



(45)授权公告日 2020.07.21

权利要求书4页 说明书265页 附图180页

Figure 1 shows three optical system diagrams labeled (W), (M), and (T).
 Diagram (W) shows a lens system with components G1, G2, G3, G4 (GF), and G5. An infinity symbol (∞) and VR (Variable Refractive Index) are indicated.
 Diagram (M) shows a lens system with components G1, G2, G3, G4 (GF), and G5. It also includes a section labeled GM(+).
 Diagram (T) shows a lens system with components G1, G2, G3, G4 (GF), and G5. It includes a series of numbered elements (m1 to m35) and a section labeled GM(+).
 A label ZL(ZL1) is shown at the top right of the figure.

1. 一种变倍光学系统,其特征在于,

具备从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组、前侧透镜组、具有正的光焦度的中间透镜组及后侧透镜组,

所述前侧透镜组由一个以上的透镜组构成且具有负透镜组,

所述中间透镜组的至少一部分为对焦透镜组,

所述后侧透镜组由1个以上的透镜组构成,且具有至少两个透镜成分,

在进行变倍时,所述第1透镜组、所述前侧透镜组,所述中间透镜组及所述后侧透镜组沿着光轴移动,所述第1透镜组与所述前侧透镜组之间的间隔变化,所述前侧透镜组与所述中间透镜组之间的间隔变化,所述中间透镜组与所述后侧透镜组之间的间隔变化,

且满足以下的条件式:

$$0.51 < (-fXn) / fM < 1.60$$

其中,

fM:所述中间透镜组的焦距,

fXn:所述前侧透镜组所具有的负透镜组中的光焦度的绝对值最大的透镜组的焦距。

2. 根据权利要求1所述的变倍光学系统,其特征在于,

满足以下的条件式:

$$0.50 < |fF| / fM < 5.00$$

其中,

fF:所述对焦透镜组的焦距。

3. 根据权利要求1所述的变倍光学系统,其特征在于,

在从广角端状态向远焦端状态进行变倍时,使所述第1透镜组相对于像面向物体侧移动,

形成于所述对焦透镜组和与该对焦透镜组相邻的透镜组之间且位于在从无限远向近距离物体对焦时使所述对焦透镜组移动的方向的空气透镜满足以下的条件式:

$$1.50 < |(rB+rA) / (rB-rA)|$$

其中,

rA:所述空气透镜的物体侧透镜面的曲率半径,

rB:所述空气透镜的像侧透镜面的曲率半径。

4. 根据权利要求1所述的变倍光学系统,其特征在于,

在所述对焦透镜组与所述光学系统的最靠像侧的透镜之间具有防抖透镜组,该防抖透镜组构成为能够以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,

且满足以下的条件式:

$$0.01 < dV / |fV| < 0.50$$

$$0.50 < |fF| / fM < 3.00$$

其中,

dV:远焦端状态下的所述防抖透镜组与位于其像侧的透镜之间的光轴上的间隔,

fV:所述防抖透镜组的焦距,

fF:所述对焦透镜组的焦距,

fM:所述中间透镜组的焦距。

5. 根据权利要求1所述的变倍光学系统,其特征在于,
所述后侧透镜组由两个以上的透镜组构成,
且满足以下的条件式:

$$0.50 < |f_F|/f_M < 5.00$$

其中,

f_F :所述对焦透镜组的焦距,

f_M :所述中间透镜组的焦距。

6. 根据权利要求1或3所述的变倍光学系统,其特征在于,
满足以下的条件式:

$$0.50 < |f_F|/f_M < 5.00$$

其中,

f_F :所述对焦透镜组的焦距,

f_M :所述中间透镜组的焦距。

7. 根据权利要求1或5所述的变倍光学系统,其特征在于,
在所述对焦透镜组与所述光学系统的最靠像侧的透镜之间具有防抖透镜组,该防抖透镜组构成为能够以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,

且满足以下的条件式:

$$0.01 < dV/|f_V| < 0.50$$

其中,

dV :远焦端状态下的所述防抖透镜组与位于其像侧的透镜之间的光轴上的间隔,

f_V :所述防抖透镜组的焦距。

8. 根据权利要求1所述的变倍光学系统,其特征在于,
所述中间透镜组具有从物体侧依次排列的物体侧组和像侧组,
所述像侧组是所述对焦透镜组。

9. 根据权利要求1所述的变倍光学系统,其特征在于,
所述中间透镜组具有从物体侧其次排列的物体侧组和像侧组,
所述像侧组是所述对焦透镜组,

且满足以下的条件式:

$$0.01 < d_{AB}/|f_F| < 0.50$$

其中,

f_F :所述对焦透镜组的焦距,

d_{AB} :远焦端状态下的无限远对焦时的所述对焦透镜组与其物体侧的透镜之间的光轴上的间隔。

10. 根据权利要求1所述的变倍光学系统,其特征在于,
所述对焦透镜组具有正的光焦度。

11. 根据权利要求1所述的变倍光学系统,其特征在于,
所述对焦透镜组在作为整体具有正的光焦度时,包含正透镜,
且满足以下的条件式:

$$nd_p + 0.0075 \times v_{dp} - 2.175 < 0$$

$vdp > 50.00$

其中,

ndp : 所述对焦透镜组所包含的所述正透镜的介质的对d线的折射率,

vdp : 所述对焦透镜组所包含的所述正透镜的介质的以d线为基准的阿贝数。

12. 根据权利要求1所述的变倍光学系统, 其特征在于,

所述对焦透镜组在作为整体具有负的光焦度时, 包含负透镜,

且满足以下的条件式:

$$ndn + 0.0075 \times vdn - 2.175 < 0$$

$$vdp > 50.00$$

其中,

ndn : 所述对焦透镜组所包含的所述负透镜的介质的对d线的折射率,

vdn : 所述对焦透镜组所包含的所述负透镜的介质的以d线为基准的阿贝数。

13. 根据权利要求1所述的变倍光学系统, 其特征在于,

在所述对焦透镜组与所述光学系统的最靠像侧的透镜之间具有防抖透镜组, 该防抖透镜组构成为能够以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动。

14. 根据权利要求1所述的变倍光学系统, 其特征在于,

在进行变倍时, 使从所述后侧透镜组到像侧的透镜组的全部透镜组或者至少所述后侧透镜组相对于像面移动。

15. 根据权利要求1所述的变倍光学系统, 其特征在于,

所述前侧透镜组所具有的负透镜组中的光焦度的绝对值最大的透镜组是第2透镜组。

16. 根据权利要求1所述的变倍光学系统, 其特征在于,

所述中间透镜组由变倍时一体的一个透镜组构成。

17. 根据权利要求1所述的变倍光学系统, 其特征在于,

所述对焦透镜组具有正的光焦度,

所述中间透镜组所包含的透镜与所述对焦透镜组所包含的透镜相同。

18. 根据权利要求1所述的变倍光学系统, 其特征在于,

所述对焦透镜组具有正的光焦度,

所述中间透镜组的一部分为所述对焦透镜组。

19. 根据权利要求1所述的变倍光学系统, 其特征在于,

所述后侧透镜组中的最靠物体侧的透镜组是第4透镜组。

20. 一种光学设备, 其特征在于, 搭载权利要求1~5、8~19中的任意一项所述的变倍光学系统。

21. 一种变倍光学系统, 其特征在于,

具备从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组、前侧透镜组、具有正的光焦度的中间透镜组及后侧透镜组,

所述前侧透镜组由一个以上的透镜组构成且具有负透镜组,

所述中间透镜组的至少一部分为对焦透镜组,

所述后侧透镜组由1个以上的透镜组构成,

在进行变倍时, 所述第1透镜组、所述前侧透镜组, 所述中间透镜组及所述后侧透镜组

沿着光轴移动,所述第1透镜组与所述前侧透镜组之间的间隔变化,所述前侧透镜组与所述中间透镜组之间的间隔变化,所述中间透镜组与所述后侧透镜组之间的间隔变化,

且满足以下的条件式:

$$0.707 \leq (-f_{Xn})/f_M < 1.60$$

其中,

f_M :所述中间透镜组的焦距,

f_{Xn} :所述前侧透镜组所具有的负透镜组中的光焦度的绝对值最大的透镜组的焦距。

22. 根据权利要求21所述的变倍光学系统,其特征在于,

满足以下的条件式:

$$0.50 < |f_F|/f_M < 5.00$$

其中,

f_F :所述对焦透镜组的焦距。

23. 根据权利要求21所述的变倍光学系统,其特征在于,

在所述对焦透镜组与所述光学系统的最靠像侧的透镜之间具有防抖透镜组,该防抖透镜组构成为能够以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,

且满足以下的条件式:

$$0.01 < dV/|f_V| < 0.50$$

其中,

dV :远焦端状态下的所述防抖透镜组与位于其像侧的透镜之间的光轴上的间隔,

f_V :所述防抖透镜组的焦距。

变倍光学系统及光学设备

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,提出有适合于照片用相机、电子静态相机、摄像机等的变倍光学系统(例如,参照专利文献1)。

