



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109477952 B

(45) 授权公告日 2021.08.10

(21) 申请号 201780043792.2

(73) 专利权人 株式会社尼康

(22) 申请日 2017.07.14

地址 日本东京

(65) 同一申请的已公布的文献号

(72) 发明人 原田壮基

申请公布号 CN 109477952 A

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限公司 11219

(43) 申请公布日 2019.03.15

代理人 季莹 方应星

(30) 优先权数据

(51) Int.CI.

2016-140098 2016.07.15 JP

G03B 5/00 (2021.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

G02B 15/14 (2006.01)

2019.01.14

G02B 27/64 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

(56) 对比文件

PCT/JP2017/025769 2017.07.14

JP 特开2015-22220 A, 2015.02.02

(87) PCT国际申请的公布数据

审查员 李妍

W02018/012624 JA 2018.01.18

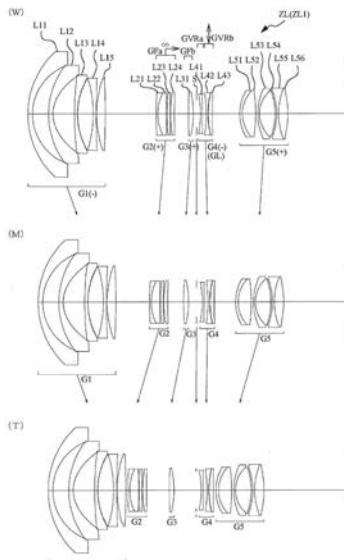
权利要求书1页 说明书24页 附图18页

(54) 发明名称

变倍光学系统、光学设备以及变倍光学系统的制造方法

(57) 摘要

本发明提供一种变倍光学系统(ZL)，具备：第1透镜组(G1)，具有负的光焦度；第2透镜组(G2)，相比第1透镜组(G1)配置于像侧，具有正的光焦度；以及后续透镜组(GL)，相比第2透镜组(G2)配置于像侧，具备以具有与光轴正交的方向的位移分量的方式移动的防抖组(GVRb)，在进行变倍时，第1透镜组(G1)与第2透镜组(G2)之间的间隔变化，第2透镜组(G2)与后续透镜组(GL)之间的间隔变化，且所述变倍光学系统满足以下的条件式： $5.000 < |f1VRaw/fw| < 1000.000$ 其中， $f1VRaw$ ：相比防抖组配置于物体侧的透镜的广角端状态下的合成焦距； fw ：广角端状态下的整个系统的焦距。



1.一种变倍光学系统,其特征在于,具备:

第1透镜组,具有负的光焦度;

第2透镜组,相比所述第1透镜组配置于像侧,具有正的光焦度;以及

后续透镜组,相比所述第2透镜组配置于像侧,具备以具有与光轴正交的方向的位移分量的方式移动的防抖组,

在进行变倍时,所述第1透镜组与所述第2透镜组之间的间隔变化,所述第2透镜组与所述后续透镜组之间的间隔变化,

且所述变倍光学系统满足下式:

$$8.000 < |f1VRaw/fw| < 1000.000$$

其中,

f1VRaw:相比所述防抖组配置于物体侧的透镜的广角端状态下的合成焦距

fw:广角端状态下的整个系统的焦距。

2.根据权利要求1所述的变倍光学系统,其特征在于,

所述防抖组构成为,具备至少一个正透镜和至少一个负透镜。

3.根据权利要求1或2所述的变倍光学系统,其特征在于,

相比所述第1透镜组配置于像侧、且相比所述后续透镜组配置于物体侧的透镜为四个以上。

4.权利要求1或2所述的变倍光学系统,其特征在于,

所述后续透镜组具备所述防抖组和物体侧组,所述物体侧组配置于所述防抖组的物体侧,并具有负的光焦度,

且所述变倍光学系统满足下式:

$$-30.00 < \beta_{aw} < 10.00$$

其中,

β_{aw} :广角端状态下的所述物体侧组的成像倍率。

5.权利要求1或2所述的变倍光学系统,其特征在于,

使位于所述第1透镜组与所述后续透镜组之间的透镜组的至少一部分为对焦组,

在进行对焦时,使所述对焦组在光轴方向上移动。

6.权利要求5所述的变倍光学系统,其特征在于,

所述对焦组具有正的光焦度。

7.权利要求1或2所述的变倍光学系统,其特征在于,

所述变倍光学系统满足下式:

$$0.200 < (-f1) / f2 < 0.700$$

其中,

f1:所述第1透镜组的焦距

f2:所述第2透镜组的焦距。

8.一种光学设备,其特征在于,具备权利要求1~7中的任意一项所述的变倍光学系统。

变倍光学系统、光学设备以及变倍光学系统的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及变倍光学系统、光学设备以及变倍光学系统的制造方法。

背景技术

[0002] 以往,公开有具备手抖校正机构的广角变倍光学系统(例如,参照专利文献1)。但是,记载于专利文献1的变倍光学系统存在要求进一步提高光学性能的课题。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开平11-231220号公报

发明内容

[0006] 本发明的第一方式的变倍光学系统的特征在于,具备:第1透镜组,具有负的光焦度;第2透镜组,相比第1透镜组配置于像侧,具有正的光焦度;以及后续透镜组,相比第2透镜组配置于像侧,具备以具有与光轴正交的方向的位移分量的方式移动的防抖组,在进行变倍时,第1透镜组与第2透镜组之间的间隔变化,第2透镜组与后续透镜组之间的间隔变化,且所述变倍光学系统满足下式:

[0007] $5.000 < |f1VRaw/fw| < 1000.000$

[0008] 其中,

[0009] $f1VRaw$:相比防抖组配置于物体侧的透镜的广角端状态下的合成焦距

[0010] fw :广角端状态下的整个系统的焦距。

[0011] 本发明的第一方式的光学系统的制造方法,变倍光学系统具备:第1透镜组,具有负的光焦度;第2透镜组,相比第1透镜组配置于像侧,具有正的光焦度;以及后续透镜组,相比第2透镜组配置于像侧,具备以具有与光轴正交的方向的位移分量的方式移动的防抖组,变倍光学系统的制造方法的特征在于,所述变倍光学系统配置成,在进行变倍时,第1透镜组与第2透镜组之间的间隔变化,第2透镜组与后续透镜组之间的间隔变化,且所述变倍光学系统配置成满足下式:

[0012] $5.000 < |f1VRaw/fw| < 1000.000$

[0013] 其中,

[0014] $f1VRaw$:相比防抖组配置于物体侧的透镜的广角端状态下的合成焦距

[0015] fw :广角端状态下的整个系统的焦距。

附图说明

[0016] 图1是示出第1实施例的变倍光学系统的镜头结构的剖视图,(W)示出广角端状态,(M)示出中间焦距状态,(T)示出远焦端状态。

[0017] 图2是第1实施例的变倍光学系统的广角端状态的各像差图,(a)是无限远对焦状态时的各像差图,(b)是在无限远对焦状态下进行了手抖校正时的横向像差图。

[0018] 图3是第1实施例的变倍光学系统的中间焦距状态的各像差图,(a)是无限远对焦状态时的各像差图,(b)是在无限远对焦状态下进行了手抖校正时的横向像差图。

[0019] 图4是第1实施例的变倍光学系统的远焦端状态的各像差图,(a)是无限远对焦状态时的各像差图,(b)是在无限远对焦状态下进行了手抖校正时的横向像差图。

[0020] 图5是示出第2实施例的变倍光学系统的镜头结构的剖视图,(W)示出广角端状态,(M)示出中间焦距状态,(T)示出远焦端状态。

[0021] 图6是第2实施例的变倍光学系统的广角端状态的各像差图,(a)是无限远对焦状态时的各像差图,(b)是在无限远对焦状态下进行了手抖校正时的横向像差图。

[0022] 图7是第2实施例的变倍光学系统的中间焦距状态的各像差图,(a)是无限远对焦状态时的各像差图,(b)是在无限远对焦状态下进行了手抖校正时的横向像差图。

[0023] 图8是第2实施例的变倍光学系统的远焦端状态的各像差图,(a)是无限远对焦状态时的各像差图,(b)是在无限远对焦状态下进行了手抖校正时的横向像差图。

[0024] 图9是示出第3实施例的变倍光学系统的镜头结构的剖视图,(W)示出广角端状态,(M)示出中间焦距状态,(T)示出远焦端状态。

[0025] 图10是第3实施例的变倍光学系统的广角端状态的各像差图,(a)是无限远对焦状态时的各像差图,(b)是在无限远对焦状态下进行了手抖校正时的横向像差图。

[0026] 图11是第3实施例的变倍光学系统的中间焦距状态的各像差图,(a)是无限远对焦状态时的各像差图,(b)是在无限远对焦状态下进行了手抖校正时的横向像差图。

[0027] 图12是第3实施例的变倍光学系统的远焦端状态的各像差图,(a)是无限远对焦状态时的各像差图,(b)是在无限远对焦状态下进行了手抖校正时的横向像差图。

[0028] 图13是示出第4实施例的变倍光学系统的镜头结构的剖视图,(W)示出广角端状态,(M)示出中间焦距状态,(T)示出远焦端状态。

[0029] 图14是第4实施例的变倍光学系统的广角端状态的各像差图,(a)是无限远对焦状态时的各像差图,(b)是在无限远对焦状态下进行了手抖校正时的横向像差图。

[0030] 图15是第4实施例的变倍光学系统的中间焦距状态的各像差图,(a)是无限远对焦状态时的各像差图,(b)是在无限远对焦状态下进行了手抖校正时的横向像差图。

[0031] 图16是第4实施例的变倍光学系统的远焦端状态的各像差图,(a)是无限远对焦状态时的各像差图,(b)是在无限远对焦状态下进行了手抖校正时的横向像差图。

[0032] 图17是搭载上述变倍光学系统的相机的剖视图。

[0033] 图18是用于说明上述变倍光学系统的制造方法的流程图。

具体实施方式

[0034] 以下,参照附图对优选实施方式进行说明。如图1所示,本实施方式的变倍光学系统ZL构成为,具备:第1透镜组G1,具有负的光焦度;第2透镜组G2,相比该第1透镜组G1配置于像侧,具有正的光焦度;以及后续透镜组GL,相比该第2透镜组G2配置于像侧,具备以具有与光轴正交的方向的位移分量的方式移动的防抖组GVRb。该变倍光学系统ZL构成为,在从广角端状态向远焦端状态进行变倍时,第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的间隔变化,第2透镜组G2与后续透镜组GL之间的间隔变化。通过如上所述地构成,能够实现广视场角的变倍光学系统。通过包含在后续透镜组GL的防抖组GVRb进行手抖校正(防抖),从而抑制手抖校

正时的偏心彗差的产生和单侧模糊的产生,能够实现良好的成像性能。

[0035] 本实施方式的变倍光学系统ZL优选满足以下所示的条件式(1)。

[0036] $5.000 < |f_{1VRaw}/fw| < 1000.000 \quad (1)$

[0037] 其中,

[0038] f_{1VRaw} :相比防抖组GVRb配置于物体侧的透镜的广角端状态下的合成焦距

[0039] fw :广角端状态下的整个系统的焦距

[0040] 条件式(1)是用于实现明亮的F值和以球面像差等为首的各像差的良好的校正的条件。通过满足该条件式(1),能够使通过第1透镜组G1和第2透镜组G2成为会聚光的光,通过后续透镜组GL的相比防抖组GVRb靠物体侧的透镜(以下,称为“物体侧组GVRa”)接近平行光束并入射到防抖组GVRb,因此能够提高防抖性能。当超过条件式(1)的上限值时,物体侧组GVRa的光焦度(功率)变得过强,该物体侧组GVRa的像差校正变得不充分,难以在广角端状态下得到广视场角,因此是不优选的。另外,为了可靠地得到该条件式(1)的效果,优选使条件式(1)的上限值为80.000,进一步为70.000。当低于条件式(1)的下限值时,强会聚光进入防抖组GVRb,难以进行防抖时(手抖校正时)的远焦端侧的偏芯彗差和广角端侧的产生单侧模糊的校正,因此是不优选的。为了更可靠地得到该条件式(1)的效果,优选使条件式(1)的下限值为6.000,进一步为7.000,更进一步为8.000。

[0041] 在本实施方式的变倍光学系统ZL中,防抖组GVRb优选构成为具备至少一个正透镜和至少一个负透镜。通过如上所述地构成,能够通过防抖组GVRb良好地对球面像差、彗差进行校正,能够有助于防抖性能的提高。为了可靠地得到该防抖组GVRb结构的效果,防抖组GVRb优选由至少一个正透镜和至少两个负透镜构成。当构成防抖组GVRb的负透镜少于一个时,防抖组GVRb的焦距变短,在防抖时(手抖校正时)产生的偏心彗差、或者单侧模糊的产生增大,防抖时(手抖校正时)无法维持良好的成像性能,因此是不优选的。

[0042] 在本实施方式的变倍光学系统ZL中,相比第1透镜组G1配置于像侧且相比后续透镜组GL配置于物体侧的透镜优选为四个以上。通过如上所述地构成,能够通过配置在第1透镜组G1与后续透镜组GL之间的透镜,良好地对球面像差、彗差进行校正,能够有助于防抖性能的提高。为了可靠地得到该结构的效果,相比第1透镜组G1配置于像侧且相比后续透镜组GL配置于物体侧的透镜优选为五个以上。而且,优选具备五个以上具有正的光焦度的透镜。当相比第1透镜组G1配置于像侧且相比后续透镜组GL配置于物体侧的透镜成分为三个以下时,第1透镜组G1的焦距变短,难以进行像面弯曲和彗差的校正,无法实现良好的成像性能。

[0043] 在本实施方式的变倍光学系统ZL中,优选的是,后续透镜组GL具备防抖组GVRb和物体侧组GVRa。该物体侧组GVRa配置于该防抖组GVRb的物体侧,并具有负的光焦度,且满足以下所示的条件式(2)。

[0044] $-30.00 < \beta_{aw} < 10.00 \quad (2)$

[0045] 其中,

[0046] β_{aw} :广角端状态下的物体侧组GVRa的成像倍率

[0047] 当满足条件式(2)时,在进行基于防抖组GVRb的像抖动校正时,广角端侧的像面倾斜(单侧模糊)、远焦端侧的偏心彗差等光学性能的降低小,因此是优选的。为了可靠地得到该条件式(2)的效果,优选使条件式(2)的下限值为-25.00,更优选为-15.00,进一步优选为-10.00,更进一步优选为-5.00。为了可靠地得到该条件式(2)的效果,优选使条件式(2)

的上限值为8.00,更优选为6.00,进一步优选为5.00。

[0048] 本实施方式的变倍光学系统ZL优选构成为,使位于第1透镜组G1与后续透镜组GL之间的透镜组的至少一部分为对焦组GFa,在进行对焦时,使对焦组GFa在光轴方向上移动。根据如上所述地构成,能够使进行对焦时移动的透镜实现小型轻量,能够实现变倍光学系统ZL整个系统的小型化和自动对焦时的对焦速度的高速化。对焦组GFa优选具有正的光焦度。位于第1透镜组G1与后续透镜组GL之间的透镜从物体侧依次由具有正的光焦度的前组GFa以及具有正的光焦度的后组GFb构成,优选使前组GFa为对焦组。

[0049] 本实施方式的变倍光学系统ZL优选满足以下所示的条件式(3)。

$$0.200 < (-f_1) / f_2 < 0.700 \quad (3)$$

[0051] 其中,

[0052] f_1 :第1透镜组G1的焦距

[0053] f_2 :第2透镜组G2的焦距

[0054] 条件式(3)规定第1透镜组G1的焦距与第2透镜组G2的焦距的比。通过满足该条件式(3),能够良好地对球面像差、彗差等各像差进行校正,因此是优选的。为了可靠地得到该条件式(3)的效果,优选使条件式(3)的下限值为0.220,更优选为0.240,进一步优选为0.260,更进一步优选为0.300,再进一步优选为0.350。为了可靠地得到该条件式(3)的效果,优选使条件式(3)的上限值为0.650,更优选为0.600,进一步优选为0.550,更进一步优选为0.500。

