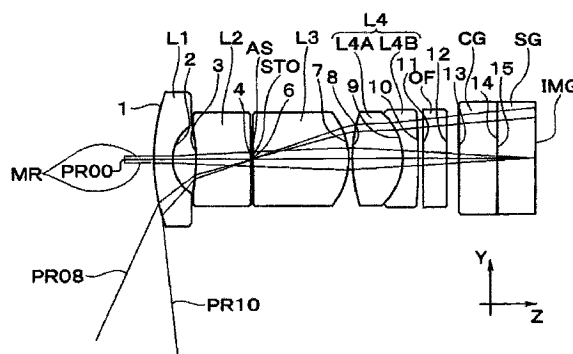




(45) 授权公告日 2014.01.08



1. 一种物镜, 其从物体侧依次包括具有负光焦度的前透镜组、亮度光圈、及具有正光焦度的后透镜组,

上述前透镜组从物体侧依次包括凸面朝向物体侧的负凸凹透镜的第 1 透镜、及凹面朝向物体侧的负透镜的第 2 透镜,

上述后透镜组从物体侧依次包括正透镜的第 3 透镜、及接合正透镜与负透镜而成的第 4 透镜,

上述物镜满足以下条件式(1):

$$-0.8 < f_F/f_R < -0.3 \quad \cdots (1)$$

其中,

f_F 是前透镜组的焦距,

f_R 是后透镜组的焦距。

2. 根据权利要求 1 所述的物镜, 其中,

上述物镜还满足以下条件式(2)~(3):

$$-1.5 < f_F/FL < -0.5 \quad \cdots (2)$$

$$1.7 < Fb/FL < 3.5 \quad \cdots (3)$$

其中,

FL 是整个系统的焦距,

Fb 是后侧焦点位置, 即从上述第 4 透镜的最靠像侧的面到后侧焦点的距离。

3. 根据权利要求 2 所述的物镜, 其中,

上述物镜还满足以下条件式(4)~(6):

$$-10 < r_{2a}/FL < -2.5 \quad \cdots (4)$$

$$-0.5 < L_{enp}/FL < 0.3 \quad \cdots (5)$$

$$v_d < 20 \quad \cdots (6)$$

其中,

r_{2a} 是第 2 透镜的物体侧的面的曲率半径,

L_{enp} 是最大视场角下的入射光瞳位置, 即自上述第 1 透镜的物体侧的面至入射光瞳的距离, 且 L_{enp} 的符号是朝向像侧的方向为+方向,

v_d 是第 4 透镜中的负透镜的阿贝数。

4. 一种内窥镜装置, 包括:

权利要求 1 所述的物镜; 以及

观察画面, 其用于显示由上述物镜成像的像;

在上述观察画面上显示用于识别视场角的标识。

5. 根据权利要求 4 所述的内窥镜装置, 其中,

上述内窥镜装置还具有用于电生成上述标识的标识生成部件,

上述标识在上述观察画面上的显示能够进行显示/非显示的切换。

物镜及内窥镜装置

技术领域

[0001] 本发明涉及小型且广角的物镜及具有该物镜的内窥镜装置。

背景技术

[0002] 由于内窥镜用于观察例如体腔内,因此要求内窥镜的物镜为小型且广角的物镜。而且,作为以往的内窥镜的物镜,大多提出有视场角(2ω)为 $90^\circ \sim 140^\circ$ 左右的物镜。例如在日本特开平 10-20189 号公报中,提出了一种视场角为 $112^\circ \sim 140^\circ$ 的物镜。另外,作为更为广角的物镜,例如在日本特开 2006-251272 号公报中,提出了一种视场角为 $150^\circ \sim 170^\circ$ 的物镜。

[0003] 另一方面,作为应用于除内窥镜以外的领域的广角的物镜,例如具有日本实用新型登录第 3140304 号公报所示的物镜。该日本实用新型登录第 3140304 号公报所述的物镜是车辆用信息记录装置用的物镜,视场角为 $110^\circ \sim 175^\circ$ 。作为应用于除内窥镜以外的领域的广角物镜的其他例子,例如存在日本特开 2004-258515 号公报、日本特开 2004-29282 号公报等所示的物镜。前者的日本特开 2004-258515 号公报所述的物镜是单镜头反光数字照相机用的鱼眼透镜,视场角为 180° 。此外,后者的日本特开 2004-29282 号公报所述的物镜是监视摄像机用的广角透镜,视场角为 $128^\circ \sim 139^\circ$ 。

[0004] 而且,作为应用于除内窥镜以外的领域的简易结构的透镜的例子,具有日本特开平 9-297264 号公报所示的透镜。该日本特开平 9-297264 号公报所述的透镜是数字照相机用的透镜,视场角为 60° 左右。

[0005] 近年来,作为内窥镜用,期望有更为广角的物镜。要求广角化的理由与缩短检查时间有关。例如当观察像大肠那样的在管腔内具有皱襞的形状的被摄体时,为了观察皱襞的背侧,需要进行使内窥镜顶端弯曲的操作。这是因为,此时,若物镜的视场角较宽则能够一次性地观察到较广的范围,因此不使内窥镜顶端弯曲或者以较少的弯曲量就能够完成观察,能够有助于缩短检查时间。

[0006] 上述日本实用新型登录第 3140304 号公报的第 3 实施例所述的物镜的视场角为 175° ,实现了比日本特开平 10-20189 号公报所述的物镜更广的视场角,但是作为内窥镜用,期望有进一步广角的物镜。

[0007] 另外,上述日本特开 2004-258515 号公报所述的物镜的视场角为 180° ,实现了比上述日本特开 2006-251272 号公报所述的物镜更广的视场角,但是由于最靠物体侧的透镜的外径较大,因此作为内窥镜的物镜是不合适的。另外,由于日本特开 2004-29282 号公报所述的物镜的视场角小于上述日本特开 2006-251272 号公报所述的物镜的视场角,并且最靠物体侧的透镜的外径较大,因此作为内窥镜的物镜也是不合适的。

[0008] 而且,上述日本特开平 9-297264 号公报所述的物镜由于视场角狭小,因此作为内窥镜用是不合适的。

发明内容

[0009] 本发明是鉴于上述情况而完成的,其目的在于提供适用于内窥镜的、小型且视场角为 180° 以上的广角的物镜及具有该物镜的内窥镜装置。

[0010] 为了达到上述目的,本发明的一技术方案物镜从物体侧依次包括具有负光焦度的前透镜组、亮度光圈、及具有正光焦度的后透镜组,上述前透镜组从物体侧依次包括凸面朝向物体侧的负凹凸透镜的第1透镜、及凹面朝向物体侧的负透镜的第2透镜,上述后透镜组从物体侧依次包括正透镜的第3透镜、及接合正透镜与负透镜而成的第4透镜,上述物镜满足以下条件式(1):

$$[0011] \quad -0.8 < f_F/f_R < -0.3 \quad \dots (1)$$

[0012] 其中, f_F 是前透镜组的焦距, f_R 是后透镜组的焦距。

[0013] 另外,本发明的另一技术方案的内窥镜装置包括:上述物镜;以及观察画面,其用于显示由上述物镜成像的像;在上述观察画面上显示用于识别视场角的标识。

附图说明

[0014] 图1是表示本发明的一实施方式中的第1~14实施例的物镜的规格及条件式的元素值的图表。

[0015] 图2是与对各个条件式所分配的上限值以及/或者下限值并列地表示上述实施方式中的第1~14实施例的物镜的条件式的值的图表。

[0016] 图3是表示沿着包含上述实施方式中的第1实施例的物镜的光学系统的光路的结构图。

[0017] 图4是表示上述实施方式中的第1实施例的物镜的球面像差、像散、倍率色像差的图。

[0018] 图5是表示沿着包含上述实施方式中的第2实施例的物镜的光学系统的光路的结构图。

[0019] 图6是表示上述实施方式中的第2实施例的物镜的球面像差、像散、倍率色像差的图。

[0020] 图7是表示沿着包含上述实施方式中的第3实施例的物镜的光学系统的光路的结构图。

[0021] 图8是表示上述实施方式中的第3实施例的物镜的球面像差、像散、倍率色像差的图。

[0022] 图9是表示沿着包含上述实施方式中的第4实施例的物镜的光学系统的光路的结构图。

[0023] 图10是表示上述实施方式中的第4实施例的物镜的球面像差、像散、倍率色像差的图。

[0024] 图11是表示沿着包含上述实施方式中的第5实施例的物镜的光学系统的光路的结构图。

[0025] 图12是表示上述实施方式中的第5实施例的物镜的球面像差、像散、倍率色像差的图。

[0026] 图13是表示沿着包含上述实施方式中的第6实施例的物镜的光学系统的光路的结构图。

[0027] 图 14 是表示上述实施方式中的第 6 实施例的物镜的球面像差、像散、倍率色像差的图。

[0028] 图 15 是表示沿着包含上述实施方式中的第 7 实施例的物镜的光学系统的光路的结构图。

[0029] 图 16 是表示上述实施方式中的第 7 实施例的物镜的球面像差、像散、倍率色像差的图。

[0030] 图 17 是表示沿着包含上述实施方式中的第 8 实施例的物镜的光学系统的光路的结构图。

[0031] 图 18 是表示上述实施方式中的第 8 实施例的物镜的球面像差、像散、倍率色像差的图。

[0032] 图 19 是表示沿着包含上述实施方式中的第 9 实施例的物镜的光学系统的光路的结构图。

[0033] 图 20 是表示上述实施方式中的第 9 实施例的物镜的球面像差、像散、倍率色像差的图。

[0034] 图 21 是表示上述实施方式中的第 9 实施例的物镜的、第 1 透镜的像侧面的非球面形状的线型图。

[0035] 图 22 是表示沿着包含上述实施方式中的第 10 实施例的物镜的光学系统的光路的结构图。

[0036] 图 23 是表示上述实施方式中的第 10 实施例的物镜的球面像差、像散、倍率色像差的图。

[0037] 图 24 是表示上述实施方式中的第 10 实施例的物镜的、第 1 透镜的像侧面的非球面形状的线型图。

[0038] 图 25 是表示沿着包含上述实施方式中的第 11 实施例的物镜的光学系统的光路的结构图。

[0039] 图 26 是表示上述实施方式中的第 11 实施例的物镜的球面像差、像散、倍率色像差的图。

[0040] 图 27 是表示上述实施方式中的第 11 实施例的物镜的、第 1 透镜的像侧面的非球面形状的线型图。

[0041] 图 28 是表示沿着包含上述实施方式中的第 12 实施例的物镜的光学系统的光路的结构图。

[0042] 图 29 是表示上述实施方式中的第 12 实施例的物镜的球面像差、像散、倍率色像差的图。

[0043] 图 30 是表示上述实施方式中的第 12 实施例的物镜的、第 1 透镜的像侧面的非球面形状的线型图。

[0044] 图 31 是表示沿着包含上述实施方式中的第 13 实施例的物镜的光学系统的光路的结构图。

[0045] 图 32 是表示上述实施方式中的第 13 实施例的物镜的球面像差、像散、倍率色像差的图。

[0046] 图 33 是表示上述实施方式中的第 13 实施例的物镜的、第 1 透镜的像侧面的非球

面形状的线型图。

[0047] 图 34 是表示沿着包含上述实施方式中的第 14 实施例的物镜的光学系统的光路的结构图。

[0048] 图 35 是表示上述实施方式中的第 14 实施例的物镜的球面像差、像散、倍率色像差的图。

[0049] 图 36 是表示上述实施方式中在内窥镜装置的观察画面上显示了用于识别视场角 170° 的范围的标识的例子的图。

[0050] 图 37 是表示上述实施方式中在内窥镜装置的观察画面上显示了用于识别视场角 180° 的范围的标识的例子的图。

具体实施方式

[0051] 以下,参照附图说明本发明的实施方式。

[0052] (实施方式)

[0053] 首先,本实施方式中所使用的各个符号如下所示。

[0054] FL:整个系统的焦距

[0055] Fno:F 值

[0056] 2ω :视场角(以 deg 为单位)

[0057] IH:像高

[0058] f_F :前透镜组的焦距

[0059] f_R :后透镜组的焦距

[0060] Fb:后侧焦距位置(从上述第 4 透镜的最靠像侧的面到后侧焦点的距离)

[0061] r_{2a} :第 2 透镜的物体侧的面的曲率半径

[0062] L_{enp} :最大视场角下的入射光瞳位置(是距第 1 面的距离,符号是朝向像侧为 + 方向)

[0063] v_d :第 4 透镜中的负透镜的阿贝数

[0064] 接着,说明本发明的实施方式的物镜。

[0065] 为了实现小型且视场角为 180° 以上的广角的物镜,光学系统的透镜结构是重要的。若仅为了单纯谋求广角化,则可采用配置许多透镜、逐渐会聚轴外光的结构。但是,在这种结构中,光学系统的整个长度及物镜的顶端的外径增大,不能够实现小型化。因而,为了在谋求广角化的同时谋求小型化,期望设为最低限度的透镜结构。

[0066] 因此,在本实施方式的物镜中,采用了使相对于亮度光圈位于物体侧的前透镜组具有负光焦度、使位于像侧的后透镜组具有正光焦度的基本结构。前透镜组主要发挥向亮度光圈引导较宽视场角的光线的作用和确保透镜整个系统的后焦距的作用。后透镜组主要发挥成像作用。

[0067] 关于前透镜组的结构,第 1 透镜设为凸面朝向物体侧的负凹凸透镜形状,会聚 180° 以上的视场角的轴外主光线,向第 2 透镜进行引导。使第 1 透镜的凸面朝向物体侧是因为,若不朝向物体侧,则不能够会聚 180° 以上的视场角的轴外主光线。

[0068] 第 2 透镜设为凹面朝向物体侧的负透镜。凹面朝向物体侧的形状虽然不适于会聚较宽视场角的轴外主光线,但是适合于将轴外光线高度抑制为较低。即,由于使第 1 透镜具

有充分地会聚 180° 以上的视场角的轴外主光线的作用,因此能够使第 2 透镜主要具有将轴外光线高度抑制为较低的作用。而且,利用第 2 透镜将亮度光圈的像投影在第 2 透镜附近,将轴外主光线高度抑制为较低。

[0069] 后透镜组包括主要具有成像作用的正第 3 透镜和主要具有色像差校正作用的第 4 透镜。通过将位于远离亮度光圈的位置的第 4 透镜设为接合正透镜与负透镜而成的接合透镜,能够校正轴上色像差,并且能够同时也校正倍率的色像差。

[0070] 在设为如上所述的结构的基础上,本实施方式的物镜须满足以下条件式 (1)。

$$[0071] \quad -0.8 < f_F/f_R < -0.3 \quad \dots (1)$$

[0072] 该条件式 (1) 是关于确保视场角及确保后焦距的条件式,是限制了前透镜组与后透镜组的光焦度分配的式子。即,若前透镜组的焦距 f_F 相对于后透镜组的焦距 f_R 的比例 f_F/f_R 成为下限值 -0.8 以下,则难以确保视场角及确保后焦距。例如若后焦距不足,则不能够将滤色器或玻璃盖片等光学构件配置在第 4 透镜与像面之间。另一方面,若 f_F/f_R 成为上限值 -0.3 以上,则虽然有利于确保视场角及确保后焦距,但是通过后透镜组的光线高度增大且后透镜组的透镜直径增大,不利于谋求小型化。因而,该条件式 (1) 成为用于确保视场角及后焦距并且同时谋求后透镜组的小型化的条件式。

[0073] 另外,本实施方式的物镜除了条件式 (1) 以外进一步优选满足以下条件式 (2) 及 (3)。

$$[0074] \quad -1.5 < f_F/FL < -0.5 \quad \dots (2)$$

$$[0075] \quad 1.7 < Fb/FL < 3.5 \quad \dots (3)$$

[0076] 条件式 (2) 是关于前透镜组的透镜外径的条件式,限定了前透镜组的光焦度。若前透镜组的焦距 f_F 相对于整个系统的焦距 FL 的比例 f_F/FL 成为下限值 -1.5 以下,则难以将通过前透镜组的轴外光线高度抑制为较低,不能够实现小型化。另一方面,若 f_F/FL 成为上限值 -0.5 以上,则虽然有利于将通过前透镜组的轴外光线高度抑制为较低,但是难以校正像差。即,若 f_F/FL 成为上限值 -0.5 以上,则珀兹伐和成为负值而像面倒向正侧,因此不优选。

[0077] 条件式 (3) 是关于条件式 (1) 所述的后焦距的条件式,是直接限制了适合于后焦距的范围的条件式。若后侧焦距 Fb 相对于整个系统的焦距 FL 的比例 Fb/FL 成为下限值 1.7 以下,则后焦距不足,对于配置滤色器或玻璃盖片等光学构件是不利的。另一方面,若 Fb/FL 成为上限值 3.5 以上则后焦距过量,整个长度不需要地增长,因此不优选。

[0078] 而且,本实施方式的物镜除了条件式 (1) ~ (3) 以外进一步优选满足以下条件式 (4) ~ (6)。

$$[0079] \quad -10 < r_{2a}/FL < -2.5 \quad \dots (4)$$

$$[0080] \quad -0.5 < L_{enp}/FL < 0.3 \quad \dots (5)$$

$$[0081] \quad v_d < 20 \quad \dots (6)$$

[0082] 其中的条件式 (4)、(5) 是关于前透镜组的小型化的条件式。首先,条件式 (4) 限定了第 2 透镜的物体侧的面的形状。若第 2 透镜的物体侧的面的曲率半径 r_{2a} 相对于整个系统的焦距 FL 的比例 r_{2a}/FL 成为下限值 -10 以下,则难以将通过前透镜组的轴外光线高度抑制为较低。另一方面,若 r_{2a}/FL 成为上限值 -2.5 以上,则第 2 透镜的物体侧的面的曲率半径变小,导致轴外光线容易发生全反射,因此不优选。

[0083] 接着,条件式(5)是限制了最大视场角下的入射光瞳位置的条件式。期望最大视场角下的入射光瞳位置在第1透镜附近。若最大视场角下的入射光瞳位置 L_{enp} 相对于整个系统的焦距 FL 的比例 L_{enp}/FL 成为上限值 0.3 以上,则通过前透镜组的轴外光线容易变高。另一方面,若 L_{enp}/FL 成为下限值 -0.5 以下,则第1透镜的物体侧的凸形状增强,因此当配置在内窥镜的顶端部分时,物镜的最靠物体侧的面的突出量变大,导致透镜顶端部容易被划伤,因此不优选。

[0084] 此外,条件式(6)是关于色像差的校正、并限制了第4透镜中的负透镜的阿贝数 ν_d 的条件式。像本实施方式的物镜那样,当为隔着亮度光圈配置了具有负光焦度的前透镜组和具有正光焦度的后透镜组的透镜结构且视场角较大时,校正倍率色像差是特别重要的。因此,在将位于远离亮度光圈的位置的第4透镜设为接合透镜的基础上,最好将该第4透镜中的负透镜设为阿贝数小于 20 的透镜。

[0085] 另外,作为阿贝数小于 20 的玻璃材料,例如能够列举出以下玻璃材料作为几个例子。

[0086] (玻璃材料例 1)

[0087] 玻璃材料名:S-NPH2

[0088] 阿贝数(ν_d):18.90

[0089] 玻璃编码:923189

[0090] 株式会社小原(株式会社オハラ)

[0091] (玻璃材料例 2)

[0092] 玻璃材料名:K-PSFn214

[0093] 阿贝数(ν_d):17.77

[0094] 玻璃编码:144178

[0095] 株式会社住田光学玻璃(株式会社住田光学ガラス)

[0096] 玻璃材料例 1、2 这两者均为色散较大,色像差校正能力极大。通过将这种玻璃材料使用于第4透镜中的负透镜,能够有效地校正倍率色像差。另外,并不限于上述玻璃材料例 1、2,只要使用阿贝数(ν_d)小于 20 的玻璃材料,关于色像差校正就能够起到相同的效果。

[0097] 而且,本实施方式的物镜是如上所述的物镜应用于内窥镜的内窥镜用物镜,优选视场角(2ω)为 180° 以上。通过使用视场角超过 180° 的内窥镜用物镜,能够观察与以往相比广角的范围。

[0098] 此外,也可以在本实施方式的物镜的成像面附近配置场镜。在此,场镜是用于转换物镜的出射光瞳位置的透镜。通过设置该场镜,能够控制入射到摄像元件的光线的角度,特别是能够在画面周边进行良好的角度控制。关于将该场镜设为具有正光焦度的透镜或者具有负光焦度的透镜中的哪一个,只要根据需要适当地确定即可。

[0099] 另外,若本实施方式的物镜中的第4透镜是从物体侧依次按照正透镜、负透镜的顺序配置接合的透镜,则能够良好地校正倍率色像差,因此是优选的。但是,第4透镜也可以是从物体侧依次按照负透镜、正透镜的顺序配置接合的透镜。

