



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112748520 A

(43) 申请公布日 2021.05.04

(21) 申请号 202011153471.8

(22) 申请日 2020.10.26

(30) 优先权数据

2019-195985 2019.10.29 JP

(71) 申请人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 高桥真

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所
有限公司 11038

代理人 宋岩

(51) Int. Cl.

G02B 13/00 (2006.01)

G02B 13/18 (2006.01)

G03B 21/14 (2006.01)

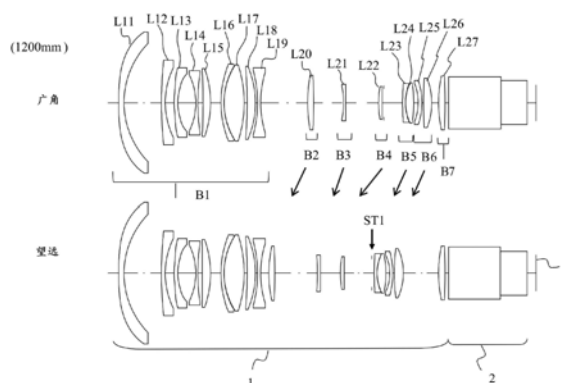
权利要求书2页 说明书18页 附图7页

(54) 发明名称

光学系统、投影透镜、图像投影装置和图像
捕获透镜

(57) 摘要

本发明公开了光学系统、投影透镜、图像投影装置和图像捕获透镜。光学系统从放大共轭侧到缩小共轭侧依次包括具有负折光力或正折光力的第一单元(B1至B4)、孔径光阑(ST1)以及第二单元(B5至B7)。第一单元和第二单元中的至少一个包括负透镜(L23),并且当 ν_n 表示负透镜在d线中的阿贝数、并且 dn/dt_n 表示负透镜的折射率的温度系数时,光学系统满足 $10 \leq \nu_n \leq 40$ 和 $dn/dt_n < 0$ 。



1. 一种光学系统,所述光学系统从放大共轭侧到缩小共轭侧依次包括:
具有负折光力或正折光力的第一单元;
孔径光阑;以及
第二单元,
其特征在于,第一单元和第二单元中的至少一个包括负透镜,以及
当 v_n 表示所述负透镜在d线中的阿贝数、并且 dn/dt_n 表示所述负透镜的折射率的温度系数时,以下条件被满足:
 $10 \leq v_n \leq 40$
 $dn/dt_n < 0$ 。
2. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,第一单元和第二单元中的至少一个包括正透镜,以及
当 v_p 表示所述正透镜在d线中的阿贝数、并且 dn/dt_p 表示所述正透镜的折射率的温度系数时,以下条件被满足:
 $62 \leq v_p \leq 110$
 $0 < (dn/dt_p) / (dn/dt_n)$ 。
3. 根据权利要求2所述的光学系统,其中,当 α_p 表示所述正透镜的线性膨胀系数、并且 α_n 表示所述负透镜的线性膨胀系数时,以下条件被满足:
 $|\alpha_p - \alpha_n| \times 10^7 \leq 60$ 。
4. 根据权利要求2所述的光学系统,其中,所述正透镜和所述负透镜构成胶合透镜。
5. 根据权利要求2所述的光学系统,其中,当 ϕ_p 表示所述正透镜的折光力、并且 ϕ_n 表示所述负透镜的折光力时,以下条件被满足:
 $-70 \geq [\phi_n / \phi_p] / [(dn/dt_n) / (dn/dt_p)] > 0$ 。
6. 根据权利要求2所述的光学系统,其中,当 ϕ_p 表示所述正透镜的折光力、并且 ϕ_n 表示所述负透镜的折光力时,以下条件被满足:
 $-2 \leq \phi_n / \phi_p < 0$ 。
7. 根据权利要求2所述的光学系统,其中,以下条件被满足:
 $-7 \leq [(dn/dt_p) - (dn/dt_n)] \times 10^6 \leq 5$ 。
8. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,当L表示所述光学系统的总长度、并且 L_n 表示从所述孔径光阑的位置到所述负透镜的孔径光阑侧的表面的距离时,以下条件被满足:
 $0 < L_n / L \leq 0.9$ 。
9. 根据权利要求1所述的光学系统,其中,当 ϕ_n 表示所述负透镜的折光力、并且 ϕ 表示所述光学系统的折光力时,以下条件被满足:
 $-0.5 \leq \phi_n / \phi < 0$ 。
10. 根据权利要求1至9中的任一项所述的光学系统,其中,包括在第一单元和第二单元中的多个透镜的至少一部分移动以执行倍率的变化。
11. 一种使用根据权利要求1至10中的任一项所述的光学系统的投影透镜。
12. 一种使用根据权利要求1至10中的任一项所述的光学系统作为投影透镜的图像投

影装置。

13. 一种使用根据权利要求1至10中的任一项所述的光学系统用于图像捕获的图像捕获透镜。

光学系统、投影透镜、图像投影装置和图像捕获透镜

技术领域

[0001] 本发明涉及用于投影透镜和图像捕获透镜的光学系统。

背景技术

[0002] 用于投影仪(图像投影装置)的投影透镜和用于相机的图像捕获透镜的光学系统要求尺寸小且具有高清晰度,并且还要求由于温度改变而引起的焦点变化(分辨率恶化)小。日本专利公开No.2012-13982公开了一种投影透镜,该投影透镜具有根据由温度传感器检测到的温度执行聚焦控制的温度补偿功能。日本专利公开No.2018-132565公开了具有通过多个正透镜的玻璃材料的组合的温度补偿功能的投影透镜。

[0003] 但是,日本专利公开No.2012-13982中公开的投影透镜要求温度传感器和执行聚焦控制的控制单元,这使得投影透镜的配置复杂。另外,利用如日本专利公开No.2018-132565中公开的仅通过玻璃材料的组合的温度补偿功能,难以获得足够的温度补偿效果。

发明内容

[0004] 本发明提供了一种光学系统,该光学系统能够在具有简单的配置的同时提供良好的温度补偿效果。

[0005] 根据本发明的一方面的光学系统从放大共轭侧到缩小共轭侧依次包括具有负折光力或正折光力的第一单元、孔径光阑以及第二单元。第一单元和第二单元中的至少一个包括负透镜,并且当 v_n 表示负透镜在d线中的阿贝数、并且 dn/dt_n 表示负透镜的折射率的温度系数时,以下条件被满足:

[0006] $10 \leq v_n \leq 40$

[0007] $dn/dt_n < 0$ 。

[0008] 作为本发明的其它方面,本发明还提供了各自使用上述光学系统的投影透镜、图像投影装置和图像捕获透镜。

[0009] 通过以下参考附图对示例性实施例的描述,本发明的更多特征将变得清楚。

附图说明

[0010] 图1是作为本发明的实施例1的投影光学系统的截面图。

[0011] 图2图示了实施例1的投影光学系统在广角端处的像差图。

[0012] 图3图示了实施例1的投影光学系统在望远端处的像差图。

[0013] 图4是作为本发明的实施例2的投影光学系统的截面图。

[0014] 图5图示了实施例2的投影光学系统在广角端处的像差图。

[0015] 图6图示了实施例2的投影光学系统在望远端处的像差图。

[0016] 图7是作为本发明的实施例3的投影光学系统的截面图。

[0017] 图8图示了实施例3的投影光学系统在广角端处的像差图。

[0018] 图9图示了实施例3的投影光学系统在望远端处的像差图。

[0019] 图10是作为本发明的实施例4的投影仪的截面图。

具体实施方式

[0020] 在下文中将参考附图描述本发明的示例性实施例。

[0021] 每个实施例的光学系统被用作用于投影仪(图像投影装置)的投影透镜和用于相机(图像捕获装置)的图像捕获透镜的光学系统。

[0022] 一般而言,为了减小光学系统的轴向色差等以改善其光学性能,在光圈(diaphragm)(孔径光阑)附近使用由诸如S-FPL51之类的低色散和反常色散玻璃制成的正透镜。将描述当温度改变发生时正透镜的行为。

[0023] 低色散和反常色散玻璃具有负的折射率的温度系数(dn/dt),因此当正透镜的温度升高时,其折光力减弱。因此,光学系统的像面(焦点位置)在向上方向(over direction)上移动。另外,由于低色散和反常色散玻璃具有大的 dn/dt 的绝对值,因此在整个光学系统中其影响是主要的,并且当温度升高时,焦点变化在向上方向上发生,导致分辨率的恶化。因此,在每个实施例中,将描述通过使用低色散和反常色散玻璃实现高光学性能的光学系统。另外,将描述由于温度改变而引起的焦点移动(在下文中被称为“温度焦点变化”)小的光学系统。

[0024] 具体而言,每个实施例的光学系统从放大共轭侧到缩小共轭侧依次包括具有负或正折光力的前单元(第一透镜单元)、孔径光阑以及具有正折光力的后单元(第二单元)。在这种光学系统中,前单元和后单元中的至少一个包括满足以下条件表达式(1)和(2)的至少一个负透镜。另外,前单元和后单元中的至少一个可以包括满足以下条件表达式(3)和(4)的至少一个正透镜。

$$[0025] \quad 10 \leq v_n \leq 40 \quad (1)$$

$$[0026] \quad dn/dtn < 0 \quad (2)$$

$$[0027] \quad 62 \leq v_p \leq 110 \quad (3)$$

$$[0028] \quad 0 < (dn/dtp) / (dn/dtn) \quad (4)$$

[0029] 在条件表达式(1)至(4)中, v_n 表示负透镜在d线(波长587.6nm)中的阿贝数, dn/dtn 表示负透镜的折射率的温度系数, v_p 表示正透镜在d线中的阿贝数,并且 dn/dtp 表示正透镜的折射率的温度系数。