[0055] 以上说明的条件和结构分别发挥上述的效果,不限于满足所有的条件和结构,即使满足任意一个条件或结构,或者满足任意一个条件或结构的组合,也能够得到上述的效果。

[0056] 接着,根据图17对具备本实施方式的变倍光学系统ZL的光学设备、即相机进行说明。该相机1是具备本实施方式的变倍光学系统ZL来作为摄影镜头2的镜头可换式的所谓无反光镜相机。在本相机1中,来自未图示的物体(被摄体)的光通过摄影镜头2而被聚光,经由未图示的OLPF(Optical low pass filter:光学低通滤波器)而在摄像部3的摄像面上形成被摄体像。并且,通过设置在摄像部3的光电转换元件对被摄体像进行光电转换而生成被摄体的图像。该图像显示在设置于相机1的EVF(Electronic view finder:电子取景器)4上。由此,摄影者能够通过EVF4来观察被摄体。

[0057] 当由摄影者按下未图示的释放按钮时,通过摄像部3进行了光电转换的图像被存储在未图示的存储器中。由此,摄影者能够进行基于本相机1的被摄体的摄影。在本实施方式中,虽然对无反光镜相机的例子进行了说明,但是即使在相机主体中具有快速复原反光镜并通过取景器光学系统来观察被摄体的单反类型的相机上搭载了本实施方式的变倍光学系统ZL的情况下,也能够起到与上述相机1相同的效果。

[0058] 能够在不损坏光学性能的范围内适当采用以下记载的内容。

[0059] 在本实施方式中,虽然示出了4组或5组结构的变倍光学系统ZL,但是以上的构成条件等也能够应用于6组、7组等其他的组结构。也可以是在最靠物体侧增加了透镜或透镜组的结构,或者在最靠像面侧增加了透镜或透镜组的结构。具体地讲,可以考虑在最靠像面侧增加在进行变倍时或对焦时相对于像面的位置固定的透镜组的结构。透镜组表示被进行变倍时或对焦时变化的空气间隔分离的、具有至少一个透镜的部分。透镜成分是指单透镜

或将多个透镜接合而成的接合透镜。

[0060] 也可以是使单独或多个透镜组、或者部分透镜组作为对焦组，该对焦组在光轴方向上移动来进行从无限远物体向近距离物体的对焦。此时，对焦组还能够应用于自动对焦，也适合于自动对焦用的(超声波电机等的)电机驱动。特别是，优选的是，使第2透镜组G2的至少一部分为对焦组，使其他的透镜在进行对焦时相对于像面的位置固定。当考虑施加到电机的负荷时，对焦透镜组优选由单透镜构成。

[0061] 也可以是使透镜组或部分透镜组作为防抖组，该防抖组以具有与光轴正交的方向的位移分量的方式移动、或者在包含光轴的面内方向上旋转移动(摆动)，从而对由手抖而产生的像抖动进行校正。特别是，优选使后续透镜组GL(第3透镜组G3或第4透镜组G4)的至少一部分作为防抖组。

[0062] 透镜面可以由球面或平面形成，也可以由非球面形成。在透镜面为球面或平面的情况下，透镜加工和组装调整变得容易，防止由加工和组装调整的误差引起的光学性能的劣化，因此是优选的。即使在像面偏移的情况下，描绘性能的劣化也少，因此是优选的。在透镜面为非球面时，非球面可以是基于研磨加工的非球面、通过模具将玻璃形成为非球面形状的玻璃模铸非球面、在玻璃的表面将树脂形成为非球面形状的复合型非球面中的任意一种非球面。透镜面可以是衍射面，也可以使透镜为折射率分布型透镜(GRIN透镜)或塑料透镜。

[0063] 孔径光阑S虽然优选配置在后续透镜组GL(第3透镜组G3或第4透镜组G4)的附近或其中，但是也可以不设置作为孔径光阑的部件，而通过透镜的框来代替其作用。

[0064] 在各透镜面上，为了减轻眩光和重影并实现高对比度的高光学性能，也可以施加在宽波长区域中具有高透射率的增透膜。

[0065] 本实施方式的变倍光学系统ZL的变倍比为2.0~3.5倍左右。

[0066] 以下，参照图18对本实施方式的变倍光学系统ZL的制造方法的概略进行说明。首先，配置各透镜而分别准备第1透镜组G1、第2透镜组G2及具备防抖组GVRA的后续透镜组GL(步骤S100)，并配置成在进行从广角端状态向远焦端状态的变倍时，第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的间隔变化，第2透镜组G2与后续透镜组GL之间的间隔变化(步骤S200)。并且，配置成满足预定条件式(例如，上述的条件式(1))的条件(步骤S300)。

[0067] 具体地讲，在本实施方式中，例如如图1所示，从物体侧依次配置凸面朝向物体侧的负弯月形透镜L11、凸面朝向物体侧的弯月形状的非球面负透镜L12、凸面朝向物体侧的弯月形状的非球面负透镜L13，双凹负透镜L14以及双凸正透镜L15来作为第1透镜组G1。配置将凸面朝向物体侧的负弯月形透镜L21与双凸正透镜L22接合而成的接合负透镜、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L23以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L24来作为第2透镜组G2。配置双凸正透镜L31来作为第3透镜组G3，配置双凹负透镜L41、双凹负透镜L42以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L43来作为后续透镜组GL、即第4透镜组G4。配置将凸面朝向物体侧的负弯月形透镜L51与双凸正透镜L52接合而成的接合正透镜、将凸面朝向物体侧的负弯月形透镜L53与双凸正透镜L54接合而成的接合正透镜以及将双凹负透镜L55与双凸形状的非球面正透镜L56接合而成的接合负透镜来作为第5透镜组G5。按照上述的顺序配置由此准备的各透镜组来制造变倍光学系统ZL。

[0068] 当如上所述地构成时，通过适当的变焦结构和适当的光焦度配置，能够提供具备

手抖机构、F值明亮、具有广视场角且良好地对各像差进行校正的变倍光学系统ZL、具备该变倍光学系统ZL的光学设备以及变倍光学系统ZL的制造方法。

[0069] 实施例

[0070] 以下,根据附图对本申请的各实施例进行说明。图1、图5、图9以及图13是示出各实施例的变倍光学系统ZL(ZL1~ZL4)的结构和光焦度分配的剖视图。在这些变倍光学系统ZL1~ZL4的剖视图的下部,通过箭头示出从广角端状态(W)经由中间焦距状态(M)变倍到远焦端状态(T)时的各透镜组G1~G4(或G5)沿着光轴的移动方向。

[0071] 在各实施例中,在使与光轴垂直的方向的高度为y,使高度y处的从各非球面的顶点的切面到各非球面为止的沿着光轴的距离(凹陷量)为S(y),使基准球面的曲率半径(近轴曲率半径)为r,使圆锥常数为K,使n次非球面系数为An时,通过以下的式(a)表示非球面。在之后的实施例中,“E-n”表示“ $\times 10^{-n}$ ”。

$$[0072] S(y) = (y^2/r) / \{1 + (1 - K \times y^2/r^2)^{1/2}\}$$

$$[0073] + A_4 \times y^4 + A_6 \times y^6 + A_8 \times y^8 + A_{10} \times y^{10} \quad (a)$$

[0074] 在各实施例中,二次非球面系数A2为0。在各实施例的表中,对于非球面在面编号的右侧附上*标记。

[0075] [第1实施例]

[0076] 图1是示出第1实施例的变倍光学系统ZL1的结构的图。该变倍光学系统ZL1从物体侧依次由具有负的光焦度的第1透镜组G1、具有正的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有负的光焦度的作为后续透镜组GL的第4透镜组G4以及具有正的光焦度的第5透镜组G5构成。

[0077] 在该变倍光学系统ZL1中,第1透镜组G1从物体侧依次由凸面朝向物体侧的负弯月形透镜L11、像侧的透镜面形成为非球面形状的弯月形状的负透镜L12、在像侧的透镜面设置树脂层而形成非球面且凸面朝向物体侧的弯月形状的负透镜L13、双凹负透镜L14以及双凸正透镜L15构成。第2透镜组G2从物体侧依次由将凸面朝向物体侧的负弯月形透镜L21与双凸正透镜L22接合而成的接合负透镜、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L23以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L24构成。第3透镜组G3由双凸正透镜L31构成。第4透镜组G4从物体侧依次由双凹负透镜L41、双凹负透镜L42以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L43构成。第5透镜组G5从物体侧依次由将凸面朝向物体侧的负弯月形透镜L51与双凸正透镜L52接合而成的接合正透镜、将凸面朝向物体侧的负弯月形透镜L53与双凸正透镜L54接合而成的接合正透镜以及将双凹负透镜L55与像侧的透镜面形成为非球面形状的双凸形状的正透镜L56接合而成的接合负透镜构成。孔径光阑S配置在第3透镜组G3与第4透镜组G4之间。在该第1实施例中,配置在第1透镜组G1与后续透镜组GL之间的透镜成分为负正正正这四个。

[0078] 该变倍光学系统ZL1构成为,在从广角端状态向远焦端状态进行变倍时,第1透镜组G1、第2透镜组G2、第3透镜组G3、孔径光阑S、第4透镜组G4以及第5透镜组G5沿着光轴移动,在进行该变倍时,第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的间隔减少,第2透镜组G2与第3透镜组G3之间的间隔增大,第3透镜组G3与孔径光阑S之间的间隔增大,孔径光阑S与第4透镜组G4之间的间隔变化,第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的间隔减少,第5透镜组G5与像面I之间的间隔(后述的后焦距)增大。

[0079] 在该变倍光学系统ZL1中,位于第1透镜组G1与作为后续透镜组GL的第4透镜组G4

之间的透镜由具有正的光焦度的作为前组GFa的第2透镜组G2以及具有正的光焦度的作为后组GFb的第3透镜组G3构成，并构成为，使第2透镜组G2整体作为对焦组GFa，通过使该对焦组GFa向像侧移动来进行从无限远向近距离物点的对焦。

[0080] 在该变倍光学系统ZL1中，使作为后续透镜组GL的第4透镜组G4中的双凹负透镜L42以及正弯月形透镜L43作为防抖组GVRb，通过使该防抖组GVRb以具有与光轴正交的方向的位移分量的方式移动来进行手抖产生时的像位置的校正(防抖)。该防抖组GVRb具有负的光焦度。在设整个系统的焦距为f且防抖系数(手抖产生时的像位置校正中的成像面上的像移动量相对于防抖组GVRb的移动量的比)为K的镜头中对角度θ的旋转抖动进行校正时，只要使防抖透镜组Gvr在与光轴正交的方向上移动 $(f \cdot \tan\theta) / K$ 即可(在之后的实施例中也相同)。在该第1实施例的广角端状态下，防抖系数为-0.27，焦距为14.40[mm]，因此用于对0.50°的旋转抖动进行校正的防抖组GVRb的移动量为-0.46[mm]。在该第1实施例的中间焦距状态下，防抖系数为-0.29，焦距为17.23[mm]，因此用于对0.50°的旋转抖动进行校正的防抖组GVRb的移动量为-0.52[mm]。在该第1实施例的远焦端状态下，防抖系数为-0.37，焦距为27.39[mm]，因此用于对0.50°的旋转抖动进行校正的防抖组GVRb的移动量为-0.65[mm]。具有负的光焦度的双凹负透镜L41相当于物体侧组GVRa。

[0081] 在以下的表1中示出变倍光学系统ZL1的各参数的值。在该表1中，对每个广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态，整体参数中所示的f表示整个系统的焦距，FNO表示F值，ω表示半视场角[°]，Y表示最大像高，TL表示全长，BF表示后焦距的值。全长TL表示无限远对焦时的从最靠物体侧的透镜面(第1面)到像面I为止的光轴上的距离。后焦距BF表示无限远对焦时的从最靠像面侧的透镜面(第36面)到像面I为止的光轴上的距离(空气换算长度)。透镜数据中的第1栏m表示沿着光线行进的方向上的从物体侧起的透镜面的顺序(面编号)，第2栏r表示各透镜面的曲率半径，第3栏d表示从各光学面到下一个光学面为止的光轴上的距离(面间隔)，第4栏nd和第5栏vd表示对于d线($\lambda=587.6\text{nm}$)的折射率和阿贝数。曲率半径0.00000表示平面，省略空气的折射率1.00000。透镜组焦距表示各透镜组的始面的面编号和焦距。

[0082] 对于在以下的所有参数值中记载的焦距f、曲率半径r、面间隔d、其他长度的单位，虽然一般使用“mm”，但是即使对光学系统进行比例放大或比例缩小也能够得到相同的光学性能，因此并不限定于此。这些符号的说明和各参数表的说明在之后的实施例中也相同。

[0083] (表1) 第1实施例

[0084] [整体参数]

		广角端状态		中间焦距状态		远焦端状态	
	f	=	14.40	~	17.23	~	27.39
[0085]	FNo	=	2.91	~	2.89	~	2.89
	$\omega [^\circ]$	=	57.5	~	51.6	~	37.5
	Y	=	21.60	~	21.60	~	21.60
	TL	=	207.441	~	200.685	~	194.082
	BF	=	38.105	~	40.845	~	53.650
	BF(空气换算长度)	=	38.105	~	40.845	~	53.650
[0086]	[透镜数据]						
	m	r	d	nd	vd		
	物面	∞					
	1	55.00000	3.000	1.80400	46.6		
[0087]	2	33.50000	10.427				
	3	51.62844	2.800	1.74389	49.5		
	4*	20.67504	14.000				
	5	200.00000	1.900	1.74100	52.7		
	6	45.64422	0.200	1.56093	36.6		
	7*	50.13418	10.179				

	8	-75.13583	2.000	1.59319	67.9
	9	550.33482	0.200		
	10	67.70943	5.778	1.88300	40.8
	11	-402.55306	D11		
	12	177.49958	1.150	1.77250	49.6
	13	30.49583	5.835	1.48749	70.4
	14	-230.74721	0.200		
	15	149.51579	2.030	1.48749	70.4
	16	3489.21250	0.200		
	17	70.18794	2.622	1.77250	49.6
	18	414.22996	D18		
	19	263.50107	3.241	1.43700	95.1
	20	-57.92782	D20		
	21	0.00000	D21		孔径光阑 S
[0088]	22	-59.84186	1.150	1.59349	67.0
	23	1425.54440	2.500		
	24	-91.74637	1.150	1.69680	55.5
	25	57.64649	0.239		
	26	59.91277	2.700	1.90200	25.3
	27	995.42001	D27		
	28	30.00000	1.728	1.74100	52.7
	29	21.96258	8.500	1.49782	82.5
	30	-102.29375	1.365		
	31	37.40001	1.150	1.81600	46.6
	32	19.57636	10.175	1.55332	71.7
	33	-44.35841	1.026		
	34	-42.75639	1.150	1.90265	35.7
	35	42.01112	6.189	1.59319	67.9
	36*	-50.95836	BF		

像面 ∞

[0089] [透镜组焦距]

透镜组	始面	焦距
[0090]	第 1 透镜组	1 -28.82
	第 2 透镜组	12 103.32
	第 3 透镜组	19 109.00
	第 4 透镜组	22 -62.73
	第 5 透镜组	28 43.95

[0091] 在该变倍光学系统ZL1中,第4面、第7面以及第36面形成为非球面形状。在以下的表2示出非球面的数据、即圆锥常数K和各非球面常数A4~A10的值。

[0092] (表2)

[0093] [非球面数据]

m	K	A4	A6	A8	A10
[0094]	4 -2.46000e-02	7.88053e-07	3.76444e-09	1.16470e-12	0.00000e+00
	7 4.36800e-01	5.36445e-06	-5.62569e-09	2.32198e-12	0.00000e+00
	36 1.26020e+00	8.86603e-06	3.65812e-09	0.00000e+00	0.00000e+00

