



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102369472 B

(45) 授权公告日 2014.06.04

(21) 申请号 201080013445.3

(22) 申请日 2010.03.24

(30) 优先权数据

2009-071918 2009.03.24 JP

2009-074546 2009.03.25 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011.09.23

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2010/055140 2010.03.24

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/110349 JA 2010.09.30

(73) 专利权人 富士胶片株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 马场智之 宫野俊

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

代理人 吴敬莲

(51) Int. Cl.

G02B 13/04 (2006.01)

A61B 1/00 (2006.01)

G02B 13/18 (2006.01)

G02B 23/26 (2006.01)

(56) 对比文件

JP 特开平 7-181377 A, 1995.07.21, 说明书
第 0015-0044 段, 附图 1、8、15、16.

JP 特开 2006-243689 A, 2006.09.14, 说明
书第 0066、0076、0098 段, 附图 1、3、4、9、11、12、
16.

CN 101067677 A, 2007.11.07, 全文.

审查员 田静怡

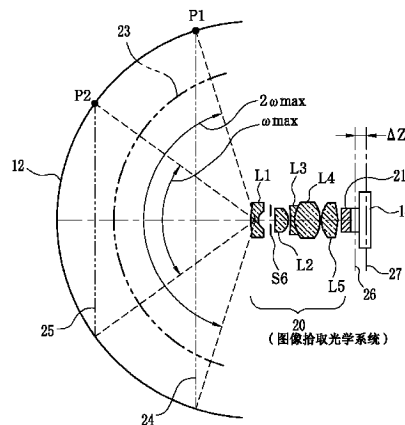
权利要求书1页 说明书47页 附图27页

(54) 发明名称

用于胶囊内窥镜的图像拾取光学系统

(57) 摘要

为了加宽视角和使图像表面在全视角范围内与图像拾取表面附近一致或重合, 提供了一种胶囊内窥镜 (10), 包括图像拾取光学系统 (20), 其用于捕获半球形凹面形状 (12) 的物体表面 (12) 的图像。该图像拾取光学系统满足由 $-5.0 \leq \Delta Z_r / \Delta Z_p \leq 5.0$ 表示的条件。这里, 当最大半视角是 ω_{\max} 时, ΔZ_r 表示实像表面关于最大视角 $2\omega_{\max}$ 的光通量的位置和实像表面关于最大半视角 ω_{\max} 的光通量的位置之间的差异, 并且 ΔZ_p 表示虚物面表面 (24) 的近轴图像形成位置和虚物面表面 (25) 的近轴图像形成位置之间的差异。虚物面表面 (24) 通过物体表面 (12) 与 $2\omega_{\max}$ 的主光线的交点 (P1) 并且垂直于光轴 (XP)。虚物面表面 (25) 通过物体表面 (12) 与 ω_{\max} 的主光线的交点 (P2) 并且垂直于光轴 (XP)。



CN 102369472 B

1. 一种用在胶囊内窥镜中的图像拾取光学系统,该图像拾取光学系统容纳在将被吞咽到身体中的胶囊中,并用来通过构成所述胶囊的一部分的圆顶形的透明盖捕获体腔内部的图像,当所述图像拾取光学系统设置在凹曲面形状的物体表面前并进行图像捕获时,所述图像拾取光学系统满足由下述表达式表示的条件:

$$-5.0 \leq \Delta Z_r / \Delta Z_p \leq 5.0,$$

其中, ΔZ_r 表示实像表面关于最大视角 $2\omega_{\max}$ 的光通量的位置和实像表面关于半视角 ω_{\max} 的光通量的位置之间的差异,并且 ΔZ_p 表示通过所述物体表面与 $2\omega_{\max}$ 的主光线的交点并且垂直于光轴的虚物面表面的近轴图像形成位置和通过所述物体表面与 ω_{\max} 的主光线的交点并且垂直于光轴的虚物面表面的近轴图像形成位置之间的差异。

2. 根据权利要求 1 所述的用在胶囊内窥镜中的图像拾取光学系统,其中,所述最大视角 $2\omega_{\max}$ 至少为 135° 。

3. 根据权利要求 1 所述的用在胶囊内窥镜中的图像拾取光学系统,其中,所述最大视角 $2\omega_{\max}$ 至少为 120° ,并且满足由 $-0.5 \leq \Delta Z_r / \Delta Z_p \leq 0.5$ 表示的条件。

4. 根据权利要求 2 所述的用在胶囊内窥镜中的图像拾取光学系统,其中,满足由 $0.7 < (Y(\omega + \Delta\omega) - Y(\omega)) / Y(\Delta\omega)$ 表示的条件,其中 $Y(\omega)$ 表示在任意视角 ω 处的图像高度,并且 $\Delta\omega$ 表示所述任意视角 ω 的微小变化量。

5. 根据权利要求 1 所述的用在胶囊内窥镜中的图像拾取光学系统,其中,朝向所述物体表面凸起的负透镜设置在最靠近所述物体表面的位置处,正透镜设置在最靠近图像表面的位置处,并且至少所述负透镜的位于更靠近所述图像表面侧的表面和所述正透镜的一个表面是非球面。

6. 根据权利要求 5 所述的用在胶囊内窥镜中的图像拾取光学系统,其中,由多个透镜构成并且整体上具有正光焦度的正透镜组设置在比所述负透镜更靠近所述图像表面的一侧,并且在正透镜组之中的位于最靠近所述物体表面的位置处的透镜和位于最靠近所述图像表面的位置处的透镜是正透镜。

用于胶囊内窥镜的图像拾取光学系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用在胶囊内窥镜中的图像拾取光学系统,胶囊内窥镜被以病人吞咽它的方式使用。

背景技术

[0002] 近来,在医疗领域中,已经借助具有在其前端处设置有成像装置的长的插入部的插入式内窥镜和其中成像装置容纳在胶囊中的胶囊内窥镜进行诊断。胶囊内窥镜被形成为具有能够由受检查对象吞咽的尺寸。因此,胶囊内窥镜的优点在于,其可以不仅消除病人在吞咽插入式内窥镜的插入部时的负担,而且消除在将插入式内窥镜的插入部保持插入病人体腔内多个小时时病人的负担。

[0003] 胶囊内窥镜在其前端外设置有:圆顶形的透明盖,以便在被吞咽进入体腔后容易沿着管状通道前进;和连接到透明盖的圆筒形胶囊主体。图像拾取光学系统的光轴通常被设计为穿过透明盖的中心。因此,图像拾取光学系统不仅接收光轴附近的光通量,也接收以大入射角通过透明盖的周边部分入射到其上的光通量。此外,物体距离趋向于在光轴上较长,并且在成像中的视角变宽时趋向于较短。因此,在其中平面物体的图像形成在垂直于光轴的平面图像拾取表面上的普通图像拾取光学系统中,可以获得优选的图像形成的范围是极其有限的。

[0004] 在如上所述的情况下,具有宽视角的图像拾取光学系统如在专利文献 1 中披露而已知。但是,如果物体的周边部分在光学设计中制造为焦点对准或是清晰的,则物体的中央部分落入焦点没对准或焦距失调的景深之外。相反地,如果物体的中央部分过分地清晰,物体的周边部分落入焦点没对准的景深之外。作为这种问题的对策,根据在专利文献 2 和 3 中披露的图像拾取光学系统,使图像表面与在最大视角处在屏幕的中心中的图像拾取表面附近一致,以使不仅包括其中央部分还包括其周边部分的整个物体落在该景深内。

[0005] 现有技术文件

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献 1 :JP2006-61438A

[0008] 专利文献 2 :JP4128504B

[0009] 专利文献 3 :JP4128505B

发明内容

[0010] 要解决的技术问题

[0011] 不仅来自光轴以及其周边的光通量,而且以大入射角通过透明盖的周边部分入射在光轴上的光通量,都包括用于胶囊内窥镜诊断的很多有用的信息,并因此图像拾取光学系统需要具有宽视角。关于这一点,根据专利文件 2 和 3 中披露的图像拾取光学系统,虽然优化了视角与胶囊内窥镜需要的物体距离之间的关系,但视角最多是 113.6° 。 113.6° 的视角是不足够的水平。此外,在上述专利文件中,虽然采用前孔径光阑的光学系统在将物体

侧的透镜的外径限制为较小方面具有优势,但其具有如下的缺点。在采用前孔径光阑的光学系统中,孔径光阑的厚度导致光束晕影,或者就在孔径光阑背后的透镜表面的曲率半径大,从而当视角变得较宽时导致光量的大量损失。

[0012] 为了将具有朝向图像拾取光学系统的凹面的物体表面聚集在垂直于光轴的平面图像拾取表面上,在光学系统中产生负的像场弯曲就足够。此外,为了控制如上所述像场弯曲,由第三处于正值的像差系数增加珀兹伐和 (Petzval sum) 就足够。为了在光学系统中产生负的像场弯曲,在光学系统中通常将低折射率材料用于正透镜或会聚透镜,并将高折射率材料用于负透镜或发散透镜。但是,在考虑到为了实现低成本目的而将塑料透镜用于基本上将仅使用一次的胶囊内窥镜的图像拾取光学系统时,变得难以获得高折射率材料,并且珀兹伐和的调节变得困难。注意到,也有可能通过增加透镜的数量给予珀兹伐和的调节的灵活性,但是,在这种情况下,光学系统的总长度变长,并且胶囊不可避免地变长且变大。因此,难以将上述措施用于被病人吞咽它的方式使用的胶囊内窥镜。

[0013] 技术方案

[0014] 鉴于上述情况,本发明的目的是提供一种在胶囊内窥镜中使用的图像拾取光学系统,其能够加宽视角并且使图像表面在全视角范围内与垂直于光轴的图像拾取表面附近一致或重合,以使弯曲以朝向图像拾取光学系统凹入的几乎整个物体表面在景深内。

[0015] 为了实现上述目标,本发明的图像拾取光学系统被配置为,当图像拾取光学系统设置在凹形弯曲表面形状的物体表面前并且进行图像捕获执行时满足由 $-5.0 \leq \Delta Z_r / \Delta Z_p \leq 5.0$ 表示的条件。注意, ΔZ_r 表示实像表面关于最大视角 $2\omega_{\max}$ 的光通量的位置和实像表面关于半视角 ω_{\max} 的光通量的位置之间的差异,并且 ΔZ_p 表示通过所述物体表面与 $2\omega_{\max}$ 的主光线的交点并且垂直于光轴的虚物面表面的近轴图像形成位置和通过所述物体表面与 ω_{\max} 的主光线的交点并且垂直于光轴的虚物面表面的近轴图像形成位置之间的差异。上述条件是优选地适于其中最大视角 2ω 被设置为至少 135° 的光学系统。在光学系统的最大视角 2ω 被设置为 120° 的情况下,上述条件的上限和下限优选地能满足 $-0.5 \leq \Delta Z_r / \Delta Z_p \leq 0.5$ 。

[0016] 用于 $\Delta Z_r / \Delta Z_p$ 的值的条件变化的原因如下。图像拾取光学系统的景深一般由模糊圆的直径限定。然而,实际上,当朝向物体的距离变长时,物体的图像在图像表面上变得较小,并且因此需要高分辨率,而与此相反,当朝向物体的距离变短时,图像的放大倍率增加,因此所需的分辨率不如长距离物体所需要的分辨率高。本发明的图像拾取光学系统被配置以考虑胶囊内窥镜的特定用途类型,其中当朝向物体的距离变短时,光束的入射角变大,并且当朝向物体的距离变长时,光束的入射角变小。因此,当成像视角变窄时,在成像屏幕上的长距离物体的数量增加,并且需要高的分辨率。因此,有必要使 $\Delta Z_r / \Delta Z_p$ 的条件变窄。

[0017] 通过增加朝向负端的失真能够加宽光学系统的视角。然而,在这种情况下,当希望如在本发明的情况中一样成功捕获在图像的周边部分中的短距离物体时,失真使图像很大地扭曲,从而图像的放大倍率降低。因此,就很难充分地改善关于来自短距离物体的具有大入射角的光通量的图像形成性能。在这方面,在本发明的图像拾取光学系统中,满足由 $0.7 < (Y(\omega + \Delta\omega) - Y(\omega)) / Y(\Delta\omega)$ 表示的关系,其中 $Y(\Delta\omega)$ 表示在任意视角 ω 处的图像高度, $\Delta\omega$ 表示所述任意视角 ω 的微小变化量。因此,它也能够通过达到在实际使用中不

引起任何问题的失真防止图像被扭曲,从而展示出优选的图像形成性能。

[0018] 为了实现特别用于本发明的图像拾取光学系统的像场弯曲,朝向所述物体表面凸起的负透镜优选地设置在最靠近物体表面的位置处。而且,有利地,考虑到光学系统的总长度的缩短和成本,至少负透镜的位于靠近物体表面一侧的表面是非球面,并且设置在最靠近图像表面的位置处的正透镜的至少一个表面是非球面。请注意,负透镜的在更靠近物体表面一侧的凸面是并不总必须是其顶部突出最多的凸面,并且可以例如是其中近轴区域是凹入的并且外周边区域是弯曲的以接近图像表面的非球面区域。

[0019] 由于这种负透镜使用在最接近物体表面的位置处,从周边以大角度入射的光束由于最初的负光焦度而以关于光轴小角度发射,并且关于孔径光阑的入射角度变得更小。因此,与具有前孔径光阑的光学系统相比,由于孔径光阑的厚度引起的光量损失可以减少。在负透镜的背面设置有由多个透镜构成并且整体具有正光焦度的正透镜组。如果在该正透镜组中位于最靠近物体表面的位置处的透镜和位于最靠近图像表面的位置处的透镜是正透镜以分配正光焦度,可以容易地调整像场弯曲,同时在负透镜中发生的象差被校正。

[0020] 有益效果

[0021] 根据本发明的,能够扩大视角,并且使图像表面在全视角范围内与垂直于光轴在全视角上的图像拾取表面附近一致或重合,以使整个物体在景深内。因此,无论在物体中的哪里存在器官损害,都可以得到焦点为对准的器官损害的清晰图像。

附图说明

[0022] 图 1 是本发明的胶囊内窥镜的剖视图。

[0023] 图 2 是图 1 的胶囊内窥镜沿光轴旋转 90 度的剖视图。

[0024] 图 3 是设置在胶囊中的四个 LED 的平面视图。

[0025] 图 4 是有关数学表达式 1 的解释性视图。

[0026] 图 5A 是设置到作为物体的凹形半球表面的同心圆的解释性视图,和图 5B 至 5E 是通过捕获图 5A 的同心圆获得的图像的解释性视图。

[0027] 图 6 是根据本发明的第一实施例的图像拾取光学系统的透镜配置图。

[0028] 图 7 是根据第一实施例的图像拾取光学系统的像差图。

[0029] 图 8 是显示根据第一实施例的图像拾取光学系统的失真的图表。

[0030] 图 9 是根据本发明的第二实施例的图像拾取光学系统的透镜配置图。

[0031] 图 10 是根据第二实施例的图像拾取光学系统的像差图。

[0032] 图 11 是显示根据第二实施例的图像拾取光学系统的失真的图表。

[0033] 图 12 是根据本发明的第三实施例的图像拾取光学系统的透镜配置图。

[0034] 图 13 是根据第三实施例的图像拾取光学系统的像差图。

[0035] 图 14 是显示根据第三实施例的图像拾取光学系统的失真的图表。

[0036] 图 15 是根据本发明的第四实施例的图像拾取光学系统的透镜配置图。

[0037] 图 16 是根据第四实施例的图像拾取光学系统的像差图。

[0038] 图 17 是显示根据第四实施例的图像拾取光学系统的失真的图表。

[0039] 图 18 是根据本发明的第五实施例的图像拾取光学系统的透镜配置图。

[0040] 图 19 是根据第五实施例的图像拾取光学系统的像差图。

- [0041] 图 20 是显示根据第五实施例的图像拾取光学系统的失真的图表。
- [0042] 图 21 是根据本发明的第六实施例的图像拾取光学系统的透镜配置图。
- [0043] 图 22 是根据第六实施例的图像拾取光学系统的像差图。
- [0044] 图 23 是显示根据第六实施例的图像拾取光学系统的失真的图表。
- [0045] 图 24 是根据本发明的第七实施例的图像拾取光学系统的透镜配置图。
- [0046] 图 25 是根据第七实施例的图像拾取光学系统的像差图。
- [0047] 图 26 是显示根据第七实施例的图像拾取光学系统的失真的图表。
- [0048] 图 27 是根据本发明的第八实施例的图像拾取光学系统的透镜配置图。
- [0049] 图 28 是根据第八实施例的图像拾取光学系统的像差图。
- [0050] 图 29 是显示根据第八实施例的图像拾取光学系统的失真的图表。
- [0051] 图 30 是根据本发明的第九实施例的图像拾取光学系统的透镜配置图。
- [0052] 图 31 是根据第九实施例的图像拾取光学系统的像差图。
- [0053] 图 32 是显示根据第九实施例的图像拾取光学系统的失真的图表。
- [0054] 图 33 是根据本发明的第十实施例的图像拾取光学系统的透镜配置图。
- [0055] 图 34 是根据第十实施例的图像拾取光学系统的像差图。
- [0056] 图 35 是显示根据第十实施例的图像拾取光学系统的失真的图表。
- [0057] 图 36 是根据本发明的第十一实施例的图像拾取光学系统的透镜配置图。
- [0058] 图 37 是根据第十一实施例的图像拾取光学系统的像差图。
- [0059] 图 38 是显示根据第十一实施例的图像拾取光学系统的失真的图表。
- [0060] 图 39 是根据本发明的第十二实施例的图像拾取光学系统的透镜配置图。
- [0061] 图 40 是根据第十二实施例的图像拾取光学系统的像差图。
- [0062] 图 41 是显示根据第十二实施例的图像拾取光学系统的失真的图表。
- [0063] 图 42 是根据本发明的第十三实施例的图像拾取光学系统的透镜配置图。
- [0064] 图 43 是根据第十三实施例的图像拾取光学系统的像差图。
- [0065] 图 44 是显示根据第十三实施例的图像拾取光学系统的失真的图表。
- [0066] 图 45 是根据本发明的第十四实施例的图像拾取光学系统的透镜配置图。
- [0067] 图 46 是根据第十四实施例的图像拾取光学系统的像差图。
- [0068] 图 47 是显示根据第十四实施例的图像拾取光学系统的失真的图表。
- [0069] 图 48 是根据本发明的第十五实施例的图像拾取光学系统的透镜配置图。
- [0070] 图 49 是根据第十五实施例的图像拾取光学系统的像差图。
- [0071] 图 50 是显示根据第十五实施例的图像拾取光学系统的失真的图表。

具体实施方式

[0072] 图 1 仅显示胶囊内窥镜 10 的前部。胶囊内窥镜 10 是胶囊形式,该胶囊具有约 10 毫米直径和约 20 毫米长度的尺寸,以使受检查物体容易吞咽它。胶囊内窥镜 10 从胶囊内窥镜 10 被受检查物体吞咽的时间开始到胶囊内窥镜 10 排出受检查物体身体外的时间以固定的时间间隔捕获胃、肠等内部的图像。本发明的安装到胶囊内窥镜 10 中的图像拾取光学系统具有在垂直于光轴的平面上成功地形成物体表面 12 的图像的功能,假设物体表面 12 是凹形半球面形状。请注意,物体表面 12 不总是必须是完全的凹形半球面形状,并且可以

是其它凹形曲面。

[0073] 图 2 显示围绕其中心轴线旋转 90° 的胶囊内窥镜 10。在图 1 和 2 中, 胶囊内窥镜 10 的外包装是胶囊 13。胶囊 13 的不透明胶囊主体 22 具有封闭的后端和设置有圆顶形透明盖 23 的前端。胶囊 13 包含前表面设置有防护玻璃盖 21 的区域型图像拾取装置 14、作为照明光源的第一至第四 LED(发光二极管) 15 至 18、以及图像拾取光学系统 20。此外, 胶囊 13 包含用于驱动图像拾取装置 14 的电池、用于传输由图像拾取装置 14 获得的图像信号到连接至受检查物体的周边的接收器的天线(在附图中两者都被省略)。图像拾取光学系统 20 在图像拾取装置 14 的图像拾取表面上形成通过无源透明盖 23 接收到的物体光的图像。

[0074] 图 3 显示从其前面通过透明盖 23 看到的胶囊内窥镜 10。如图 3 所示, 第一至第四 LED 15 至 18 围绕图像拾取光学系统 20 设置, 以使彼此分开约 90° 的间距。与第一和第三 LED 15 和 17 比较, 第二和第四 LED 16 和 18 在图像拾取光学系统 20 的光轴 XP 的方向朝向图像拾取装置 14 移动。第一和第三 LED 15 和 17 被设置以使第一 LED 15 的照明光轴 X1 的和第三 LED 17 的照明光轴 X3 分别地平行于图像拾取光学系统 20 的光轴 XP。第一和第三 LED 15 和 17 主要包括其中心部分和周边部分的照明物体 12 的中央部分。此外, 第二和第四 LED 16 和 18 被设置以使第二 LED 16 的照明光轴 X2 的和第四 LED 18 的照明光轴 X4 相对于图像拾取光学系统 20 的光轴 XP 倾斜一定角度。第二和第四 LED 16 和 18 主要地照明物体 12 的从物体 12 的中央部分延伸到其边缘的周边部分。因此, 可以将照明光均匀地照向为凹形半球面形状的几乎全部物体 12。此外, 即使 LED 15 至 18 中的每一个将照明光照向胶囊 13 中的物体 12, 也不会出现闪耀。

[0075] 如图 4 所示, 图像拾取光学系统 20 由第一透镜 L1、孔径光阑 S6、第二透镜 L2、第三透镜 L3、第四透镜 L4 和第五透镜 L5 组成, 它们以这个顺序从物体 12 侧开始设置。注意, 在图 4 中, 为了避免附图的复杂, 省略了 LED 15 至 18, 并且透明盖 23 的前表面由双链虚线显示。图像拾取光学系统 20 具有负的像场弯曲, 和在垂直于光轴 XP 的图像拾取表面上成功地形成凹形物体 12 的图像的功能。为了实现这样的图像形成性能的目的, 在图像拾取光学系统 20 中, 第一透镜 L1 基本上是凸向物体 12 的负透镜, 优选地, 至少第一透镜 L1 的面对物体 12 的表面被设计成非球面。此外, 第五透镜 L5 的两个表面也被设计成非球面。

[0076] 由于实像表面在光轴 XP 上关于最大视角 ($2\omega_{\max}$) 的光通量的位置和关于最大半视角 (ω_{\max}) 的光通量的位置之间的差异较小, 该图像形成性能被认为更可取。虚拟平面 24 被配置以通过物体表面 12 与具有最大视角 ($2\omega_{\max}$) 的主光线的交点 P1, 并且被配置为垂直于光轴 XP。虚拟平面 25 配置以通过物体表面 12 与具有最大半视角 (ω_{\max}) 的主光线的交点 P2, 并且被配置为垂直于光轴 XP。由于虚拟平面 24 的近轴图像形成位置 26 和 27 之一与虚拟平面 25 的近轴图像形成位置 26 和 27 的另一个之间的差异较小, 该图像形成性能被认为更可取。具体地, 当图像拾取光学系统 20 的最大视角 ($2\omega_{\max}$) 至少 120° 时, 图像拾取光学系统 20 被设计以满足下面的数学表达式 1。

[0077] [数学表达式 1]

$$[0078] \quad -0.5 \leq \frac{\Delta Z_r}{\Delta Z_p} \leq 0.5$$

[0079] 在数学表达式 1 中, 图像拾取光学系统 20 的最大视角由 $2\omega_{\max}$ 表示, 最大半视角由 ω_{\max} 表示, ΔZ_r 和 ΔZ_p 表示如下。

[0080] ΔZ_r : 实像表面关于 $2\omega_{\max}$ 的光通量的位置和关于 ω_{\max} 的光通量的位置之间的差异。

[0081] ΔZ_p : 虚物面表面 24 的近轴图像表面位置与虚物面表面 25 的近轴图像表面位置之间的差异, 其中虚物面表面 24 通过物体 12 与 $2\omega_{\max}$ 的主光线的交点 P1 并且垂直于光轴 XP, 虚物面表面 25 通过物体 12 与 ω_{\max} 的主光线的交点 P2 并且垂直于光轴 XP。

[0082] 当图像拾取光学系统 20 满足数学表达式 1 的条件时, 像场弯曲可以被充分地校正, 并且包括凹形半球面的中央部分和其周边部分的整个物体表面 12 在图像拾取光学系统 20 的景深内。从而, 由于能够获得其中图像的中央部分和其周边部分两者都是焦点对准的清晰图像, 即使在图像的周边部分中存在器官损害, 该器官损害可以被绝对准确地发现。

[0083] 当 $\Delta Z_r/\Delta Z_p$ 小于 -0.5 时, 由于图像拾取光学系统 20 的像场弯曲的影响, 与实像表面关于 ω_{\max} 的光通量的位置相比, 实像表面关于 $2\omega_{\max}$ 的光通量的位置显著地朝向物体表面 12 偏离。相反地, 当 $\Delta Z_r/\Delta Z_p$ 超过 0.5 时, 由于物体表面 12 是凹曲面形状的影响, 与实像表面关于 ω_{\max} 的光通量的位置相比, 实像表面关于 $2\omega_{\max}$ 的光通量的位置显著地朝向物体表面 12 的相对侧偏离。在任何情况下, 实像表面关于 $2\omega_{\max}$ 光通量和关于 ω_{\max} 光通量在光轴 XP 的方向上显著地偏离, 并且因此不可能在垂直于光轴的 XP 的图像拾取表面上成功地形成两个实像表面的图像。因此, 在其中最大视角 $2\omega_{\max}$ 是至少 120° 的图像拾取光学系统 20 中, 满足由 $ABS(\Delta Z_r/\Delta Z_p) \leq 0.5$ 表示的条件是可取的。请注意, ABS 表示括号内的数值的绝对值。

[0084] 当图像拾取光学系统 20 的最大视角 ($2\omega_{\max}$) 进一步加宽从而为至少 135° 时, $ABS(\Delta Z_r/\Delta Z_p)$ 的值可以放宽范围并且可以设置在满足下列数学表达式 2 的范围内。

[0085] [数学表达式 2]

$$[0086] \quad -5.0 \leq \frac{\Delta Z_r}{\Delta Z_p} \leq 5.0$$

[0087] 请注意, 在数学表达式 2 中 ΔZ_r 和 ΔZ_p 所代表的含义与上文所述的数学表达式 1 中 ΔZ_r 和 ΔZ_p 所代表的含义相同。在 $\Delta Z_r/\Delta Z_p$ 小于作为数学表达式 2 中下限的 -5.0 的情况中, 存在与其中 $\Delta Z_r/\Delta Z_p$ 小于作为数学表达式 1 中下限的 -5.0 的情况相同的倾向。在 $\Delta Z_r/\Delta Z_p$ 大于作为数学表达式 2 中上限的 5.0 的情况中, 存在与 $\Delta Z_r/\Delta Z_p$ 大于作为数学表达式 1 中上限的 5.0 的情况相同的倾向。因此, 在其中最大视角 ($2\omega_{\max}$) 至少为 135° 的图像拾取光学系统 20 中, 满足由 $ABS(\Delta Z_r/\Delta Z_p) \leq 5.0$ 表达的条件是可取的。

[0088] 此外, 无论在最大视角 ($2\omega_{\max}$) 至少为 120° 时还是在最大视角 ($2\omega_{\max}$) 至少为 135° 时, 图像拾取光学系统 20 都被配置为满足以下数学表达式 3, 其中当视角是 (ω) 时的图像高度由 $Y(\omega)$ 表示。需要注意的是, 在视角最多 45° 的条件下, 可以满足下面的数学表达式 3。

[0089] [数学表达式 3]

$$[0090] \quad 0.7 < \frac{Y(\omega + \Delta\omega) - Y(\omega)}{Y(\Delta\omega)}$$

[0091] 数学表达式 3 中的“ $Y(\omega + \Delta\omega) - Y(\omega)$ ”表示当视角从 ω 稍微变化到 $\Delta\omega$ 时 (即, 当视角是 ($\omega + \Delta\omega$) 时) 图像高度 $Y(\omega + \Delta\omega)$ 与当视角是 ω 时的图像高度 $Y(\omega)$ 之