[0003] 但是,在以往的变倍光学系统中,由于构成对焦组的透镜个数多,因此容易导致大型化,并且,存在进行对焦时像倍率的变化大的课题。

[0004] 以往,提出有抑制对焦时的像倍率变化并且具备手抖校正机构的变倍光学系统(例如,参照专利文献2)。

[0005] 但是,在以往的变倍光学系统中,由于作为对焦组使用像面附近的透镜,因此虽然能够减少对焦时的像倍率变化,但是移动量增大而容易导致大型化,并且,由于通过直径较大且由多个透镜构成的3组整体来进行像抖动校正,因此存在防抖透镜组变大变重的课题。

[0006] 以前,提出有通过透镜的构成个数较多的第2透镜组进行对焦的变倍光学系统(例如,参照专利文献1)。

[0007] 在以往的技术中,通过第2透镜组进行对焦,从而存在在进行对焦时近距离性能降低的问题。

[0008] 以往,提出有适合于照片用相机、电子静态相机、摄像机等的变倍光学系统(例如,参照专利文献2)。

[0009] 但是,在以往的变倍光学系统中,由于作为对焦组使用像面附近的透镜,因此虽然能够减少像倍率变化,但是容易导致大型化,并且,由于通过由多个透镜且直径较大的透镜构成的3组整体来进行像抖动校正,因此存在防抖透镜组变重的课题。

[0010] 以往,提出有适合于照片用相机、电子静态相机、摄像机等的变倍光学系统(例如,参照专利文献2)。

[0011] 但是,在以往的变倍光学系统中,由于作为对焦组使用像面附近的透镜,因此虽然能够减少像倍率变化,但是存在容易导致大型化的课题。

[0012] 现有技术文献

[0013] 专利文献

[0014] 专利文献1:日本特开2012-252278号公报

[0015] 专利文献2:日本特开2010-276655号公报

发明内容

[0016] 用于解决课题的手段

[0017] 第1本发明的变倍光学系统具备从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组、前侧透镜组、具有正的光焦度的中间透镜组及后侧透镜组,所述前侧透镜组由一个以上的透镜组构成且具有负透镜组,所述中间透镜组的至少一部分为对焦透镜组,所述后侧透

镜组由1个以上的透镜组构成,在进行变倍时,使所述第1透镜组相对于像面移动,所述第1透镜组与所述前侧透镜组之间的间隔变化,所述前侧透镜组与所述中间透镜组之间的间隔变化,所述中间透镜组与所述后侧透镜组之间的间隔变化。

[0018] 第1本发明的光学设备搭载上述第1发明的变倍光学系统。

[0019] 第1本发明的变倍光学系统的制造方法,该变倍光学系统具备从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组、前侧透镜组、具有正的光焦度的中间透镜组及后侧透镜组,所述变倍光学系统的制造方法以如下方式在镜头镜筒内配置各透镜:所述前侧透镜组由一个以上的透镜组构成且具有负透镜组,所述中间透镜组的至少一部分为对焦透镜组,所述后侧透镜组由1个以上的透镜组构成,在进行变倍时,使所述第1透镜组移动,所述第1透镜组与所述前侧透镜组之间的间隔变化,所述前侧透镜组与所述中间透镜组之间的间隔变化,所述中间透镜组与所述后侧透镜组之间的间隔变化。

[0020] 第2本发明的变倍光学系统具备从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组、前侧透镜组、具有正的光焦度的中间透镜组及后侧透镜组,所述前侧透镜组由一个以上的透镜组构成且具有负透镜组,所述中间透镜组的至少一部分为对焦透镜组,所述后侧透镜组由1个以上的透镜组构成,在进行变倍时,所述第1透镜组与所述前侧透镜组之间的间隔变化,所述前侧透镜组与所述中间透镜组之间的间隔变化,所述中间透镜组与所述后侧透镜组之间的间隔变化。

[0021] 第2本发明的光学设备搭载上述第2发明的变倍光学系统。

[0022] 第2本发明的变倍光学系统的制造方法,该变倍光学系统具备从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组、前侧透镜组、具有正的光焦度的中间透镜组及后侧透镜组,所述变倍光学系统的制造方法以如下方式在镜头镜筒内配置各透镜:所述前侧透镜组由一个以上的透镜组构成且具有负透镜组,所述中间透镜组的至少一部分为对焦透镜组,所述后侧透镜组由1个以上的透镜组构成,在进行变倍时,所述第1透镜组与所述前侧透镜组之间的间隔变化,所述前侧透镜组与所述中间透镜组之间的间隔变化,所述中间透镜组与所述后侧透镜组之间的间隔变化。

附图说明

[0023] 图1的(W)、(M)以及(T)分别是第1实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的剖视图。

[0024] 图2的(a)、(b)以及(c)分别是第1实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0025] 图3的(a)、(b)以及(c)分别是第1实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0026] 图4的(a)、(b)以及(c)分别是第1实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的横向像差图。

[0027] 图5的(W)、(M)以及(T)分别是第2实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的剖视图。

[0028] 图6的(a)、(b)以及(c)分别是第2实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0029] 图7的(a)、(b)以及(c)分别是第2实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0030] 图8的(a)、(b)以及(c)分别是第2实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的横向像差图。

[0031] 图9的(W)、(M)以及(T)分别是第3实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的剖视图。

[0032] 图10的(a)、(b)以及(c)分别是第3实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0033] 图11的(a)、(b)以及(c)分别是第3实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0034] 图12的(a)、(b)以及(c)分别是第3实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的横向像差图。

[0035] 图13的(W)、(M)以及(T)分别是第4实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的剖视图。

[0036] 图14的(a)、(b)以及(c)分别是第4实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0037] 图15的(a)、(b)以及(c)分别是第4实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0038] 图16的(a)、(b)以及(c)分别是第4实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的横向像差图。

[0039] 图17的(W)、(M)以及(T)分别是第5实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的剖视图。

[0040] 图18的(a)、(b)以及(c)分别是第5实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0041] 图19的(a)、(b)以及(c)分别是第5实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0042] 图20的(a)、(b)以及(c)分别是第5实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的横向像差图。

[0043] 图21的(W)、(M)以及(T)分别是第6实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的剖视图。

[0044] 图22的(a)、(b)以及(c)分别是第6实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0045] 图23的(a)、(b)以及(c)分别是第6实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0046] 图24的(a)、(b)以及(c)分别是第6实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的横向像差图。

[0047] 图25的(W)、(M)以及(T)分别是第7实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的剖视图。

[0048] 图26的(a)、(b)以及(c)分别是第7实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦

距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0049] 图27的(a)、(b)以及(c)分别是第7实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0050] 图28的(a)、(b)以及(c)分别是第7实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的横向像差图。

[0051] 图29的(W)、(M)以及(T)分别是第8实施例的变倍光学系统(使用透镜L51来作为防抖透镜组VR)的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的剖视图。

[0052] 图30的(W)、(M)以及(T)分别是第8实施例的变倍光学系统(使用透镜L52来作为防抖透镜组VR)的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的剖视图。

[0053] 图31的(a)、(b)以及(c)分别是第8实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0054] 图32的(a)、(b)以及(c)分别是第8实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0055] 图33的(a)、(b)以及(c)分别是第8实施例的变倍光学系统(使用透镜L51来作为防抖透镜组VR)的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的横向像差图。

[0056] 图34的(a)、(b)以及(c)分别是第8实施例的变倍光学系统(使用透镜L52来作为防抖透镜组VR)的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的横向像差图。

[0057] 图35的(W)、(M)以及(T)分别是第9实施例的变倍光学系统(使用透镜L51来作为防抖透镜组VR)的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的剖视图。

[0058] 图36的(W)、(M)以及(T)分别是第9实施例的变倍光学系统(使用透镜L52来作为防抖透镜组VR)的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的剖视图。

[0059] 图37的(a)、(b)以及(c)分别是第9实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0060] 图38的(a)、(b)以及(c)分别是第9实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0061] 图39的(a)、(b)以及(c)分别是第9实施例的变倍光学系统(使用透镜L51来作为防抖透镜组VR)的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的横向像差图。

[0062] 图40的(a)、(b)以及(c)分别是第9实施例的变倍光学系统(使用透镜L52来作为防抖透镜组VR)的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的横向像差图。

[0063] 图41的(W)、(M)以及(T)分别是第10实施例的变倍光学系统(使用透镜L51来作为防抖透镜组VR)的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的剖视图。

[0064] 图42的(W)、(M)以及(T)分别是第10实施例的变倍光学系统(使用透镜L52来作为防抖透镜组VR)的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的剖视图。