[0095] 在该变倍光学系统ZL1中,如上所述,在进行变倍时,第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的轴上空气间隔D11、第2透镜组G2与第3透镜组G3之间的轴上空气间隔D18、第3透镜组G3与孔径光阑S之间的轴上空气间隔D20、孔径光阑S与第4透镜组G4之间的轴上空气间隔D21、第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的轴上空气间隔D27以及后焦距BF变化。在以下的表3示出无限远对焦状态下的广角端状态(W)、中间焦距状态(M)以及远焦端状态(T)的各焦距状态下的可变间隔。D0表示变倍光学系统ZL1的从最靠物体侧的面(第1面)到物体为止的距离,f表示焦距(在之后的实施例中也相同)。

[0096] (表3)

[0097] [可变间隔数据]

	W	M	T
D0	∞	∞	∞
f	14.40	17.23	27.39
D11	32.973	21.896	1.300
D18	9.159	10.341	14.876
D20	2.000	5.151	14.545
D21	2.660	3.799	3.225
D27	17.759	13.867	1.700
BF	38.105	40.845	53.650

[0099] 在以下的表4中示出该变倍光学系统ZL1中的各条件式对应值。在该表4中,f1VRaw表示相比防抖组GVRb配置于物体侧的透镜的广角端状态下的合成焦距,fw表示广角端状态

下的整个系统的焦距, β_{aw} 表示广角端状态下的物体侧组GVRa的成像倍率, f_1 表示第1透镜组G1的焦距, f_2 表示第2透镜组G2的焦距。该符号的说明在之后的实施例中也相同。

[0100] (表4)

[0101] $f_{1VRaw} = -562.587$

[0102] [条件式对应值]

[0103] (1) $|f_{1VRaw}/f_w| = 39.069$

[0104] (2) $\beta_{aw} = -19.194$

[0105] (3) $(-f_1)/f_2 = 0.279$

[0106] 如上所述, 该变倍光学系统ZL1满足所有的上述条件式(1)~(3)。

[0107] 将该变倍光学系统ZL1的无限远对焦时的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的球面像差图、像散图、畸变图、倍率色差图以及横向像差图示出在图2(a)、图3(a)、图4(a), 将在无限远对焦时的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下进行了像抖动校正时的横向像差图示出在图2(b)、图3(b)、图4(b)。在各像差图中, FNO表示F值, Y表示像高。在球面像差图中示出与最大口径对应的F值的值, 在像散图和畸变图中分别示出像高的最大值, 在横向像差图中示出各像高的值。D表示d线($\lambda = 587.6\text{nm}$), g表示g线($\lambda = 435.8\text{nm}$)。在像散图中, 实线表示弧矢像面, 虚线表示子午像面。在之后所示的各实施例的像差图中也使用与本实施例相同的符号。通过这些各像差图可知, 该变倍光学系统ZL1从广角端状态到远焦端状态良好地对各像差进行了校正。

[0108] [第2实施例]

[0109] 图5是示出第2实施例的变倍光学系统ZL2的结构的图。该变倍光学系统ZL2从物体侧依次由具有负的光焦度的第1透镜组G1、具有正的光焦度的第2透镜组G2、具有负的光焦度的作为后续透镜组GL的第3透镜组G3以及具有正的光焦度的第4透镜组G4构成。

[0110] 在该变倍光学系统ZL2中, 第1透镜组G1从物体侧依次由凸面朝向物体侧的负弯月形透镜L11、像侧的透镜面形成为非球面形状且凸面朝向物体侧的弯月形状的负透镜L12、像侧的透镜面形成为非球面形状且凸面朝向物体侧的弯月形状的负透镜L13、双凹负透镜L14以及双凸正透镜L15构成。第2透镜组G2从物体侧依次由将凸面朝向物体侧的负弯月形透镜L21与双凸正透镜L22接合而成的接合负透镜、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L23以及双凸正透镜L24构成。第3透镜组G3从物体侧依次由凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L31以及将双凹负透镜L32与双凸正透镜L33接合而成的接合负透镜构成。第4透镜组G4从物体侧依次由将凸面朝向物体侧的负弯月形透镜L41与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L42接合而成的接合正透镜、将凸面朝向物体侧的负弯月形透镜L43与双凸正透镜L44接合而成的接合正透镜以及将双凹负透镜L45与像侧的透镜面形成为非球面形状的双凸形状的正透镜L46接合而成的接合负透镜构成。孔径光阑S配置在第2透镜组G2与第3透镜组G3之间。在该第2实施例中, 配置在第1透镜组G1与后续透镜组GL之间的透镜成分为负正正这三个。

[0111] 该变倍光学系统ZL2构成为, 在从广角端状态向远焦端状态进行变倍时, 第1透镜组G1、第2透镜组G2、孔径光阑S、第3透镜组G3以及第4透镜组G4沿着光轴移动, 在进行该变倍时, 第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的间隔减少, 第2透镜组G2与孔径光阑S之间的间隔增大, 孔径光阑S与第3透镜组G3之间的间隔变化, 第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的间隔减少, 第4透镜组G4与像面I之间的间隔(后述的后焦距)增大。

[0112] 在该变倍光学系统ZL2中,位于第1透镜组G1与作为后续透镜组GL的第3透镜组G3之间的透镜为第2透镜组G2。该第2透镜组G2从物体侧依次具备:具有正的光焦度的前组GFa,由将负弯月形透镜L21与双凸正透镜L22接合而成的接合负透镜以及正弯月形透镜L23构成;以及具有正的光焦度的后组GFb,由双凸正透镜L24构成。构成为,通过使第2透镜组G2中的、前组GFa作为对焦组向像侧移动来进行从无限远向近距离物点的对焦。

[0113] 另外,在该变倍光学系统ZL2中,通过将作为后续透镜组GL的第3透镜组G3中的将双凹负透镜L32与双凸正透镜L33接合而成的接合负透镜作为防抖组GVRb,并使该防抖组GVRb以具有与光轴正交的方向的位移分量的方式移动来进行手抖产生时的像位置的校正(防抖)。该防抖组GVRb具有负的光焦度。在该第2实施例的广角端状态下,防抖系数为-0.32,焦距为14.40[mm],因此用于对0.50°的旋转抖动进行校正的防抖组GVRb的移动量为-0.39[mm]。在该第2实施例的中间焦距状态下,防抖系数为-0.34,焦距为17.52[mm],因此用于对0.50°的旋转抖动进行校正的防抖组GVRb的移动量为-0.45[mm]。在该第2实施例的远焦端状态下,防抖系数为-0.43,焦距为27.40[mm],因此用于对0.50°的旋转抖动进行校正的防抖组GVRb的移动量为-0.55[mm]。具有负的光焦度的负弯月形透镜L31相当于物体侧组GVRa。

[0114] 在以下的表5示出变倍光学系统ZL2的各参数的值。

[0115] (表5) 第2实施例

[0116] [整体参数]

		广角端状态	中间焦距状态	远焦端状态
[0117]	f	= 14.40	~ 17.52	~ 27.40
	FNo	= 2.91	~ 2.92	~ 2.89
	$\omega[^{\circ}]$	= 57.5	~ 50.9	~ 37.5
	Y	= 21.60	~ 21.60	~ 21.60
	TL	= 198.658	~ 190.438	~ 179.318
	BF	= 38.136	~ 41.168	~ 54.038
	BF(空气换算长度)	= 38.136	~ 41.168	~ 54.038

[0118] [透镜数据]

m	r	d	nd	vd
物面	∞			
1	60.00007	3.000	1.80400	46.6
2	32.99999	8.000		
3	43.66262	2.800	1.69350	53.2
[0119]	4*	21.77326	10.000	
	5	66.75791	1.900	1.74100 52.7
	6*	35.89476	11.677	
	7	-102.20375	2.000	1.61800 63.4
	8	68.44125	3.953	
	9	57.59931	5.905	1.88300 40.8

	10	-8353.97890	D10		
	11	86.93551	1.150	1.81600	46.6
	12	30.24772	4.604	1.48749	70.4
	13	-635.62903	0.200		
	14	68.69195	2.462	1.77250	49.6
	15	721.76917	8.778		
	16	1048.37080	2.410	1.59349	67.0
	17	-78.39834	D17		
	18	0.00000	D18		孔径光阑 S
	19	-96.51685	1.150	1.59349	67.0
	20	-4313.74880	2.500		
[0120]	21	-77.26639	1.150	1.72916	54.7
	22	97.91601	2.373	1.80809	22.8
	23	-388.14126	D23		
	24	30.00000	2.856	1.74100	52.7
	25	22.73754	5.338	1.49782	82.5
	26	155.18278	0.400		
	27	30.41105	1.150	1.81600	46.6
	28	19.08159	9.044	1.55332	71.7
	29	-68.93485	0.200		
	30	-508.10216	1.150	1.90265	35.7
	31	22.37987	6.933	1.59319	67.9
	32*	-96.52428	BF		
	像面		∞		
[0121]	[透镜组焦距]				
	透镜组		始面	焦距	
[0122]	第 1 透镜组		1	-28.80	
	第 2 透镜组		11	59.73	
	第 3 透镜组		19	-79.26	
[0123]	第 4 透镜组		24	44.90	
[0124]	在该变倍光学系统ZL2中,第4面、第6面以及第32面形成为非球面形状。在以下的				

表6中示出非球面的数据、即圆锥常数K和各非球面常数A4~A10的值。

[0125] (表6)

[0126] [非球面数据]

	m	K	A4	A6	A8	A10
[0127]	4	3.43000e-02	-3.51269e-07	-1.01786e-09	9.51759e-14	0.00000e+00
	6	-3.91000e-02	6.73249e-06	2.01986e-09	0.00000e+00	0.00000e+00
	32	-1.68440e+00	1.12313e-05	1.05750e-08	0.00000e+00	0.00000e+00

[0128] 在该变倍光学系统ZL2中,如上所述,在进行变倍时第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的轴上空气间隔D10、第2透镜组G2与孔径光阑S之间的轴上空气间隔D17、孔径光阑S与第3透镜组G3之间的轴上空气间隔D18、第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的轴上空气间隔D23以及后焦距BF变化。在以下的表7中示出无限远对焦状态下的广角端状态(W)、中间焦距状态(M)以及远焦端状态(T)的各焦距状态下的可变间隔。

[0129] (表7)

[0130] [可变间隔数据]

	W	M	T
D0	∞	∞	∞
f	14.40	17.52	27.40
[0131]	D10	35.272	23.314
	D17	2.000	5.735
	D18	2.406	4.300
D23	17.760	12.837	1.900
[0132]	BF	38.136	41.168
[0133]	在以下的表8中示出该变倍光学系统ZL2中的各条件式对应值。		

[0134] (表8)

[0135] $f1VRaw=126.415$

[0136] [条件式对应值]

[0137] (1) $|f1VRaw/fw|=8.779$

[0138] (2) $\beta_{aw}=3.635$

[0139] (3) $(-f1)/f2=0.482$

[0140] 如上所述,该变倍光学系统ZL2满足所有的上述条件式(1)~(3)。

[0141] 将该变倍光学系统ZL2的、无限远对焦时的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的球面像差图、像散图、畸变图、倍率色差图以及横向像差图示出在图6(a)、图7(a)、图8(a),将在无限远对焦时的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下进行了像抖动校正时的横向像差图示出在图6(b)、图7(b)、图8(b)。通过这些各像差图可知,该变倍光学系统ZL2从广角端状态到远焦端状态良好地对各像差进行了校正。

[0142] [第3实施例]

[0143] 图9是示出第3实施例的变倍光学系统ZL3的结构的图。该变倍光学系统ZL3从物体侧依次由具有负的光焦度的第1透镜组G1、具有正的光焦度的第2透镜组G2、具有负的光焦度的作为后续透镜组GL的第3透镜组G3以及具有正的光焦度的第4透镜组G4构成。

[0144] 在该变倍光学系统ZL3中，第1透镜组G1从物体侧依次由凸面朝向物体侧的负弯月形透镜L11、像侧的透镜面形成为非球面形状且凸面朝向物体侧的弯月形状的负透镜L12、在像侧的透镜面设置树脂层而形成非球面且凸面朝向物体侧的弯月形状的负透镜L13、双凹负透镜L14以及双凸正透镜L15构成。第2透镜组G2从物体侧依次由将凸面朝向物体侧的负弯月形透镜L21与双凸正透镜L22接合而成的接合正透镜、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L23以及双凸正透镜L24构成。第3透镜组G3从物体侧依次由凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L31以及将双凹负透镜L32与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L33接合而成的接合负透镜构成。第4透镜组G4从物体侧依次由将凸面朝向物体侧的负弯月形透镜L41与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L42接合而成的接合正透镜、将凸面朝向物体侧的负弯月形透镜L43与双凸正透镜L44接合而成的接合正透镜、双凹负透镜L45以及像侧的透镜面形成为非球面形状的双凸形状的正透镜L46构成。孔径光阑S配置在第2透镜组G2与第3透镜组G3之间。在该第3实施例中，配置在第1透镜组G1与后续透镜组GL之间的透镜成分为正正正这三个。

[0145] 该变倍光学系统ZL3构成为，在从广角端状态向远焦端状态进行变倍时，第1透镜组G1、第2透镜组G2、孔径光阑S、第3透镜组G3以及第4透镜组G4沿着光轴移动，在进行该变倍时，第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的间隔减少，第2透镜组G2与孔径光阑S之间的间隔增大，孔径光阑S与第3透镜组G3之间的间隔变化，第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的间隔减少，第4透镜组G4与像面I之间的间隔(后述的后焦距)增大。

[0146] 在该变倍光学系统ZL3中，位于第1透镜组G1与作为后续透镜组GL的第3透镜组G3之间的透镜为第2透镜组G2。该第2透镜组G2从物体侧依次具备：具有正的光焦度的前组GFa，由将负弯月形透镜L21与双凸正透镜L22接合而成的接合正透镜以及正弯月形透镜L23构成；以及具有正的光焦度的后组GFb，由双凸正透镜L24构成，并且构成为通过使第2透镜组G2中的前组GFa作为对焦组向像侧移动来进行从无限远向近距离物点的对焦。

[0147] 在该变倍光学系统ZL3中，通过将作为后续透镜组GL的第3透镜组G3中的将双凹负透镜L32与正弯月形透镜L33接合而成的接合负透镜作为防抖组GVRb，使该防抖组GVRb以具有与光轴正交的方向的位移分量的方式移动来进行手抖产生时的像位置的校正(防抖)。该防抖组GVRb具有负的光焦度。在该第3实施例的广角端状态下，防抖系数为-0.29，焦距为14.40[mm]，因此用于对0.50°的旋转抖动进行校正的防抖组GVRb的移动量为-0.43[mm]。在该第3实施例的中间焦距状态下，防抖系数为-0.30，焦距为17.00[mm]，因此用于对0.50°的旋转抖动进行校正的防抖组GVRb的移动量为-0.49[mm]。在该第3实施例的远焦端状态下，防抖系数为-0.39，焦距为27.40[mm]，因此用于对0.50°的旋转抖动进行校正的防抖组GVRb的移动量为-0.62[mm]。具有负的光焦度的负弯月形透镜L31相当于物体侧组GVRA。

[0148] 在以下的表9中示出变倍光学系统ZL3的各参数的值。

[0149] (表9) 第3实施例

[0150] [整体参数]

		广角端状态	中间焦距状态	远焦端状态
[0151]	f	= 14.40	~ 17.00	~ 27.40
	FNo	= 2.90	~ 2.91	~ 2.91
	$\omega[^{\circ}]$	= 57.5	~ 51.9	~ 37.5
	Y	= 21.60	~ 21.60	~ 21.60
	TL	= 200.708	~ 193.728	~ 180.303
	BF	= 38.131	~ 40.536	~ 54.226
[0152]	BF(空气换算长度)	= 38.131	~ 40.536	~ 54.226
	[透镜数据]			
[0153]	m	r	d	nd
	物面	∞		vd