[0100] 接着,参照图 1~图 37 说明本实施方式的物镜的第 1~14 实施例。

[0101] 图 1 是表示第 1~14 实施例的物镜的规格及上述条件式的元素值的图表。

[0102] 此外,图 2 是与对各个条件式所分配的上限值和 / 或下限值并列地表示第 1 ~ 14 实施例的物镜的条件式的值的图表。观察该图表可知,第 1 ~ 11、14 实施例的物镜满足上述条件式 (1) ~ (6)。此外,第 12、13 实施例的物镜也满足除条件式 (4) 以外的条件式 (1) ~ (3)、(5)、(6)。

[0103] 而且,在图 3、图 5、图 7、图 9、图 11、图 13、图 15、图 17、图 19、图 22、图 25、图 28、图 31、图 34 中分别示出了沿着包含第 1 ~ 14 实施例的物镜的光学系统的光路的结构。在此,在这各个图中,将光学系统的光轴方向设为 z 方向,将像高方向设为 y 方向。此外,在图 4、图 6、图 8、图 10、图 12、图 14、图 16、图 18、图 20、图 23、图 26、图 29、图 32、图 35 中分别示出了第 1 ~ 14 实施例的物镜的像差图。而且,在图 21、图 24、图 27、图 30、图 33 中作为 S2 分别示出了第 9 ~ 13 实施例中的物镜的第 1 透镜的像侧面 (如下所述那样面编号 2) 的非球面形状。

[0104] 在此,在沿着光路的包含物镜的光学系统的结构图中,附图标记 L1 表示第 1 透镜,附图标记 L2 表示第 2 透镜,附图标记 AS 表示亮度光圈,附图标记 L3 表示第 3 透镜,附图标记 L4 表示第 4 透镜 (第 4 透镜 L4 的物体侧的正透镜为附图标记 L4A,第 4 透镜 L4 的像侧的负透镜为附图标记 L4B),附图标记 OF 表示假设为激光截止滤波器、红外线截止滤波器、光学低通滤波器等光学滤波器的光学构件,附图标记 CG 表示 CCD 玻璃盖片、附图标记 SG 表示 CCD 芯片密封玻璃,将光轴方向设为 Z 轴,将距光轴的高度方向设为 Y 轴。而且,附图标记 PR00 表示光轴,附图标记 MR 表示轴上边缘光线,附图标记 PR08 表示像高比为 0.8 的主光线,附图标记 PR10 表示像高比为 1 的主光线。

[0105] 此外,关于第 1 ~ 5、8 ~ 14 实施例中的光学面的面编号,第 1 透镜 L1 的物体侧为 1,第 1 透镜 L1 的像侧为 2,第 2 透镜 L2 的物体侧为 3,第 2 透镜 L2 的像侧为 4,亮度光圈 AS 为 ST0 (在此,作为面编号,取代记为“5”而记为“ST0”),第 3 透镜 L3 的物体侧为 6,第 3 透镜 L3 的像侧为 7,第 4 透镜 L4 的物体侧的正透镜 L4A 的物体侧为 8,第 4 透镜 L4 的物体侧的正透镜 L4A 与像侧的负透镜 L4B 之间的接合面为 9,第 4 透镜 L4 的像侧的负透镜 L4B 的像侧为 10,光学构件 OF 的物体侧为 11,光学构件 OF 的像侧为 12,CCD 玻璃盖片 CG 的物体侧为 13,CCD 玻璃盖片 CG 的像侧为 14,CCD 芯片密封玻璃 SG 的物体侧为 15。而且,像面 IMG 位于 CCD 芯片密封玻璃 SG 的物体侧。

[0106] 另外,在第 6、7 实施例中,光学构件的配置不同而位于第 2 透镜 L2 与亮度光圈 AS 之间,而且由第 1 光学构件 OF1 和第 2 光学构件 OF2 这 2 片构成。因而,光学面的至第 2 透镜 L2 的面编号与第 1 ~ 5、8 ~ 14 实施例相同,但是关于比其更靠像侧的面编号,第 1 光学构件 OF1 的物体侧为 5,第 1 光学构件 OF1 的像侧为 6,第 2 光学构件 OF2 的物体侧为 7,第 2 光学构件 OF2 的像侧为 8,亮度光圈 AS 为 ST0,第 3 透镜 L3 的物体侧为 10,第 3 透镜 L3 的像侧为 11,第 4 透镜 L4 的物体侧的正透镜 L4A 的物体侧为 12,第 4 透镜 L4 的物体侧的正透镜 L4A 与像侧的负透镜 L4B 之间的接合面为 13,第 4 透镜 L4 的像侧的负透镜 L4B 的像侧为 14,CCD 玻璃盖片 CG 的物体侧为 15,CCD 玻璃盖片 CG 的像侧为 16,CCD 芯片密封玻璃 SG 的物体侧为 17。而且,像面 IMG 位于 CCD 芯片密封玻璃 SG 的物体侧这一点与上述相同。

[0107] 而且,在各个像差图中,示出了 g 线 (波长 435.83nm)、 F 线 (波长 486.13nm)、 C 线 (波长 656.27nm)、 d 线 (波长 587.56nm)、子午线 M 、弧矢线 S 。

[0108] 此外,在以下各个实施例所示的数值数据中,“INF”表示无穷大,对非球面 (ASP)

的面编号标注符号 \$。另外,折射率是相对于 d 线(波长 587.56nm)的值。而且,OBJ 表示物体面,IMG 如上所述为像面。而且,在非球面的数值数据中,符号“RDY”表示近轴曲率半径,符号“K”表示圆锥系数,符号“AC2”~“AC10”表示接下来所示的非球面式中的 2 次~10 次的偶数次的非球面系数,符号“E”及其后的数字表示 10 的取幂。

[0109] (非球面式)

[0110]

$$Z = \frac{\left(\frac{1}{RDY}\right) \times Y^2}{1 + \sqrt{1 - (K+1) \times \left(\frac{1}{RDY}\right)^2 \times Y^2}} + AC2 \times Y^2 + AC4 \times Y^4 + AC6 \times Y^6 + AC8 \times Y^8 + AC10 \times Y^{10}$$

[0111] 在此,在该非球面式中,Y 也表示距光轴的高度,Z 表示非球面的光轴方向的坐标。但是,仅在该非球面式中将 Z 轴的原点设定在 Y = 0 的位置。

[0112] 第 1 实施例

[0113] 图 3 是表示沿着包含第 1 实施例的物镜的光学系统的光路的结构图,图 4 是表示第 1 实施例的物镜的球面像差、像散、倍率色像差的图。

[0114] 如图 3 所示,第 1 实施例的物镜从物体侧依次包括凸面朝向物体侧的负凹凸透镜的第 1 透镜 L1、凹面朝向物体侧的负凹凸透镜的第 2 透镜 L2、亮度光圈 AS、凸面朝向像侧的平凸透镜(正透镜)的第 3 透镜 L3、接合作为正透镜的两凸透镜 L4A 与凹面朝向物体侧的负凹凸透镜 L4B 而成的第 4 透镜 L4。第 4 透镜 L4 中的负透镜 L4B 由玻璃材料 S-NPH2 形成,阿贝数(vd)为 18.90。而且,透镜 L1、L2 构成具有负光焦度的前透镜组,透镜 L3、L4 构成具有正光焦度的后透镜组。

[0115] 在第 4 透镜 L4 的像侧,从物体侧依次配置有上述光学构件 OF、CCD 玻璃盖片 CG、CCD 芯片密封玻璃 SG。

[0116] 在图 3 中,作为光线示出了光轴 PR00、轴上边缘光线 MR、以最大视场角 192.2° 且以像高比 1(像高 1.296)成像的主光线 PR10、以像高比 0.8(像高 1.296 × 0.8)成像的主光线 PR08。

[0117] 此外,球面像差、像散、倍率色像差如图 4 所示。

[0118] 该第 1 实施例的光学系统的数值数据如下所述。

[0119]

面编号	曲率半径	面间隔	折射率	阿贝数vd
OBJ	INF	INF	1.	
1	5.1465	0.4812	1.88300	40.76
2	1.0567	0.5919	1.	
3	-4.0762	1.3950	1.88300	40.76
4	-29.7830	0.0192	1.	
STO	INF	0.0290	1.	
6	INF	2.4069	1.88300	40.76
7	-1.9029	0.0962	1.	
8	4.0188	1.2696	1.72916	54.68
9	-1.6134	0.3850	1.92286	18.90
10	-17.7120	0.1251	1.	
11	INF	0.5775	1.51800	75.00
12	INF	0.3068	1.	
13	INF	0.9625	1.51633	64.14
14	INF	0.0096	1.51000	64.10
15	INF	0.9625	1.61061	50.20
IMG	INF	0.		

[0120] 第2实施例

[0121] 图5是表示沿着包含第2实施例的物镜的光学系统的光路的结构图,图6是表示第2实施例的物镜的球面像差、像散、倍率色像差的图。

[0122] 如图5所示,第2实施例的物镜从物体侧依次包括凸面朝向物体侧的负凹凸透镜的第1透镜L1、凹面朝向物体侧的平凹透镜(负透镜)的第2透镜L2、亮度光圈AS、凸面朝向像侧的平凸透镜(正透镜)的第3透镜L3、接合作为正透镜的两凸透镜L4A与凹面朝向物体侧的负凹凸透镜L4B而成的第4透镜L4。第4透镜L4中的负透镜L4B由玻璃材料S-NPH2形成,阿贝数(vd)为18.90。而且,透镜L1、L2构成具有负光焦度的前透镜组,透镜L3、L4构成具有正光焦度的后透镜组。

[0123] 在第4透镜L4的像侧,从物体侧依次配置有上述光学构件OF、CCD玻璃盖片CG、CCD芯片密封玻璃SG。

[0124] 在图5中,作为光线示出了光轴PR00、轴上边缘光线MR、以最大视场角 195.7° 且以像高比1(像高1.321)成像的主光线PR10、以像高比0.8(像高 1.321×0.8)成像的主光线PR08。

[0125] 此外,球面像差、像散、倍率色像差如图6所示。

[0126] 该第2实施例的光学系统的数值数据如下所述。

[0127]

面编号	曲率半径	面间隔	折射率	阿贝数vd
OBJ	INF	INF	1.	
1	4.4620	0.4909	2.17840	33.00
2	1.1005	0.4557	1.	
3	-4.8533	1.4304	1.88300	40.76
4	INF	0.0196	1.	
STO	INF	0.0295	1.	
6	INF	2.5538	1.88300	40.76
7	-1.9332	0.0982	1.	
8	3.9915	1.3346	1.72916	54.68
9	-1.6141	0.3927	1.92286	18.90
10	-19.1193	0.1276	1.	
11	INF	0.5891	1.51800	75.00
12	INF	0.4610	1.	
13	INF	0.9818	1.51633	64.14
14	INF	0.0098	1.51000	64.10
15	INF	0.9818	1.61061	50.20
IMG	INF	0.		

[0128] 第3实施例

[0129] 图7是表示沿着包含第3实施例的物镜的光学系统的光路的结构图,图8是表示第3实施例的物镜的球面像差、像散、倍率色像差的图。

[0130] 如图7所示,第3实施例的物镜从物体侧依次包括凸面朝向物体侧的负凹凸透镜的第1透镜L1、凹面朝向物体侧的负凹凸透镜的第2透镜L2、亮度光圈AS、凸面朝向像侧的平凸透镜(正透镜)的第3透镜L3、接合作为正透镜的两凸透镜L4A与凹面朝向物体侧的负凹凸透镜L4B而成的第4透镜L4。其中的第1透镜L1的像侧面成为非球面,其非球面形状为负光焦度随着远离光轴而减弱的形状。另外,第4透镜L4中的负透镜L4B由玻璃材料S-NPH2形成,阿贝数(v_d)为18.90。而且,透镜L1、L2构成具有负光焦度的前透镜组,透镜L3、L4构成具有正光焦度的后透镜组。

[0131] 在第4透镜L4的像侧,从物体侧依次配置有上述光学构件OF、CCD玻璃盖片CG、CCD芯片密封玻璃SG。

[0132] 在图7中,作为光线示出了光轴PR00、轴上边缘光线MR、以最大视场角 191.8° 且以像高比1(像高1.317)成像的主光线PR10、以像高比0.8(像高 1.317×0.8)成像的主光线PR08。

[0133] 此外,球面像差、像散、倍率色像差如图 8 所示。

[0134] 该第 3 实施例的光学系统的数值数据如下所述。

[0135]

面编号		曲率半径	面间隔	折射率	阿贝数vd
OBJ		INF	INF	1.	
1		4.3298	0.4891	1.88300	40.76
2\$		0.8108	0.5625	1.	
3		-3.6006	1.1202	1.88300	40.76
4		-4.2697	0.0196	1.	
STO		INF	0.0276	1.	
6		INF	2.5704	1.88300	40.76
7		-2.1856	0.0978	1.	
8		3.9565	1.3123	1.72916	54.68
9		-1.6309	0.3913	1.92286	18.90
10		-11.9682	0.1272	1.	
11		INF	0.5869	1.51800	75.00
12		INF	0.3157	1.	
13		INF	0.9782	1.51633	64.14
14		INF	0.0098	1.51000	64.10
15		INF	0.9782	1.61061	50.20
IMG		INF	0.		
S2	ASP	RDY	K		
		0.8108	0.1546		
		AC2	AC4	AC6	AC8
A					
C10					
		0.0000E+00	-4.2044E-02	-3.0553E-02	0.0000E+00
					0.
0000E+00					

[0136] 第 4 实施例

[0137] 图 9 是表示沿着包含第 4 实施例的物镜的光学系统的光路的结构图,图 10 是表示第 4 实施例的物镜的球面像差、像散、倍率色像差的图。

[0138] 如图 9 所示,第 4 实施例的物镜从物体侧依次包括凸面朝向物体侧的负凹凸透镜的第 1 透镜 L1、凹面朝向物体侧的平凹透镜(负透镜)的第 2 透镜 L2、亮度光圈 AS、凸面朝向像侧的平凸透镜(正透镜)的第 3 透镜 L3、接合作为正透镜的两凸透镜 L4A 与凹面朝向

物体侧的负凹凸透镜 L4B 而成的第 4 透镜 L4。其中的第 1 透镜 L1 的像侧面成为非球面,其非球面形状为负光焦度随着远离光轴而减弱的形状。另外,第 4 透镜 L4 中的负透镜 L4B 由玻璃材料 K-PSFn214 形成,阿贝数 (v_d) 为 17.77。而且,透镜 L1、L2 构成具有负光焦度的前透镜组,透镜 L3、L4 构成具有正光焦度的后透镜组。

[0139] 在第 4 透镜 L4 的像侧,从物体侧依次配置有上述光学构件 OF、CCD 玻璃盖片 CG、CCD 芯片密封玻璃 SG。

[0140] 在图 9 中,作为光线示出了光轴 PR00、轴上边缘光线 MR、以最大视场角 194.4° 且以像高比 1 (像高 1.305) 成像的主光线 PR10、以像高比 0.8 (像高 1.305×0.8) 成像的主光线 PR08。

[0141] 此外,球面像差、像散、倍率色像差如图 10 所示。

[0142] 该第 4 实施例的光学系统的数值数据如下所述。

[0143]

面编号		曲率半径	面间隔	折射率	阿贝数vd
OBJ		INF	INF	1.	
1		3. 7076	0. 4849	2. 17840	33. 00
2\$		0. 8833	0. 4369	1.	
3		-6. 4963	0. 9812	1. 88300	40. 76
4		INF	0. 0194	1.	
STO		INF	0. 0291	1.	
6		INF	2. 2415	1. 88300	40. 76
7		-1. 7530	0. 0970	1.	
8		2. 8729	1. 2611	1. 72916	54. 68
9		-1. 8226	0. 3879	2. 14352	17. 77
10		-16. 5518	0. 1261	1.	
11		INF	0. 5819	1. 51800	75. 00
12		INF	0. 3133	1.	
13		INF	0. 9698	1. 51633	64. 14
14		INF	0. 0097	1. 51000	64. 10
15		INF	0. 9698	1. 61061	50. 20
IMG		INF	0.		
S2	ASP	RDY	K		
		0. 8833	0. 2076		
		AC2	AC4	AC6	AC8
C10					A
		0. 0000E+00	-2. 6023E-02	-1. 6619E-02	0. 0000E+00
		0000E+00			0.

[0144] 第5实施例

[0145] 图11是表示沿着包含第5实施例的物镜的光学系统的光路的结构图，图12是表示第5实施例的物镜的球面像差、像散、倍率色像差的图。

[0146] 如图11所示，第5实施例的物镜从物体侧依次包括凸面朝向物体侧的负凹凸透镜的第1透镜L1、凹面朝向物体侧的负凹凸透镜的第2透镜L2、亮度光圈AS、两凸透镜（正透镜）的第3透镜L3、接合作为正透镜的两凸透镜L4A与凹面朝向物体侧的负凹凸透镜L4B而成的第4透镜L4。第4透镜L4中的负透镜L4B由玻璃材料K-PSFn214形成，阿贝数（vd）为17.77。而且，透镜L1、L2构成具有负光焦度的前透镜组，透镜L3、L4构成具有正光焦度的后透镜组。

[0147] 在第 4 透镜 L4 的像侧,从物体侧依次配置有上述光学构件 OF、CCD 玻璃盖片 CG、CCD 芯片密封玻璃 SG。

[0148] 在图 11 中,作为光线示出了光轴 PR00、轴上边缘光线 MR、以最大视场角 195.7° 且以像高比 1 (像高 1.339) 成像的主光线 PR10、以像高比 0.8 (像高 1.339×0.8) 成像的主光线 PR08。

[0149] 此外,球面像差、像散、倍率色像差如图 12 所示。

[0150] 该第 5 实施例的光学系统的数值数据如下所述。

[0151]

面编号	曲率半径	面间隔	折射率	阿贝数vd
OBJ	INF	INF	1.	
1	4.2090	0.4976	2.17840	33.00
2	0.9136	0.4904	1.	
3	-3.1778	1.2243	1.88300	40.76
4	-17.2835	0.0199	1.	
STO	INF	0.0299	1.	
6	3.8124	2.7742	1.88300	40.76
7	-2.3793	0.0995	1.	
8	3.3845	1.3553	1.72916	54.68
9	-1.6841	0.3981	2.14352	17.77
10	-7.9766	0.1294	1.	
11	INF	0.5971	1.51800	75.00
12	INF	0.3177	1.	
13	INF	0.9951	1.51633	64.14
14	INF	0.0100	1.51000	64.10
15	INF	0.9951	1.61061	50.20
IMG	INF	0.		

[0152] 第 6 实施例

[0153] 图 13 是表示沿着包含第 6 实施例的物镜的光学系统的光路的结构图,图 14 是表示第 6 实施例的物镜的球面像差、像散、倍率色像差的图。

[0154] 如图 13 所示,第 6 实施例的物镜从物体侧依次包括凸面朝向物体侧的负凹凸透镜的第 1 透镜 L1、凹面朝向物体侧的负凹凸透镜的第 2 透镜 L2、亮度光圈 AS、两凸透镜 (正透镜) 的第 3 透镜 L3、接合作为正透镜的两凸透镜 L4A 与凹面朝向物体侧的负凹凸透镜 L4B 而成的第 4 透镜 L4。第 4 透镜 L4 中的负透镜 L4B 由玻璃材料 K-PSFn214 形成,阿贝数 (vd) 为 17.77。而且,透镜 L1、L2 构成具有负光焦度的前透镜组,透镜 L3、L4 构成具有正光焦度

的后透镜组。

[0155] 另外,该第6实施例中的光学构件(激光截止滤波器、红外线截止滤波器、光学低通滤波器等)配置在第2透镜L2与亮度光圈AS之间,从物体侧依次成为第1光学构件OF1、第2光学构件OF2。而且,在第4透镜L4的像侧,从物体侧依次配置有CCD玻璃盖片CG、CCD芯片密封玻璃SG。

[0156] 在图13中,作为光线示出了光轴PR00、轴上边缘光线MR、以最大视场角 193.8° 且以像高比1(像高1.330)成像的主光线PR10、以像高比0.8(像高 1.330×0.8)成像的主光线PR08。

[0157] 此外,球面像差、像散、倍率色像差如图14所示。

[0158] 该第6实施例的光学系统的数值数据如下所述。

[0159]

面编号	曲率半径	面间隔	折射率	阿贝数vd
OBJ	INF	INF	1.	
1	4.4383	0.4939	2.17840	33.00
2	0.9162	0.4882	1.	
3	-3.3981	0.3952	1.88300	40.76
4	-7.4622	0.0296	1.	
5	INF	0.3062	1.51400	75.00
6	INF	0.0296	1.	
7	INF	0.3062	1.52287	59.89
8	INF	0.	1.	
STO	INF	0.0296	1.	
10	5.5964	2.6884	1.88300	40.76
11	-2.1240	0.0988	1.	
12	3.0670	1.3467	1.72916	54.68
13	-1.7176	0.3952	2.14352	17.77
14	-16.8211	0.7330	1.	
15	INF	0.9879	1.51633	64.14
16	INF	0.0099	1.51000	64.10
17	INF	0.9879	1.61061	50.20
IMG	INF	0.		

