 B 合成的光路合成光学系统。

[0163] 透明介质 L1 具有:侧视第 1 透射面 11,其与侧视物体面 3 对置,配置在外侧,且是与中心轴 2 平行的圆柱状;侧视第 1 反射面 12,其形成在透明介质 L1 的内部,形成在比侧视第 1 透射面 11 更靠近中心轴 2 侧的位置,由复曲面构成,且具有负光焦度;侧视第 2 反射面 13,其形成在透明介质 L1 的内部,相对于侧视第 1 反射面 12 配置在像面 5 的相反侧,由

复曲面构成,且具有正光焦度;以及侧视第 2 透射面 14,其配置为比侧视第 2 反射面 13 更靠近像面 5 侧,由非球面构成,且具有负光焦度。另外还具有:直视第 3 透射面 15,其由球面构成,具有正光焦度;以及直视第 4 透射面 16,其配置为比直视第 3 透射面 15 更靠近像面 5 侧,由非球面构成,具有负光焦度。并且,侧视第 2 透射面 14 和直视第 4 透射面 16 是同一面。

[0164] 第 1 组由凹面朝向像面 5 侧的负凹凸透镜 L2 与双凸正透镜 L3 的接合透镜构成,第 1 组具有:第 3 透射面 21、配置为比第 3 透射面 21 更靠近像面 5 侧的接合面 23、以及配置为比接合面 23 更靠近像面 5 侧的第 4 透射面 31。

[0165] 第 2 组由双凸正透镜 L4 与双凹负透镜 L5 的接合透镜构成,第 2 组具有:第 5 透射面 41、配置为比第 5 透射面 41 更靠近像面 5 侧的接合面 45、以及配置为比接合面 45 更靠近像面 5 侧的第 6 透射面 51。

[0166] 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 侧面的侧视物体面 3 入射的光束依次经过前组 Gf 与后组 Gb,在与中心轴 2 垂直的像面 5 的、偏离中心轴 2 的外侧圆环状地形成图像。另外,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 4 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 的、中心轴 2 附近圆形地形成图像。

[0167] 作为侧视光路 A,具有下述大致 Z 字形状的光路,即:从光学系统 1 的侧面入射的光束经过侧视第 1 透射面 11 后进入前组 Gf 的透明介质 L1 内,在侧视第 1 反射面 12 被反射向像面 5 的相反侧,在侧视第 2 反射面 13 被反射向像面 5 侧,经过侧视第 2 透射面 14 后从透明介质 L1 射出到外部。

[0168] 然后,经过与中心轴 2 同轴地设置在前组 Gf 和后组 Gb 之间、且构成光圈的开口 S,间隔着中心轴 2 在相反侧经过共同的第 3 透射面 21 进入后组 Gb 的第 1 组的负凹凸透镜 L2 与双凸正透镜 L3 的接合透镜内,经过接合面 23,从共同的第 4 透射面 31 射出到外部,经过共同的第 5 透射面 41 进入第 2 组的双凸正透镜 L4 与双凹负透镜 L5 的接合透镜内,经过接合面 45,从共同的第 6 透射面 51 射出到外部,在像面 5 的偏离中心轴 2 的半径方向的规定位置处成像。

[0169] 另外,作为直视光路 B,入射到光学系统 1 的光束经过直视第 1 透射面 15 进入前组 Gf 的透明介质 L1 内,经过配置为比直视第 1 透射面 15 更靠近像面 5 侧的直视第 2 透射面 16,从透明介质 L1 射出到外部。

[0170] 然后经过与中心轴 2 同轴地设置在前组 Gf 和后组 Gb 之间、且构成光圈的开口 S,间隔着中心轴 2 在相反侧经过共同的第 3 透射面 21 进入后组 Gb 的第 1 组的负凹凸透镜 L2 与双凸正透镜 L3 的接合透镜内,经过接合面 23,从共同的第 4 透射面 31 射出到外部,经过共同的第 5 透射面 41 进入第 2 组的双凸正透镜 L4 与双凹负透镜 L5 的接合透镜内,经过接合面 45,从共同的第 6 透射面 51 射出到外部,在像面 5 的中心轴 2 上成像。

[0171] 该实施例 2 的规格为:

[0172]

视场角 (侧视)	-89° ~ 89°
(直视)	0° ~ 60°
像的尺寸 (侧视)	φ0. 87 ~ φ2. 76

[0173]

	(直视)	$\phi 0.66$
F 数值	(侧视)	4.26
	(直视)	4.24

[0174] 图 10 示出沿着实施例 3 的光学系统 1 的中心轴 2 截取的剖面图。另外,图 11 示出该实施例的光学系统整体的横像差图,图 12 示出像高与视场角之间的关系的图。在该横像差图中,中央所示的角度表示(水平方向视场角、垂直方向视场角),表示该视场角时的 Y 方向(子午方向)和 X 方向(弧矢方向)的横像差。并且,对于水平方向视场角,负的视场角是指朝向 Y 轴正方向右转的角度,对于垂直方向视场角,负的视场角是指朝向 X 轴正方向右转的角度。下面相同。

[0175] 本实施例是这样的示例,即:与光学系统 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以及反射面全部由不同的面构成,而不是在光路内共用。

[0176] 光学系统 1 构成为包括: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、以及与中心轴 2 同轴地配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间的开口 S,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。

[0177] 第 1 组由绕中心轴 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:第 1 透射面 11,其与物体面对置,配置在外侧,且由与中心轴 2 平行地形成的圆柱面构成;第 1 反射面 12,其形成在透明介质 L1 的内部,相对于第 1 透射面 11 配置在中心轴 2 侧,由扩展旋转自由曲面构成,且具有负光焦度;第 2 反射面 13,其形成在透明介质 L1 的内部,相对于第 1 反射面 12 配置在像面 5 的相反侧,由扩展旋转自由曲面构成,且具有正光焦度;以及第 2 透射面 14,其配置为比第 2 反射面 13 更靠近像面 5 侧,由非球面构成,且具有负光焦度。

[0178] 第 2 组由凸面朝向像面 5 侧的正凹凸透镜 L2 构成,第 2 组具有:第 3 透射面 21、配置为比第 3 透射面 21 更靠近像面 5 侧的第 4 透射面 31。

[0179] 第 3 组由凹面朝向像面 5 侧的负凹凸透镜 L3 与双凸正透镜 L4 的接合透镜构成,第 3 组具有:第 5 透射面 31、配置为比第 5 透射面 31 更靠近像面 5 侧的接合面 34、以及配置为比接合面 34 更靠近像面 5 侧的第 6 透射面 41。

[0180] 第 4 组由双凸正透镜 L5 与双凹负透镜 L6 的接合透镜构成,第 4 组具有:第 7 透射面 51、配置为比第 7 透射面 51 更靠近像面 5 侧的接合面 56、以及配置为比接合面 56 更靠近像面 5 侧的第 8 透射面 61。

[0181] 光学系统 1 形成光路 A。在光路 A 中,从光学系统 1 的物体面 3 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 的、偏离中心轴 2 的外侧圆环状地形成图像。

[0182] 作为光路 A,具有下述大致 Z 形状的光路,即:入射到光学系统 1 的光束经过第 1 透射面 11 后进入前组 Gf 的第 1 组的透明介质 L1 内,在第 1 反射面 12 被反射向像面 5 的相反侧,在第 2 反射面 13 被反射向像面 5 侧,经过第 2 透射面 14 后从透明介质 L1 射出到外部。接着,经过第 3 透射面 21,进入第 2 组的正凹凸透镜 L2 内,从第 4 透射面 31 射出到外部。

[0183] 然后,经过与中心轴 2 同轴地设置在前组 Gf 和后组 Gb 之间、且构成光圈的开口 S,

间隔着中心轴 2 在相反侧经过第 5 透射面 31 进入后组 Gb 的第 3 组的负凹凸透镜 L3 与双凸正透镜 L4 的接合透镜内,经过接合面 34,从第 6 透射面 41 射出到外部,经过第 7 透射面 51 进入第 4 组的双凸正透镜 L5 与双凹负透镜 L6 的接合透镜内,经过接合面 56,从第 8 透射面 61 射出到外部,在像面 5 的偏离中心轴 2 的半径方向的规定位置处成像。

[0184] 该实施例 3 的规格为:

[0185] 视场角  $-89^{\circ} \sim 89^{\circ}$

[0186] 像的尺寸  $\phi 0.44 \sim \phi 2.38$

[0187] F 数值 5.9

[0188] 另外,当光学元件的子午剖面的角倍率设为  $\beta \omega$ 、具有第 2 透射作用的面子午剖面的光焦度设为 P2、中心主光线的子午剖面的光学系统整体的光焦度设为 Pm、光学元件的外径设为 D、像的外径设为 Dr 时,如下所述。

[0189]

	实施例 1	实施例 2	实施例 3
$\beta \omega$	0.099	0.090	0.129
P2/Pm	-3.022	-2.427	-3.932
D	7.000	7.000	8.000
D r	2.366	2.756	2.381
D / D r	2.959	2.528	3.360

[0190] 下面,示出上述实施例 1 ~ 实施例 3 的结构参数。并且,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。

[0191] 实施例 1

[0192]

面序号 物体面	曲率半径 $\infty$	面间隔 $\infty$	偏心 偏心 (1)	折射率	阿贝数
1	ERFS[1]		偏心 (2)	1.8348	42.7
2	ERFS[2] (RE)		偏心 (3)	1.8348	42.7
3	ERFS[3] (RE)		偏心 (4)	1.8348	42.7
4	ASS[1]		偏心 (5)		
5	$\infty$	0.50	偏心 (6)	1.5163	64.1
6	$\infty$ (光圈)	0.35			
7	2.82	0.30		1.8467	23.8
8	1.28	1.20		1.7440	44.8
9	-1.85	0.10			
10	1.84	1.40		1.4971	69.3
11	-1.14	0.30		1.8467	23.8
12	20.09	0.50			
13	$\infty$	0.40		1.5163	64.1
14	$\infty$	0.10			
像面	$\infty$				
[0193]	E R F S[1]				
[0194]	R Y $\infty$				
[0195]	$\theta$ 90.00				
[0196]	R -3.50				
[0197]	E R F S[2]				
[0198]	R Y 4.52				
[0199]	$\theta$ 39.68				
[0200]	R -2.18				
[0201]	E R F S[3]				
[0202]	R Y 5.72				
[0203]	$\theta$ 10.80				
[0204]	R -1.62				
[0205]	A S S[1]				
[0206]	R 0.70				
[0207]	k -1.9423E-01				
[0208]					



偏心[1]

X	0.00	Y	0.00	Z	0.00
---	------	---	------	---	------

$\alpha$	90.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00
----------	-------	---------	------	----------	------

偏心[2]

X	0.00	Y	0.00	Z	0.00
---	------	---	------	---	------

$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00
----------	------	---------	------	----------	------

偏心[3]

[0209]

X	0.00	Y	0.00	Z	0.00
---	------	---	------	---	------

$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00
----------	------	---------	------	----------	------

偏心[4]

X	0.00	Y	0.00	Z	-2.95
---	------	---	------	---	-------

$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00
----------	------	---------	------	----------	------

偏心[5]

X	0.00	Y	0.00	Z	-1.46
---	------	---	------	---	-------

$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00
----------	------	---------	------	----------	------

偏心[6]

X	0.00	Y	0.00	Z	-0.10
---	------	---	------	---	-------

$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00
----------	------	---------	------	----------	------

[0210] 实施例 2

[0211] 侧视光路

[0212]

面序号 物体面	曲率半径 $\infty$	面间隔 $\infty$	偏心 偏心 (1)	折射率	阿贝数
1	ERFS[1]		偏心 (2)	1.8348	42.7
2	ERFS[2] (RE)		偏心 (3)	1.8348	42.7
3	ERFS[3] (RE)		偏心 (4)	1.8348	42.7
4	ASS[1]		偏心 (5)		
5	$\infty$	0.50	偏心 (6)	1.5163	64.1
6	$\infty$ (光圈)	0.35			
7	2.77	0.30		1.8467	23.8
8	1.39	1.20		1.7012	44.8
9	-1.79	0.10			
10	2.01	1.40		1.4875	70.4
11	-1.25	0.30		1.8467	23.8
[0213]					
12	10.29	0.50			
13	$\infty$	0.40		1.5163	64.1
14	$\infty$	0.10			
像面	$\infty$				
像面	$\infty$				
[0214]	E R F S[1]				
[0215]	R Y $\infty$				
[0216]	$\theta$ 90.00				
[0217]	R -3.50				
[0218]	E R F S[2]				
[0219]	R Y 3.88				
[0220]	$\theta$ 39.86				
[0221]	R -2.34				
[0222]	E R F S[3]				
[0223]	R Y 5.61				
[0224]	$\theta$ 13.60				
[0225]	R -1.86				
[0226]	A S S[1]				
[0227]	R 0.87				
[0228]	k -1.8327E-01				
[0229]					

## 偏心[1]

X	0.00	Y	0.00	Z	0.00
$\alpha$	90.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00

[0230]

## 偏心[2]

X	0.00	Y	0.00	Z	0.00
$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00

## 偏心[3]

X	0.00	Y	0.00	Z	0.00
$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00

## 偏心[4]

X	0.00	Y	0.00	Z	-2.64
$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00

## 偏心[5]

X	0.00	Y	0.00	Z	-1.55
$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00

## 偏心[6]

X	0.00	Y	0.00	Z	0.13
$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00

[0231] 直视光路

[0232]

面序号 物体面	曲率半径 $\infty$	面间隔 $\infty$	偏心 偏心 (1)	折射率	阿贝数
1	5.00		偏心 (7)	1.8348	42.7
2	ASS[1]		偏心 (5)		
3	$\infty$	0.50	偏心 (6)	1.5163	64.1
4	$\infty$ (光圈)	0.35			
5	2.82	0.30		1.8467	23.8
6	1.28	1.20		1.7440	44.8
7	-1.85	0.10			
8	1.84	1.40		1.4971	69.3
9	-1.14	0.30		1.8467	23.8
10	20.09	0.50			
[0233]					
11	$\infty$	0.40		1.5163	64.1
12	$\infty$	0.10			
像面	$\infty$				
[0234] A S S[1]					
[0235] R 0.70					
[0236] k -1.9423E-01					
[0237]					

偏心[1]

X	0.00	Y	0.00	Z	0.00
---	------	---	------	---	------

$\alpha$	90.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00
----------	-------	---------	------	----------	------

偏心[7]

X	0.00	Y	0.00	Z	-2.85
---	------	---	------	---	-------

$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00
----------	------	---------	------	----------	------

偏心[5]

X	0.00	Y	0.00	Z	-1.55
---	------	---	------	---	-------

$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00
----------	------	---------	------	----------	------

偏心[6]

X	0.00	Y	0.00	Z	0.13
---	------	---	------	---	------

$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00
----------	------	---------	------	----------	------

[0238] 实施例 3

[0239]

面序号 物体面	曲率半径 $\infty$	面间隔 $\infty$	偏心 偏心 (1)	折射率	阿贝数
1	ERFS[1]		偏心 (2)	1.8348	42.7
2	ERFS[2] (RE)		偏心 (3)	1.8348	42.7
3	ERFS[3] (RE)		偏心 (4)	1.8348	42.7
4	ASS[1]		偏心 (5)		
5	-1.45	0.50	偏心 (6)	1.5163	64.1

[0240]

	6	-1.21	0.10		
	7	$\infty$ (光圈)	0.70		
	8	2.51	0.30	1.8467	23.8
	9	1.50	0.80	1.5831	62.4
	10	-2.32	1.47		
	11	2.02	1.60	1.6204	60.3
	12	-1.38	0.30	1.8467	23.8
	13	$\infty$	0.31		
	14	$\infty$	0.40	1.5163	64.1
	15	$\infty$	0.10		
	像面	$\infty$			
[0241]	E R F S[1]				
[0242]	R Y	$\infty$			
[0243]	$\theta$	90.00			
[0244]	R	-4.00			
[0245]	E R F S[2]				
[0246]	R Y	4.80			
[0247]	$\theta$	40.86			
[0248]	R	-2.38			
[0249]	C4	-1.2352E-02			
[0250]	E R F S[3]				
[0251]	R Y	6.57			
[0252]	$\theta$	12.25			
[0253]	R	-1.84			
[0254]	C4	-3.4641E-03			
[0255]	A S S[1]				
[0256]	R	0.58			
[0257]	k	-1.3453E-01			
[0258]					

## 偏心[1]

X	0.00	Y	0.00	Z	0.00
$\alpha$	90.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00

## 偏心[2]

X	0.00	Y	0.00	Z	0.00
$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00

## 偏心[3]

X	0.00	Y	0.00	Z	0.00
$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00

## 偏心[4]

X	0.00	Y	0.00	Z	-3.73
$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00

## 偏心[5]

X	0.00	Y	0.00	Z	-1.77
$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00

## 偏心[6]

X	0.00	Y	0.00	Z	-0.71
$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00

[0259] 上面的实施例是用扩展旋转自由曲面来设计与光学系统 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以及反射面的示例,但是,在扩展旋转自由曲面与旋转对称面垂直且不使用高次项的情况下,成为与球面等效的结构。

[0260] 并且,前组 Gf 的反射面和折射面分别利用使任意形状的线段绕中心轴 2 旋转而形成的且在中心轴 2 上不具有面顶的扩展旋转自由曲面来设计,但也可以分别替换为任意的曲面。

[0261] 例如,第 1 透射面 11 必须形成在透明介质 L1 的外周部,但是其形状也可以是图 13 所示的复曲面,而不限定为圆柱面。另外,也可以是图 14 所示的圆锥面。

[0262] 另外,本发明的光学系统使用在定义形成旋转对称面的任意形状的线段的公式中包含奇数次项的线段,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光瞳像差。

[0263] 并且,直接使用构成本发明的前组 Gf 的绕中心轴 2 旋转对称的透明介质,由此,能够对具有 360° 全方位视场角的图像进行拍摄或投影,但也可以沿包含中心轴 2 的剖面

将该透明介质切成二分之一、三分之一、三分之二等,由此对绕中心轴 2 的视场角为  $180^{\circ}$ 、 $120^{\circ}$ 、 $240^{\circ}$  等的图像进行拍摄或投影。

[0264] 另外,本发明的光学系统也可用作使中心轴(旋转对称轴)2 朝向垂直方向,取得包含天顶在内的  $360^{\circ}$  的全方位(全周)视场角的图像的摄像或观察光学系统。并且,本发明不限于摄影光学系统、观察光学系统,也可将光路逆转、用作以包含天顶在内的  $360^{\circ}$  的全方位(全周)视场角对图像进行投影的投影光学系统。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。