间的差。数学表达式 3 中的“ $Y(\Delta \omega)$ ”表示当视角从 0° 稍微变化至 $\Delta \omega$ 时（即，当视角为 $\Delta \omega$ 时）的图像高度与当视角是 0° 时的图像高度 $Y(0)$ 之间的差。鉴于 $Y(0) = 0$ ，可以得出结论 $Y(0 + \Delta \omega) - Y(0) = Y(\Delta \omega)$ 。因此，数学表达式 3 中的“ $(Y(\omega + \Delta \omega) - Y(\omega)) / Y(\Delta \omega)$ ”表示与图像的中央部分相比在该图像的周边部分中产生多少或多大程度的失真。

[0092] 在这里， $(Y(\omega + \Delta \omega) - Y(\omega)) / Y(\Delta \omega)$ 表示失真指数 Q ，图像拾取光学系统 20 被设计以使失真指数 Q 的值分别地成为“1.0”、“0.7”、“0.5”和“0.3”。然后，在由每个图像拾取光学系统获得的图像中产生的失真程度被评估。关于评价，如图 5A 所示，每个具有半径“ r ”、“ $2r$ ”、“ $3r$ ”、“ $4r$ ”、“ $5r$ ”的多个圆圈（同心圆）30a 至 30e 设置在物体表面 12 上，从而每个圆圈的圆心在光轴 XP 上。同心圆分别地由每个图像拾取光学系统 20 捕获。然后，基于在通过图像捕获所获得的图像的周边部分中同心圆之间的距离如何变化，评估在图像的周边部分中的失真程度。

[0093] 图 5B 显示由设计为满足 $Q = 1.0$ 的图像拾取光学系统 20 捕获的图像。如该图像所示，如在设置在物体 12 上的多个圆圈 30a 至 30e 之间的距离的情况中一样，在该图像上的圆圈之间的距离由距离 r 表示。以这种方式，当在该图像的中央部分中的圆圈之间的距离与该图像的周边部分中的圆圈之间的距离相同时，结论是在该图像的周边部分中没有发生失真。因此，如果通过使用结合上述图像拾取光学系统 20 的胶囊内窥镜 10 捕获受检查对象的体腔，则失真几乎不出现在图像的周边部分中，并且因此变得容易识别器官损害。

[0094] 图 5C 显示由设计为满足 $Q = 0.7$ 的图像拾取光学系统 20 捕获的图像。如该图像所示，在该图像的中央部分的圆圈之间的距离稍大于半径 r ，并且在图像的周边部分的圆圈之间的距离稍小于半径 r 。然而，其间的差异可以忽略不计，并且因此，在该图像的中央部分和周边部分中没有观察到大的失真。因此，被设计为满足 $Q = 0.7$ 的图像拾取光学系统 20 被认为在图像诊断的实际使用中处于令人满意的水平内。

[0095] 图 5D 显示由设计为满足 $Q = 0.5$ 的图像拾取光学系统 20 捕获的图像。从该图像中容易认识到，在该图像的中央部分中的圆圈之间的距离大，在该图像的周边部分中的圆圈之间的距离小。这种倾向是在具有宽视角的图像拾取光学系统中所展现的普遍特征。然而，当这种程度的失真在图像中出现时，该图像不适合用于医疗诊断。特别地，存在忽视图像周边部分中的器官损害可能性。此外，图 5E 显示由设计为满足 $Q = 0.3$ 的图像拾取光学系统捕获的图像。从该图像中可以显著地知道，在该图像的中央部分中的圆圈之间的距离大，在该图像的周边部分中的圆圈之间的距离小。因此，明确地，设计为满足 $Q = 0.3$ 的图像拾取光学系统不适合用于医疗诊断，并且是不实用的。

[0096] 鉴于上述情况，无论当最大视角 ($2\omega_{\max}$) 是至少 120° 时还是当最大视角 ($2\omega_{\max}$) 是至少 135° 时，只要图像拾取光学系统被设计为使失真指数 Q 的值，即 $(Y(\omega + \Delta \omega) - Y(\omega)) / Y(\Delta \omega)$ 的值大于 0.7，就能够将在图像的周边部分中的失真抑制到满足实际使用的水平。在以这种方式抑制失真的情况下，能够确保防止忽视甚至在图像的周边部分中的器官损害，并且变得能够增加图像诊断的可靠性。需要注意的是，失真指数 Q 的值优选地大于 0.7 并且小于 1.3，优选地在大于 0.8 至小于 1.2 的范围内。

[0097] 此外，当图像拾取光学系统 20 包括五个透镜时，即包括第一至第五透镜，包括其中央部分和周边部分的整个物体表面 12 在图像拾取光学系统 20 的景深内。因此，可以得到清晰图像，其中，中央部分和周边部分两者都是焦点对准的，并且图像的周边部分的失真

处于可以忽略的水平。请注意,图像拾取光学系统 20 不限于由 5 个透镜组成的配置,并且可以是四个透镜,即第一到第四透镜。在图像拾取光学系统 20 由四个透镜组成的情况下,几乎能够获得与由 5 个透镜组成的图像拾取光学系统 20 获得的相同效果。此外,本发明的图像拾取光学系统可以应用于用于胶囊内窥镜的图像拾取光学系统,该胶囊内窥镜被吞咽进入体腔,以使在图像捕获时其在体腔内的位置和姿态可以按照从外部接收的控制信号来控制。

[0098] 实施例

[0099] 在下文中,通过在如下实施例 1 至 15 和比较实施例 1 至 6 中示出关于安装至胶囊内窥镜的图像拾取光学系统的具体数值,进一步详细介绍本发明。

[0100] [实施例 1]

[0101] 如图 6 所示,实施例 1 的图像拾取光学系统 20 包括 5 个透镜(即第一至第五透镜 L1 到 L5) 和孔径光阑 S6。在胶囊 13 中,第一透镜 L1、孔径光阑 S6、第二透镜 L2、第三透镜 L3、第四透镜 L4 和第五透镜 L5 以这个顺序从凹形半球面形状的物体表面 12 侧开始设置。第三透镜 L3 和第四透镜 L4 构成层叠透镜。

[0102] 物体表面用数字 S1 指示,并且在图像拾取光学系统 20 中包括透明盖 23 的每个组件的表面用顺序地朝向图像的表面数字 Si 指示。具体来说,透明盖 23 的前表面指示为 S2, 和其后表面指示为 S3。随后,表面数字 Si 按顺序指定给第一至第五透镜 L1 至 L5 的前表面和表面,并且玻璃盖 21 的后表面以表面数字 S15 指示。请注意,接缝表面 S10 由第三透镜 L3 的后表面和第四透镜 L4 的前表面共用。玻璃盖 21 的后表面的 S15 对应于图像拾取装置 14 的图像拾取表面。此外,沿图像拾取光学系统 20 的光轴的表面 Si 和表面 S(i+1) 之间的距离(表面间隔)由 Di 表示。具体来说,表面 S1 和 S2 之间的表面间隔是由 D1 表示,表面 S2 和表面 S3 之间的表面间隔是由 D2 表示。同样地,表面 S14 和 S15 表面之间的表面间隔是由 D14 表示。

[0103] 基于如下表 1 中所示透镜数据设计图像拾取光学系统 20。

[0104] [表 1]

[0105]

$$f = 1.0 \quad Fno = 1.4 \quad 2\theta_{max} = 120^\circ$$

表面	曲率半径	表面间隔	N_d	ν_d
OBJ	37.3880	24.3625		
2	13.0255	1.9297	1.57500	32.2
3	11.0958	9.8032		
4*	4.5962	1.2061	1.53039	55.2
5*	0.7626	1.8407		

[0106]

孔径光阑	∞	0.6628		
7*	29.9508	1.9689	1.53039	55.2
8*	-2.0294	0.2413		
9	-29.3124	0.7236	1.92286	18.9
10	4.8243	3.7077	1.72916	54.7
11	-5.0041	0.2412		
12*	4.2899	2.4120	1.53039	55.2
13*	-2.6662	0.4704		
14	∞	1.3146	1.55920	53.9
15	∞	0.0000		
IMG	∞			

[0107] 在表 1 中,“OBJ”表示凹形半球面形状的对象表面 12,“孔径光阑”表示孔径光阑 S6,“IMG”表示图像拾取装置 14 的图像拾取表面,“曲率半径”表示每个表面 S_i 的曲率半径(毫米),“表面间隔”表示表面 S_i 和 $S_{(i+1)}$ 之间的每个表面间隔 D_i (毫米),“ N_d ”表示具有 587.6 纳米波长的 d 线的折射率,“ v_d ”表示阿贝数,“f”表示整体图像拾取光学系统 20 的焦距,“ F_{no} ”表示图像拾取光学系统 20 的 F 值 F,“ $2\omega_{max}$ ”表示最大视角。

[0108] 此外,如表 1 中的表面数栏中通过“*”所示,第一透镜的两个表面 S4 和 S5、第二透镜的两个表面 S7 和 S8、第五透镜的两个表面 S12 和 S13 是非球面。非球面形状在数值上由以下数学表达式 4 使用曲率(近轴曲率半径 R 的倒数)c、圆锥曲线常数 K、距离光轴的距离 ρ ($\rho^2 = x^2 + y^2$) 和第 i 个数量的非球面度表示。圆锥曲线常数 K 和表面 S4、S5、S7、S8、S12 和 S13 的非球面常数 A_i 显示在表 2 中。请注意,在将在后面介绍的实施例 2 至 15 中,用于确定非球面形状的透镜数据和数学表达式 4 的符号都共用。

[0109] [数学表达式 4]

$$[0110] \quad z = \frac{c\rho^2}{1 + \sqrt{1 - (K+1)c^2\rho^2}} + \sum_i A_i \rho^i \quad (\rho^2 = x^2 + y^2)$$

[0111] [表 2]

[0112]

表面	K	A ₃	A ₄	A ₅
4	-1.0000	-3.1911E-02	-1.3237E-02	2.6667E-03
5	-1.0000	-7.2213E-01	1.0601E+00	-3.2718E-01
7	-1.0000	6.5178E-03	-6.7047E-05	-5.3129E-02
8	-1.0000	-3.8364E-03	1.5483E-02	-1.0465E-02
12	-1.0000	-3.5805E-02	4.6875E-02	-1.4934E-02
13	-1.0000	7.1495E-02	1.7164E-03	-8.3989E-04

表面	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉
4	1.0090E-03	1.6604E-04	-4.8482E-06	-1.4417E-05
5	-4.1593E-01	-3.5206E-02	2.3279E-01	1.6234E-01
7	6.9474E-03	3.5489E-02	-8.0267E-05	-1.2559E-02
8	1.2919E-03	-7.6095E-03	2.6037E-03	1.1487E-03
12	-8.0459E-04	7.4194E-04	1.4060E-04	-9.2904E-06
13	-1.0037E-03	-4.0258E-04	-9.5516E-05	1.9474E-05

表面	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃
4	-5.8184E-06	-1.5724E-06	-1.6519E-07	7.8017E-08
5	-5.0788E-02	-1.4257E-01	5.1202E-02	1.3674E-02
7	-8.5493E-03	5.9519E-04	1.6546E-02	-1.0997E-02
8	8.7078E-04	2.4020E-05	-8.3396E-04	-1.2885E-04
12	-9.8806E-06	-3.2675E-06	-7.1004E-07	-3.9997E-08
13	3.7285E-05	6.2802E-07	3.3755E-07	-1.8678E-07

表面	A ₁₄	A ₁₅	A ₁₆	A ₁₇
4	5.7448E-08	1.9743E-08	1.3443E-09	-2.2787E-09
5	-5.5570E-03	-5.0334E-05	1.6869E-17	6.9935E-19
7	1.7577E-03	1.2639E-04	-1.4320E-07	4.9356E-09
8	2.9420E-04	-2.4577E-05	-1.2654E-05	-1.4738E-07
12	3.3395E-08	2.5653E-08	1.1006E-08	3.1808E-09
13	-1.3249E-07	-4.0694E-08	-8.1148E-09	1.3025E-09

[0113]

表面	A_{18}	A_{19}	A_{20}
4	-4.9358E-10	1.4347E-10	1.6018E-13
5	-9.2841E-17	-5.1143E-16	-2.1203E-17
7	3.4281E-17	9.1722E-19	3.8025E-20
8	4.9787E-10	1.2020E-21	5.8918E-20
12	-4.5905E-10	-3.1571E-10	-1.5121E-11
13	2.9595E-09	-1.6047E-10	-9.2263E-11

[0114] 图 7 显示当物体表面 12 通过设置在图像拾取装置前的透明盖 23 和玻璃盖 21 聚焦在图像拾取表面上时图像拾取光学系统 20 中的球面像差、像散和倍率色差。对于球面像差,具有 587.6 纳米波长的 d 线由实线显示,具有 486.13 纳米波长的 F 线由第一虚线显示,和具有 656.27 纳米波长的 C 线由第二虚线显示,第二虚线比第一虚线的分段少。此外,沿径向方向 (sagittal direction) 的像散由实线显示,沿切线方向的像散由第一虚线所示。此外,对于倍率色差,F 线由第一虚线显示,C 线由第二虚线显示,第二虚线比第一虚线的分段少。请注意,同样在将在后面介绍的实施例 2 至 15 中,共同之处在于,物体表面 12 通过透明盖 23 和玻璃盖 21 聚焦在图像拾取表面上,并且在聚焦时球面像差、像散和倍率色差以在实施例 1 中类似的方式描述。

[0115] 在实施例 1 中的图像拾取光学系统 20 中, ΔZ_r 是 -0.001 且 ΔZ_p 是 0.020。因此,在其中最大视角 $2\omega_{\max}$ 是 120° 的图像拾取光学系统 20 中, $\Delta Z_r/\Delta Z_p$ 不仅在数学表达式 2 的范围内而且在数学表达式 1 的范围内,并且因此,像场弯曲被充分地校正,并且包括中央部分和其周边部分的整个物体表面 12 是在图像拾取光学系统 20 的景深内。从而,获得其中图像的中央部分以及其周边部分两者都聚焦的清晰图像,并且即使在图像的周边部分存在器官损害,也可以绝对精确地发现器官损害。

[0116] 如图 8 所示, $(Y(\omega+\Delta\omega)-Y(\omega))/Y(\Delta\omega)$ 在整个半视角 ω 范围内大于 0.7。因此,图像拾取光学系统 20 满足数学表达式 3 的条件,并且可以抑制在图像的周边部分中产生失真。因此,即使在图像的周边部分中存在器官损害,器官损害也不会失真到被忽视的程度,并可以绝对精确地发现器官损害。

[0117] [实施例 2]

[0118] 如图 9 所示,实施例 2 的图像拾取光学系统 30 包括四个透镜 (即第一至第四透镜 L1 至 L4) 和孔径光阑 S8。在胶囊 13 中,第一透镜 L1、第二透镜 L2、孔径光阑 S8、第三透镜 L3、第四透镜 L4 以这个顺序从凹形半球面形状的物体表面 12 侧开始设置。基于如下表 3 中显示的透镜数据设计图像拾取光学系统 30。

[0119] [表 3]

[0120]

f = 1.0 Fno = 2.0 2 ω max = 130°				
表面	曲率半径	表面间隔	N _d	ν _d
OBJ	39.5606	25.7782		
2	13.7824	2.0418	1.57500	32.2
3	11.7406	12.1829		
4*	5.0795	0.7657	1.59988	61.1
5*	1.6044	3.4900		
6*	-3.3222	2.4804	1.62959	35.4
7*	-2.7823	1.8455		
孔径光阑	∞	0.3889		
9*	5.1694	1.4993	1.49231	65.3
10*	-4.1621	0.9778		
11*	5.9761	0.9368	1.62896	60.0
12*	-3.3789	0.4856		
13	∞	1.3910	1.55920	53.9
14	∞	0.0000		
IMG	∞			

[0121] 如表 3 中的表面数栏中通过“*”所示,第一透镜的两个表面 S4 和 S5、第二透镜的两个表面 S6 和 S7、第三透镜的两个表面 S9 和 S10、第四透镜的两个表面 S11 和 S12 是非球面。表面 S4、S5、S6、S7、S9、S10、S11 和 S12 的圆锥曲线常数 K 和非球面常数 A_i 显示在表 4 中。

[0122] [表 4]

[0123]

表面	K	A ₃	A ₄	A ₅
4	-1.0000	-2.0501E-02	6.4026E-04	5.6140E-05
5	-1.0000	-4.3069E-02	5.6383E-04	1.5408E-05
6	-1.0000	1.6453E-03	-1.4624E-03	-8.5712E-07
7	-1.0000	1.3316E-02	-1.4576E-03	3.8609E-06
9	-1.0000	3.1361E-03	-1.8619E-02	2.5537E-02
10	-1.0000	-5.7329E-02	1.6786E-02	2.4299E-02
11	-1.0000	-1.3975E-02	-1.9713E-03	-2.5743E-04
12	-1.0000	6.4008E-02	3.8239E-03	1.0578E-03

表面	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉
4	1.7422E-06	6.7475E-08	3.6954E-10	-5.4165E-10
5	2.9559E-06	7.2531E-07	1.7534E-07	4.3091E-08
6	4.7656E-08	2.7950E-07	2.6414E-07	1.4935E-07
7	7.3642E-06	1.7963E-06	4.2105E-07	1.2531E-07
9	-2.7382E-03	-5.2721E-04	-1.5154E-02	-1.6241E-02
10	5.4677E-02	-2.1719E-01	1.7186E-01	-3.4155E-03
11	3.2253E-04	3.1503E-04	1.7658E-04	1.2592E-04
12	2.4858E-04	2.4932E-05	-2.8668E-06	2.2412E-05

表面	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃
4	-1.7096E-10	-4.4965E-11	-8.2587E-12	-1.3975E-12
5	1.1113E-08	2.9617E-09	7.9249E-10	2.0786E-10
6	7.5671E-08	3.5467E-08	1.5719E-08	6.8059E-09
7	4.1332E-08	1.5972E-08	6.5313E-09	2.7188E-09
9	9.3617E-03	7.1994E-03	-7.4710E-04	-3.2288E-06
10	1.3576E-02	-6.7705E-02	2.8537E-02	-1.2542E-04
11	1.0712E-04	-4.1601E-05	-2.0497E-04	-2.4984E-05

[0124]

12	4.3447E-05	2.0654E-05	1.5589E-05	-2.5035E-07
----	------------	------------	------------	-------------

表面	A_{14}	A_{15}	A_{16}	A_{17}
4	-2.3366E-13	-1.6504E-14	1.6164E-15	1.2950E-15
5	5.2447E-11	1.2383E-11	2.6242E-12	4.3402E-13
6	2.8850E-09	1.2116E-09	5.0839E-10	2.1381E-10
7	1.1161E-09	4.5007E-10	1.7812E-10	7.0028E-11
9	-3.9856E-19	6.7351E-21	0.0000E+00	1.9589E-19
10	-4.1614E-07	-8.9654E-20	1.6664E-21	0.0000E+00
11	3.2249E-05	7.0371E-09	2.8102E-21	0.0000E+00
12	-2.2463E-05	6.7575E-08	1.1437E-20	-8.3818E-28

表面	A_{18}	A_{19}	A_{20}
4	5.8032E-16	1.8130E-16	5.0782E-17
5	1.7618E-14	-2.8848E-14	-9.3040E-15
6	6.4088E-11	2.3582E-11	1.8866E-30
7	2.7138E-11	1.0078E-11	1.4585E-13
9	7.6750E-21	3.0071E-22	1.1782E-23
10	0.0000E+00	3.0071E-22	1.1782E-23
11	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
12	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

[0125] 图 10 显示在该图像拾取光学系统中的球面像差、像散和倍率色差。在实施例 2 的图像拾取光学系统 30 中,最大视角 $2\omega_{\max}$ 是 130° , ΔZ_r 是 -0.005 , 且 ΔZ_p 是 0.028 。因此, $\Delta Z_r/\Delta Z_p$ 是 -0.167 , 其不仅在数学表达式 2 的范围内而且在数学表达式 1 的范围内。因此,像场弯曲被充分地校正,并且包括中央部分和其周边部分的整个物体表面 12 是在图像拾取光学系统 30 的景深内。从而,获得其中图像的中央部分以及其周边部分两者都聚焦的清晰图像,并且即使在图像的周边部分存在器官损害,也可以绝对精确地发现器官损害。

[0126] 如图 11 所示, $(Y(\omega+\Delta\omega)-Y(\omega))/Y(\Delta\omega)$ 在整个半视角 ω 范围内大于 0.7 。因此,图像拾取光学系统 30 满足数学表达式 3 的条件,并且可以抑制在图像周边部分中产生失真。因此,即使在图像的周边部分中存在器官损害,器官损害不会失真到被忽视的程度,并可以绝对精确地发现器官损害。

[0127] [实施例 3]

[0128] 如图 12 所示,实施例 3 的图像拾取光学系统 40 包括 5 个透镜(即第一至第五透镜 L1 到 L5)和孔径光阑 S6。在胶囊 13 中,第一透镜 L1、孔径光阑 S6、第二透镜 L2、第三透

镜 L3、第四透镜 L4 和第五透镜 L5 以这个顺序从凹形半球面形状的物体表面 12 侧开始设置。基于如下表 5 中显示的透镜数据设计图像拾取光学系统 40。

[0129] [表 5]

[0130]

表面	曲率半径	表面间隔	N_d	ν_d
OBJ	29.0646	18.3763		
2	10.6883	0.9376	1.58600	55.0
3	9.7507	9.0608		
4*	7.6427	0.9376	1.53039	55.2
5*	0.7890	1.0730		
孔径光阑	∞	0.1921		
7	5.8843	1.2083	1.72916	54.7
8	-2.3685	0.1875		
9	14.4343	0.5625	1.92286	18.9
10	3.1531	0.1875		
11	5.3173	1.4824	1.72916	54.7
12	-3.7807	0.1875		
13*	2.9814	1.7960	1.53039	55.2
14*	-1.6144	0.2585		
15	∞	0.9376	1.55920	53.9
16	∞	0.0000		
IMG	∞			

[0131] 如表 5 中的表面数栏中通过“*”所示,第一透镜 L1 的两个表面 S4 和 S5、第五透镜 L5 的两个表面 S13 和 S14 是非球面。表面 S4、S5、S13 和 S14 的圆锥曲线常数 K 和非球面常数 A_i 显示在表 6 中。

[0132] [表 6]

[0133]

表面	K	A ₃	A ₄	A ₅
4	-1.0000	2.8635E-01	-1.3493E-01	-5.5162E-02
5	-1.0000	1.3048E-01	1.2018E+00	-1.9042E+00
13	-1.0000	2.6955E-02	3.1178E-02	-2.7344E-02
14	-1.0000	3.4708E-01	5.3036E-02	-5.8731E-02

表面	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉
4	-4.7267E-03	7.8112E-03	5.4810E-03	2.1856E-03
5	-3.8642E+00	7.2601E+00	6.0466E+00	-2.1930E+01
13	5.9775E-03	3.4712E-03	-3.7983E-04	-7.2378E-04
14	-3.0082E-02	-5.3533E-03	2.1681E-03	2.3301E-03

表面	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃
4	4.3373E-04	-1.4517E-04	-2.2093E-04	-3.0188E-04
5	1.8094E+01	-1.9584E+00	-5.7833E+00	3.2192E+00
13	-2.2372E-04	-1.9247E-05	4.7273E-05	2.9245E-05
14	1.2452E-03	1.0549E-04	-5.5831E-05	-4.4047E-05

表面	A ₁₄	A ₁₅	A ₁₆	A ₁₇
4	-2.2543E-04	2.2081E-04	-2.4064E-05	3.2946E-06
5	-4.4566E-01	-1.6772E-03	7.3712E-16	3.9447E-17
13	1.0991E-05	-2.1717E-06	-2.8377E-06	-1.3897E-06
14	-8.4327E-05	1.5416E-06	8.9907E-06	2.3941E-06

表面	A ₁₈	A ₁₉	A ₂₀
4	-2.8705E-06	2.2033E-08	5.1511E-10
5	9.1388E-11	4.0410E-12	2.1548E-13
13	6.6916E-07	-1.6113E-08	-9.9746E-10
14	-5.3968E-07	-1.1076E-08	-1.1041E-08

[0134] 图 13 显示在图像拾取光学系统 40 中的球面像差、像散和倍率色差。ΔZr 是 0.003, 且 ΔZp 是 0.036。因而, 在图像拾取光学系统 40 中, 最大视角 $2\omega_{\max}$ 是 130° , $\Delta Zr/\Delta Zp$ 是 0.081, 因而图像拾取光学系统 40 不仅在数学表达式 2 的范围内而且在数学表达式

1 的范围内。因此,像场弯曲被充分地校正,并且包括其中央部分和周边部分的整个物体表面 12 是在图像拾取光学系统 40 的景深内。而且,如图 14 所示,

[0135] $(Y(\omega+\Delta\omega)-Y(\omega))/Y(\Delta\omega)$ 在整个半视角 ω 范围内大于 0.7。因此,可以抑制图像中的失真。由此,获得其中图像的中央部分以及其周边部分两者都聚焦的清晰图像,并且即使在图像的周边部分存在器官损害,也可以绝对精确地发现器官损害。

[0136] [实施例 4]

[0137] 如图 15 所示,实施例 4 的图像拾取光学系统 50 包括第一透镜 L1、第二透镜 L2、孔径光阑 S8、第三透镜 L3、第四透镜 L4 和第五透镜 L5,它们以这个顺序从凹形半球面形状的物体表面 12 侧开始设置。第三透镜 L3 和第四透镜 L4 构成层叠透镜。如在上述实施例的情况中一样,图 7 显示透镜数据,图 8 显示非球面的数据,每个非球面用在表面数栏中“*”指示。

[0138] [表 7]

[0139]

表面	曲率半径	表面间隔	N_d	ν_d
OBJ	52.7239	33.3351		
2	19.3888	1.7008	1.58600	55.0
3	17.6880	17.0074		
4*	5.2946	1.5139	1.53159	55.4
5*	0.8891	2.0503		
6*	-5.9555	2.0397	1.63178	23.2
7*	-2.6434	0.1701		
孔径光阑	∞	1.7936		
9	36.1366	0.7325	1.84666	23.8
10	3.4022	2.9713	1.72916	54.7
11	-4.4544	0.1703		
12*	6.2668	2.0450	1.54378	55.7
13*	-2.5715	0.6555		
14	∞	1.7008	1.55920	53.9
15	∞	0.0000		
IMG	∞			

[0140] [表 8]

[0141]

表面	K	A ₃	A ₄	A ₅
4	-1.0000	-1.9923E-02	-4.6538E-03	6.6680E-04
5	-1.0000	-4.5601E-01	4.1102E-01	-7.8056E-02
6	-1.0000	1.8433E-02	-5.1519E-02	3.8602E-03
7	-1.0000	-1.4578E-02	3.2847E-02	-2.7181E-02
12	-1.0000	-1.2298E-02	1.5591E-02	-3.7547E-03
13	-1.0000	5.8994E-02	5.4660E-03	3.1128E-04

表面	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉
4	1.7902E-04	2.1145E-05	-4.1897E-07	-9.0971E-07
5	-7.8055E-02	-6.9739E-03	1.9975E-02	1.0245E-02
6	1.0699E-02	4.0125E-03	-2.9932E-03	-5.0475E-03
7	-2.6759E-03	3.1390E-03	2.2492E-03	1.2013E-04
12	-4.0691E-05	1.2236E-04	1.3086E-05	-1.5159E-06
13	-2.8313E-04	-8.3211E-05	-1.3140E-05	-4.5317E-06

表面	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃
4	-2.6137E-07	-4.7619E-08	-3.7807E-09	1.2921E-09

[0142]

5	-2.2268E-03	-4.5038E-03	1.2009E-03	2.2592E-04
6	1.1318E-03	1.1407E-03	-9.8276E-05	-1.2913E-04
7	1.0143E-04	-2.6607E-04	-3.5757E-04	1.9831E-04
12	-9.8995E-07	-3.2232E-07	-2.8262E-08	7.9296E-10
13	9.4782E-07	1.3032E-07	2.5212E-08	1.3574E-08

表面	A ₁₄	A ₁₅	A ₁₆	A ₁₇
4	6.5989E-10	1.6005E-10	7.2856E-12	-9.4053E-12
5	-6.8325E-05	-4.2745E-07	1.1389E-11	2.8595E-21
6	2.0647E-05	1.0009E-06	-8.0772E-10	2.0205E-11
7	-8.7066E-06	-3.7052E-07	-8.2954E-08	-4.9366E-10
12	6.6772E-09	2.3977E-09	-1.0292E-09	1.2059E-10
13	-2.3294E-08	8.1870E-09	-2.7203E-09	4.2447E-10