[0030] 满足条件表达式(1)和(2)使得可以改善光学系统的颜色性能(与颜色相关的性能),并实现通过光学系统投影或捕获的图像的高质量。

[0031] 小于条件表达式(1)的下限的阿贝数 v_n 使得负透镜的色散太大,这使得不可能实现良好的颜色性能。大于条件表达式(1)的上限的阿贝数 v_n 使得负透镜的色散太小,这也使得不可能实现良好的颜色性能。

[0032] 更优选的是,将条件表达式(1)改变为以下条件表达式(1)'。

$$[0033] \quad 20 \leq v_n \leq 40 \quad (1)'$$

[0034] 大于条件表达式(2)的上限的折射率的温度系数 dn/dtn 使得温度焦点变化太大,这使得不可能实现良好的分辨率性能。

[0035] 更优选的是,将条件表达式(2)改变为以下条件表达式(2)'。

$$[0036] \quad dn/dtn < -5 \times 10^{-6} \quad (2)'$$

[0037] 此外,使用其折射率的温度系数具有与负透镜和正透镜的材料相同的符号的玻璃材料以便满足条件表达式 (3) 和 (4),使得能够消除由于这些透镜引起的温度焦点变化,即,提供温度消除效果,这在整个光学系统中实现良好的分辨率性能。

[0038] 具体而言,稍后描述的实施例1提供了负透镜的玻璃材料为S-NPH7 ($dn/dt = -4.1 \times 10^{-6}$)、正透镜的玻璃材料为S-FPL51 ($dn/dt = -6.4 \times 10^{-6}$) 并且这些负透镜和正透镜被彼此胶合以构成胶合透镜的示例。在实施例1中,当温度升高10℃时,由于负透镜而引起的焦点移动量为 $-2.44\mu m$,并且由于正透镜而引起的焦点移动量为 $5.96\mu m$ 。因此,焦点移动在整个胶合透镜中被消除。

[0039] 小于条件表达式 (3) 的下限的阿贝数 v_p 使得正透镜的色散太大,这使得不可能实现良好的颜色性能。大于条件表达式 (3) 的上限的阿贝数 v_p 使得正透镜的色散太小,这也使得不可能实现良好的颜色性能。

[0040] 更优选的是,将条件表达式 (3) 改变为以下条件表达式 (3)'。

[0041] $68 \leq v_p \leq 96$ (3)'

[0042] 大于条件表达式 (4) 的上限的折射率的温度系数 dn/dtp 使得温度焦点变化太大,这使得不可能实现良好的分辨率性能。

[0043] 更优选的是,将条件表达式 (4) 改变为以下条件表达式 (4)'。

[0044] $0 < (dn/dtp) / (dn/dtn) < 70$ (4)'

[0045] 另一方面,低色散和反常色散玻璃具有大的线性膨胀系数,从而由于温度改变而导致形状的大改变。因此,难以胶合各自由一般玻璃材料制成的正透镜和负透镜。由于这个原因,在每个实施例中,期望正透镜和负透镜满足以下条件表达式 (5)。

[0046] $|a_p - a_n| \times 10^7 \leq 60$ (5)

[0047] 在条件表达式 (5) 中, a_p 表示正透镜的线性膨胀系数,并且 a_n 表示负透镜的线性膨胀系数。满足条件表达式 (5) 使得可以胶合各自由低色散和反常色散玻璃制成的正透镜和负透镜。大于条件表达式 (5) 的上限的 $|a_p - a_n| \times 10^7$ 的值使得正透镜和负透镜的线性膨胀之间的差太大,这不期望地导致破裂或剥离。在实施例1中, $|a_p - a_n| \times 10^7$ 的值是22,这满足条件表达式 (5),从而实现了具有高光学性能的紧凑光学系统。

[0048] 更优选的是,将条件表达式 (5) 改变为以下条件表达式 (5)'。

[0049] $|a_p - a_n| \times 10^7 \leq 50$ (5)'

[0050] 另外,满足以下条件表达式 (6) 使得能够更有效地减小温度焦点变化。

[0051] $-70 \geq [\phi_n / \phi_p] / [(dn/dtn) / (dn/dtp)] > 0$ (6)

[0052] 在条件表达式 (6) 中, ϕ_p 表示正透镜的折光力,并且 ϕ_n 表示负透镜的折光力。折光力是焦距的倒数。

[0053] 条件表达式 (6) 意味着相对于正透镜和负透镜的折射率的温度系数,正透镜和负透镜的折光力的比率被适当地设定。条件表达式 (6) 的范围之外的 $[\phi_n / \phi_p] / [(dn/dtn) / (dn/dtp)]$ 的值使得由于正透镜和负透镜而引起的温度焦点变化之间的差太大,这使得不可能实现几乎没有温度焦点变化的高分辨率光学系统。

[0054] 更优选的是,将条件表达式 (6) 改变为以下条件表达式 (6)'或 (6)''。

[0055] $-10 \geq [\phi_n / \phi_p] / [(dn/dtn) / (dn/dtp)] > 0$ (6)'

[0056] **$-3 \leq [\varphi_n/\varphi_p]/[(dn/dt_n)/(dn/dt_p)] > 0$ (6)"**

[0057] 而且,使用满足以下条件表达式(7)的负透镜使得能够进一步有效地减小温度焦点变化。

[0058] $0 \leq L_n/L \leq 0.9$ (7)

[0059] 在条件表达式(7)中, L 表示光学系统的总长度,并且 L_n 表示从孔径光阑的位置到负透镜的孔径光阑侧的表面的距离。孔径光阑的位置在光学系统的光轴与离轴光线的主光线相交的点处或附近。

[0060] 小于条件表达式(7)的下限的 L_n/L 的值使得负透镜的温度校正效果大,这使得温度焦点变化太大。因此,变得不可能实现良好的分辨率性能。另一方面,大于条件表达式(7)的上限的 L_n/L 的值使得负透镜的温度校正效果小,这使得温度焦点变化太大。因此,也变得不可能实现良好的分辨率性能。

[0061] 特别地,当这个光学系统被用作投影仪的投影透镜时,孔径光阑附近的温度升高大。因此,更优选的是,满足以下条件表达式(7)'或(7)",而不是条件表达式(7)。

[0062] $0.001 \leq L_n/L \leq 0.400$ (7)'

[0063] $0.001 \leq L_n/L \leq 0.100$ (7)"

[0064] 另外,为了更适当地设定负透镜的折光力,期望满足以下条件表达式(8)和(9)。

[0065] **$-2 \leq \varphi_n/\varphi_p < 0$ (8)**

[0066] **$-0.5 \leq \varphi_n/\varphi < 0$ (9)**

[0067] 条件表达式(8)的范围之外的 φ_n/φ_p 的值使得负透镜的折光力大,这使得温度焦点变化太大。因此,变得不可能实现良好的分辨率性能。

[0068] 更优选的是,将条件表达式(8)改变为以下条件表达式(8)'。

[0069] **$-1.2 \leq \varphi_n/\varphi_p < 0$ (8)'**

[0070] 类似地,条件表达式(9)的范围之外的 φ_n/φ 的值使得负透镜的折光力大,这使得温度焦点变化太大。因此,变得不可能实现良好的分辨率性能。

[0071] 更优选的是,将条件表达式(9)改变为以下条件表达式(9)'。

[0072] **$-0.35 \leq \varphi_n/\varphi < 0$ (9)'**

[0073] 而且,为了更适当地设定正透镜和负透镜的折射率的温度系数,期望满足以下条件表达式(10)。

[0074] $-7 \leq [(dn/dt_p) - (dn/dt_n)] \times 10^6 \leq 5$ (10)

[0075] 小于条件表达式(10)的下限的 $[(dn/dt_p) - (dn/dt_n)] \times 10^6$ 的值使得负温度校正效果大,这使得温度焦点变化太大。因此,变得不可能实现良好的分辨率性能。另一方面,大于条件表达式(10)的上限的 $[(dn/dt_p) - (dn/dt_n)] \times 10^6$ 的值使得正温度校正效果小,这使得温度焦点变化太大。因此,变得不可能实现良好的分辨率性能。

[0076] 更优选的是,将条件表达式(10)改变为以下条件表达式(10)'。

[0077] $-7 \leq [(dn/dt_p) - (dn/dt_n)] \times 10^6 \leq 4$ (10)'

[0078] 满足上述条件表达式中的每个使得可以实现可以在具有简单配置的同时减小温度焦点变化的光学系统。

[0079] 以上配置是作为本发明的实施例所需的最小配置,并且在下文中将描述实施例1至3作为上述配置的具体示例。胶合透镜和孔径光阑的数量和位置以及变焦(倍率变化)功能和聚焦功能的存在或不存在可以与实施例1至3中的不同。

[0080] [实施例1]