[0160] 第7实施例

[0161] 图15是表示沿着包含第7实施例的物镜的光学系统的光路的结构图,图16是

表示第 7 实施例的物镜的球面像差、像散、倍率色像差的图。

[0162] 如图 15 所示,第 7 实施例的物镜从物体侧依次包括凸面朝向物体侧的负凹凸透镜的第 1 透镜 L1、两凹透镜(负透镜)的第 2 透镜 L2、亮度光圈 AS、两凸透镜(正透镜)的第 3 透镜 L3、接合作为正透镜的两凸透镜 L4A 与作为负透镜的两凹透镜 L4B 而成的第 4 透镜 L4。第 4 透镜 L4 中的负透镜 L4B 由玻璃材料 K-PSFn214 形成,阿贝数(v_d)为 17.77。而且,透镜 L1、L2 构成具有负光焦度的前透镜组,透镜 L3、L4 构成具有正光焦度的后透镜组。

[0163] 另外,该第 7 实施例中的光学构件(激光截止滤波器、红外线截止滤波器、光学低通滤波器等)配置在第 2 透镜 L2 与亮度光圈 AS 之间,从物体侧依次成为第 1 光学构件 OF1、第 2 光学构件 OF2。而且,在第 4 透镜 L4 的像侧,从物体侧依次配置有 CCD 玻璃盖片 CG、CCD 芯片密封玻璃 SG。

[0164] 在图 15 中,作为光线示出了光轴 PR00、轴上边缘光线 MR、以最大视场角 211.2° 且以像高比 1(像高 1.469)成像的主光线 PR10、以像高比 0.8(像高 1.469×0.8)成像的主光线 PR08。

[0165] 此外,球面像差、像散、倍率色像差如图 16 所示。

[0166] 该第 7 实施例的光学系统的数值数据如下所述。

[0167]

面编号	曲率半径	面间隔	折射率	阿贝数vd
OBJ	INF	INF	1.	
1	4. 1535	0. 5458	2. 17840	33. 00
2	1. 0714	0. 8439	1.	
3	-4. 5738	0. 4367	1. 88300	40. 76
4	69. 2005	0. 0328	1.	
5	INF	0. 3384	1. 51400	75. 00
6	INF	0. 0328	1.	
7	INF	0. 3384	1. 52287	59. 89
8	INF	0.	1.	
STO	INF	0. 0328	1.	
10	11. 7978	2. 8645	1. 88300	40. 76
11	-2. 1107	0. 1092	1.	
12	2. 8808	1. 5236	1. 72916	54. 68
13	-1. 9423	0. 4367	2. 14352	17. 77
14	20. 1858	0. 6054	1.	
15	INF	1. 0917	1. 51633	64. 14
16	INF	0. 0109	1. 51000	64. 10
17	INF	1. 0917	1. 61061	50. 20
IMG	INF	0.		

[0168] 第8实施例

[0169] 图 17 是表示沿着包含第 8 实施例的物镜的光学系统的光路的结构图,图 18 是表示第 8 实施例的物镜的球面像差、像散、倍率色像差的图。

[0170] 如图 17 所示,第 8 实施例的物镜从物体侧依次包括凸面朝向物体侧的负凹凸透镜的第 1 透镜 L1、凹面朝向物体侧的负凹凸透镜的第 2 透镜 L2、亮度光圈 AS、两凸透镜(正透镜)的第 3 透镜 L3、接合作为正透镜的两凸透镜 L4A 与凹面朝向物体侧的负凹凸透镜 L4B 而成的第 4 透镜 L4。其中的第 1 透镜 L1 的像侧面成为非球面,其非球面形状为负光焦度随着远离光轴而减弱的形状。此外,第 4 透镜 L4 中的负透镜 L4B 由玻璃材料 K-PSFn214 形成,阿贝数(vd)为 17.77。而且,透镜 L1、L2 构成具有负光焦度的前透镜组,透镜 L3、L4 构成具有正光焦度的后透镜组。

[0171] 在第 4 透镜 L4 的像侧,从物体侧依次配置有上述光学构件 OF、CCD 玻璃盖片 CG、CCD 芯片密封玻璃 SG。

[0172] 在图 17 中,作为光线示出了光轴 PR00、轴上边缘光线 MR、以最大视场角 209.6° 且

以像高比 1 (像高 1.482) 成像的主光线 PR10、以像高比 0.8 (像高 1.482×0.8) 成像的主光线 PR08。

[0173] 此外,球面像差、像散、倍率色像差如图 18 所示。

[0174] 该第 8 实施例的光学系统的数值数据如下所述。

[0175]

面编号		曲率半径	面间隔	折射率	阿贝数vd
OBJ		INF	INF	1.	
1		4.6641	0.5506	1.88300	40.76
2\$		0.8911	0.9648	1.	
3		-2.6962	1.0823	1.88300	40.76
4		-39.3243	0.0220	1.	
STO		INF	0.1071	1.	
6		4.0415	2.7762	1.88300	40.76
7		-2.7045	0.1101	1.	
8		3.5956	1.5016	1.72916	54.68
9		-1.8683	0.4405	2.14352	17.77
10		-7.6667	0.1432	1.	
11		INF	0.6608	1.51800	75.00
12		INF	0.3409	1.	
13		INF	1.1013	1.51633	64.14
14		INF	0.0110	1.51000	64.10
15		INF	1.1013	1.61061	50.20
IMG		INF	0.		
S2	ASP	RDY	K		
		0.8911	-0.1465		
		AC2	AC4	AC6	AC8
C10					A
		0.0000E+00	-9.6839E-03	2.3249E-02	0.0000E+00
		0000E+00			0.

[0176] 第 9 实施例

[0177] 图 19 是表示沿着包含第 9 实施例的物镜的光学系统的光路的结构图,图 20 是表示第 9 实施例的物镜的球面像差、像散、倍率色像差的图。图 21 是表示第 1 透镜的像侧面的非球面形状的线型图。

[0178] 如图 19 所示,第 9 实施例的物镜从物体侧依次包括凸面朝向物体侧的负凹凸透镜

的第 1 透镜 L1、凹面朝向物体侧的平凹透镜（负透镜）的第 2 透镜 L2、亮度光圈 AS、凸面朝向像侧的平凸透镜（正透镜）的第 3 透镜 L3、接合作为正透镜的两凸透镜 L4A 与作为凹面朝向物体侧的负透镜的平凹透镜 L4B 而成的第 4 透镜 L4。第 4 透镜 L4 中的负透镜 L4B 的阿贝数（ v_d ）为 18.90。而且，透镜 L1、L2 构成具有负光焦度的前透镜组，透镜 L3、L4 构成具有正光焦度的后透镜组。

[0179] 该第 9 实施例的物镜中的非球面仅是第 1 透镜 L1 的像侧的面 2 这 1 个面。更详细而言，第 1 透镜 L1 的像侧的面 2（在图 21 中用附图标记 S2 表示）如作为与基准球面 SP 对比的对比图的图 21 所示，是负光焦度随着远离光轴而减弱的形状的非球面。

[0180] 在第 4 透镜 L4 的像侧，从物体侧依次配置有上述光学构件 OF、CCD 玻璃盖片 CG、CCD 芯片密封玻璃 SG。

[0181] 在图 19 中，作为光线示出了光轴 PR00、轴上边缘光线 MR、以最大视场角 223.3° 且以像高比 1（像高 1.655）成像的主光线 PR10、以像高比 0.8（像高 1.655×0.8 ）成像的主光线 PR08。

[0182] 此外，球面像差、像散、倍率色像差如图 20 所示。

[0183] 该第 9 实施例的光学系统的数值数据如下所述。

[0184]

面编号	曲率半径	面间隔	折射率	阿贝数vd
OBJ	INF	INF	1.	
1	5.0824	0.6147	1.88300	40.76
2\$	1.1040	1.2751	1.	
3	-3.4470	1.4429	1.88300	40.76
4	INF	0.0246	1.	
STO	INF	0.0431	1.	
6	INF	3.0753	1.88300	40.76
7	-2.2633	0.1229	1.	
8	4.5840	1.6474	1.72916	54.68
9	-2.0610	0.4918	1.92286	18.90
10	INF	0.1598	1.	
11	INF	0.7377	1.51800	75.00
12	INF	0.4091	1.	
13	INF	1.2294	1.51633	64.14
14	INF	0.0123	1.51000	64.10
15	INF	1.2294	1.61061	50.20
IMG	INF	0.		
S2	ASP	RDY	K	
		1.1040	-0.2300	
	AC2	AC4	AC6	AC8
AC10				
	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
	0000E+00			

[0185] 第10实施例

[0186] 图22是表示沿着包含第10实施例的物镜的光学系统的光路的结构图，图23是表示第10实施例的物镜的球面像差、像散、倍率色像差的图，图24是表示第1透镜的像侧面的非球面形状的线型图。

[0187] 如图22所示，第10实施例的物镜从物体侧依次包括凸面朝向物体侧的负凹凸透镜的第1透镜L1、凹面朝向物体侧的平凹透镜（负透镜）的第2透镜L2、亮度光圈AS、凸面朝向像侧的平凸透镜（正透镜）的第3透镜L3、接合作为正透镜的两凸透镜L4A与作为凹面朝向物体侧的负透镜的平凹透镜L4B而成的第4透镜L4。第4透镜L4中的负透镜L4B的阿贝数（ v_d ）为18.90。而且，透镜L1、L2构成具有负光焦度的前透镜组，透镜L3、L4构

成具有正光焦度的后透镜组。

[0188] 该第 10 实施例的物镜中的非球面是第 1 透镜 L1 的物体侧的面 1 和第 1 透镜 L1 的像侧的面 2 这 2 个面。第 1 透镜 L1 的像侧的面 2 (在图 24 中用附图标记 S2 表示) 如作为与基准球面 SP 对比的对比图的图 24 所示, 是负光焦度随着远离光轴而减弱的形状的非球面。

[0189] 在第 4 透镜 L4 的像侧, 从物体侧依次配置有上述光学构件 OF、CCD 玻璃盖片 CG、CCD 芯片密封玻璃 SG。

[0190] 在图 22 中, 作为光线示出了光轴 PR00、轴上边缘光线 MR、以最大视场角且以像高比 1 (像高 1.624) 成像的主光线 PR10、以像高比 0.8 (像高 1.624×0.8) 成像的主光线 PR08。

[0191] 此外, 球面像差、像散、倍率色像差如图 23 所示。

[0192] 该第 10 实施例的光学系统的数值数据如下所述。

[0193]

面编号		曲率半径	面间隔	折射率	阿贝数vd
OBJ		INF	INF	1.	
1\$		4. 7434	0. 6033	1. 88300	40. 76
2\$		1. 0609	1. 1593	1.	
3		-2. 9850	1. 3002	1. 88300	40. 76
4		INF	0. 0241	1.	
STO		INF	0. 0562	1.	
6		INF	2. 8387	1. 88300	40. 76
7		-2. 1613	0. 1207	1.	
8		4. 3297	1. 6284	1. 72916	54. 68
9		-2. 0344	0. 4827	1. 92286	18. 90
10		INF	0. 0535	1.	
11		INF	0. 5349	1. 51800	75. 01
12		INF	0. 8311	1.	
13		INF	1. 3372	1. 51633	64. 14
14		INF	0. 0178	1. 51000	63. 01
15		INF	0. 7132	1. 61061	50. 20
IMG		INF	0.		
S1	ASP	RDY	K		
		4. 7434	-6. 0989		
		AC2	AC4	AC6	AC8
AC10					
		0. 0000E+00	1. 1705E-02	-1. 4349E-03	8. 7443E-05
0. 0000E+00					
S2	ASP	RDY	K		
		1. 0609	-0. 9713		
		AC2	AC4	AC6	AC8
AC10					
		0. 0000E+00	9. 3600E-02	1. 8642E-02	6. 8257E-02
0. 0000E+00					

[0194] 第11实施例

[0195] 图25是表示沿着包含第11实施例的物镜的光学系统的光路的结构图,图26是

表示第 11 实施例的物镜的球面像差、像散、倍率色像差的图,图 27 是表示第 1 透镜的像侧面的非球面形状的线型图。

[0196] 如图 25 所示,第 11 实施例的物镜从物体侧依次包括凸面朝向物体侧的负凹凸透镜的第 1 透镜 L1、两凹透镜(即,也是凹面朝向物体侧的负透镜)的第 2 透镜 L2、亮度光圈 AS、两凸透镜(正透镜)的第 3 透镜 L3、接合作为正透镜的两凸透镜 L4A 与凸面朝向像侧的负凹凸透镜 L4B 而成的第 4 透镜 L4。第 4 透镜 L4 中的负透镜 L4B 的阿贝数(v_d)为 18.90。而且,透镜 L1、L2 构成具有负光焦度的前透镜组,透镜 L3、L4 构成具有正光焦度的后透镜组。

[0197] 该第 11 实施例的物镜中的非球面仅是第 1 透镜 L1 的像侧的面 2 这 1 个面。第 1 透镜 L1 的像侧的面 2(在图 27 中用附图标记 S2 表示)如作为与基准球面 SP 对比的对比图的图 27 所示,是负光焦度随着远离光轴而减弱的形状的非球面。

[0198] 在第 4 透镜 L4 的像侧,从物体侧依次配置有上述光学构件 OF、CCD 玻璃盖片 CG、CCD 芯片密封玻璃 SG。

[0199] 在图 25 中,作为光线示出了光轴 PR00、轴上边缘光线 MR、以最大视场角且以像高比 1(像高 1.696)成像的主光线 PR10、以像高比 0.8(像高 1.696×0.8)成像的主光线 PR08。

[0200] 此外,球面像差、像散、倍率色像差如图 26 所示。

[0201] 该第 11 实施例的光学系统的数值数据如下所述。

[0202]

面编号		曲率半径	面间隔	折射率	阿贝数vd
OBJ		INF	INF	1.	
1		4. 4007	0. 6300	1. 88300	40. 76
2\$		1. 1182	1. 0858	1.	
3		-5. 3310	2. 2932	1. 88300	40. 76
4		4. 3741	0. 2532	1.	
STO		INF	0. 0738	1.	
6		4. 8829	3. 3994	1. 88300	40. 76
7		-2. 8751	0. 1260	1.	
8		4. 8246	1. 8648	1. 72916	54. 68
9		-1. 9824	0. 5040	1. 92286	18. 90
10		-24. 3537	0. 1638	1.	
11		INF	0. 7560	1. 51800	75. 00
12		INF	0. 4063	1.	
13		INF	1. 2600	1. 51633	64. 14
14		INF	0. 0126	1. 51000	64. 10
15		INF	1. 2600	1. 61061	50. 20
IMG		INF	0.		
S2	ASP	RDY	K		
		1. 1182	-0. 1045		
		AC2	AC4	AC6	AC8
AC10					
		0. 0000E+00	-6. 8198E-03	-8. 1051E-03	0. 0000E+00
		0000E+00			0.

[0203] 第 12 实施例

[0204] 图 28 是表示沿着包含第 12 实施例的物镜的光学系统的光路的结构图,图 29 是表示第 12 实施例的物镜的球面像差、像散、倍率色像差的图,图 30 是表示第 1 透镜的像侧面的非球面形状的线型图。

[0205] 如图 28 所示,第 12 实施例的物镜从物体侧依次包括凸面朝向物体侧的负凹凸透镜的第 1 透镜 L1、凹面朝向物体侧凸面朝向像侧的负凹凸透镜的第 2 透镜 L2、亮度光圈 AS、凸面朝向像侧的平凸透镜(正透镜)的第 3 透镜 L3、接合作为正透镜的两凸透镜 L4A 与凸面朝向像侧的负凹凸透镜 L4B 而成的第 4 透镜 L4。第 4 透镜 L4 中的负透镜 L4B 的阿贝数

(vd) 为 17.77。而且,透镜 L1、L2 构成具有负光焦度的前透镜组,透镜 L3、L4 构成具有正光焦度的后透镜组。

[0206] 该第 12 实施例的物镜中的非球面是第 1 透镜 L1 的像侧的面 2 和第 2 透镜 L2 的物体侧的面 3 这 2 个面。第 1 透镜 L1 的像侧的面 2(在图 30 中用附图标记 S2 表示)如作为与基准球面 SP 对比的对比图的图 30 所示,是负光焦度随着远离光轴而减弱的形状的非球面。

[0207] 在第 4 透镜 L4 的像侧,从物体侧依次配置有上述光学构件 OF、CCD 玻璃盖片 CG、CCD 芯片密封玻璃 SG。

[0208] 在图 28 中,作为光线示出了光轴 PR00、轴上边缘光线 MR、以最大视场角且以像高比 1(像高 1.588)成像的主光线 PR10、以像高比 0.8(像高 1.588×0.8) 成像的主光线 PR08。

[0209] 此外,球面像差、像散、倍率色像差如图 29 所示。

[0210] 该第 12 实施例的光学系统的数值数据如下所述。

[0211]

面编号	曲率半径	面间隔	折射率	阿贝数vd
OBJ	INF	INF	1.	
1	4. 6117	0. 5899	1. 88300	40. 76
2\$	1. 1255	1. 2292	1.	
3\$	-2. 0754	1. 0722	1. 88300	40. 76
4	-8. 1940	0. 0214	1.	
STO	INF	0. 0249	1.	
6	INF	2. 9599	1. 88300	40. 76
7	-2. 0723	0. 1180	1.	
8	4. 3612	1. 4876	1. 72916	54. 68
9	-2. 1221	0. 4719	2. 14352	17. 77
10	-13. 9888	0. 1534	1.	
11	INF	0. 7079	1. 51800	75. 00
12	INF	0. 3736	1.	
13	INF	1. 1799	1. 51633	64. 14
14	INF	0. 0118	1. 51000	64. 10
15	INF	1. 1799	1. 61061	50. 20
IMG	INF	0.		
S2	ASP	RDY	K	
		1. 1255	-2. 3547	
	AC2	AC4	AC6	AC8
AC10				
	0. 0000E+00	1. 8660E-01	-5. 9059E-02	8. 0699E-02
0000E+00				0.
S3	ASP	RDY	K	
		-2. 0754	0.	
	AC2	AC4	AC6	AC8
AC10				
	0. 0000E+00	5. 5727E-02	8. 2060E-03	0. 0000E+00
0000E+00				0.