1	57.00000	3.000	1.80400	46.6	
2	33.50000	8.000			
3	44.32444	2.800	1.74389	49.5	
4*	20.56616	14.000			
5	116.70614	1.900	1.74100	52.7	
6	42.67501	0.200	1.56093	36.6	
7*	44.45109	10.915			
8	-78.51969	2.000	1.59319	67.9	
9	192.14467	1.855			
10	66.46240	5.433	1.90265	35.7	
11	-1079.18540	D11			
12	98.22853	1.150	1.81600	46.6	
13	30.82561	4.765	1.48749	70.4	
14	-209.88034	0.200			
[0154]	15	65.38068	2.237	1.77250	49.6
	16	219.70389	9.164		
	17	432.66920	2.537	1.59349	67.0
	18	-77.14457	D18		
	19	0.00000	D19		孔径光阑 S
	20	-92.08988	1.150	1.59349	67.0
	21	-1802.18800	2.500		
	22	-92.45942	1.150	1.69680	55.5
	23	89.65294	2.196	1.90200	25.3
	24	1874.55510	D24		
	25	30.00000	4.000	1.74100	52.7
	26	22.20799	5.690	1.49782	82.5
	27	150.16612	0.400		
	28	31.66090	1.150	1.81600	46.6
	29	19.23435	8.997	1.55332	71.7
	30	-57.96347	0.200		

	31	-193.93343	1.150	1.90265	35.7
[0155]	32	26.06045	6.185	1.59319	67.9
	33*	-93.12648	BF		

像面 ∞

[0156] [透镜组焦距]

	透镜组	始面	焦距
	第 1 透镜组	1	-28.81
[0157]	第 2 透镜组	12	60.48
	第 3 透镜组	20	-83.71
	第 4 透镜组	25	46.09

[0158] 在该变倍光学系统ZL3中,第4面、第7面以及第33面形成为非球面形状。在以下的表10中示出非球面的数据、即圆锥常数K和各非球面常数A4~A10的值。

[0159] (表10)

[0160] [非球面数据]

	m	K	A4	A6	A8	A10
[0161]	4	4.73000e-02	2.13716e-06	1.80496e-09	2.35690e-12	0.00000e+00
	7	-5.14900e-01	6.13782e-06	-1.61401e-09	0.00000e+00	0.00000e+00
	33	-3.00000e+00	1.14512e-05	1.10533e-08	0.00000e+00	0.00000e+00

[0162] 在该变倍光学系统ZL3中,如上所述,在进行变倍时,第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的轴上空气间隔D11、第2透镜组G2与孔径光阑S之间的轴上空气间隔D18、孔径光阑S与第3透镜组G3之间的轴上空气间隔D19、第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的轴上空气间隔D24以及后焦距BF变化。在以下的表11中示出无限远对焦状态下的广角端状态(W)、中间焦距状态(M)以及远焦端状态(T)的各焦距状态下的可变间隔。

[0163] (表11)

[0164] [可变间隔数据]

		W	M	T
	D0	∞	∞	∞
	f	14.40	17.00	27.40
[0165]	D11	35.243	24.867	1.700
	D18	2.000	5.397	15.138
	D19	2.445	4.222	2.415
	D24	17.965	13.782	1.900
	BF	38.131	40.536	54.226

[0166] 在以下的表12中示出该变倍光学系统ZL3中的各条件式对应值。

[0167] (表12)

[0168] $f1VRaw = 137.512$

[0169] [条件式对应值]

[0170] (1) $|f1VRaw/fw| = 9.549$

[0171] (2) $\beta_{aw} = 3.972$

[0172] (3) $(-f1)/f2 = 0.476$

[0173] 如上所述,该变倍光学系统ZL3满足所有的上述条件式(1)~(3)。

[0174] 将该变倍光学系统ZL3的、无限远对焦时的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的球面像差图、像散图、畸变图、倍率色差图以及横向像差图示出在图10(a)、图11(a)、图12(a),将在无限远对焦时的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下进行了像抖动校正时的横向像差图示出在图10(b)、图11(b)、图12(b)。通过这些各像差图可知,该变倍光学系统ZL3从广角端状态到远焦端状态良好地对各像差进行了校正。

[0175] [第4实施例]

[0176] 图13是示出第4实施例的变倍光学系统ZL4的结构的图。该变倍光学系统ZL4从物体侧依次由具有负的光焦度的第1透镜组G1、具有正的光焦度的第2透镜组G2、具有负的光焦度的作为后续透镜组GL的第3透镜组G3以及具有正的光焦度的第4透镜组G4构成。

[0177] 在该变倍光学系统ZL4中,第1透镜组G1从物体侧依次由凸面朝向物体侧的负弯月形透镜L11、像侧的透镜面形成为非球面形状的弯月形状的负透镜L12、像侧的透镜面形成为非球面形状的弯月形状的负透镜L13、双凹负透镜L14以及双凸正透镜L15构成。第2透镜组G2从物体侧依次由将凸面朝向物体侧的负弯月形透镜L21与双凸正透镜L22接合而成的接合正透镜、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L23以及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24构成。第3透镜组G3从物体侧依次由凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L31、双凹负透镜L32以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L33构成。第4透镜组G4从物体侧依次由物体侧的透镜面形成为非球面形状的双凸形状的正透镜L41、将凸面朝向物体侧的负弯月形透镜L42与双凸正透镜L43接合而成的接合正透镜、双凹负透镜L44以及像侧的透镜面形成为非球面形状的双凸形状的正透镜L45构成。孔径光阑S配置在第2透镜组G2与第3透镜组G3之间。在该第4实施例中,配置在第1透镜组G1与后续透镜组GL之间的透镜成分为正正负这三个。

[0178] 该变倍光学系统ZL4构成为,第1透镜组G1、第2透镜组G2、孔径光阑S、第3透镜组G3以及第4透镜组G4沿着光轴移动,使得在从广角端状态向远焦端状态进行变倍时,第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的间隔减少,第2透镜组G2与孔径光阑S之间的间隔增大,孔径光阑S与第3透镜组G3之间的间隔变化,第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的间隔减少,第4透镜组G4与像面I之间的间隔(后述的后焦距)增大。

[0179] 在该变倍光学系统ZL4中,位于第1透镜组G1与作为后续透镜组GL的第3透镜组G3之间的透镜为第2透镜组G2。该第2透镜组G2从物体侧依次具备:具有正的光焦度的前组GFa,由将负弯月形透镜L21与双凸正透镜L22接合而成的接合正透镜以及正弯月形透镜L23构成;以及具有正的光焦度的后组GFb,由正弯月形透镜L24构成。构成为,通过使第2透镜组G2中的前组GFa作为对焦组向像侧移动来进行从无限远向近距离物点的对焦。

[0180] 在该变倍光学系统ZL4中,通过将作为后续透镜组GL的第3透镜组G3中的双凹负透镜L32和正弯月形透镜L33作为防抖组GVRb,并使该防抖组GVRb以具有与光轴正交的方向的

位移分量的方式移动来进行手抖产生时的像位置的校正(防抖)。该防抖组GVRb具有负的光焦度。该第4实施例的广角端状态下,防抖系数为-0.32,焦距为14.40[mm],因此用于对0.50°的旋转抖动进行校正的防抖组GVRb的移动量为-0.39[mm]。在该第4实施例的中间焦距状态下,防抖系数为-0.34,焦距为17.01[mm],因此用于对0.50°的旋转抖动进行校正的防抖组GVRb的移动量为-0.44[mm]。在该第4实施例的远焦端状态下,防抖系数为-0.43,焦距为27.40[mm],因此用于对0.50°的旋转抖动进行校正的防抖组GVRb的移动量为-0.56[mm]。具有负的光焦度的负弯月形透镜L31相当于物体侧组GVRA。

[0181] 在以下的表13中示出变倍光学系统ZL4的各参数的值。

[0182] (表13) 第4实施例

[0183] [整体参数]

		广角端状态	中间焦距状态	远焦端状态
[0184]	f	= 14.40	~ 17.01	~ 27.40
	FNo	= 2.92	~ 2.91	~ 2.92
	ω[°]	= 57.5	~ 51.9	~ 37.5
	Y	= 21.60	~ 21.60	~ 21.60
[0185]	TL	= 198.804	~ 191.240	~ 179.307
	BF	= 38.139	~ 40.784	~ 54.434
	BF(空气换算长度)	= 38.139	~ 40.784	~ 54.434
[0186]	[透镜数据]			

m	r	d	nd	vd
物面	∞			
1	60.00000	3.000	1.80400	46.6
2	33.00000	7.275		
3	41.80774	2.800	1.69350	53.2
4*	22.41099	8.629		
5	65.63490	1.900	1.74100	52.7
6*	33.83467	13.874		
7	-79.77665	2.000	1.59319	67.9
8	59.40503	4.000		
[0187]	9	57.71052	6.283	1.88300 40.8
	10	-624.68766	D10	
	11	88.00189	1.150	1.77250 49.6
	12	28.92756	5.218	1.48749 70.4
	13	-237.39954	0.200	
	14	62.41514	2.570	1.59349 67.0
	15	436.07106	7.583	
	16	-660.09319	2.088	1.77250 49.6
	17	-89.22600	D17	
	18	0.00000	D18	孔径光阑 S
	19	-61.76466	1.150	1.67790 55.4
	20	-91.96957	2.500	

21	-127.44790	1.150	1.72916	54.7	
22	82.89939	1.024			
23	76.38005	2.134	1.84666	23.8	
24	284.40987	D24			
25*	32.48939	4.642	1.55332	71.7	
26	-824.47129	0.600			
[0188]	27	32.14197	1.150	1.81600	46.6
	28	18.55000	9.230	1.49700	81.6
	29	-43.54574	0.200		
	30	-56.26075	1.150	1.88300	40.8
	31	23.24938	7.318	1.59319	67.9
	32*	-55.62584	D32		

像面 ∞

[0189] [透镜组焦距]

	透镜组	始面	焦距
	第 1 透镜组	1	-28.80
[0190]	第 2 透镜组	11	62.81
	第 3 透镜组	19	-100.62
	第 4 透镜组	25	48.29

[0191] 在该变倍光学系统ZL4中,第4面、第6面、第25面以及第32面形成为非球面形状。在以下的表14中示出非球面的数据、即圆锥常数K和各非球面常数A4~A10的值。

[0192] (表14)

[0193] [非球面数据]

	m	K	A4	A6	A8	A10
[0194]	4	1.24900e-01	-3.97515e-06	-3.16906e-09	1.82067e-12	0.00000e+00
	6	1.15510e+00	5.92900e-06	1.43820e-09	0.00000e+00	0.00000e+00
	25	4.93200e-01	2.95700e-06	0.00000e+00	0.00000e+00	0.00000e+00
[0195]	32	7.81000e-01	1.02310e-05	8.43261e-09	0.00000e+00	0.00000e+00

[0196] 在该变倍光学系统ZL4中,如上所述,在进行变倍时,第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的轴上空气间隔D10、第2透镜组G2与孔径光阑S之间的轴上空气间隔D17、孔径光阑S与第3透镜组G3之间的轴上空气间隔D18、第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的轴上空气间隔D24以及后焦距BF变化。在以下的表15中示出无限远对焦状态下的广角端状态(W)、中间焦距状态(M)以及远焦端状态(T)的各焦距状态下的可变间隔。

[0197] (表15)

[0198] [可变间隔数据]

	W	M	T
D0	∞	∞	∞
f	14.40	17.01	27.40
D10	36.783	25.663	1.700
[0199] D17	2.000	5.556	17.491
D18	2.687	4.408	3.164
D24	18.377	14.010	1.700
BF	38.139	40.784	54.434

[0200] 在以下的表16中示出该变倍光学系统ZL4中的各条件式对应值。

[0201] (表16)

[0202] $f_{1VRaw} = 70.544$

[0203] [条件式对应值]

[0204] (1) $|f_{1VRaw}/f_w| = 4.899$

[0205] (2) $\beta_{aw} = 1.907$

[0206] (3) $(-f_1)/f_2 = 0.459$

[0207] 如上所述,该变倍光学系统ZL4满足所有的上述条件式(1)~(3)。

[0208] 将该变倍光学系统ZL4的、无限远对焦时的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的球面像差图、像散图、畸变图、倍率色差图以及横向像差图示出在图14(a)、图15(a)、图16(a),将在无限远对焦时的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下进行了像抖动校正时的横向像差图示出在图14(b)、图15(b)、图16(b)。通过这些各像差图可知,该变倍光学系统ZL4从广角端状态到远焦端状态良好地对各像差进行了校正。

[0209] 标号说明

[0210] ZL (ZL1~ZL4) 变倍光学系统

[0211] G1 第1透镜组 G2 第2透镜组

[0212] GL 后续透镜组 GVRa 物体侧组 GVRb 防抖组

[0213] GF 对焦组 1 相机(光学设备)