表面	A ₁₈	A ₁₉	A ₂₀
4	-1.4375E-12	2.9615E-13	6.5820E-16
5	-2.6919E-19	-1.0516E-18	-3.0915E-20
6	9.9243E-20	1.8830E-21	5.5361E-23
7	1.4436E-12	-2.0632E-24	8.5817E-23
12	-3.6749E-12	-5.1734E-13	-1.1508E-14
13	8.4678E-12	-1.3572E-13	-1.3446E-13

[0143] 图 16 显示在图像拾取光学系统 50 中的球面像差、像散和倍率色差。图像拾取光学系统 50 的最大视角 $2\omega_{\max}$ 是 125° ， ΔZ_r 是 -0.005 ， ΔZ_p 是 0.018 ，且 $\Delta Z_r/\Delta Z_p$ 是 -0.279 ，其不仅在数学表达式 2 的范围内而且在数学表达式 1 的范围内。因此，像场弯曲被充分地校正，并且包括其中央部分和周边部分的整个物体表面 12 在图像拾取光学系统 50 的景深内。由此，获得其中图像的中央部分以及其周边部分两者都聚焦的清晰图像，并且即使在图像的周边部分存在器官损害，也可以绝对精确地发现器官损害。而且，如图 17 所示， $(Y(\omega+\Delta\omega)-Y(\omega))/Y(\Delta\omega)$ 大于 0.7 。因此，图像拾取光学系统 50 满足数学表达式 3 的条件，并且可以连续地抑制在图像的周边部分中的失真。

[0144] [实施例 5]

[0145] 如图 18 显示实施例 5 的图像拾取光学系统 60 的配置。如在上述实施例的情况中一样，表 9 显示透镜数据，表 10 显示分别由表面数字 S4、S5、S11 和 S12 指示的非球面的数据。图 19 显示球面像差、像散以及倍率色差。

[0146] [表 9]

[0147]

表面	曲率半径	表面间隔	N_d	v_d
OBJ	29.0057	16.9570		
2	10.2579	1.4971	1.57500	32.2
3	8.7517	5.8627		
4*	21.0846	1.1291	1.53039	55.2
5*	1.2635	1.2642		
孔径光阑	∞	0.3829		
7	-21.3026	2.1301	1.80400	46.6
8	-3.0244	0.1873		
9	7.5453	1.4255	1.80400	46.6
10	-7.1995	0.1865		
11*	2.6921	1.5813	1.53039	55.2
12*	-4.0858	0.1806		
13	∞	1.0199	1.55920	53.9
14	∞	0.0000		
IMG	∞			

[0148] [表 10]

[0149]

表面	K	A_3	A_4	A_5
4	-1.0000	1.1806E-03	6.0847E-04	1.1648E-04
5	-1.0000	3.0189E-02	2.9023E-02	-1.1704E-03

[0150]

11	-1.0000	6.2958E-03	-6.0490E-03	3.8647E-03
12	-1.0000	4.0413E-02	1.1306E-02	2.8963E-03

表面	A_6	A_7	A_8	A_9
4	1.1526E-05	-3.1849E-07	-5.5674E-07	-1.9003E-07
5	-1.1450E-04	3.8652E-03	4.5996E-03	3.2054E-03
11	1.3835E-03	9.1107E-05	-1.2677E-04	-7.7351E-05
12	1.6035E-03	9.4610E-04	4.0676E-04	9.5714E-05

表面	A_{10}	A_{11}	A_{12}	A_{13}
4	-4.4059E-08	-6.2540E-09	3.8526E-10	6.0256E-10
5	1.5331E-03	4.4516E-04	-5.1892E-05	-2.0610E-04
11	-2.3361E-05	-8.6265E-08	5.3226E-06	4.3320E-06
12	-3.5343E-05	-6.5696E-05	-5.5364E-05	-3.5172E-05

表面	A_{14}	A_{15}	A_{16}	A_{17}
4	1.8528E-10	1.0491E-11	-3.7667E-12	-6.3129E-13
5	-2.1831E-04	-1.9444E-04	-3.3983E-05	-2.3424E-07
11	2.3286E-06	8.4037E-07	3.8252E-08	-2.8889E-07
12	-1.7641E-05	-5.8258E-06	8.5904E-07	3.9596E-06

表面	A_{18}	A_{19}	A_{20}
4	-1.3027E-13	-2.5007E-15	3.8559E-15
5	-1.2454E-07	0.0000E+00	3.9978E-20
11	-3.6116E-07	-1.7141E-08	0.0000E+00
12	1.5778E-07	0.0000E+00	0.0000E+00

[0151] 实施例 5 的图像拾取光学系统 60 的最大视角为 170° 。 ΔZ_r 是 -0.018 ， ΔZ_p 是 0.202 ， $\Delta Z_r / \Delta Z_p$ 是 -0.088 ，其不仅在数学表达式 2 的范围内而且在数学表达式 1 的范围内。此外，如图 20 所示，

[0152] $(Y(\omega + \Delta \omega) - Y(\omega)) / Y(\Delta \omega)$ 在整个半视角 ω 范围内大于 0.7 。因此，图像拾取光学系统 60 也满足数学表达式 3 的条件，并且包括其中央部分和周边部分的整个物体表面 12 连续地在景深内。因此，图像的周边部分不会失真太多，并能连续地执行图像形成。

[0153] [实施例 6]

[0154] 图 21 显示实施例 6 的图像拾取光学系统 70 的配置。如在上述实施例的情况中一样,表 11 显示透镜数据,表 12 显示非球面的数据。图 22 显示球面像差、像散以及倍率色差。

[0155] [表 11]

[0156]

表面	曲率半径	表面间隔	N_d	ν_d
OBJ	39.2626	25.3307		
2	13.9319	1.2665	1.57500	32.2
3	12.6654	12.6653		
4*	2.3143	0.7599	1.53039	55.2
5*	0.5932	2.0895		
6*	3.7646	1.8364	1.63178	23.2
7*	-2.8294	0.2100		
孔径光阑	∞	0.4150		
9*	-4.2953	1.1591	1.54378	55.7
10*	-1.5655	0.2027		
11*	4.4560	1.0850	1.54378	55.7
12*	95.9486	0.3752		
13	∞	1.3805	1.55920	53.9
14	∞	0.0000		
IMG	∞			

[0157] [表 12]

[0158]

表面	K	A ₃	A ₄	A ₅
4	-1.0000	-8.5871E-02	3.6445E-03	1.6849E-03
5	-1.0000	-2.4983E-01	1.3210E-01	-4.5289E-02
6	-1.0000	-5.7657E-02	1.2495E-01	-1.7895E-01
7	-1.0000	-3.3529E-02	9.7090E-02	-5.4465E-02
9	-1.0000	-2.7838E-02	2.9039E-02	-4.5048E-01
10	-1.0000	-3.3155E-03	-8.1172E-02	-4.8750E-02
11	-1.0000	4.7961E-02	-1.4179E-01	7.9568E-03
12	-1.0000	3.2245E-03	1.5838E-01	-1.3194E-01

表面	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉
4	1.6308E-04	-2.0561E-06	-1.1407E-05	-1.8690E-06
5	-2.1206E-02	-1.7203E-04	2.9919E-03	1.5663E-03
6	3.8306E-02	4.4622E-02	-4.6028E-03	-1.4659E-02
7	-3.0452E-01	3.3397E-01	2.1034E-01	-2.5540E-01
9	6.8552E-01	5.8352E-01	-3.0561E+00	3.5528E+00
10	4.4822E-02	5.9125E-02	8.2984E-03	-4.6437E-02
11	6.7049E-02	-1.6987E-02	-1.5855E-02	5.6036E-03
12	-3.4618E-02	2.5025E-02	9.9375E-03	-1.0946E-04

表面	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃
4	-2.1800E-07	1.0283E-08	1.9658E-08	5.3521E-09
5	6.2289E-04	5.3536E-05	-1.2433E-04	-1.0725E-04
6	-1.4456E-03	3.2012E-04	-9.3419E-04	1.9888E-03
7	-2.9877E-01	4.3697E-01	-1.6450E-01	1.0304E-02
9	-1.7717E+00	4.2167E-01	1.3244E-01	-1.7521E-01
10	-3.7424E-03	-2.0677E-03	5.1690E-03	7.3802E-03
11	4.9723E-03	-7.0489E-05	-4.5512E-03	6.8068E-04
12	-4.5074E-04	-7.6467E-04	-5.7872E-04	-3.4936E-04

表面	A ₁₄	A ₁₅	A ₁₆	A ₁₇
4	1.2238E-09	2.2572E-10	-7.3024E-11	-2.8805E-11

[0159]

5	-1.6269E-05	9.5627E-06	1.5117E-06	8.4478E-07
6	8.0085E-05	-2.4483E-04	-1.0633E-05	-9.7077E-09
7	3.2493E-03	1.2928E-05	3.2298E-07	-3.3168E-12
9	1.4012E-02	-1.4045E-12	-1.7871E-10	-7.0560E-12
10	-3.1672E-03	-5.5248E-06	-7.5648E-15	-7.0484E-12
11	1.1477E-03	-3.2732E-04	-1.8090E-07	5.6683E-11
12	3.4843E-04	2.0644E-05	-2.0835E-05	1.5389E-11

表面

	A_{18}	A_{19}	A_{20}
4	-6.2984E-12	1.5460E-13	4.2817E-13
5	7.9212E-10	-1.9263E-15	-1.8374E-20
6	1.2517E-13	4.6920E-14	1.8045E-18
7	-2.8899E-13	-1.0982E-14	-4.3186E-16
9	-2.7740E-13	-1.0951E-14	-4.3233E-16
10	-2.7852E-13	-1.0997E-14	-4.3233E-16
11	-1.1790E-17	-4.6543E-19	-4.2827E-19
12	-1.1790E-17	-4.6543E-19	-4.3366E-16

[0160] 在图像拾取光学系统 70 中,其中最大视角为 170° 。 ΔZ_r 是 -0.015 , ΔZ_p 是 0.186 , $\Delta Z_r/\Delta Z_p$ 是 -0.080 。因而,图像拾取光学系统 70 不仅在数学表达式 2 的范围内而且在数学表达式 1 的范围内。此外,如图 23 所示, $(Y(\omega+\Delta\omega)-Y(\omega))/Y(\Delta\omega)$ 大于 0.7 。因此,图像拾取光学系统 70 也满足数学表达式 3 的条件,并且包括其中央部分和周边部分的整个物体表面 12 连续地景深内。因此,图像的周边部分不会失真太多,并能够连续地执行图像形成。

[0161] [实施例 7]

[0162] 图 24 显示实施例 7 的图像拾取光学系统 80 的配置。如在上述实施例的情况中一样,表 13 显示透镜数据,表 14 显示非球面的数据。图 25 显示球面像差、像散以及倍率色差。

[0163] [表 13]

[0164]

$f = 1.0$ $Fno = 2.0$ $2\omega_{max} = 150^\circ$

表面	曲率半径	表面间隔	N_d	ν_d
OBJ	31.0156	20.0101		
2	11.0055	1.0005	1.57500	32.2
3	10.0050	9.8197		
4*	7.1731	0.6003	1.63000	60.0
5*	1.5111	2.5494		
6*	1.9237	1.1366	1.62357	35.6
7*	-3.1228	0.0243		
孔径光阑	∞	0.2293		
9*	-0.8388	0.7189	1.63000	60.0
10*	-0.7951	0.2032		
11*	2.1379	0.6093	1.55906	62.7
12*	2.6310	0.3509		
13	∞	1.0906	1.55920	53.9
14	∞	0.0000		
IMG	∞			

[0165] [表 14]

[0166]

表面	K	A_3	A_4	A_5
4	-1.0000	0.0000E+00	-1.6851E-03	0.0000E+00
5	-1.0000	0.0000E+00	6.6842E-03	0.0000E+00
6	-1.0000	0.0000E+00	7.0290E-02	0.0000E+00
7	-1.0000	0.0000E+00	-9.3884E-02	0.0000E+00
9	-1.0000	0.0000E+00	-4.8665E-01	0.0000E+00
10	-1.0000	0.0000E+00	-5.1686E-02	0.0000E+00
11	-1.0000	0.0000E+00	-1.6545E-02	0.0000E+00
12	-1.0000	0.0000E+00	-1.0026E-01	0.0000E+00

表面	A_6	A_7	A_8	A_9
----	-------	-------	-------	-------

[0167]

4	-1.4277E-04	0.0000E+00	-6.6804E-06	0.0000E+00
5	6.1982E-04	0.0000E+00	-5.5435E-04	0.0000E+00
6	-2.1519E-01	0.0000E+00	4.8451E-01	0.0000E+00
7	-2.1391E-01	0.0000E+00	5.5458E-01	0.0000E+00
9	-3.5296E-01	0.0000E+00	1.4686E+00	0.0000E+00
10	-1.0823E-01	0.0000E+00	6.7602E-02	0.0000E+00
11	-2.4301E-02	0.0000E+00	2.1117E-03	0.0000E+00
12	-7.6680E-03	0.0000E+00	-4.4835E-03	0.0000E+00

表面	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃
4	-5.9563E-08	0.0000E+00	7.1999E-08	0.0000E+00
5	4.1171E-05	0.0000E+00	-1.5114E-06	0.0000E+00
6	-5.5780E-01	0.0000E+00	1.6068E-01	0.0000E+00
7	-4.5109E-01	0.0000E+00	9.4952E-02	0.0000E+00
9	-7.3422E-01	0.0000E+00	5.4092E-01	0.0000E+00
10	-2.6969E-01	0.0000E+00	3.2478E-01	0.0000E+00
11	2.2571E-03	0.0000E+00	-1.7515E-03	0.0000E+00
12	1.2691E-03	0.0000E+00	-2.2466E-04	0.0000E+00

表面	A ₁₄	A ₁₅	A ₁₆	A ₁₇
4	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
5	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
6	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
7	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
9	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
10	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
11	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
12	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

表面	A ₁₈	A ₁₉	A ₂₀
----	-----------------	-----------------	-----------------

[0168]

4	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
5	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
6	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
7	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
9	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
10	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
11	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
12	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

[0169] 在图像拾取光学系统 80 中,其中最大视角为 150° 。 ΔZ_r 是 0.010, ΔZ_p 是 0.075, $\Delta Z_r/\Delta Z_p$ 是 0.128。因而,图像拾取光学系统 80 不仅在数学表达式 2 的范围内而且在数学表达式 1 的范围内。此外,如图 26 所示, $(Y(\omega + \Delta \omega) - Y(\omega))/Y(\Delta \omega)$ 大于 0.7。因此,图像拾取光学系统 80 也满足数学表达式 3 的条件,并且包括其中央部分和周边部分的整个物体表面 12 连续地在景深内。因此,图像的周边部分不会失真太多,并能够连续地执行图像形成。

[0170] [实施例 8]

[0171] 图 27 显示实施例 8 的图像拾取光学系统 90 的配置。如在上述实施例的情况中一样,表 15 显示透镜数据,表 16 显示非球面的数据。图 28 显示球面像差、像散以及倍率色差。

[0172] [表 15]

[0173]

$f = 1.0$ $Fno = 2.0$ $2\omega_{max} = 170^\circ$				
表面	曲率半径	表面间隔	N_d	V_d
OBJ	52.3393	33.7673		
2	18.5720	1.6884	1.58600	55.0
3	16.8836	16.8837		
4*	2.0691	1.0130	1.53039	55.2
5*	0.7157	4.2191		
孔径光阑	∞	0.3312		
7*	5.9517	1.1875	1.63178	23.2

[0174]

8*	7.6999	0.4004		
9*	2.1836	2.0415	1.54378	55.7
10*	-13.7488	0.3339		
11*	-15.8602	1.6064	1.54378	55.7
12*	-1.4551	0.4670		
13	∞	1.8403	1.55920	53.9
14	∞	0.0000		
IMG	∞			

[0175] [表 16]

[0176]

表面	K	A ₃	A ₄	A ₅
4	-1.0000	-3.5700E-02	-3.1703E-03	-3.2383E-04
5	-1.0000	-4.4213E-01	2.8306E-01	-7.1316E-02
7	-1.0000	-2.3697E-02	-1.7459E-01	6.7293E-01
8	-1.0000	1.9655E-03	-2.4355E-01	-1.7837E-02
9	-1.0000	-6.2772E-02	3.1543E-02	-2.4815E-01
10	-1.0000	-1.1759E-01	3.8284E-02	-3.0955E-02
11	-1.0000	5.1705E-02	-6.7555E-02	3.7561E-03
12	-1.0000	2.6587E-01	3.9872E-02	-5.5335E-02

表面	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉
4	-4.8301E-05	-1.8810E-06	5.7872E-06	3.0860E-06
5	-2.6700E-02	4.0634E-03	7.3417E-03	1.9461E-03
7	-6.9440E-01	-3.9297E-01	8.4036E-01	5.9985E-02
8	5.0926E-01	-4.4819E-01	-8.2505E-02	2.4562E-01
9	-1.0694E-01	6.2314E-01	-2.1044E-01	-5.0565E-01
10	-5.3022E-04	1.1277E-02	4.8678E-04	-1.9928E-03
11	1.7082E-02	-2.6104E-03	-1.9276E-03	6.3326E-04
12	-1.0392E-02	4.7938E-03	1.6785E-03	1.3692E-04

[0177]

表面	A_{10}	A_{11}	A_{12}	A_{13}
4	1.1347E-06	1.5734E-07	-9.2745E-08	-6.6930E-08
5	-3.4371E-03	1.0520E-03	-1.5511E-04	3.3157E-05
7	-4.9133E-01	1.9195E-01	-1.4455E-02	3.3205E-04
8	-9.0588E-02	7.7982E-03	1.1247E-04	-7.9737E-05
9	4.8359E-01	-1.5089E-01	1.5231E-02	-9.7760E-04
10	5.7040E-04	-3.6120E-04	-2.3859E-04	2.5806E-04
11	3.9993E-04	9.4593E-06	-1.9412E-04	1.7265E-05
12	4.2750E-06	-3.9195E-05	-2.7301E-05	-1.3288E-05

表面	A_{14}	A_{15}	A_{16}	A_{17}
4	1.4174E-08	-3.6178E-10	4.9531E-10	-6.9814E-11
5	-6.6938E-06	2.1328E-07	2.3416E-08	6.3586E-09
7	1.1280E-05	-4.3752E-06	-1.4254E-07	-9.7621E-11
8	7.4969E-05	2.3102E-07	4.3296E-09	-3.3337E-14
9	3.7414E-04	-2.5098E-14	-2.3957E-12	-7.0940E-14
10	-5.1325E-05	5.8702E-07	-1.2963E-12	-7.0879E-14
11	2.3622E-05	-4.6939E-06	3.1130E-08	5.6029E-13
12	7.5612E-06	5.7693E-07	-3.0597E-07	-1.3901E-10

表面	A_{18}	A_{19}	A_{20}
4	-1.4761E-11	1.7343E-12	6.5058E-14
5	5.9754E-12	-1.0901E-17	2.8332E-20
7	9.7661E-16	2.6648E-16	3.6479E-20
8	-2.1795E-15	-6.1172E-17	-1.8044E-18
9	-2.0921E-15	-6.0998E-17	-1.8064E-18
10	-2.1010E-15	-6.2229E-17	-1.8064E-18
11	-2.8777E-15	-2.6338E-21	-1.8180E-21
12	-6.8780E-15	-2.6338E-21	-1.8409E-18

[0178] 在图像拾取光学系统 90 中,其中最大视角为 170° 。 ΔZr 是 -0.031 ,和 ΔZp 是 0.133 。 $\Delta Zr/\Delta Zp$ 是 -0.235 ,其在数学表达式 1 和 2 的范围内。此外,如图 29 所示,

$(Y(\omega + \Delta \omega) - Y(\omega)) / Y(\Delta \omega)$ 大于 0.7。因此,图像拾取光学系统 90 也满足数学表达式 3 的条件,并且包括其中央部分和周边部分的整个物体表面 12 连续地在景深内。因此,图像的周边部分不会失真太多,并能够连续地执行图像形成。

[0179] [实施例 9]

[0180] 图 30 显示实施例 9 的图像拾取光学系统 100 的配置。如在上述实施例的情况中一样,表 17 显示透镜数据,表 18 显示非球面的数据。图 31 显示球面像差、像散以及倍率色差。

[0181] [表 17]

[0182]

表面	曲率半径	表面间隔	N_d	ν_d
OBJ	35.6520	22.5413		
2	13.1108	1.1501	1.58600	55.0
3	11.9607	9.5059		
4*	-35.5208	1.1501	1.53039	55.2
5*	0.8801	0.7764		
孔径光阑	∞	0.2300		
7	33.8004	2.2672	1.74320	49.3
8	-2.5557	0.2300		
9	8.6484	0.6900	1.92286	18.9
10	2.5557	2.3001	1.72916	54.7
11	-11.8213	0.2300		
12*	3.8788	2.3001	1.53039	55.2
13*	-1.3291	0.3245		
14	∞	1.1501	1.55920	53.9
15	∞	0.0000		
IMG	∞			

[0183] [表 18]

[0184]

表面	K	A ₃	A ₄	A ₅
4	-1.0000	5.5091E-02	-2.7558E-02	-2.1981E-03
5	-1.0000	-3.4084E-01	1.6403E+00	-2.0923E+00
12	-1.0000	-1.2527E-02	2.7986E-02	-1.2837E-02
13	-1.0000	1.0704E-01	4.6420E-02	-8.9891E-03

表面	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉
4	4.7034E-04	4.6228E-04	2.6092E-04	1.1739E-04
5	-1.1442E+00	2.7202E+00	2.1544E+00	-3.8604E+00
12	1.1054E-03	9.1051E-04	1.3628E-05	-7.9323E-05
13	-6.3406E-03	-1.1914E-03	2.5164E-04	3.0147E-04

表面	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃
4	3.7681E-05	4.8817E-06	-6.8767E-06	-1.0520E-05
5	1.3620E+00	-7.4332E-01	1.1473E-01	2.6608E-01
12	-1.9703E-05	-9.1654E-07	3.5337E-06	1.6433E-06
13	1.4918E-04	1.1106E-05	-7.8818E-06	-6.2716E-06

表面	A ₁₄	A ₁₅	A ₁₆	A ₁₇
4	-1.5643E-05	1.1646E-05	-1.7979E-06	-4.9008E-08
5	-1.3595E-02	-9.6052E-05	3.4414E-17	1.5014E-18
12	5.3936E-07	-1.2937E-07	-1.2455E-07	-5.0324E-08
13	-2.5610E-06	-4.8456E-07	1.5747E-07	1.1910E-07

表面	A ₁₈	A ₁₉	A ₂₀
4	1.9276E-08	5.3897E-10	1.0622E-11
5	-8.6529E-15	-1.5707E-15	-6.8715E-17
12	2.1537E-08	-2.3263E-10	-1.9503E-11
13	7.2352E-09	-2.8018E-10	-2.2769E-10

[0185] 在图像拾取光学系统 100 中,其中最大视角为 170°。ΔZr 是 0.036, ΔZp 是 0.168,并且 ΔZr/ΔZp 是 0.215,其不仅在数学表达式 2 的范围内而且在数学表达式 1 的范

围内。此外,如图 32 所示, $(Y(\omega + \Delta \omega) - Y(\omega)) / Y(\Delta \omega)$ 大于 0.7。因此,图像拾取光学系统 100 也满足数学表达式 3 的条件,并且包括其中央部分和周边部分的整个物体表面 12 连续地在景深内。因此,图像的周边部分不会失真太多,并能够连续地执行图像形成。

[0186] [实施例 10]

[0187] 图 33 显示实施例 10 的图像拾取光学系统 110 的配置。如在上述实施例的情况中一样,表 19 显示透镜数据,表 20 显示非球面的数据。图 34 显示球面像差、像散以及倍率色差。

[0188] [表 19]

[0189]

表面	曲率半径	表面间隔	N_d	ν_d
OBJ	42.9914	27.1817		
2	15.8097	1.3868	1.58600	55.0
3	14.4229	13.8681		
4*	-271.3132	1.2463	1.53159	55.4
5*	1.2736	2.1234		
6	5.0379	0.8775	1.84666	23.8
7	-42.2078	0.3893		
孔径光阑	∞	0.5793		
9	-3.2395	0.7814	1.72916	54.7
10	-2.7196	0.1387		
11	10.3913	1.0834	1.72916	54.7
12	-8.5087	0.1387		
13*	4.0002	1.5744	1.54378	55.7
14*	-2.3765	0.4205		
15	∞	1.3868	1.55920	53.9
16	∞	0.0000		
IMG	∞			

[0190] [表 20]

[0191]

表面	K	A ₃	A ₄	A ₅
4	-1.0000	1.1845E-01	-2.6035E-02	-3.9981E-03
5	-1.0000	1.8659E-01	-1.0512E-01	5.6801E-02
13	-1.0000	1.9628E-02	4.5078E-03	4.7745E-03
14	-1.0000	6.2929E-02	1.2675E-01	-4.8654E-02

表面	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉
4	5.0211E-05	1.2748E-04	3.2446E-05	4.9233E-06
5	-1.4380E-02	-1.4481E-02	-2.3922E-03	1.5344E-03
13	-4.8268E-03	-8.8612E-04	4.0639E-04	2.6232E-04
14	-1.2880E-02	9.2601E-04	1.6500E-03	6.0678E-04

表面	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃
4	2.4863E-07	-9.2028E-08	-5.0714E-08	-1.4201E-08
5	1.2218E-03	4.0802E-04	3.4527E-06	-7.6706E-05
13	4.8332E-05	-1.3376E-05	-1.1747E-05	-3.5147E-06
14	7.0560E-05	-5.3653E-05	-3.9547E-05	-9.3269E-06

表面	A ₁₄	A ₁₅	A ₁₆	A ₁₇
4	-2.7915E-09	-3.2091E-10	2.8702E-11	3.8175E-11
5	-4.2800E-05	-8.2857E-07	5.1190E-06	6.7286E-09
13	-1.6990E-07	3.0642E-07	1.4844E-07	-2.6644E-08
14	1.3794E-06	1.6722E-06	3.9199E-07	-1.5382E-07

表面	A ₁₈	A ₁₉	A ₂₀
4	1.0979E-11	1.3070E-12	-6.2270E-13
5	2.6366E-11	3.1970E-12	1.3166E-13
13	2.4159E-11	1.1222E-15	0.0000E+00
14	-9.6897E-24	0.0000E+00	0.0000E+00

[0192] 在图像拾取光学系统 110 中,最大视角为 155° 。 ΔZ_r 是 -0.020 , ΔZ_p 是 0.069 , 并且 $\Delta Z_r/\Delta Z_p$ 是 -0.295 , 其不仅在数学表达式 2 的范围内而且在数学表达式 1 的范围内。

此外,如图 35 所示,

[0193] $(Y(\omega+\Delta\omega)-Y(\omega))/Y(\Delta\omega)$ 大于 0.7。因此,图像拾取光学系统 110 也满足数学表达式 3 的条件,并且包括其中央部分和周边部分的整个物体表面 12 连续地在景深内。因此,可以抑制失真,并能够连续地执行图像形成。

[0194] [实施例 11]

[0195] 图 36 显示实施例 11 的图像拾取光学系统 120 的配置。如在上述实施例的情况中一样,表 21 显示透镜数据,表 22 显示非球面的数据。图 37 显示球面像差、像散以及倍率色差。此外,在图 38 中显示基于

[0196] $(Y(\omega+\Delta\omega)-Y(\omega))/Y(\Delta\omega)$ 的值的说明失真程度的图表。

[0197] [表 21]

[0198]

表面	曲率半径	表面间隔	N_d	ν_d
OBJ	28.2332	19.4022		
2	10.1884	1.4572	1.57500	32.2
3	7.8196	6.2476		
4*	-117.6982	0.3795	1.53039	55.2
5*	1.5604	0.9144		
6*	-3.3005	1.1967	1.53039	55.2
7*	-1.3610	0.0054		
孔径光阑	∞	1.1230		
9*	-4.3483	1.2890	1.53039	55.2
10*	-1.8179	0.1822		
11*	1.8940	1.5094	1.53039	55.2
12*	-4.3858	0.1714		
13	∞	0.9927	1.55920	53.9
14	∞	0.0000		
IMG	∞			

[0199] [表 22]

[0200]

表面	K	A ₃	A ₄	A ₅
4	-1.0000	6.4662E-03	-1.0823E-03	1.2994E-03
5	-1.0000	4.3222E-02	1.2853E-02	5.3203E-03
6	-1.0000	-5.0859E-03	-3.4693E-02	-1.3680E-02
7	-1.0000	5.8988E-03	-1.7335E-02	1.1859E-02
9	-1.0000	2.1280E-02	4.9107E-03	2.8814E-02
10	-1.0000	-2.3316E-02	2.6397E-03	2.5619E-03
11	-1.0000	-2.7029E-02	5.8249E-03	2.6211E-04
12	-1.0000	1.2528E-02	-4.9044E-03	2.6159E-03