[0081] 图1图示了第一实施例(实施例1)的投影光学系统(投影距离1200mm)1在广角端(广角)和望远端(望远)处的截面。附图标记L11至L27表示从放大共轭侧到缩小共轭侧编号的透镜。棱镜2部署在透镜L27和显示用于图像投影的原始图像的图像显示元件3之间。附图标记ST1表示孔径光阑。

[0082] 这个实施例的投影光学系统1具有从放大共轭侧到缩小共轭侧依次布置的包括第一透镜单元B1、第二透镜单元B2、第三透镜单元B3和第四透镜单元B4的前单元;孔径光阑ST1;以及包括第五透镜单元B5、第六透镜单元B6和第七透镜单元B7的后单元。在变焦期间,第一透镜单元B1和第七透镜单元B7被固定(不移动),并且第二透镜单元B2至第六透镜单元B6被移动。在该图中,附到第二透镜单元B2至第六透镜单元B6的箭头指示在从广角端到望远端的变焦期间第二透镜单元B2至第六透镜单元B6的移动轨迹。

[0083] 在这个实施例中,由负透镜L23和正透镜L24构成并且包括在比孔径光阑ST1更远地部署在缩小共轭侧的后单元中的胶合透镜具有温度消除效果。

[0084] 具体而言,负透镜L23是由 $v_n=23.9$ 、 $dn/dt_n=-4.1 \times 10^{-6}$ 且 $\alpha_n=109 \times 10^{-7}$ 的玻璃材料制成的透镜,并且正透镜L24是由 $v_p=81.5$ 、 $dn/dt_p=-6.4 \times 10^{-6}$ 且 $\alpha_p=131 \times 10^{-7}$ 的玻璃材料制成的透镜。

[0085] 虽然前单元中包括的正透镜L22和后单元中包括的负透镜L25不构成胶合透镜,但是只要满足条件表达式(1)至(4),它们就可以提供温度消除效果。

[0086] 这个实施例中的条件表达式(1)至(10)的值被共同地示出在数值示例1的(C)中。这个实施例的投影光学系统1满足所有条件表达式(1)至(10)(以及(6)'、(6)''、(7)'和(7)'')。

[0087] 图2是投影光学系统1在广角端处的纵向像差图(投影距离1200mm)。图3是投影光学系统1在望远端处的纵向像差图(投影距离1200mm)。图2和图3示出了d线(波长587.6nm)中的球面像差、像散和畸变。在像散图中,实线S指示矢状像面,并且虚线M指示子午像面。这些适用于稍后描述的其它实施例的纵向像差图。

[0088] [实施例2]

[0089] 图4图示了第二实施例(实施例2)的投影光学系统(投影距离1200mm)21在广角端和望远端处的截面。附图标记L31至L48表示从放大共轭侧到缩小共轭侧编号的透镜。棱镜22部署在透镜L48和图像显示元件23之间。附图标记ST2表示孔径光阑。

[0090] 这个实施例的投影光学系统21具有从放大共轭侧到缩小共轭侧依次布置的包括第一透镜单元B21、第二透镜单元B22、第三透镜单元B23和第四透镜单元B24的前单元;孔径光阑ST2;以及包括第五透镜单元B25、第六透镜单元B26和第七透镜单元B27的后单元。在变焦期间,第一透镜单元B21和第七透镜单元B27被固定(不移动),并且第二透镜单元B22至第六透镜单元B26被移动。在该图中,附到第二透镜单元B22至第六透镜单元B26的箭头指示在从广角端到望远端的变焦期间第二透镜单元B22至第六透镜单元B26的移动轨迹。

[0091] 在这个实施例中,除了由负透镜L44和正透镜L45构成并且包括在比孔径光阑ST2

更远地部署在缩小共轭侧的后单元中的胶合透镜之外,由负透镜L42和正透镜L43构成并且包括在比孔径光阑ST2更远地部署在放大共轭侧的前单元中的胶合透镜也具有温度消除效果。

[0092] 具体而言,负透镜L44是由 $v_n=23.9$ 、 $dn/dt_n=-4.1 \times 10^{-6}$ 且 $\alpha_n=109 \times 10^{-7}$ 的玻璃材料制成的透镜,并且正透镜L45是由 $v_p=81.5$ 、 $dn/dt_p=-6.4 \times 10^{-6}$ 且 $\alpha_p=131 \times 10^{-7}$ 的玻璃材料制成的透镜。

[0093] 负透镜L42是由 $v_n=37.2$ 、 $dn/dt_n=-0.1 \times 10^{-6}$ 且 $\alpha_n=85 \times 10^{-7}$ 的玻璃材料制成的透镜,并且正透镜L43是由 $v_p=94.7$ 、 $dn/dt_p=-6.5 \times 10^{-6}$ 且 $\alpha_p=136 \times 10^{-7}$ 的玻璃材料制成的透镜。

[0094] 这个实施例中的条件表达式(1)至(10)的值被共同地示出在数值示例2的(C)中。这个实施例的投影光学系统21满足所有条件表达式(1)至(10)。但是,胶合透镜(L42和L43)不满足条件表达式(6)'和(6)".在这种情况下,温度消除效果略有降低,但是设计的自由度增大。

[0095] 图5是投影光学系统21在广角端处的纵向像差图(投影距离1200mm)。图6是投影光学系统21在望远端处的纵向像差图(投影距离1200mm)。

[0096] [实施例3]

[0097] 图7图示了第三实施例(实施例3)的投影光学系统(投影距离1200mm)31在广角端和望远端处的截面。附图标记L51至L68表示从放大共轭侧到缩小共轭侧编号的透镜。棱镜32部署在透镜L68和图像显示元件33之间。附图标记ST3表示孔径光阑。

[0098] 这个实施例的投影光学系统31具有从放大共轭侧到缩小共轭侧依次布置的包括第一透镜单元B31、第二透镜单元B32、第三透镜单元B33和第四透镜单元B34的前单元;孔径光阑ST3;以及包括第五透镜单元B35、第六透镜单元B36、第七透镜单元B37和第八透镜单元B38的后单元。在变焦期间,第一透镜单元B31和第八透镜单元B38被固定(不移动),并且第二透镜单元B32至第七透镜单元B37被移动。在该图中,附到第二透镜单元B32至第七透镜单元B37的箭头指示在从广角端到望远端的变焦期间第二透镜单元B32至第七透镜单元B37的移动轨迹。

[0099] 在这个实施例中,除了由负透镜L63和正透镜L64构成并且包括在比孔径光阑ST3更远地部署在缩小共轭侧的后单元中的胶合透镜之外,由负透镜L66和正透镜L67构成并且比胶合透镜(L63和L64)更远地部署在缩小共轭侧的胶合透镜,以及由负透镜L56和正透镜L57构成并且比孔径光阑ST3更远地部署在放大共轭侧且远离孔径光阑ST3的胶合透镜也具有温度消除效果。

[0100] 具体而言,负透镜L63是由 $v_n=37.2$ 、 $dn/dt_n=-0.1 \times 10^{-6}$ 且 $\alpha_n=85 \times 10^{-7}$ 的玻璃材料制成的透镜,并且正透镜L64是由 $v_p=81.5$ 、 $dn/dt_p=-6.4 \times 10^{-6}$ 且 $\alpha_p=131 \times 10^{-7}$ 的玻璃材料制成的透镜。

[0101] 负透镜L66是由 $v_n=37.2$ 、 $dn/dt_n=-0.1 \times 10^{-6}$ 且 $\alpha_n=85 \times 10^{-7}$ 的玻璃材料制成的透镜,并且正透镜L67是由 $v_p=70.2$ 、 $dn/dt_p=-0.5 \times 10^{-6}$ 且 $\alpha_p=90 \times 10^{-7}$ 的玻璃材料制成的透镜。

[0102] 负透镜L56是由 $v_n=23.9$ 、 $dn/dt_n=-4.1 \times 10^{-6}$ 且 $\alpha_n=109 \times 10^{-7}$ 的玻璃材料制成的透镜,并且正透镜L57是由 $v_p=70.2$ 、 $dn/dt_p=-0.5 \times 10^{-6}$ 且 $\alpha_p=90 \times 10^{-7}$ 的玻璃材料制

成的透镜。

[0103] 这个实施例中的条件表达式(1)至(10)的值被共同地示出在数值示例3的(C)中。这个实施例的投影光学系统31满足所有条件表达式(1)至(10)。但是,胶合透镜(L63和L64)不满足条件表达式(7)'和(7)".在这种情况下,温度消除效果略有降低,但是设计的自由度增大。

[0104] 图8是投影光学系统31在广角端处的纵向像差图(投影距离1200mm)。图9是投影光学系统31在望远端处的纵向像差图(投影距离1200mm)。

[0105] 下面将示出与实施例1至3对应的数值示例1至3。在每个数值示例中,(A)是示出透镜配置的表。在表中,f表示焦距,F表示孔径比,ri表示从放大共轭侧起的第i个表面的曲率半径,并且di表示第i个表面与第(i+1)个表面之间的距离。另外,ni和vi分别表示基于d线的从放大共轭侧起的第i个光学构件的阿贝数和d线(587.6nm)中的折射率。基于d线的阿贝数vi被定义为 $v_i = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$,其中Nd、NF和NC分别表示夫琅和费(Fraunhofer)线的d线、F线(486.1nm)和C线(656.3nm)中的折射率。ST指示孔径光阑的位置。