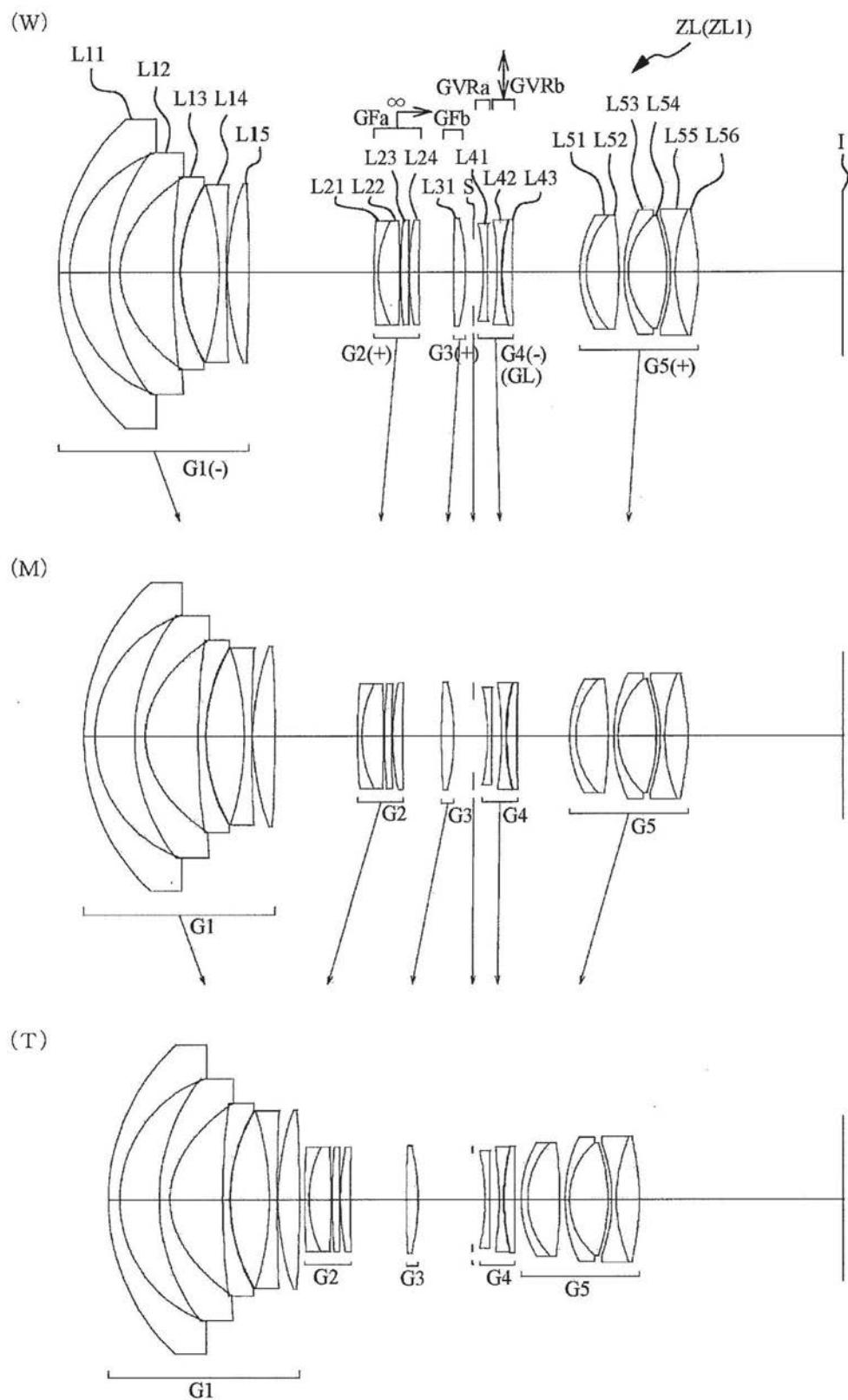


图1

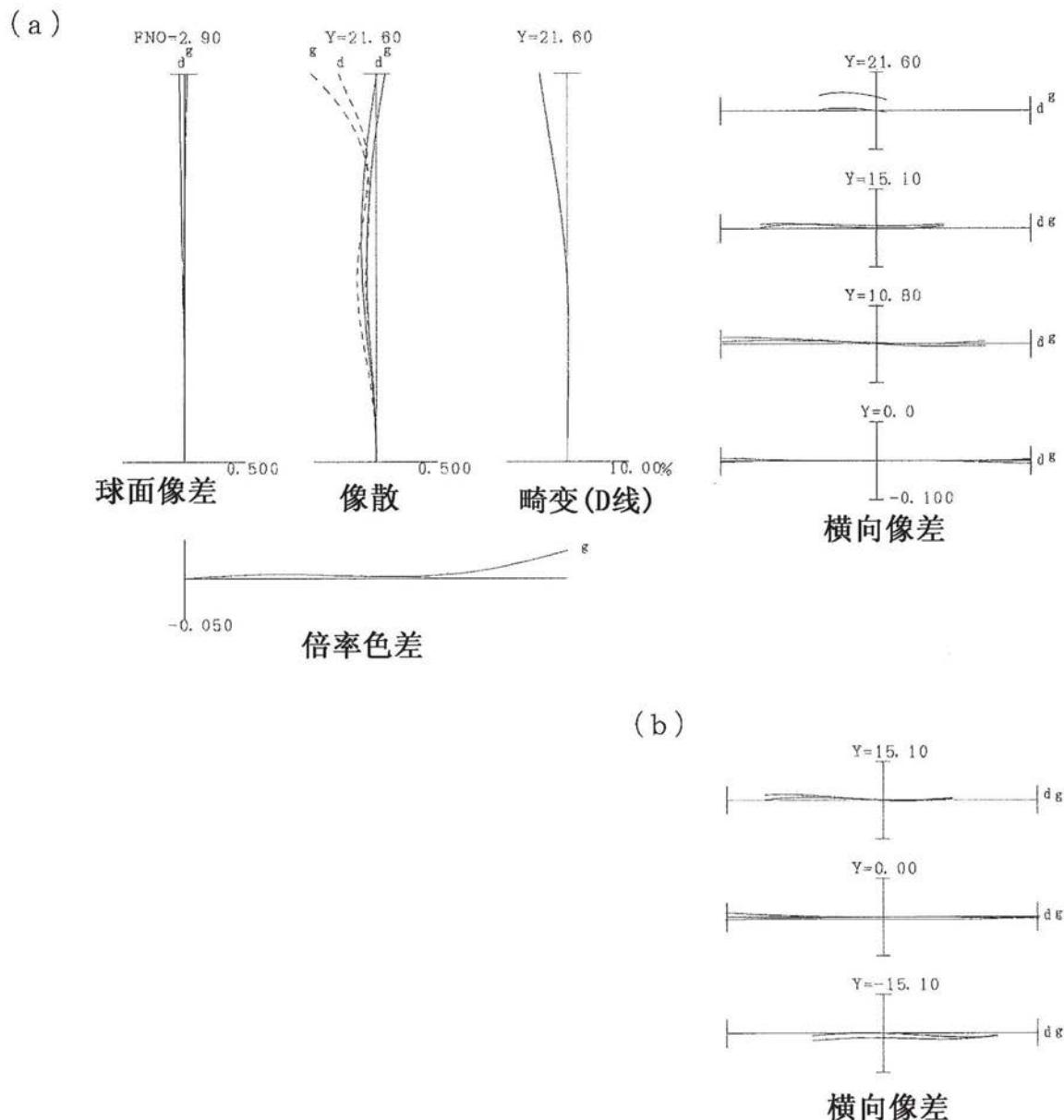


图2

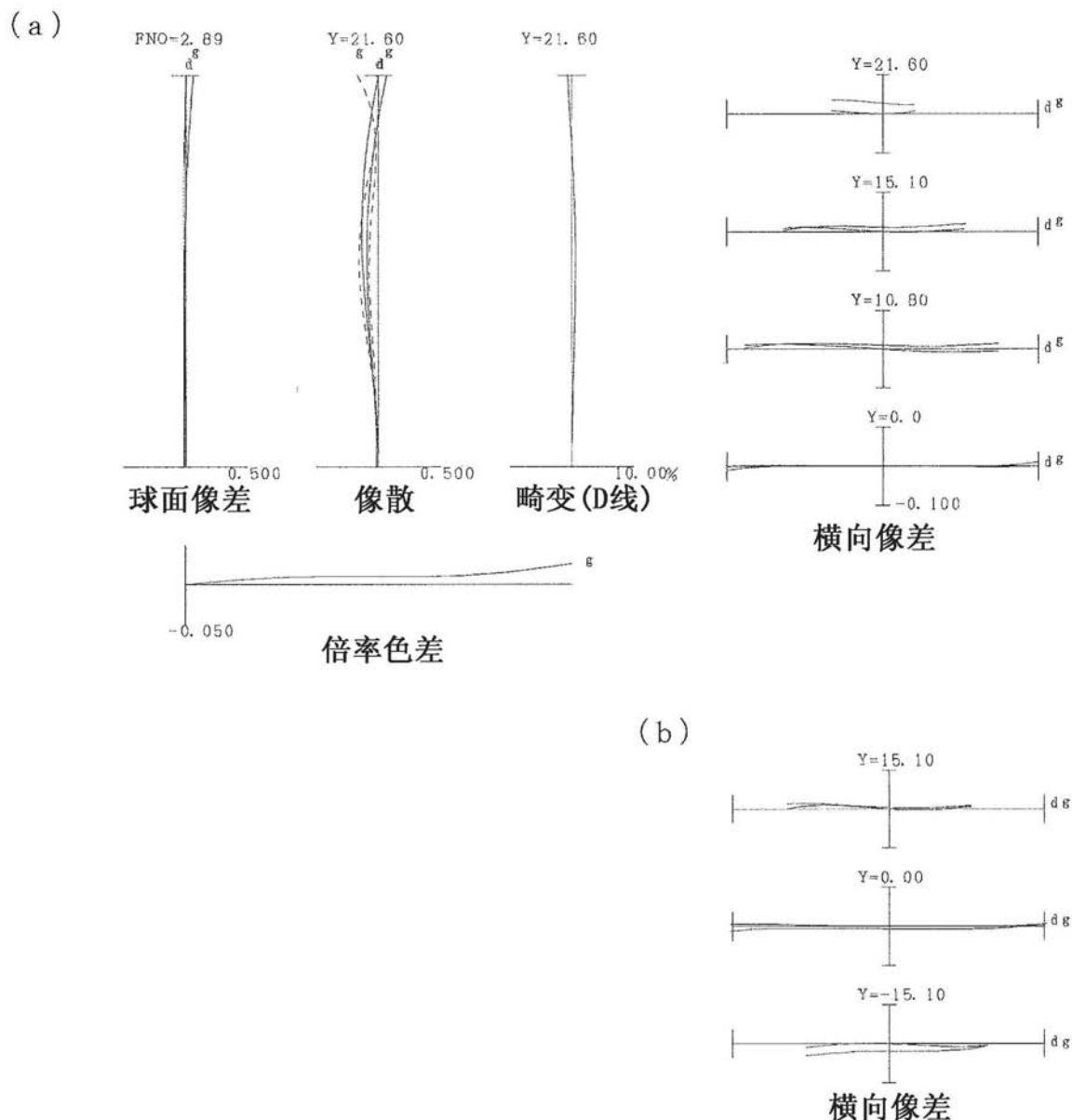


图3

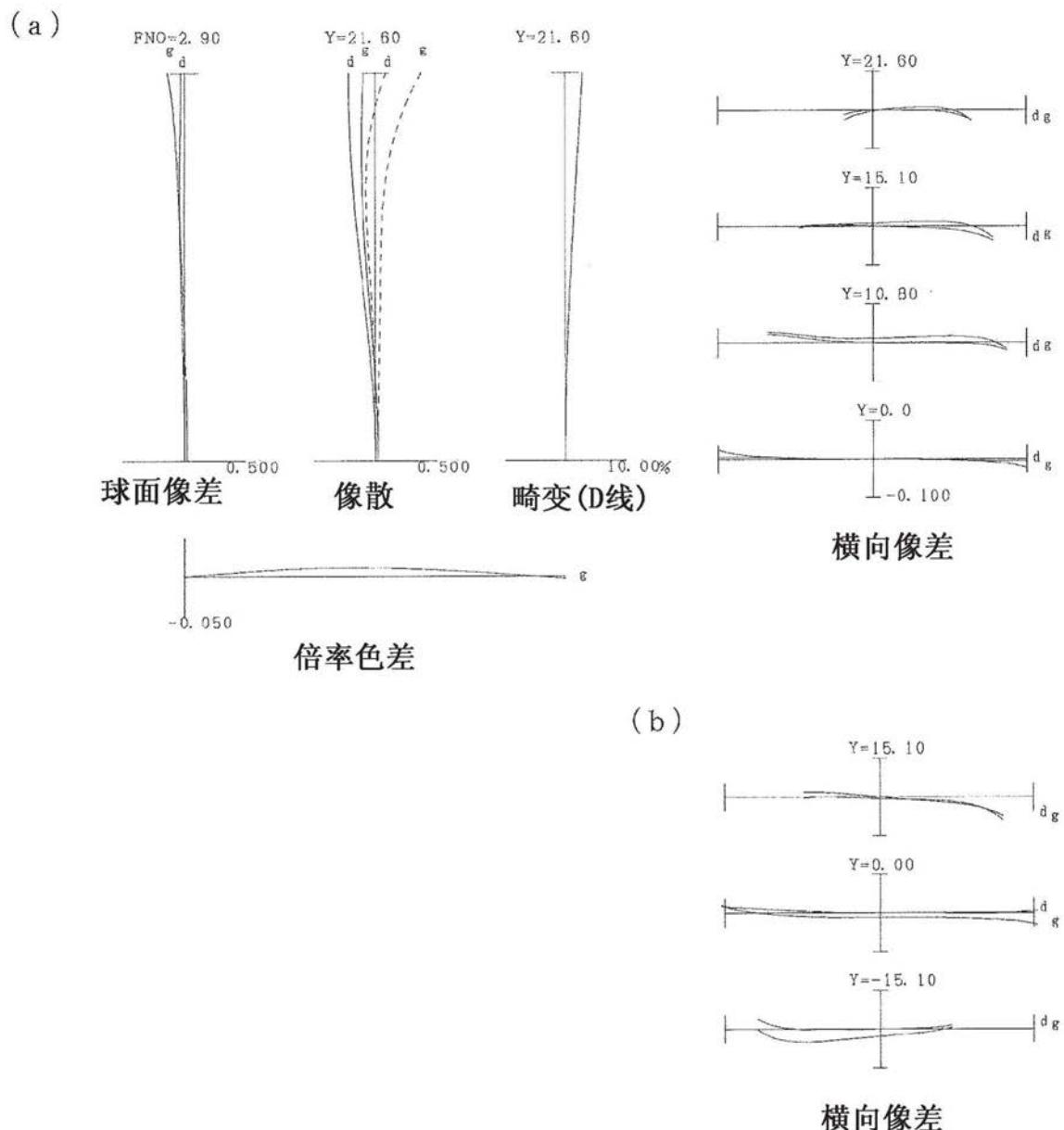


图4

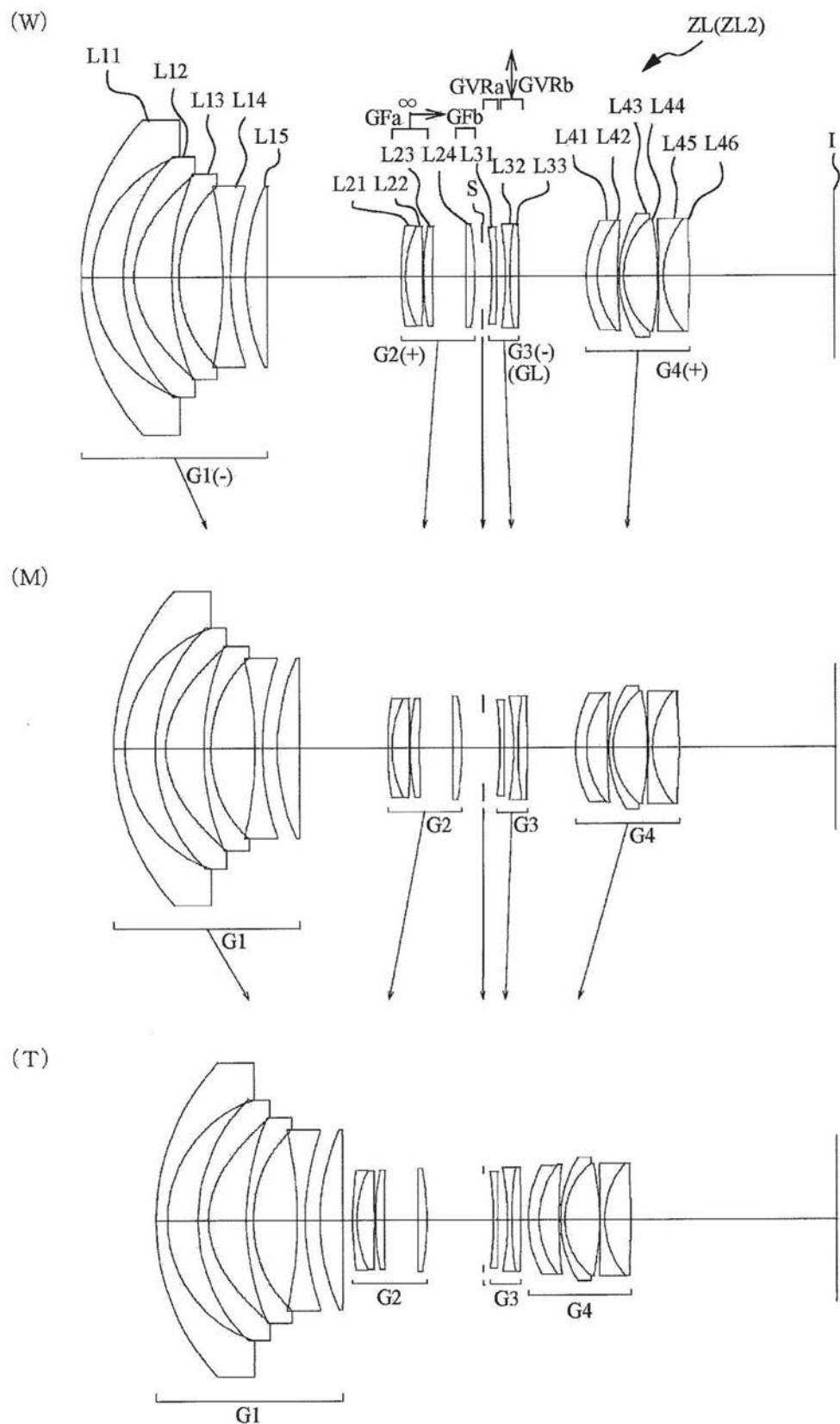