[0265] 接着,根据实施例 4 以及实施例 5 对本发明的光学元件以及具有该光学元件的光学系统进行说明。

[0266] 图 16 是沿着后述的实施例 4 的光学系统 1 的中心轴(旋转对称轴)2 截取的剖面图。并且,下面作为成像光学系统进行说明,但也可以将光路逆转用作投影光学系统。

[0267] 实施例 4 的光学系统 1 构成为包括:由关于中心轴 2 旋转对称且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,以不会在光路中形成中间像的方式成像或对像进行投影。像面 5 附近的平行平板是摄像元件的玻璃罩 C 等。

[0268] 另外,通过使前组 Gf 为负,后组 Gb 为正,由此成为所谓的反焦型,尤其是在期望得到宽的观察视场角时有效。

[0269] 本发明的光学元件在包含中心轴 2 的剖面内以与中心轴 2 垂直的方向为中心在单侧具有大约  $90^{\circ}$  视场角,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:第 1 透射面 11,其相对于中心轴 2 配置在最外周;第 1 反射面 12,其配置为比第 1 透射面更靠近中心轴侧;第 2 反射面 13,其相对于第 1 反射面 12 配置在像面 5 侧;第 3 反射面 14,其相对于第 2 反射面 13 配置在像面 5 的相反侧;第 2 透射面 15,其配置为比第 3 反射面 14 更靠近像面 5 侧,并且该光学元件构成下述的大致 W 字形状的光路 A:按照顺光线追踪的顺序,入射到透明介质 L1 的光束经过第 1 透射面 11 后进入透明介质 L1 内,在第 1 反射面 12 被反射向像面 5 侧,在第 2 反射面 13 被反射向像面 5 的相反侧,在第 3 反射面 14 被反射向像面 5 侧,经过第 2 透射面 15 后从透明介质 L1 向像面 5 侧射出到外部,相对于中心轴 2 仅在单侧构成光路 A。

[0270] 通过该结构,可在单侧具有大约  $90^{\circ}$  的大视场角,并且使光路 A 的入射到第 1 反射面 12、第 2 反射面 13 以及第 3 反射面 14 的入射角度较小,并能够减少在反射面发生的偏心像差的发生。另外,仅在中心轴的单侧构成光路 A,由此光学元件内的光路不会跨越中心轴 2,能够使光学元件变薄。

[0271] 并且,优选当本发明的光学元件的子午剖面的角倍率设为  $\beta \omega$  时,满足

[0272]  $0.01 < \beta \omega < 0.5$  ... (1) 的条件。

[0273] 该条件表示子午剖面上的缩小角倍率,当超过条件式(1)的下限时,本发明的光学元件承受的负担增大,光学元件异常地大型化,需要折射率异常高的昂贵的玻璃。另外,当超过条件(1)的上限时,将不再有光学元件的视场角缩小效果,入射到后组的视场角变宽,后组的负担增大。

[0274] 还优选的是,满足

[0275]  $0.02 < \beta \omega < 0.2$  ... (1-1) 的条件。

[0276] 另外,当第 2 透射面 15 的近轴的光焦度设为 P2、中心主光线的光学系统整体的子



午剖面的光焦度设为  $P_m$  时,优选满足

[0277]  $-10 < P_2/P_m < -1$  ... (2) 的条件。

[0278] 该条件式(2)表示第2透射面15占整体的光焦度的比例,当超过条件式(2)的下限时,意味着第2透射面15的负光焦度强,可缩小角倍率,但是当变得过小时,在该面上产生过大的彗形像差和像散,不能用其它面进行校正。另外,当超过条件式(2)的上限时,第2透射面15的负光焦度变得过小,与条件式(1)相同,不能得到大的子午剖面的角倍率(增大缩小率),后组的负担增大,光学系统更加大型化。

[0279] 另外,通过使光学元件为折射率大于等于1.5的介质,由内部反射面构成具有反射作用的面,由此,与由反射面构成相比,减少了像差的发生。通过该结构,能够构成小型、分辨率高的光学系统,并且能够将2个反射面构成为一体,对于组装调整是优选的。

[0280] 还优选的是,由折射率大于等于1.7的介质构成。当提高折射率时,能够相应地减小内部反射面的曲率(增大曲率半径),尤其是在如本发明这样,构成为偏心光学系统的情况下,能够减少偏心像差的发生,提高分辨率。

[0281] 还优选的是,通过使折射率大于等于1.8,临界角变成33度,尤其是能够将第1反射面构成为全反射面,可以不进行反射涂层,因此,在加工上和光量的损失方面是优选的。

[0282] 另外,通过使第1反射面12、第2反射面13以及第3反射面14中的至少1个具有全反射作用,由此,无需安装反射膜,因而在制造变得容易的同时,反射率也成为100%,能够拍摄明亮的图像。

[0283] 另外,第1反射面12、第2反射面13以及第3反射面14中的至少1个面由扩展旋转自由曲面构成,由此能够校正视场角周边部分的畸变,该扩展旋转自由曲面是使不具有对称面的任意形状的线段绕中心轴2旋转而形成的。

[0284] 另外,透明介质L1具有的面中的至少1个面由扩展旋转自由曲面构成,由此,能够提供关于视场角中心上下非对称的形状,对于像差校正是优选的,该扩展旋转自由曲面是使包含奇数次项的任意形状的线段绕中心轴2旋转而形成的。

[0285] 在该实施例中,具有反射作用的3个反射面都使凹面朝向开口S。由此,反射面的光焦度配置为负-正-负,容易得到宽视场角,并且能够减少彗形像差的发生。

[0286] 另外,第2透射面优选为使凹面朝向开口侧的、具有强的负光焦度的面。通过减小通过该面后从光学元件射出的视场角,由此能够减小入射到后组的视场角,减轻后组进行像差校正的负担,在整体上实现小型的、构成枚数少的光学系统。

[0287] 另外,通过将光学元件配置为比开口更靠近物体侧,容易与后组取得平衡,对于光学系统的小型化和简单化具有良好的结果。在开口附近,子午剖面的中心光线与视场角大的光线接近,因此当光学元件配置在开口附近时,不能得到高的角倍率,其它透镜的负担增大。另外,当光学元件配置在开口的像侧时,很难通过比开口更靠近物体侧的前组得到宽的视场角。

[0288] 还优选的是,当光学元件的外径设为D、像的外径设为 $D_r$ 时,满足

[0289]  $D/D_r < 10$  ... (3) 的条件。

[0290] 当超过条件式(3)的上限时,相对于摄像元件,光学系统的外径增大。对于摄像元件而言,某种程度上优选的尺寸取决于其价格和摄像元件的噪声等。例如,在使用1/3英寸或1/4英寸等比较便宜且容易得到的分辨率高的摄像元件时,如果超过条件式(3)的上限,

则不能紧凑地构成光学系统整体。

[0291] 还优选的是,满足

[0292]  $D/D_r < 5$  ... (3-1) 的条件。

[0293] 还优选的是,光学元件的外径 D 满足

[0294]  $D < 20\text{mm}$  ... (4) 的条件。

[0295] 尤其是在用作内窥镜的摄像系统时,在减轻对被检者的负担的意义上,优选满足条件(4)。

[0296] 还优选的是,满足

[0297]  $D < 10\text{mm}$  ... (4-1) 的条件。

[0298] 下面,对本发明的光学系统的实施例 4 以及实施例 5 进行说明。这些光学系统的结构参数将在后面叙述。

[0299] 例如,如图 15 所示,坐标系在顺光线追踪中,将从物体面 3 朝向到第 1 面的中心主光线的延长线与中心轴 2 的交点设为偏心光学面的原点 0,相对于中心轴 2 为物体面 3 的相反侧的、与中心轴 2 垂直的方向设为 Y 轴正方向,图 15 的纸平面设为 Y-Z 平面。并且,图 15 的像面 5 的相反侧的方向设为 Z 轴正方向,与 Y 轴、Z 轴构成右手直角坐标系的轴设为 X 轴正方向。

[0300] 对偏心面赋予:距定义了该面的坐标系从的上述光学系统 1 的原点 0 之间的偏心量(X 轴方向、Y 轴方向、Z 轴方向分别为 X、Y、Z)、以及对分别以定义在光学系统 1 的原点 0 的坐标系的 X 轴、Y 轴、Z 轴为中心的各面进行定义的坐标系的倾斜角(分别为  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  ( $^\circ$ ))。在该情况下, $\alpha$  和  $\beta$  的正是指相对于各个轴的正方向的逆时针, $\gamma$  的正是指相对于 Z 轴的正方向顺时针。并且,使面的中心轴的  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  旋转的方法是:首先,使对各面进行定义的坐标系绕定义在光学系统的原点的坐标系的 X 轴逆时针旋转  $\alpha$ ,接着,绕该旋转后的新坐标系的 Y 轴逆时针旋转  $\beta$ ,接着,绕该旋转后的另外的又一新坐标系的 Z 轴顺时针旋转  $\gamma$ 。另外,当构成各实施例的光学系统中的光学作用面中的、特定的面以及其后续的面构成共轴光学系统时,赋予面间隔,另外,按照常用方法赋予面的曲率半径、介质的折射率、阿贝数。

[0301] 并且,与后述的结构参数中没有记载数据的非球面有关的项为 0。记载了与 d 线(波长 587.56nm)对应的折射率、阿贝数。长度的单位是 mm。如上所述,用从距基准面的偏心量表示各面的偏心。

[0302] 并且,非球面是由下述定义式赋予给出的旋转对称非球面。

[0303]  $Z = (Y^2/R) / [1 + \{1 - (1+k)Y^2/R^2\}^{1/2}]$

[0304]  $+aY^4+bY^6+cY^8+dY^{10}+\dots$

[0305]  $\dots (a)$

[0306] 其中,Z 设为轴,Y 取与轴垂直的方向。这里,R 为近轴曲率半径,k 是圆锥常数,a、b、c、d、...分别是 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。

[0307] 另外,扩展旋转自由曲面是由下述定义给出赋予的旋转对称面。

[0308] 首先,如图 2 所示,确定在 Y-Z 坐标面上通过原点的下述曲线(b)。

[0309]  $Z = (Y^2/R_Y) / [1 + \{1 - (C_1+1)Y^2/R_Y^2\}^{1/2}]$

[0310]  $+C_2Y+C_3Y^2+C_4Y^3+C_5Y^4+C_6Y^5+C_7Y^6$

[0311]  $+ \dots + C_{21}Y^{20} + \dots + C_{n+1}Y^n + \dots$

[0312]  $\dots (b)$

[0313] 接着,确定曲线  $F(Y)$ , 该曲线  $F(Y)$  是将该曲线(b) 朝向 X 轴正方向以左转为正而转动角度  $\theta$  ( $^\circ$ ) 得到的。该曲线  $F(Y)$  也在 Y-Z 坐标面上也通过原点。

[0314] 将该曲线  $F(Y)$  向 Y 正方向平行移动距离 R (为负时向 Y 负方向), 然后, 将使该平行移动后的曲线绕 Z 轴旋转而生成的旋转对称面作为是扩展旋转自由曲面。

[0315] 其结果是, 扩展旋转自由曲面在 Y-Z 面内是自由曲面(自由曲线), 在 X-Y 面内是半径为  $|R|$  的圆。

[0316] 根据该定义, Z 轴是扩展旋转自由曲面的轴(旋转对称轴)。

[0317] 这里,  $R_Y$  是 Y-Z 剖面上的球面项的曲率半径,  $C_1$  是圆锥常数,  $C_2$ 、 $C_3$ 、 $C_4$ 、 $C_5$ ... 分别是 1 次、2 次、3 次、4 次... 的非球面系数。

[0318] 并且, 假设具有 Z 轴作为中心轴的 Z 轴的圆锥面是扩展旋转自由曲面的一种,  $R_Y = \infty$ ,  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 、 $C_4$ 、 $C_5$ 、... = 0,  $\theta =$  (圆锥面的倾斜角),  $R =$  (X-Z 面内的底面半径)。

[0319] 另外, 与后述的结构参数中没有记载数据的非球面有关的项为 0。对于折射率、阿贝数, 记载了与 d 线(波长 587.56nm)对应的折射率、阿贝数。长度的单位是 mm。如上所述, 用从距基准面的偏心量表示各面的偏心。

[0320] 图 16 示出沿着实施例 4 的光学系统 1 的中心轴 2 截取的剖面图。另外, 图 17 示出该实施例的光学系统整体的横像差图, 图 18 示出像高与视场角之间的关系。在该横像差图中, 中央所示的角度表示(水平方向视场角、垂直方向视场角), 表示该视场角时的 Y 方向(子午方向)和 X 方向(弧矢方向)的横像差。并且, 对于水平方向视场角而言, 负的视场角是指朝向 Y 轴正方向右转的角度, 对于垂直方向视场角而言, 负的视场角是指朝向 X 轴正方向右转的角度。下面相同。

[0321] 本实施例是这样的示例, 即: 与光学系统 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以及反射面全部由不同的面构成, 而不是在光路内共用。

[0322] 光学系统 1 构成为包括: 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、以及与中心轴 2 同轴地配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间的开口 S, 前组由第 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。

[0323] 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: 第 1 透射面 11, 其与物体面对置, 配置在外周, 由与中心轴 2 平行地形成的圆柱面构成; 第 1 反射面 12, 其形成在透明介质 L1 的内部, 相对于第 1 透射面 11 配置在中心轴 2 侧, 由复曲面构成, 且具有负光焦度; 第 2 反射面 13, 其形成在透明介质 L1 的内部, 相对于第 1 反射面 12 配置在像面 5 侧, 由复曲面构成, 且具有正光焦度; 第 3 反射面 14, 其相对于第 2 反射面 13 配置在像面 5 的相反侧, 由非球面构成, 且具有负光焦度; 以及第 2 透射面 15, 其配置为比第 3 反射面 14 更靠近像面 5 侧, 由球面构成, 且具有负光焦度。

[0324] 第 2 组 G2 由凹面朝向像面 5 侧的负凹凸透镜 L2 构成, 第 2 组 G2 具有: 第 3 透射面 21、以及配置为比第 3 透射面 21 更靠近像面 5 侧的第 4 透射面 22。

[0325] 第 3 组 G3 由凹面朝向像面 5 侧的负凹凸透镜 L3 与双凸正透镜 L4 的接合透镜构成, 第 3 组 G3 具有: 第 5 透射面 31、配置为比第 5 透射面 31 更靠近像面 5 侧的接合面 34、

以及配置为比接合面 34 更靠近像面 5 侧的第 6 透射面 41。

[0326] 第 4 组 G4 由双凸正透镜 L5 与凸面朝向像面 5 侧的负凹凸透镜 L6 的接合透镜构成,第 4 组 G4 具有:第 7 透射面 51、配置为比第 7 透射面 51 更靠近像面 5 侧的接合面 56、以及配置为比接合面 56 更靠近像面 5 侧的第 8 透射面 61。

[0327] 光学系统 1 形成光路 A。在光路 A 中,从光学系统 1 的物体面 3 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 的、偏离中心轴 2 的外侧圆环状地形成图像。

[0328] 作为光路 A,具有下述大致 W 字形状的光路,即:入射到光学系统 1 的光束经过第 1 透射面 11 后进入前组 Gf 的作为第 1 组 G1 的透明介质 L1 内,在第 1 反射面 12 被反射向像面 5 侧,在第 2 反射面 13 被反射向像面 5 的相反侧,在第 3 反射面 14 被反射向像面 5 侧,经过第 2 透射面 15 后从透明介质 L1 射出到外部。然后,经过第 3 透射面 21 进入第 2 组 G2 的负凹凸透镜 L2 内,经过配置为比第 3 透射面 21 更靠近像面 5 侧的第 4 透射面 22,从负凹凸透镜 L2 射出到外部。

[0329] 然后,经过与中心轴 2 同轴地设置在前组 Gf 和后组 Gb 之间、且构成光圈的开口 S,间隔着中心轴 2 在相反侧经过第 5 透射面 31 进入后组 Gb 的第 3 组的负凹凸透镜 L3 与双凸正透镜 L4 的接合透镜内,经过接合面 34,从第 6 透射面 41 射出到外部,经过第 7 透射面 51 进入第 4 组的双凸正透镜 L5 与负凹凸透镜 L6 的接合透镜内,经过接合面 56,从第 8 透射面 61 射出到外部,在像面 5 的偏离中心轴 2 的半径方向的规定位置处成像。

[0330] 该实施例 4 的规格为:

[0331] 视场角  $-89^{\circ} \sim 89^{\circ}$

[0332] 像的尺寸  $\phi 0.51 \sim \phi 2.34$

[0333] F 数值 8.5

[0334] 图 19 示出沿着实施例 5 的光学系统 1 的中心轴 2 截取的剖面图。另外,图 20 示出该实施例的光学系统整体的横像差图,图 21 示出像高与视场角之间的关系。

[0335] 本实施例是这样的示例,即:与光学系统 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以及反射面全部由不同的面构成,而不是在光路内共用。

[0336] 光学系统 1 构成为包括: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、以及与中心轴 2 同轴地配置在前组 Gf 和后组 Gb 之间的开口 S,前组由第 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。

[0337] 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:第 1 透射面 11,其与物体面对置,配置在外周,由与中心轴 2 平行地形成的复曲面构成;第 1 反射面 12,其形成在透明介质 L1 的内部,相对于第 1 透射面 11 配置在中心轴 2 侧,由复曲面构成,且具有负光焦距;第 2 反射面 13,其形成在透明介质 L1 的内部,相对于第 1 反射面 12 配置在像面 5 侧,由复曲面构成,且具有正光焦距;第 3 反射面 14,其相对于第 2 反射面 13 配置在像面 5 的相反侧,由非球面构成,且具有负光焦距;以及第 2 透射面 15,其配置为比第 3 反射面 14 更靠近像面 5 侧,由球面构成,且具有负光焦距。

[0338] 第 2 组 G2 由凹面朝向像面 5 侧的负凹凸透镜 L2 构成,第 2 组 G2 具有:第 3 透射面 21、以及配置为比第 3 透射面 21 更靠近像面 5 侧的第 4 透射面 22。

[0339] 第 3 组 G3 由凹面朝向像面 5 侧的负凹凸透镜 L3 与双凸正透镜 L4 的接合透镜构

成,第3组 G3 具有:第5透射面 31、配置为比第5透射面 31 更靠近像面 5 侧的接合面 34、以及配置为比接合面 34 更靠近像面 5 侧的第6透射面 41。