[0106] 而且,BF表示后焦距(mm)。后焦距是从最后一个表面(缩小最大的共轭侧透镜表面)到近轴像面的光学系统的光轴上的空气等效距离。总透镜长度是通过将后焦距加到光学系统的从最前面的表面(放大最大的共轭侧透镜表面)到最后一个表面的光轴上的距离而获得的长度。

[0107] 左侧标记有“*”的表面意味着该表面具有非球面形状。当光轴方向上的坐标由z表示、与光轴正交的方向上的坐标由y表示、近轴曲率半径由r表示、圆锥常数由k表示,并且非球面系数由(B)中所示的A至P表示时,非球面形状由以下表达式表达。在圆锥常数和球面系数中,“±E-X”意味着 $\times 10^{-X}$ 。

[0108] $z(y) = (y^2/ri) / \{1 + [1 - (1+k)(y^2/ri^2)]^{1/2}\}$

[0109] $+Ay^2 + By^3 + Cy^4 + Dy^5 + Ey^6 + Fy^7 + Gy^8 + Hy^9 + Iy^{10} + Jy^{11} + Ly^{12} + My^{13} + Ny^{14} + Oy^{15} + Py^{16}$

[0110] (数值示例1)

[0111] (A) 透镜配置(mm)

	广角	望远
f	12.67	17.75
F	2.40	2.60
[0112] 视场角(°)	45.6	36.2
总透镜长度	240.0	
BF	76.9	
变焦比	1.40	

[0113]	*	r1= 329.70	d1=4.00	n1=1.773	v1=49.6
		r2= 63.04	d2=27.18		
		r3= 271.40	d3=3.00	n2=1.954	v2=32.3
		r4= 61.03	d4=6.11		
	*	r5= 42.86	d5=3.13	n3=1.808	v3=40.6
	*	r6= 30.08	d6=12.96		
		r7= -49.23	d7=2.00	n4=1.883	v4=40.8
		r8= 173.12	d8=3.36		
		r9=-613.43	d9=5.71	n5=1.893	v5=20.4
		r10= -73.99	d10=7.99		
		r11= 81.55	d11=2.00	n6=1.893	v6=20.4
		r12= 51.02	d12=15.00	n7=1.654	v7=39.7
		r13= -86.31	d13=2.00		
		r14=-287.56	d14=6.10	n8=1.639	v8=44.9
		r15= -70.19	d15=1.50		

	r16= -93.70	d16=2.50	n9=1.439	v9=94.7
	r17= 76.36	d17=可变		
	r18= 95.08	d18=4.59	n10=1.801	v10=35.0
	r19=-329.68	d19=可变		
	r20= -92.94	d20=2.00	n11=1.835	v11=42.7
	r21= 558.83	d21=可变		
	r22= 64.25	d22=2.94	n12=1.439	v12=94.7
	r23=-1400.54	d23=可变		
ST	r24= ∞	d24=可变		
	r25= 266.73	d25=2.00	n13=1.778	v13=23.9
	r26=33.16	d26=6.40	n14=1.497	v14=81.5
[0114]	r27= -77.01	d27=可变		
	r28= -33.21	d28=2.50	n15=1.778	v15=23.9
	r29= -55.36	d29=1.00		
	r30= 173.24	d30=6.52	n16=1.439	v16=94.7
	r31= -46.19	d31=可变		
	r32= 87.28	d32=5.05	n17=1.893	v17=20.4
	r33= -282.29	d33=3.00		
	r34= ∞	d34=38.00	n18=1.516	v18=64.1
	r35= ∞	d35=19.50	n19=1.841	v19=24.6
	r36= ∞	d36=6.49		
	r37= ∞	d37=9.87		
[0115]	在变焦中(投影距离1200mm)			

	单元间距离	广角	望远
	d17	34.17	5.88
	d19	21.79	31.35
	d21	23.83	14.82
[0116]	d23	1.00	20.38
	d24	13.83	1.50
	d27	3.35	2.85
	d31	4.50	25.70

[0117] (B) 圆锥常数和球面系数

[0118]		K	A	B	C
	r1	0	3.21274E-06	-2.05717E-09	1.78078E-12
	r5	0	-5.51937E-05	1.37695E-07	-1.57463E-10
	r6	0	-5.54661E-05	1.82186E-07	-3.31986E-10

[0119]		D	E	F	G
	r1	-1.13808E-15	4.90181E-19	-1.21511E-22	1.32824E-26
	r5	8.76265E-14	-2.32303E-17	0	0
	r6	4.82795E-13	-3.43658E-16	0	0

[0120] (C) 条件表达式的值

[0121]	(1)	23.9
	(2)	-4.1×10^{-6}
	(3)	81.5
	(4)	1.56
	(5)	22.0
	(6)	-1.5
	(7)	0.058
	(8)	-0.98
	(9)	-0.26
	(10)	-2.3

[0122] 参考值

[0123]	dn/dtp*10 ⁶	-6.4
	α _n *10 ⁷	109.0
	α _p *10 ⁷	131.0
	Ln (mm)	13.8
	L (mm)	240
	φ	0.079

	ϕ n	-0.021		
	ϕ p	0.021		
[0124]	(数值示例2)			
[0125]	(A) 透镜配置 (mm)			
		广角	望远	
	f	12.66	17.74	
	F	2.40	2.60	
[0126]	视场角 (°)	45.6	36.3	
	总透镜长度	240.0		
	BF	71.7		
	变焦比	1.40		
	* r1=368.95	d1=4.00	n1=1.773	v1=49.6
	r2=67.64	d2=25.51		
	r3=326.87	d3=3.00	n2=1.954	v2=32.3
[0127]	r4=53.93	d4=3.84		
	* r5=34.85	d5=2.72	n3=1.808	v3=40.6
	* r6=26.39	d6=14.77		

	r7=-59.13	d7=2.00	n4=1.804	v4=46.6
	r8=102.51	d8=2.98		
	r9=1108.44	d9=5.92	n5=1.893	v5=20.4
	r10=-77.47	d10=8.12		
	r11= 84.32	d11=2.00	n6=1.893	v6=20.4
	r12=50.00	d12=15.00	n7=1.654	v7=39.7
	r13=-58.61	d13=2.00		
	r14=-68.22	d14=4.29	n8=1.639	v8=44.9
	r15=-52.49	d15=2.00		
	r16=-76.69	d16=2.50	n9=1.439	v9=94.7
	r17= 64.42	d17=可变		
[0128]	r18=60.05	d18=4.95	n10=1.801	v10=35.0
	r19=-1313.06	d19=可变		
	r20=-103.79	d20=2.00	n11=1.835	v11=42.7
	r21=657.89	d21=可变		
	r22=68.40	d22=2.00	n12=1.834	v12=37.2
	r23=31.56	d23=4.25	n13=1.439	v13=94.7
	r24=-119.72	d24=可变		
	ST r25= ∞	d25=可变		
	r26=17896.80	d26=2.00	n14=1.778	v14=23.9
	r27=38.27	d27=5.47	n15=1.497	v15=81.5
	r28=-80.48	d28=可变		

	r29=-32.06	d29=2.00	n16=1.778	v16=23.9
	r30=-49.14	d30=1.00		
	r31=314.87	d31=6.89	n17=1.439	v17=94.7
	r32=-38.72	d32=可变		
[0129]	r33=83.56	d33=4.74	n18=1.893	v18=20.4
	r34=-368.70	d34=3.00		
	r35= ∞	d35=38.00	n19=1.516	v19=64.1
	r36= ∞	d36=19.50	n20=1.841	v20=24.6
	r37= ∞	d37=6.48		

[0130] 在变焦中(投影距离1200mm)

	单元间距离	广角	望远
	d17	56.88	27.91
	d19	16.75	22.96
	d21	5.26	1.00
[0131]	d24	1.00	21.98
	d25	14.07	1.50
	d28	6.97	3.00
	d32	3.12	25.70

[0132] (B) 圆锥常数和球面系数

[0133]		K	A	B	C
	r1	0	3.39805E-06	-2.16823E-09	1.82275E-12
	r5	0	-5.61940E-05	1.36372E-07	-1.58757E-10
	r6	0	-5.63153E-05	1.78405E-07	-3.29240E-10

[0134]		D	E	F	G
	r1	-1.13505E-15	4.86018E-19	-1.21690E-22	1.36567E-26
	r5	8.88109E-14	-2.49587E-17	0	0
	r6	4.91758E-13	-3.77127E-16	0	0

[0135] (C) 条件表达式的值

[0136]	(1)	23.9
--------	-----	------

(2)	-4.1×10^{-6}
(3)	81.5
(4)	1.56
(5)	22.0
(6)	-1.7
(7)	0.059
(8)	-1.08
(9)	-0.26
(10)	-2.3

[0137] 参考值

[0138] $dn/dtp \times 10^6$	-6.4
$\alpha_n \times 10^7$	109.0
$\alpha_p \times 10^7$	131.0
L_n (mm)	14.1
L (mm)	240
ϕ	0.079
ϕ_n	-0.020
ϕ_p	0.019

[0139] (数值示例3)

[0140] (A) 透镜配置 (mm)

	广角	望远
f	12.67	17.75
F	2.40	2.60
[0141] 视场角 (°)	45.5	36.2
总透镜长度	240.0	
BF	71.1	
变焦比	1.40	