表面	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉
4	1.2777E-03	-8.3443E-04	-2.3103E-04	1.5397E-04
5	-5.3685E-03	-3.5806E-03	2.6181E-03	7.1885E-06
6	-3.1221E-02	-4.7545E-03	-3.3105E-03	-6.5527E-06
7	-1.8205E-02	4.2313E-03	-2.8733E-04	1.9037E-06
9	-1.7732E-02	1.3438E-05	-1.4280E-03	3.4946E-04
10	4.5554E-04	-3.3893E-04	-8.8711E-04	-5.6674E-04
11	-3.8849E-03	1.9742E-03	7.5091E-05	-6.1615E-04
12	-5.5300E-04	-7.6048E-04	7.9145E-05	4.1644E-04

表面	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃
4	1.5083E-06	1.3272E-08	3.5637E-10	1.9565E-11
5	2.8852E-07	5.6322E-09	3.1396E-10	1.7236E-11
6	-4.0152E-08	5.7187E-09	3.1396E-10	1.7236E-11
7	1.0417E-07	5.7187E-09	3.1396E-10	1.7236E-11
9	4.5382E-07	5.7187E-09	3.1396E-10	1.7236E-11

[0201]

10	1.5669E-07	5.7187E-09	3.1396E-10	1.7236E-11
11	7.6879E-05	3.0862E-07	3.1680E-10	1.7236E-11
12	1.1190E-04	4.3744E-08	3.1388E-10	1.7236E-11

表面	A ₁₄	A ₁₅	A ₁₆	A ₁₇
4	9.4627E-13	5.1950E-14	2.8521E-15	1.5658E-16
5	9.4627E-13	5.1950E-14	2.8521E-15	1.5658E-16
6	9.4627E-13	5.1950E-14	2.8521E-15	1.5658E-16
7	9.4627E-13	5.1950E-14	2.8521E-15	1.5658E-16
9	9.4627E-13	5.1950E-14	2.8521E-15	1.5658E-16
10	9.4627E-13	5.1950E-14	2.8521E-15	1.5658E-16
11	9.4627E-13	5.1950E-14	2.8521E-15	1.5658E-16
12	9.4627E-13	5.1950E-14	2.8521E-15	1.5658E-16

表面	A ₁₈	A ₁₉	A ₂₀
4	8.5961E-18	4.7193E-19	2.5909E-20
5	8.5961E-18	4.7193E-19	2.5909E-20
6	8.5961E-18	4.7193E-19	2.5909E-20
7	8.5961E-18	4.7193E-19	2.5909E-20
9	8.5961E-18	4.7193E-19	2.5909E-20
10	8.5961E-18	4.7193E-19	2.5909E-20
11	8.5961E-18	4.7193E-19	2.5909E-20
12	8.5961E-18	4.7193E-19	2.5909E-20

[0202] 在图像拾取光学系统 120 中,最大视角为 160° 。 ΔZ_r 是 0.117, ΔZ_p 是 0.119, 并且 $\Delta Z_r/\Delta Z_p$ 是 0.981,其超出数学表达式 1 的范围内。然而,图像拾取光学系统 120 的最大视角 ($2\omega_{\max}$) 至少为 135° ,因此,如果图像拾取光学系统 120 满足数学表达式 2 的条件,则包括其中央部分和周边部分的物体表面 12 的图像可以在景深内。而且,如图 38 所示,

[0203] $(Y(\omega+\Delta\omega)-Y(\omega))/Y(\Delta\omega)$ 大于 0.7。因此,图像拾取光学系统 120 也满足数学表达式 3 的条件,并且能够将失真抑制到可接受的水平。

[0204] [实施例 12]

[0205] 图 39 显示实施例 12 的图像拾取光学系统 130 的配置。如在上述实施例的情况中一样,表 23 显示透镜数据,表 24 显示非球面的数据,和图 40 显示球面像差、像散以及倍率

色差。此外,在图 41 中显示基于

[0206] $(Y(\omega + \Delta \omega) - Y(\omega)) / Y(\Delta \omega)$ 的值说明失真程度的图表。

[0207] [表 23]

[0208]

表面	曲率半径	表面间隔	N_d	ν_d
OBJ	34.3542	22.1640		
2	12.1902	1.1082	1.58600	55.0
3	11.0820	11.0820		
4*	-142.3518	0.6649	1.63178	23.2
5*	0.9780	0.6649		
孔径光阑	∞	0.1108		
7*	2.6830	0.7776	1.63178	23.2
8*	2.1249	0.1108		
9*	0.7361	1.5045	1.49023	57.5
10*	-1.4812	0.1108		
11*	-2.1419	0.7758	1.63178	23.2
12*	-1.2326	0.3369		
13	∞	1.2079	1.55920	53.9
14	∞	0.0000		
IMG	∞			

[0209] [表 24]

[0210]

表面	K	A_3	A_4	A_5
4	-1.0000	2.5557E-01	-7.9966E-02	1.0669E-01
5	-1.0000	-7.5229E-01	4.9965E+00	-8.4921E+00
7	-1.0000	2.4035E-01	-1.6417E+00	4.3919E+00

[0211]

8	-1.0000	-2.6174E-01	-1.8006E-01	-1.2237E+00
9	-1.0000	-9.6486E-01	1.7197E+00	-1.9499E+00
10	-1.0000	-1.5172E-01	1.9389E-01	-1.8857E-01
11	-1.0000	4.4724E-01	-3.6165E-01	-5.8004E-03
12	-1.0000	4.5402E-01	4.0102E-01	-4.3849E-01

表面	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉
4	-9.0104E-02	-1.0062E-01	-2.0955E-02	3.4790E-02
5	3.2770E+00	2.1598E+00	-1.5407E+00	6.4680E-01
7	-4.3015E+00	-5.5651E+00	1.3940E+01	5.9263E-01
8	5.1226E+00	-5.5367E+00	-2.0503E+00	6.9866E+00
9	-2.8688E+00	9.6102E+00	-2.8151E+00	-1.5372E+01
10	9.4593E-02	1.7075E-01	-3.3295E-02	-9.7080E-02
11	1.2899E-01	-3.5795E-02	-4.1157E-02	2.9275E-02
12	-1.4621E-01	7.8715E-02	5.8889E-02	1.3945E-02

表面	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃
4	4.0433E-02	1.5542E-02	-1.0541E-02	-1.7026E-02
5	2.7222E+00	-3.8597E+00	2.9405E-01	6.1719E-01
7	-2.0418E+01	1.6047E+01	-1.9003E+00	-1.4448E+00
8	-3.8309E+00	6.5949E-01	-2.6596E-02	-5.8372E-02
9	2.0573E+01	-1.0293E+01	1.8423E+00	6.0120E-02
10	1.7761E-02	-1.5813E-02	-1.4972E-02	4.7029E-02
11	2.4140E-02	-7.6758E-04	-2.2347E-02	1.9912E-03
12	-2.5645E-03	-8.0562E-03	-5.4726E-03	-1.4975E-03

表面	A ₁₄	A ₁₅	A ₁₆	A ₁₇
4	3.2111E-03	2.0588E-03	3.2114E-05	-3.5101E-08
5	1.3215E-02	8.3660E-05	1.2917E-05	5.3212E-06
7	2.6873E-03	-1.5880E-03	-7.8824E-05	-8.2243E-08

[0212]

8	2.9629E-02	8.3852E-05	2.3942E-06	-2.8086E-11
9	-2.5181E-02	8.9775E-05	-1.3247E-09	-5.9765E-11
10	-1.8587E-02	7.3900E-04	-5.6077E-14	-5.9713E-11
11	6.1478E-03	-1.7187E-03	4.4605E-05	4.8021E-10
12	3.3380E-03	-1.3232E-04	-2.1244E-04	-1.1737E-07

表面	A ₁₈	A ₁₉	A ₂₀
4	-1.7829E-08	3.4054E-09	2.0020E-10
5	7.8094E-09	-6.0477E-15	7.7327E-16
7	1.6316E-12	5.3637E-13	7.9755E-16
8	-2.7975E-12	-1.1963E-13	-4.6868E-15
9	-2.6853E-12	-1.1928E-13	-4.6928E-15
10	-2.6967E-12	-1.2169E-13	-5.3817E-15
11	-1.1415E-16	-5.1503E-18	-5.4162E-18
12	-1.1415E-16	-5.1503E-18	-5.4843E-15

[0213] 在图像拾取光学系统 130 中,最大视角为 150°, ΔZ_r 为 0.078, ΔZ_p 为 0.069, $\Delta Z_r/\Delta Z_p$ 是 1.120。由于图像拾取光学系统的 130 的最大视角至少为 135°, 其足以满足数学表达式 2 的条件。因此,包括其中央部分和周边部分的物体表面 12 的图像可以在景深内。此外,如图 41 所示,

[0214] $(Y(\omega+\Delta\omega)-Y(\omega))/Y(\Delta\omega)$ 大于 0.7。因此,图像拾取光学系统 130 也满足数学表达式 3 的条件,并且能够将失真抑制到可接受的水平。

[0215] [实施例 13]

[0216] 图 42 显示实施例 13 的图像拾取光学系统 140 的配置。如在上述实施例的情况中一样,表 25 显示透镜数据,表 26 显示非球面的数据,和图 43 显示球面像差、像散以及倍率色差。此外,在图 44 中显示基于

[0217] $(Y(\omega+\Delta\omega)-Y(\omega))/Y(\Delta\omega)$ 的值说明失真程度的图表。

[0218] [表 25]

[0219]

$$f = 1.0 \quad Fno = 1.4 \quad 2\omega_{max} = 140^\circ$$

表面	曲率半径	表面间隔	N _d	v _d
----	------	------	----------------	----------------

[0220]

OBJ	46.6412	29.4893		
2	17.1519	1.5046	1.58600	55.0
3	15.6474	15.0454		
4*	5.6650	1.3154	1.53039	55.2
5*	0.9640	1.9412		
6	-2.5360	1.2129	1.83481	42.7
7	-3.1101	0.3722		
孔径光阑	∞	0.1505		
9	4.8912	0.8689	1.84666	23.8
10	2.8994	1.6847	1.72916	54.7
11	-10.9280	0.8151		
12*	3.9733	2.5848	1.53039	55.2
13*	-1.6180	0.5921		
14	∞	1.5046	1.55920	53.9
15	∞	0.0000		
IMG	∞			

[0221] [表 26]

[0222]

表面	K	A ₃	A ₄	A ₅
4	-1.0000	2.4676E-02	-8.1846E-03	-7.7721E-04
5	-1.0000	-4.4807E-01	6.1677E-01	-2.1560E-01
12	-1.0000	-2.2403E-02	1.5209E-02	-3.2990E-03
13	-1.0000	7.7484E-02	8.8811E-03	-1.2276E-03

表面	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉
4	-3.9881E-05	1.4596E-05	8.1674E-06	2.8924E-06
5	-1.8633E-01	1.0018E-01	8.1013E-02	-9.0741E-02
12	-1.8254E-04	2.2860E-05	-2.9215E-05	1.1397E-07
13	-4.5699E-04	-9.8416E-05	-7.8836E-05	-2.8019E-05

[0223]

表面	A_{10}	A_{11}	A_{12}	A_{13}
4	7.3839E-07	1.2637E-07	-1.4413E-08	-3.0817E-08
5	4.0095E-02	-9.4795E-03	1.7820E-04	3.5069E-04
12	4.9438E-06	-3.8706E-06	-1.8050E-06	1.4052E-07
13	-2.4746E-06	-1.0287E-06	6.2823E-08	-3.9567E-08

表面	A_{14}	A_{15}	A_{16}	A_{17}
4	-3.1909E-08	1.4808E-08	-1.5122E-09	-5.6318E-11
5	-2.3948E-05	-2.0663E-07	8.0736E-11	1.0538E-21
12	-2.7694E-07	1.3671E-07	-1.1583E-10	6.3221E-11
13	1.3990E-07	6.4277E-08	-1.4935E-08	-6.0131E-12

表面	A_{18}	A_{19}	A_{20}
4	8.5521E-12	3.5661E-13	-5.1576E-15
5	-2.6589E-18	-2.9992E-19	-8.1304E-21
12	7.8895E-12	-5.3503E-14	-2.3142E-15
13	2.0056E-12	-1.8060E-13	-2.7019E-14

[0224] 在图像拾取光学系统 140 中, ΔZ_r 是 -0.036、 ΔZ_p 为 0.034、 $\Delta Z_r / \Delta Z_p$ 是 -1.048。由于图像拾取光学系统 140 的最大视角 ($2\max \omega$) 为 140° , 其足以满足数学表达式 2 的条件。因此, 包括其中中央部分和周边部分的物体表面 12 的图像可以在景深内。此外, 如图 44 所示,

[0225] $(Y(\omega + \Delta \omega) - Y(\omega)) / Y(\Delta \omega)$ 大于 0.7。因此, 图像拾取光学系统 140 也满足数学表达式 3 的条件, 并且虽然可能在周边部分中出现失真, 但能够将失真抑制到可接受的水平。

[0226] [实施例 14]

[0227] 图 45 显示实施例 14 的图像拾取光学系统 150 的配置。如在上述实施例的情况中一样, 表 27 显示透镜数据, 表 28 显示非球面的数据, 图 46 显示球面像差、像散以及倍率色差。此外, 在图 47 中显示基于

[0228] $(Y(\omega + \Delta \omega) - Y(\omega)) / Y(\Delta \omega)$ 的值说明失真程度的图表。

[0229] [表 27]

[0230]

f = 1.0 Fno = 2.0 2 ω max = 150°				
表面	曲率半径	表面间隔	N _d	v _d
OBJ	39.1116	24.7286		
2	14.3830	1.2617	1.58600	55.0
3	13.1213	12.6165		
4*	2.5983	0.7570	1.53039	55.2
5*	0.6700	1.7472		
6*	3.8888	1.4805	1.65112	20.8
7*	-4.2960	0.2581		
孔径光阑	∞	0.5254		
9*	-2.5149	0.9367	1.54378	55.7
10*	-1.4944	0.1713		
11*	3.0622	1.6348	1.54378	55.7
12*	-3.3309	0.3740		
13	∞	1.2617	1.55920	53.9
14	∞	0.0000		
IMG	∞			

[0231] [表 28]

[0232]

表面	K	A ₃	A ₄	A ₅
4	-1.0000	-7.0949E-02	2.6436E-03	1.1982E-03
5	-1.0000	-1.9524E-01	1.0890E-01	-3.1541E-02
6	-1.0000	-4.6955E-02	1.0027E-01	-1.2395E-01
7	-1.0000	-2.8435E-02	1.0106E-01	-9.8759E-02
9	-1.0000	-3.8830E-02	5.8665E-02	-3.3679E-01
10	-1.0000	2.1049E-02	-9.8121E-02	-5.2708E-02
11	-1.0000	5.0913E-02	-1.1043E-01	6.2833E-03
12	-1.0000	2.0349E-02	1.2216E-01	-9.1841E-02

[0233]

表面	A_6	A_7	A_8	A_9
4	1.0817E-04	-7.4701E-07	-6.1587E-06	-9.4155E-07
5	-1.4199E-02	-5.0886E-04	1.4185E-03	6.6602E-04
6	2.6934E-02	2.7848E-02	-4.3172E-03	-6.9136E-03
7	-1.4502E-01	1.6489E-01	1.1418E-01	-9.6373E-02
9	4.0474E-01	3.4398E-01	-1.6802E+00	1.9344E+00
10	2.3560E-02	3.2595E-02	9.5777E-03	-1.9910E-02
11	4.4177E-02	-9.8649E-03	-8.5029E-03	2.9868E-03
12	-2.1712E-02	1.5465E-02	5.7070E-03	4.9041E-05

表面	A_{10}	A_{11}	A_{12}	A_{13}
4	-9.8605E-08	4.1903E-09	7.0984E-09	1.8698E-09
5	2.4417E-04	1.1144E-06	-5.1744E-05	-3.5573E-05
6	-2.1159E-03	3.3713E-04	-2.8675E-04	5.1859E-04
7	-1.7127E-01	1.9418E-01	-5.8590E-02	1.4298E-03
9	-1.0255E+00	2.9017E-01	4.2899E-02	-6.2657E-02
10	3.1645E-04	1.2392E-03	2.9498E-03	1.8471E-03
11	2.3984E-03	5.4571E-06	-1.7626E-03	2.4514E-04
12	-1.6938E-04	-3.2234E-04	-2.2391E-04	-1.2641E-04

表面	A_{14}	A_{15}	A_{16}	A_{17}
4	2.0378E-10	6.9033E-11	-2.2709E-11	-6.6762E-12
5	2.4435E-07	3.8157E-06	3.9818E-07	2.1441E-07
6	1.9055E-04	-7.4627E-05	-2.9403E-06	-2.4613E-09
7	1.0553E-03	3.8930E-06	8.9134E-08	-7.7981E-11
9	4.5990E-03	8.6106E-10	-4.9416E-11	-1.7909E-12
10	-1.0435E-03	-1.6559E-06	-1.4093E-10	-1.7889E-12
11	3.7410E-04	-1.0246E-04	-6.2740E-08	1.1976E-11
12	1.1258E-04	5.0652E-06	-6.0662E-06	-1.0767E-09

[0234]

表面	A ₁₈	A ₁₉	A ₂₀
4	-2.8483E-12	1.4725E-13	2.6989E-13
5	1.8432E-10	-5.9132E-14	-3.6062E-21
6	3.6838E-14	-2.2143E-14	3.5417E-19
7	-6.7323E-14	-2.3482E-15	-8.4759E-17
9	-6.4623E-14	-2.7919E-15	-1.0149E-16
10	-6.4884E-14	-2.3514E-15	-8.4851E-17
11	-3.0546E-13	-7.0885E-14	9.3052E-16
12	2.8315E-13	-7.3306E-15	-2.7237E-15

[0235] 在图像拾取光学系统 150 中, ΔZ_r 是 -0.034, ΔZ_p 是 0.060, $\Delta Z_r / \Delta Z_p$ 是 -0.566。由于图像拾取光学系统 150 的最大视角 ($2\omega_{\max}$) 是 150° , 其足以满足数学表达式 2 的条件。因此, 包括其中央部分和周边部分的物体表面 12 的图像可以在景深内。此外, 如图 47 所示,

[0236] $(Y(\omega + \Delta\omega) - Y(\omega)) / Y(\Delta\omega)$ 大于 0.7。因此, 图像拾取光学系统 150 也满足数学表达式 3 的条件, 并且虽然可能在周边部分中出现失真, 但能够将失真抑制到可接受的水平。

[0237] [实施例 15]

[0238] 图 48 显示实施例 15 的图像拾取光学系统 160 的配置。如在上述实施例的情况中一样, 表 29 显示透镜数据, 表 30 显示非球面的数据, 图 49 显示球面像差、像散以及倍率色差。此外, 在图 50 中显示基于

[0239] $(Y(\omega + \Delta\omega) - Y(\omega)) / Y(\Delta\omega)$ 的值说明失真程度的图表。

[0240] [表 29]

[0241]

表面	曲率半径	表面间隔	N _d	v _d
OBJ	29.0057	16.9570		
2	10.2579	1.4971	1.57500	32.2
3	8.7517	5.8627		
4*	21.0846	1.1291	1.53039	55.2
5*	1.2635	1.2642		

[0242]

孔径光阑	∞	0.3829		
7	-21.3026	2.1301	1.80400	46.6
8	-3.0244	0.1873		
9	7.5453	1.4255	1.80400	46.6
10	-7.1995	0.1865		
11*	2.6921	1.5813	1.53039	55.2
12*	-4.0858	0.1806		
13	∞	1.0199	1.55920	53.9
14	∞	0.0000		
IMG	∞			

[0243] [表 30]

[0244]

表面	K	A ₃	A ₄	A ₅
4	-1.0000	1.1806E-03	6.0847E-04	1.1648E-04
5	-1.0000	3.0189E-02	2.9023E-02	-1.1704E-03
11	-1.0000	6.2958E-03	-6.0490E-03	3.8647E-03
12	-1.0000	4.0413E-02	1.1306E-02	2.8963E-03

表面	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉
4	1.1526E-05	-3.1849E-07	-5.5674E-07	-1.9003E-07
5	-1.1450E-04	3.8652E-03	4.5996E-03	3.2054E-03
11	1.3835E-03	9.1107E-05	-1.2677E-04	-7.7351E-05
12	1.6035E-03	9.4610E-04	4.0676E-04	9.5714E-05

表面	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃
4	-4.4059E-08	-6.2540E-09	3.8526E-10	6.0256E-10
5	1.5331E-03	4.4516E-04	-5.1892E-05	-2.0610E-04
11	-2.3361E-05	-8.6265E-08	5.3226E-06	4.3320E-06
12	-3.5343E-05	-6.5696E-05	-5.5364E-05	-3.5172E-05

[0245]

表面	A ₁₄	A ₁₅	A ₁₆	A ₁₇
4	1.8528E-10	1.0491E-11	-3.7667E-12	-6.3129E-13
5	-2.1831E-04	-1.9444E-04	-3.3983E-05	-2.3424E-07
11	2.3286E-06	8.4037E-07	3.8252E-08	-2.8889E-07
12	-1.7641E-05	-5.8258E-06	8.5904E-07	3.9596E-06

表面	A ₁₈	A ₁₉	A ₂₀
4	-1.3027E-13	-2.5007E-15	3.8559E-15
5	-1.2454E-07	0.0000E+00	3.9978E-20
11	-3.6116E-07	-1.7141E-08	0.0000E+00
12	1.5778E-07	0.0000E+00	0.0000E+00

[0246] 在图像拾取光学系统 160 中, ΔZ_r 是 -0.018, ΔZ_p 是 0.202, $\Delta Z_r / \Delta Z_p$ 是 -0.088。虽然图像拾取光学系统 160 的最大视角 ($2\max \omega$) 是 170° , 但同时满足数学表达式 1 和 2。因此, 包括其中央部分和周边部分的物体表面 12 的图像可以在景深内。此外, 如图 50 所示, $(Y(\omega + \Delta \omega) - Y(\omega)) / Y(\Delta \omega)$ 大于 0.7。因此, 图像拾取光学系统 160 也满足数学表达式 3 的条件, 并且虽然可能在周边部分中出现失真, 但能够将失真抑制到可接受的水平。

[0247] [比较例 1]

[0248] 通过具有没有光焦度的透明盖的球状物体表面的图像由显示在专利文件中 2 的“附加的光学系统数据 1”中的图像拾取光学系统捕获, 该图像的中心处于图像拾取透镜的入瞳位置处。结果, ΔZ_r 是 -0.109, ΔZ_p 为 0.016。因此, 尽管在此图像拾取光学系统中最大视角小于 120° , 但 $\Delta Z_r / \Delta Z_p$ 为 -6.683, 其在数学表达式 1 的范围以外。因此, 与实像表面关于 ω_{\max} 光通量的位置相比, 实像表面关于 $2\omega_{\max}$ 光通量的位置显著地朝着物体侧偏离, 并且通过图像捕获获得的图像的一部分在景深之外。因此, 就不可能实现可取的图像成形。

[0249] [比较实施例 2]

[0250] 以类似的方式, 通过具有没有光焦度的透明盖的球状物体表面的图像由显示在专利文件中 2 的“附加的光学系统数据 2”中的图像拾取光学系统捕获, 该图像的中心位于图像拾取透镜的入瞳位置处。结果, ΔZ_r 是 -0.010, ΔZ_p 为 0.017。因此, 虽然最大视角小于 120° , 但 $\Delta Z_r / \Delta Z_p$ 为 -0.594, 其也在数学表达式 1 范围以外。因此, 与实像表面关于 ω_{\max} 光通量的位置相比, 实像表面关于 $2\omega_{\max}$ 光通量的位置显著地朝着物体侧偏离, 并且通过图像捕获获得的图像的一部分在景深之外。因此, 就不可能实现可取的图像成形。

[0251] [比较实施例 3]

[0252] 以类似的方式, 通过具有没有光焦度的透明盖的球状物体表面的图像由显示在专利文件中 2 的“附加的光学系统数据 3”中的图像拾取光学系统捕获, 该图像的中心位于图像拾取透镜的入瞳位置处。结果, ΔZ_r 是 -0.158, ΔZ_p 为 0.015。因此, 虽然最大视角小于 120° , 但 $\Delta Z_r / \Delta Z_p$ 为 -10.849, 其也在数学表达式 1 范围以外。因此, 与实像表面关

于 ω_{\max} 光通量的位置相比,实像表面关于 $2\omega_{\max}$ 光通量的位置显著地朝着物体侧偏离,并且通过图像捕获获得的图像的一部分在景深之外。因此,就不可能实现可取的图像成形。

[0253] [比较实施例 4]

[0254] 以类似的方式,如在采用显示在专利文件中 2 的“附加的光学系统数据 4”中的图像拾取光学系统的情况中一样, ΔZ_r 是 -0.024 , ΔZ_p 为 0.035 , $\Delta Z_r/\Delta Z_p$ 为 -0.687 。因此,虽然最大视角小于 120 度,但数学表达式 1 没有被满足。因此,与实像表面关于 ω_{\max} 光通量的位置相比,实像表面关于 $2\omega_{\max}$ 光通量的位置显著地朝着物体侧偏离。结果,通过图像捕获获得的图像的一部分在景深之外。因此,就不可能实现可取的图像成形。

[0255] [比较实施例 5]

[0256] 以类似的方式,如在采用显示在专利文件中 3 的“附加的光学系统数据 1”中的图像拾取光学系统的情况中一样, ΔZ_r 是 -0.021 , ΔZ_p 为 0.031 , $\Delta Z_r/\Delta Z_p$ 为 -0.691 。因此,虽然最大视角小于 120 度,但数学表达式 1 没有被满足。因此,与实像表面关于 ω_{\max} 光通量的位置相比,实像表面关于 $2\omega_{\max}$ 光通量的位置显著地朝着物体侧偏离,并且不可能实现可取的图像成形。

[0257] [比较实施例 6]

[0258] 以类似的方式,如在采用显示在专利文件中 3 的“附加的光学系统数据 2”中的图像拾取光学系统的情况中一样, ΔZ_r 是 -0.024 , ΔZ_p 为 0.036 。因此,虽然最大视角小于 120 度,但 $\Delta Z_r/\Delta Z_p$ 为 -0.666 ,其在数学表达式 1 的范围之外。因此,与实像表面关于 ω_{\max} 光通量的位置相比,实像表面关于 $2\omega_{\max}$ 光通量的位置显著地朝着物体侧偏离,并且不可能实现可取的图像成形。