[0340] 第4组 G4 由双凸正透镜 L5 与凸面朝向像面 5 侧的负凹凸透镜 L6 的接合透镜构成,第4组 G4 具有:第7透射面 51、配置为比第7透射面 51 更靠近像面 5 侧的接合面 56、以及配置为比接合面 56 更靠近像面 5 侧的第8透射面 61。

[0341] 光学系统 1 形成光路 A。在光路 A 中,从光学系统 1 的物体面 3 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 的、偏离中心轴 2 的外侧圆环状地形成图像。

[0342] 作为光路 A,具有下述大致 W 字形状的光路,即:入射到光学系统 1 的光束经过第1透射面 11 后进入前组 Gf 的作为第1组 G1 的透明介质 L1 内,在第1反射面 12 被反射向像面 5 侧,在第2反射面 13 被反射向像面 5 的相反侧,在第3反射面 14 被反射向像面 5 侧,经过第2透射面 15 后从透明介质 L1 射出到外部。然后,经过第3透射面 21 进入第2组 G2 的负凹凸透镜 L2 内,经过配置为比第3透射面 21 更靠近像面 5 侧置的第4透射面 22,从负凹凸透镜 L2 射出到外部。

[0343] 然后,经过与中心轴 2 同轴地设置在前组 Gf 和后组 Gb 之间、且构成光圈的开口 S,间隔着中心轴 2 在相反侧经过第5透射面 31 进入后组 Gb 的第3组的负凹凸透镜 L3 与双凸正透镜 L4 的接合透镜内,经过接合面 34,从第6透射面 41 射出到外部,经过第7透射面 51 进入第4组的双凸正透镜 L5 与负凹凸透镜 L6 的接合透镜内,经过接合面 56,从第8透射面 61 射出到外部,在像面 5 的偏离中心轴 2 的半径方向的规定位置处成像。

[0344] 该实施例 5 的规格为:

[0345] 视场角  $-89^{\circ} \sim 89^{\circ}$

[0346] 像的尺寸  $\phi 0.41 \sim \phi 2.35$

[0347] F 数值 10.42

[0348] 另外,当所述光学元件的子午剖面的角倍率设为  $\beta \omega$ 、具有第2透射作用的面子午剖面的光焦度设为 P2、中心主光线的子午剖面的光学系统整体的光焦度设为 Pm、光学元件的外径设为 D、像的外径设为 Dr 时,为下述这样。

[0349]

	实施例 4	实施例 5
$\beta \omega$	0.104	0.082
P2/Pm	-4.173	-3.969
D	7.000	7.000
D r	2.337	2.345
D / D r	2.996	2.985

[0350] 下面,示出上述实施例 4 ~ 实施例 5 的结构参数。并且,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。

[0351] 实施例 4

[0352]

面序号 物体面	曲率半径 $\infty$	面间隔	偏心 偏心 (1)	折射率	阿贝数
1	ERFS[1]		偏心 (2)	1.8348	42.7
2	ERFS[2] (RE)		偏心 (3)	1.8348	42.7
3	ERFS[3] (RE)		偏心 (4)	1.8348	42.7
4	ASS[1] (RE)		偏心 (5)	1.8348	42.7
5	-0.50		偏心 (6)		
6	-1.31	-0.30	偏心 (7)	1.5163	64.1
7	-1.28	-0.10			
8	$\infty$ (光圈)	-0.10			
9	-4.27	-0.30		1.8467	23.8
10	-1.33	-0.80		1.7440	44.8
11	1.11	-1.26			
12	-5.22	-1.40		1.5843	40.8
12	1.15	-0.30		1.8467	23.8
13	3.06	-3.19			
14	$\infty$	-0.40		1.5163	64.1
15	$\infty$	-0.10			
像面	$\infty$				
[0353]	E R F S[1]				
[0354]	R Y $\infty$				
[0355]	$\theta$ 90.00				
[0356]	R -3.50				
[0357]	E R F S[2]				
[0358]	R Y 3.62				
[0359]	$\theta$ 37.06				
[0360]	R -2.44				
[0361]	E R F S[3]				
[0362]	R Y 5.15				
[0363]	$\theta$ 8.06				
[0364]	R -1.71				
[0365]	A S S[1]				
[0366]	R 3.24				
[0367]	k -4.3870E+00				

[0368]

偏心[1]

X	0.00	Y	-10.00	Z	0.00
---	------	---	--------	---	------

$\alpha$	90.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00
----------	-------	---------	------	----------	------

偏心[2]

X	0.00	Y	-3.50	Z	0.00
---	------	---	-------	---	------

$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00
----------	------	---------	------	----------	------

偏心[3]

[0369]

X	0.00	Y	-2.44	Z	0.00
---	------	---	-------	---	------

$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00
----------	------	---------	------	----------	------

偏心[4]

X	0.00	Y	0.00	Z	-2.55
---	------	---	------	---	-------

$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00
----------	------	---------	------	----------	------

偏心[5]

X	0.00	Y	0.00	Z	-0.74
---	------	---	------	---	-------

$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00
----------	------	---------	------	----------	------

偏心[6]

X	0.00	Y	0.00	Z	-2.47
---	------	---	------	---	-------

$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00
----------	------	---------	------	----------	------

偏心[7]

X	0.00	Y	0.00	Z	-2.67
---	------	---	------	---	-------

$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00
----------	------	---------	------	----------	------

[0370] 实施例 5

[0371] 侧视光路

[0372]

面序号 物体面	曲率半径 $\infty$	面间隔	偏心 偏心 (1)	折射率	阿贝数
1	ERFS[1]		偏心 (2)	1.8348	42.7
2	ERFS[2] (RE)		偏心 (3)	1.8348	42.7
3	ERFS[3] (RE)		偏心 (4)	1.8348	42.7
4	ASS[1] (RE)		偏心 (5)	1.8348	42.7
5	-0.59		偏心 (6)		
6	-1.03	-0.30	偏心 (7)	1.5163	64.1
7	-1.16	-0.10			
8	$\infty$ (光圈)	-0.10			
9	-4.37	-0.30		1.8467	23.8
[0373]					
10	-1.15	-0.80		1.7440	44.8
11	1.23	-4.51			
12	-3.47	-1.40		1.6148	36.9
12	1.51	-0.30		1.8467	23.8
13	5.76	-2.01			
14	$\infty$	-0.40		1.5163	64.1
15	$\infty$	-0.10			
像面	$\infty$				
[0374]	E R F S[1]				
[0375]	R Y	6.26			
[0376]	$\theta$	93.53			
[0377]	R	-3.50			
[0378]	E R F S[2]				
[0379]	R Y	2.50			
[0380]	$\theta$	38.21			
[0381]	R	-2.60			
[0382]	E R F S[3]				
[0383]	R Y	5.95			
[0384]	$\theta$	6.60			
[0385]	R	-1.81			
[0386]	A S S[1]				
[0387]	R	3.03			
[0388]	k	-1.3118E+01			



[0389]

偏心[1]					
X	0.00	Y	-10.00	Z	0.00
$\alpha$	90.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00
偏心[2]					
X	0.00	Y	0.00	Z	0.00
$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00
偏心[3]					
X	0.00	Y	0.00	Z	-0.03
$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00
偏心[4]					
X	0.00	Y	0.00	Z	-2.94
$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00
偏心[5]					
X	0.00	Y	0.00	Z	-0.67
$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00
偏心[6]					
X	0.00	Y	0.00	Z	-2.87
$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00
偏心[7]					
X	0.00	Y	0.00	Z	-3.18
$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00

[0390] 图 22 表示实施例 1 ~ 实施例 3 的图像和摄像元件的配置示例。图 22 (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 的尺寸与侧视光路 A 的图像 A1 的左右的位置一致。图 22 (b) 示出使用画面比为 4 : 3 的摄像元件 50, 并使摄像元件 50 的尺寸与直视光路 B 中的图像 B1 一致的示例, 与图 22 (a) 相同, 表示不使用上下方向的图像的情况。图 22 (c) 是使用画面比为 4 : 3 的摄像元件 50, 并使摄像元件 50 的尺寸与侧视光路 A 中的图像 A1 一致的示例。如果这样地进行配置, 则能够全部拍摄侧视光路 A 的图像 A1 和直视光路 B 的图像 B1 两者。

[0391] 图 23 表示实施例 4 以及实施例 5 的图像和摄像元件的配置示例。图 23 (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 的尺寸与光路 A 的图像 A1 的左右的位置一致。图 23 (b) 示出使用画面比为 4 : 3 的摄像元件 50, 并与图 23 (a) 相同示出不使用上下方向的图像的情况的示例。图 23 (c) 是使用画面比为 4 : 3 的摄像元件 50, 并使摄像元件 50 的尺寸与光路 A 中的图像 A1 一致的示例。如果这样地进行配置, 则能够全部拍摄光路 A 的图像 A1。

[0392] 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 24 是表示将本发明的摄影光学系统 101 用作内窥镜前端的摄影光学系统的示例的图, 图 24 (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, 拍摄观察 360° 全方位的图像的示例。图 24 (b) 表示其前端的结构概况。配置有由壳体等构成的眩光(Flare) 光圈 107, 防止眩光入射, 该壳体具有在本发明的全景摄影光学系统 101 的前组 Gf 的入射面 11 的周围沿圆周方向延伸成狭缝状的开口 106。另外, 图 24 (c) 是在软质电子内窥镜 113 的前端同样安装本发明的全景摄影光学系统 101, 对所拍摄的图像实施图像处理并校正畸变后, 显示在显示装置 114 上的示例。

[0393] 图 25 是在胶囊内窥镜 120 中安装实施例 1 的摄影光学系统 101, 拍摄观察 360° 全方位的图像的示例。在壳体等上形成有眩光光圈 107, 防止眩光入射, 该壳体具有: 在本发明的摄影光学系统 101 的侧视光路 A 中的前组 Gf 的侧视第 1 透射面 11 的周围沿圆周方向延伸成狭缝状的开口 106、以及在直视光路 B 中的前组 Gf 的直视第 1 透射面 15 的前方呈圆形的开口 106。

[0394] 图 26 是在胶囊内窥镜 120 中安装实施例 4 的摄影光学系统 101, 拍摄观察 360° 全方位的图像的示例。在壳体等上形成有眩光光圈 107, 防止眩光入射, 该壳体具有在本发明的摄影光学系统 101 的周围沿圆周方向延伸的开口 106。

[0395] 如图 24 ~ 图 26 所示, 通过对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种部位。

[0396] 图 27 (a) 是在汽车 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, 对经由各个摄影光学系统 101 而拍摄的图像实施图像处理, 并校正畸变后同时显示在车内的显示装置上的示例的图, 图 27 (b) 是在汽车 130 的各个角部和头部的杆(Pole) 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, 对经由各个摄影光学系统 101 拍摄的图像实施图像处理, 并校正畸变后同时地显示在车内的显示装置上的示例的图。该情况时, 如图 27 (a) 所示, 如果使摄像元件 50 的尺寸与侧视光路 A 的图像 A1 的左右的位置一致, 则能够拍摄较宽的左右图像, 因此是优选的。

[0397] 另外, 图 28 是将本发明的投影光学系统 102 用作投影装置 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 360° 全方位配置的屏幕 141 上对 360° 的全方位图像进行投影显示的示例。

[0398] 并且, 图 29 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, 并将其连接成通过电线 152 将由摄影装置 151 拍摄的图像发送给投影装置 140。在这种配置中, 经由摄影光学系统 101 用摄影装置 151 拍摄室外的 360° 全方位的被摄体 P, 将其图像信号通过电线 152 发送给投影装置 140, 在配置于像面的显示元件上显示其图像, 通过投影