[0212] 第 13 实施例

[0213] 图 31 是表示沿着包含第 13 实施例的物镜的光学系统的光路的结构图,图 32 是

表示第 13 实施例的物镜的球面像差、像散、倍率色像差的图，图 33 是表示第 1 透镜的像侧面的非球面形状的线型图。

[0214] 如图 31 所示，第 13 实施例的物镜从物体侧依次包括凸面朝向物体侧的负凹凸透镜的第 1 透镜 L1、凹面朝向物体侧凸面朝向像侧的负凹凸透镜的第 2 透镜 L2、亮度光圈 AS、两凸透镜（正透镜）的第 3 透镜 L3、接合作为正透镜的两凸透镜 L4A 与凸面朝向像侧的负凹凸透镜 L4B 而成的第 4 透镜 L4。第 4 透镜 L4 中的负透镜 L4B 的阿贝数（ v_d ）为 17.77。而且，透镜 L1、L2 构成具有负光焦度的前透镜组，透镜 L3、L4 构成具有正光焦度的后透镜组。

[0215] 该第 13 实施例的物镜中的非球面是第 1 透镜 L1 的像侧的面 2 和负凹凸透镜 L4B 的像侧的面 10 这 2 个面。第 1 透镜 L1 的像侧的面 2（在图 33 中用附图标记 S2 表示）如作为与基准球面 SP 对比的对比图的图 33 所示，是负光焦度随着远离光轴而减弱的形状的非球面。

[0216] 在第 4 透镜 L4 的像侧，从物体侧依次配置有上述光学构件 OF、CCD 玻璃盖片 CG、CCD 芯片密封玻璃 SG。

[0217] 在图 31 中，作为光线示出了光轴 PR00、轴上边缘光线 MR、以最大视场角且以像高比 1（像高 1.569）成像的主光线 PR10、以像高比 0.8（像高 1.569×0.8 ）成像的主光线 PR08。

[0218] 此外，球面像差、像散、倍率色像差如图 32 所示。

[0219] 该第 13 实施例的光学系统的数值数据如下所述。

[0220]

面编号	曲率半径	面间隔	折射率	阿贝数vd
OBJ	INF	INF	1.	
1	4. 6507	0. 5827	1. 88300	40. 76
2\$	0. 9898	1. 2497	1.	
3	-2. 0555	0. 8646	1. 88300	40. 76
4	-36. 6954	0. 0236	1.	
STO	INF	0. 0238	1.	
6	5. 4583	2. 7623	1. 88300	40. 76
7	-2. 3557	0. 1165	1.	
8	3. 7377	1. 6249	1. 72916	54. 68
9	-1. 9660	0. 4661	2. 14352	17. 77
10\$	-8. 9159	0. 1515	1.	
11	INF	0. 6992	1. 51800	75. 00
12	INF	0. 3711	1.	
13	INF	1. 1653	1. 51633	64. 14
14	INF	0. 0117	1. 51000	64. 10
15	INF	1. 1653	1. 61061	50. 20
IMG	INF	0.		
S2 ASP	RDY	K		
	0. 9898	-0. 9203		
	AC2	AC4	AC6	AC8
AC10				
	0. 0000E+00	7. 5227E-02	7. 5287E-03	9. 7190E-02 0.
0000E+00				
S10 ASP	RDY	K		
	-8. 9159	0.		
	AC2	AC4	AC6	AC8
AC10				
	0. 0000E+00	-9. 3580E-04	-9. 3712E-04	0. 0000E+00 0.
0000E+00				

[0221] 第 14 实施例

[0222] 图 34 是表示沿着包含第 14 实施例的物镜的光学系统的光路的结构图,图 35 是

表示第 14 实施例的物镜的球面像差、像散、倍率色像差的图。

[0223] 如图 34 所示,第 14 实施例的物镜从物体侧依次包括凸面朝向物体侧的负凹凸透镜的第 1 透镜 L1、两凹透镜(即,也是凹面朝向物体侧的负透镜)的第 2 透镜 L2、亮度光圈 AS、两凸透镜(正透镜)的第 3 透镜 L3、接合作为正透镜的两凸透镜 L4A 与凸面朝向像侧的负凹凸透镜 L4B 而成的第 4 透镜 L4。第 4 透镜 L4 中的负透镜 L4B 的阿贝数(v_d)为 18.90。而且,透镜 L1、L2 构成具有负光焦度的前透镜组,透镜 L3、L4 构成具有正光焦度的后透镜组。

[0224] 该第 14 实施例的物镜未使用非球面。第 1 透镜 L1 的像侧的面 2 为球面,在面 2 的最周边部,面 2 的法线与光轴所成的角成为接近 90° 的较大的角度。

[0225] 在第 4 透镜 L4 的像侧,从物体侧依次配置有上述光学构件 OF、CCD 玻璃盖片 CG、CCD 芯片密封玻璃 SG。

[0226] 在图 34 中,作为光线示出了光轴 PR00、轴上边缘光线 MR、以最大视场角且以像高比 1(像高 1.549)成像的主光线 PR10、以像高比 0.8(像高 1.549×0.8) 成像的主光线 PR08。

[0227] 此外,球面像差、像散、倍率色像差如图 35 所示。

[0228] 该第 14 实施例的光学系统的数值数据如下所述。

[0229]

面编号	曲率半径	面间隔	折射率	阿贝数vd
OBJ	INF	INF	1.	
1	4. 1149	0. 5755	1. 88300	40. 76
2	1. 0202	1. 3160	1.	
3	-4. 1343	1. 3153	1. 88300	40. 76
4	6. 1538	0. 1637	1.	
STO	INF	0. 0674	1.	
6	3. 7741	2. 9862	1. 88300	40. 76
7	-3. 1660	0. 1151	1.	
8	3. 5610	1. 6321	1. 72916	54. 68
9	-1. 9023	0. 4604	1. 92286	18. 90
10	-16. 6915	0. 1496	1.	
11	INF	0. 6906	1. 51800	75. 00
12	INF	0. 3510	1.	
13	INF	1. 1510	1. 51633	64. 14
14	INF	0. 0115	1. 51000	64. 10
15	INF	1. 1510	1. 61061	50. 20
IMG	INF	0.		

[0230] 而且,在使用本实施方式的物镜的内窥镜装置中,最好应用例如如图 36、图 37 所示的结构。在此,图 36 是表示在内窥镜装置的观察画面上显示了识别视场角 170° 的范围的标识的例子的图,图 37 是表示在内窥镜装置的观察画面上显示了识别视场角 180° 的范围的标识的例子的图。

[0231] 即,本实施方式的物镜的视场角成为 180° 以上,由于这与以往的物镜(视场角 140° 或 175° 等)相比为广角,因此当将该物镜应用于内窥镜装置时,为了辅助观察,也可以在内窥镜装置的观察画面上显示识别视场角的标识。在此,观察画面例如是利用摄像元件等拍摄由物镜成像的像、为了观察拍摄获得的图像、作为内窥镜装置的监视器画面(例如 TV 画面)等而设置的画面(图 36 及图 37 所例示的观察画面 MS)。但是,观察画面并不限于此,也可以是根据需要在光学传送由物镜成像的像之后进行光学显示的画面。

[0232] 而且,作为用于辅助观察的标识的例子,如图 36 所示,可列举出将表示以往的内窥镜的视场角即例如视场角 170° 的范围的标识 MK170 显示在观察画面 FOV 内。由此,能够明确识别以往所观察到的视场角 170° 的范围和能够新观察到的超过视场角 170° 的范围这两者。

[0233] 另外,如图 37 所示,也可以将表示例如视场角 180° 的范围的标识 MK180 显示在观察画面 FOV 内。由此,能够明确识别内窥镜的前方范围与后方范围。

[0234] 作为这样的标识的描绘法的一个例子,可考虑利用标识生成部件(标识生成部)电生成标识并重叠在所获取的内窥镜图像上的画面显示。在此,关于标识的重叠,当内窥镜图像是拍摄获得的电子图像时,只要电重叠即可,当内窥镜图像是光学图像时,只要在光学显示电生成的标识之后光学重叠在内窥镜图像上即可。采用这种技术,具有能够容易地切换标识的显示/非显示、切换多种标识或者同时显示多种标识等优点。

[0235] 但是,标识的显示当然并不限于电技术,也可以采用在包含物镜的光学系统自身上标注标识的技术。作为具体例子,可考虑在第1透镜L1上标注标识的例子或者在配置于像面IMG附近的光学构件OF、CCD玻璃盖片CG、CCD芯片密封玻璃SG等上标注标识的例子等。而且,并不限于此,也可以使用其他技术来显示标识。

[0236] 采用这种实施方式,能够获得适用于内窥镜的、小型且视场角为 180° 以上的广角的物镜及具有该物镜的内窥镜装置。

[0237] 另外,本发明并仅限于上述实施方式本身,可以在实施阶段,在不脱离其主旨的范围内对构成要素进行变形并具体化。此外,通过上述实施方式所公开的多个构成要素的适当的组合,可形成各种发明。例如,也可以从实施方式所公开的全部构成要素中删除几个构成要素。而且,也可以适当地组合不同实施方式之间的构成要素。如此,当然可以在不脱离本发明的主旨的范围内进行各种变形、应用。

[0238] 本申请是以2009年12月7日在日本提出申请的特愿2009-277845号、2010年9月14日在日本提出申请的特愿2010-205897号作为要求优先权的基础而提出申请的,上述公开内容引入本申请的说明书、权利要求书、附图。

实施例 的编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
整个系统的焦距	FL	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
F值	Fno.	5.539	5.478	5.738	5.252	5.559	5.644	5.548	5.330	5.250	5.860	5.210	3.880	5.960
视角 (deg)	2 ω	192.2	195.7	191.8	194.4	195.7	211.2	209.6	223.3	226.4	214.9	226.9	223.3	214.0
像高	IH	1.296	1.321	1.317	1.305	1.339	1.469	1.482	1.655	1.624	1.696	1.588	1.569	1.549
前透镜组的焦距	f _F	-1.169	-1.025	-1.356	-0.907	-0.834	-0.943	-0.808	-0.988	-0.927	-0.777	-1.018	-0.743	-0.767
后透镜组的焦距	f _R	1.672	1.689	1.814	1.487	1.728	1.681	1.848	1.998	1.890	2.122	1.904	1.793	1.931
后侧焦点位置	Fb	2.051	2.240	2.088	2.071	2.121	2.004	2.010	2.337	2.637	2.690	2.512	2.483	2.437
第2透镜物体 侧面曲率半径	r2a	-4.076	-4.853	-3.601	-6.496	-3.178	-3.398	-4.574	-2.696	-3.4470	-2.9850	-5.3310	-2.0754	-4.1343
最大视角下的 入射光瞳位置	L _{enp}	0.051	0.004	0.066	0.030	0.002	0.011	-0.117	-0.108	-0.322	0.063	-0.350	-0.287	0.108
第4透镜中的 负透镜的阿贝数	ν_d	18.90	18.90	18.90	17.77	17.77	17.77	17.77	18.90	18.90	18.90	17.77	17.77	18.90

图 1

实施例 的编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	下限	上限
1 f _F /f _R	-0.699	-0.607	-0.748	-0.610	-0.483	-0.548	-0.561	-0.437	-0.494	-0.490	-0.366	-0.535	-0.414	-0.397	-0.800	-0.300
2 f _F /FL	-1.169	-1.025	-1.356	-0.907	-0.834	-0.902	-0.943	-0.808	-0.988	-0.927	-0.777	-1.018	-0.743	-0.767	-1.500	-0.500
3 Fb/FL	2.051	2.240	2.088	2.071	2.121	2.004	2.010	2.337	2.637	2.573	2.690	2.512	2.483	2.437	1.700	3.500
4 r2a/FL	-4.076	-4.853	-3.601	-6.496	-3.178	-3.398	-4.574	-2.696	-3.447	-2.985	-5.331	-2.075	-2.056	-4.134	-100	-2.500
5 L _{enp} /FL	0.051	0.004	0.066	0.030	0.002	0.011	-0.117	-0.108	-0.322	-0.321	0.063	-0.350	-0.287	0.108	-0.500	0.300
6 ν_d	18.90	18.90	18.90	17.77	17.77	17.77	17.77	17.77	18.90	18.90	18.90	17.77	17.77	18.90	-	20.00