[0065] 图43的(a)、(b)以及(c)分别是第10实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0066] 图44的(a)、(b)以及(c)分别是第10实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0067] 图45的(a)、(b)以及(c)分别是第10实施例的变倍光学系统(使用透镜L51来作为防抖透镜组VR)的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的横向像差图。

[0068] 图46的(a)、(b)以及(c)分别是第10实施例的变倍光学系统(使用透镜L52来作为防抖透镜组VR)的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的横向像差图。

[0069] 图47的(W)、(M)以及(T)分别是第11实施例的变倍光学系统(使用透镜L51来作为防抖透镜组VR)的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的剖视图。

[0070] 图48的(W)、(M)以及(T)分别是第11实施例的变倍光学系统(使用透镜L52来作为防抖透镜组VR)的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的剖视图。

[0071] 图49的(a)、(b)以及(c)分别是第11实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0072] 图50的(a)、(b)以及(c)分别是第11实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0073] 图51的(a)、(b)以及(c)分别是第11实施例的变倍光学系统(使用透镜L51来作为防抖透镜组VR)的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的横向像差图。

[0074] 图52的(a)、(b)以及(c)分别是第11实施例的变倍光学系统(使用透镜L52来作为防抖透镜组VR)的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的横向像差图。

[0075] 图53的(W)、(M)以及(T)分别是第12实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的剖视图。

[0076] 图54的(a)、(b)以及(c)分别是第12实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0077] 图55的(a)、(b)以及(c)分别是第12实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0078] 图56的(a)、(b)以及(c)分别是第12实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的横向像差图。

[0079] 图57的(W)、(M)以及(T)分别是第13实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的剖视图。

[0080] 图58的(a)、(b)以及(c)分别是第13实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0081] 图59的(a)、(b)以及(c)分别是第13实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0082] 图60的(a)、(b)以及(c)分别是第13实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的横向像差图。

[0083] 图61是第14实施例的变倍光学系统的镜头剖视图。

[0084] 图62的(a)、(b)以及(c)分别是第14实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0085] 图63的(a)、(b)以及(c)分别是第14实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0086] 图64的(a)、(b)以及(c)分别是第14实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的横向像差图。

[0087] 图65是示出搭载了第1~第10实施方式的变倍光学系统的相机的结构的图。

[0088] 图66是示出第1实施方式的变倍光学系统的制造方法的概略的图。

[0089] 图67是示出第2实施方式的变倍光学系统的制造方法的概略的图。

[0090] 图68是示出第3实施方式的变倍光学系统的制造方法的概略的图。

[0091] 图69是示出第4实施方式的变倍光学系统的制造方法的概略的图。

[0092] 图70是示出第5实施方式的变倍光学系统的制造方法的概略的图。

[0093] 图71是示出第6实施方式的变倍光学系统的制造方法的概略的图。

[0094] 图72是示出第7实施方式的变倍光学系统的制造方法的概略的图。

[0095] 图73是示出第8实施方式的变倍光学系统的制造方法的概略的图。

[0096] 图74是示出第9实施方式的变倍光学系统的制造方法的概略的图。

[0097] 图75是示出第10实施方式的变倍光学系统的制造方法的概略的图。

[0098] 图76是第15实施例的变倍光学系统的镜头剖视图。

[0099] 图77的(a)、(b)以及(c)分别是第15实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0100] 图78的(a)、(b)以及(c)分别是第15实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0101] 图79的(a)、(b)以及(c)分别是第15实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的彗差图。

[0102] 图80是第16实施例的变倍光学系统的镜头剖视图。

[0103] 图81的(a)、(b)以及(c)分别是第16实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0104] 图82的(a)、(b)以及(c)分别是第16实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0105] 图83的(a)、(b)以及(c)分别是第16实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的彗差图。

[0106] 图84是第17实施例的变倍光学系统的镜头剖视图。

[0107] 图85的(a)、(b)以及(c)分别是第17实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0108] 图86的(a)、(b)以及(c)分别是第17实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0109] 图87的(a)、(b)以及(c)分别是第17实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的彗差图。

[0110] 图88是第18实施例的变倍光学系统的镜头剖视图。

[0111] 图89的(a)、(b)以及(c)分别是第18实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0112] 图90的(a)、(b)以及(c)分别是第18实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0113] 图91的(a)、(b)以及(c)分别是第18实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的彗差图。

[0114] 图92是第19实施例的变倍光学系统的镜头剖视图。

[0115] 图93的(a)、(b)以及(c)分别是第19实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0116] 图94的(a)、(b)以及(c)分别是第19实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0117] 图95的(a)、(b)以及(c)分别是第19实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的彗差图。

[0118] 图96是第20实施例的变倍光学系统的镜头剖视图。

[0119] 图97的(a)、(b)以及(c)分别是第20实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0120] 图98的(a)、(b)以及(c)分别是第20实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0121] 图99的(a)、(b)以及(c)分别是第20实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的彗差图。

[0122] 图100是第21实施例的变倍光学系统的镜头剖视图。

[0123] 图101的(a)、(b)以及(c)分别是第21实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0124] 图102的(a)、(b)以及(c)分别是第21实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0125] 图103的(a)、(b)以及(c)分别是第21实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的彗差图。

[0126] 图104是第22实施例的变倍光学系统的镜头剖视图。

[0127] 图105的(a)、(b)以及(c)分别是第22实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0128] 图106的(a)、(b)以及(c)分别是第22实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0129] 图107的(a)、(b)以及(c)分别是第22实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的彗差图。

[0130] 图108是第23实施例的变倍光学系统的镜头剖视图。

[0131] 图109的(a)、(b)以及(c)分别是第23实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0132] 图110的(a)、(b)以及(c)分别是第23实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0133] 图111的(a)、(b)以及(c)分别是第23实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的彗差图。

[0134] 图112是第24实施例的变倍光学系统的镜头剖视图。

[0135] 图113的(a)、(b)以及(c)分别是第24实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0136] 图114的(a)、(b)以及(c)分别是第24实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0137] 图115的(a)、(b)以及(c)分别是第24实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的彗差图。

[0138] 图116是第25实施例的变倍光学系统的镜头剖视图。

[0139] 图117的(a)、(b)以及(c)分别是第25实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0140] 图118的(a)、(b)以及(c)分别是第25实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0141] 图119的(a)、(b)以及(c)分别是第25实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的彗差图。

[0142] 图120是第26实施例的变倍光学系统的镜头剖视图。

[0143] 图121的(a)、(b)以及(c)分别是第26实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0144] 图122的(a)、(b)以及(c)分别是第26实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0145] 图123的(a)、(b)以及(c)分别是第26实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的彗差图。

[0146] 图124是第27实施例的变倍光学系统的镜头剖视图。

[0147] 图125的(a)、(b)以及(c)分别是第27实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0148] 图126的(a)、(b)以及(c)分别是第27实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0149] 图127的(a)、(b)以及(c)分别是第27实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的彗差图。

[0150] 图128是第28实施例的变倍光学系统的镜头剖视图。

[0151] 图129的(a)、(b)以及(c)分别是第28实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0152] 图130的(a)、(b)以及(c)分别是第28实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0153] 图131的(a)、(b)以及(c)分别是第28实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的彗差图。

[0154] 图132是第29实施例的变倍光学系统的镜头剖视图。

[0155] 图133的(a)、(b)以及(c)分别是第29实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间

焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0156] 图134的(a)、(b)以及(c)分别是第29实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0157] 图135的(a)、(b)以及(c)分别是第29实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的彗差图。

[0158] 图136是第30实施例的变倍光学系统的镜头剖视图。

[0159] 图137的(a)、(b)以及(c)分别是第30实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0160] 图138的(a)、(b)以及(c)分别是第30实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0161] 图139的(a)、(b)以及(c)分别是第30实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的彗差图。

[0162] 图140是第31实施例的变倍光学系统的镜头剖视图。

[0163] 图141的(a)、(b)以及(c)分别是第31实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0164] 图142的(a)、(b)以及(c)分别是第31实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0165] 图143的(a)、(b)以及(c)分别是第31实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的彗差图。

[0166] 图144是第32实施例的变倍光学系统的镜头剖视图。

[0167] 图145的(a)、(b)以及(c)分别是第32实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0168] 图146的(a)、(b)以及(c)分别是第32实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0169] 图147的(a)、(b)以及(c)分别是第32实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的彗差图。

[0170] 图148是第33实施例的变倍光学系统的镜头剖视图。

[0171] 图149的(a)、(b)以及(c)分别是第33实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0172] 图150的(a)、(b)以及(c)分别是第33实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0173] 图151的(a)、(b)以及(c)分别是第33实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的彗差图。

[0174] 图152是第34实施例的变倍光学系统的镜头剖视图。

[0175] 图153的(a)、(b)以及(c)分别是第34实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0176] 图154的(a)、(b)以及(c)分别是第34实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0177] 图155的(a)、(b)以及(c)分别是第34实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间

焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的彗差图。

[0178] 图156是第35实施例的变倍光学系统的镜头剖视图。

[0179] 图157的(a)、(b)以及(c)分别是第35实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0180] 图158的(a)、(b)以及(c)分别是第35实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0181] 图159的(a)、(b)以及(c)分别是第35实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的彗差图。

[0182] 图160是第36实施例的变倍光学系统的镜头剖视图。

[0183] 图161的(a)、(b)以及(c)分别是第36实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0184] 图162的(a)、(b)以及(c)分别是第36实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0185] 图163的(a)、(b)以及(c)分别是第36实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的彗差图。

[0186] 图164是第37实施例的变倍光学系统的镜头剖视图。

[0187] 图165的(a)、(b)以及(c)分别是第37实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0188] 图166的(a)、(b)以及(c)分别是第37实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0189] 图167的(a)、(b)以及(c)分别是第37实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的彗差图。

[0190] 图168是第38实施例的变倍光学系统的镜头剖视图。

[0191] 图169的(a)、(b)以及(c)分别是第38实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0192] 图170的(a)、(b)以及(c)分别是第38实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0193] 图171的(a)、(b)以及(c)分别是第38实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的彗差图。

[0194] 图172是第39实施例的变倍光学系统的镜头剖视图。

[0195] 图173的(a)、(b)以及(c)分别是第39实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时的各像差图。

[0196] 图174的(a)、(b)以及(c)分别是第39实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的近距离对焦时的各像差图。

[0197] 图175的(a)、(b)以及(c)分别是第39实施例的变倍光学系统的广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的在无限远对焦时进行了像抖动校正时的彗差图。

[0198] 图176是示出搭载了第11~第14实施方式的变倍光学系统的相机的结构的图。

[0199] 图177是示出第11实施方式的变倍光学系统的制造方法的概略的图。

[0200] 图178是示出第12实施方式的变倍光学系统的制造方法的概略的图。

[0201] 图179是示出第13实施方式的变倍光学系统的制造方法的概略的图。

[0202] 图180是示出第14实施方式的变倍光学系统的制造方法的概略的图。

具体实施方式

[0203] (第1～第10实施方式)

[0204] 以下,参照附图对第1～第10实施方式进行说明。各实施方式的变倍光学系统ZLI具备从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、前侧透镜组GX、具有正的光焦度的中间透镜组GM及后侧透镜组GR,前侧透镜组GX由一个以上的透镜组构成且具有负透镜组,中间透镜组GM的至少一部分为对焦透镜组GF,后侧透镜组GR由1个以上的透镜组构成,在进行变倍时,使第1透镜组G1相对于像面移动,第1透镜组G1与前侧透镜组GX之间的间隔变化,前侧透镜组GX与中间透镜组GM之间的间隔变化,中间透镜组GM与后侧透镜组GR之间的间隔变化。

[0205] 在后述的第1～第10实施方式的说明中,第2透镜组G2相当于前侧透镜组GX所具有的负透镜组中的光焦度的绝对值最大的透镜组。第3透镜组G3相当于前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组。第4透镜组G4相当于在至少一部分中包含对焦透镜组GF的中间透镜组GM。第5透镜组G5相当于后侧透镜组GR中的最靠物体侧的透镜组。第6透镜组G6相当于后侧透镜组GR中的从物体侧起第二个透镜组。

[0206] 以下,参照附图对第1实施方式进行说明。如图1所示,第1实施方式的变倍光学系统ZLI(ZL1)具备从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4及第5透镜组G5,通过使各透镜组之间的间隔变化来进行变倍,第1透镜组G1在进行变倍时相对于像面移动,第4透镜组G4在从广角端状态向远焦端状态进行变倍时向物体侧移动,通过使第4透镜组G4的至少一部分作为对焦透镜组GF在光轴方向上移动来进行对焦,对焦透镜组GF的最前面具有凸面朝向物体侧的形状。

[0207] 如上所述,通过具备具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4及第5透镜组G5且使各透镜组之间的间隔变化来进行变倍的结构,能够变得小型且得到良好的光学性能。通过使第1透镜组G1在进行变倍时相对于像面移动的结构,能够高效地进行变倍,能够进一步实现小型化和高性能化。通过使第4透镜组G4在从广角端状态向远焦端状态进行变倍时相对于像面向物体侧移动的结构,能够抑制球面像差变动。通过使第4透镜组G4的至少一部分作为对焦透镜组GF的结构,能够抑制对焦时的像倍率变化、球面像差以及像面弯曲像差变动。通过对焦透镜组GF的最前面(构成第4透镜组G4的最靠物体侧的透镜面)具有凸面朝向物体侧的形状的结构,能够抑制球面像差变动。

[0208] 根据上述结构,第1实施方式的变倍光学系统ZLI满足以下的条件式(JA1)～(JA4)。

[0209] $0.430 < |f_F/f_{RF}| < 10.000 \cdots$ (JA1)

[0210] $0.420 < (-f_{Xn})/f_{XR} < 2.000 \cdots$ (JA2)

[0211] $0.010 < f_F/f_W < 8.000 \cdots$ (JA3)

[0212] $32.000 \leq W \omega \cdots$ (JA4)

[0213] 其中,

[0214] f_F :对焦透镜组GF的焦距,

[0215] f_{RF} :后侧透镜组GR中的最靠物体侧的透镜组的焦距(第5透镜组G5的焦距),

[0216] f_{Xn} :前侧透镜组GX所具有的负透镜组中的光焦度的绝对值最大的透镜组的焦距(第2透镜组G2的焦距),

[0217] f_{XR} :前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组的焦距(第3透镜组G3的焦距),

[0218] f_W :广角端状态下的整个系统的焦距,

[0219] $W\omega$:广角端状态下的半视场角。

[0220] 条件式(JA1)是用于规定对焦透镜组GF的焦距和后侧透镜组GR中的最靠物体侧的透镜组的焦距(第5透镜组G5的焦距)的适当的值的条件式。通过满足条件式(JA1),能够得到充分的近距离性能。

[0221] 当超过条件式(JA1)的上限值时,对焦透镜组GF的焦距变长,因此对焦时的移动量增加,球面像差和像面弯曲像差变大。另外,对焦透镜组GF的移动量增加,从而全长变得大型化。或者,由于第5透镜组G5的焦距缩短,因此在第5透镜组G5中产生的像面弯曲像差变大。

[0222] 为了可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA1)的上限值为7.000。为了更可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA1)的上限值为4.000。为了更可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA1)的上限值为1.415。为了进一步可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA1)的上限值为1.300。

[0223] 当低于条件式(JA1)的下限值时,由于对焦透镜组GF的焦距变短,因此在对焦透镜组GF中产生的球面像差和像面弯曲像差变大。

[0224] 为了可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA1)的下限值为0.475。为了更可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA1)的下限值为0.520。

[0225] 条件式(JA2)是用于规定前侧透镜组GX所具有的负透镜组中的光焦度的绝对值最大的透镜组的焦距(第2透镜组G2的焦距)和前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组的焦距(第3透镜组G3的焦距)的适当的值的条件式。通过满足条件式(JA2),能够得到充分的无限远性能。

[0226] 当超过条件式(JA2)的上限值时,由于第3透镜组G3的焦距变短,因此在第3透镜组G3中产生的球面像差变大。

[0227] 为了可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA2)的上限值为1.500。为了更可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA2)的上限值为1.000。

[0228] 当低于条件式(JA2)的下限值时,由于第2透镜组G2的焦距变短,因此在第2透镜组G2中产生的球面像差和像面弯曲像差变大。

[0229] 为了可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA2)的下限值为0.424。为了更可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA2)的下限值为0.428。

[0230] 条件式(JA3)是用于规定对焦透镜组GF的焦距和广角端状态下的整个系统的焦距的适当的值的条件式。通过满足条件式(JA3),能够得到充分的近距离性能。

[0231] 当超过条件式(JA3)的上限值时,对焦透镜组GF的焦距变长,因此对焦时的移动量增加,球面像差和像面弯曲像差变动变大。另外,对焦透镜组GF的移动量增加,从而全长变

得大型化。

[0232] 为了可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA3)的上限值为6.900。为了更可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA3)的上限值为5.800。

[0233] 当低于条件式(JA3)的下限值时,由于对焦透镜组GF的焦距变短,因此在对焦透镜组GF中产生的球面像差和像面弯曲像差变大。

[0234] 为了可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA3)的下限值为0.550。为了更可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA3)的下限值为1.100。

[0235] 条件式(JA4)是用于规定广角端状态下的半视场角的适当的值的条件式。当低于条件式(JA4)的下限值时,具有宽的视场角,并且无法良好地对像面弯曲像差和畸变进行校正。

[0236] 为了可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA4)的下限值为35.000。为了更可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA4)的下限值为38.000。

[0237] 第1实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JA5)。

[0238] $0.010 < f_F / f_{XR} < 3.400 \cdots$ (JA5)