[0259] 附图标记说明

[0260] 10 : 胶囊内窥镜

[0261] 20 : 图像拾取光学系统

[0262] L1 : 第一透镜

[0263] L2 : 第二透镜

[0264] L3 : 第三透镜

[0265] L4 : 第四透镜

[0266] L5 : 第五透镜

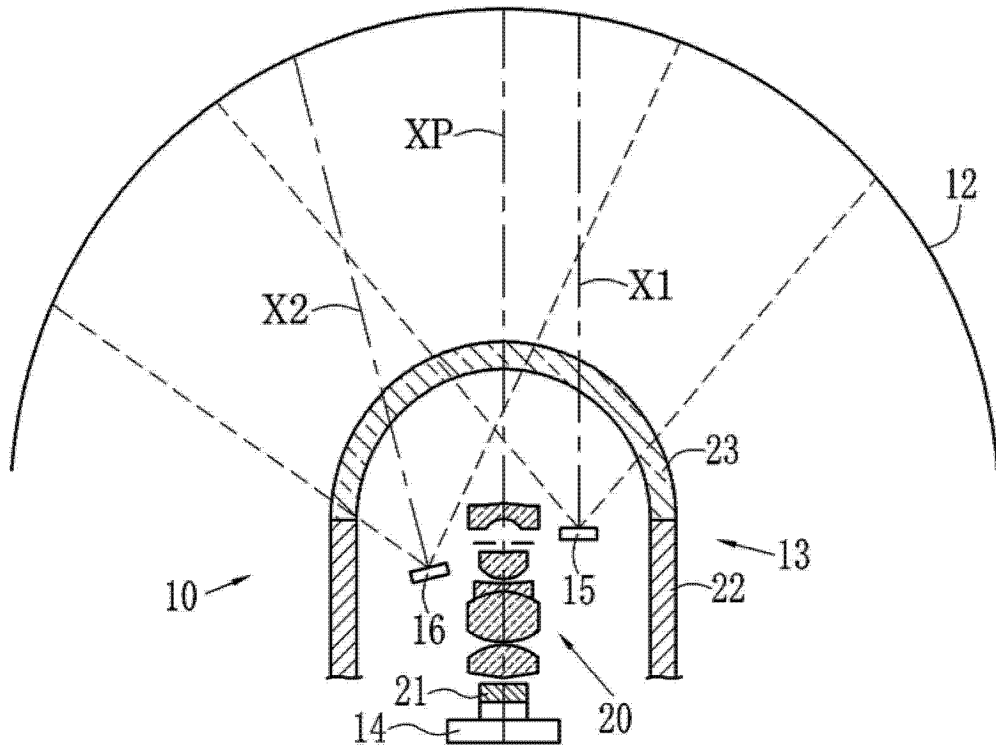


图 1

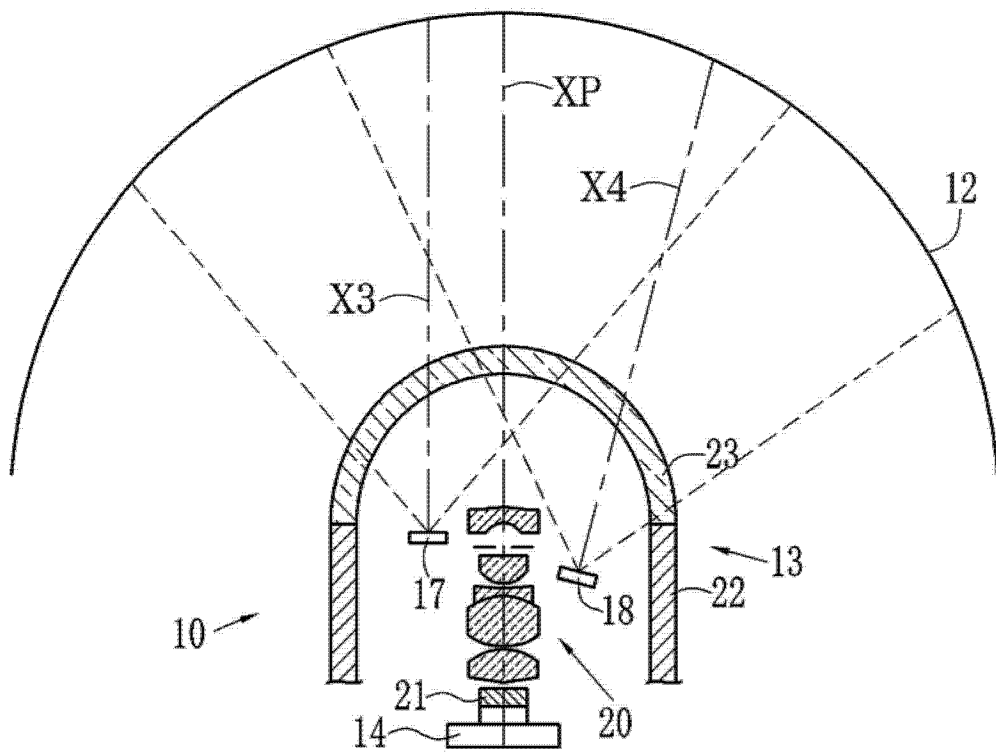


图 2

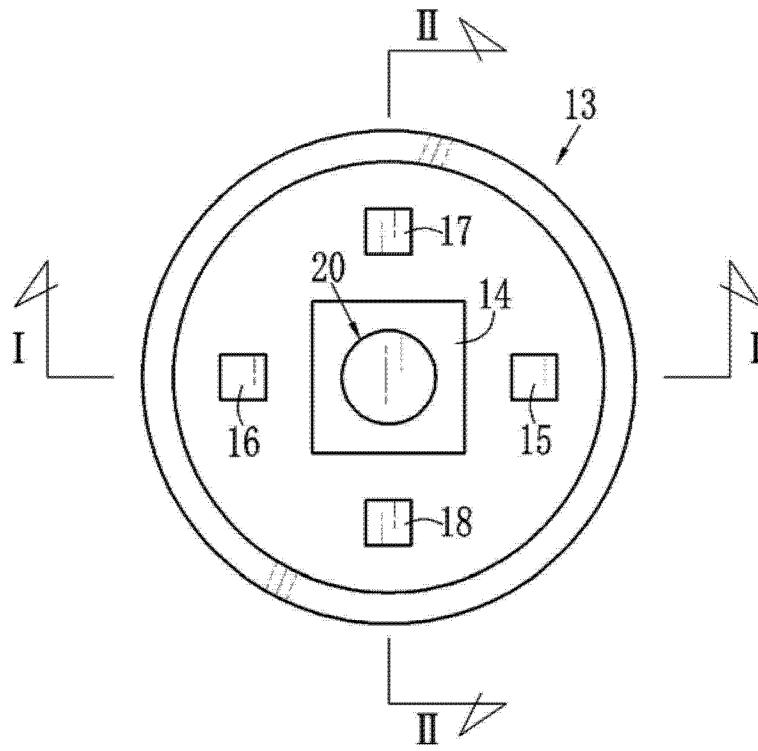


图 3

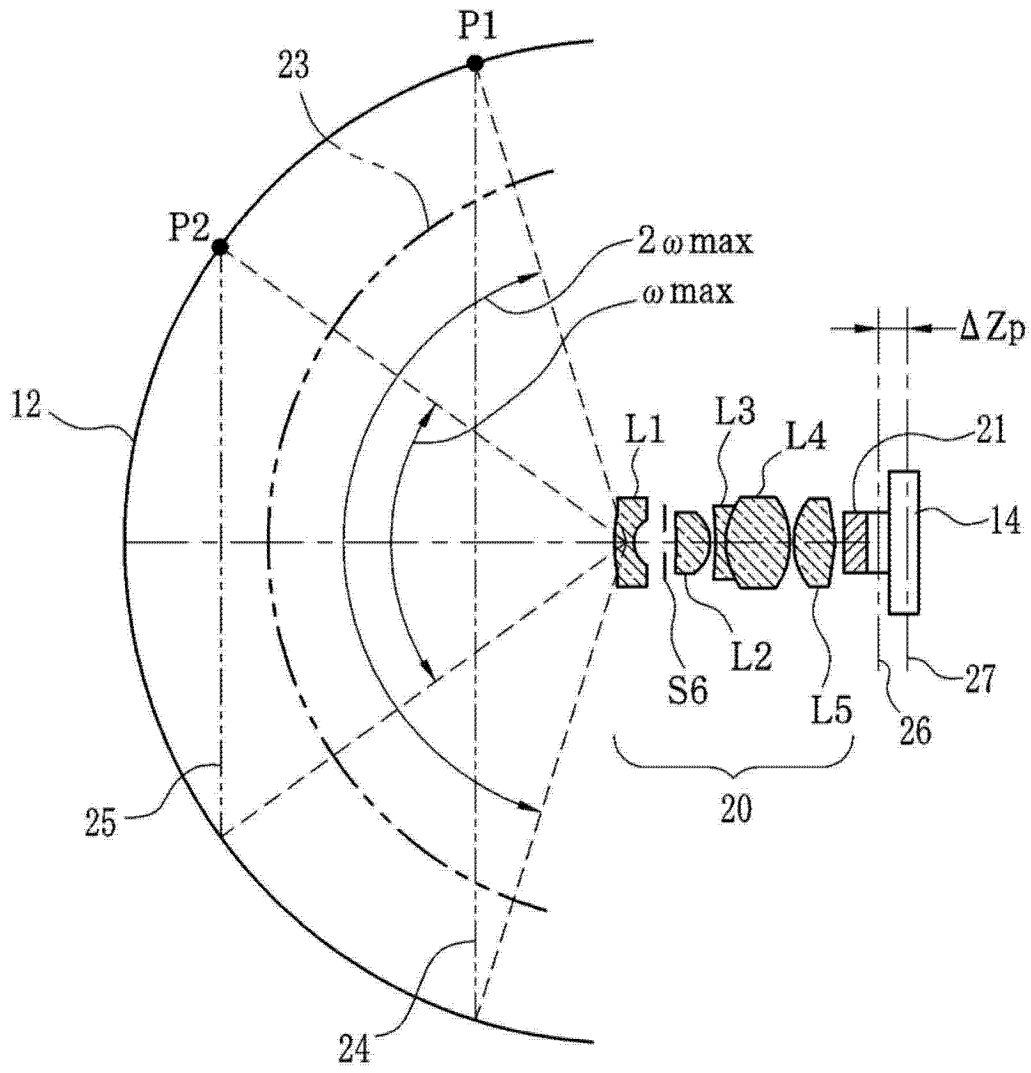


图 4

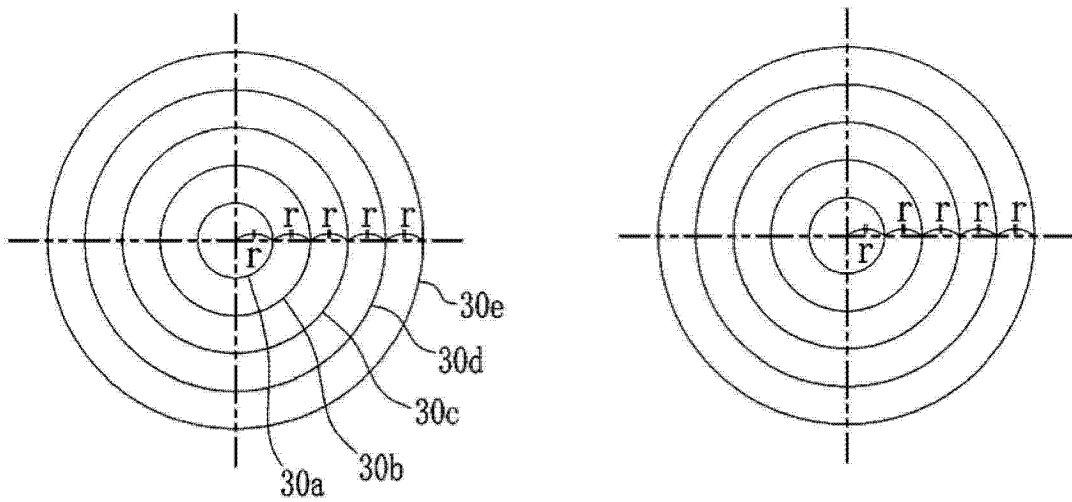


图 5A

图 5B

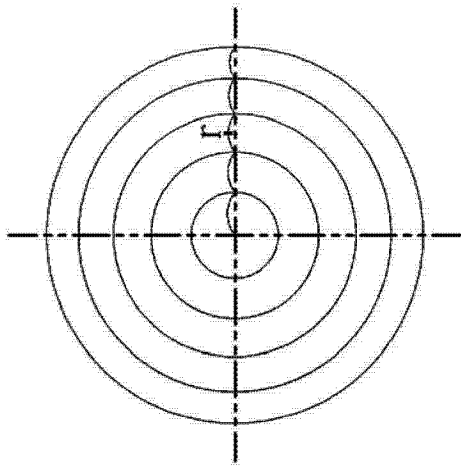


图 5C

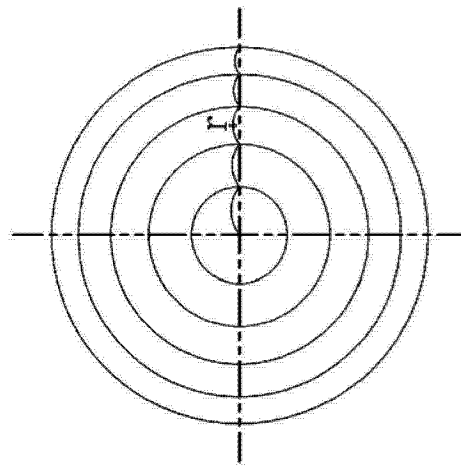


图 5D

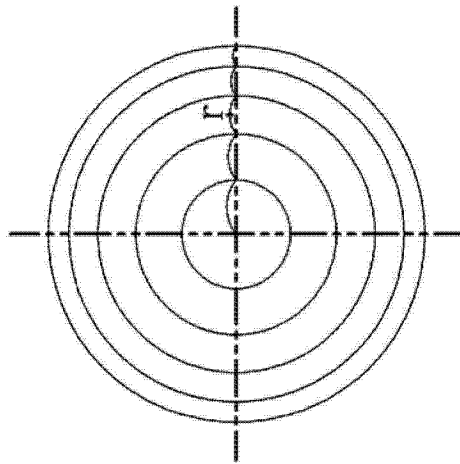


图 5E

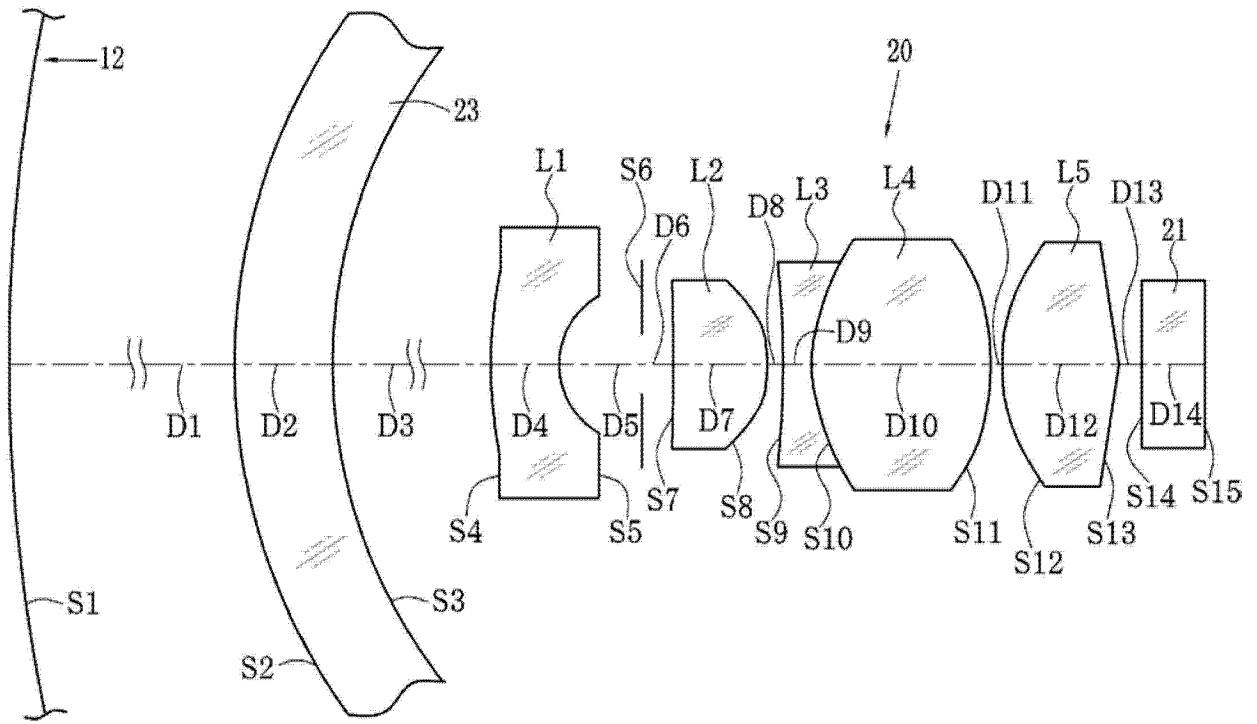


图 6

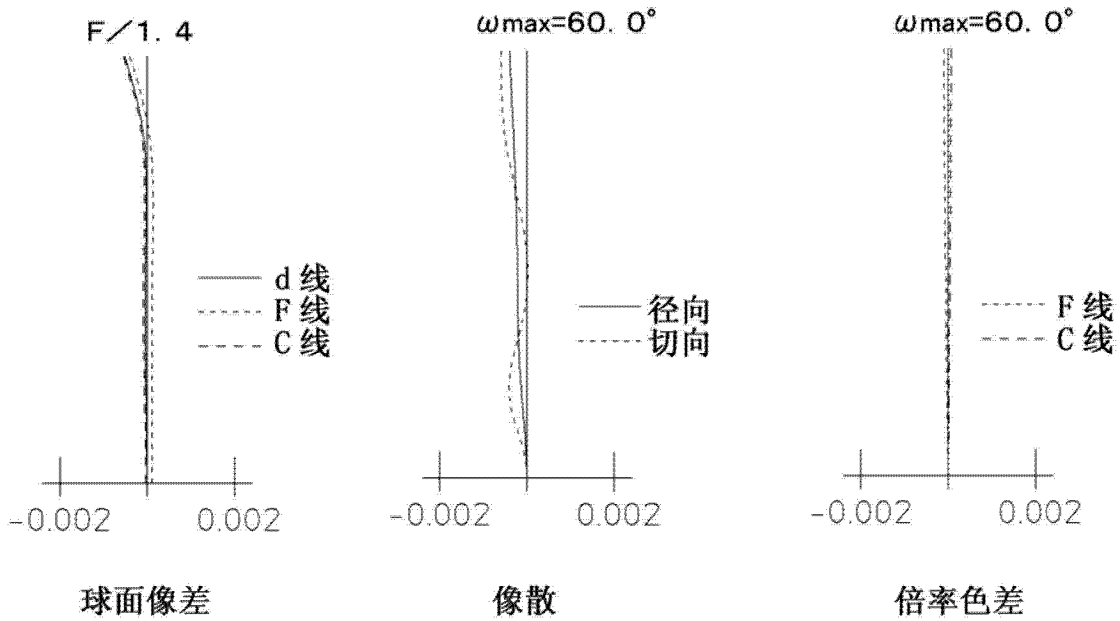


图 7

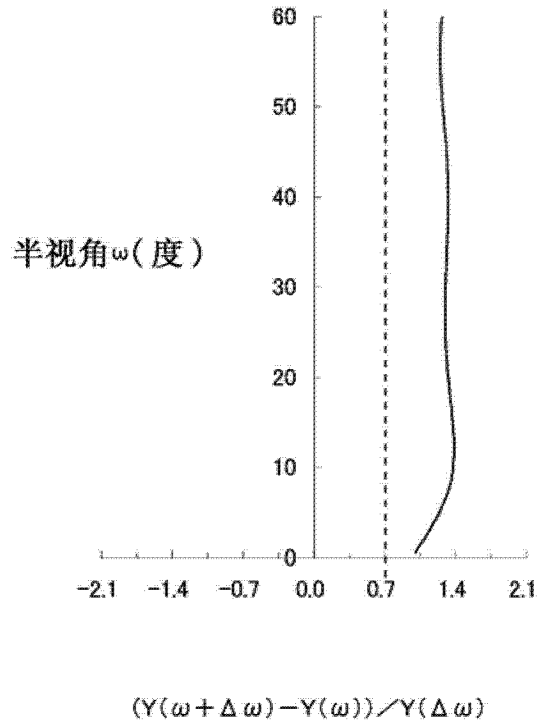


图 8

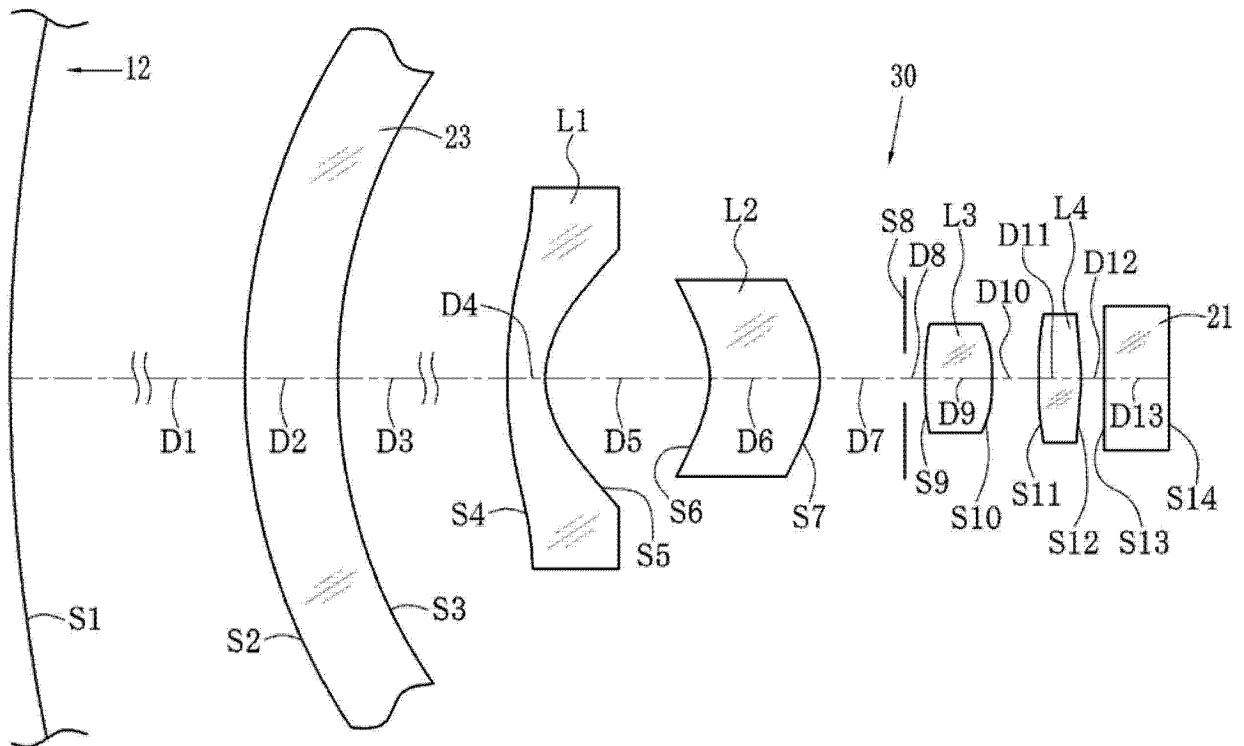


图 9

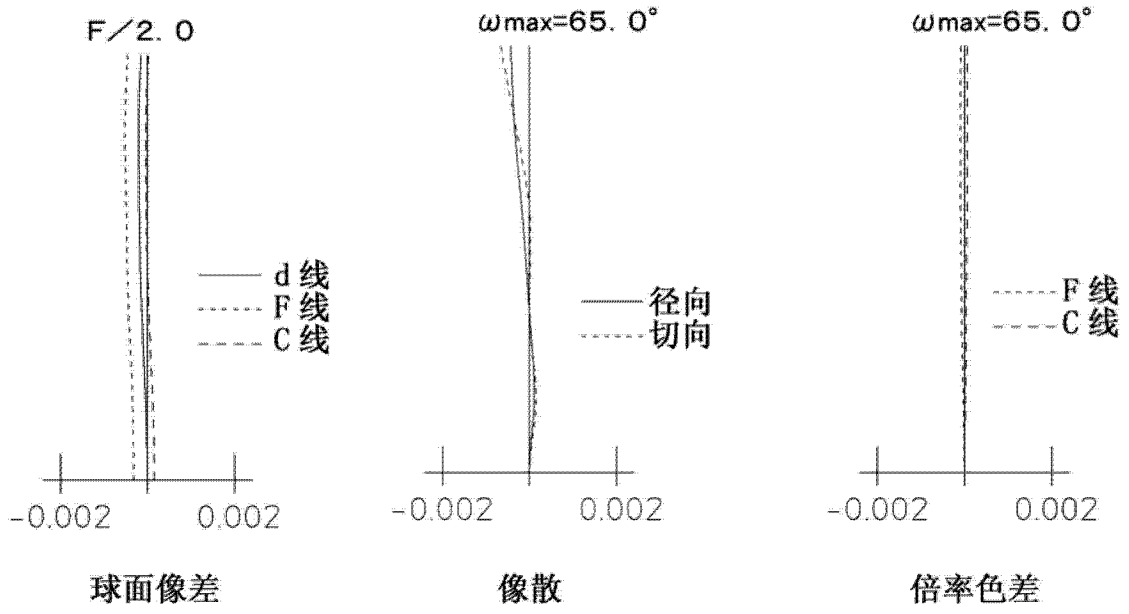


图 10

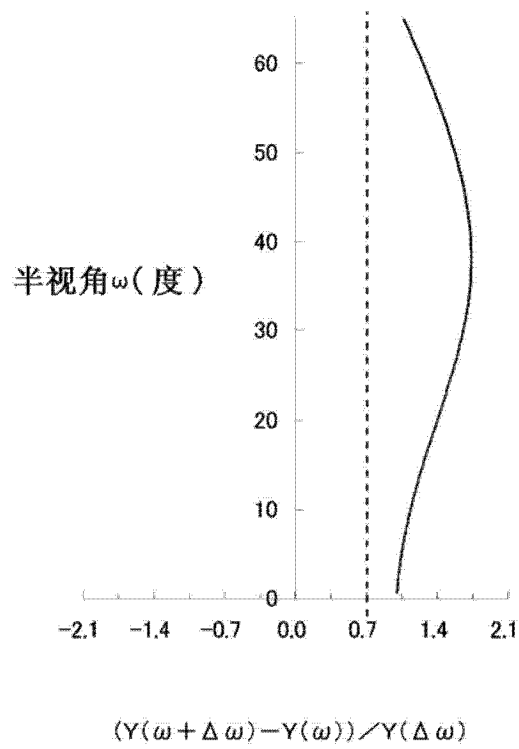


图 11

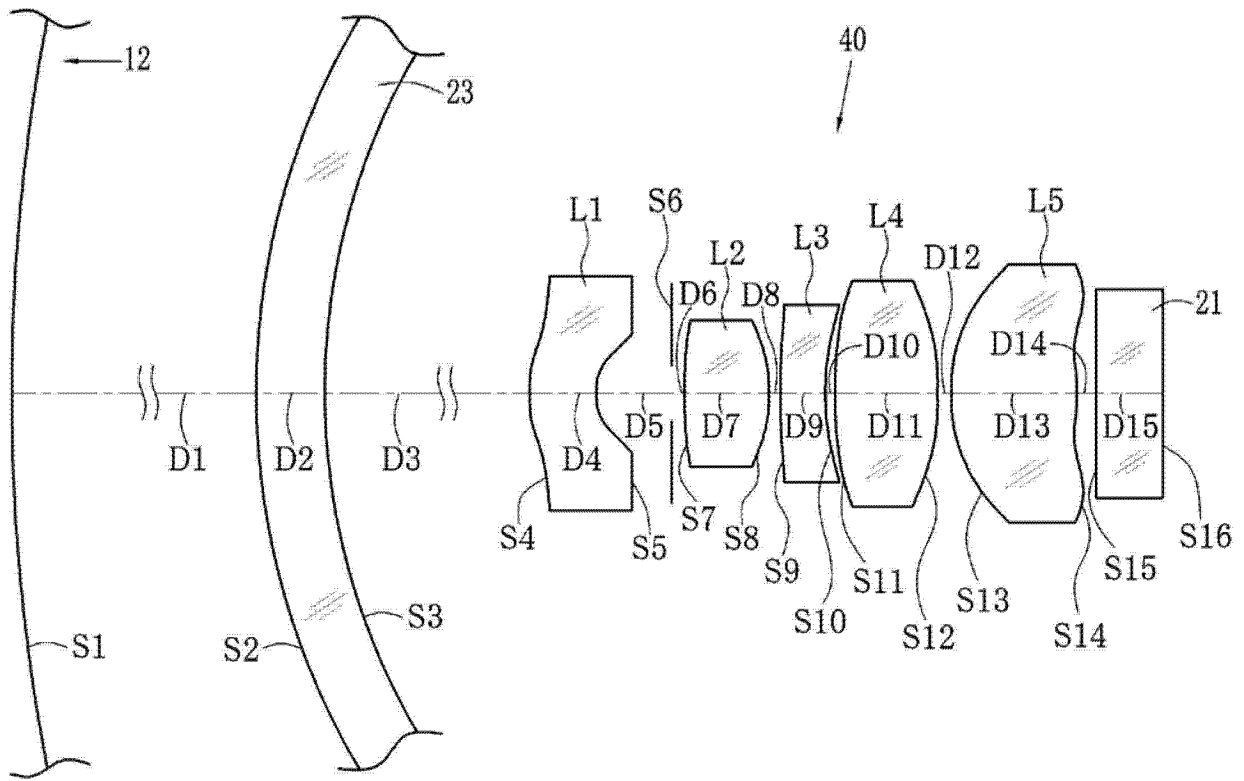


图 12

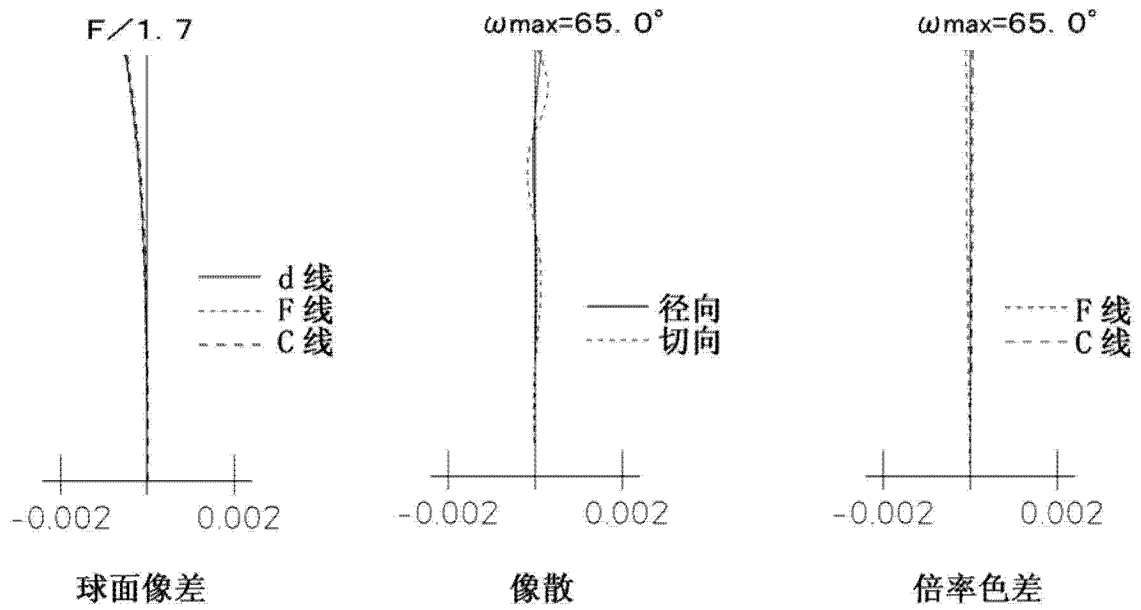