	*	$r1 = 290.93$	$d1 = 4.00$	$n1 = 1.773$	$v1 = 49.6$
		$r2 = 72.07$	$d2 = 25.00$		
		$r3 = 213.72$	$d3 = 2.50$	$n2 = 1.954$	$v2 = 32.3$
		$r4 = 44.21$	$d4 = 5.79$		
	*	$r5 = 40.06$	$d5 = 3.00$	$n3 = 1.808$	$v3 = 40.6$
	*	$r6 = 29.86$	$d6 = 13.95$		
[0142]		$r7 = -47.55$	$d7 = 2.00$	$n4 = 1.804$	$v4 = 46.6$
		$r8 = 1306.84$	$d8 = 7.44$		
		$r9 = -89.60$	$d9 = 4.49$	$n5 = 1.893$	$v5 = 20.4$
		$r10 = -55.21$	$d10 = 3.65$		
		$r11 = 82.39$	$d11 = 2.00$	$n6 = 1.778$	$v6 = 23.9$
		$r12 = 50.87$	$d12 = 12.71$	$n7 = 1.487$	$v7 = 70.2$
		$r13 = -298.72$	$d13 = 2.00$		

	$r_{14} = 243.78$	$d_{14} = 10.63$	$n_8 = 1.702$	$v_8 = 41.2$
	$r_{15} = -63.15$	$d_{15} = 8.10$		
	$r_{16} = -95.21$	$d_{16} = 2.00$	$n_9 = 1.439$	$v_9 = 94.7$
	$r_{17} = 55.20$	$d_{17} = \text{可变}$		
	$r_{18} = 60.05$	$d_{18} = 4.95$	$n_{10} = 1.801$	$v_{10} = 35.0$
	$r_{19} = -1313.06$	$d_{19} = \text{可变}$		
	$r_{20} = -187.96$	$d_{20} = 2.00$	$n_{11} = 1.835$	$v_{11} = 42.7$
	$r_{21} = 134.10$	$d_{21} = \text{可变}$		
	$r_{22} = 42.48$	$d_{22} = 2.43$	$n_{12} = 1.439$	$v_{12} = 94.7$
	$r_{23} = 343.85$	$d_{23} = \text{可变}$		
[0143]	ST $r_{24} = \infty$	$d_{24} = \text{可变}$		
	$r_{25} = 168.56$	$d_{25} = 2.00$	$n_{13} = 1.834$	$v_{13} = 37.2$
	$r_{26} = 28.33$	$d_{26} = 5.85$	$n_{14} = 1.497$	$v_{14} = 81.5$
	$r_{27} = -44.75$	$d_{27} = \text{可变}$		
	$r_{28} = -28.54$	$d_{28} = 1.50$	$n_{15} = 1.778$	$v_{15} = 23.9$
	$r_{29} = -127.78$	$d_{29} = \text{可变}$		
	$r_{30} = 88.91$	$d_{30} = 2.00$	$n_{16} = 1.834$	$v_{16} = 37.2$
	$r_{31} = 53.44$	$d_{31} = 9.10$	$n_{17} = 1.487$	$v_{17} = 70.2$
	$r_{32} = -36.17$	$d_{32} = \text{可变}$		
	$r_{33} = 78.84$	$d_{33} = 4.15$	$n_{18} = 1.893$	$v_{18} = 20.4$
	$r_{34} = -450.94$	$d_{34} = 3.00$		
	$r_{35} = \infty$	$d_{35} = 38.00$	$n_{19} = 1.516$	$v_{19} = 64.1$
[0144]	$r_{36} = \infty$	$d_{36} = 19.50$	$n_{20} = 1.841$	$v_{20} = 24.6$
	$r_{37} = \infty$	$d_{37} = 6.47$		

[0145] 在变焦中(投影距离1200mm)

单元间距离	广角	望远
d17	32.18	10.65
d19	15.60	24.66
d21	31.25	22.33
d23	2.17	12.00
d24	6.85	1.00
d27	3.06	2.34
d29	1.50	1.12
d32	4.17	25.70

[0147] (B) 圆锥常数和球面系数

[0148]

	K	A	B	C
r1	0	3.17823E-06	-2.02593E-09	1.76789E-12
r5	0	-5.34993E-05	1.38596E-07	-1.58148E-10
r6	0	-5.22232E-05	1.81508E-07	-3.31534E-10

[0149]

	D	E	F	G
r1	-1.13038E-15	4.88699E-19	-1.21625E-22	1.33521E-26
r5	8.52650E-14	-2.20967E-17	0	0
r6	5.11690E-13	-3.85246E-16	0	0

[0150] (C) 条件表达式的值

[0151]

(1)	37.2
(2)	-0.1×10^{-6}
(3)	81.5
(4)	64.00
(5)	46.0
(6)	-56.0
(7)	0.029
(8)	-0.88
(9)	-0.31
(10)	-6.3

[0152] 参考值

[0153]

dn/dtp*10 ⁶	-6.4
a _n *10 ⁷	85.0
a _p *10 ⁷	131.0
Ln (mm)	6.8

L (mm)	240
ϕ	0.079
ϕ_n	-0.024
ϕ_p	0.028

[0154] [实施例4]

[0155] 图10图示了作为本发明的第四实施例(实施例4)的图像投影装置(投影仪)的配置。投影仪包括光源81、将来自光源81的光转换成具有特定的偏振方向并且具有均匀亮度的照明光的照明光学系统82、将照明光分成RGB的三种颜色的光的分色(color separation)光学系统(分色镜83和偏振分束器84、85),以及根据输入图像信号调制三种颜色的光的反射图像显示元件87、88和89。

[0156] 另外,投影仪包括颜色组合光学系统(偏振分束器84和85以及颜色组合棱镜86),该颜色组合光学系统将由图像显示元件87、88和89调制的三种颜色的光进行组合。由颜色组合光学系统组合的光被放大并通过投影透镜90被投影到诸如屏幕之类的投影面91上。

[0157] 使用上述实施例中的任一个的投影光学系统作为投影透镜90的光学系统使得可以在几乎没有温度焦点变化的情况下投影高质量图像。投影透镜90可以是可拆卸地安装到投影仪的可更换透镜。

[0158] 虽然已经参考示例性实施例描述了本发明,但是应该理解的是,本发明不限于所公开的示例性实施例。所附权利要求的范围应被赋予最宽泛的解释,以涵盖所有这样的修改以及等同的结构和功能。

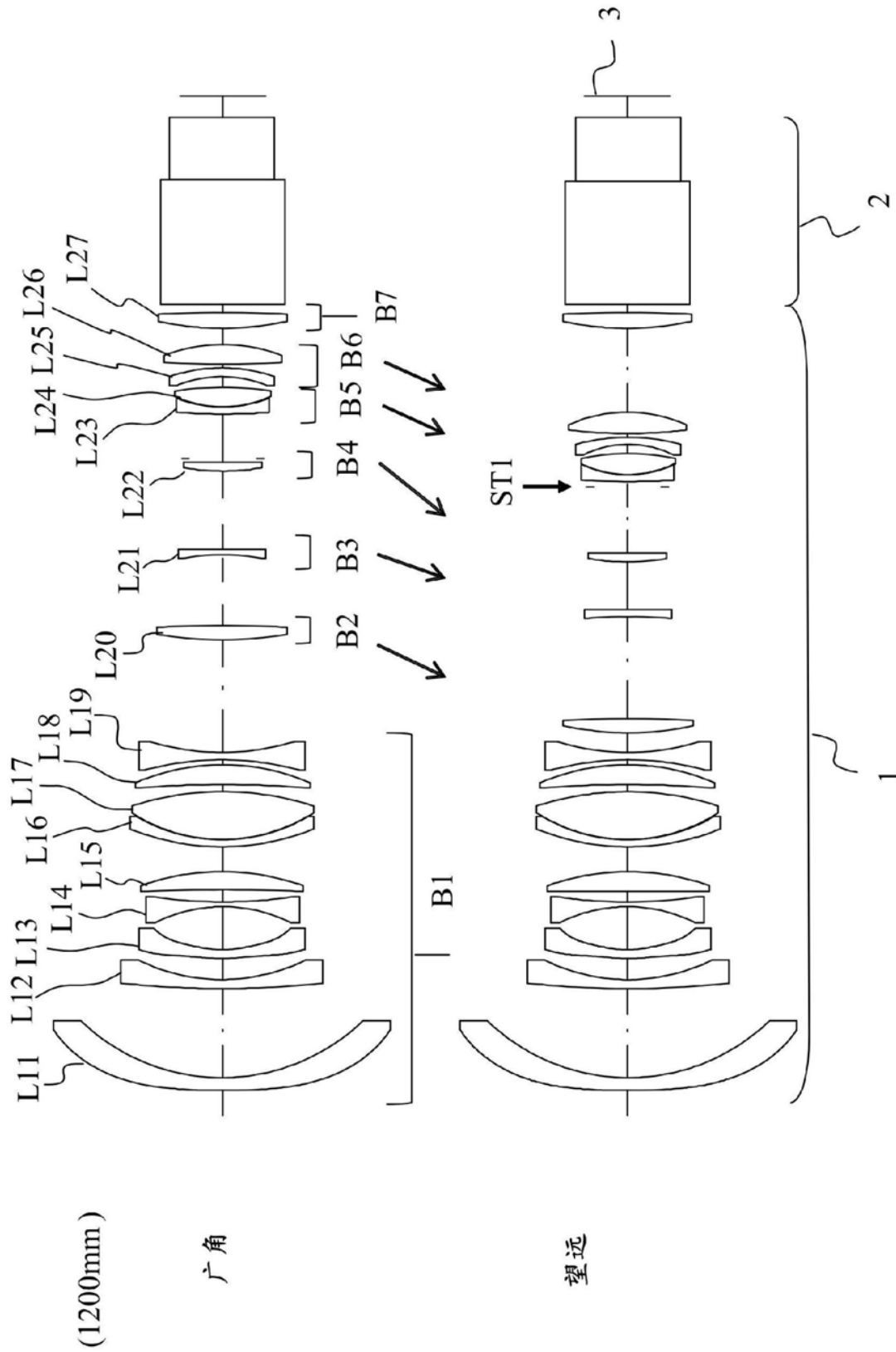


图1

广角(1200mm)