[0239] 其中,

[0240] f_{XR} :前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组的焦距(第3透镜组G3的焦距)。

[0241] 条件式(JA5)是用于规定对焦透镜组GF的焦距和前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组的焦距(第3透镜组G3的焦距)的适当的值的条件式。通过满足条件式(JA5),能够得到充分的近距离性能。

[0242] 当超过条件式(JA5)的上限值时,对焦透镜组GF的焦距变长,因此对焦时的移动量增加,球面像差和像面弯曲像差变动变大。另外,对焦透镜组GF的移动量增加,从而全长变得大型化。或者,由于第3透镜组G3的焦距变短,因此在第3透镜组G3中产生的球面像差变大。

[0243] 为了可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA5)的上限值为3.300。为了更可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA5)的上限值为3.200。

[0244] 当低于条件式(JA5)的下限值时,由于对焦透镜组GF的焦距变短,因此在对焦透镜组GF中产生的球面像差和像面弯曲像差变大。

[0245] 为了可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA5)的下限值为0.300。为了更可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA5)的下限值为0.650。

[0246] 第1实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JA6)、(JA7)。

[0247] $0.001 < DXRFT / f_F < 1.500 \cdots$ (JA6)

[0248] $T\omega \leq 20.000 \cdots$ (JA7)

[0249] 其中,

[0250] $DXRFT$:远焦端状态下的前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组与对焦透镜组GF之间的空气间隔(远焦端状态下的第3透镜组G3与对焦透镜组GF之间的空气间隔),

[0251] $T\omega$:远焦端状态下的半视场角。

[0252] 条件式(JA6)是用于规定远焦端状态下的前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组与对焦透镜组GF之间的空气间隔(远焦端状态下的第3透镜组G3与对焦透镜组GF之间的空气间隔)和对焦透镜组GF的焦距的适当的值的条件式。通过满足条件式(JA6),能够在实现小

型化的同时得到充分的近距离性能。

[0253] 当超过条件式(JA6)的上限值时,由于远焦端状态下的第3透镜组G3与对焦透镜组GF之间的空气间隔扩大,因此全长变得大型化。或者,由于对焦透镜组GF的焦距变短,因此在对焦透镜组GF中产生的球面像差和像面弯曲像差变大。

[0254] 为了可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA6)的上限值为0.800。为了更可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA6)的上限值为0.400。为了进一步可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA6)的上限值为0.230。

[0255] 当低于条件式(JA6)的下限值时,由于远焦端状态下的第3透镜组G3与对焦透镜组GF之间的空气间隔缩小,因此存在在进行对焦时第3透镜组G3与对焦透镜组GF碰撞的可能性。另外,对焦透镜组GF的焦距变长,因此对焦时的移动量增加,球面像差和像面弯曲像差变动变大。另外,对焦透镜组GF的移动量增加,从而全长变得大型化。

[0256] 为了可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA6)的下限值为0.020。为了更可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA6)的下限值为0.040。为了更可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA6)的下限值为0.070。为了更可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA6)的下限值为0.114。为了进一步可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA6)的下限值为0.130。

[0257] 条件式(JA7)是用于规定远焦端状态下的半视场角的适当的值的条件式。当超过条件式(JA7)的上限值时,无法在远焦端状态下良好地对球面像差进行校正。

[0258] 为了可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA7)的上限值为18.000。为了更可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA7)的上限值为16.000。

[0259] 第1实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JA8)。

[0260] $0.100 < DGXR / fXR < 1.500 \cdots (JA8)$

[0261] 其中,

[0262] DGXR:前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组在光轴上的厚度(第3透镜组G3在光轴上的厚度),

[0263] fXR:前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组的焦距(第3透镜组G3的焦距)。

[0264] 条件式(JA8)是用于规定前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组(第3透镜组G3)在光轴上的厚度(即,从第3透镜组G3的最靠物体侧透镜面到第3透镜组G3的最靠像侧透镜面的光轴上的距离)和前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组的焦距(第3透镜组G3的焦距)的适当的值的条件式。通过满足条件式(JA8),亮度增强,能够得到充分的无限远性能。或者,能够实现整个系统的小型化。

[0265] 当超过条件式(JA8)的上限值时,由于第3透镜组G3的焦距变短,因此在第3透镜组G3中产生的球面像差变大。另外,由于第3透镜组G3的厚度增加,因此全长变得大型化。

[0266] 为了可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA8)的上限值为1.200。为了更可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA8)的上限值为1.000。

[0267] 当低于条件式(JA8)的下限值时,由于第3透镜组G3的焦距变长,因此变倍时所需的移动量增加,球面像差变动变大。另外,由于第3透镜组G3的厚度减少,因此第3透镜组G3的结构变得简单,在第3透镜组G3中产生的球面像差变大。

[0268] 为了可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA8)的下限值为0.250。为了

更可靠地得到第1实施方式的效果,优选使条件式(JA8)的下限值为0.350。

[0269] 关于第1实施方式的变倍光学系统ZLI,优选的是,在进行变倍时,使第2透镜组G2相对于像面移动。

[0270] 通过该结构,能够抑制变倍时的球面像差和像面弯曲像差变动。另外,能够高效地进行变倍,关系到本光学系统的小型化。

[0271] 关于第1实施方式的变倍光学系统ZLI,优选的是,在进行变倍时,使第3透镜组G3相对于像面移动。

[0272] 通过该结构,能够抑制变倍时的球面像差变动。另外,能够高效地进行变倍,关系到本光学系统的小型化。

[0273] 关于第1实施方式的变倍光学系统ZLI,优选的是,在进行变倍时,使第5透镜组G5相对于像面移动。

[0274] 通过该结构,能够抑制变倍时的像面弯曲像差变动。另外,能够高效地进行变倍,关系到本光学系统的小型化。

[0275] 如上所述,根据第1实施方式,能够实现小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的变倍光学系统ZLI。

[0276] 接着,参照图65对具备上述的变倍光学系统ZLI的相机(光学设备)进行说明。如图65所示,相机1是具备上述的变倍光学系统ZLI来作为摄影镜头2的镜头可换式的相机(所谓无反相机)。在该相机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,通过未图示的OLPF(Optical low pass filter:光学低通滤波器)在摄像部3的摄像面上形成被摄体像。并且,被摄体像通过设置在摄像部3上的光电转换元件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观察被摄体。另外,当由摄影者按下未图示的释放按钮时,通过摄像部3生成的被摄体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。

[0277] 关于作为摄影镜头2而搭载于本相机1上的第1实施方式的变倍光学系统ZLI,从后述的各实施例也可知,通过其特征性的镜头结构,小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能。因此,根据本相机1,能够实现小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的光学设备。

[0278] 另外,在第1实施方式中,虽然对无反相机的例子进行了说明,但是并不限于此。例如,在相机主体上具有快速复原反光镜且通过取景器光学系统观察被摄体的单反类型的相机上搭载了上述的变倍光学系统ZLI的情况下,也能够起到与上述相机1相同的效果。

[0279] 接着,参照图66对上述的变倍光学系统ZLI(ZL1)的制造方法进行概述。首先,以如下方式在镜筒内配置各透镜(步骤ST110):具备从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4及第5透镜组G5,通过使各透镜组之间的间隔变化来进行变倍。以第1透镜组G1在进行变倍时相对于像面移动的方式配置各透镜(步骤ST120)。以第4透镜组G4的至少一部分在从广角端状态向远焦端状态进行变倍时向物体侧移动的方式配置各透镜(步骤ST130)。以第4透镜组G4作为对焦透镜组GF在光轴方向上移动来进行对焦的方式配置各透镜(步骤ST140)。以对焦透镜组GF的最前面具有凸面朝向物体侧的形状的方式配置透镜(步

骤ST150)。以满足以下的条件式(JA1)~(JA4)的方式配置各透镜(步骤ST160)。

[0280] $0.430 < |f_F/f_{RF}| < 10.000 \cdots$ (JA1)

[0281] $0.420 < (-f_{Xn})/f_{XR} < 2.000 \cdots$ (JA2)

[0282] $0.010 < f_F/f_W < 8.000 \cdots$ (JA3)

[0283] $32.000 \leq W_\omega \cdots$ (JA4)

[0284] 其中,

[0285] f_F :对焦透镜组GF的焦距,

[0286] f_{RF} :后侧透镜组GR中的最靠物体侧的透镜组的焦距(第5透镜组G5的焦距),

[0287] f_{Xn} :前侧透镜组GX所具有的负透镜组中的光焦度的绝对值最大的透镜组的焦距(第2透镜组G2的焦距),

[0288] f_{XR} :前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组的焦距(第3透镜组G3的焦距),