图 13

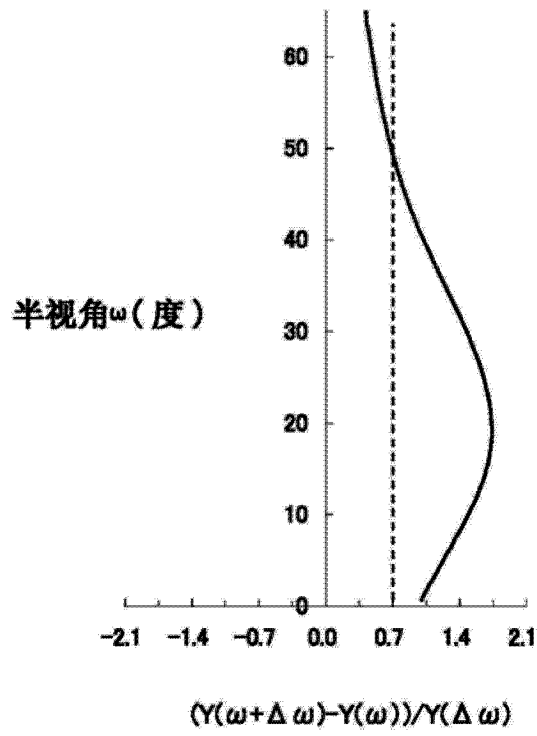


图 14

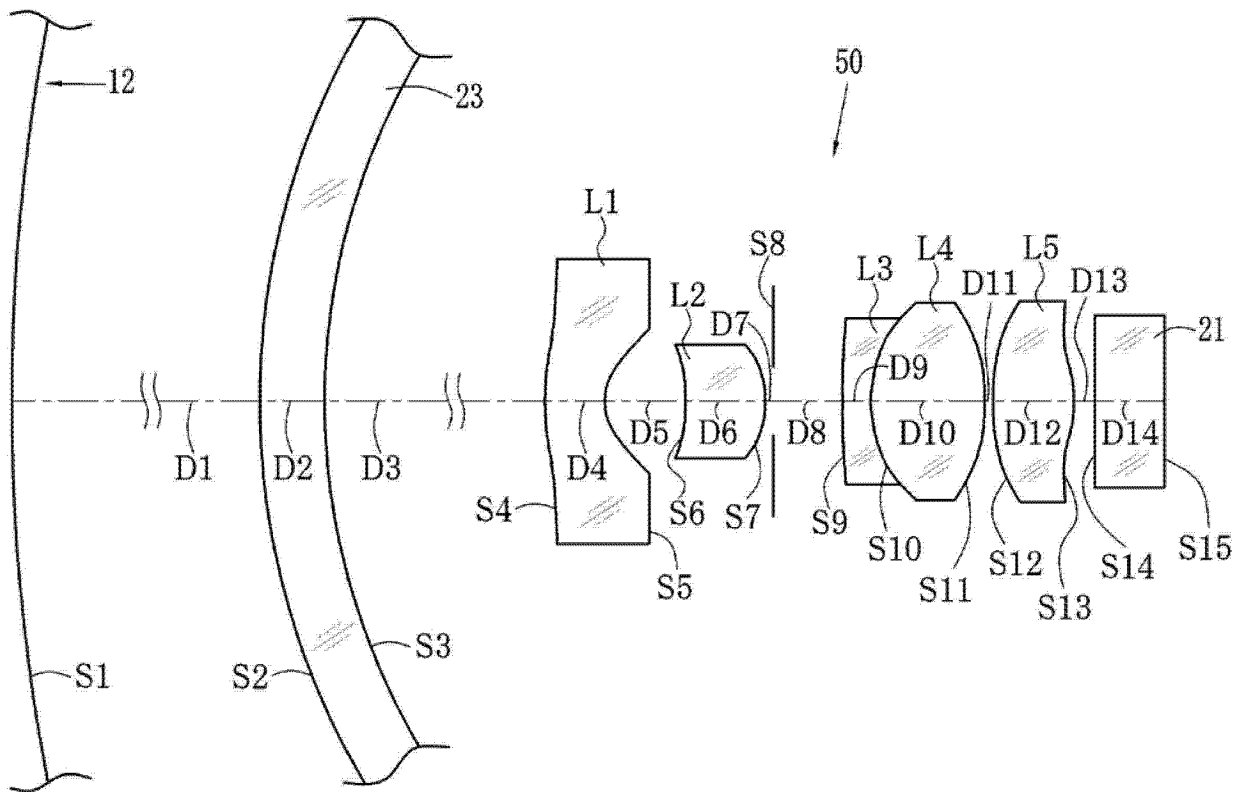


图 15

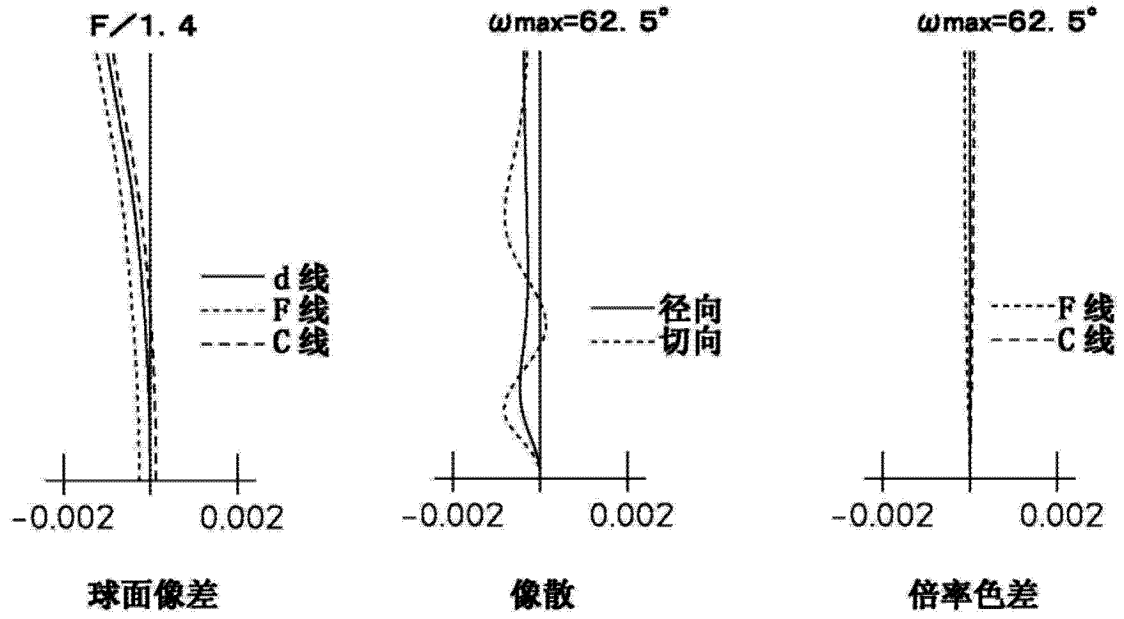


图 16

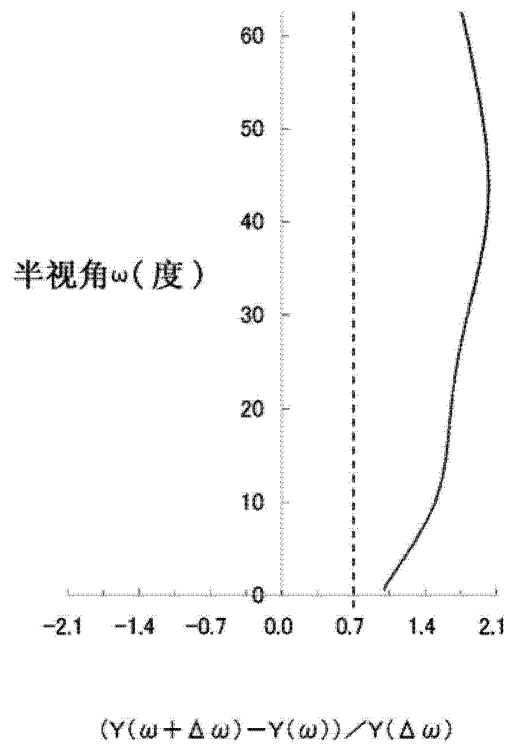


图 17

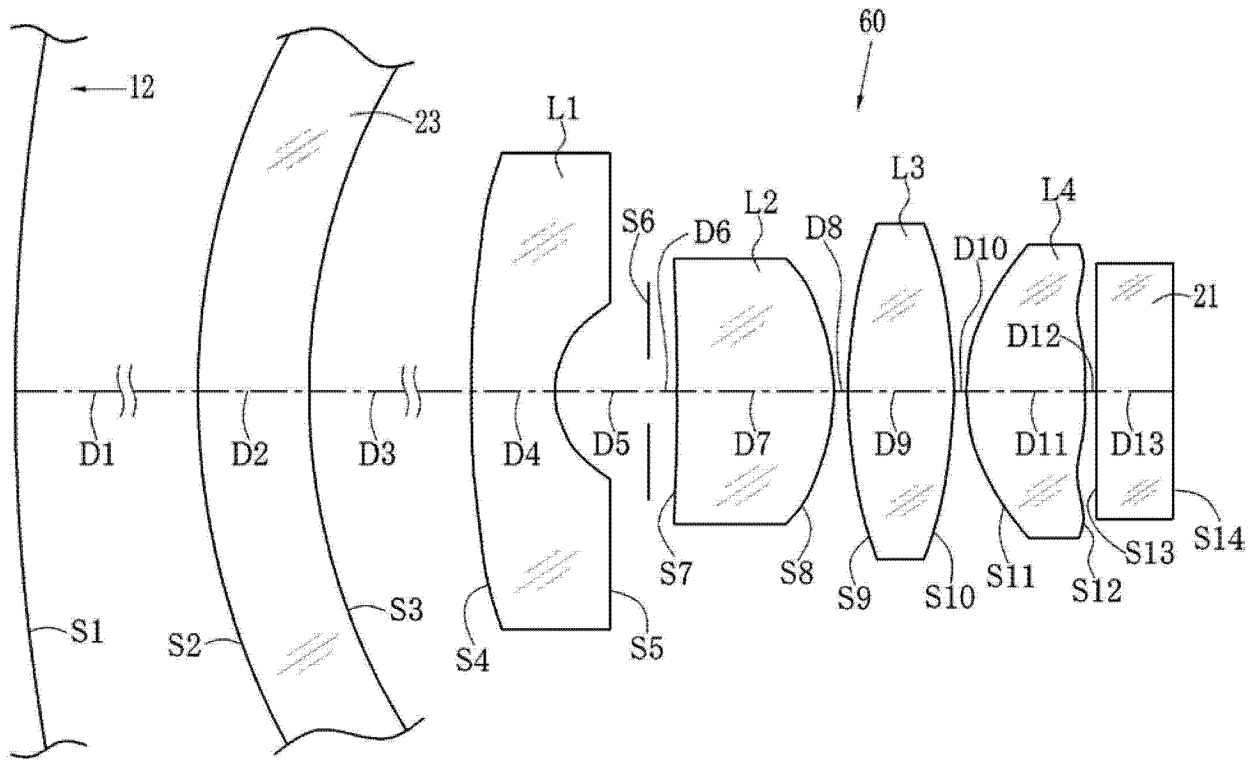


图 18

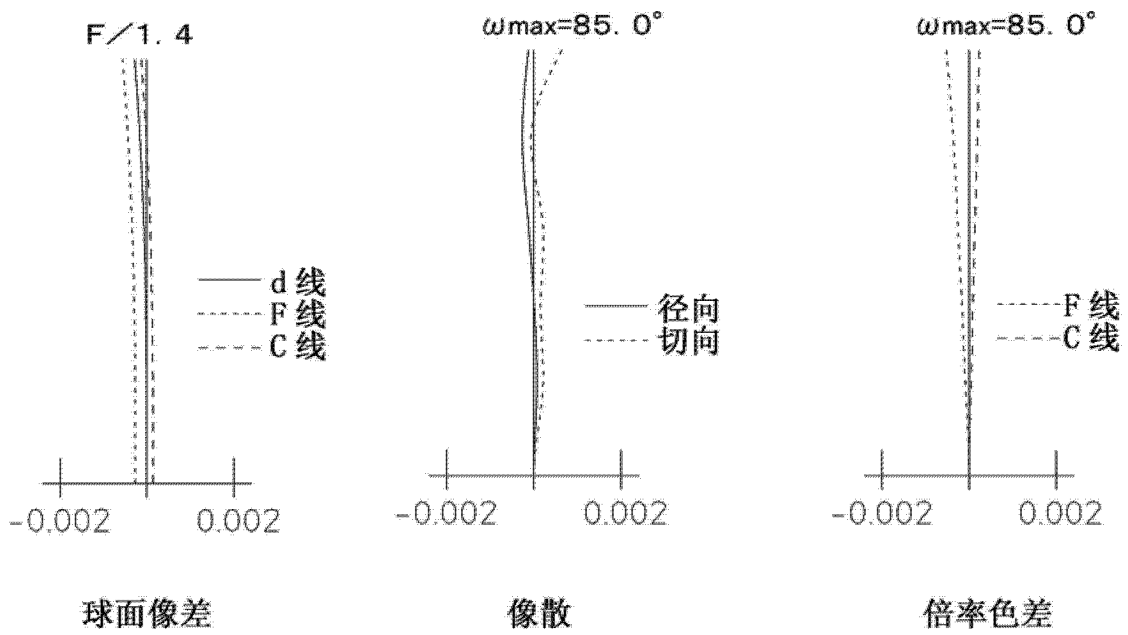


图 19

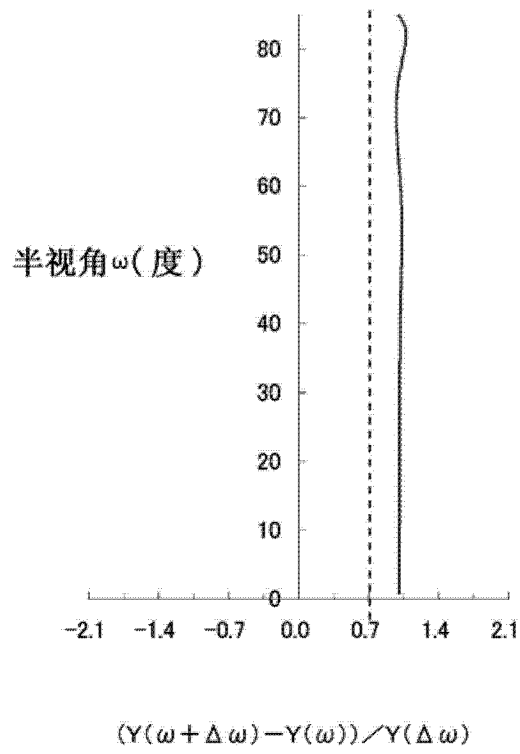


图 20

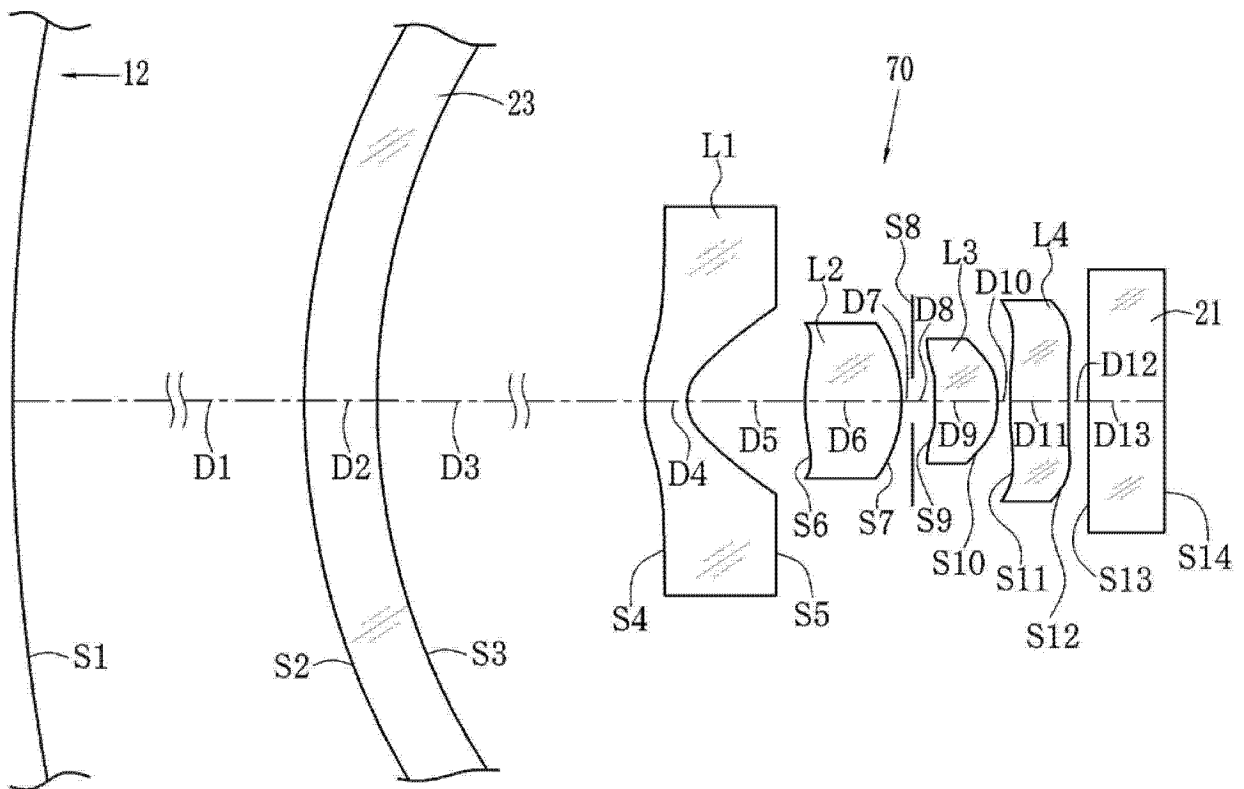


图 21

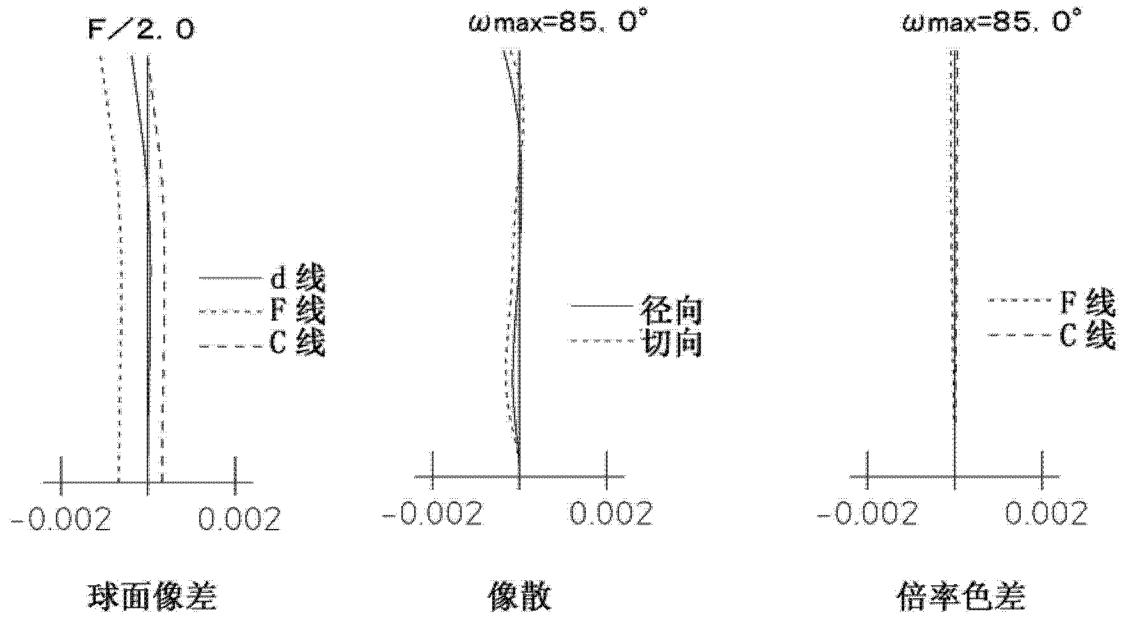


图 22

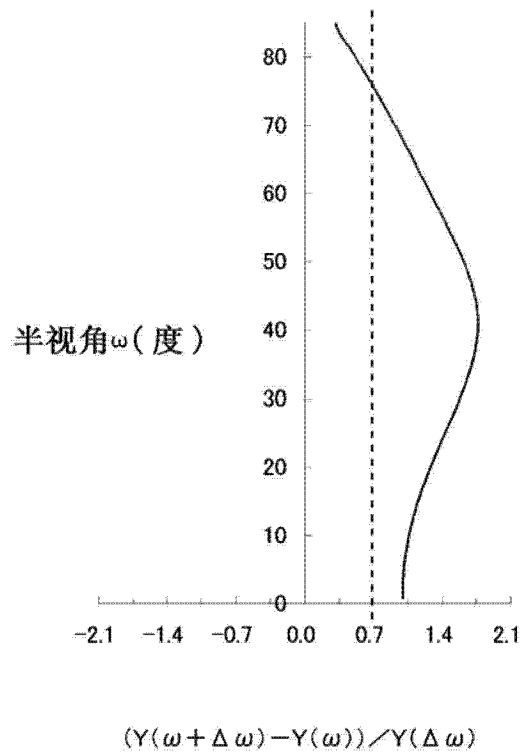


图 23

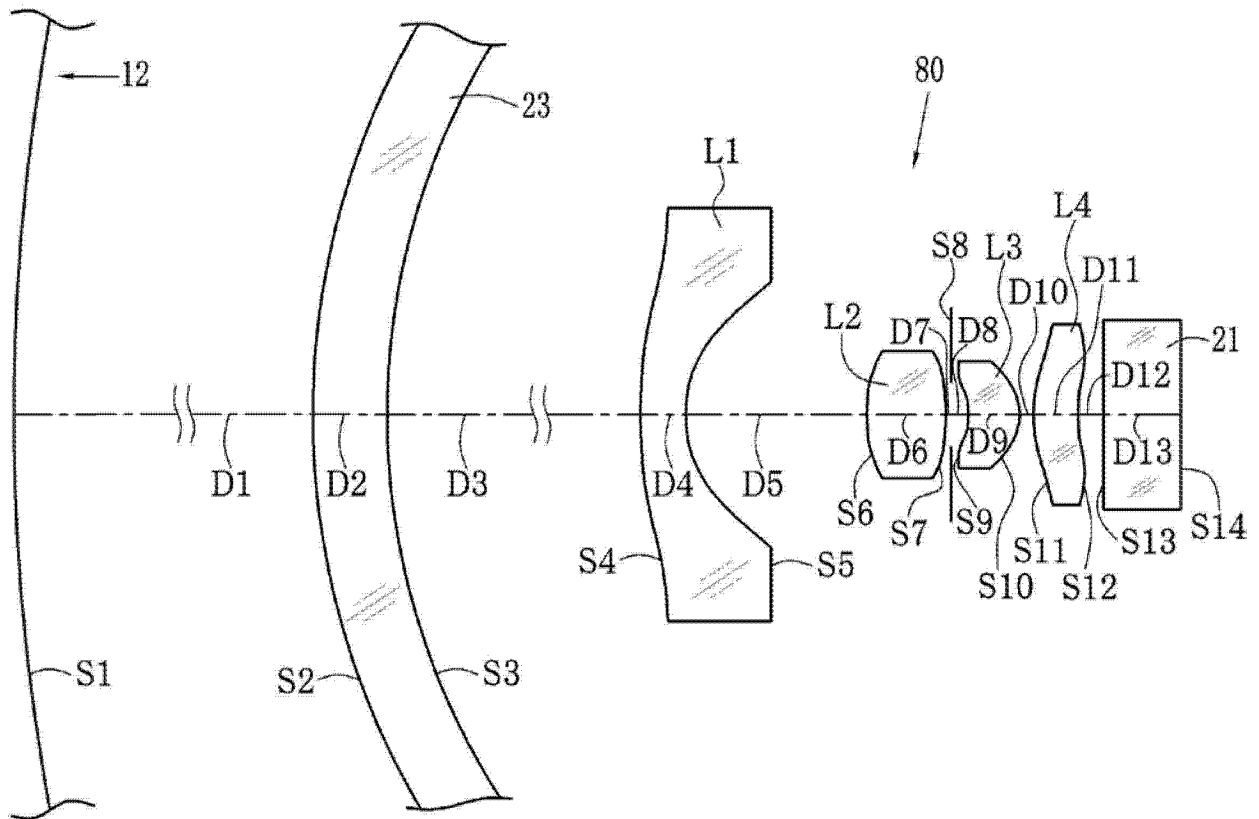


图 24

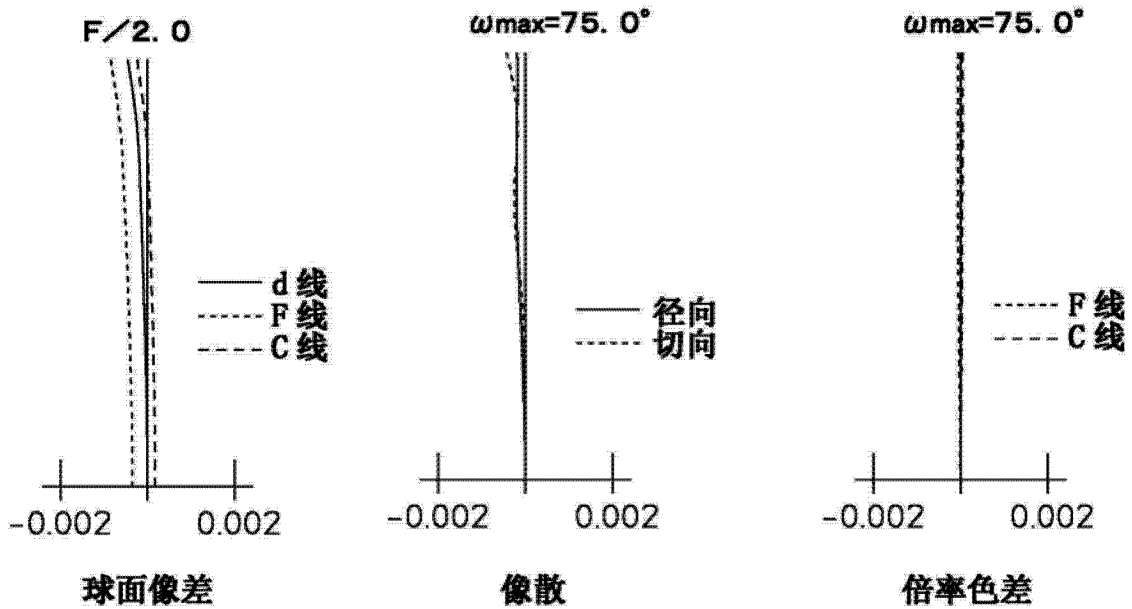


图 25

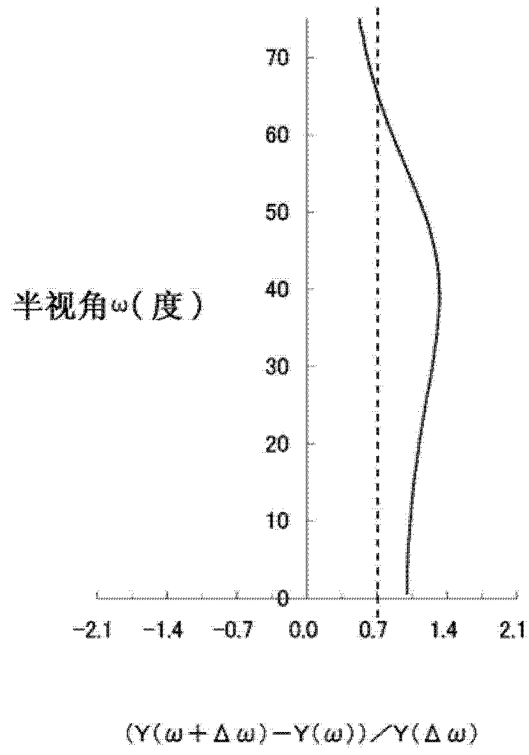


图 26

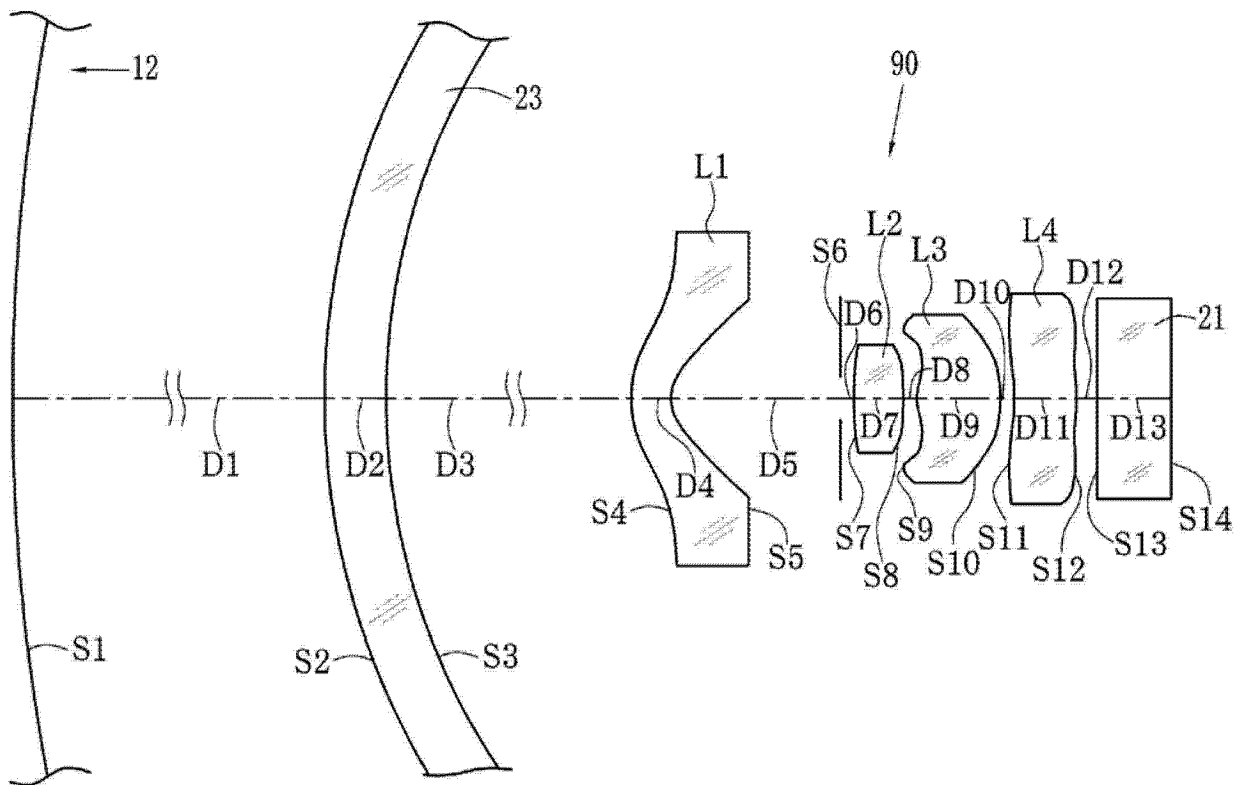


图 27

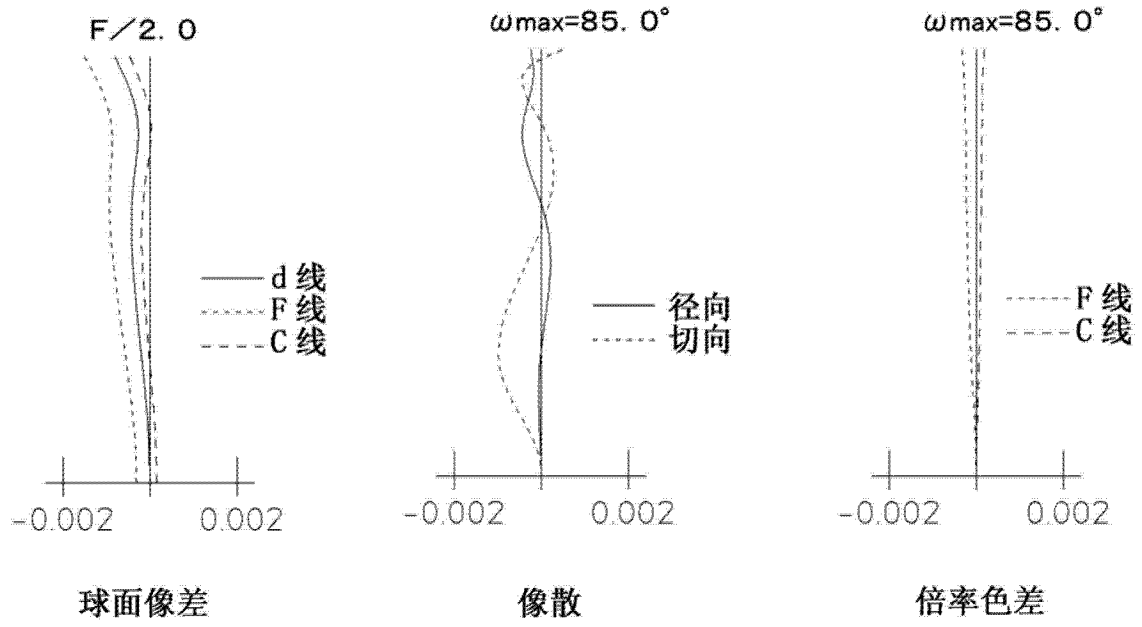


图 28

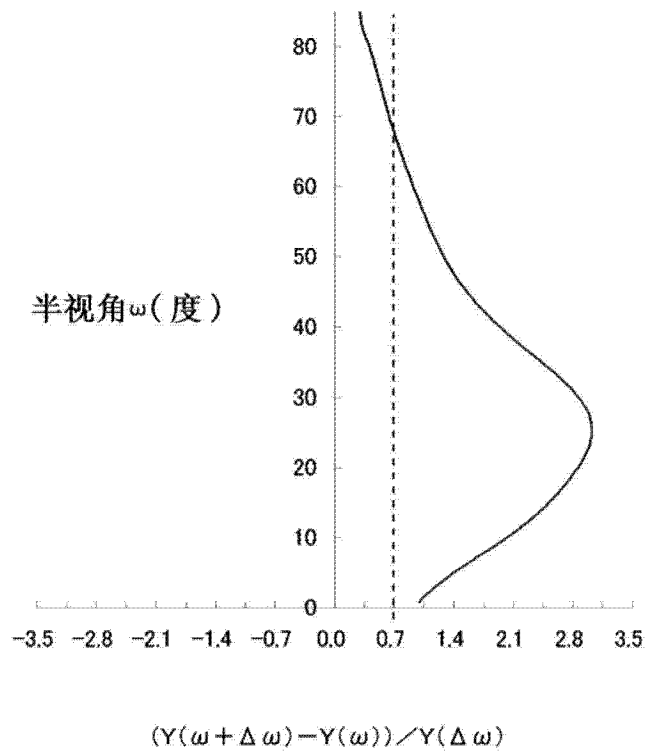


图 29

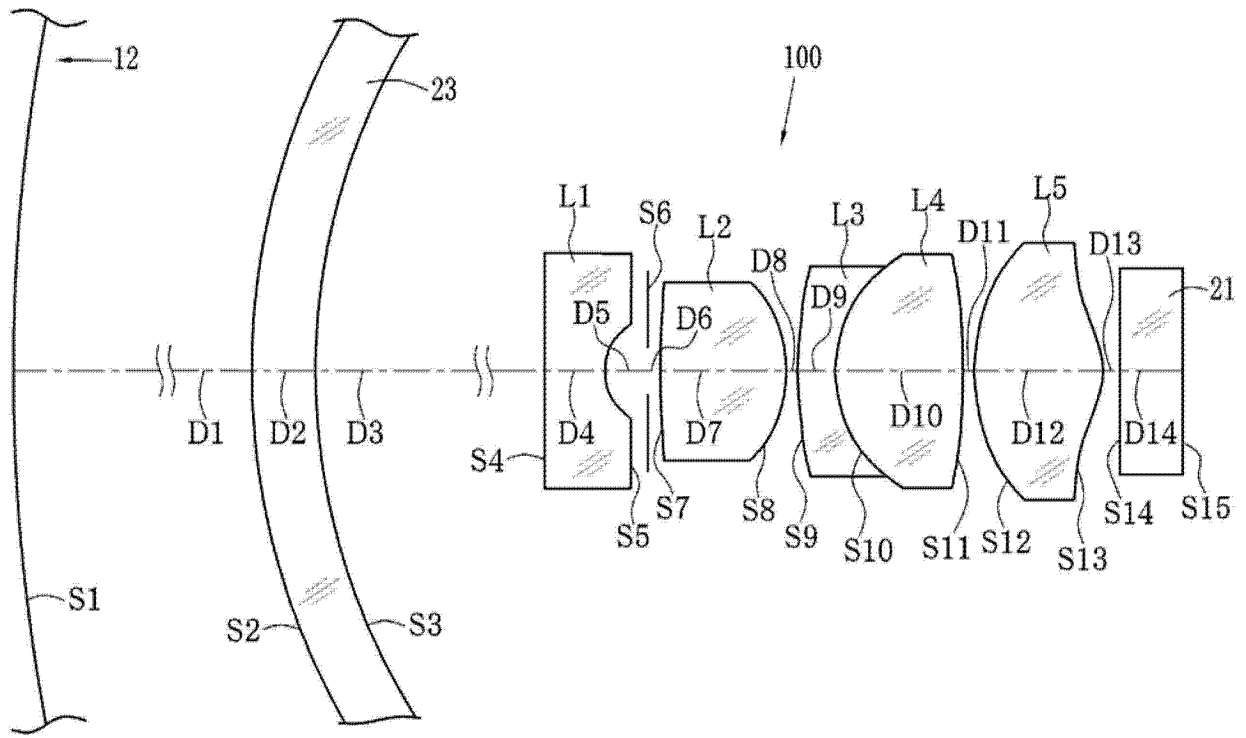


图 30

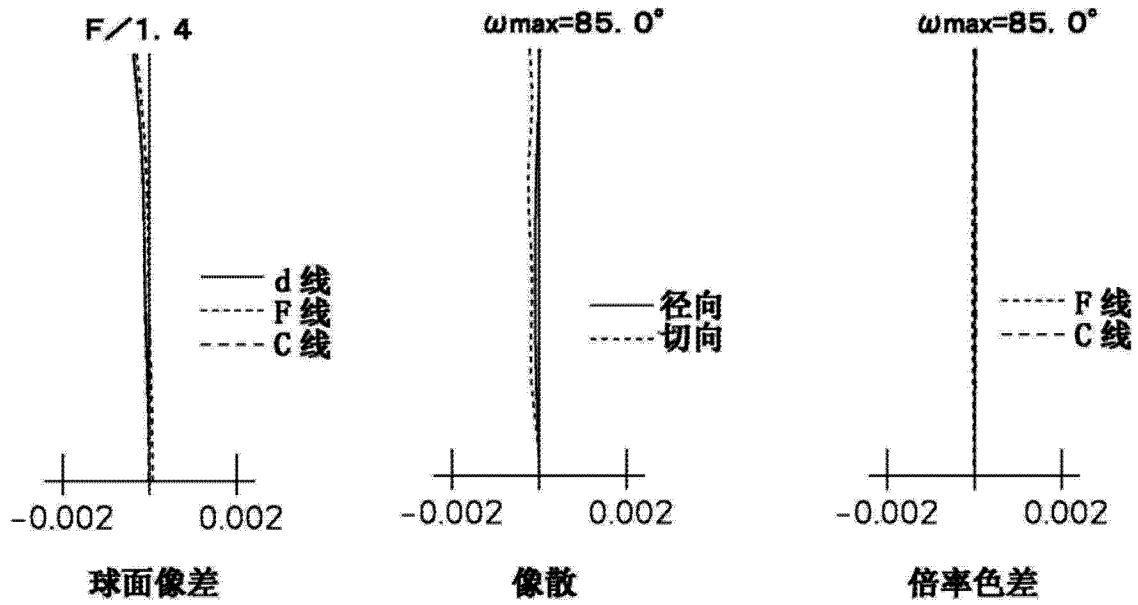


图 31

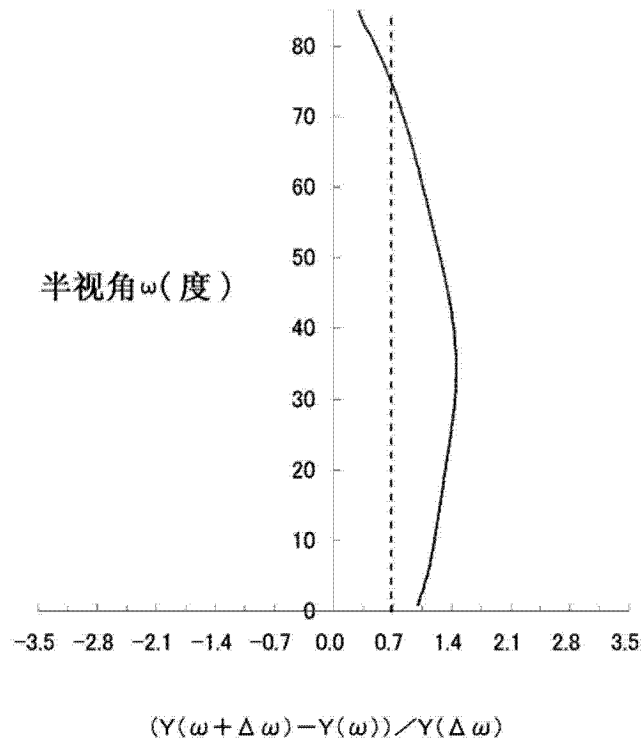