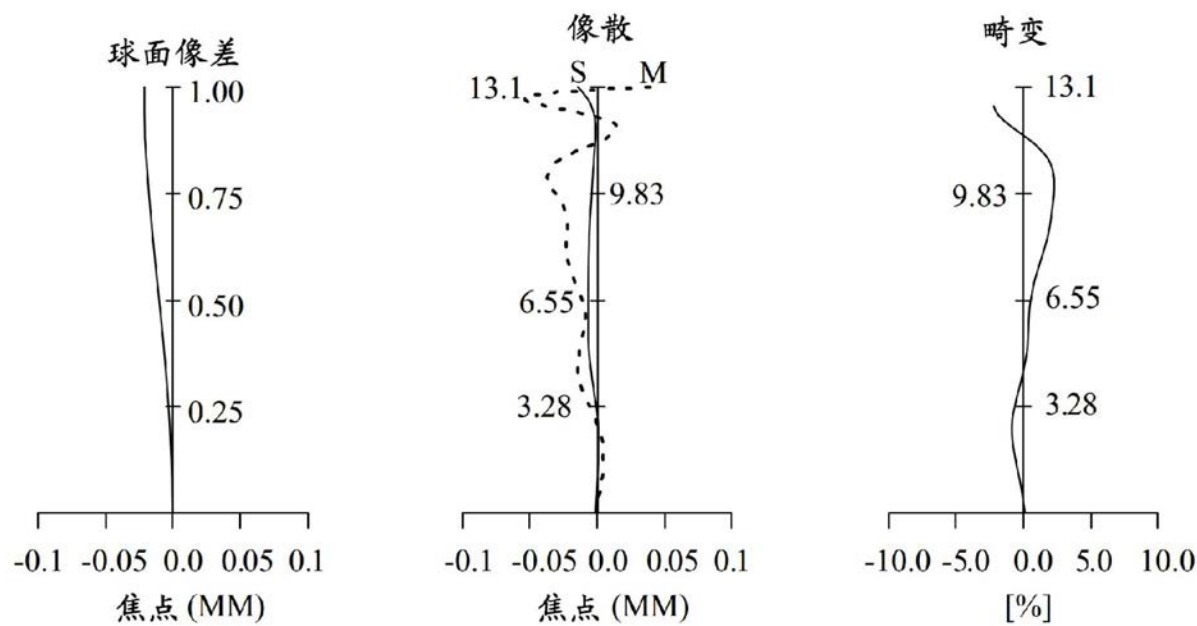


图2

望远(1200mm)

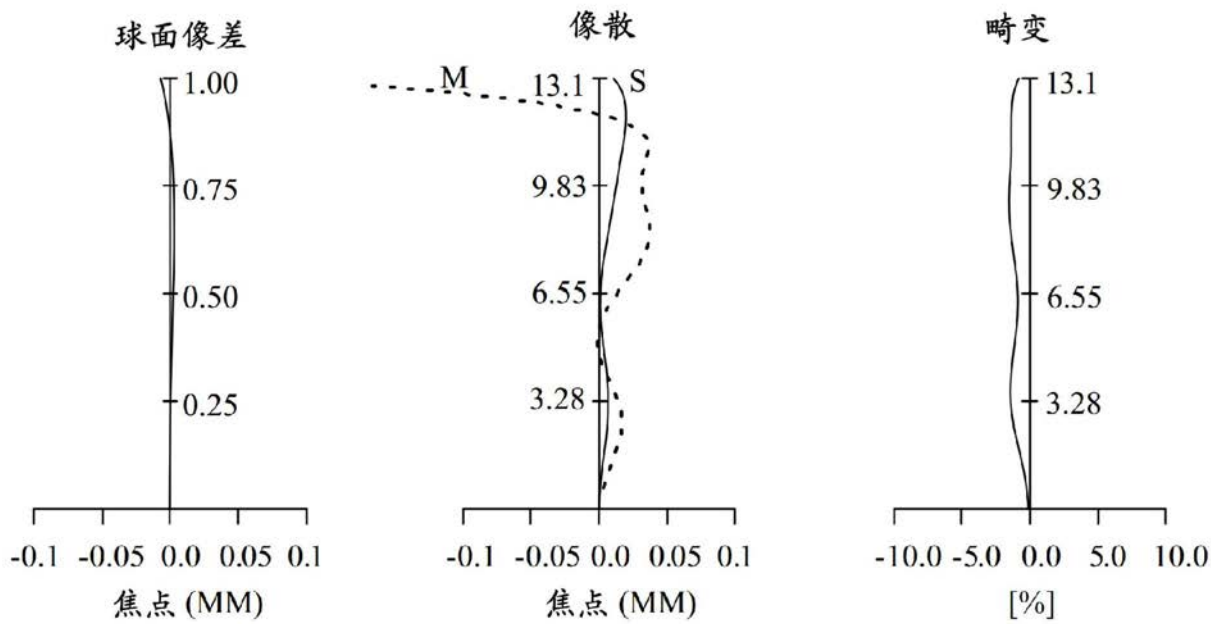


图3

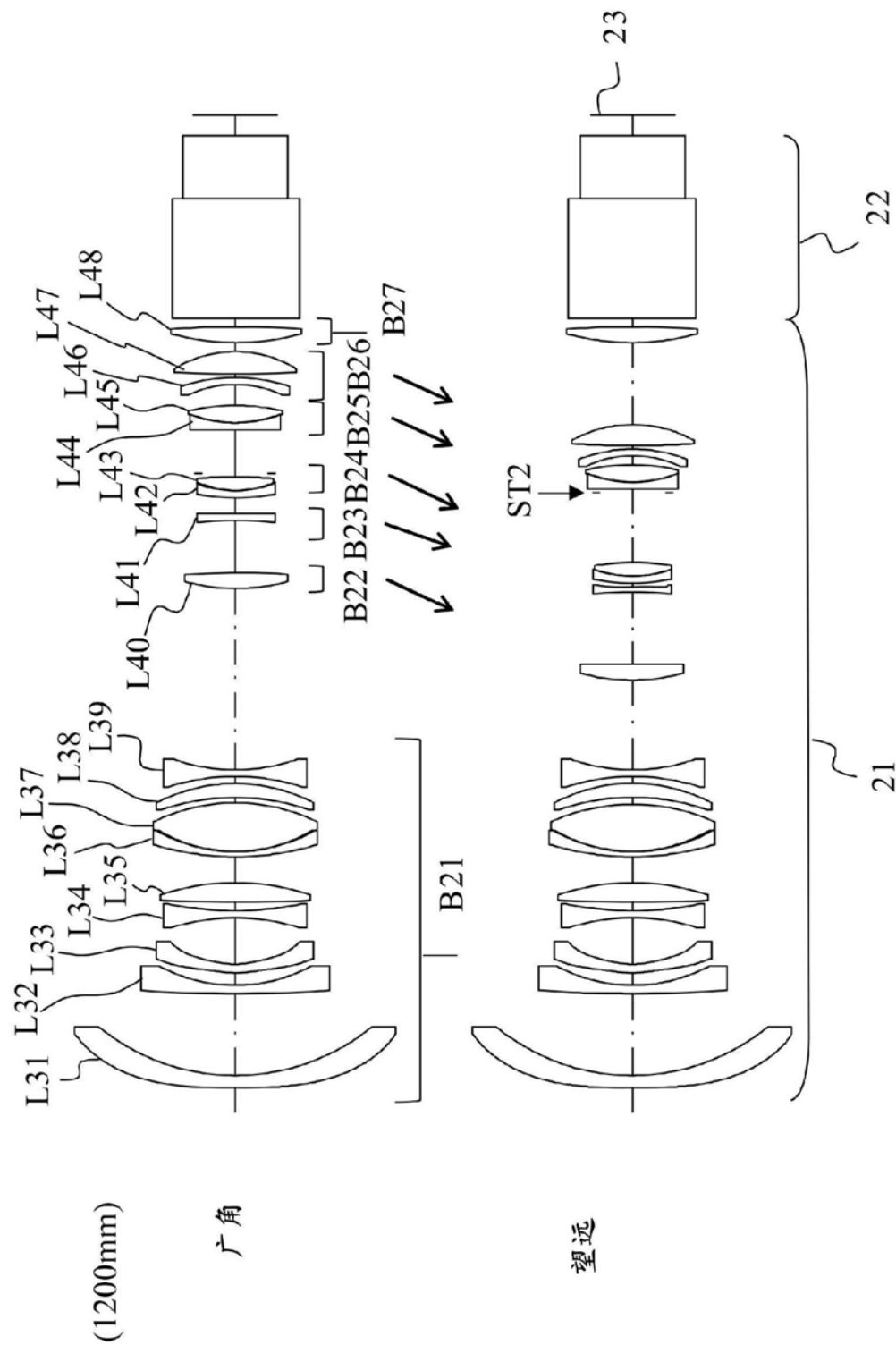


图4

广角(1200mm)