图5

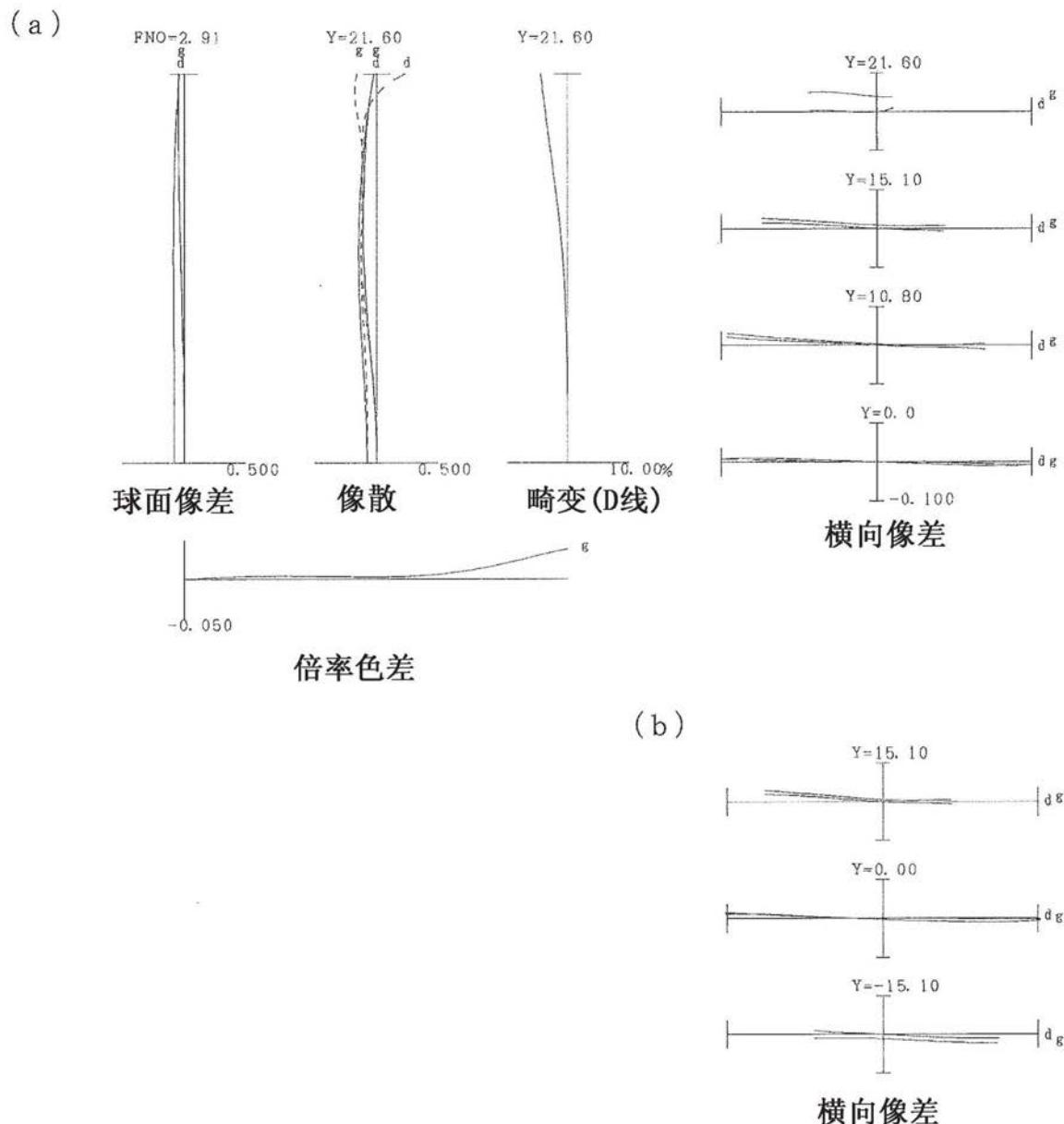


图6

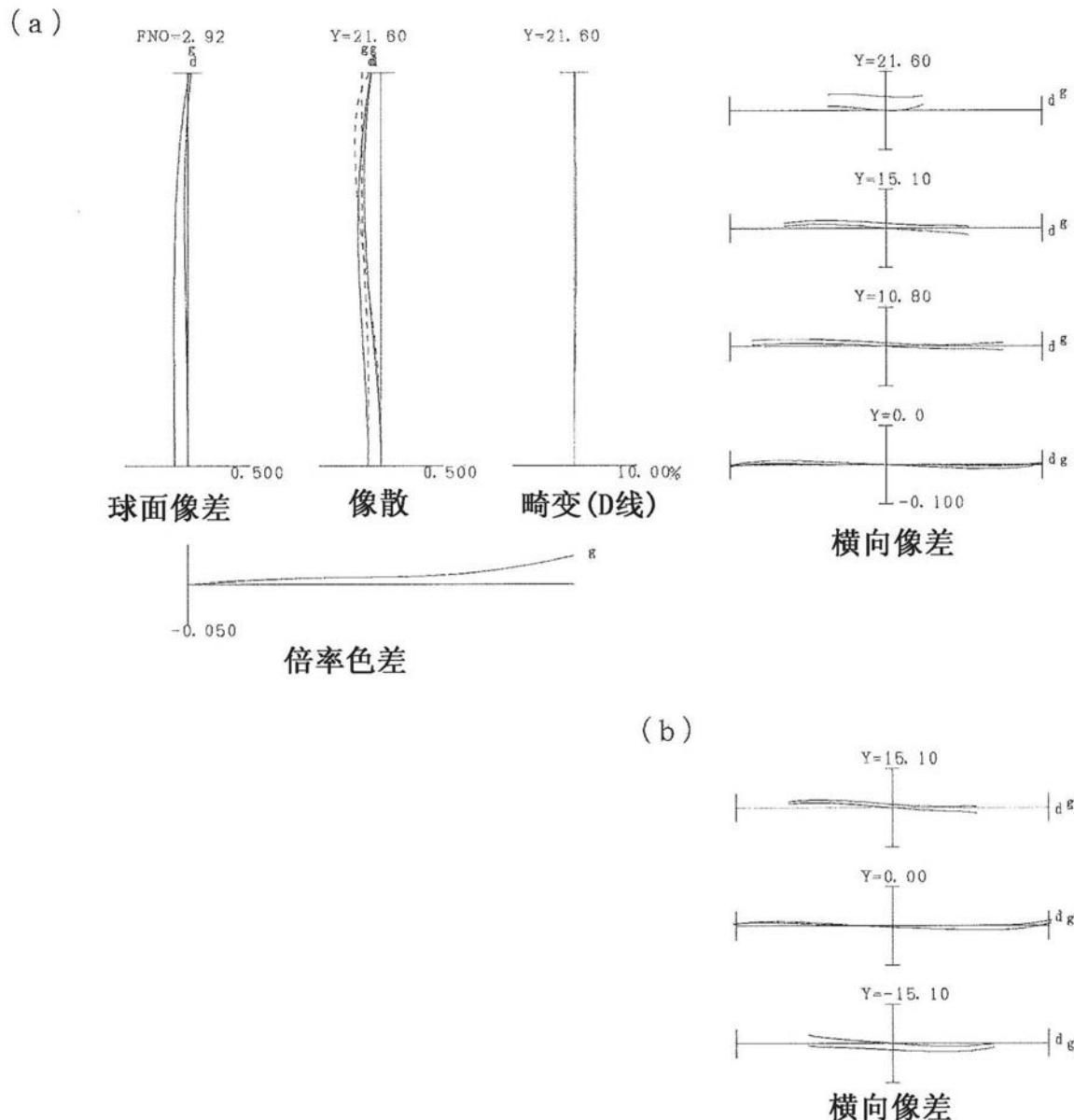
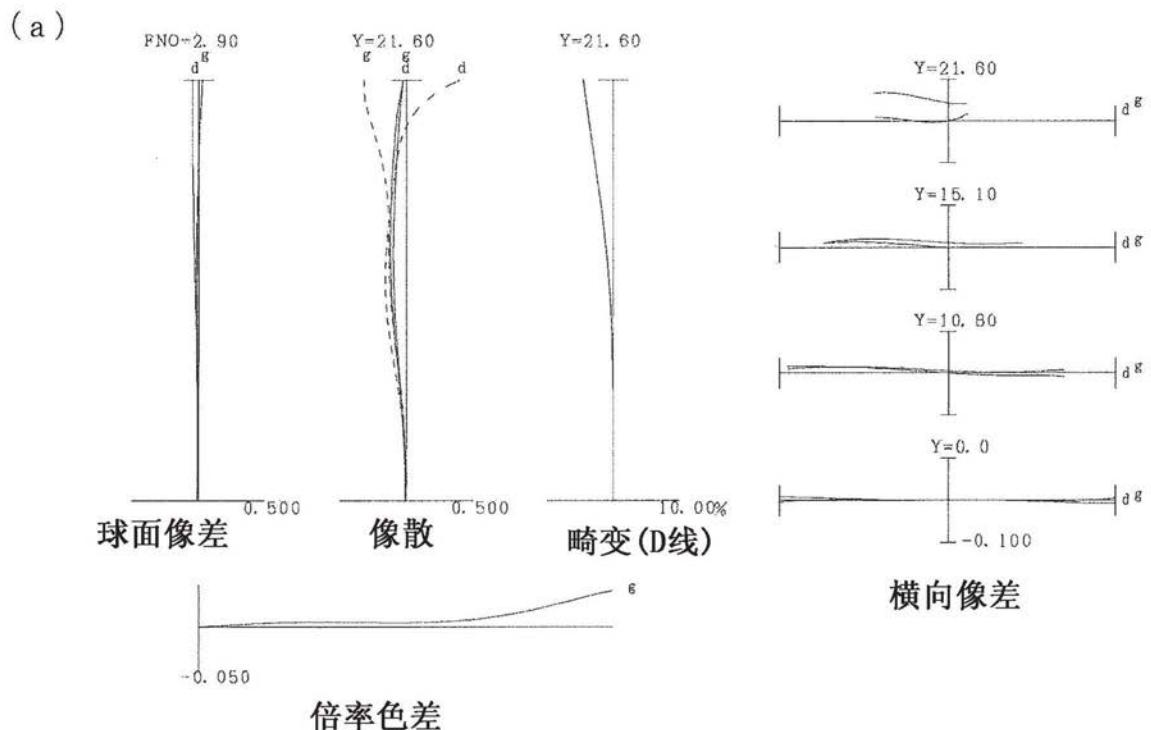
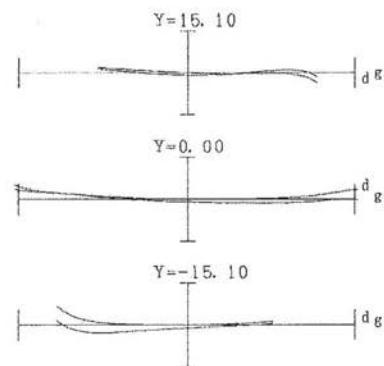


图7



(b)