图 32

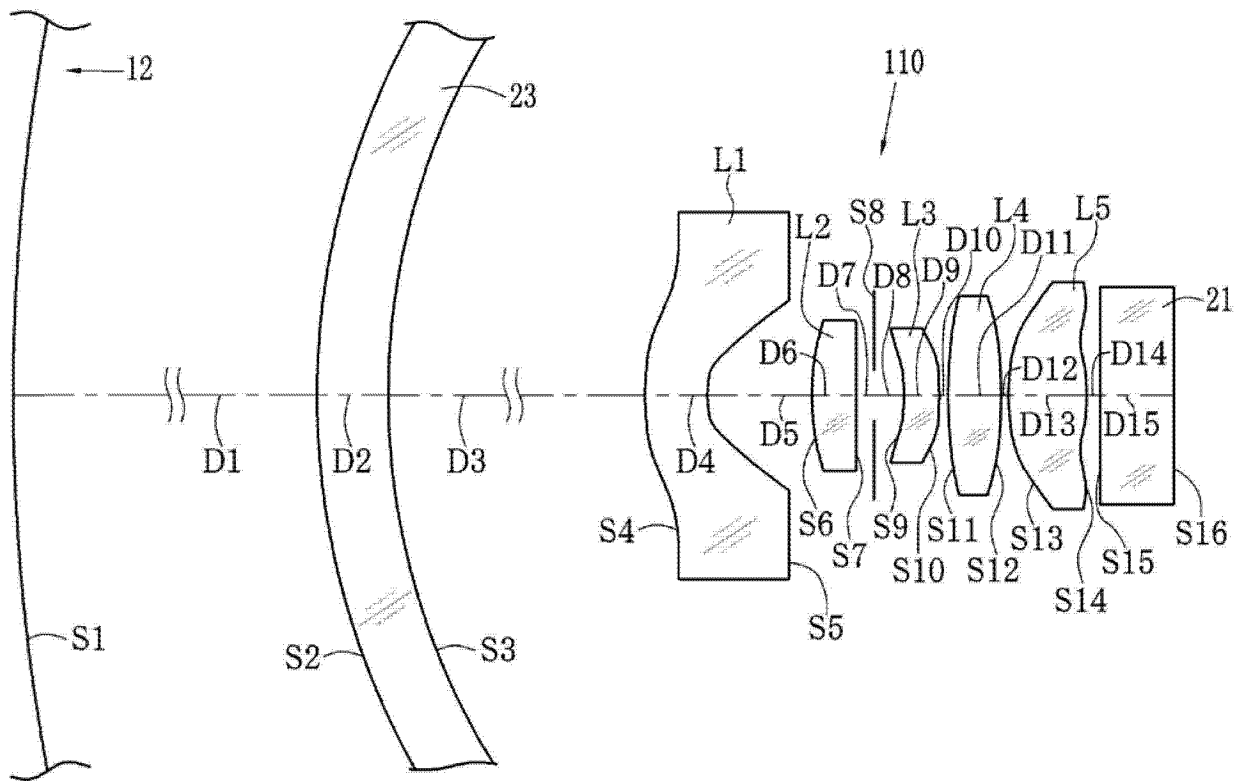


图 33

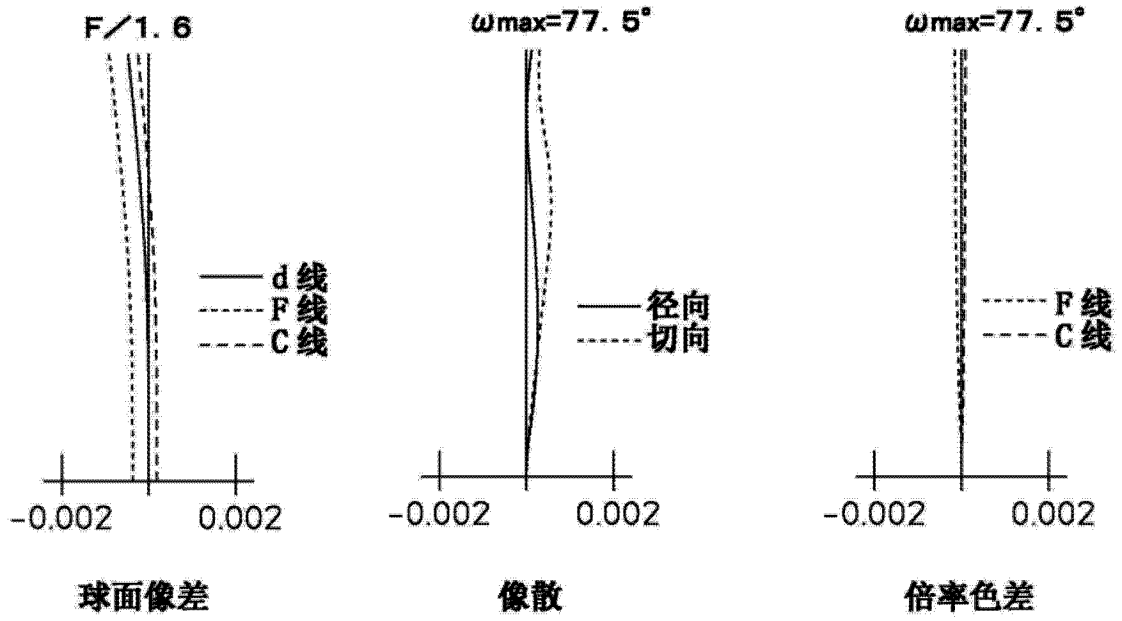


图 34

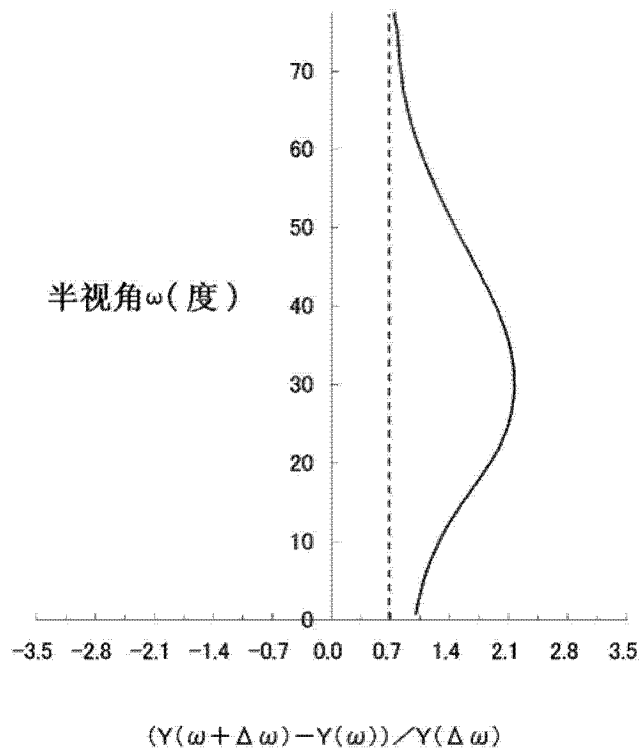


图 35

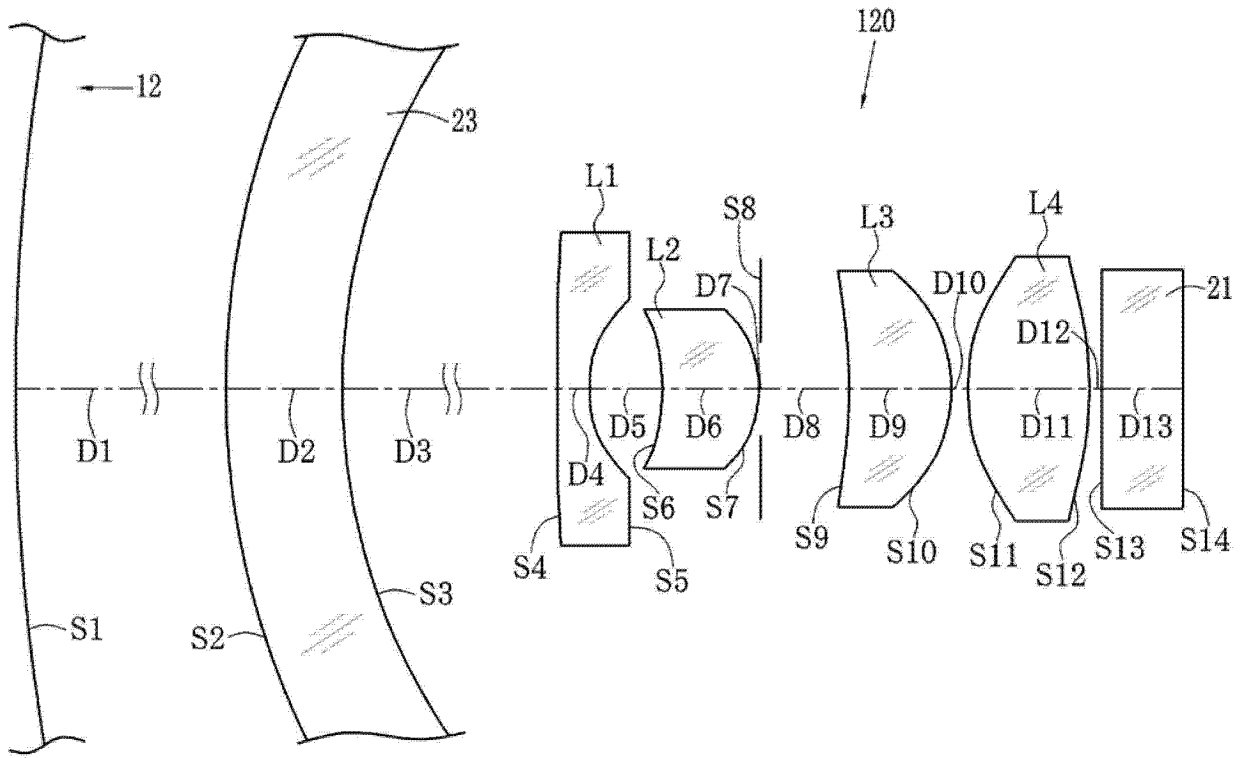


图 36

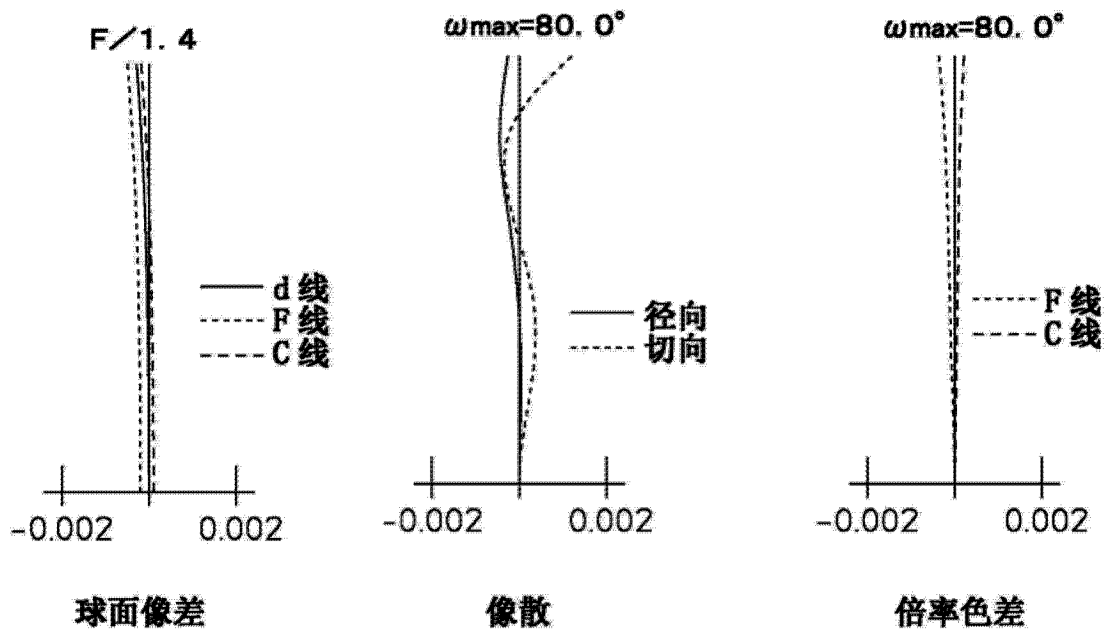


图 37

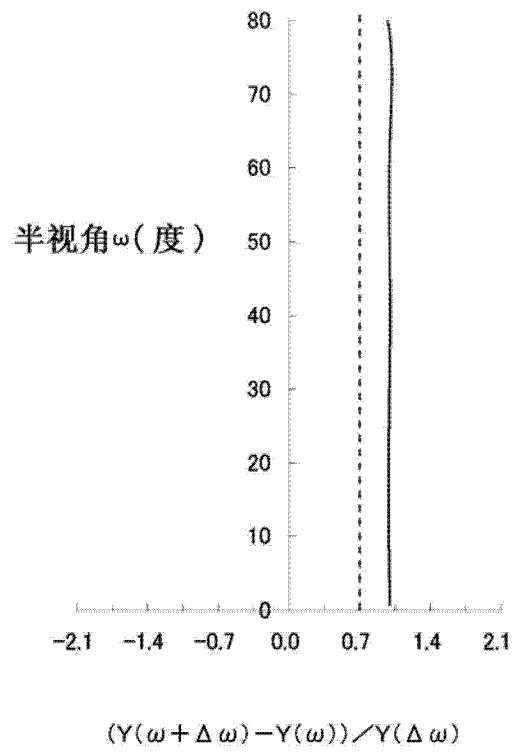


图 38

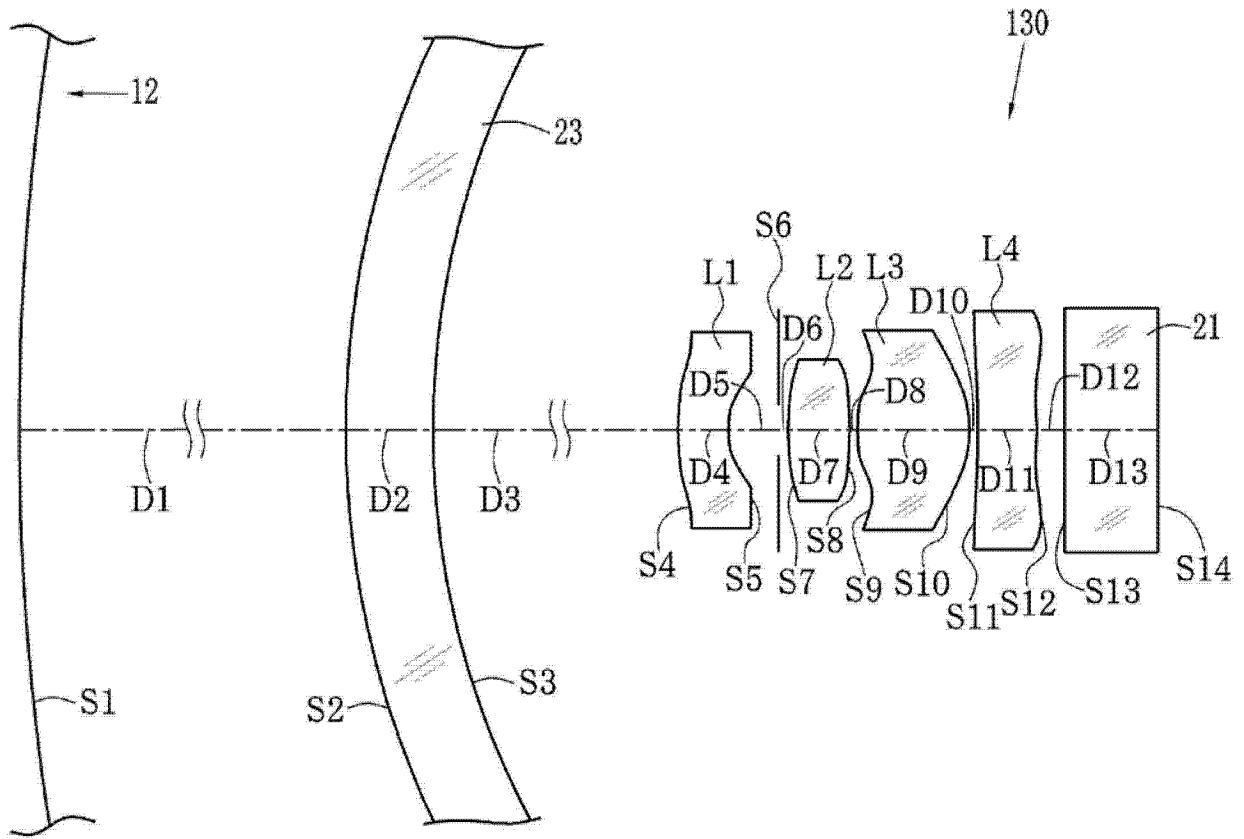


图 39

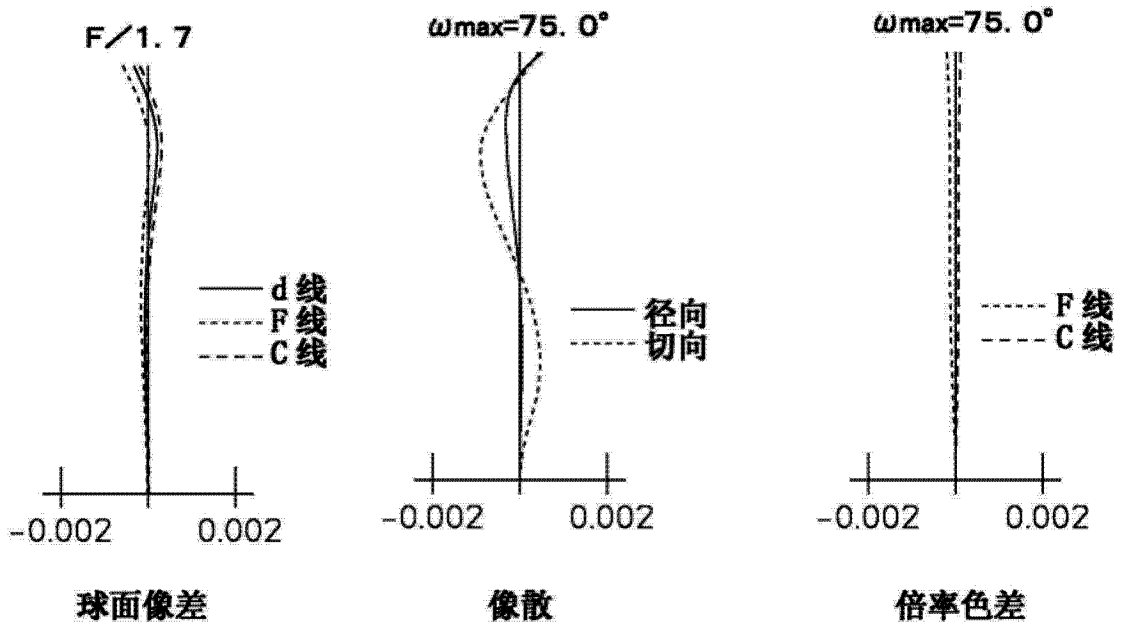


图 40

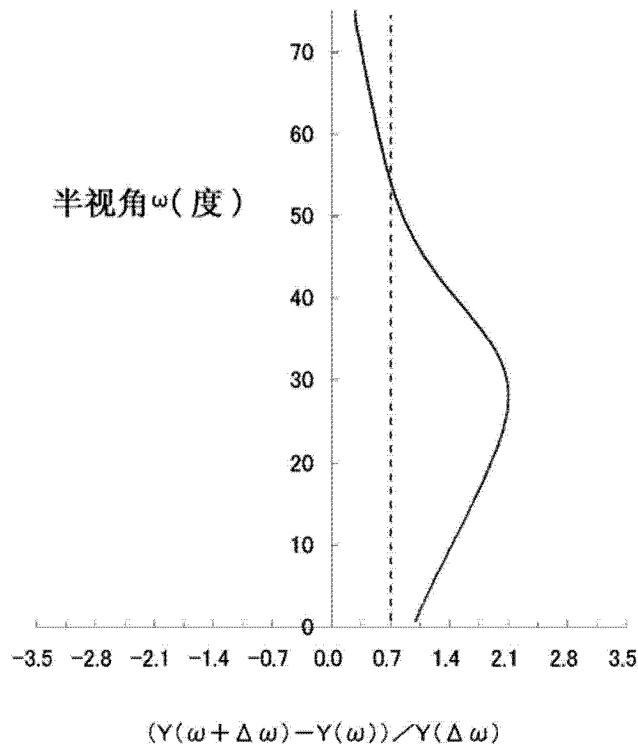


图 41

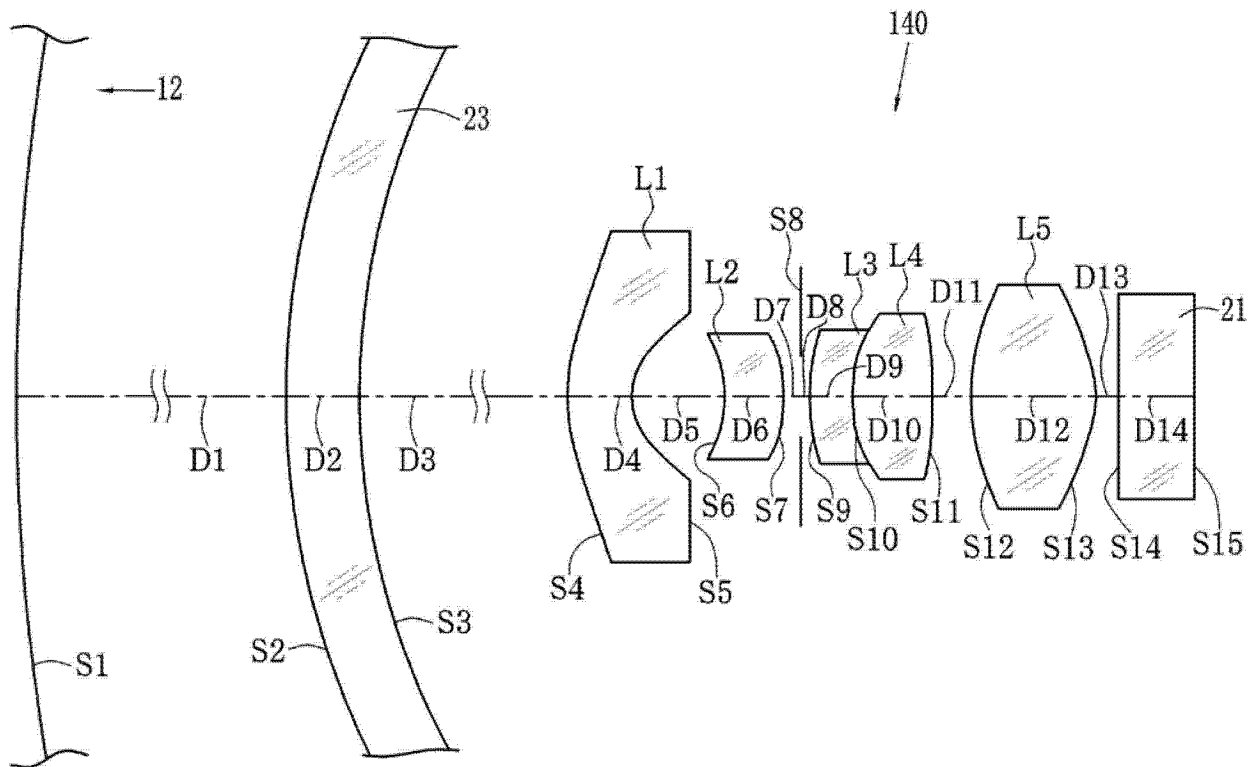


图 42

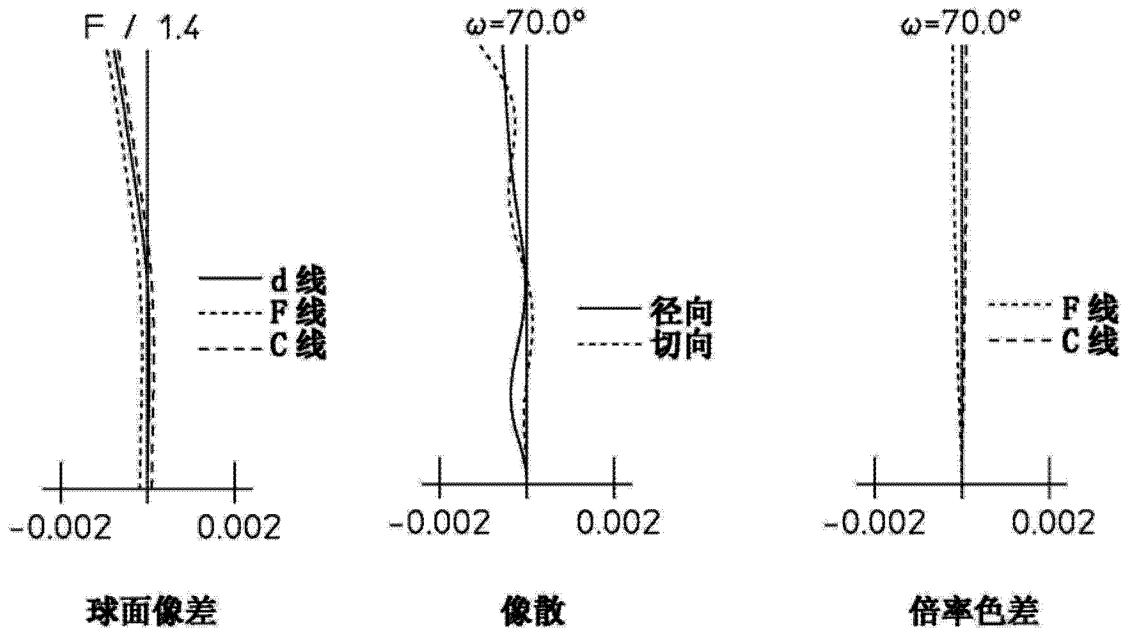


图 43

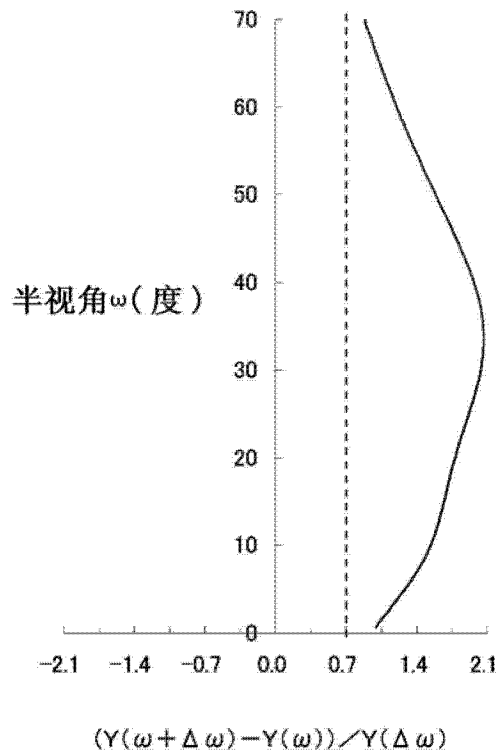


图 44

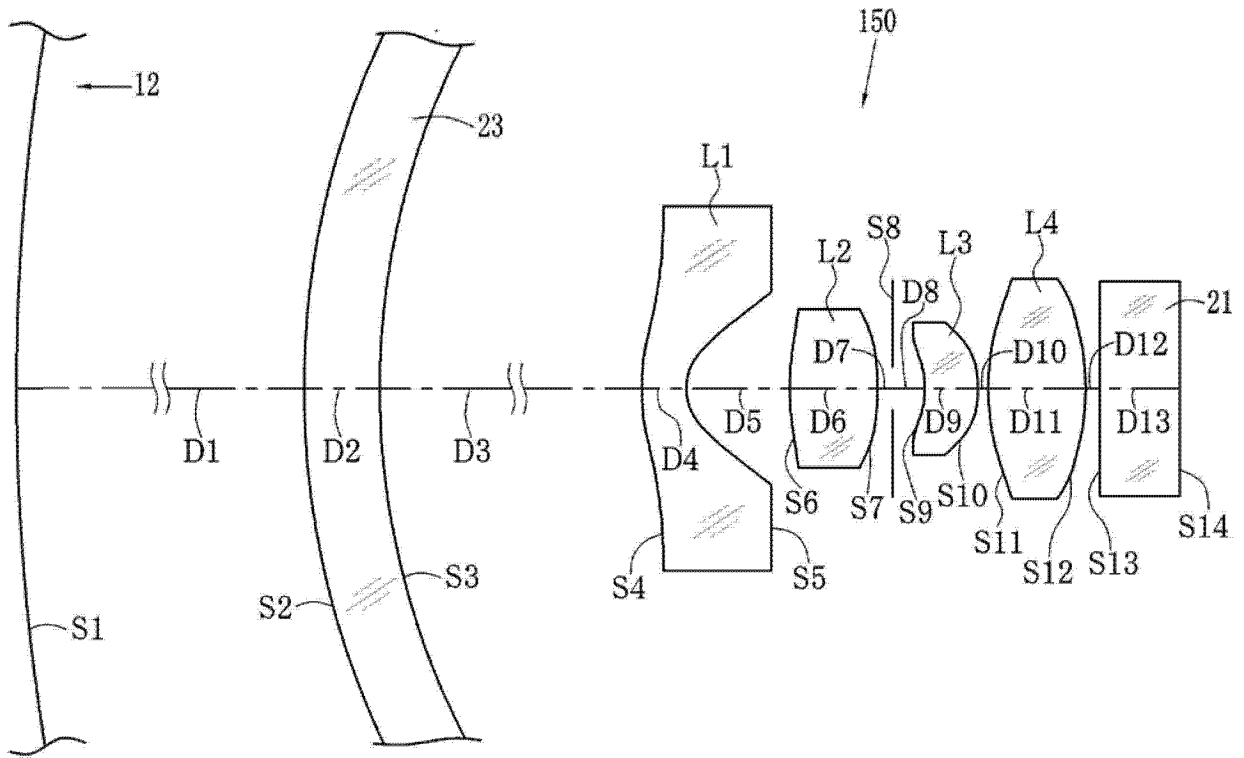


图 45

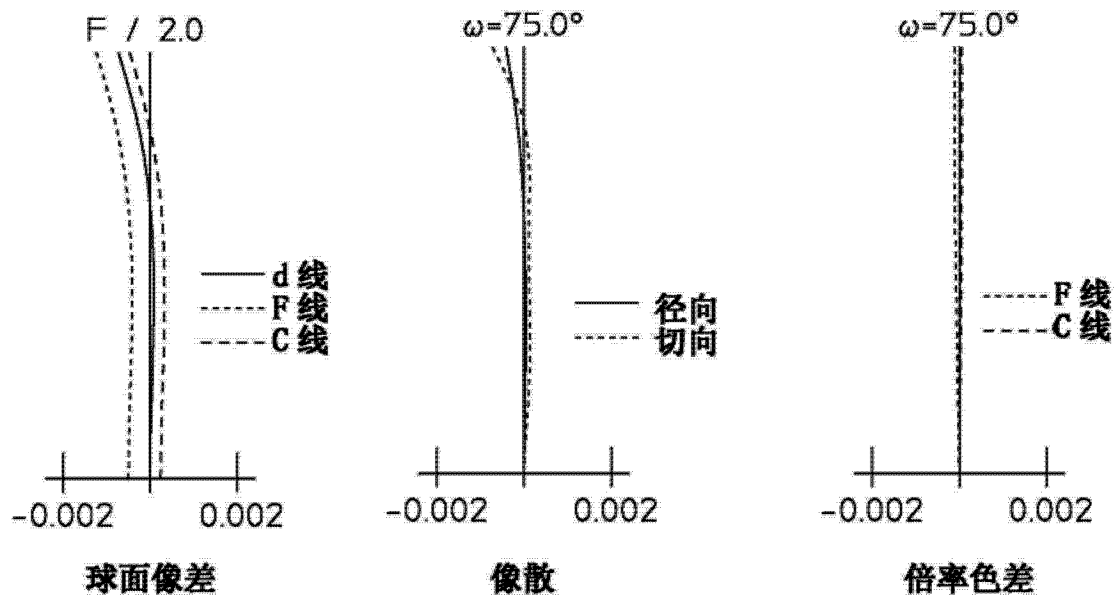


图 46

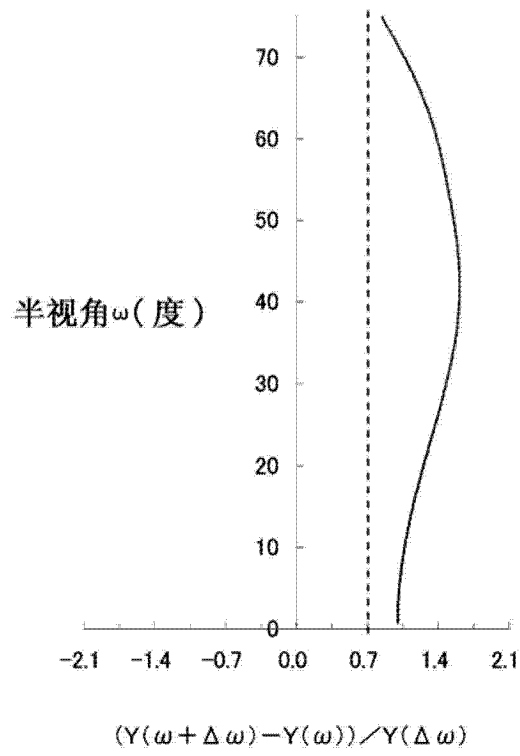


图 47

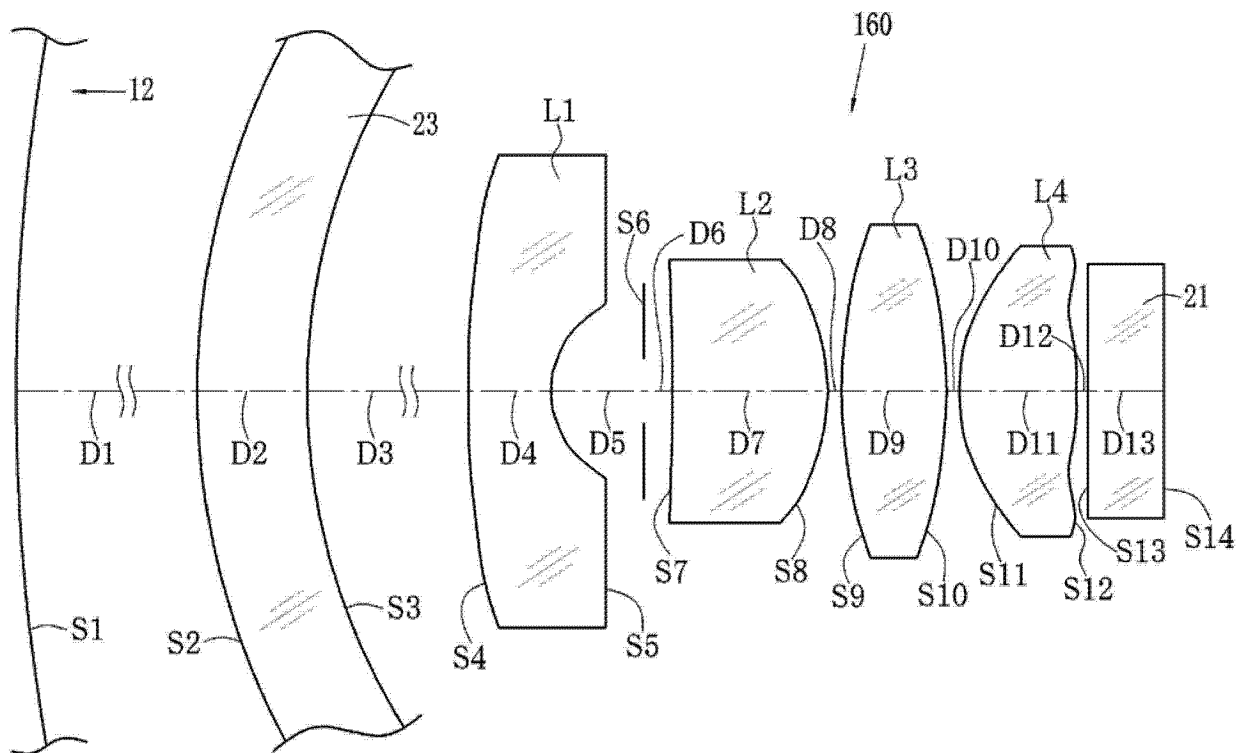


图 48

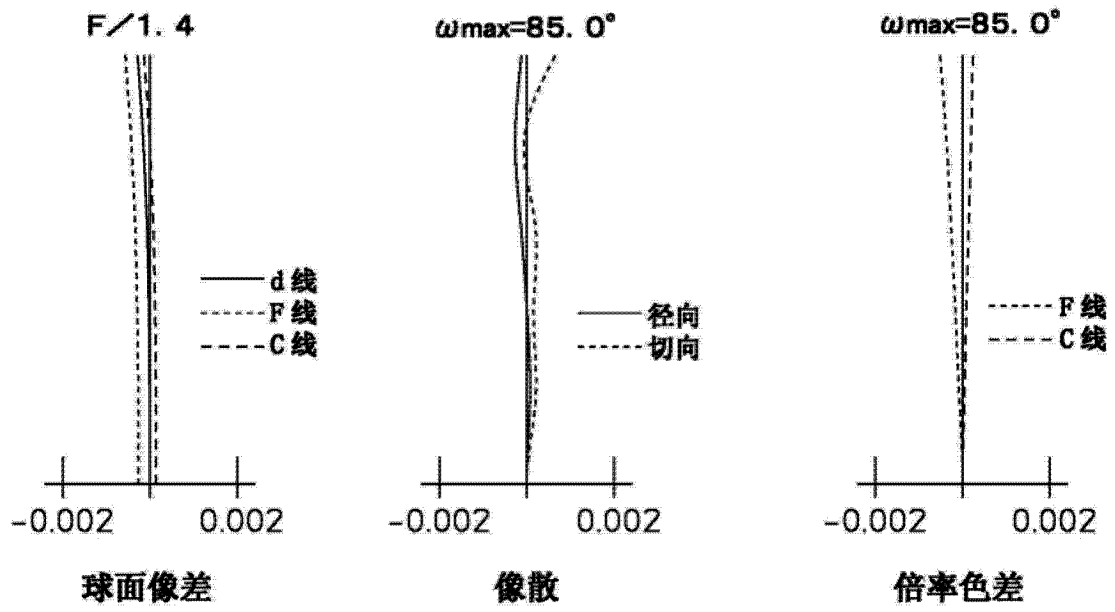


图 49

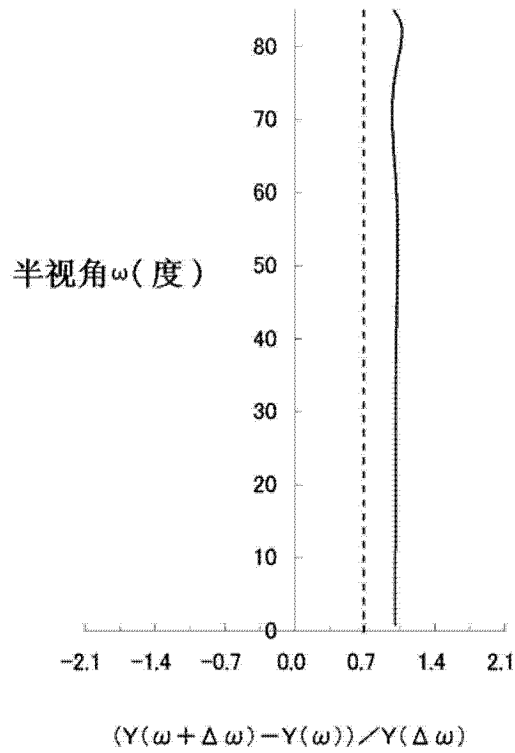


图 50