光学系统 102 在室内的壁面等上对被摄体 P 的图像 P' 进行投影显示。

[0399] 产业上的应用领域

[0400] 在本发明的光学系统中,能够得到小型的、良好地校正了像差、分辨率高的光学系统,其能够用简单的结构观察不同的方向或者在不同的方向上对图像进行投影。

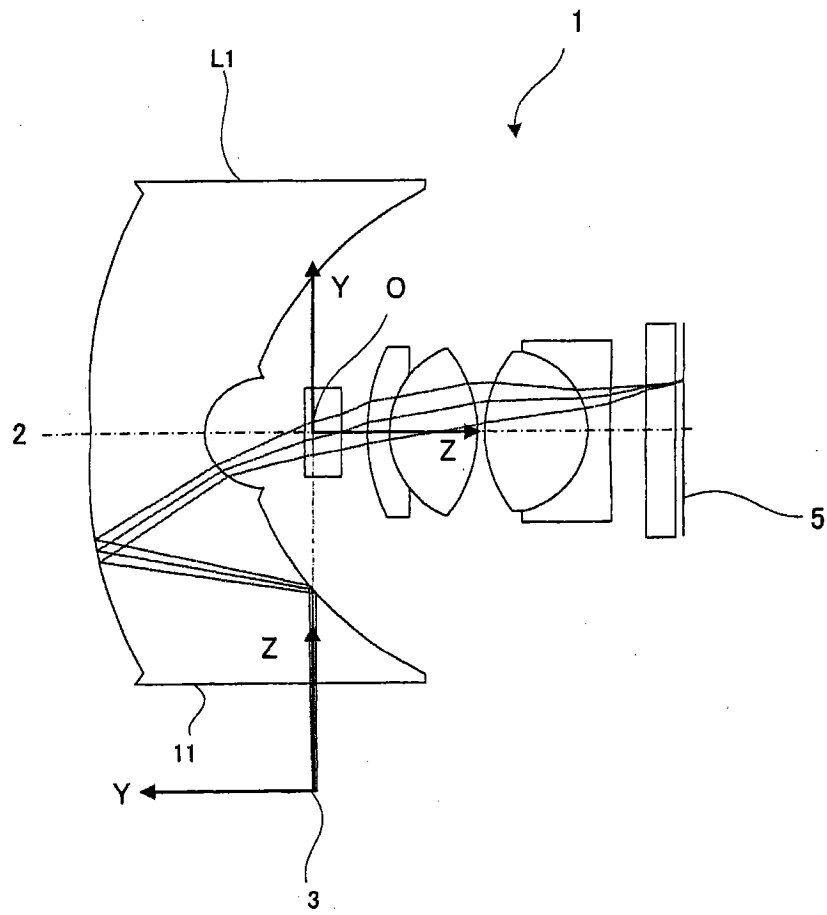


图 1

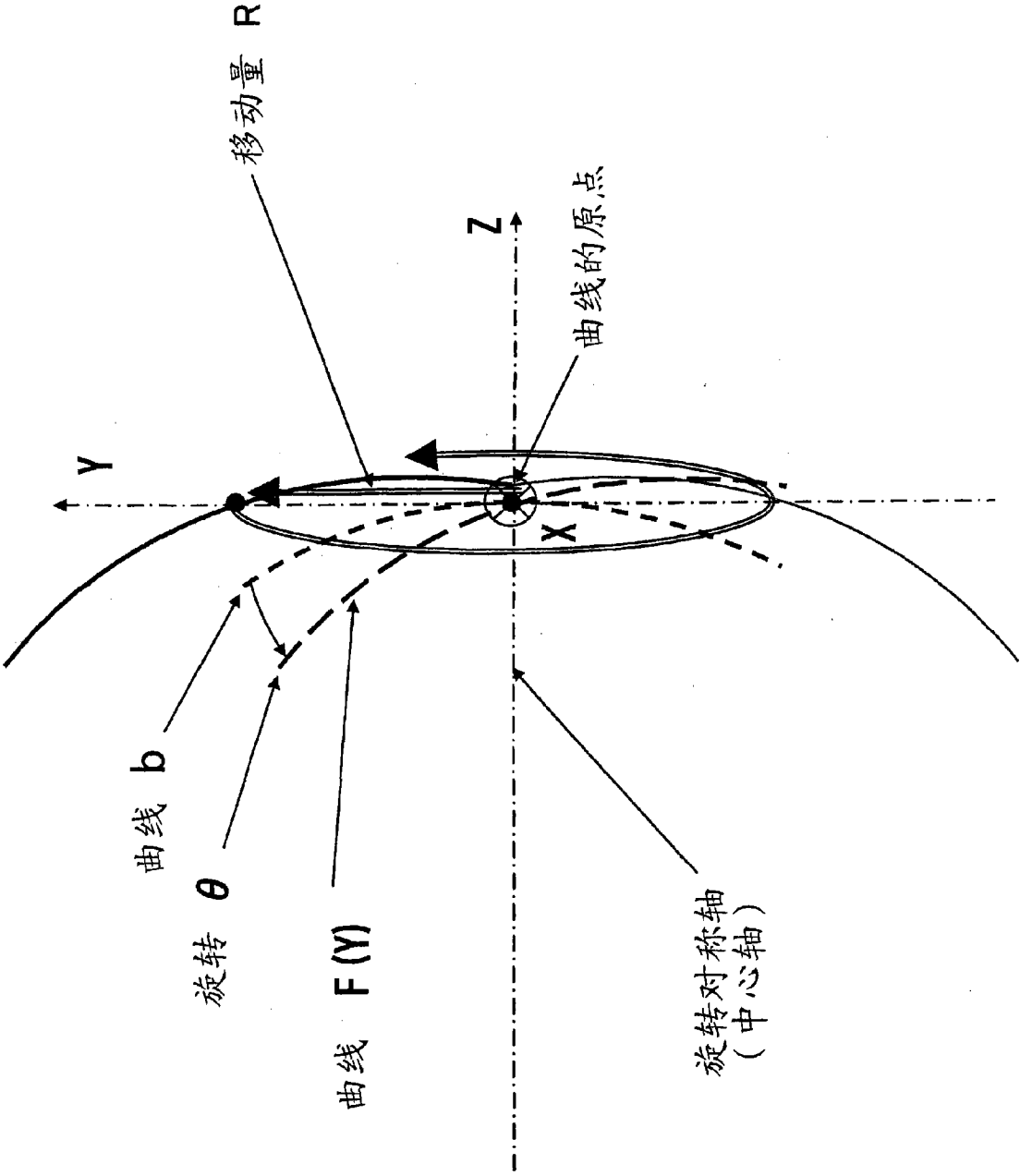


图 2

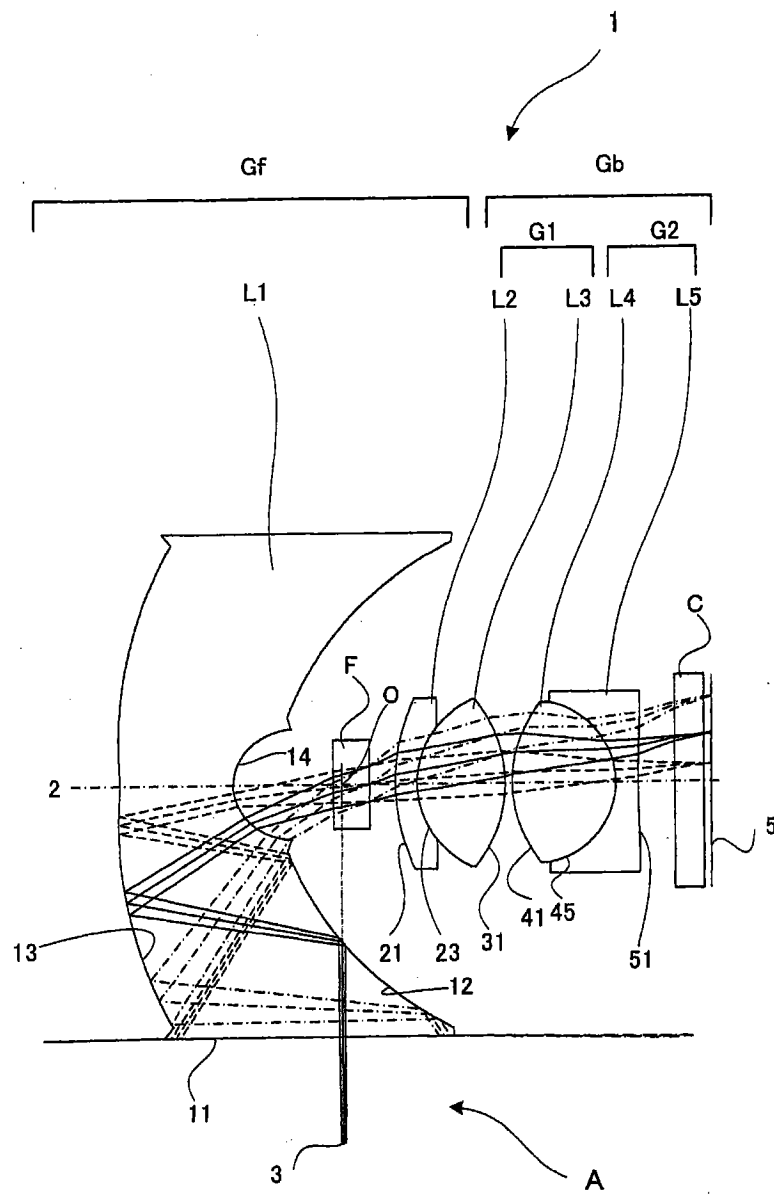


图 3

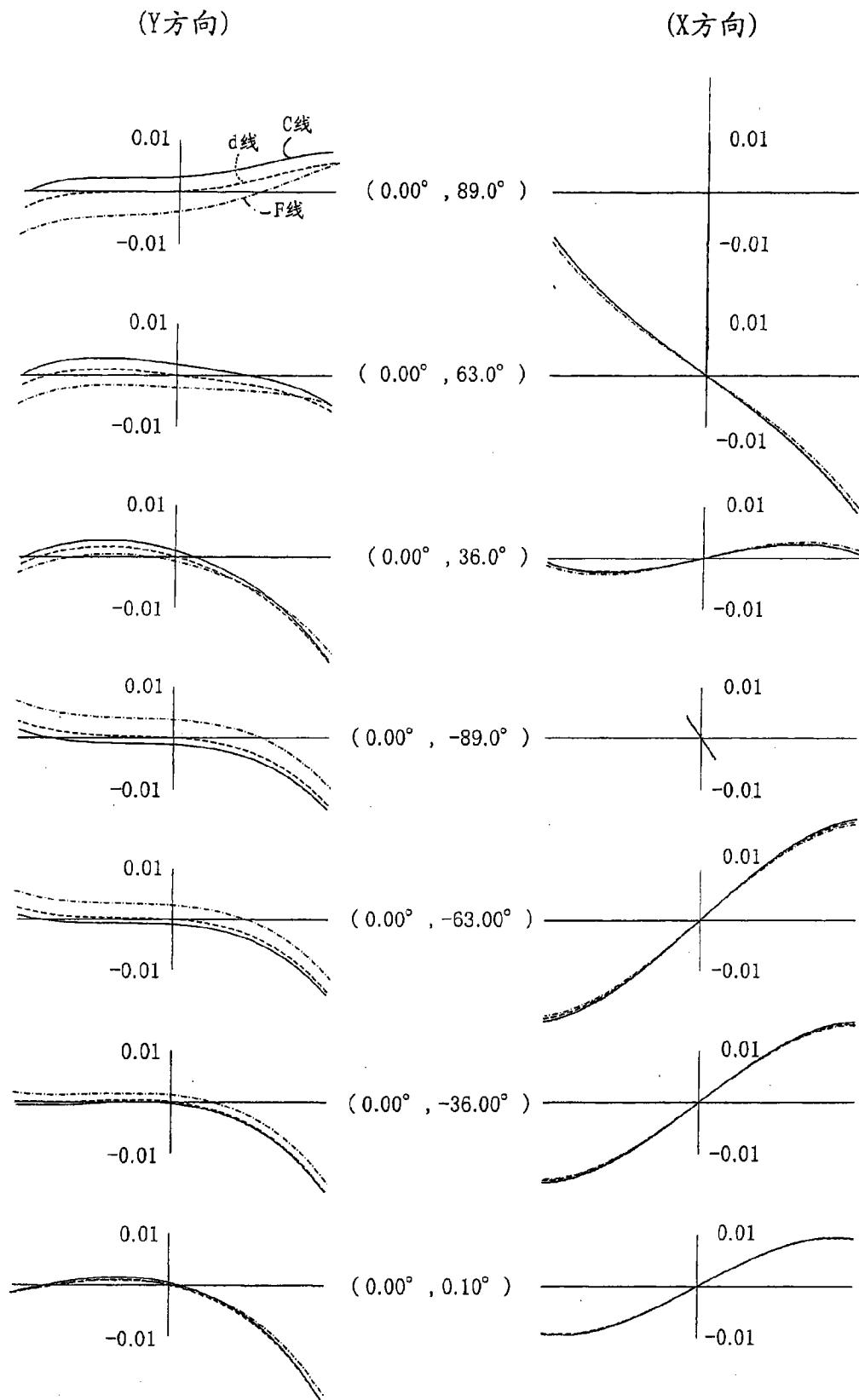


图 4