横向像差

图8

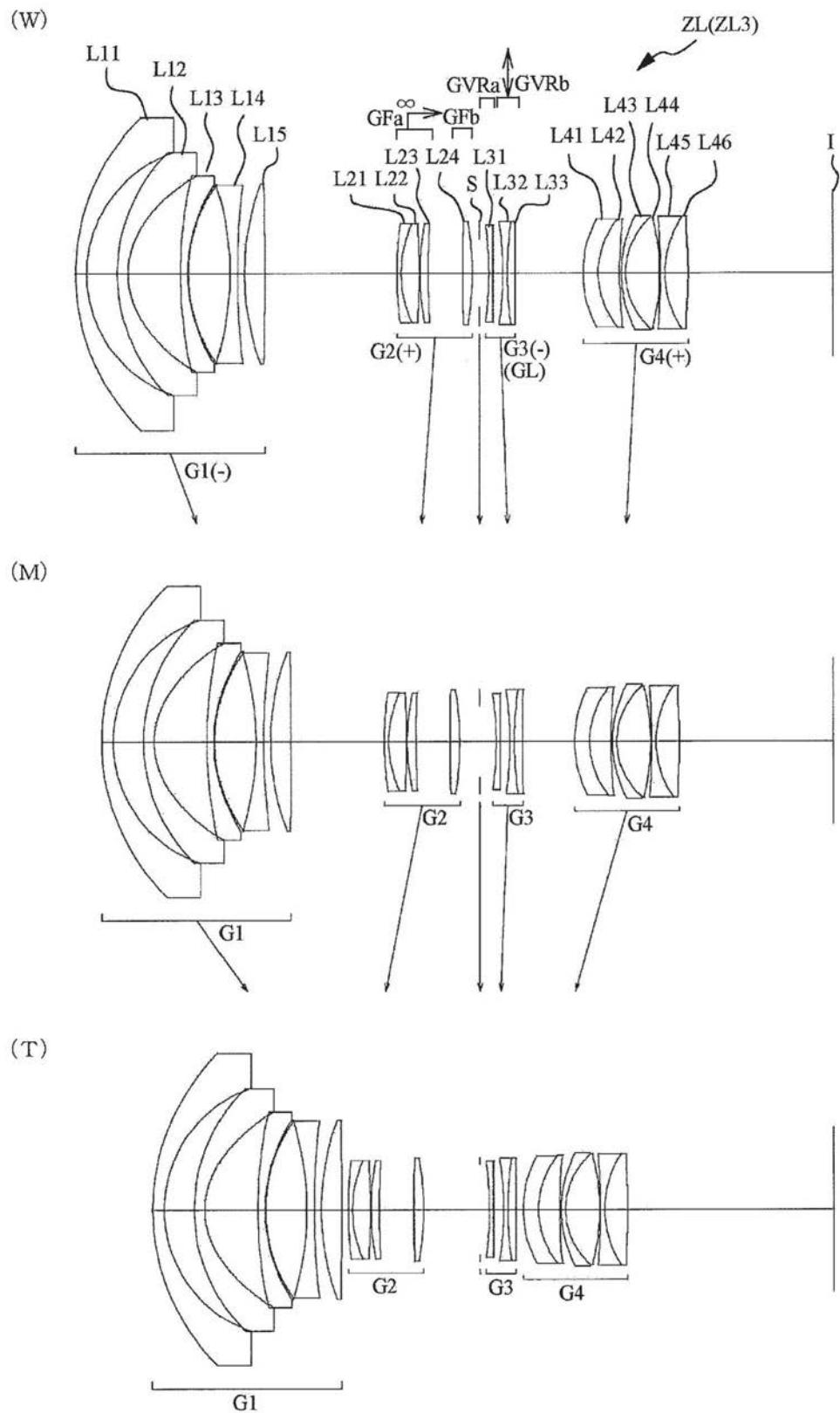


图9

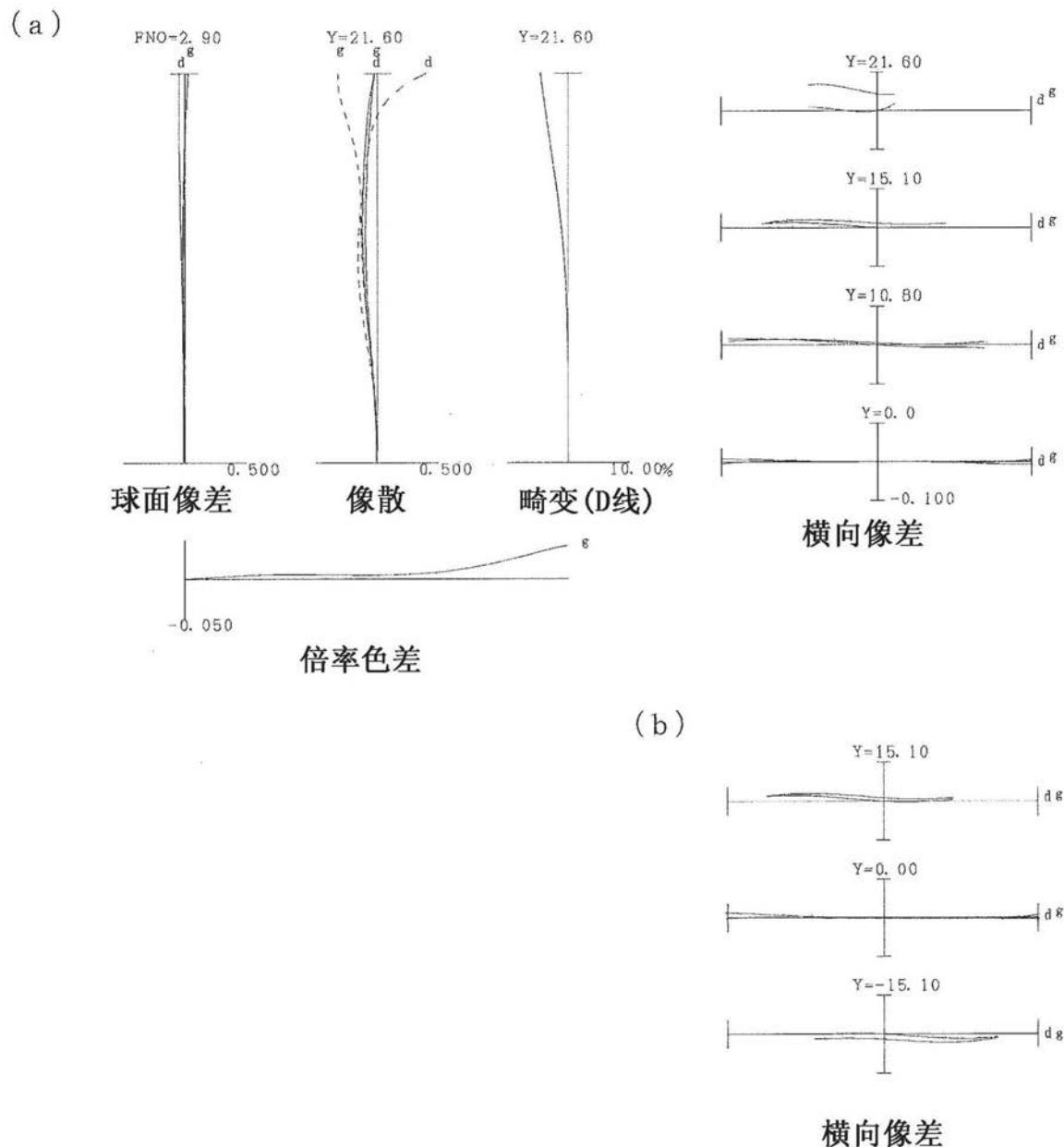


图10

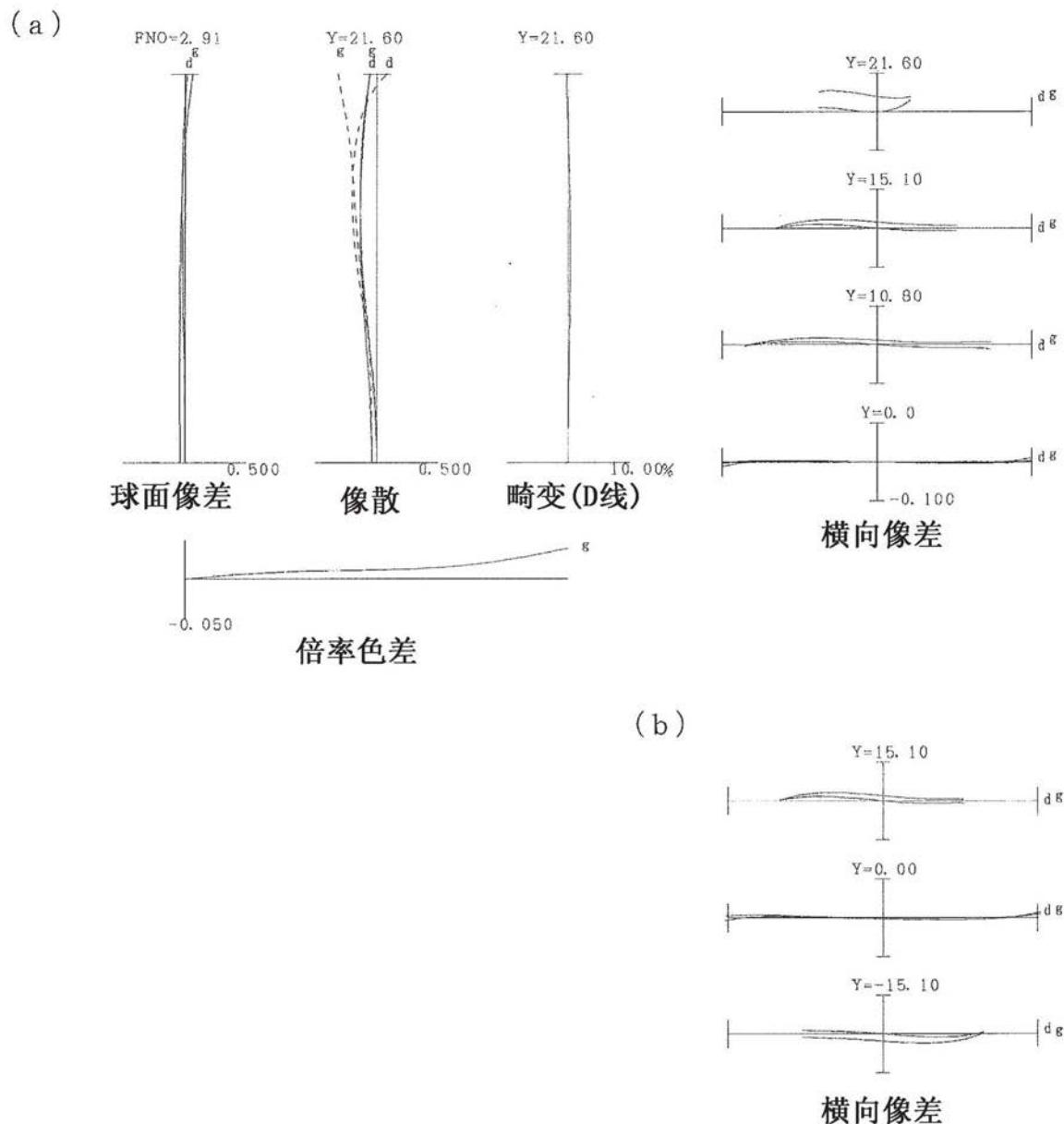


图11

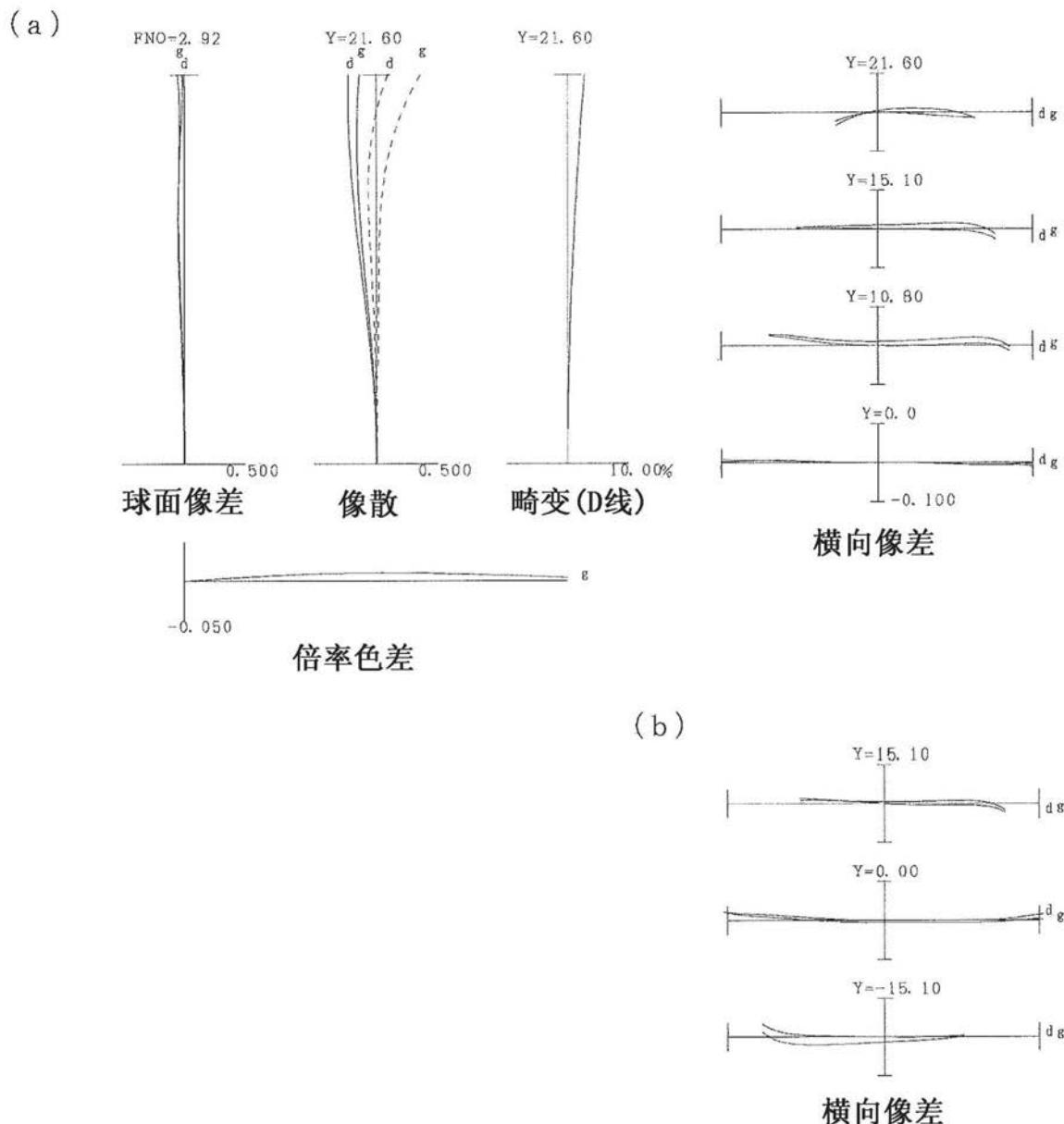


图12

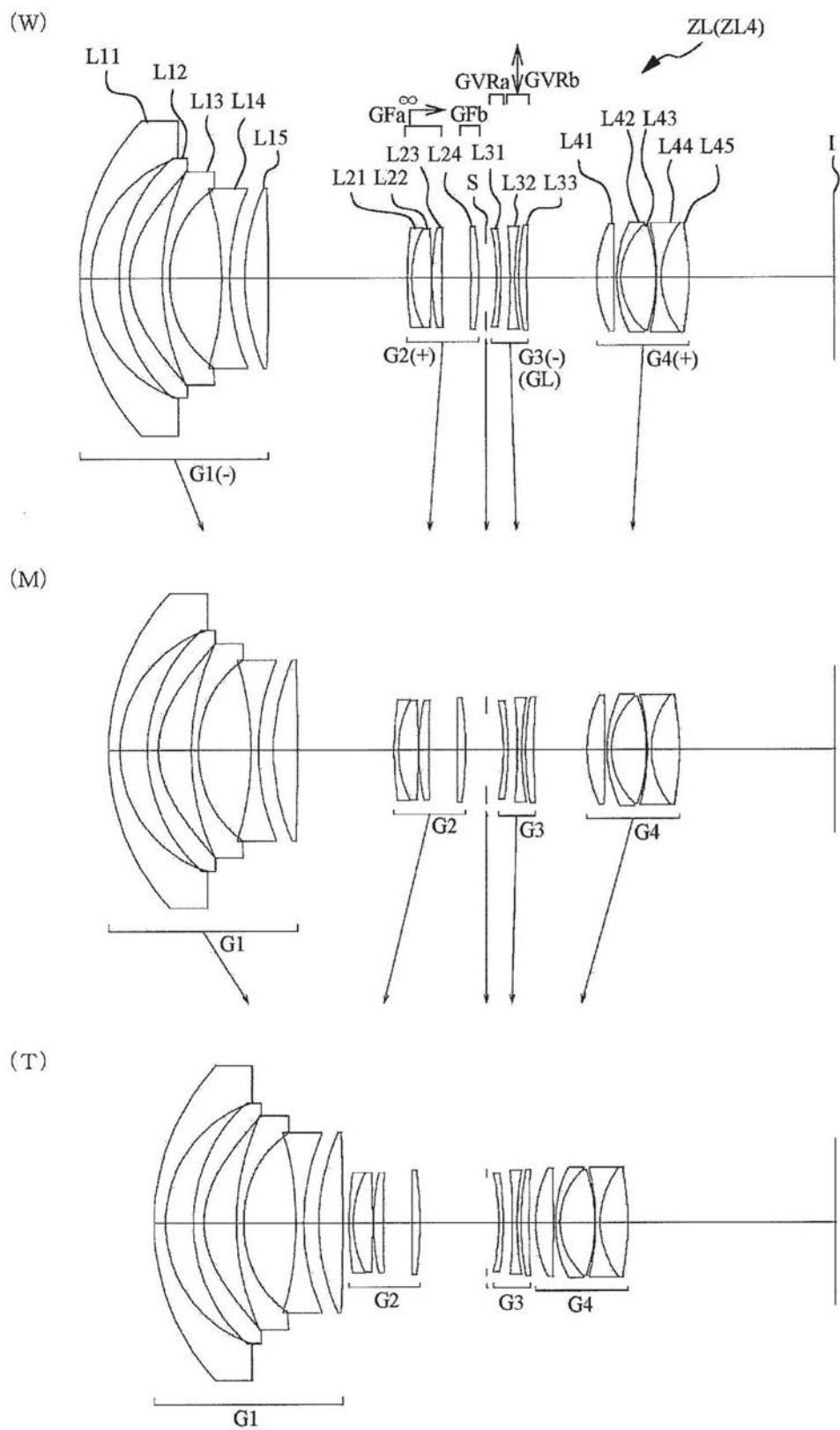