专利名称(译)	用于胶囊内窥镜的图像拾取光学系统		
公开(公告)号	CN102369472B	公开(公告)日	2014-06-04
申请号	CN201080013445.3	申请日	2010-03-24
[标]申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
[标]发明人	马场智之 宫野俊		
发明人	马场智之 宫野俊		
IPC分类号	G02B13/04 A61B1/00 G02B13/18 G02B23/26		
CPC分类号	A61B1/0676 A61B1/041 A61M2039/0279 A61B1/0607 G02B23/243 A61B1/0684 A61B1/00188 G02B3/00 G02B13/06 A61B1/05 A61B1/00096		
审查员(译)	田静怡		
优先权	2009074546 2009-03-25 JP 2009071918 2009-03-24 JP		
其他公开文献	CN102369472A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

为了加宽视角和使图像表面在全视角范围内与图像拾取表面附近一致或重合,提供了一种胶囊内窥镜(10),包括图像拾取光学系统(20),其用于捕获半球形凹面形状的物体表面(12)的图像。该图像拾取光学系统满足由 $-5.0 \leq \Delta Z_r / \Delta Z_p \leq 5.0$ 表示的条件。这里,当最大半视角是 ω_{max} 时, ΔZ_r 表示实像表面关于最大视角 $2\omega_{max}$ 的光通量的位置和实像表面关于最大半视角 ω_{max} 的光通量的位置之间的差异,并且 ΔZ_p 表示虚物面表面(24)的近轴图像形成位置和虚物面表面(25)的近轴图像形成位置之间的差异。虚物面表面(24)通过物体表面(12)与 $2\omega_{max}$ 的主光线的交点(P1)并且垂直于光轴(XP)。虚物面表面(25)通过物体表面(12)与 ω_{max} 的主光线的交点(P2)并且垂直于光轴(XP)。