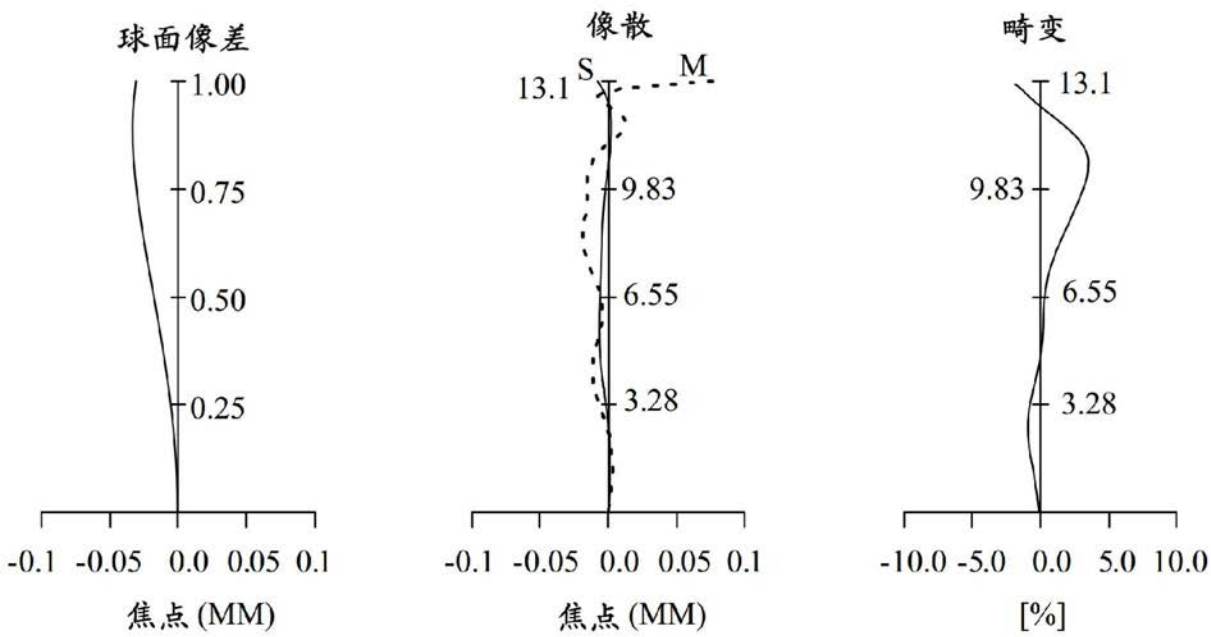


图5

望远(1200mm)

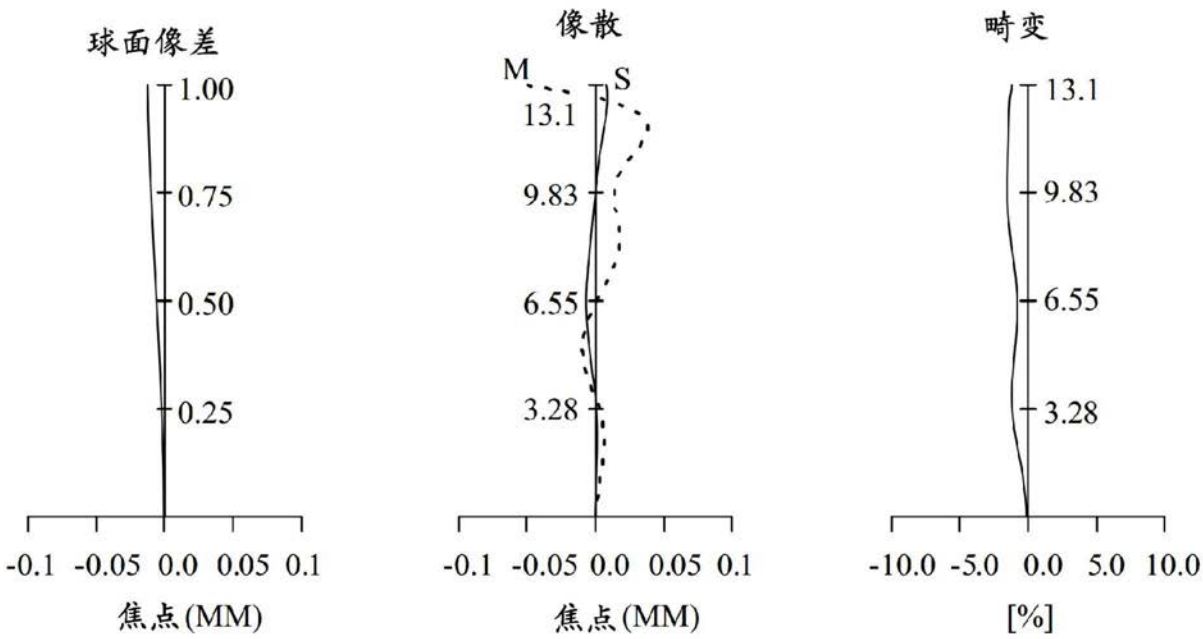


图6

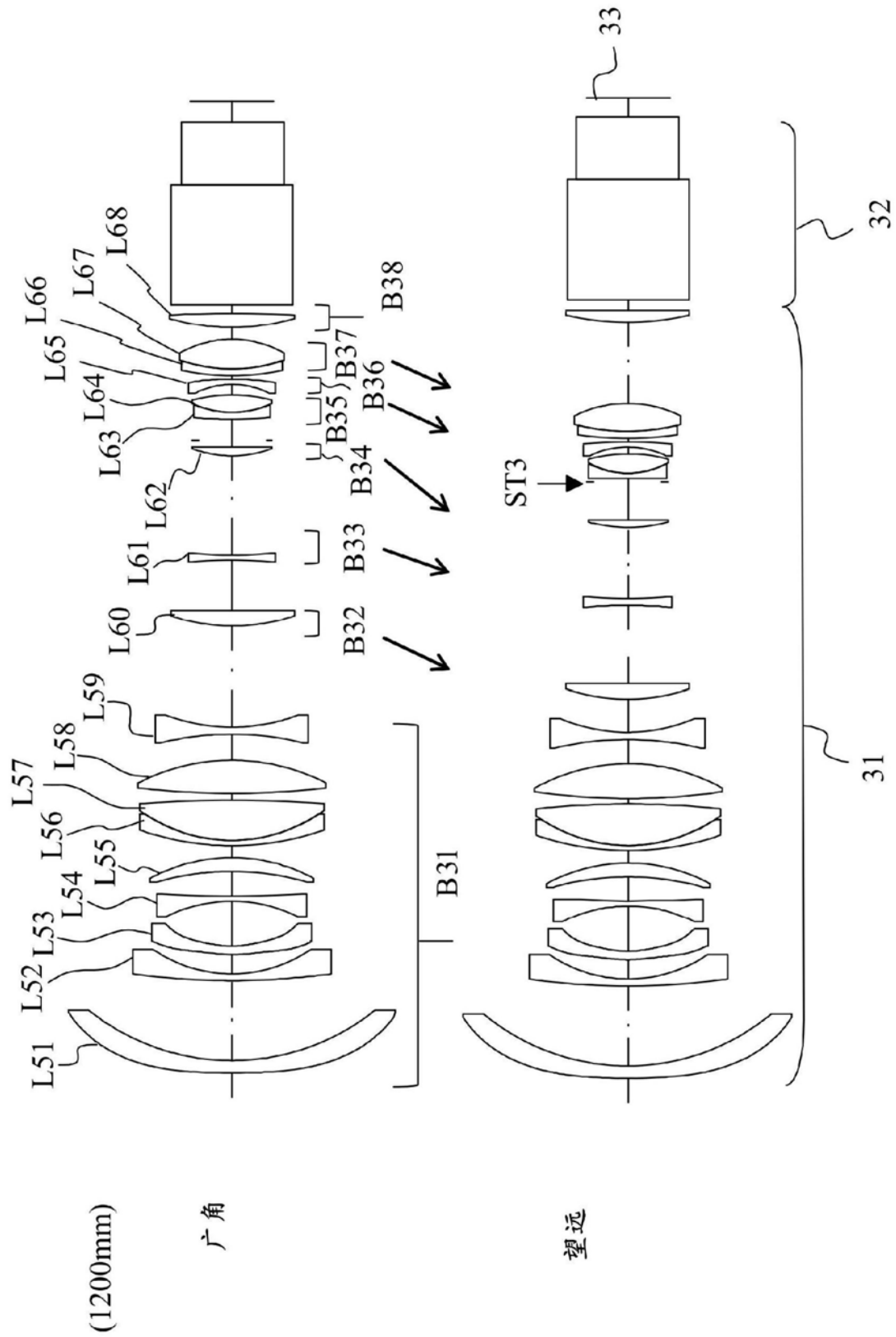


图7

广角(1200mm)