[0289] f_W :广角端状态下的整个系统的焦距,

[0290] W_ω :广角端状态下的半视场角。

[0291] 当例举第1实施方式中的透镜配置的一例时,如图1所示,从物体侧依次配置凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L11与双凸透镜L12的接合透镜和凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13来作为第1透镜组G1,配置凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L21、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24来作为第2透镜组G2,配置双凸透镜L31、孔径光阑S、凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L32与双凸透镜L33的接合透镜、双凸透镜L34及双凸透镜L35与双凹透镜L36的接合透镜来作为第3透镜组G3,配置双凸透镜L41与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L42的接合透镜来作为第4透镜组G4,配置凸面朝向像面侧的正弯月形透镜L51与双凹透镜L52的接合透镜、双凸透镜L53及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L54来作为第5透镜组G5。通过上述的步骤配置如上所述地准备的各透镜组来制造变倍光学系统ZLI。

[0292] 根据第1实施方式的制造方法,能够制造小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的变倍光学系统ZLI。

[0293] 以下,参照附图对第2实施方式进行说明。如图1所示,第2实施方式的变倍光学系统ZLI(ZL1)具备从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4及第5透镜组G5,通过使各透镜组之间的间隔变化来进行变倍,各透镜组在进行变倍时相对于像面移动,第4透镜组G4在从广角端状态向远焦端状态进行变倍时向物体侧移动,在从广角端状态向远焦端状态进行变倍时,第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的间隔扩大,通过使第4透镜组G4的至少一部分作为对焦透镜组GF在光轴方向上移动来进行对焦。

[0294] 如上所述,通过具备具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4及第5透镜组G5且使各透镜组之间的间隔变化来进行变倍的结构,能够小型且得到良好的光学性能。通过使各透镜组在进行变倍时相对于像面移动的结构,能够高效地进行变倍,能够进一步实现小型化和高性能化。通过在从广角端状态向远焦端状态进行变倍时,第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的间隔扩大且使第4透镜组G4相对于像面向物体侧移动的结构,能够高效地进行变倍,能够抑制球面像差和像面弯曲像差变动。通过使第4透镜组G4的至少一部分作为对焦透

镜组GF的结构,能够抑制对焦时的像倍率变化、球面像差以及像面弯曲像差变动。

[0295] 第2实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JB1)~(JB3)。

[0296] $0.001 < (\text{DMRT} - \text{DMRW}) / fF < 1.000 \cdots$ (JB1)

[0297] $32.000 \leq W \omega \cdots$ (JB2)

[0298] $T \omega \leq 20.000 \cdots$ (JB3)

[0299] 其中,

[0300] DMRW:广角端状态下的中间透镜组GM与后侧透镜组GR中最靠物体侧的透镜组之间的空气间隔(广角端状态下的第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔),

[0301] DMRT:远焦端状态下的中间透镜组GM与后侧透镜组GR中最靠物体侧的透镜组之间的空气间隔(远焦端状态下的第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔),

[0302] $W \omega$:广角端状态下的半视场角,

[0303] $T \omega$:远焦端状态下的半视场角。

[0304] 条件式(JB1)是用于规定中间透镜组GM与后侧透镜组GR中最靠物体侧的透镜组之间的空气间隔(第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔)在广角端状态下与远焦端状态下的差和对焦透镜组GF的焦距的适当的值的条件式。通过满足条件式(JB1),能够在实现小型化的同时得到充分的近距离性能。

[0305] 当超过条件式(JB1)的上限值时,由于对焦透镜组GF的焦距变短,因此在对焦透镜组GF中产生的球面像差和像面弯曲像差变大。

[0306] 为了可靠地得到第2实施方式的效果,优选使条件式(JB1)的上限值为0.700。为了更可靠地得到第2实施方式的效果,优选使条件式(JB1)的上限值为0.400。

[0307] 当低于条件式(JB1)的下限值时,第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔在广角端状态下与远焦端状态下的差变小,因此对于变倍变得不利,全长变得大型化。另外,对焦透镜组GF的焦距变长,因此对焦时的移动量增加,球面像差和像面弯曲像差变动变大。另外,对焦透镜组GF的移动量增加,从而全长变得大型化。

[0308] 为了可靠地得到第2实施方式的效果,优选使条件式(JB1)的下限值为0.010。为了更可靠地得到第2实施方式的效果,优选使条件式(JB1)的下限值为0.020。

[0309] 条件式(JB2)是用于规定广角端状态下的半视场角的适当的值的条件式。当低于条件式(JB2)的下限值时,具有宽的视场角,并且无法良好地对像面弯曲像差和畸变进行校正。

[0310] 为了可靠地得到第2实施方式的效果,优选使条件式(JB2)的下限值为35.000。为了更可靠地得到第2实施方式的效果,优选使条件式(JB2)的下限值为38.000。

[0311] 条件式(JB3)是用于规定远焦端状态下的半视场角的适当的值的条件式。当超过条件式(JB3)的上限值时,无法在远焦端状态下良好地对球面像差进行校正。

[0312] 为了可靠地得到第2实施方式的效果,优选使条件式(JB3)的上限值为18.000。为了更可靠地得到第2实施方式的效果,优选使条件式(JB3)的上限值为16.000。

[0313] 第2实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JB4)。

[0314] $-10.000 < fF / f_{RF} < 10.000 \cdots$ (JB4)

[0315] 其中,

[0316] fF :对焦透镜组GF的焦距,

[0317] f_{RF} :后侧透镜组GR中的最靠物体侧的透镜组的焦距(第5透镜组G5的焦距)。

[0318] 条件式(JB4)是用于规定对焦透镜组GF的焦距和后侧透镜组GR中的最靠物体侧的透镜组的焦距(第5透镜组G5的焦距)的适当的值的条件式。通过满足条件式(JB4),能够得到充分的近距离性能。

[0319] 当超过条件式(JB4)的上限值时,对焦透镜组GF的焦距变长,因此对焦时的移动量增加,球面像差和像面弯曲像差变大。另外,对焦透镜组GF的移动量增加,从而全长变得大型化。或者,第5透镜组G5的焦距变短,因此在第5透镜组G5中产生的像面弯曲像差变大。

[0320] 为了可靠地得到第2实施方式的效果,优选使条件式(JB4)的上限值为7.000。为了更可靠地得到第2实施方式的效果,优选使条件式(JB4)的上限值为4.000。

[0321] 当低于条件式(JB4)的下限值时,对焦透镜组GF的焦距变长,因此对焦时的移动量增加,球面像差和像面弯曲像差变大。另外,对焦透镜组GF的移动量增加,从而全长变得大型化。或者,由于第5透镜组G5的焦距变短,因此在第5透镜组G5中产生的像面弯曲像差变大。

[0322] 为了可靠地得到第2实施方式的效果,优选使条件式(JB4)的下限值为-7.000。为了更可靠地得到第2实施方式的效果,优选使条件式(JB4)的下限值为-4.000。为了更可靠地得到第2实施方式的效果,优选使条件式(JB4)的下限值为-0.750。为了进一步可靠地得到第2实施方式的效果,优选使条件式(JB4)的下限值为-0.650。

[0323] 第2实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JB5)。

[0324] $0.010 < f_F / f_{XR} < 10.000 \cdots$ (JB5)

[0325] 其中,

[0326] f_F :对焦透镜组GF的焦距,

[0327] f_{XR} :前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组的焦距(第3透镜组G3的焦距)。

[0328] 条件式(JB5)是用于规定对焦透镜组GF的焦距和前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组的焦距(第3透镜组G3的焦距)的适当的值的条件式。通过满足条件式(JB5),能够得到充分的近距离性能。

[0329] 当超过条件式(JB5)的上限值时,对焦透镜组GF的焦距变长,因此对焦时的移动量增加,球面像差和像面弯曲像差变动变大。另外,对焦透镜组GF的移动量增加,从而全长变得大型化。或者,由于第3透镜组G3的焦距变短,因此在第3透镜组G3中产生的球面像差变大。

[0330] 为了可靠地得到第2实施方式的效果,优选使条件式(JB5)的上限值为8.000。为了更可靠地得到第2实施方式的效果,优选使条件式(JB5)的上限值为6.000。

[0331] 当低于条件式(JB5)的下限值时,由于对焦透镜组GF的焦距变短,因此在对焦透镜组GF中产生的球面像差和像面弯曲像差变大。

[0332] 为了可靠地得到第2实施方式的效果,优选使条件式(JB5)的下限值为0.300。为了更可靠地得到第2实施方式的效果,优选使条件式(JB5)的下限值为0.650。

[0333] 第2实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JB6)。

[0334] $0.100 < DG_{XR} / f_{XR} < 1.500 \cdots$ (JB6)

[0335] 其中,

[0336] DG_{XR} :前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组在光轴上的厚度(第3透镜组G3在光轴

上的厚度),

[0337] f_{XR} :前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组的焦距(第3透镜组G3的焦距)。