图 2

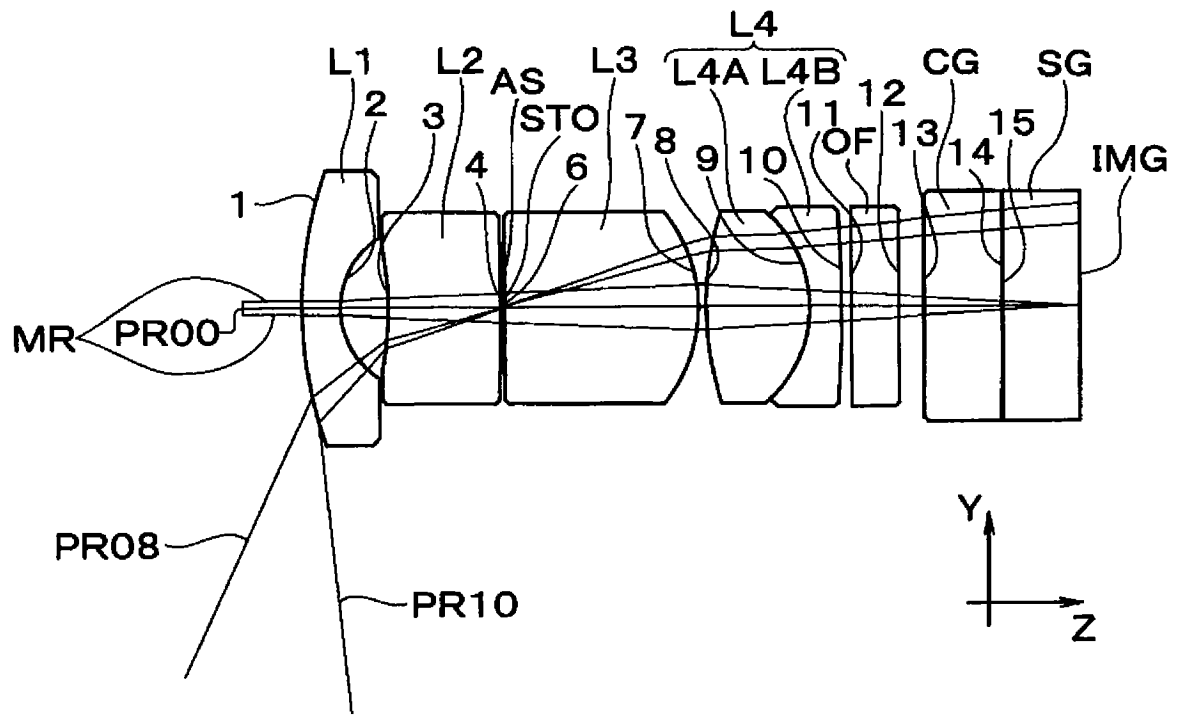


图 3

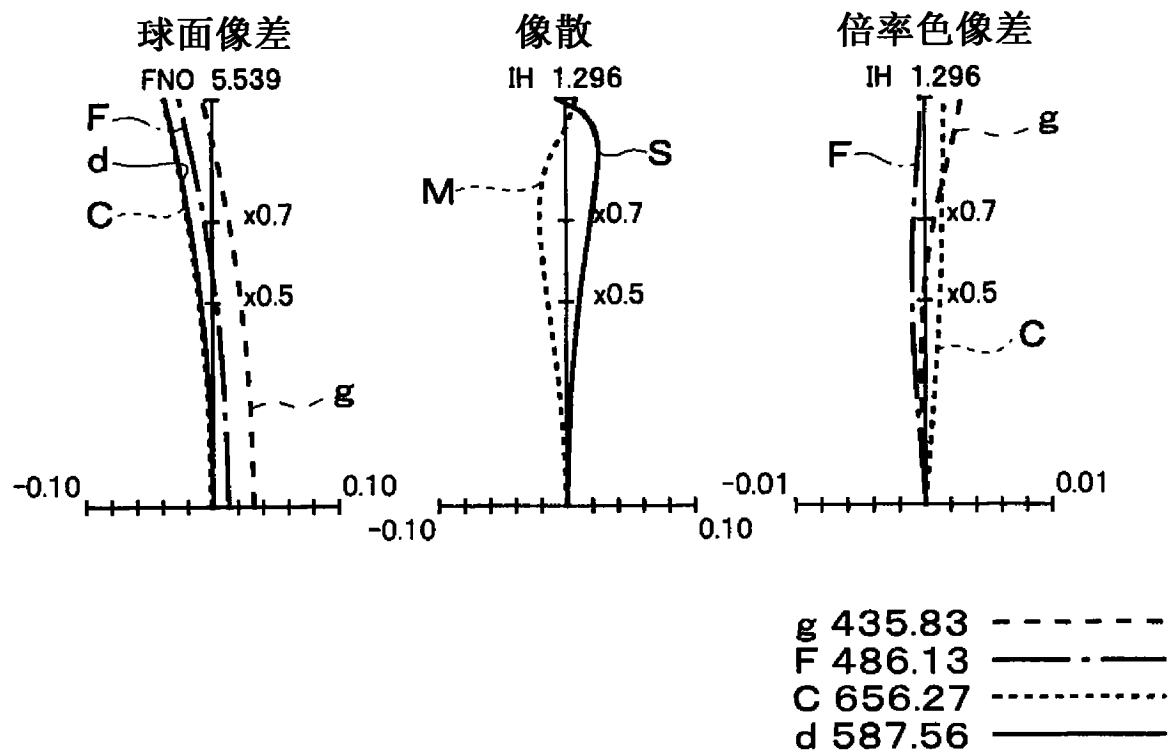


图 4

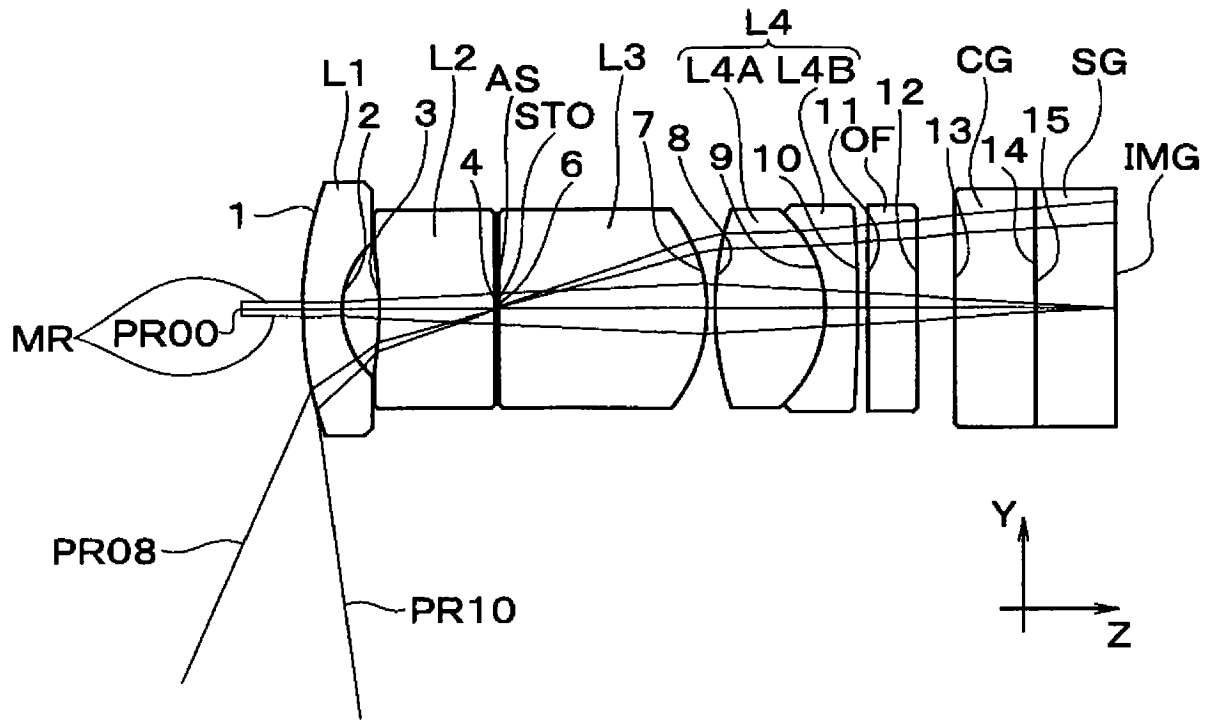


图 5

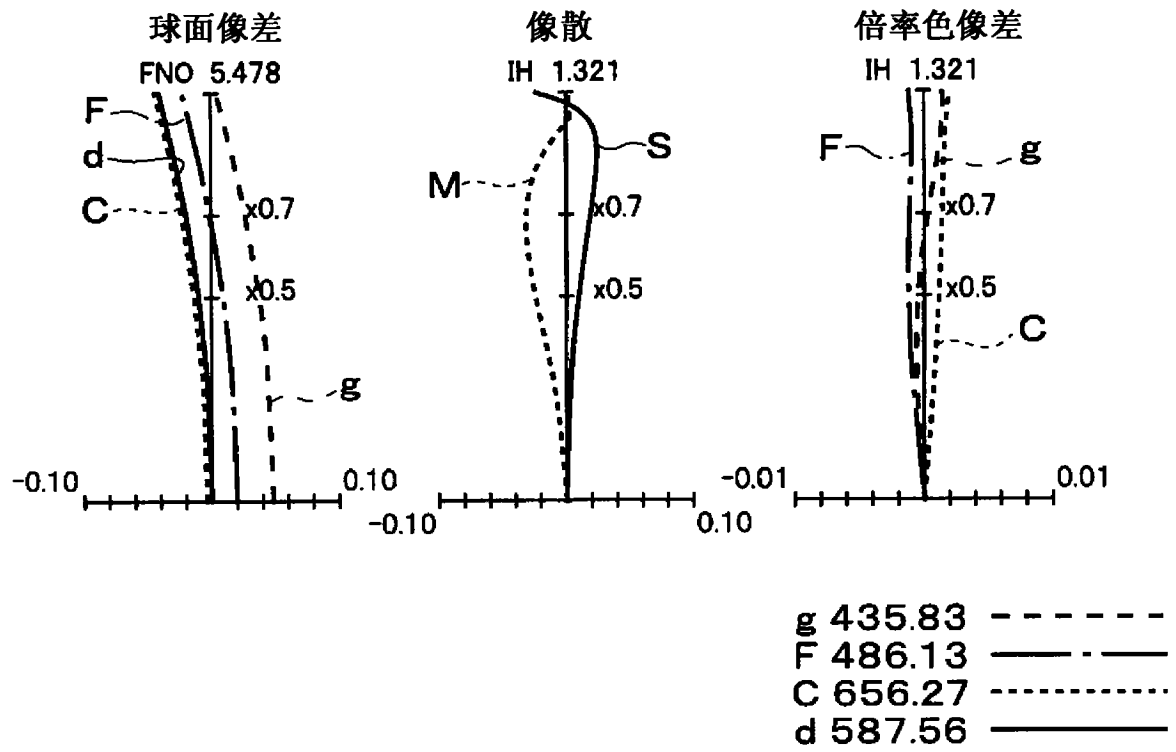


图 6

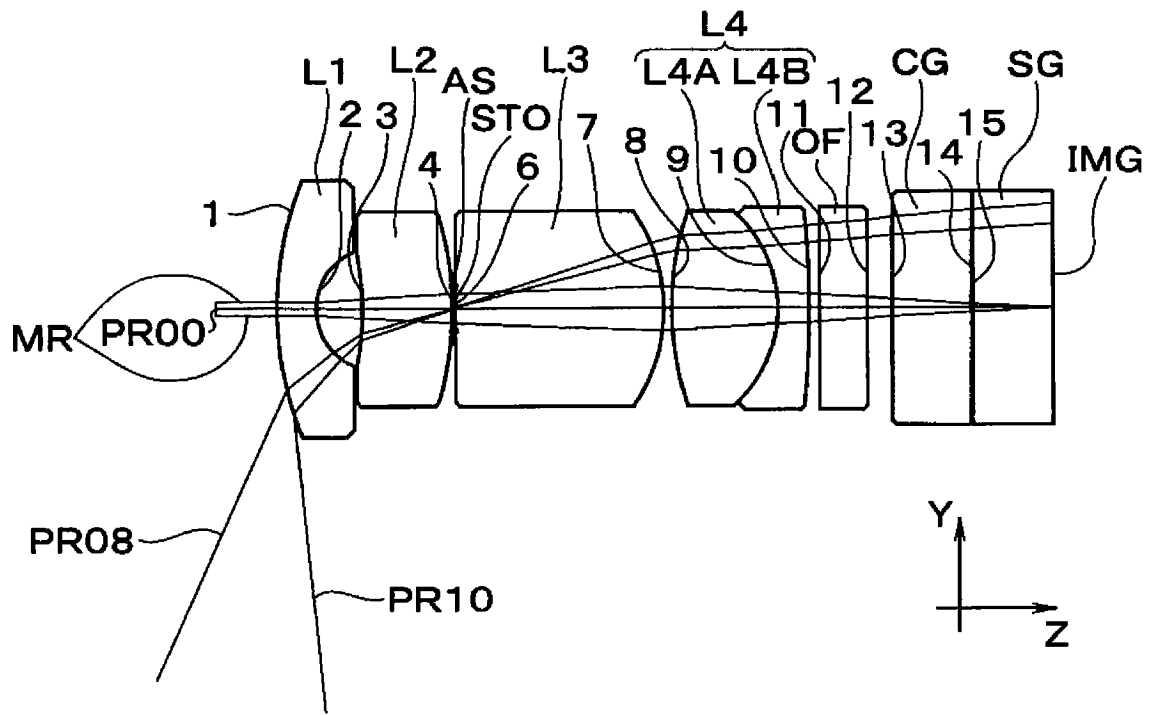


图 7

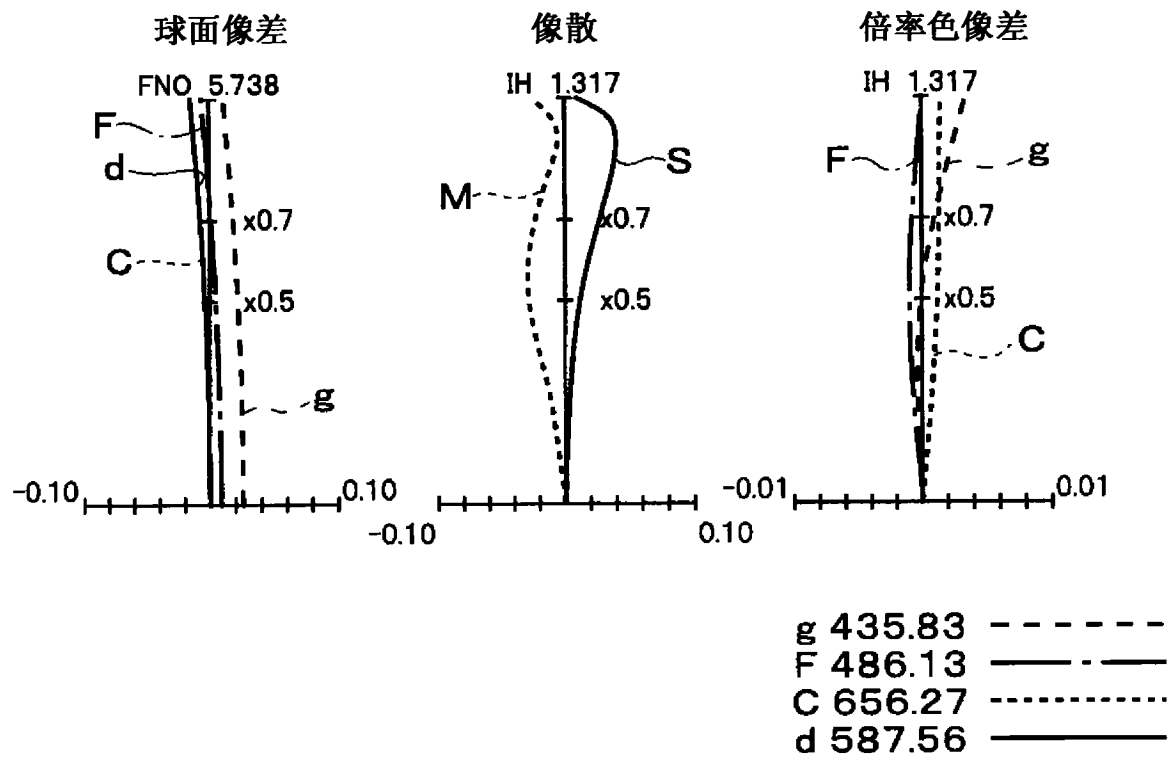


图 8

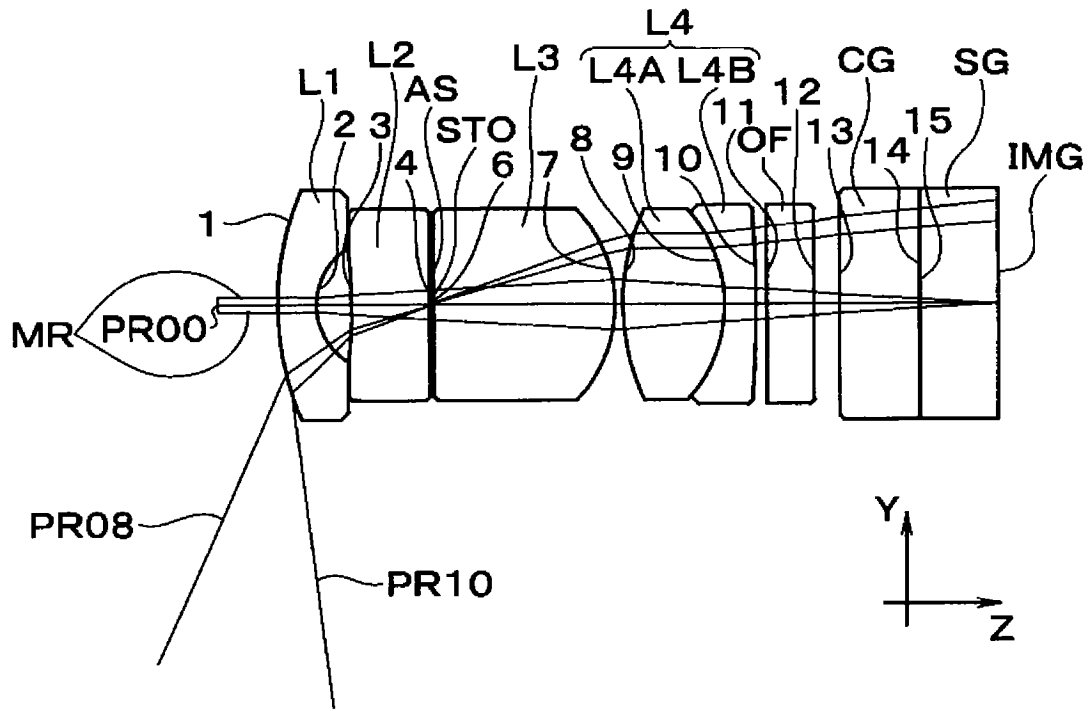


图 9

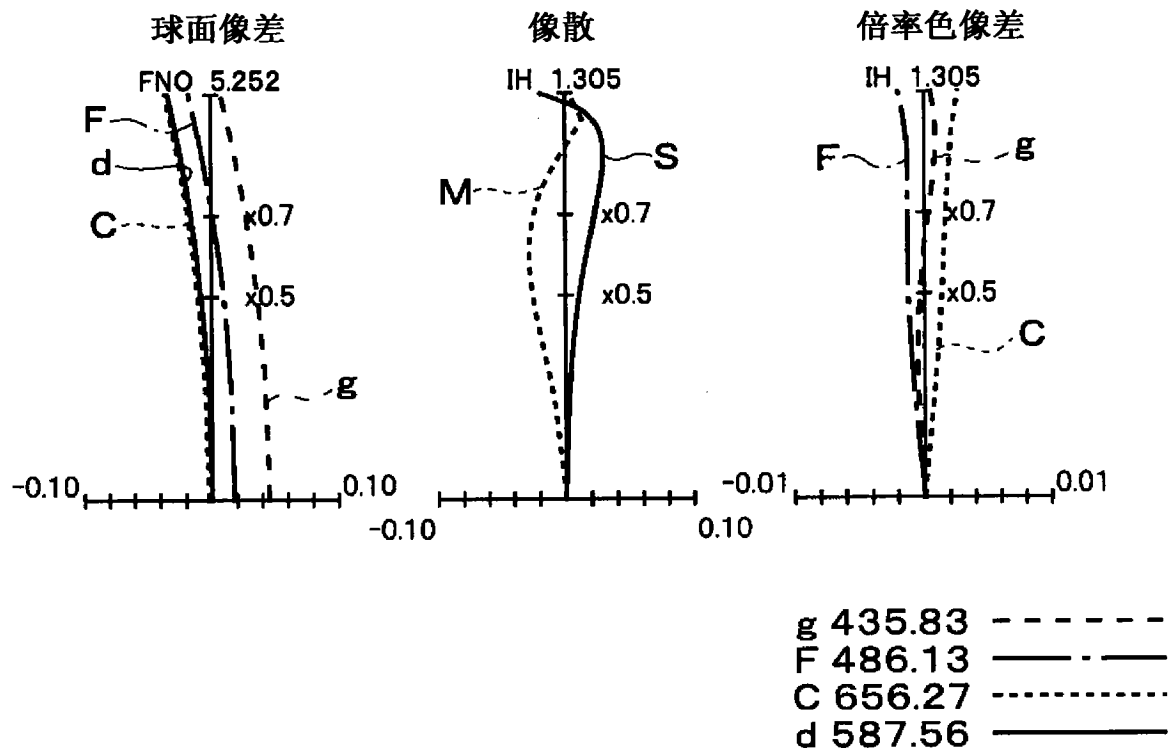


图 10

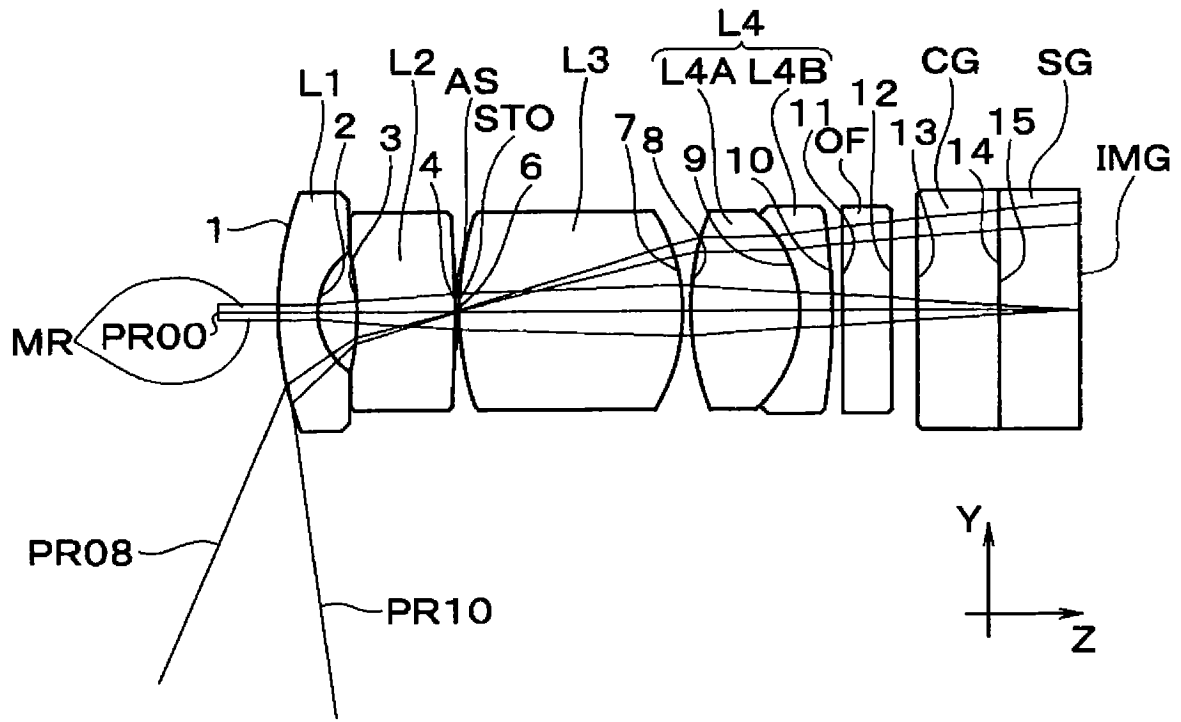


图 11

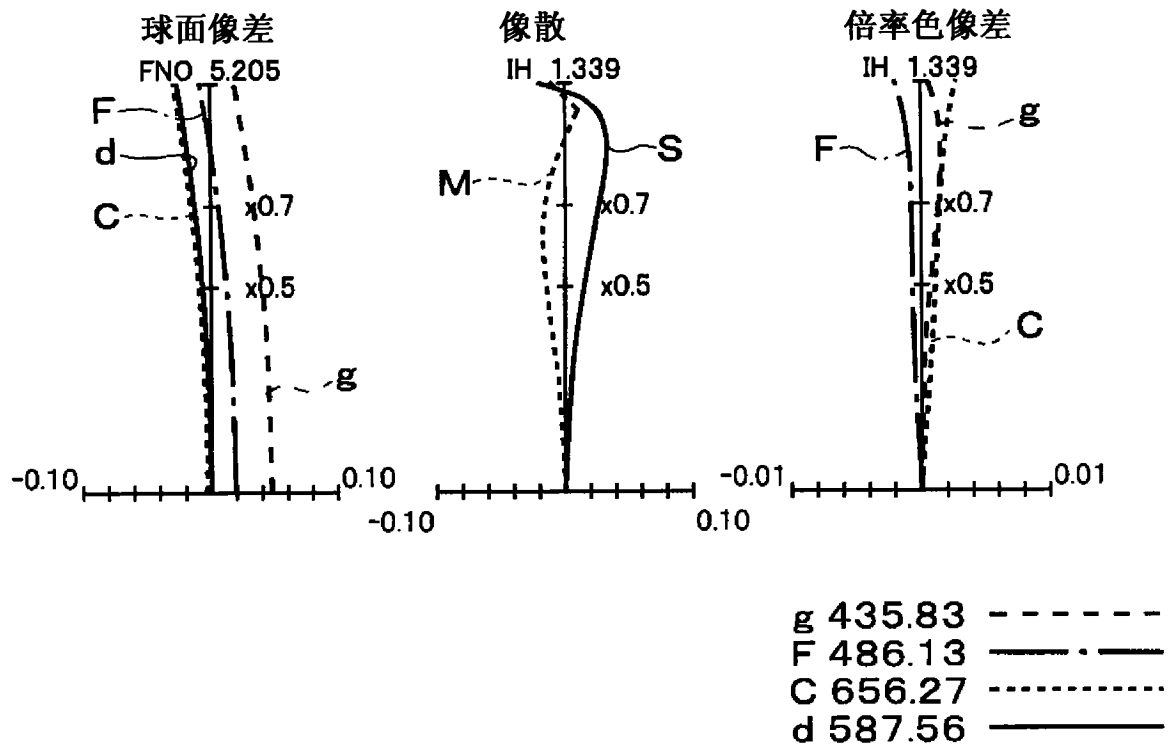


图 12

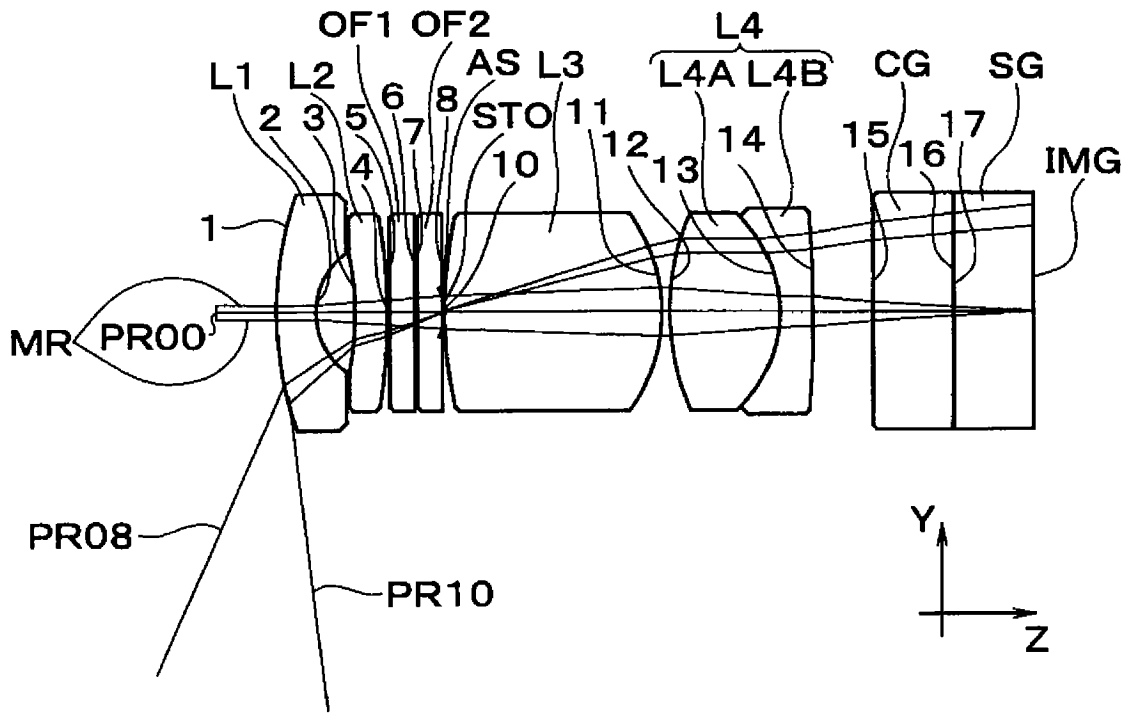


图 13

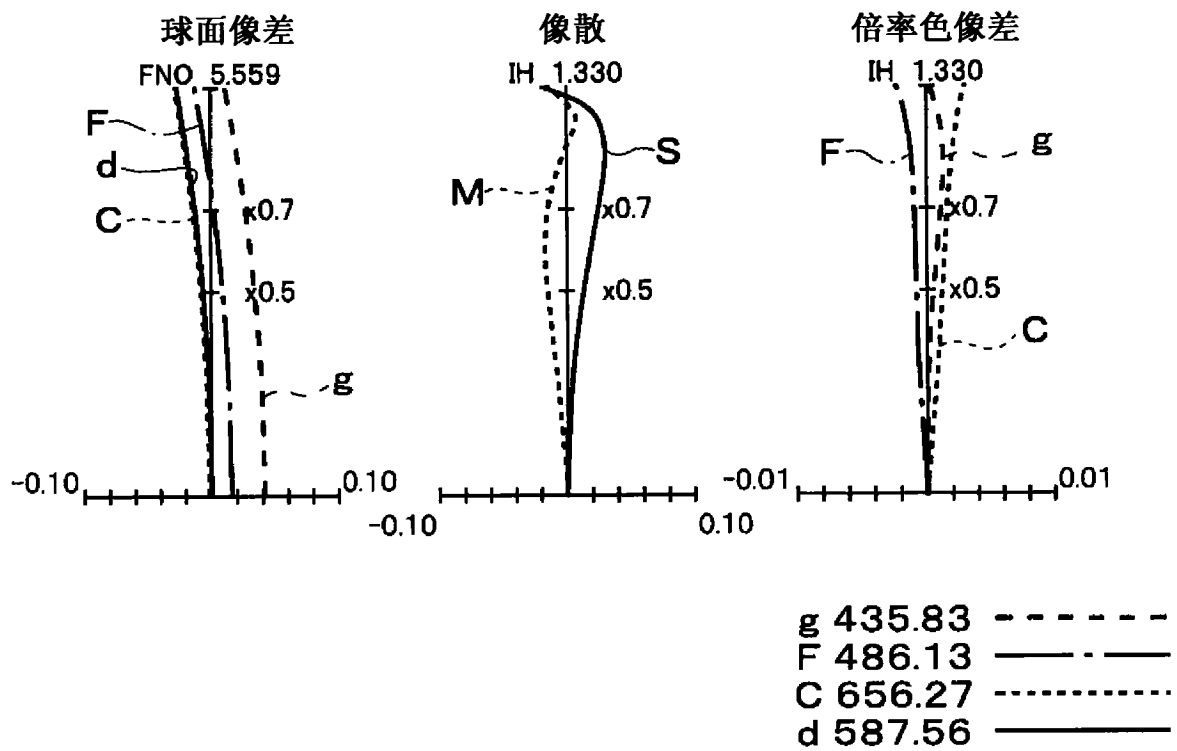


图 14

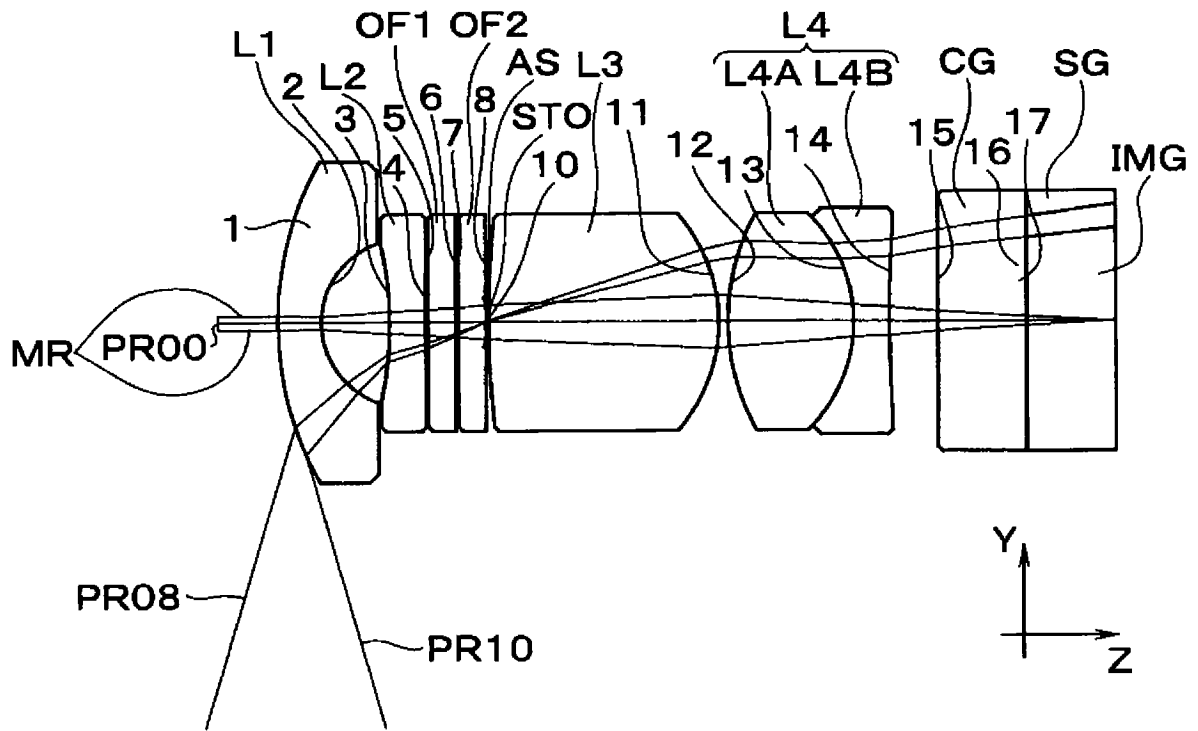