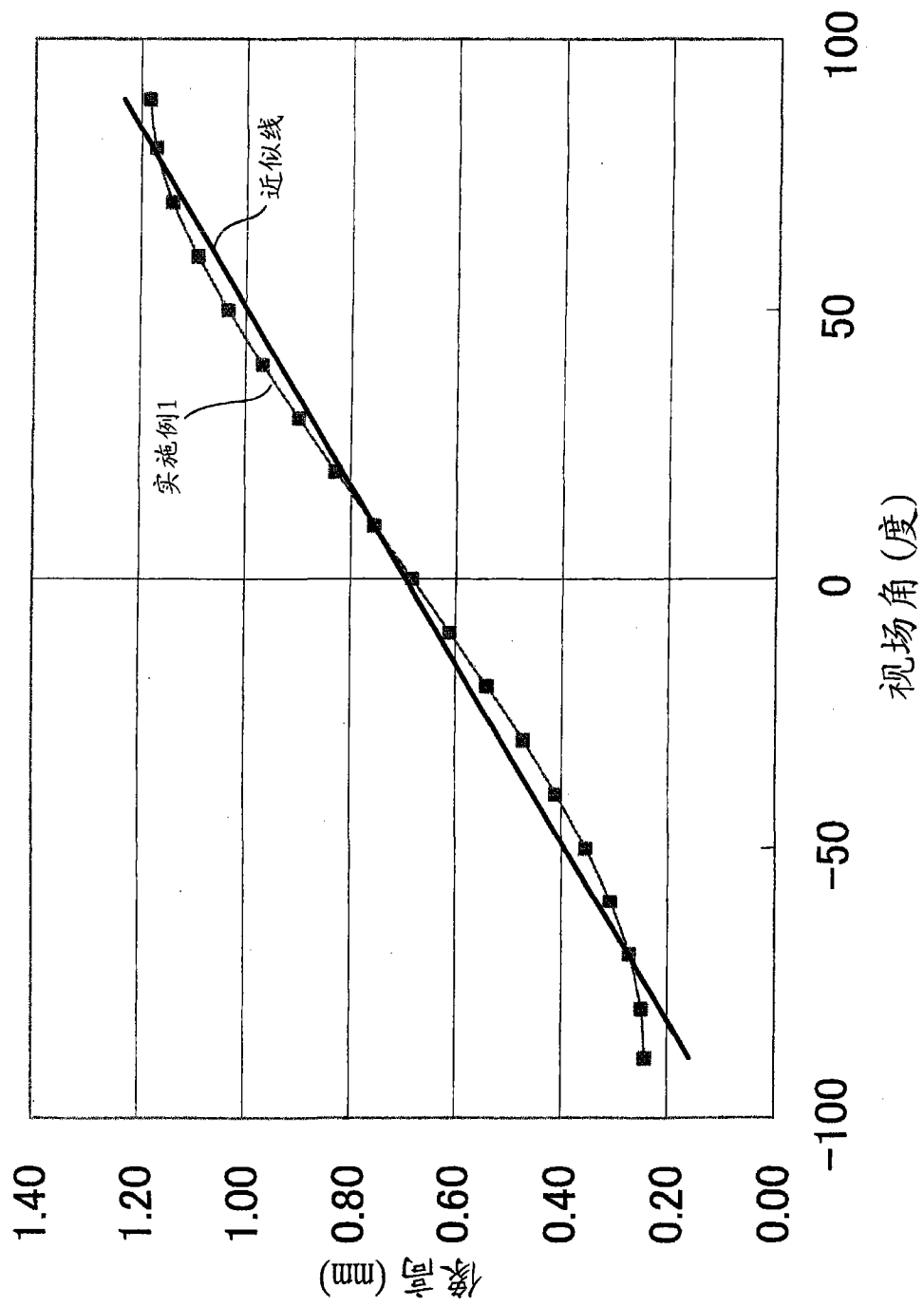


图 5



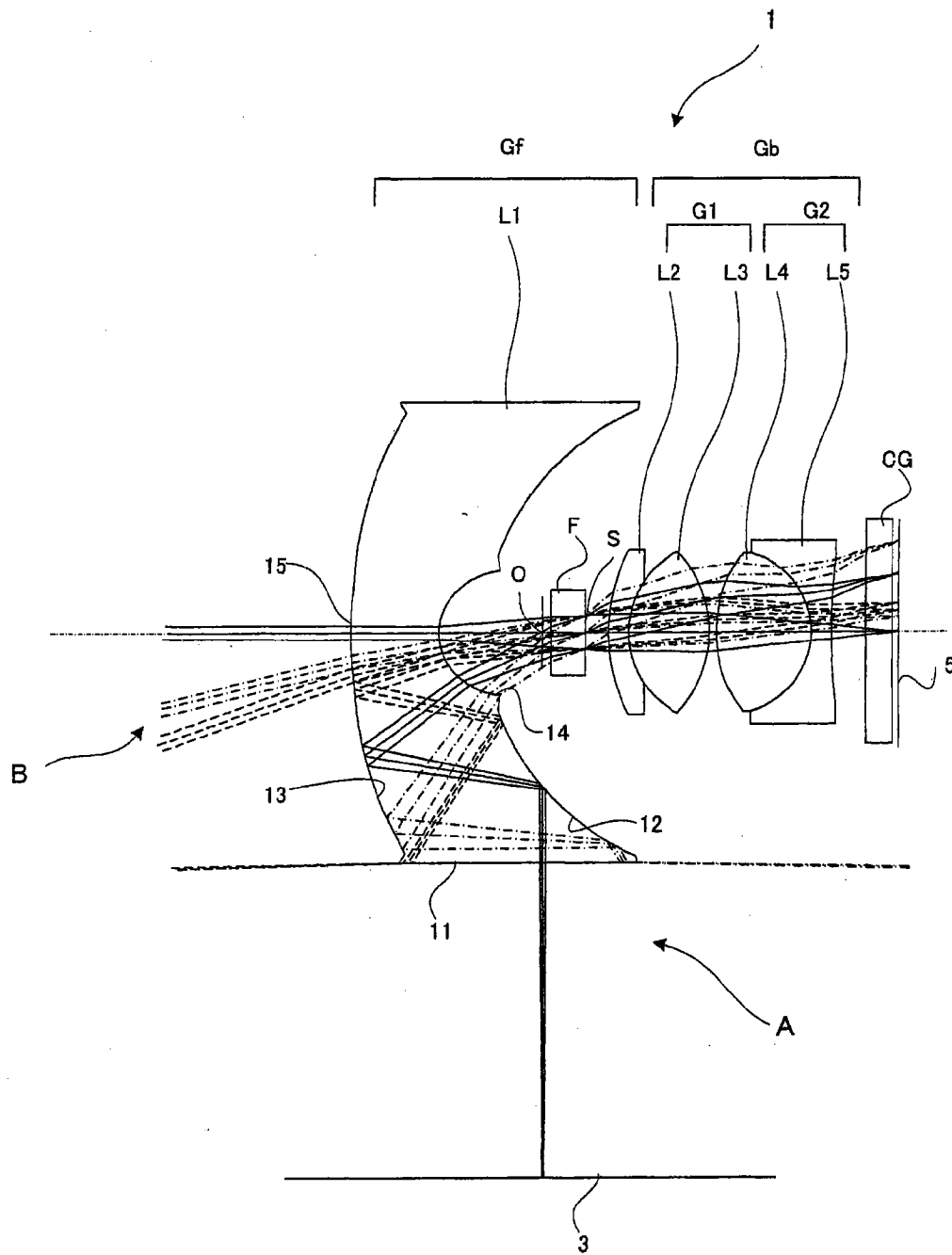


图 6

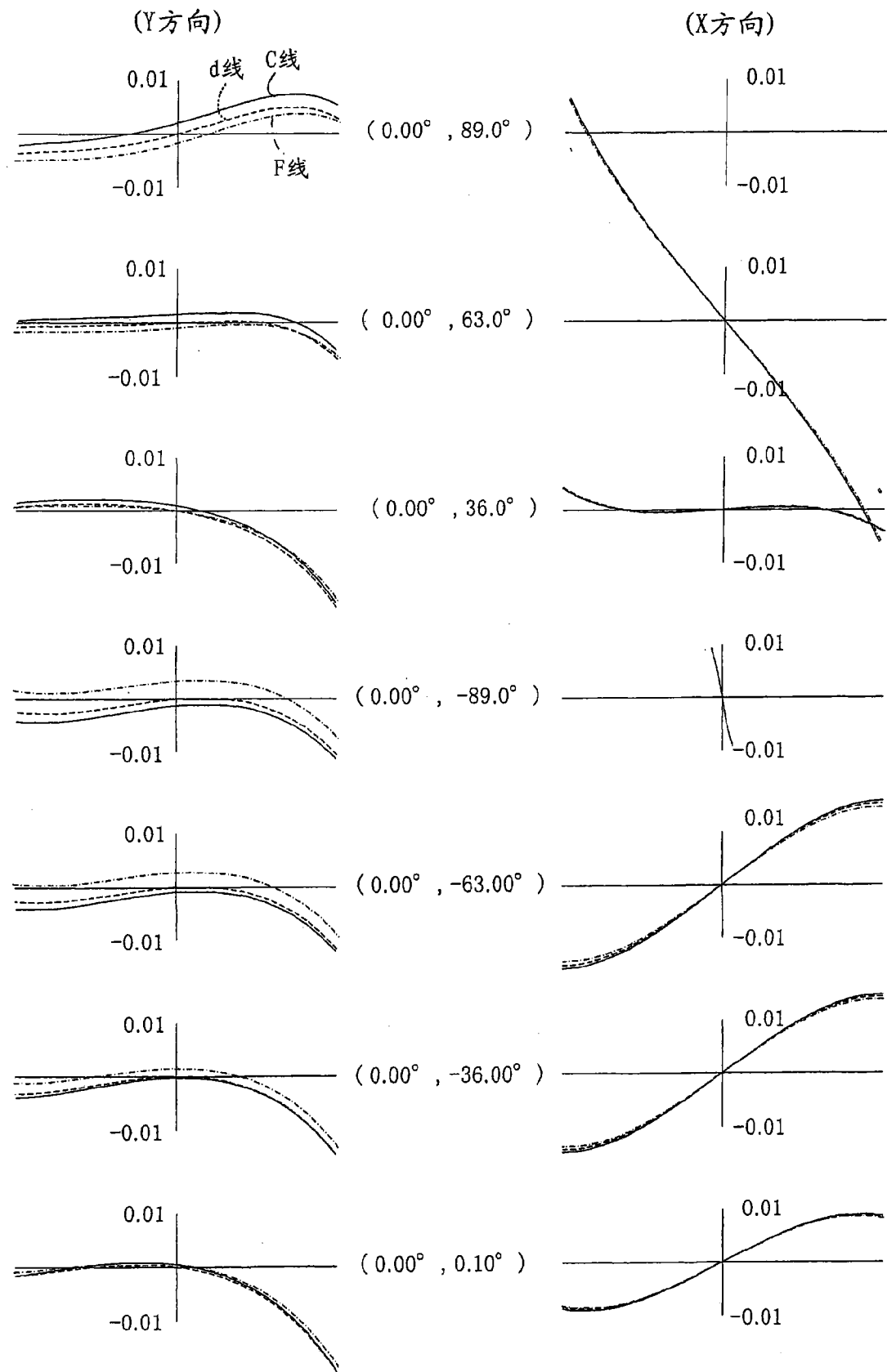


图 7

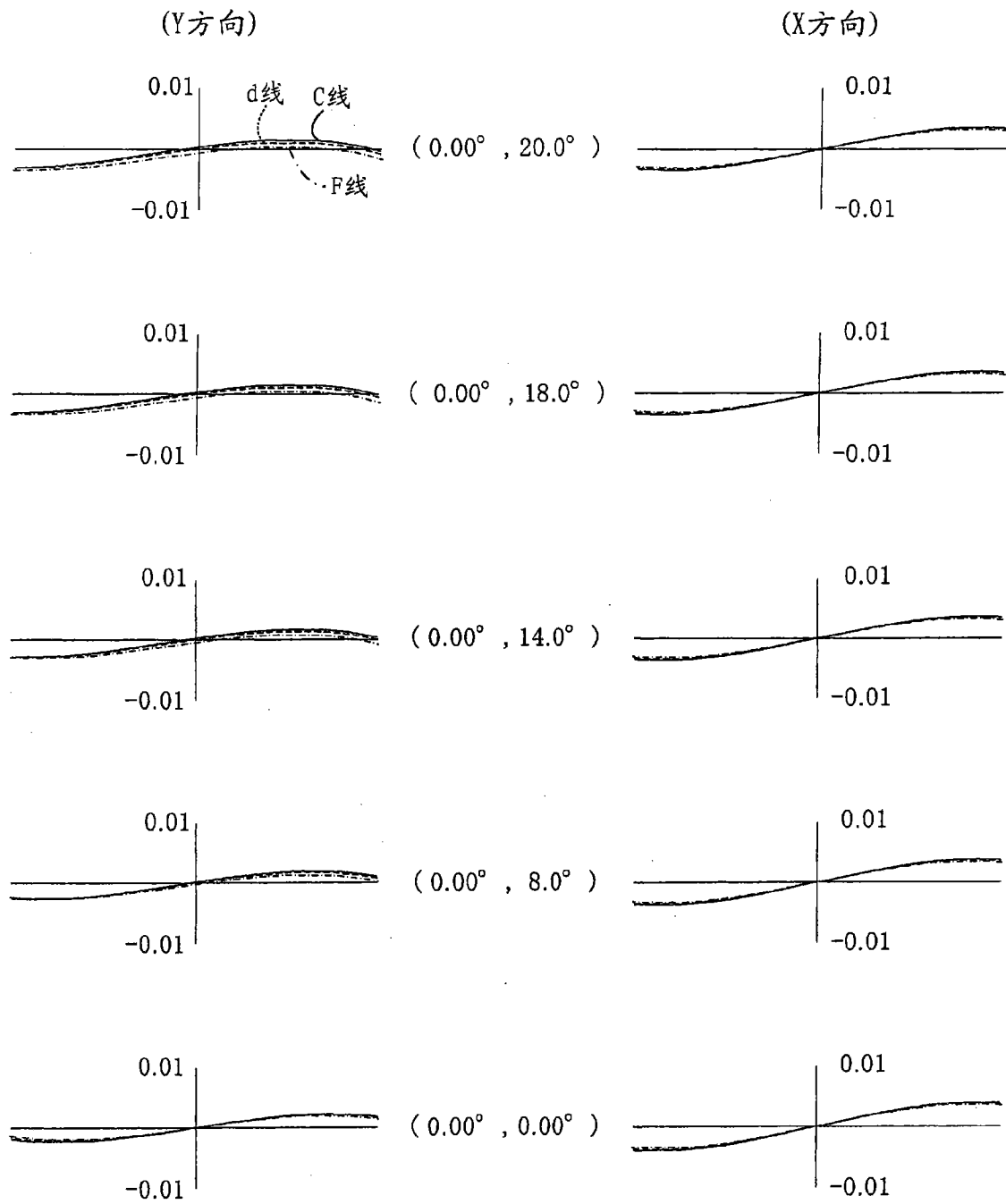


图 8

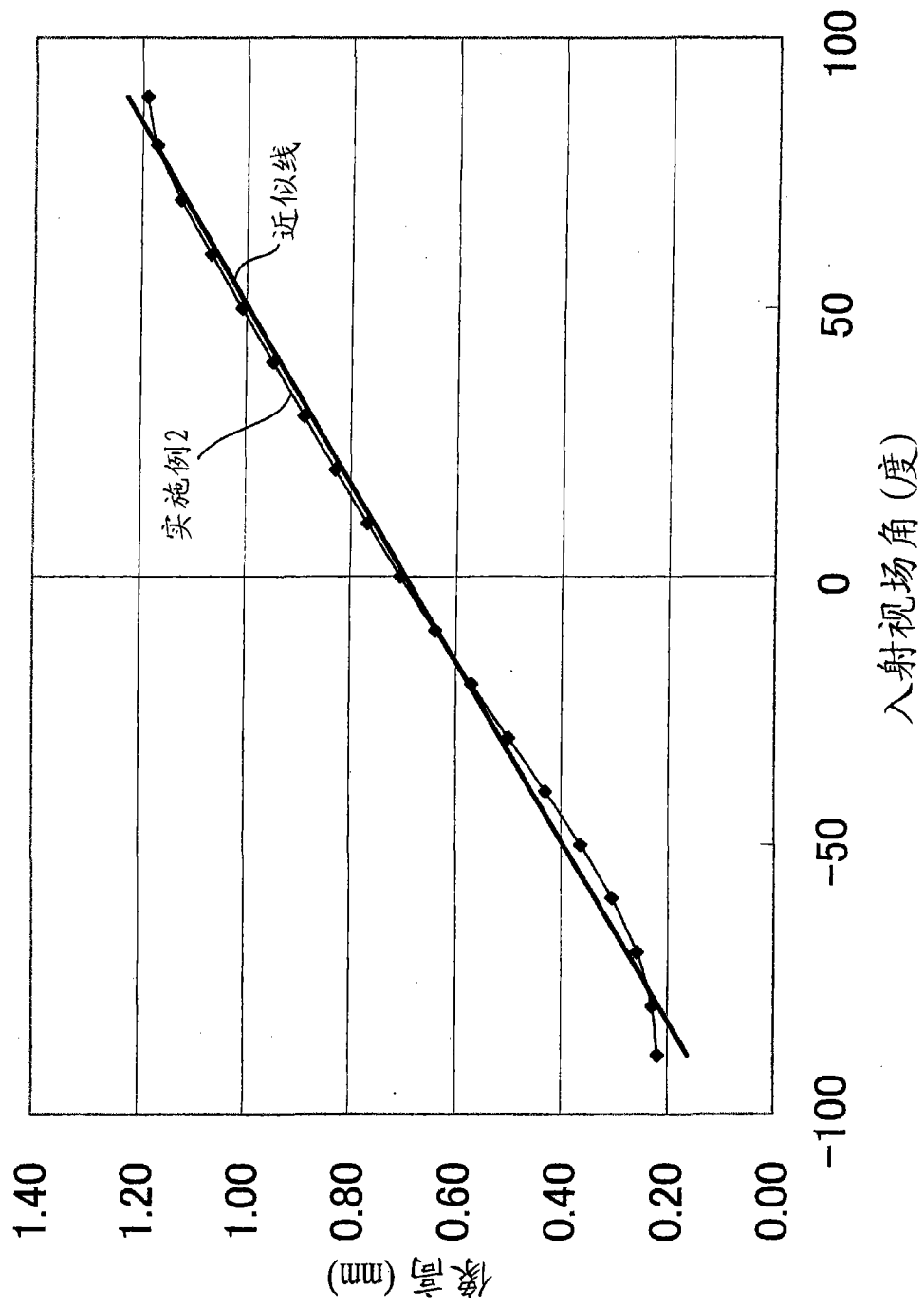


图 9

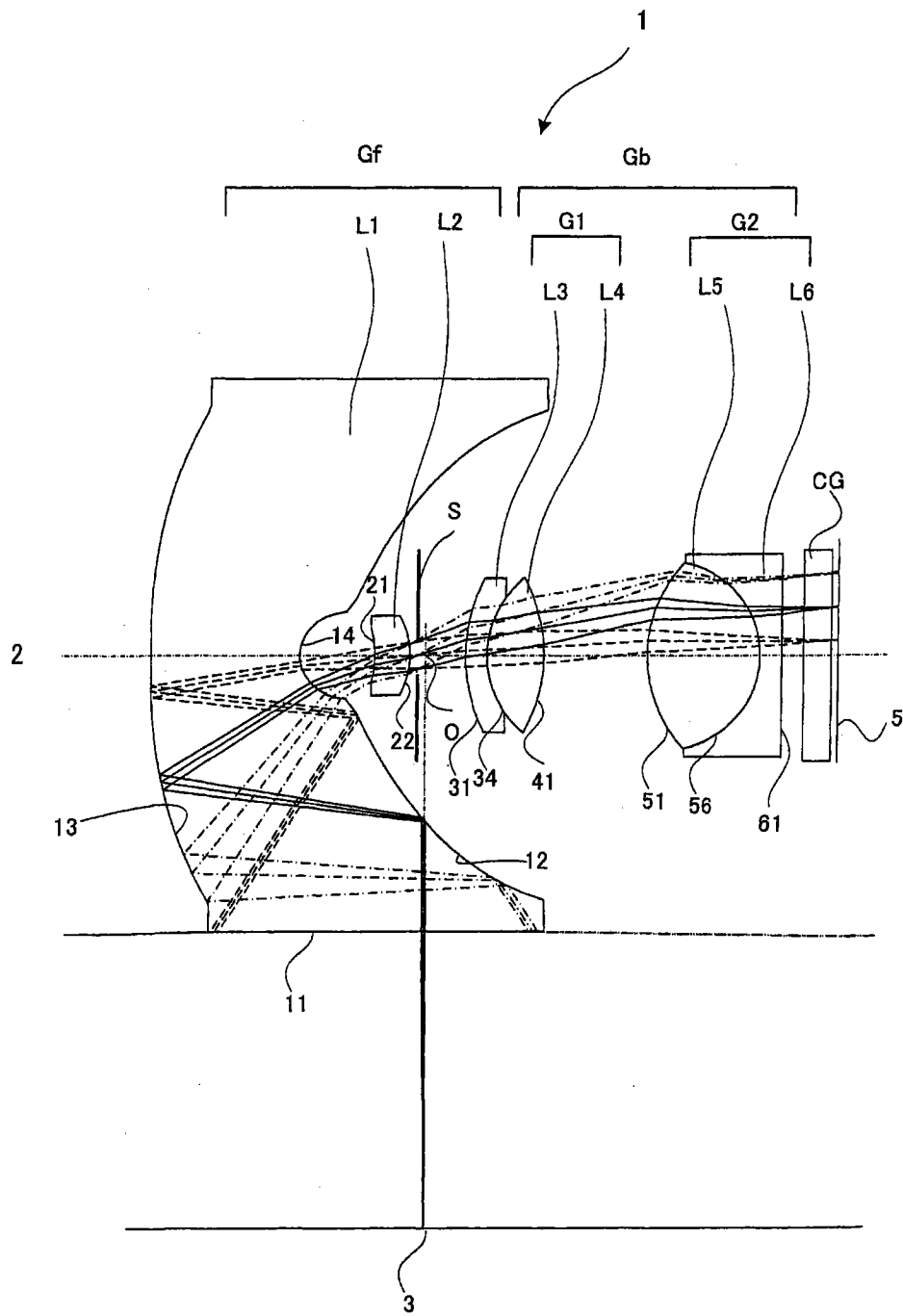


图 10

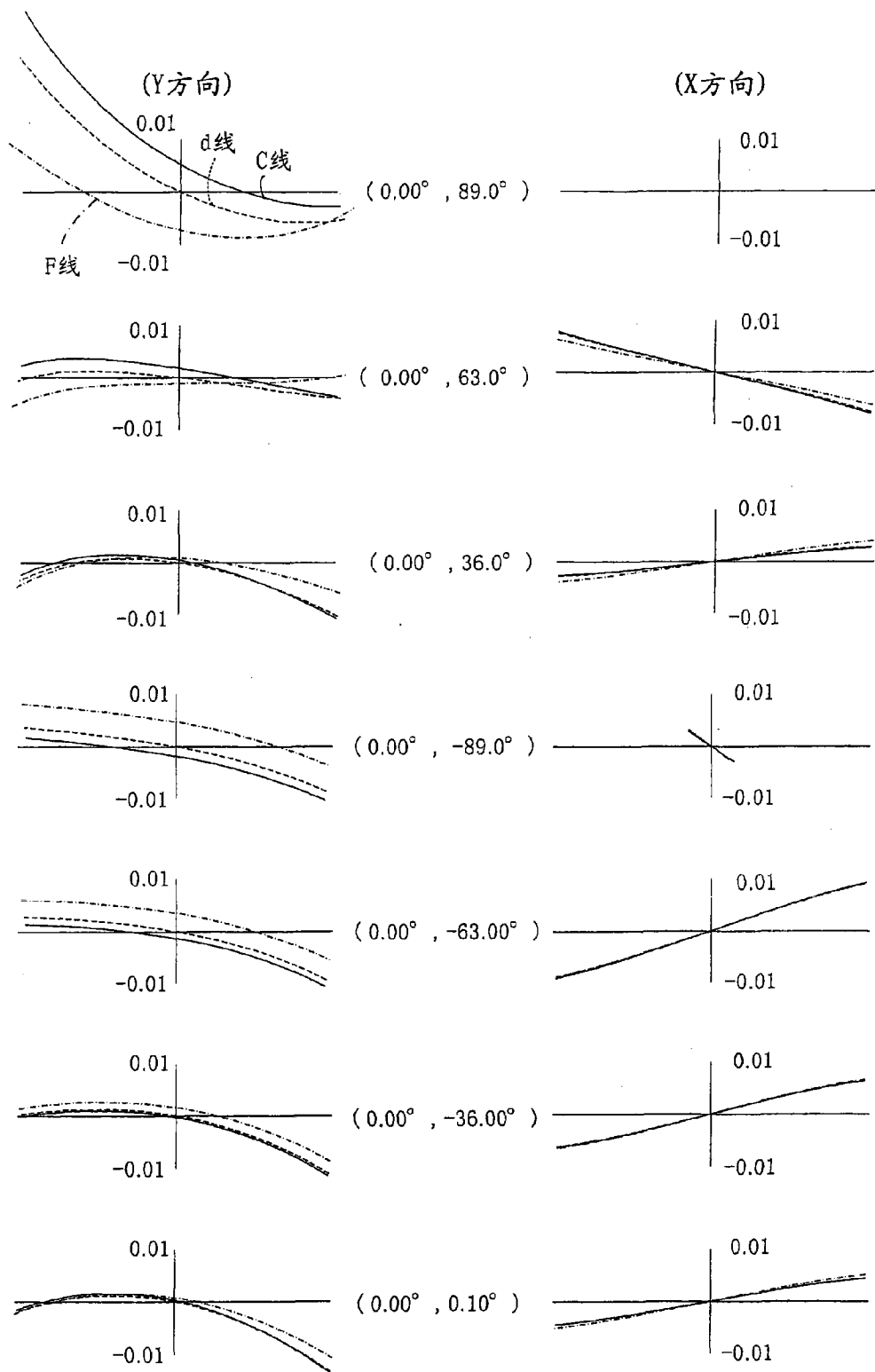