[0338] 条件式(JB6)是用于规定前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组(第3透镜组G3)在光轴上的厚度(即,从第3透镜组G3的最靠物体侧透镜面到第3透镜组G3的最靠像侧透镜面的光轴上的距离)和前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组的焦距(第3透镜组G3的焦距)的适当的值的条件式。通过满足条件式(JB6),亮度增强,能够得到充分的无限远性能。或者,能够实现整个系统的小型化。

[0339] 超过条件式(JB6)的上限值时,由于第3透镜组G3的焦距变短,因此在第3透镜组G3中产生的球面像差变大。另外,由于第3透镜组G3的厚度增加,因此全长变得大型化。

[0340] 为了可靠地得到第2实施方式的效果,优选使条件式(JB6)的上限值为1.200。为了更可靠地得到第2实施方式的效果,优选使条件式(JB6)的上限值为1.000。

[0341] 当低于条件式(JB6)的下限值时,由于第3透镜组G3的焦距变长,因此变倍时所需的移动量增加,球面像差变动变大。另外,由于第3透镜组G3的厚度减少,因此第3透镜组G3的结构变得简单,在第3透镜组G3中产生的球面像差变大。

[0342] 为了可靠地得到第2实施方式的效果,优选使条件式(JB6)的下限值为0.250。为了更可靠地得到第2实施方式的效果,优选使条件式(JB6)的下限值为0.350。

[0343] 关于第2实施方式的变倍光学系统ZLI,优选的是,第3透镜组G3具备孔径光阑S及其像侧紧后方的凸面朝向物体侧的透镜。

[0344] 通过该结构,能够抑制球面像差的产生。

[0345] 关于第2实施方式的变倍光学系统ZLI,优选的是,在从广角端状态向远焦端状态进行变倍时,第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的空气间隔随着从广角端状态趋向中间焦距状态而扩大且随着从中间焦距状态趋向远焦端状态而缩小。

[0346] 通过该结构,能够抑制变倍时的像面弯曲像差的产生。

[0347] 如上所述,根据第2实施方式,能够实现小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的变倍光学系统ZLI。

[0348] 接着,参照图65对具备上述的变倍光学系统ZLI的相机(光学设备)1进行说明。该相机1与第1实施方式的相机相同,由于已经对其结构进行了说明,因此此处省略说明。

[0349] 关于作为摄影镜头2而搭载于本相机1上的第2实施方式的变倍光学系统ZLI,从后述的各实施例也可知,通过其特征性的镜头结构,变得小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能。因此,根据本相机1,能够实现小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的光学设备。

[0350] 另外,在第2实施方式中,虽然对无反相机的例子进行了说明,但是并不限于此。例如,在相机主体上具有快速复原反光镜且通过取景器光学系统观察被摄体的单反类型的相机上搭载了上述的变倍光学系统ZLI的情况下,也能够起到与上述相机1相同的效果。

[0351] 接着,参照图67对上述的变倍光学系统ZLI(ZL1)的制造方法进行概述。首先,以如下方式在镜筒内配置各透镜(步骤ST210):具备从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4及第5透镜组G5,通过使各透镜组之间的间隔变化来进行变倍(步骤ST210)。以各透镜组在进行变倍时相对于像面移动的方式配置各透镜(步骤ST220)。以第4

透镜组G4在从广角端状态向远焦端状态进行变倍时向物体侧移动的方式配置各透镜(步骤ST230)。以第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的间隔在从广角端状态向远焦端状态进行变倍时扩大的方式配置各透镜(步骤ST240)。以通过第4透镜组G4的至少一部分作为对焦透镜组GF在光轴方向上移动来进行对焦的方式配置各透镜(步骤ST250)。

[0352] 当例举第2实施方式中的透镜配置的一例时,如图1所示,从物体侧依次配置凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L11与双凸透镜L12的接合透镜和凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13来作为第1透镜组G1,配置凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L21、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24来作为第2透镜组G2,配置双凸透镜L31、孔径光阑S、凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L32与双凸透镜L33的接合透镜、双凸透镜L34及双凸透镜L35与双凹透镜L36的接合透镜来作为第3透镜组G3,配置双凸透镜L41与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L42的接合透镜来作为第4透镜组G4,配置凸面朝向像面侧的正弯月形透镜L51与双凹透镜L52的接合透镜、双凸透镜L53及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L54来作为第5透镜组G5。通过上述的步骤配置如上所述地准备的各透镜组来制造变倍光学系统ZLI。

[0353] 根据第2实施方式的制造方法,能够制造小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的变倍光学系统ZLI。

[0354] 以下,参照附图对第3实施方式进行说明。如图5所示,第3实施方式的变倍光学系统ZLI(ZL2)具备从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4、第5透镜组G5及第6透镜组G6,通过使各透镜组之间的间隔变化来进行变倍,第1透镜组G1在进行变倍时相对于像面移动,第4透镜组G4在从广角端状态向远焦端状态进行变倍时向物体侧移动,在从广角端状态向远焦端状态进行变倍时,第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的间隔扩大,通过使第4透镜组G4的至少一部分作为对焦透镜组GF在光轴方向上移动来进行对焦。

[0355] 如上所述,通过具备具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4、第5透镜组G5及第6透镜组G6且使各透镜组之间的间隔变化来进行变倍的结构,能够变得小型且得到良好的光学性能。通过使第1透镜组G1在进行变倍时相对于像面移动的结构,能够高效地进行变倍,能够进一步实现小型化和高性能化。通过在从广角端状态向远焦端状态进行变倍时,第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的间隔扩大且使第4透镜组G4相对于像面向物体侧移动的结构,能够高效地进行变倍,能够抑制球面像差和像面弯曲像差变动。通过使第4透镜组G4的至少一部分作为对焦透镜组GF的结构,能够抑制对焦时的像倍率变化、球面像差以及像面弯曲像差变动。

[0356] 根据上述结构,第3实施方式的变倍光学系统ZLI满足以下的条件式(JC1)~(JC4)。

[0357] $0.170 < |f_F/f_{RF}| < 10.000 \cdots$ (JC1)

[0358] $0.010 < (DMRT-DMRW)/f_F < 1.000 \cdots$ (JC2)

[0359] $32.000 \leq W_{\omega} \cdots$ (JC3)

[0360] $T_{\omega} \leq 20.000 \cdots$ (JC4)

[0361] 其中,

[0362] f_F :对焦透镜组GF的焦距,

[0363] f_{RF} :后侧透镜组GR中的最靠物体侧的透镜组的焦距(第5透镜组G5的焦距),

[0364] DMRW:广角端状态下的中间透镜组GM与后侧透镜组GR中最靠物体侧的透镜组之间的空气间隔(广角端状态下的第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔),

[0365] DMRT:远焦端状态下的中间透镜组GM与后侧透镜组GR中最靠物体侧的透镜组之间的空气间隔(远焦端状态下的第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔),

[0366] $W\omega$:广角端状态下的半视场角,

[0367] $T\omega$:远焦端状态下的半视场角。

[0368] 条件式(JC1)是用于规定对焦透镜组GF的焦距和后侧透镜组GR中的最靠物体侧的透镜组的焦距(第5透镜组G5的焦距)的适当的值的条件式。通过满足条件式(JC1),能够得到充分的近距离性能。

[0369] 当超过条件式(JC1)的上限值时,对焦透镜组GF的焦距变长,因此对焦时的移动量增加,球面像差和像面弯曲像差变大。另外,对焦透镜组GF的移动量增加,从而全长变得大型化。或者,由于第5透镜组G5的焦距变短,因此在第5透镜组G5中产生的像面弯曲像差变大。

[0370] 为了可靠地得到第3实施方式的效果,优选使条件式(JC1)的上限值为7.000。为了更可靠地得到第3实施方式的效果,优选使条件式(JC1)的上限值为4.000。

[0371] 当低于条件式(JC1)的下限值时,由于对焦透镜组GF的焦距变短,因此在对焦透镜组GF中产生的球面像差和像面弯曲像差变大。

[0372] 为了可靠地得到第3实施方式的效果,优选使条件式(JC1)的下限值为0.260。为了更可靠地得到第3实施方式的效果,优选使条件式(JC1)的下限值为0.350。

[0373] 条件式(JC2)是用于规定中间透镜组GM与后侧透镜组GR中最靠物体侧的透镜组之间的空气间隔(第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔)在广角端状态下与远焦端状态下的差和对焦透镜组GF的焦距的适当的值的条件式。通过满足条件式(JC2),能够在实现小型化的同时得到充分的近距离性能。

[0374] 当超过条件式(JC2)的上限值时,由于对焦透镜组GF的焦距变短,因此在对焦透镜组GF中产生的球面像差和像面弯曲像差变大。

[0375] 为了可靠地得到第3实施方式的效果,优选使条件式(JC2)的上限值为0.820。为了更可靠地得到第3实施方式的效果,优选使条件式(JC2)的上限值为0.640。