图 15

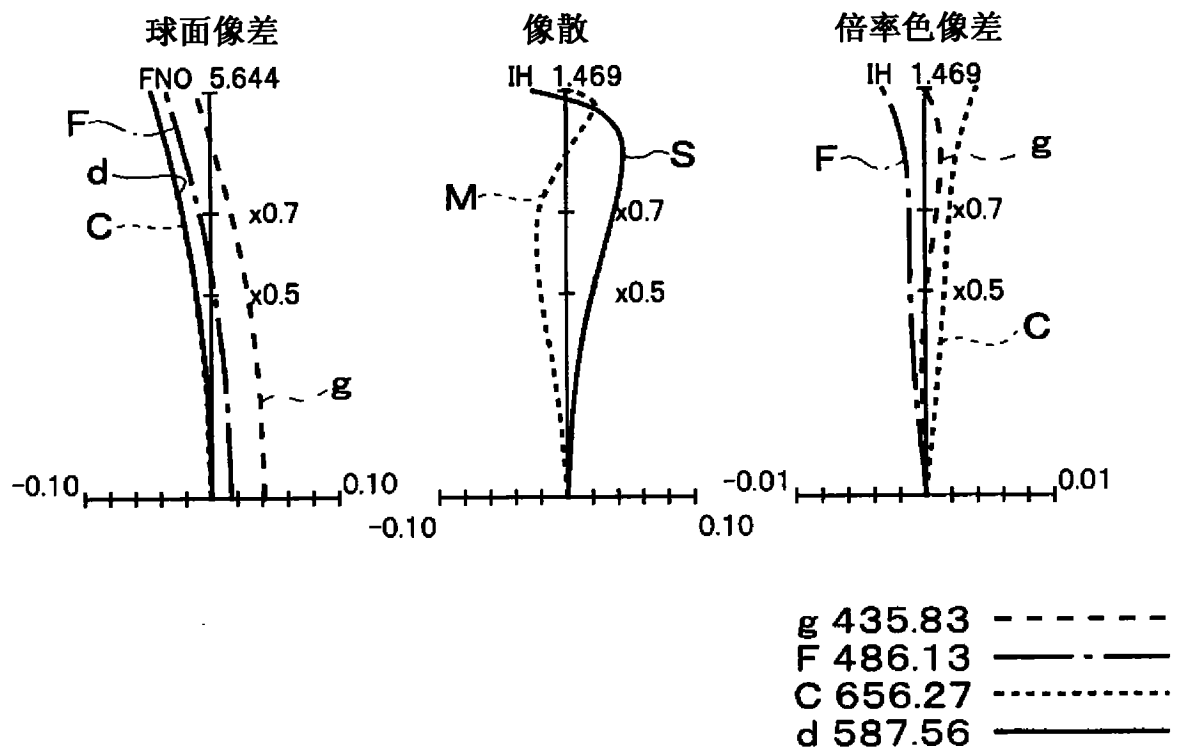


图 16

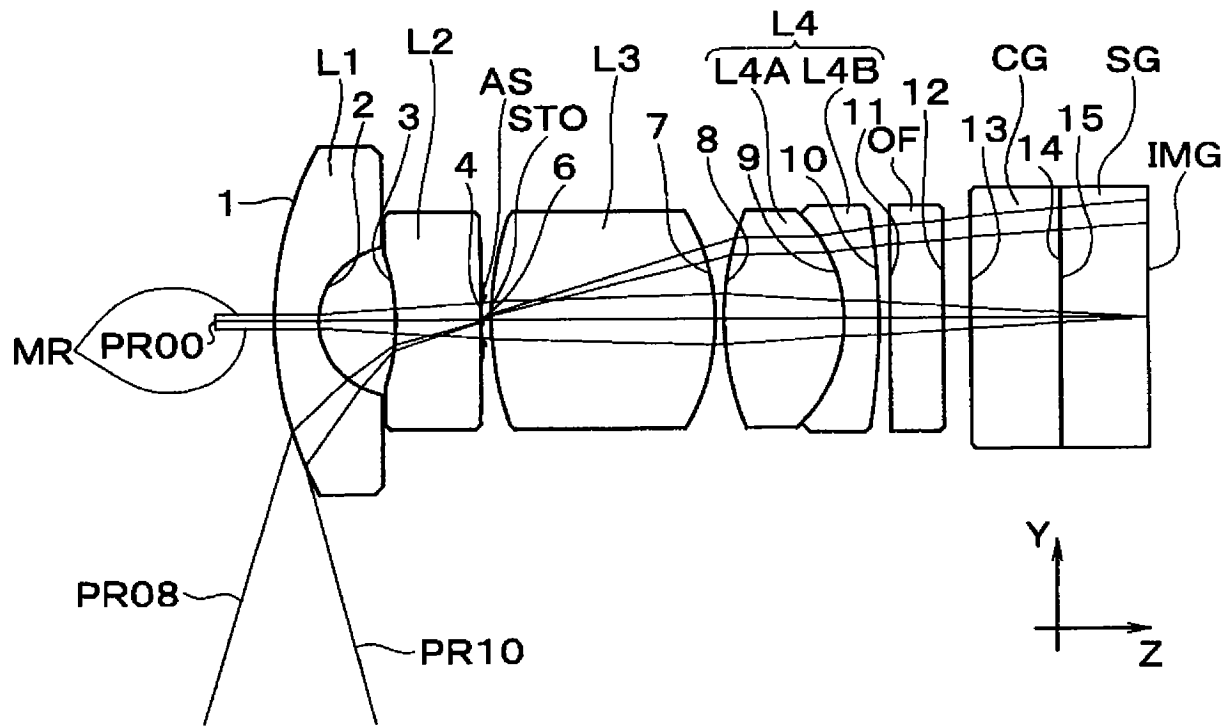


图 17

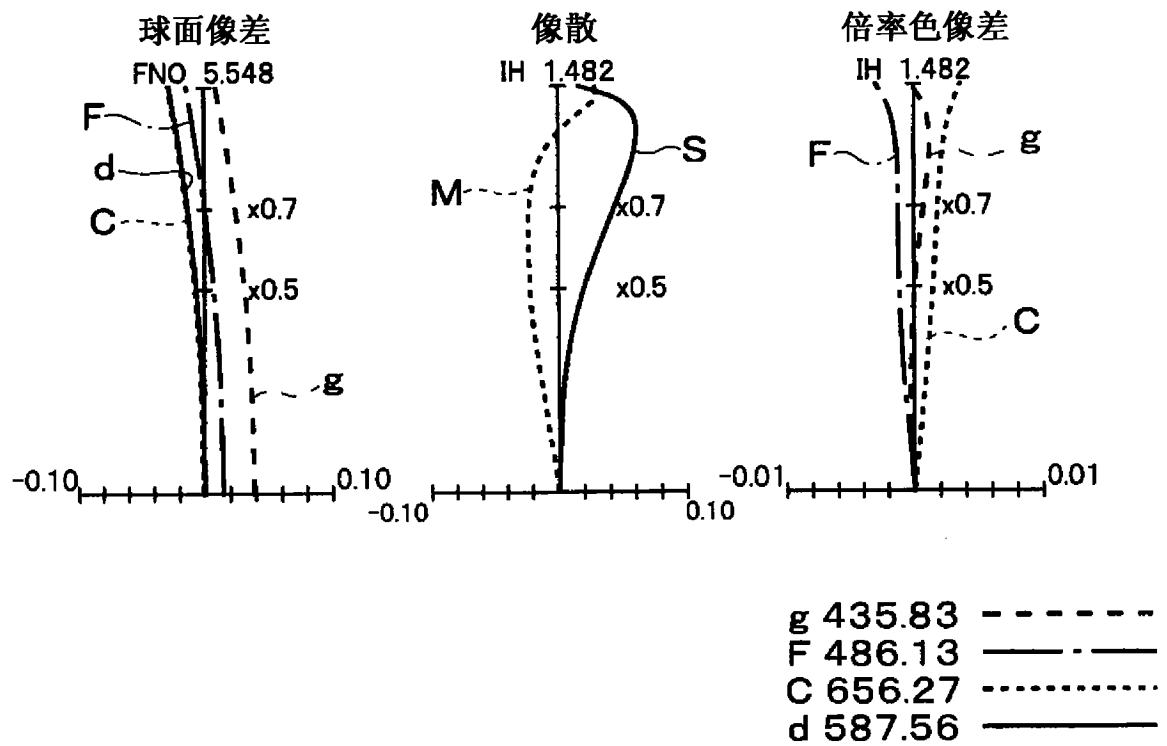


图 18

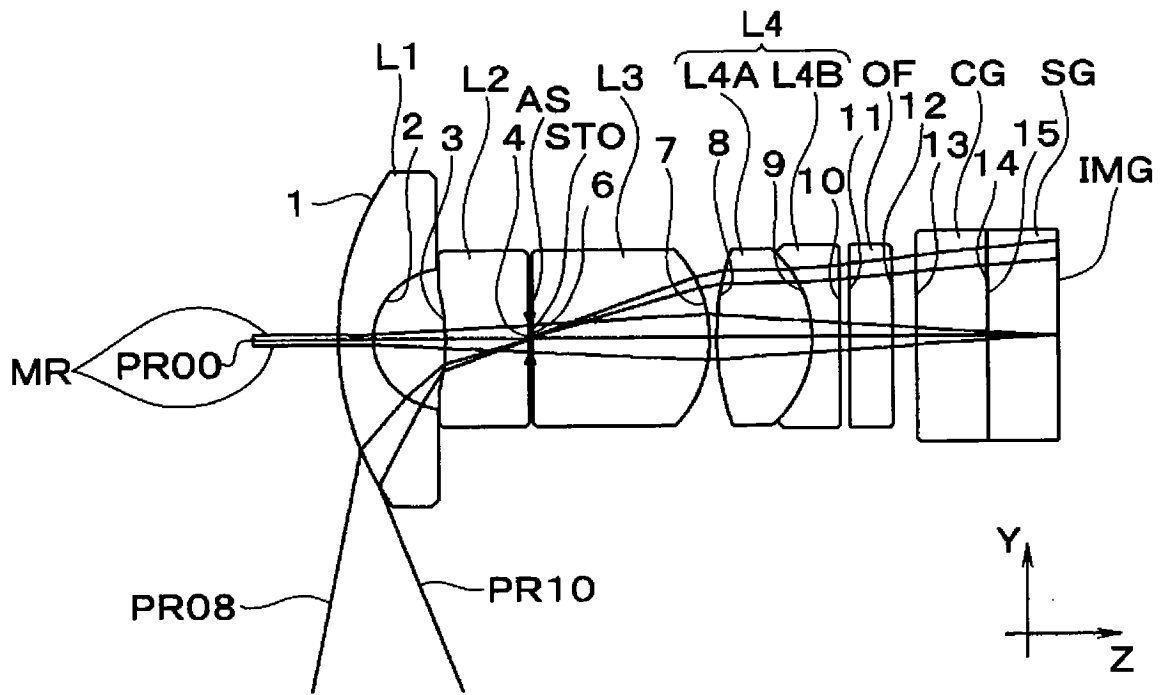


图 19

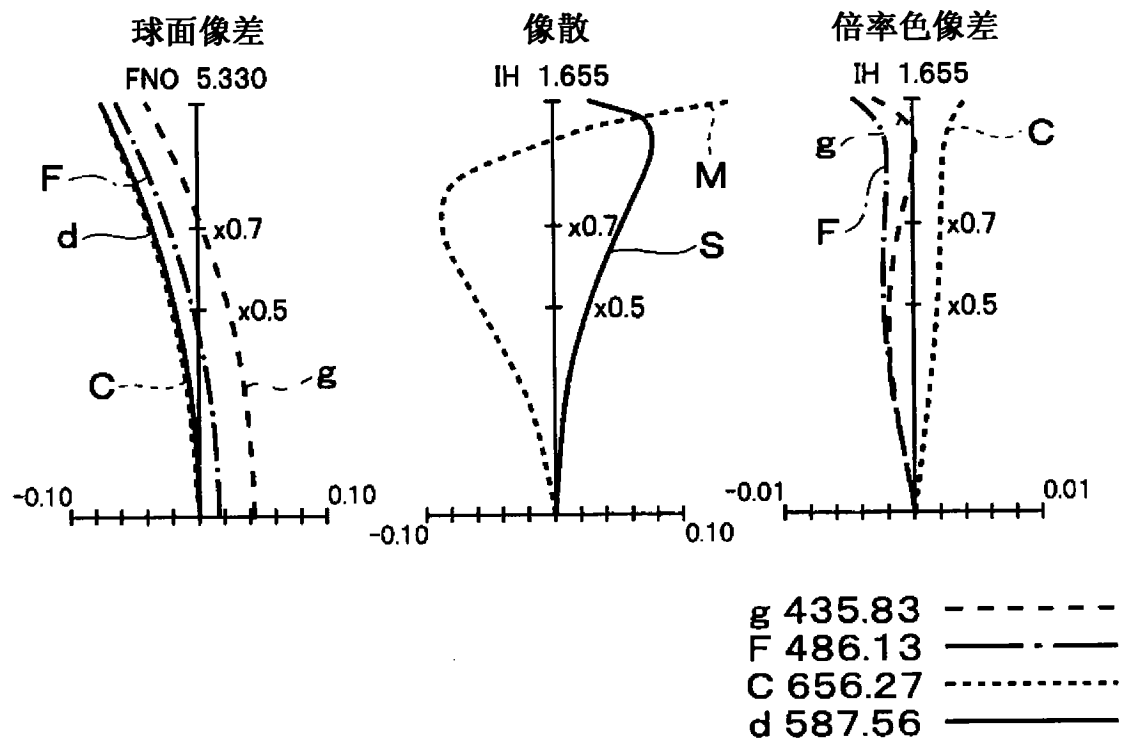


图 20

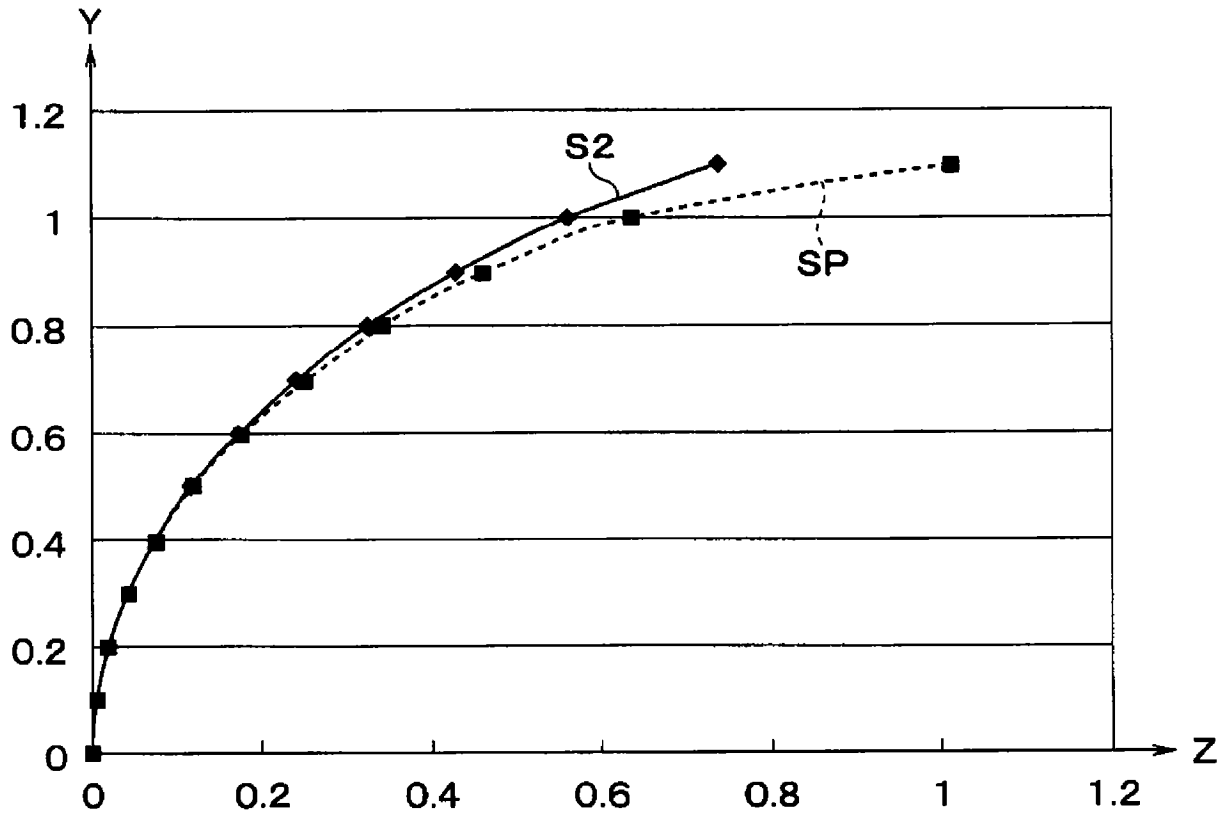


图 21

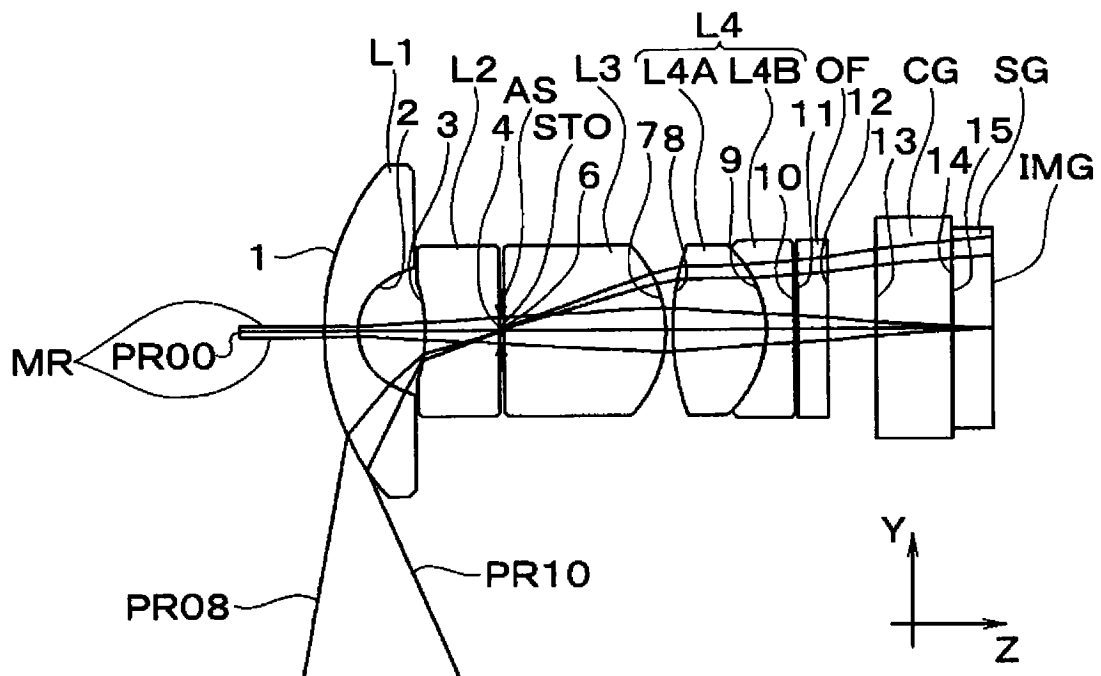


图 22

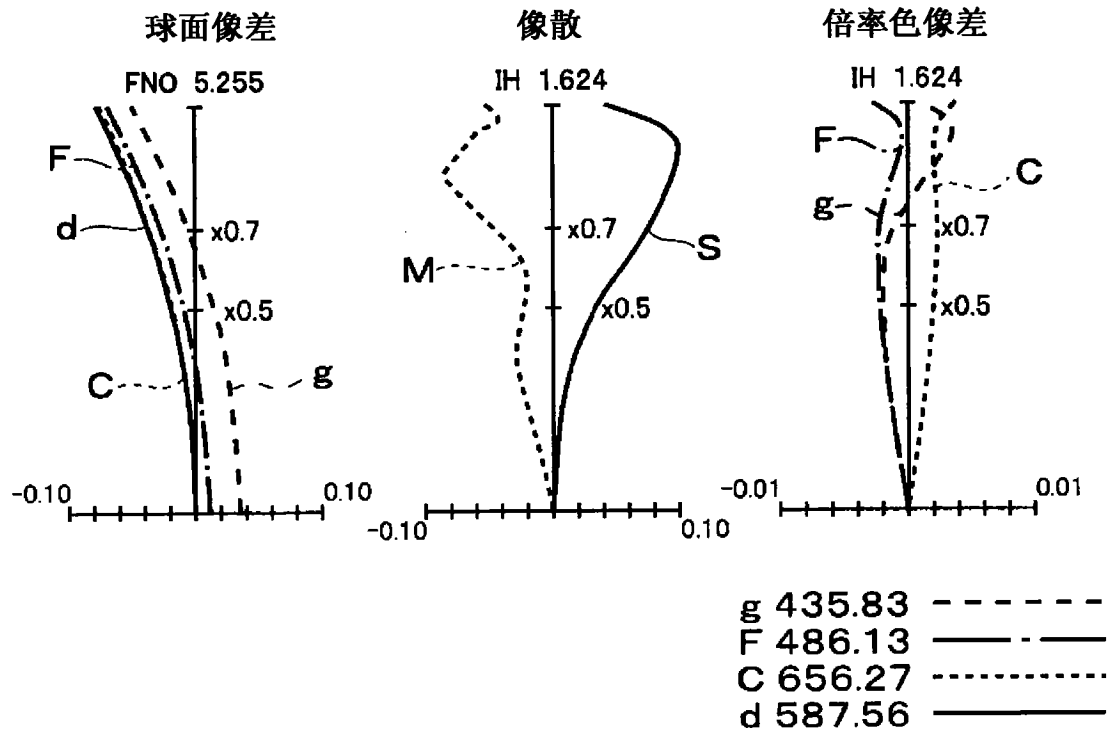


图 23

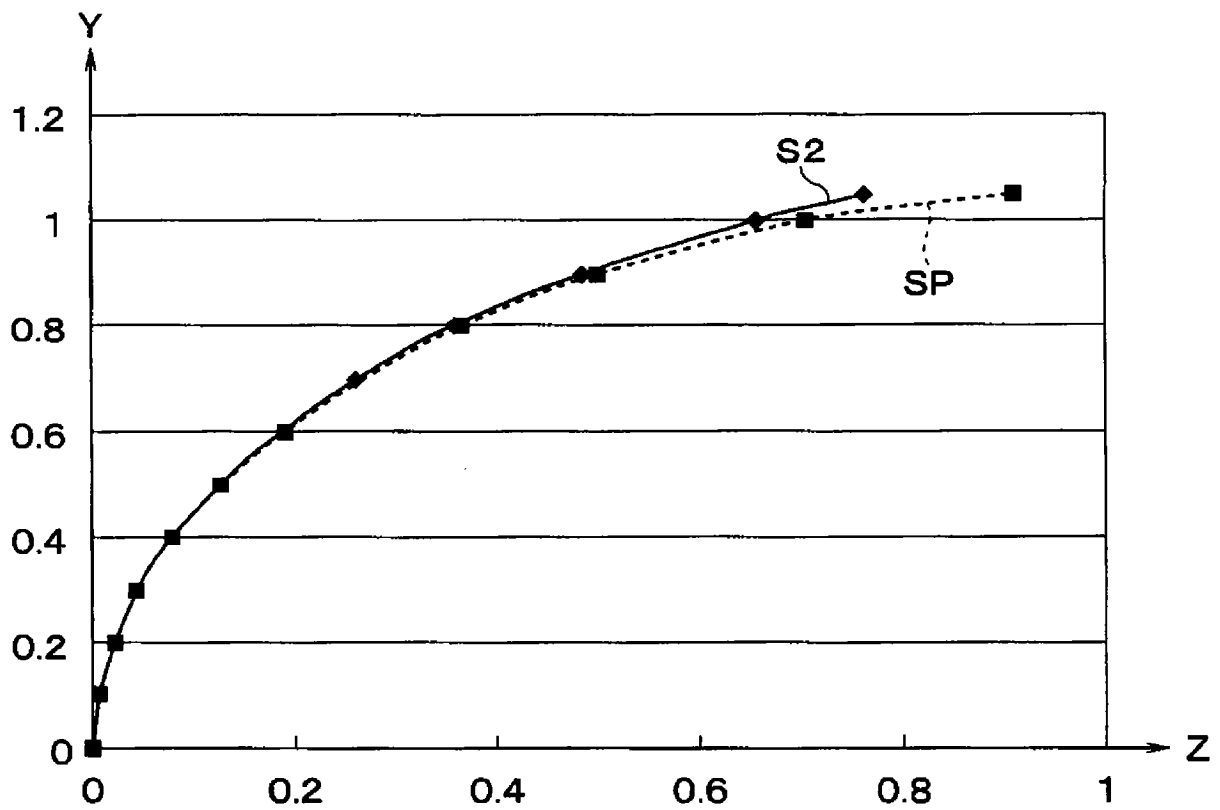


图 24

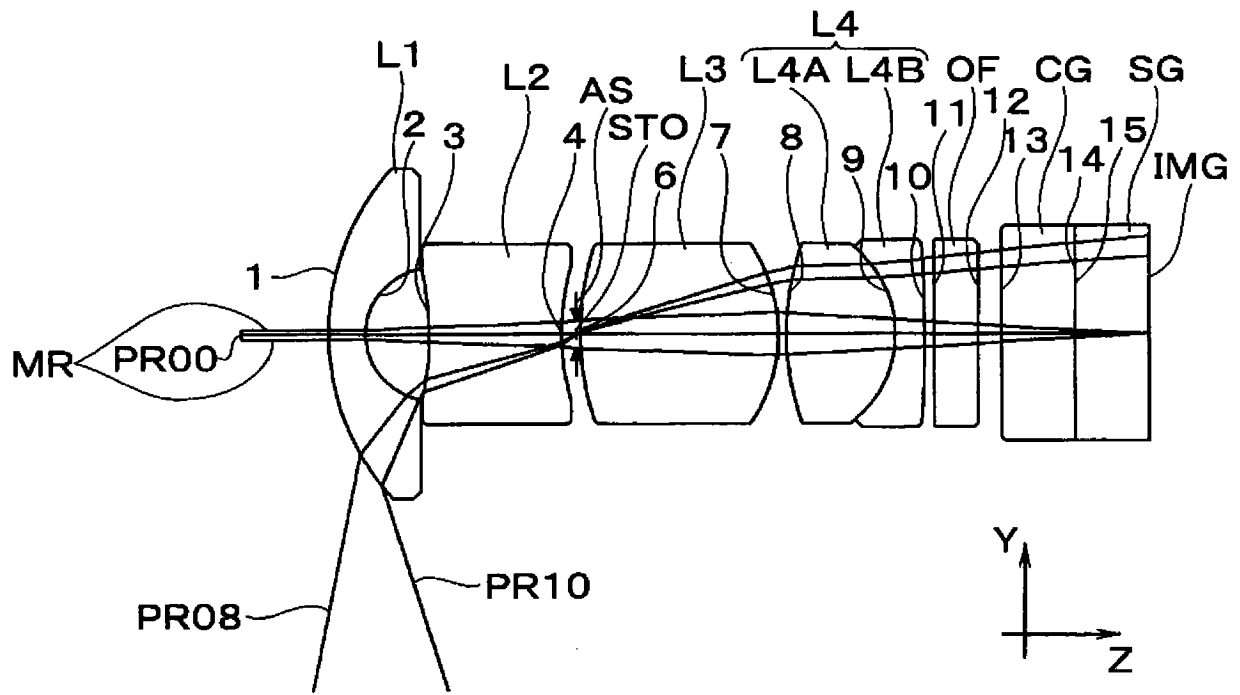


图 25

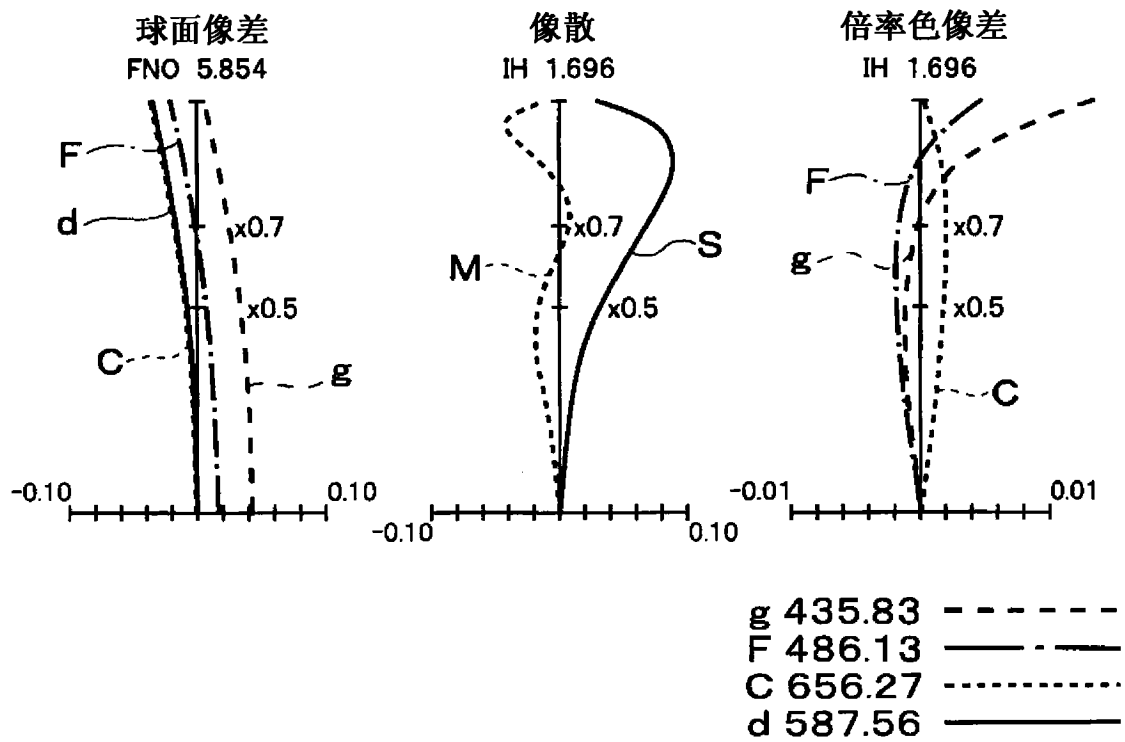


图 26

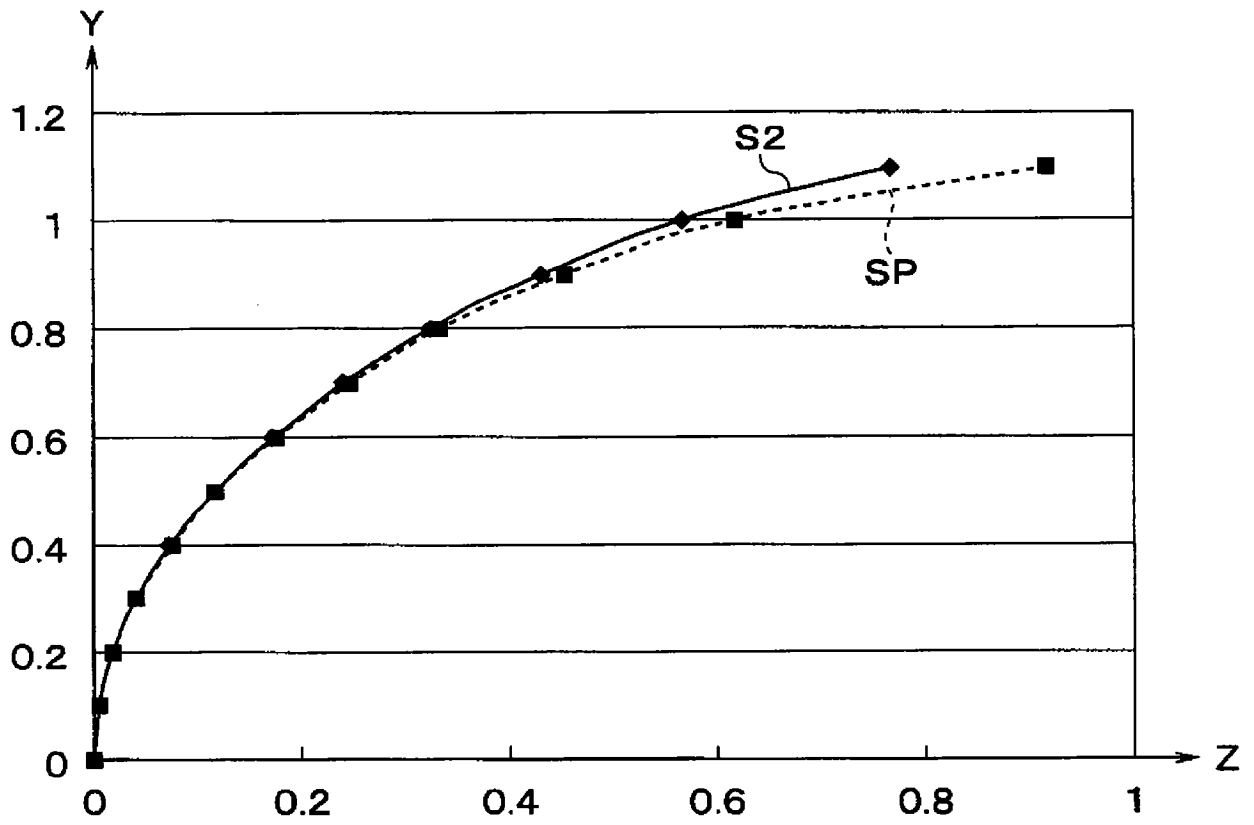


图 27