图 11

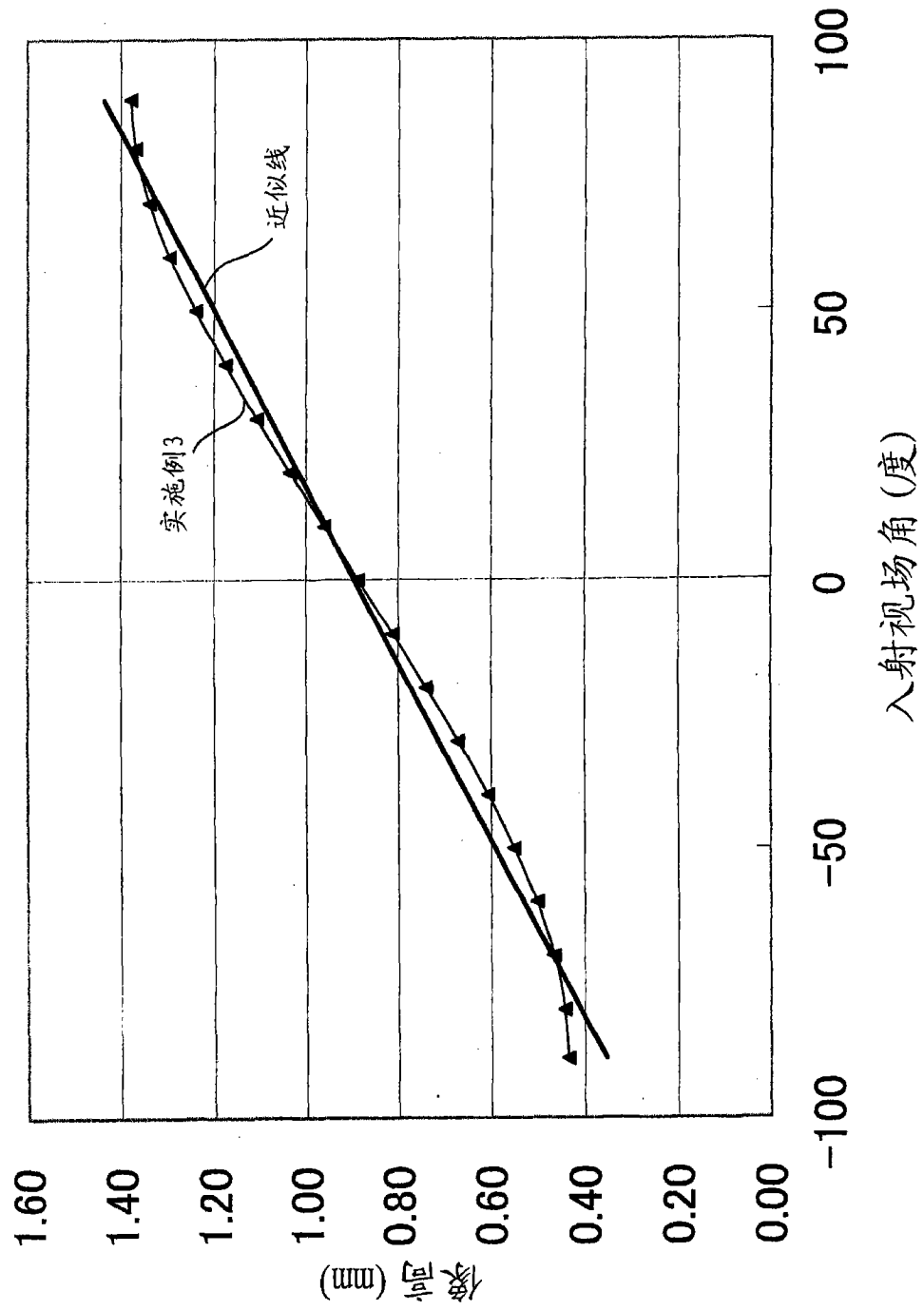


图 12

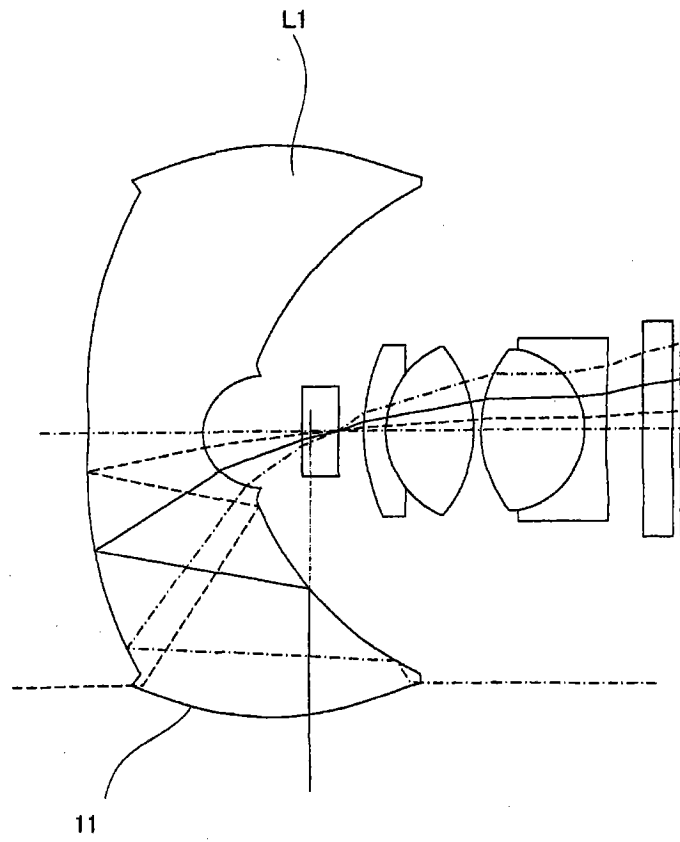


图 13



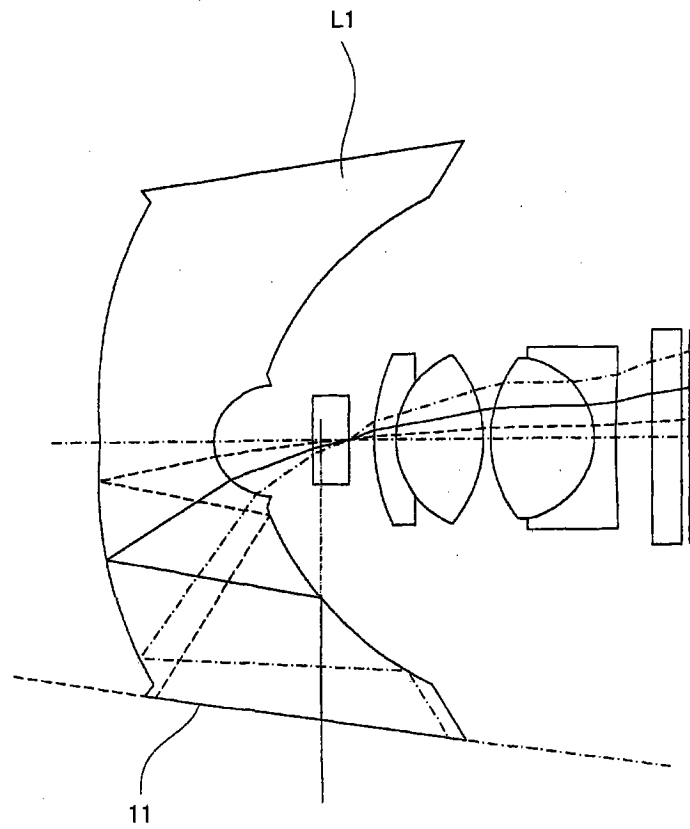


图 14

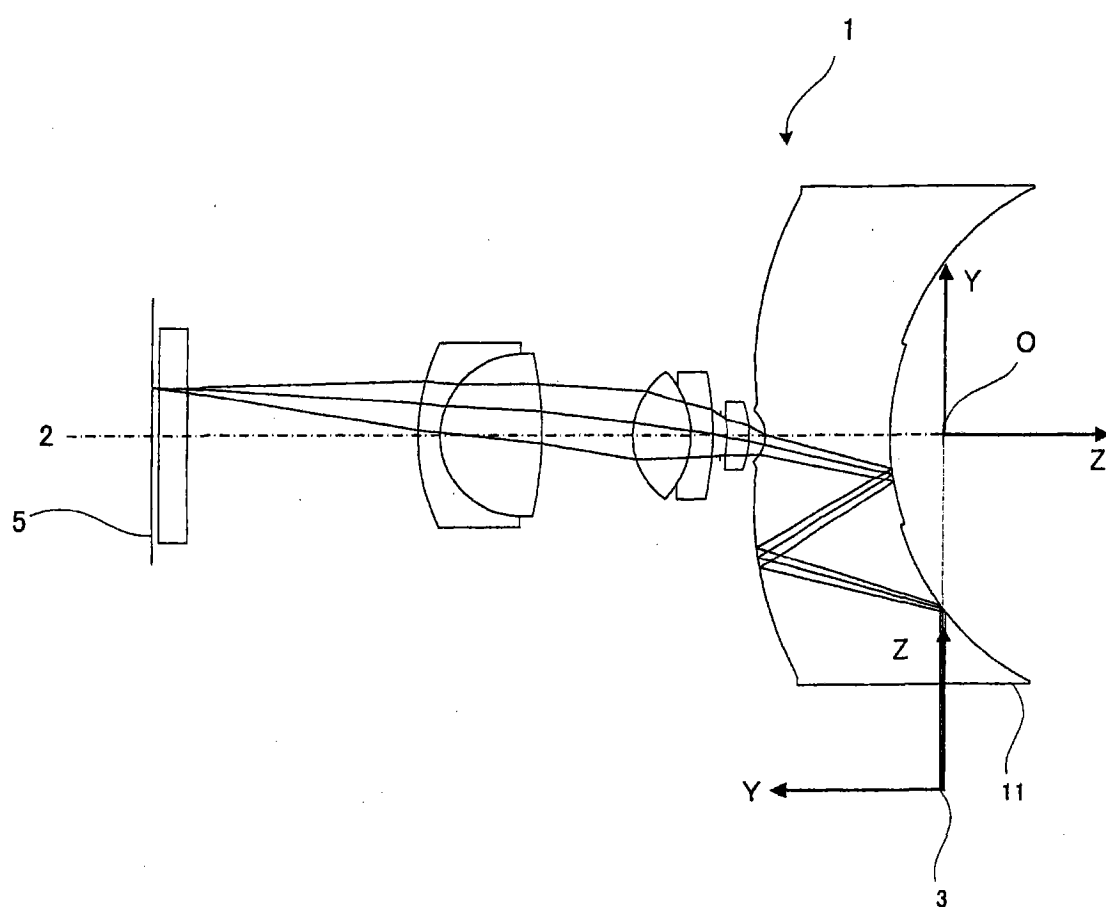


图 15

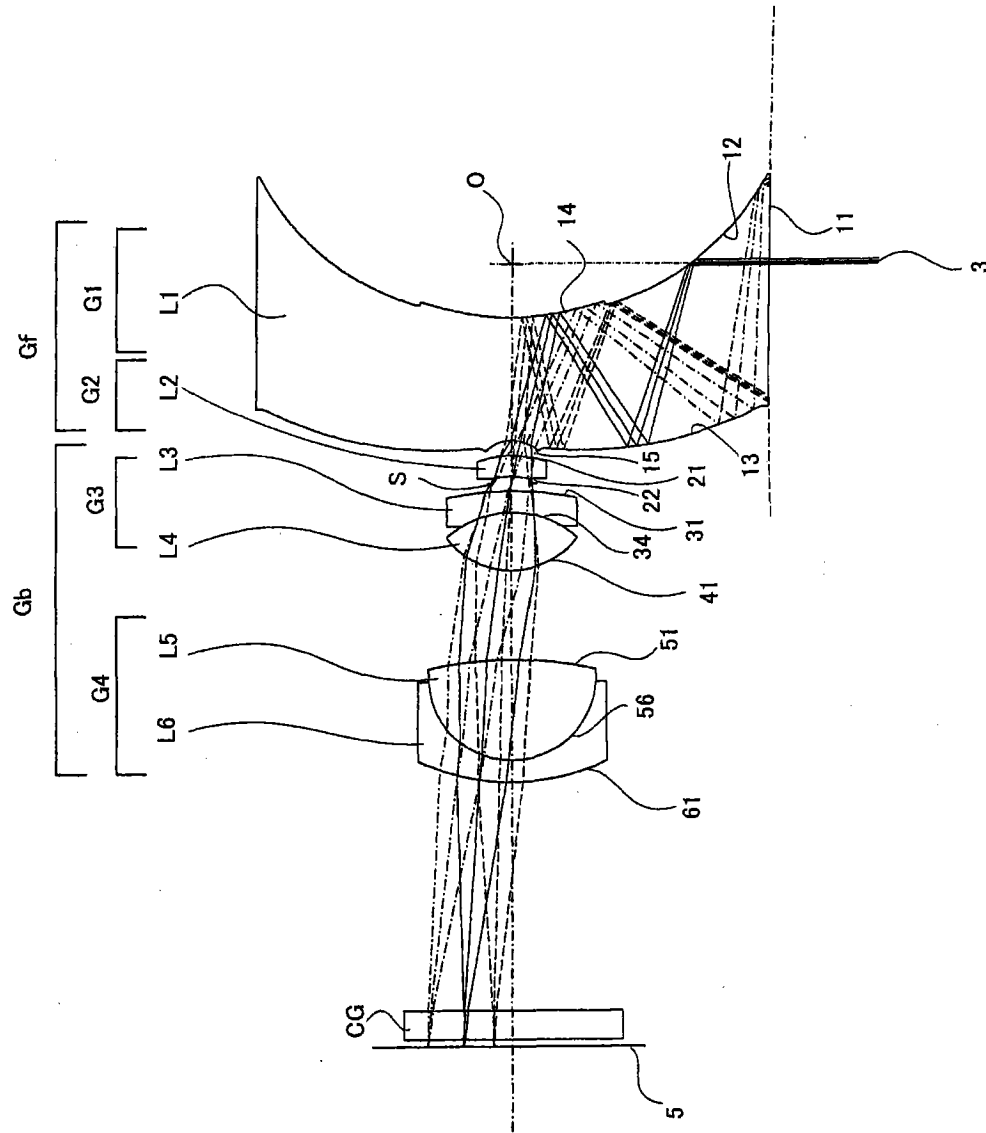


图 16

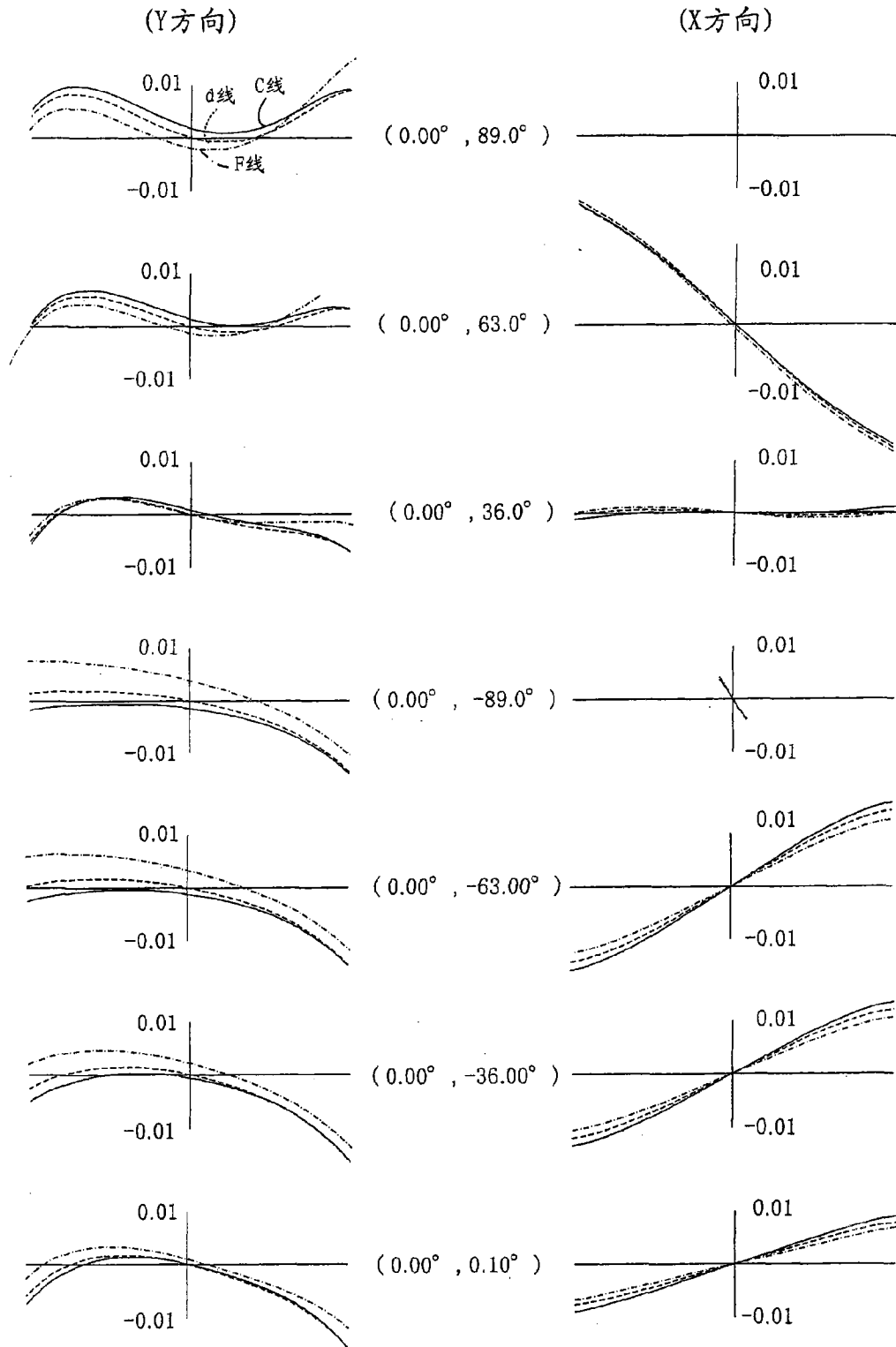


图 17