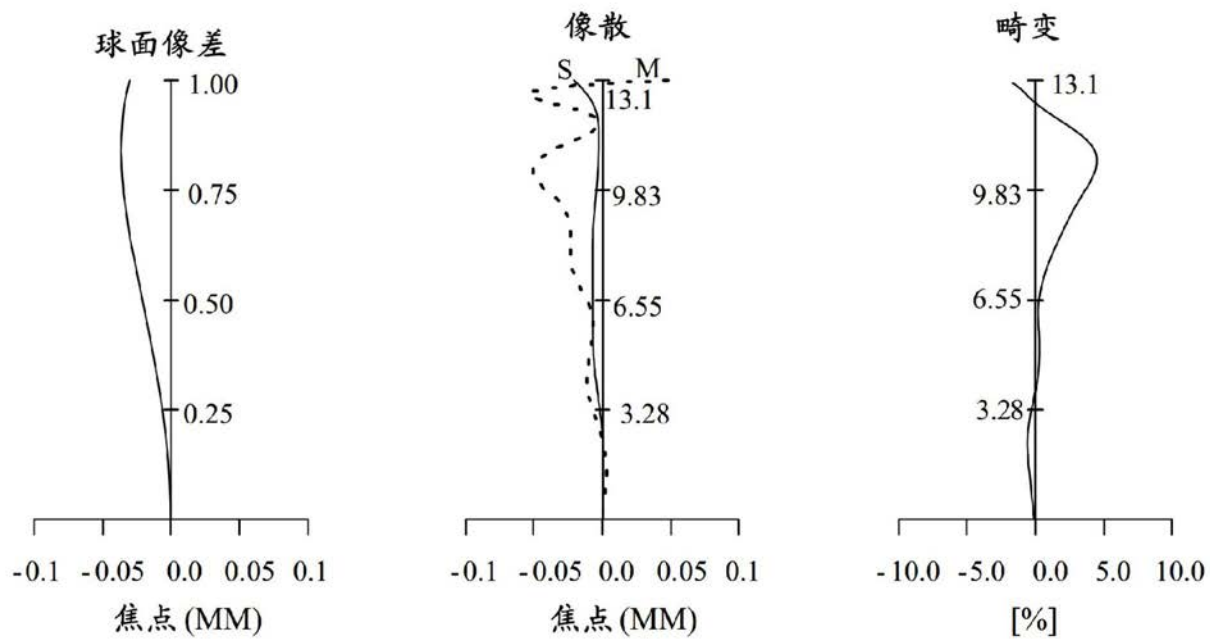


图8

望远(1200mm)

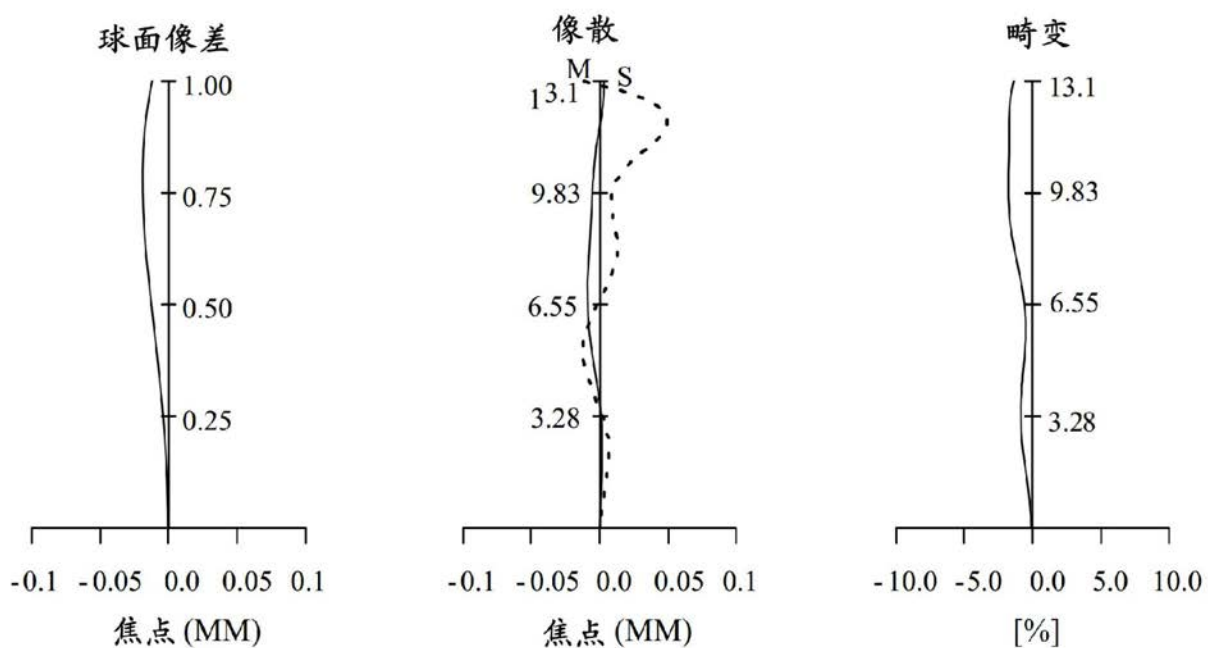


图9

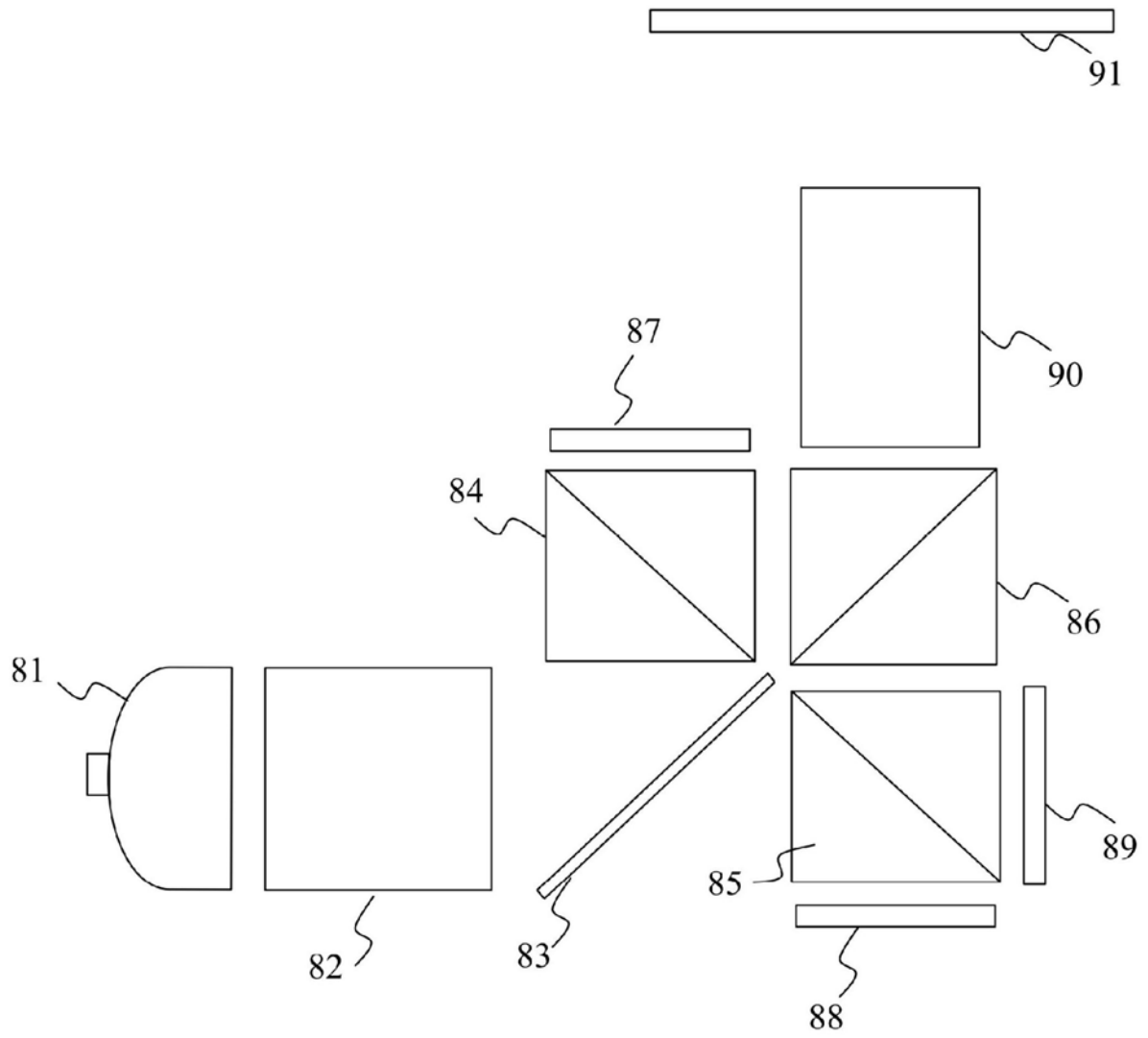


图10