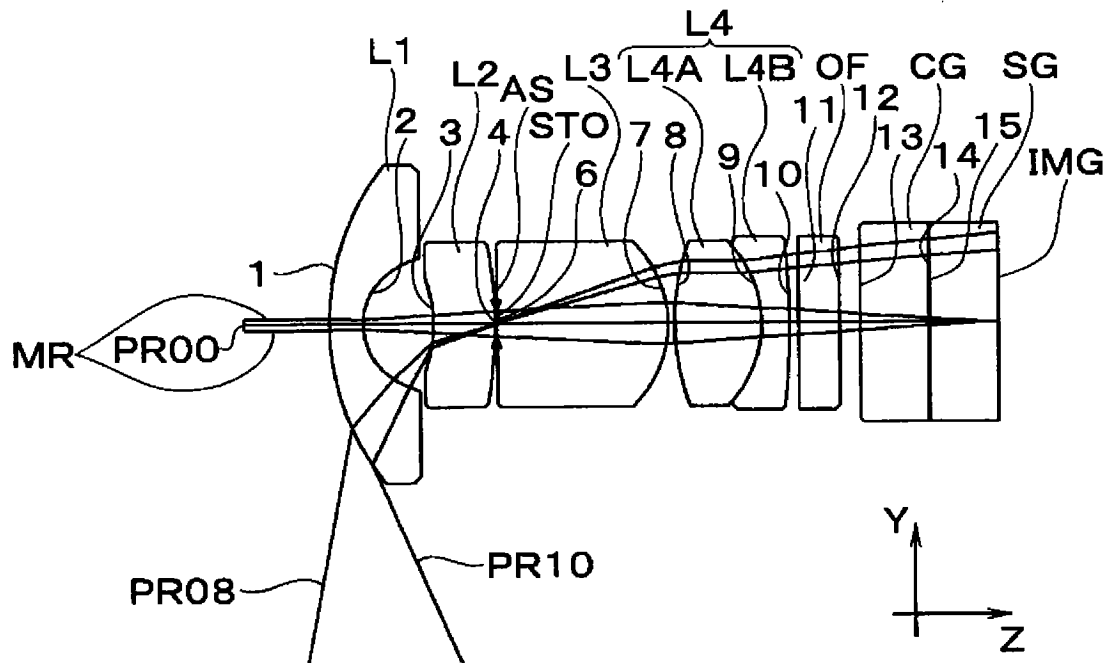


图 28

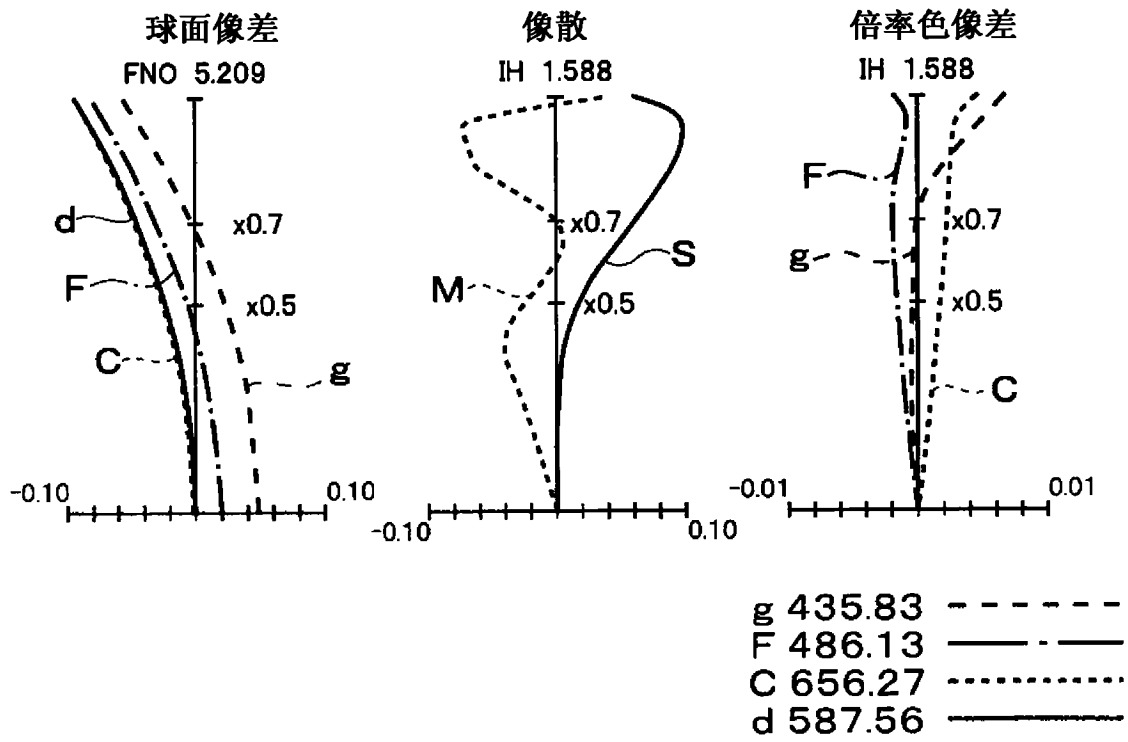


图 29

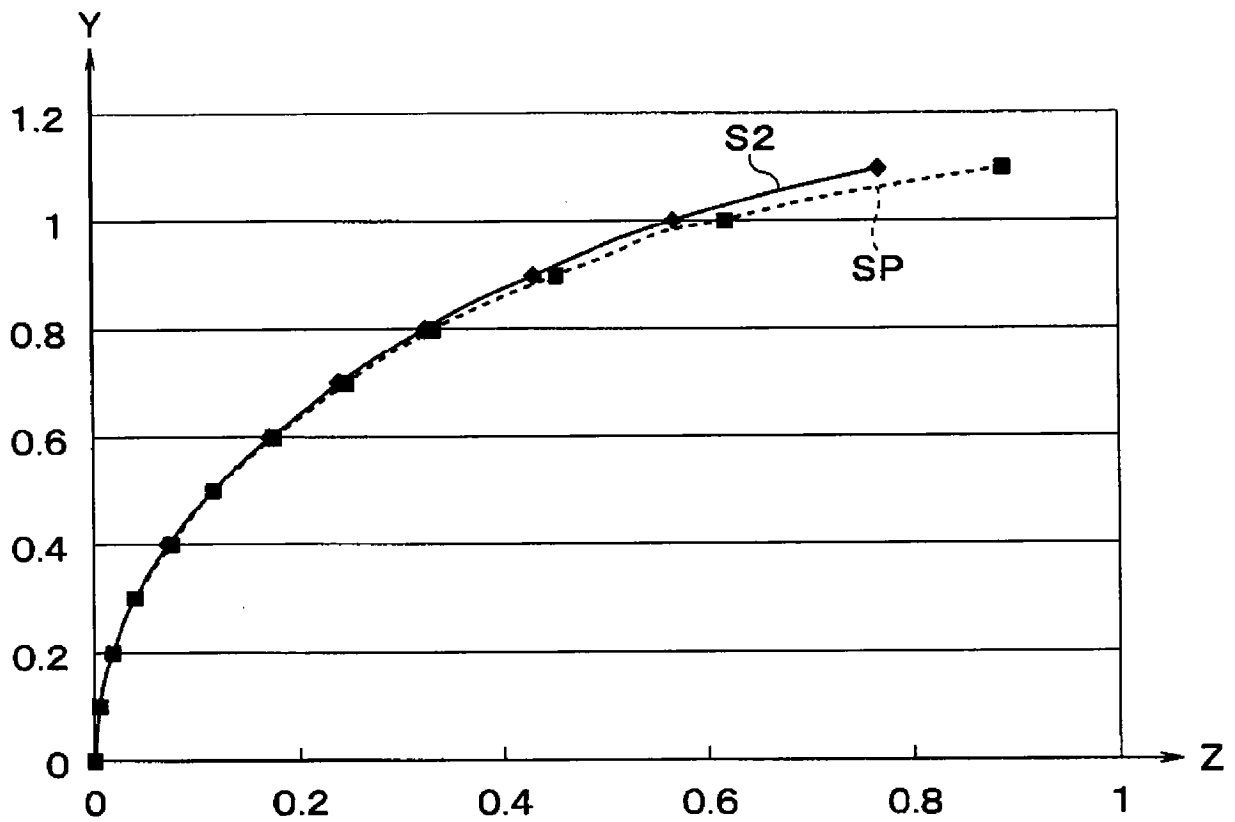


图 30

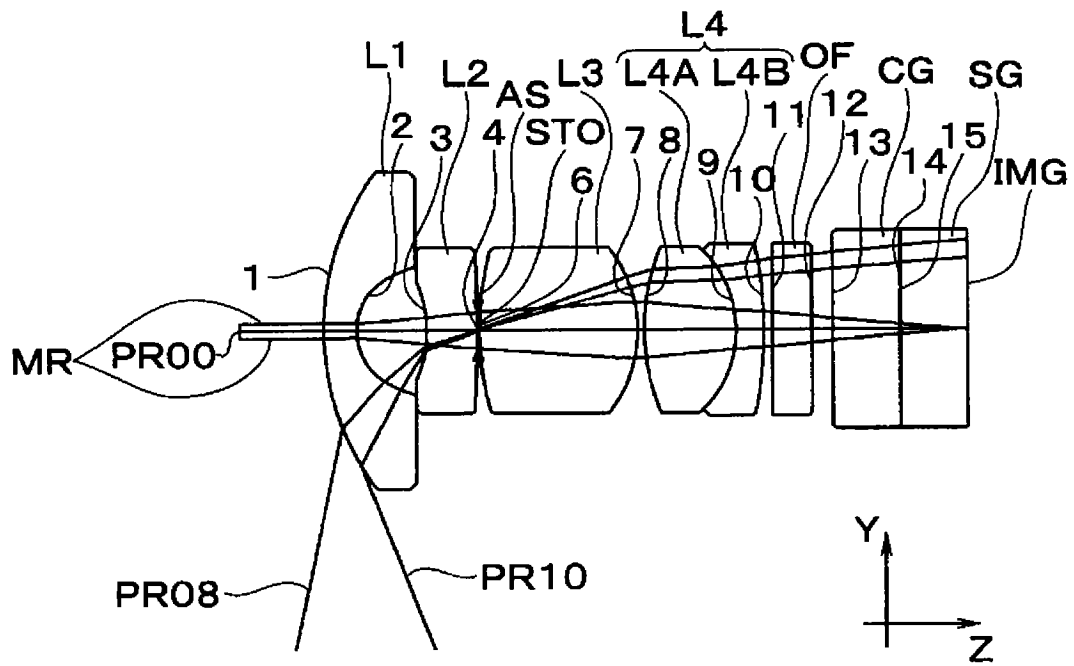


图 31

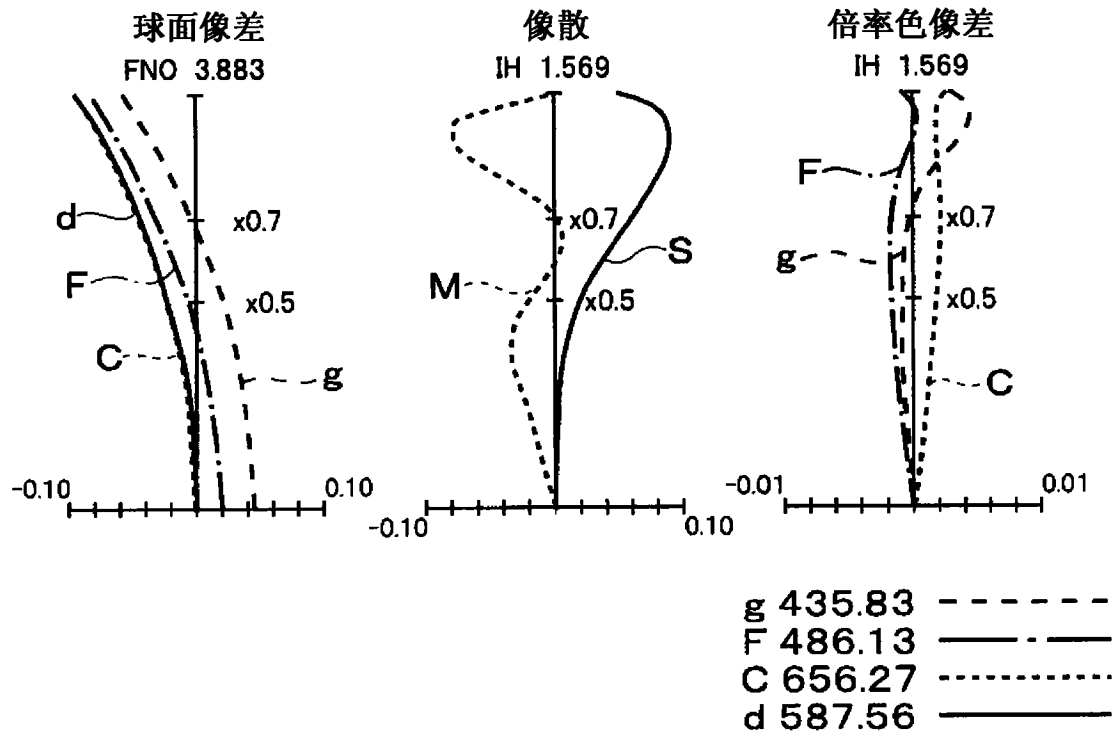


图 32

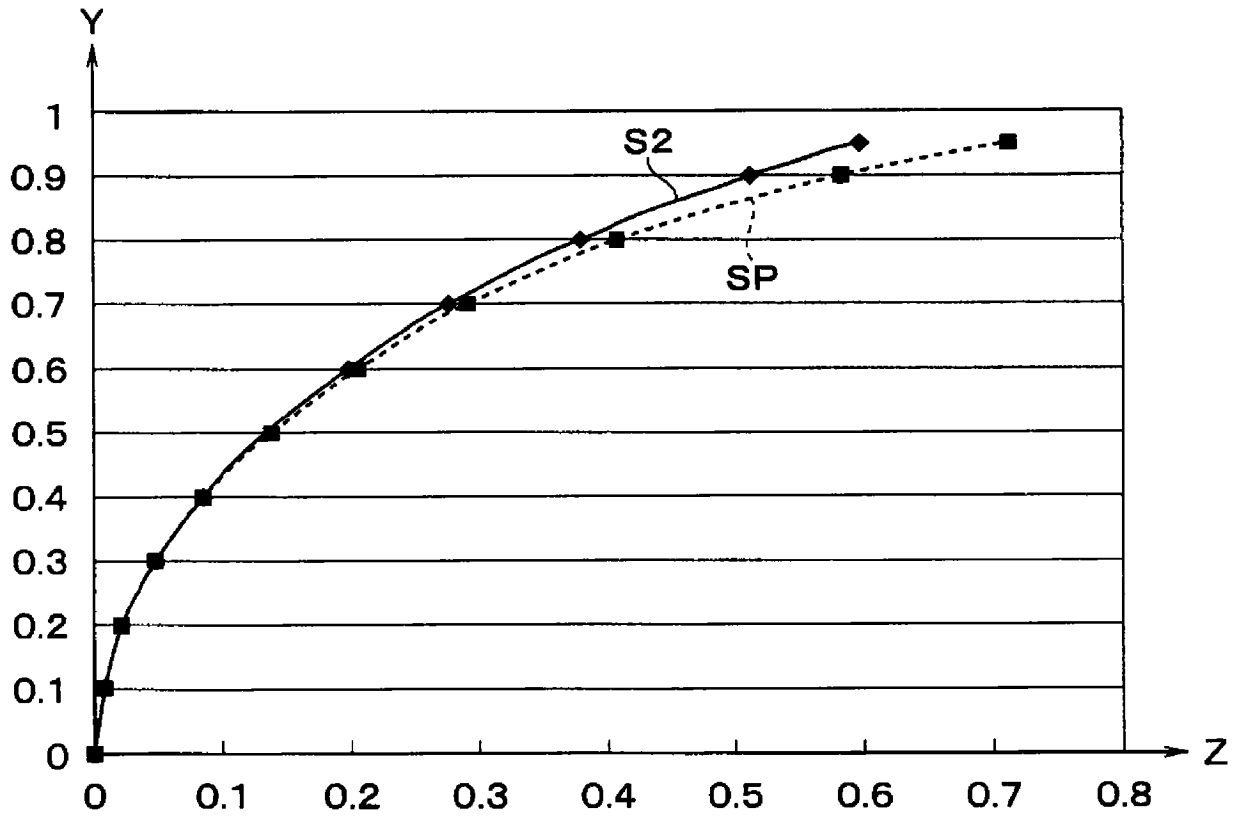


图 33

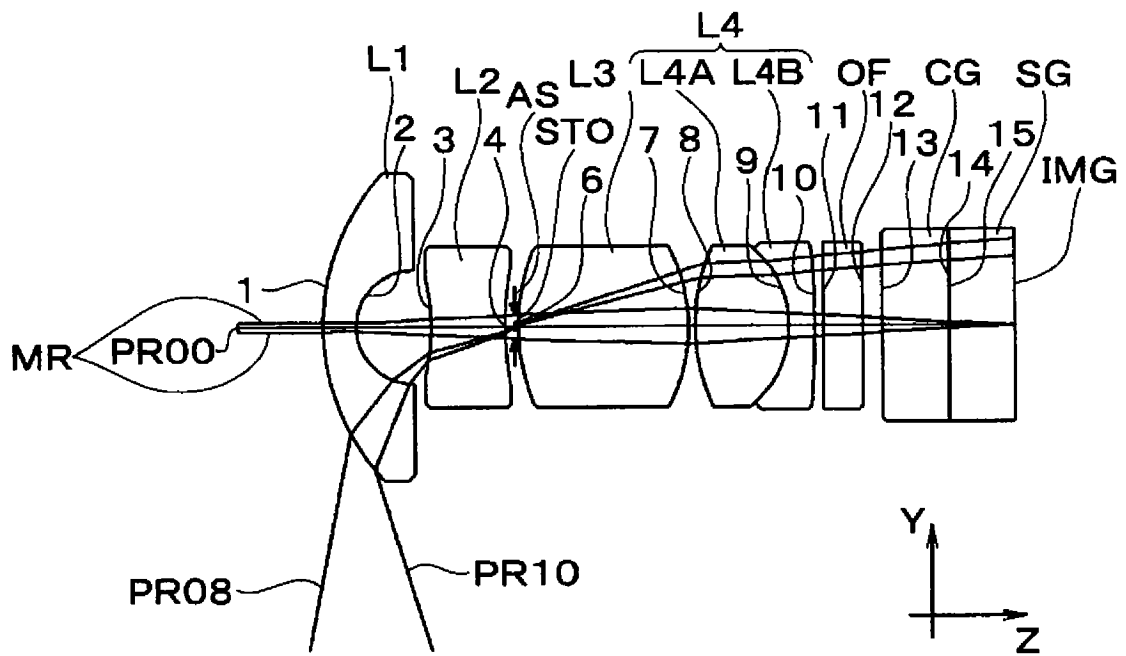


图 34

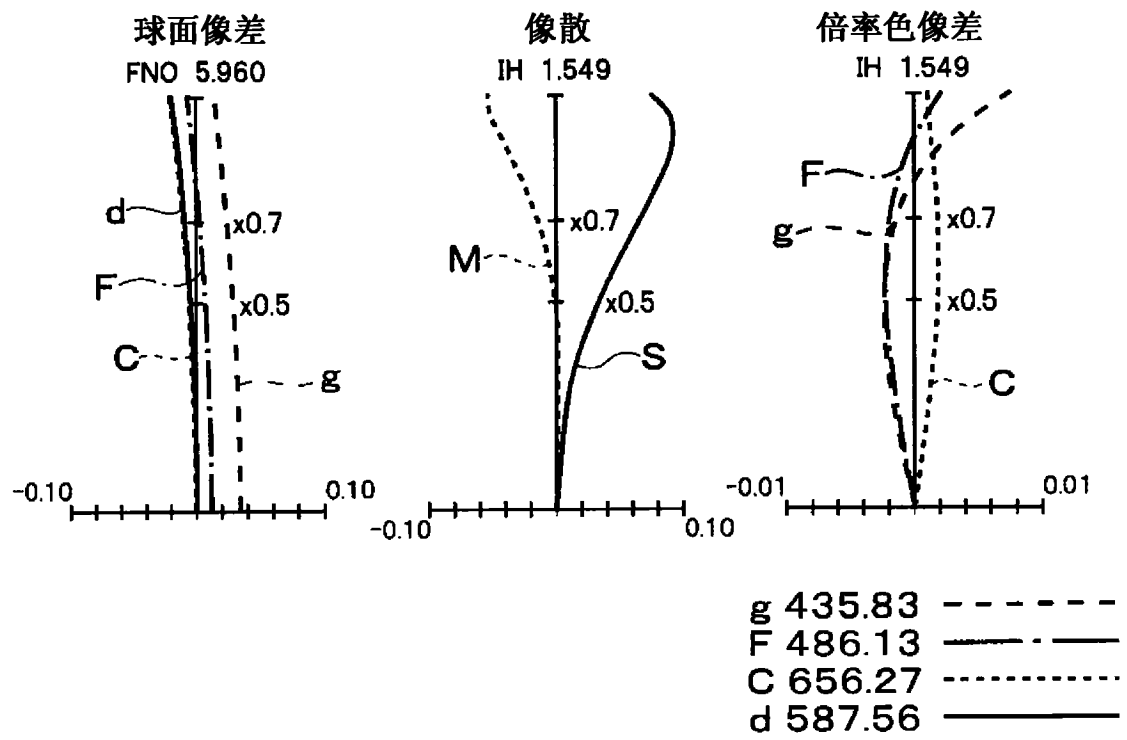


图 35

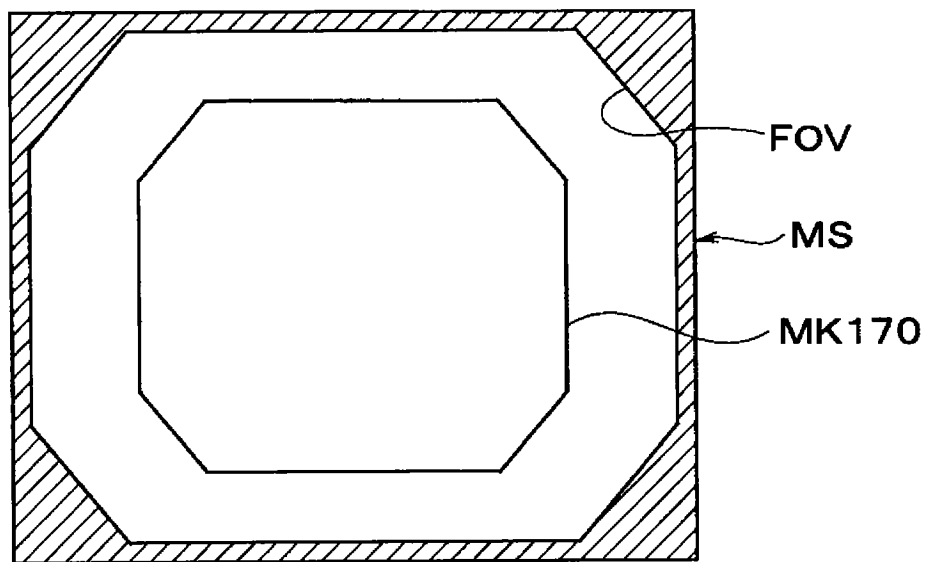


图 36

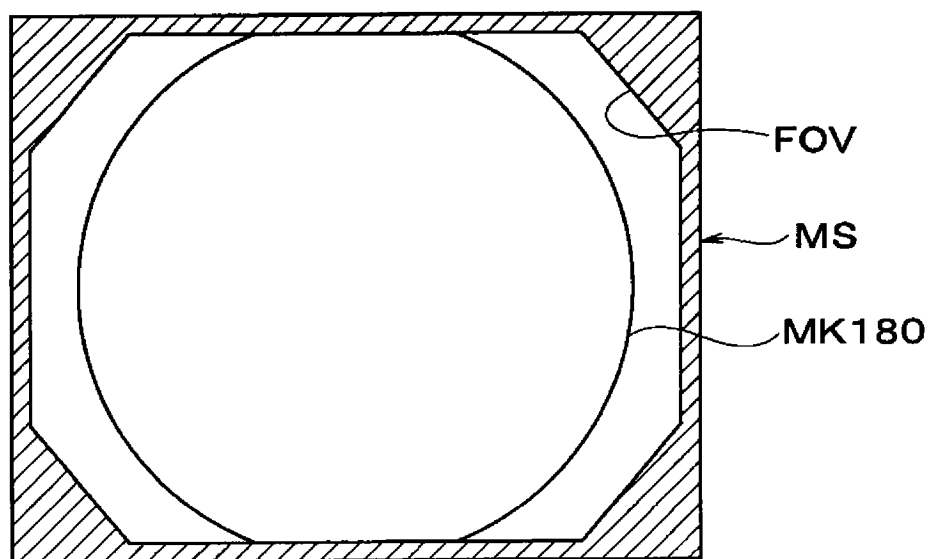


图 37

专利名称(译)	物镜及内窥镜装置		
公开(公告)号	CN102414597B	公开(公告)日	2014-01-08
申请号	CN201080019109.X	申请日	2010-11-17
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯医疗株式会社		
申请(专利权)人(译)	奥林巴斯医疗株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	奥林巴斯医疗株式会社		
[标]发明人	鹤泽勉		
发明人	鹤泽勉		
IPC分类号	G02B13/04 A61B1/00 G02B13/18		
CPC分类号	G02B13/06 A61B1/00096 A61B1/00188 G02B23/243		
代理人(译)	刘新宇 张会华		
优先权	2010205897 2010-09-14 JP 2009277845 2009-12-07 JP		
其他公开文献	CN102414597A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明提供物镜及内窥镜装置。该物镜从物体侧依次包括具有负光焦距的前透镜组、亮度光圈(AS)、及具有正光焦距的后透镜组，前透镜组从物体侧依次包括凸面朝向物体侧的负凹凸透镜的第1透镜(L1)、及凹面朝向物体侧的负透镜的第2透镜(L2)，后透镜组从物体侧依次包括正透镜的第3透镜(L3)、及接合正透镜(L4A)与负透镜(L4B)而成的第4透镜(L4)，上述物镜满足以下条件式(1)： $-0.8 < f_F/f_R < -0.3 \dots (1)$ ，其中， f_F 是前透镜组的焦距， f_R 是后透镜组的焦距。