图13

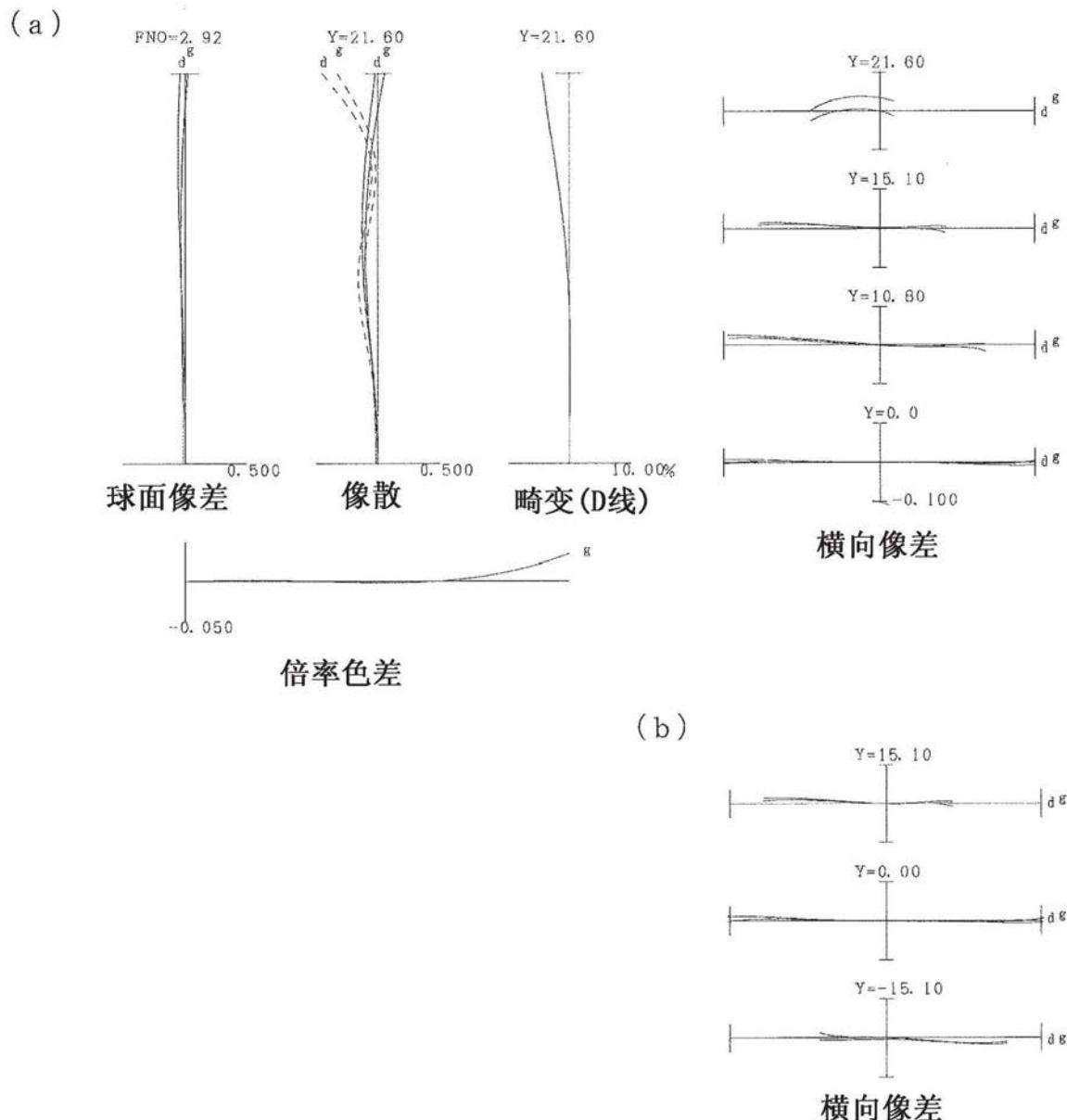


图14

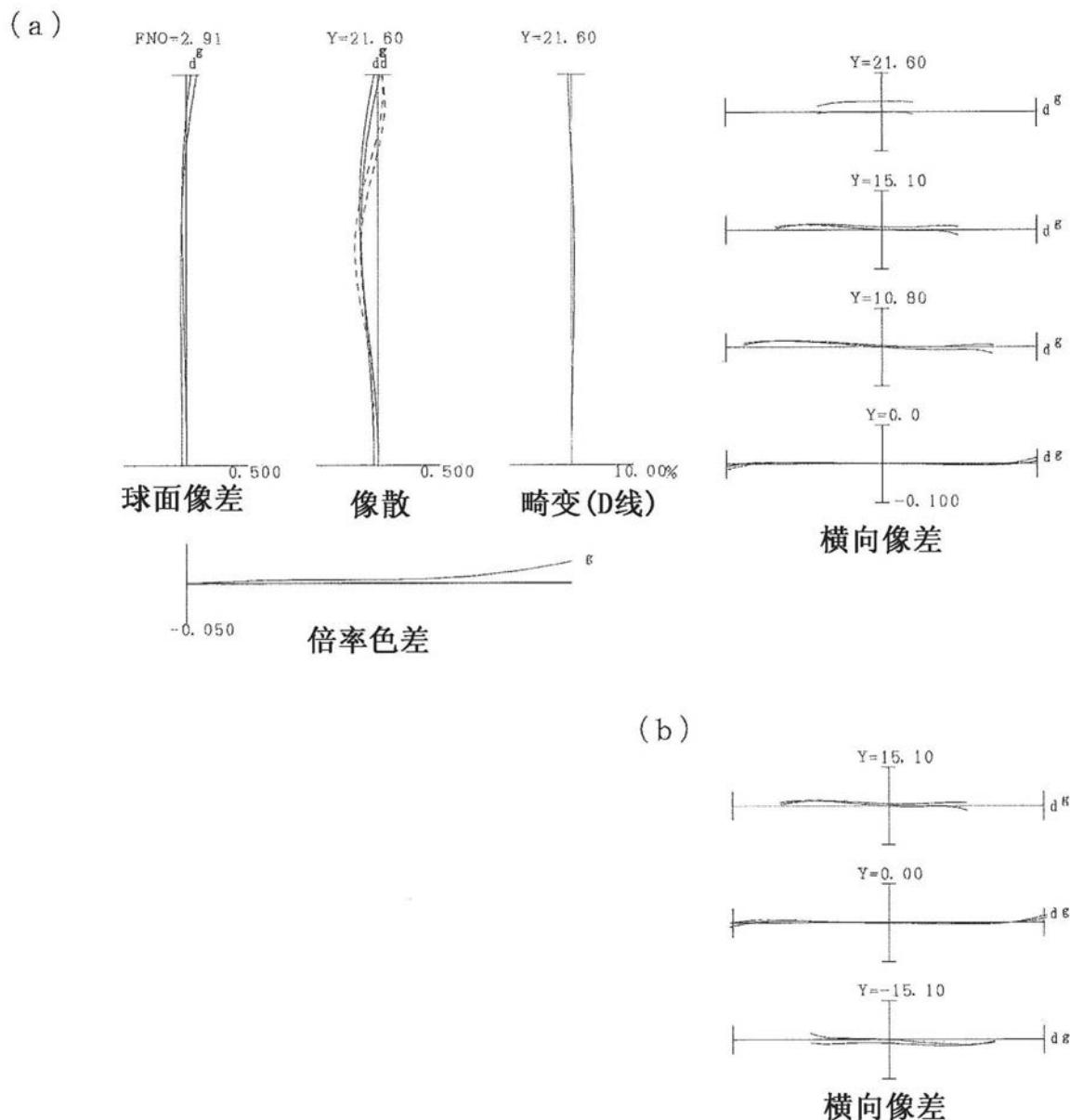


图15

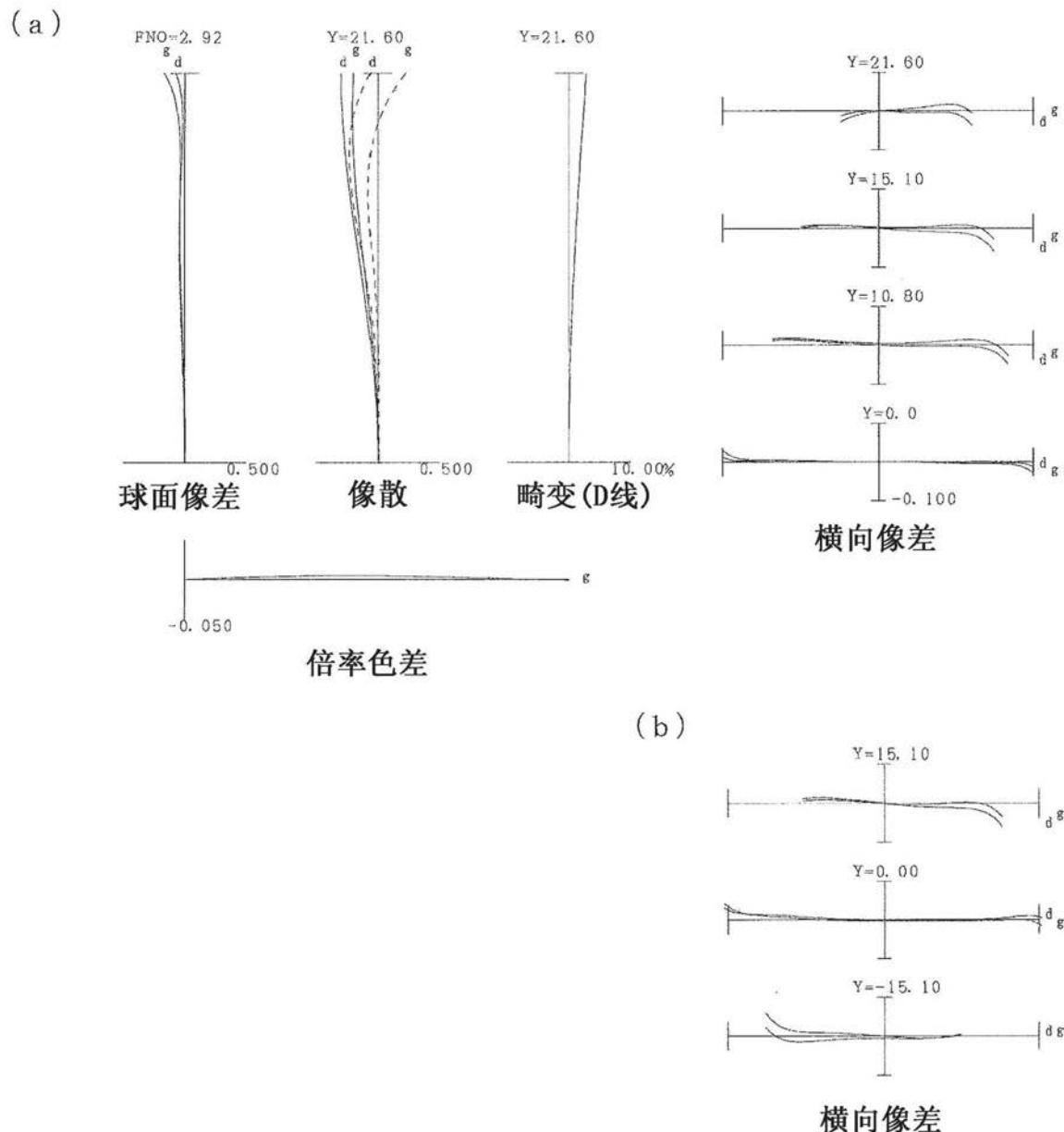


图16

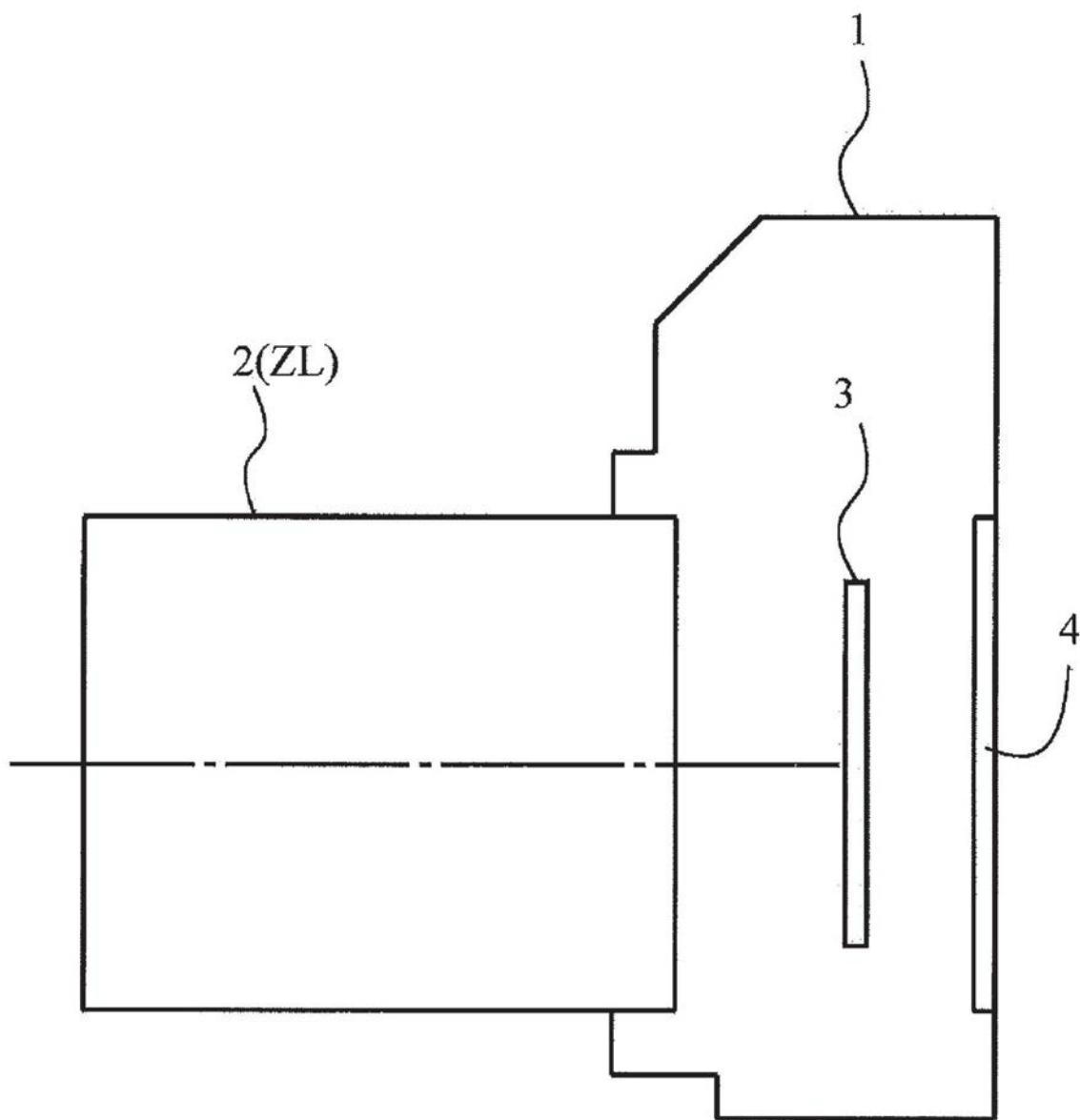


图17

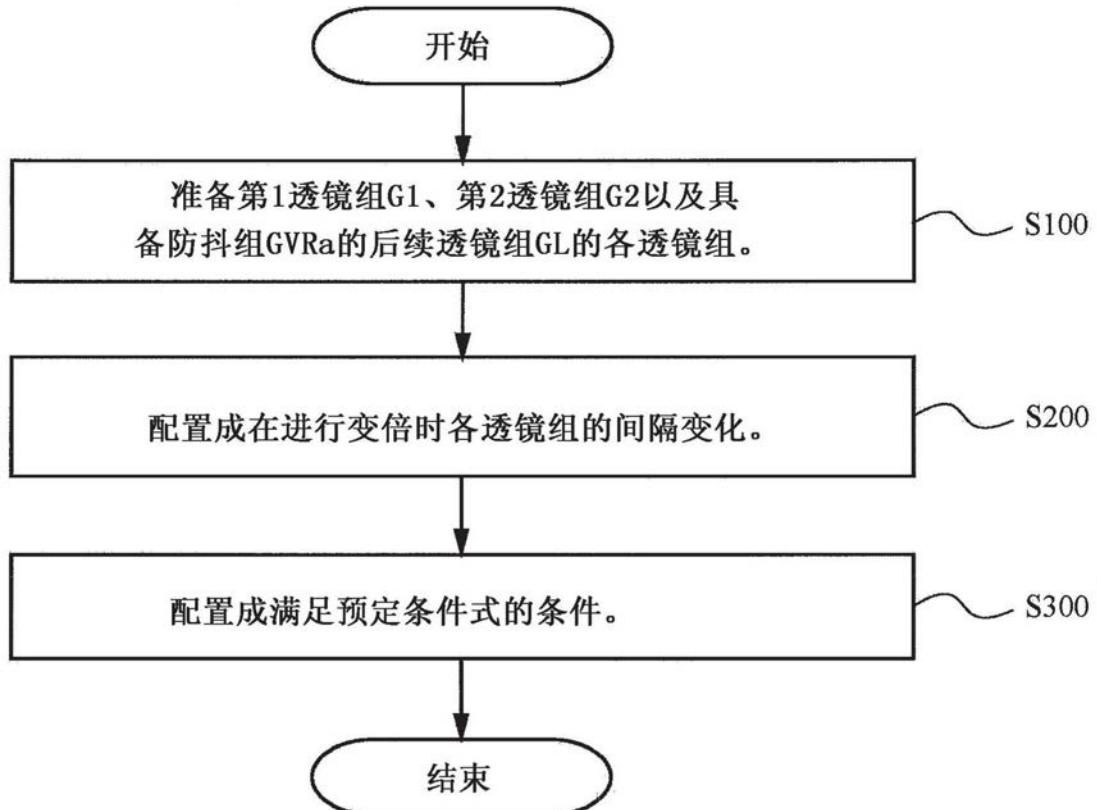


图18