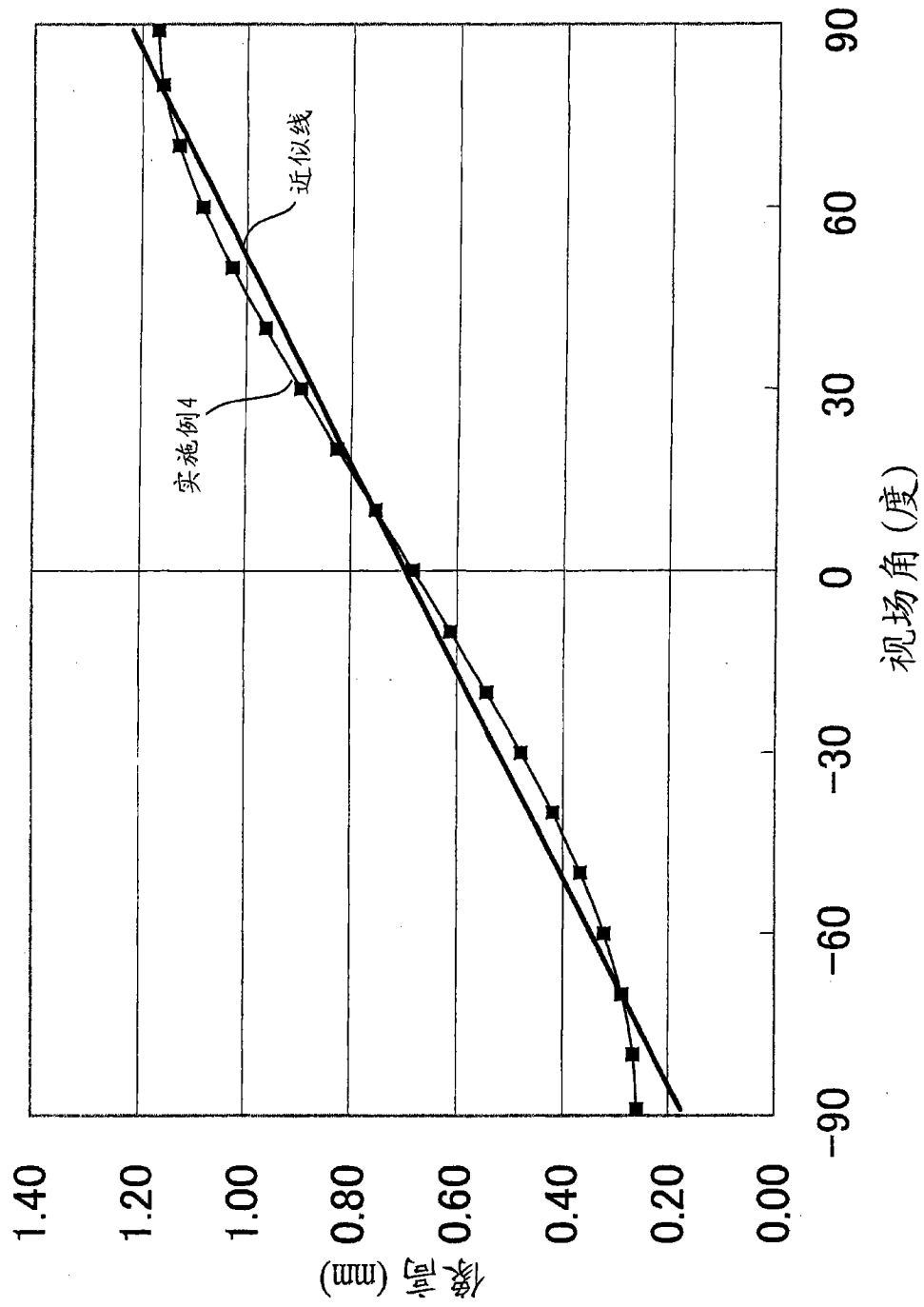


图 18

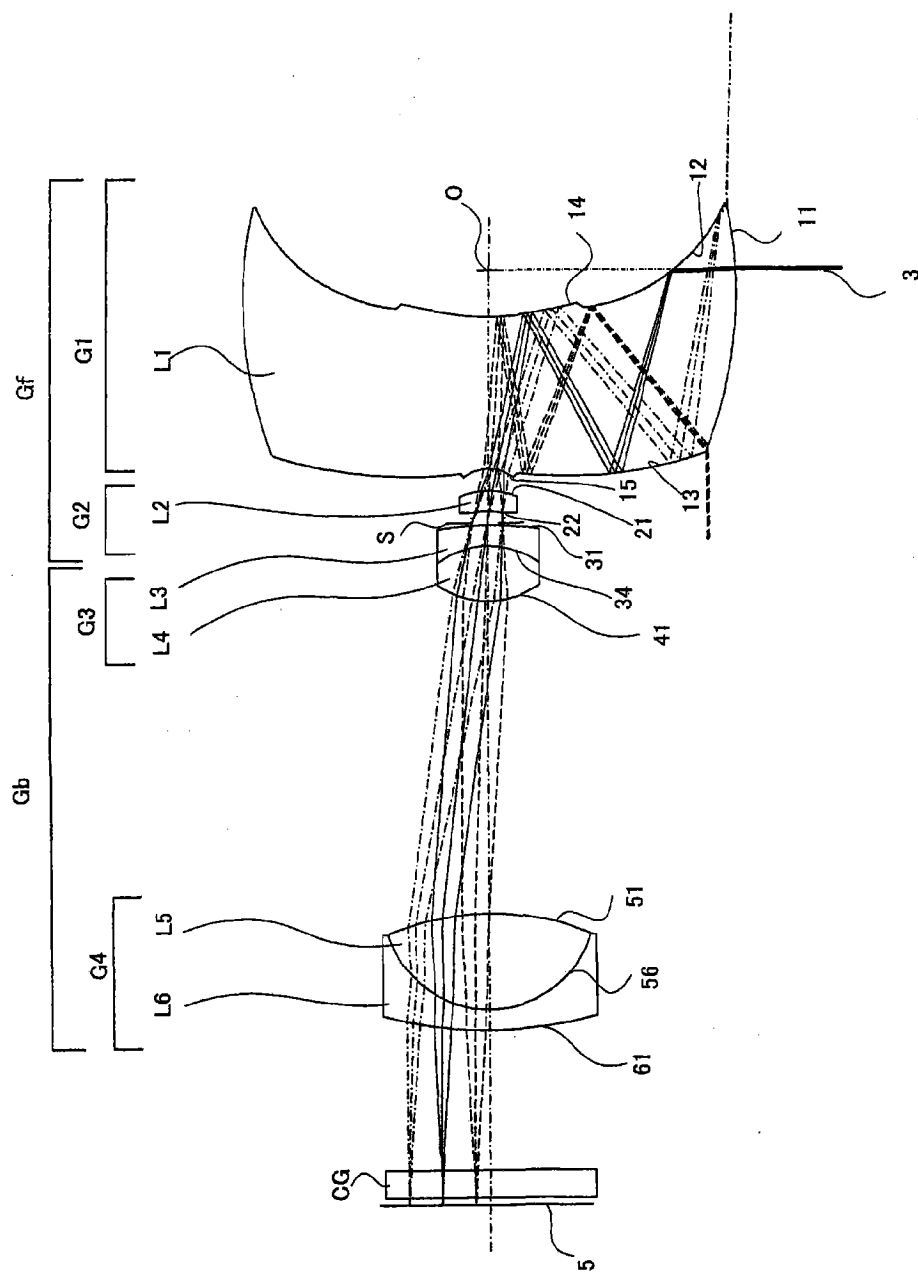


图 19

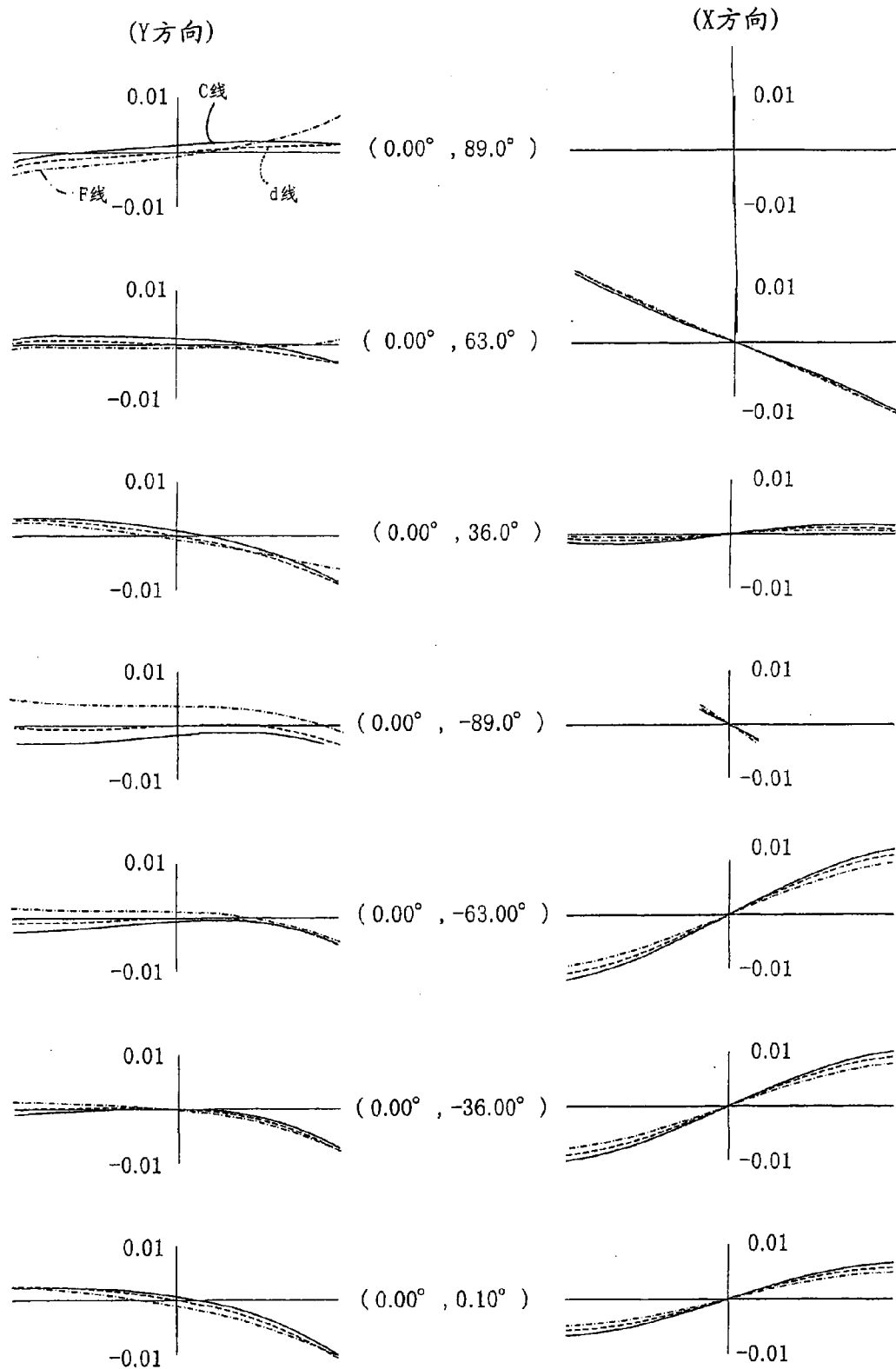


图 20

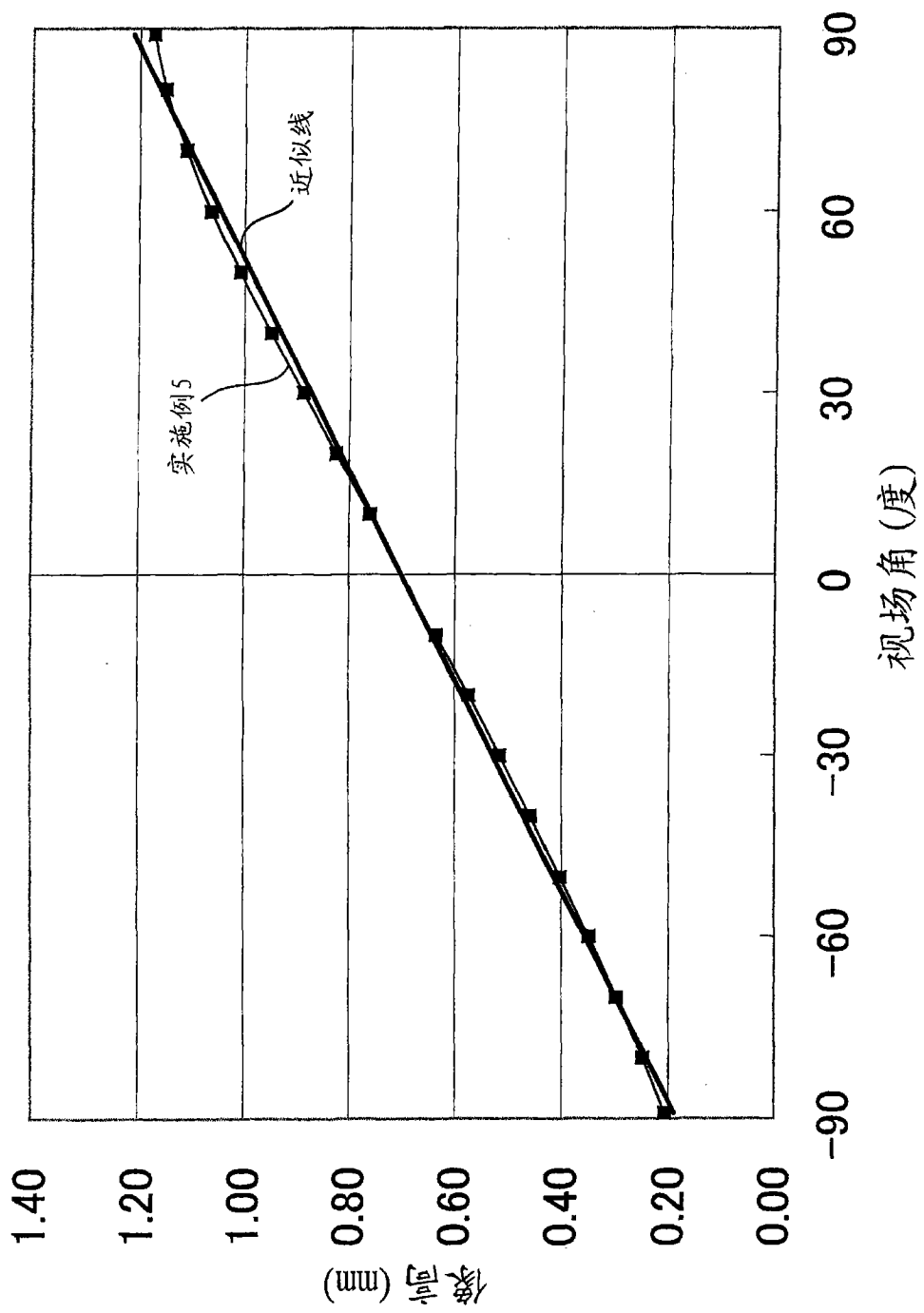
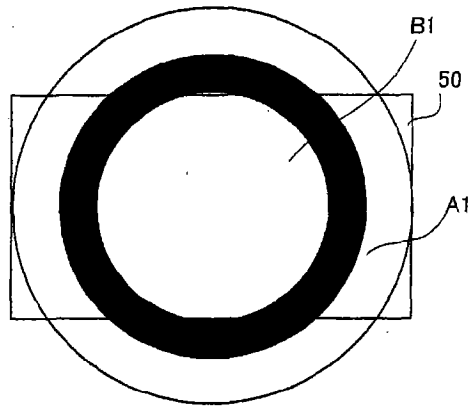
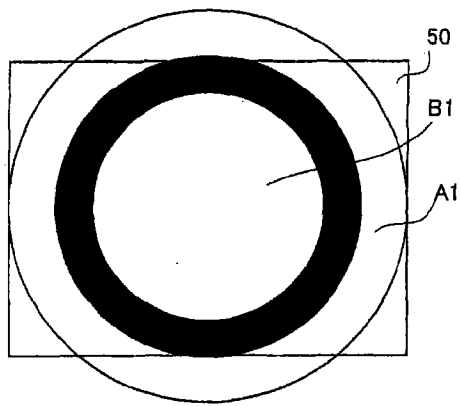


图 21

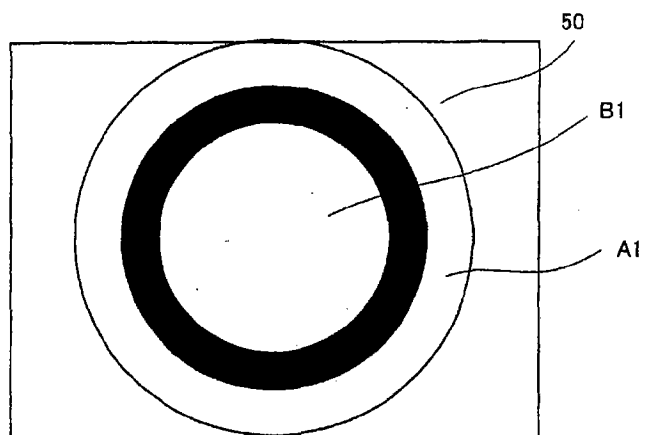




(a)



(b)



(c)

图 22

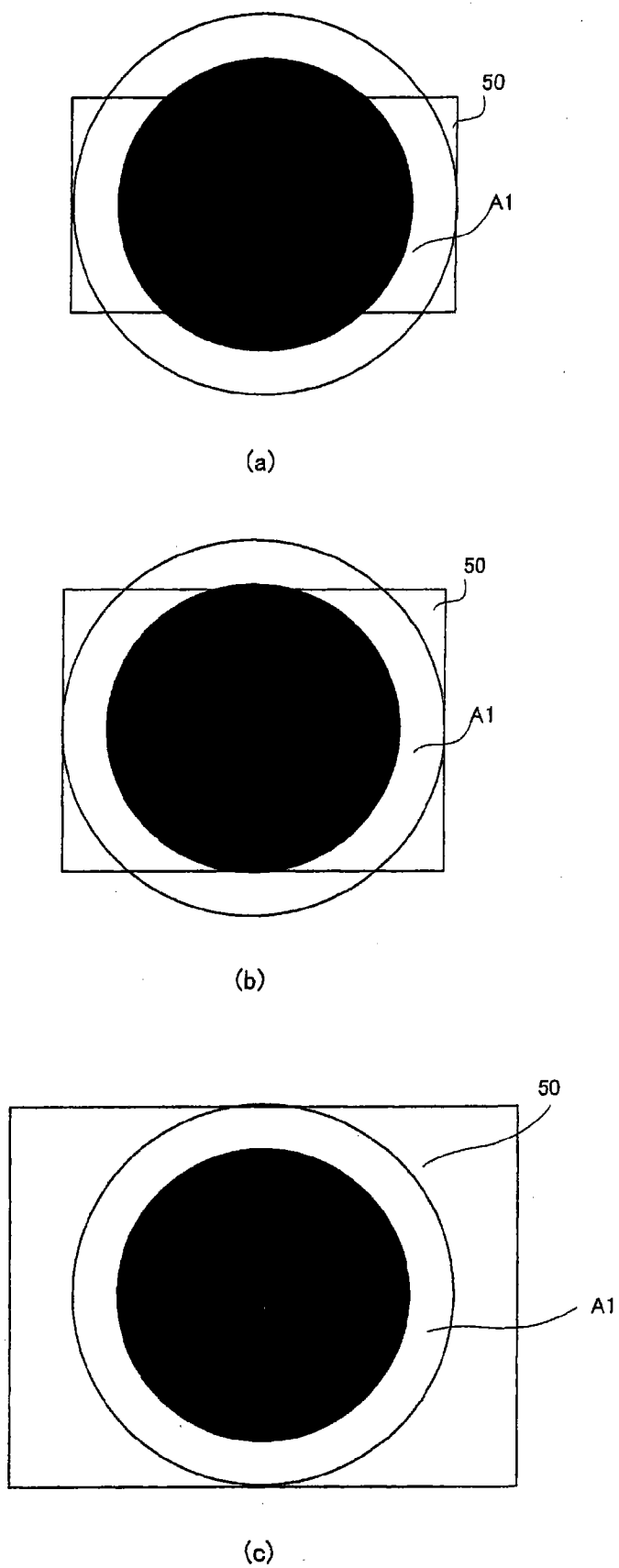


图 23

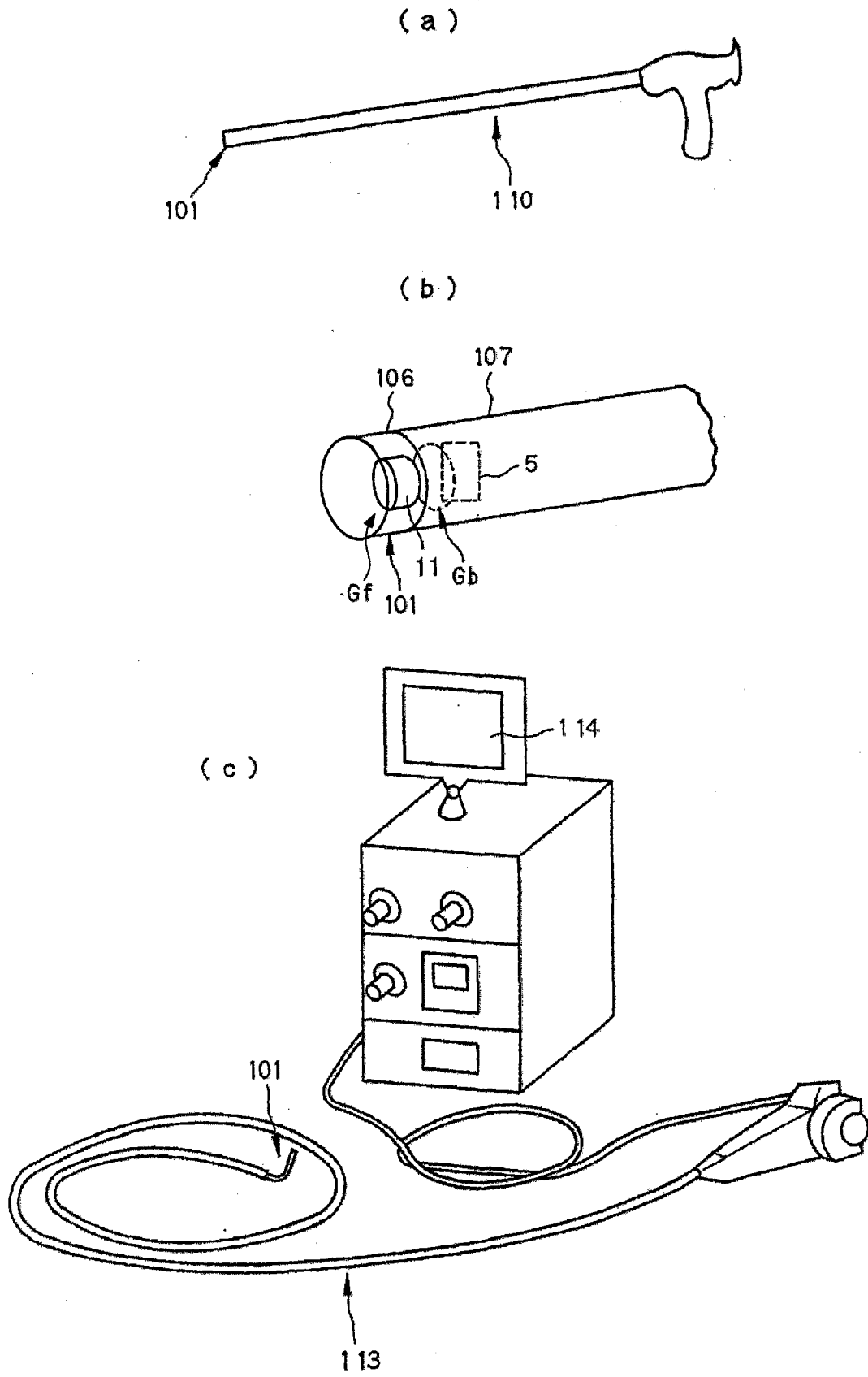


图 24

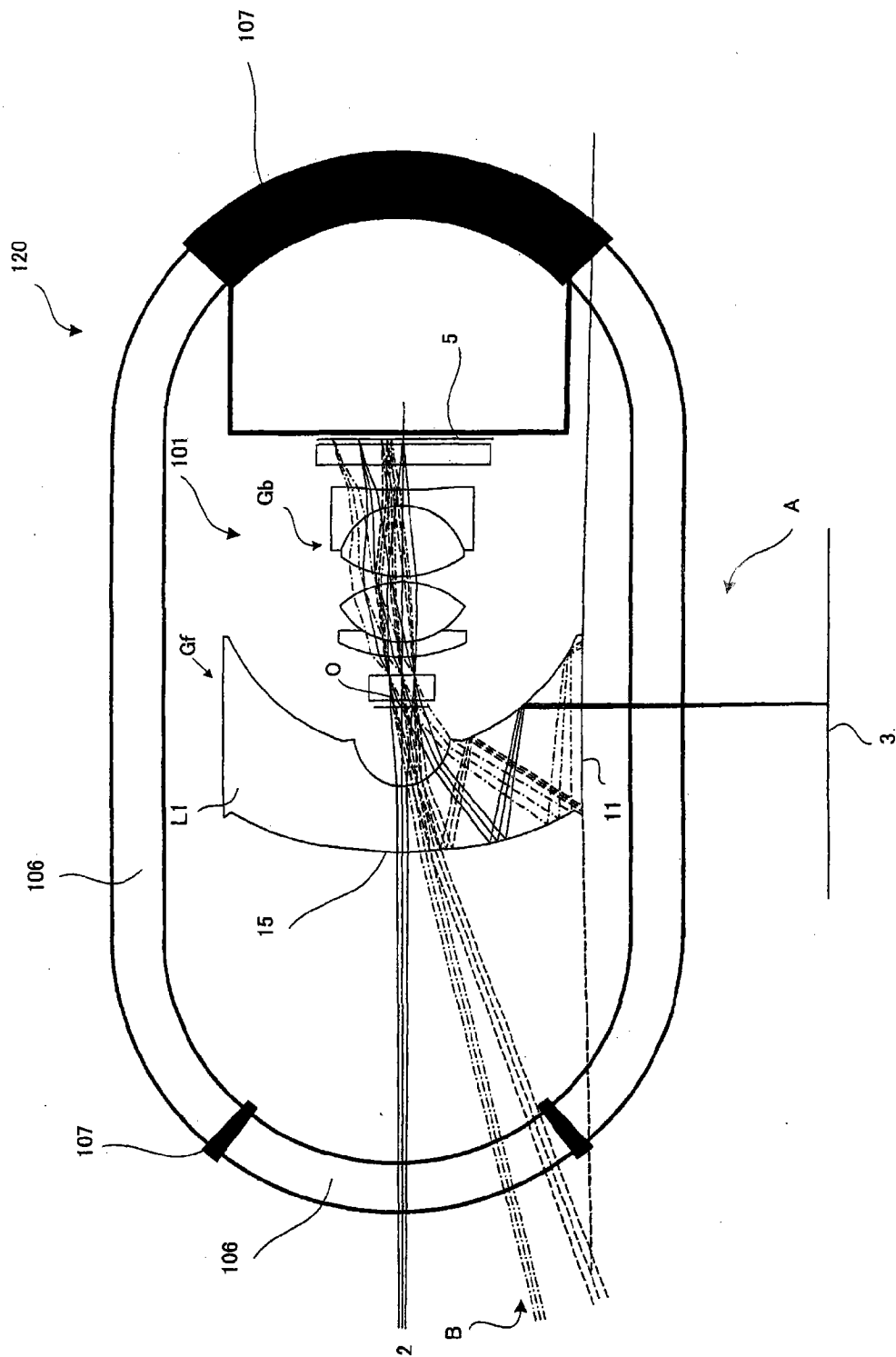


图 25

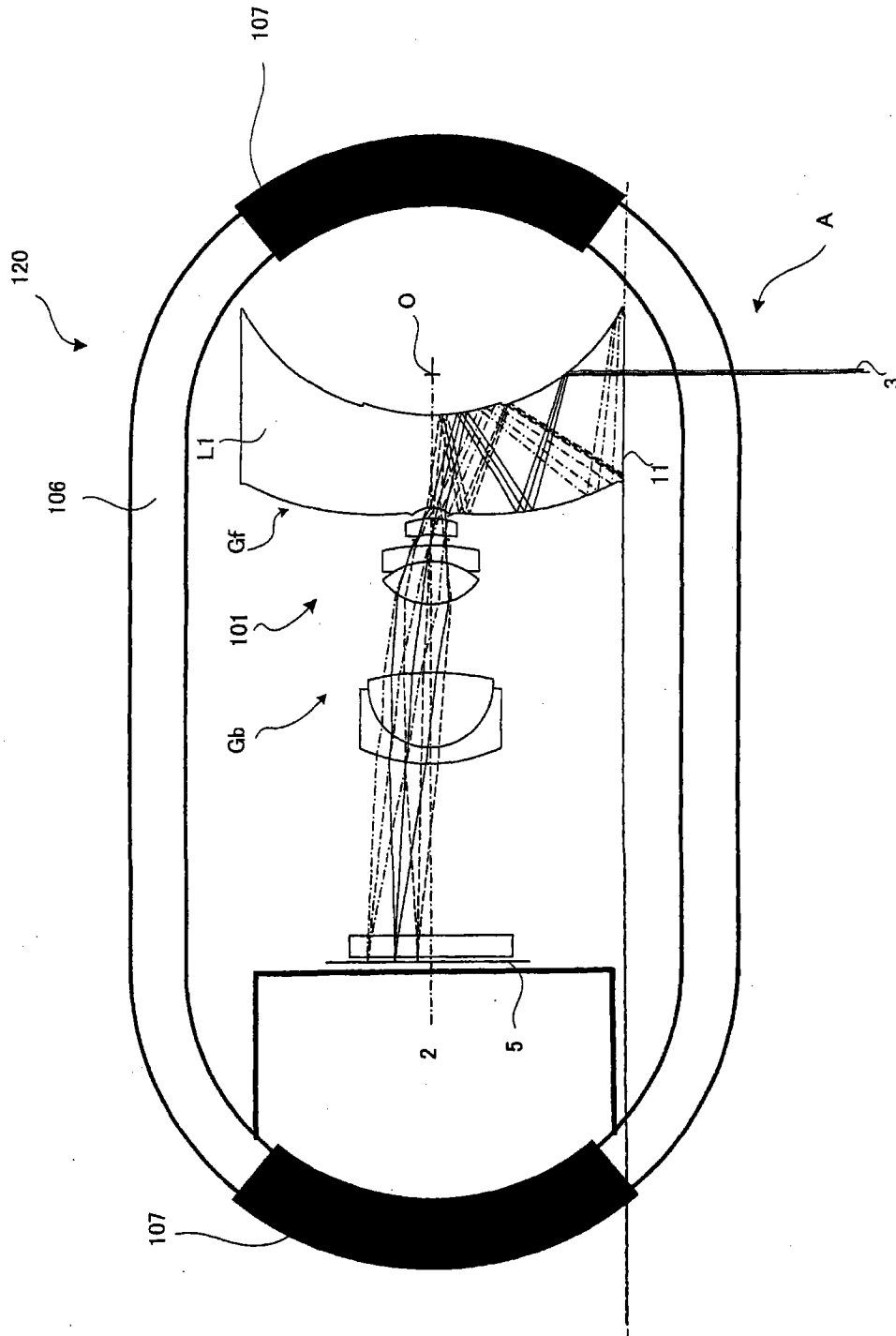


图 26

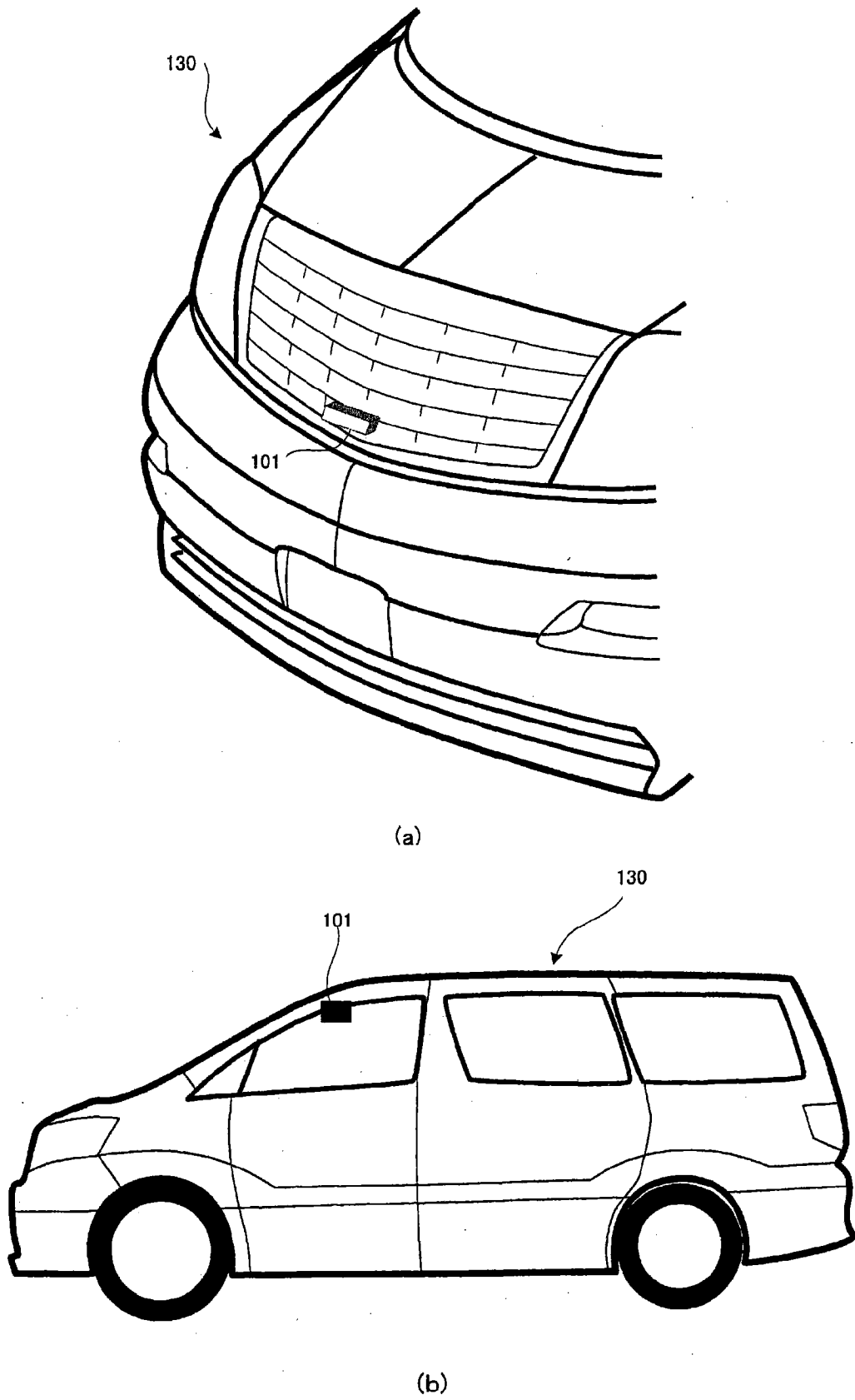


图 27

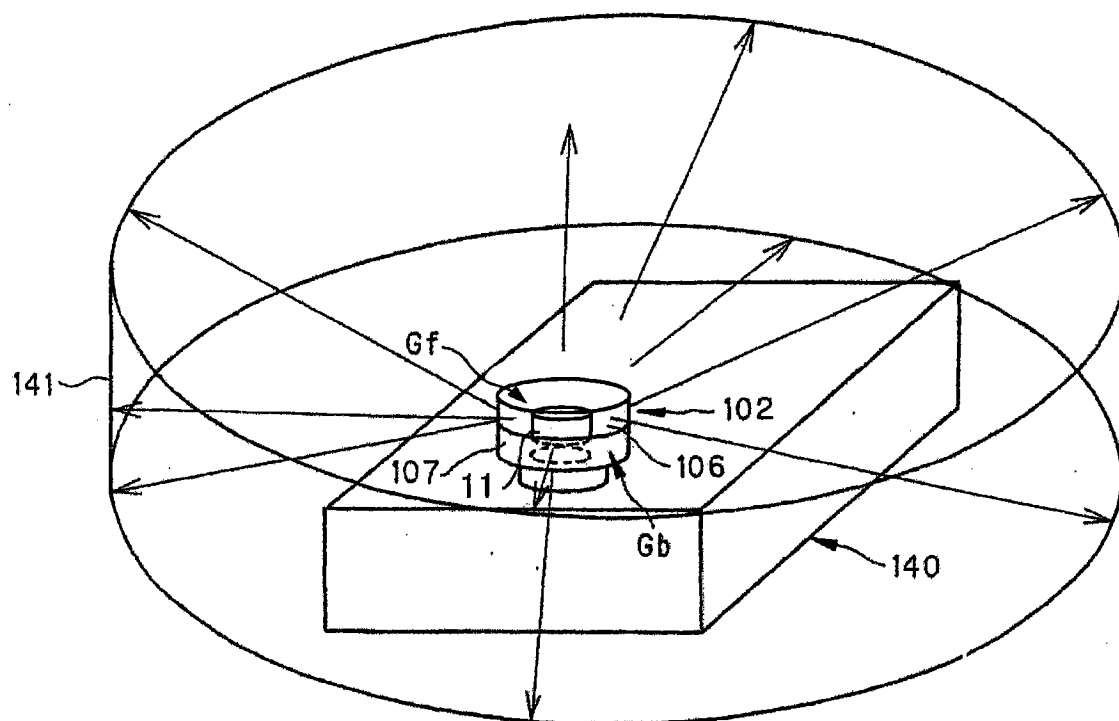


图 28

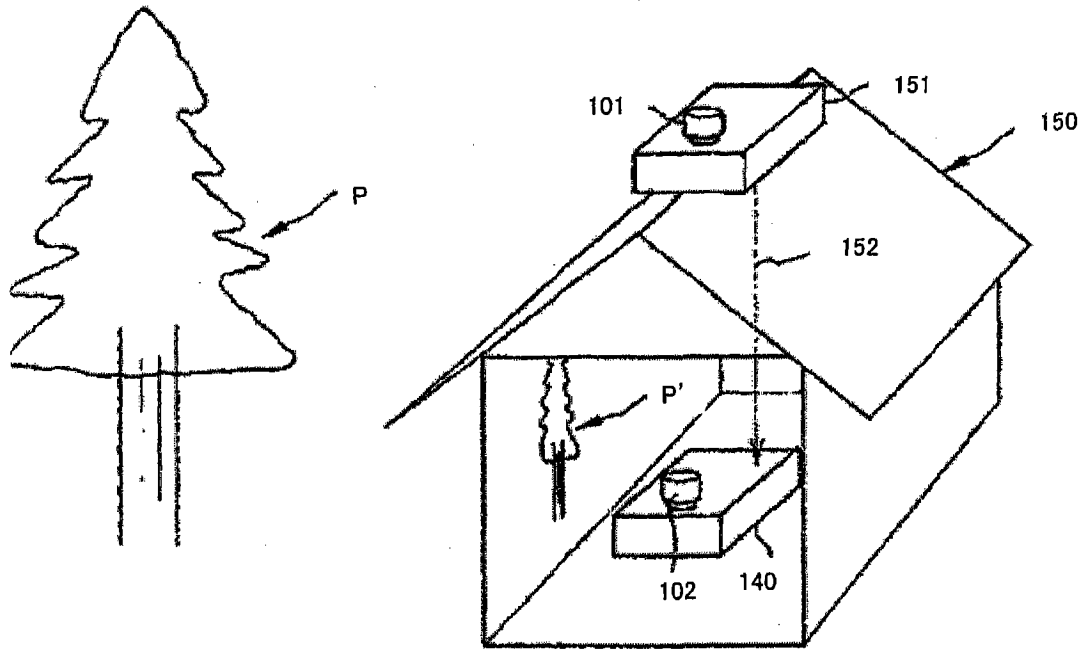


图 29



专利名称(译)	光学系统及应用该光学系统的内窥镜		
公开(公告)号	<a href="#">CN101688970B</a>	公开(公告)日	2013-07-03
申请号	CN200880024105.3	申请日	2008-07-08
[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	G02B17/08 G02B13/18 G02B23/26 A61B1/00		
CPC分类号	A61B1/00096 A61B1/041 G02B13/06 A61B1/00177 G02B17/0856 A61B1/00181 G02B23/243		
审查员(译)	张瑜		
优先权	2007180151 2007-07-09 JP 2007180150 2007-07-09 JP		
其他公开文献	CN101688970A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

#### 摘要(译)

一种光学元件，在包含中心轴(2)的剖面内以与中心轴(2)垂直的方向为中心在单侧具有大约90°视场角，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：第1透射面(11)，其相对于中心轴(2)配置在最外周；第1反射面(12)，其配置为比第1透射面(11)更靠近中心轴(2)侧；第2反射面(13)，其配置为比第1反射面(12)更靠近像面(5)的相反侧；第2透射面(14)，其配置为比第2反射面(13)更靠近像面(5)侧，所述光学元件构成下述的大致Z字形的光路(A)：入射到透明介质(L1)的光束按照顺光线追踪的顺序经过第1透射面(11)、第1反射面(12)、第2反射面(13)、第2透射面(14)后向像面(5)侧射出到外部，相对于中心轴(2)仅在单侧构成光路(A)。