[0376] 当低于条件式(JC2)的下限值时,由于第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔在广角端状态下与远焦端状态下的差变小,因此对于变倍变得不利,全长变得大型化。另外,对焦透镜组GF的焦距变长,因此对焦时的移动量增加,球面像差和像面弯曲像差变动变大。另外,对焦透镜组GF的移动量增加,从而全长变得大型化。

[0377] 为了可靠地得到第3实施方式的效果,优选使条件式(JC2)的下限值为0.016。为了更可靠地得到第3实施方式的效果,优选使条件式(JC2)的下限值为0.023。为了更可靠地得到第3实施方式的效果,优选使条件式(JC2)的下限值为0.027。为了进一步可靠地得到第3实施方式的效果,优选使条件式(JC2)的下限值为0.050。

[0378] 条件式(JC3)是用于规定广角端状态下的半视场角的适当的值的条件式。当低于条件式(JC3)的下限值时,具有宽的视场角,并且无法良好地对像面弯曲像差和畸变进行校

正。

[0379] 为了可靠地得到第3实施方式的效果,优选使条件式(JC3)的下限值为35.000。为了更可靠地得到第3实施方式的效果,优选使条件式(JC3)的下限值为38.000。

[0380] 条件式(JC4)是用于规定远焦端状态下的半视场角的适当的值的条件式。当超过条件式(JC4)的上限值时,无法在远焦端状态下良好地对球面像差进行校正。

[0381] 为了可靠地得到第3实施方式的效果,优选使条件式(JC4)的上限值为18.000。为了更可靠地得到第3实施方式的效果,优选使条件式(JC4)的上限值为16.000。

[0382] 第3实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JC5)。

[0383] $-10.000 < f_{RF}/f_{RF2} < 10.000 \cdots (JC5)$

[0384] 其中,

[0385] f_{RF} :后侧透镜组GR中的最靠物体侧的透镜组的焦距(第5透镜组G5的焦距),

[0386] f_{RF2} :后侧透镜组GR中的从物体侧起第二个透镜组的焦距(第6透镜组G6的焦距)。

[0387] 条件式(JC5)是用于规定后侧透镜组GR中的最靠物体侧的透镜组的焦距(第5透镜组G5的焦距)和后侧透镜组GR中的从物体侧起第二个透镜组的焦距(第6透镜组G6的焦距)的适当的值的条件式。通过满足条件式(JC5),能够得到充分的无限远性能。

[0388] 当超过条件式(JC5)的上限值时,由于第6透镜组G6的焦距变短,因此在第5透镜组G5中产生的像面弯曲像差变大。

[0389] 为了可靠地得到第3实施方式的效果,优选使条件式(JC5)的上限值为5.000。为了更可靠地得到第3实施方式的效果,优选使条件式(JC5)的上限值为3.000。为了进一步可靠地得到第3实施方式的效果,优选使条件式(JC5)的上限值为2.500。

[0390] 当低于条件式(JC5)的下限值时,由于第6透镜组G6的焦距变短,因此在第5透镜组G5中产生的像面弯曲像差变大。

[0391] 为了可靠地得到第3实施方式的效果,优选使条件式(JC5)的下限值为-5.000。为了更可靠地得到第3实施方式的效果,优选使条件式(JC5)的下限值为-3.000。为了进一步可靠地得到第3实施方式的效果,优选使条件式(JC5)的下限值为-2.500。

[0392] 第3实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JC6)。

[0393] $0.100 < DGXR/f_{XR} < 1.500 \cdots (JC6)$

[0394] 其中,

[0395] $DGXR$:前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组在光轴上的厚度(第3透镜组G3在光轴上的厚度),

[0396] f_{XR} :前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组的焦距(第3透镜组G3的焦距)。

[0397] 条件式(JC6)是用于规定前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组(第3透镜组G3)在光轴上的厚度(即,从第3透镜组G3的最靠物体侧透镜面到第3透镜组G3的最靠像侧透镜面的光轴上的距离)和前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组的焦距(第3透镜组G3的焦距)的适当的值的条件式。通过满足条件式(JC6),亮度增强,能够得到充分的无限远性能。或者,能够实现整个系统的小型化。

[0398] 当超过条件式(JC6)的上限值时,由于第3透镜组G3的焦距变短,因此在第3透镜组G3中产生的球面像差变大。另外,由于第3透镜组G3的厚度增加,因此全长变得大型化。

[0399] 为了可靠地得到第3实施方式的效果,优选使条件式(JC6)的上限值为1.200。为了

更可靠地得到第3实施方式的效果,优选使条件式(JC6)的上限值为1.000。

[0400] 当低于条件式(JC6)的下限值时,由于第3透镜组G3的焦距变长,因此变倍时所需的移动量增加,球面像差变动变大。另外,由于第3透镜组G3的厚度减少,因此第3透镜组G3的结构变得简单,在第3透镜组G3中产生的球面像差变大。

[0401] 为了可靠地得到第3实施方式的效果,优选使条件式(JC6)的下限值为0.250。为了更可靠地得到第3实施方式的效果,优选使条件式(JC6)的下限值为0.350。

[0402] 关于第3实施方式的变倍光学系统ZLI,优选的是,在进行变倍时,使第2透镜组G2相对于像面移动。

[0403] 通过该结构,能够抑制变倍时的球面像差和像面弯曲像差变动。另外,能够高效地进行变倍,关系到本光学系统的小型化。

[0404] 关于第3实施方式的变倍光学系统ZLI,优选的是,在进行变倍时,使第3透镜组G3相对于像面移动。

[0405] 通过该结构,能够抑制变倍时的球面像差变动。另外,能够高效地进行变倍,关系到本光学系统的小型化。

[0406] 关于第3实施方式的变倍光学系统ZLI,优选的是,在进行变倍时,使第5透镜组G5相对于像面移动。

[0407] 通过该结构,能够抑制变倍时的像面弯曲像差变动。另外,能够高效地进行变倍,关系到本光学系统的小型化。

[0408] 如上所述,根据第3实施方式,能够实现小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的变倍光学系统ZLI。

[0409] 接着,参照图65对具备上述的变倍光学系统ZLI的相机(光学设备)1进行说明。该相机1与第1实施方式的相机相同,已经对其结构进行了说明,因此此处省略说明。

[0410] 关于作为摄影镜头2而搭载于本相机1上的第3实施方式的变倍光学系统ZLI,从后述的各实施例也可知,通过其特征性的镜头结构,变得小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能。因此,根据本相机1,能够实现小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的光学设备。

[0411] 另外,在第3实施方式中,虽然对无反相机的例子进行了说明,但是并不限于此。例如,在相机主体上具有快速复原反光镜且通过取景器光学系统观察被摄体的单反类型的相机上搭载了上述的变倍光学系统ZLI的情况下,也能够起到与上述相机1相同的效果。

[0412] 接着,参照图68对上述的变倍光学系统ZLI(ZL2)的制造方法进行概述。首先,以如下方式在镜筒内配置各透镜(步骤ST310):具备从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4、第5透镜组G5及第6透镜组G6,通过使各透镜组之间的间隔变化来进行变倍。以第1透镜组G1在进行变倍时相对于像面移动的方式配置各透镜(步骤ST320)。以第4透镜组G4在从广角端状态向远焦端状态进行变倍时向物体侧移动的方式配置各透镜(步骤ST330)。以在从广角端状态向远焦端状态进行变倍时,第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的间隔扩大的方式配置各透镜(步骤ST340)。以通过第4透镜组G4的至少一部分作为对焦透镜组GF在光轴方向上移动来进行对焦的方式配置各透镜(步骤ST350)。以满足以下的条件式(JC1)~(JC4)的方式配置各透镜(步骤ST360)。

[0413] $0.170 < |fF/fRF| < 10.000 \cdots$ (JC1)

[0414] $0.010 < (DMRT-DMRW)/fF < 1.000 \cdots$ (JC2)

[0415] $32.000 \leq W\omega \cdots$ (JC3)

[0416] $T\omega \leq 20.000 \cdots$ (JC4)

[0417] 其中,

[0418] fF : 对焦透镜组GF的焦距,

[0419] fRF : 后侧透镜组GR中的最靠物体侧的透镜组的焦距(第5透镜组G5的焦距),

[0420] $DMRW$: 广角端状态下的中间透镜组GM与后侧透镜组GR中最靠物体侧的透镜组之间的空气间隔(广角端状态下的第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔),

[0421] $DMRT$: 远焦端状态下的中间透镜组GM与后侧透镜组GR中最靠物体侧的透镜组之间的空气间隔(远焦端状态下的第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔),

[0422] $W\omega$: 广角端状态下的半视场角,

[0423] $T\omega$: 远焦端状态下的半视场角。

[0424] 如图5所示,当例举第3实施方式中的透镜配置的一例时,从物体侧依次配置凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L11与双凸透镜L12的接合透镜和凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13来作为第1透镜组G1,配置凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L21、双凹透镜L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24来作为第2透镜组G2,配置双凸透镜L31、孔径光阑S、凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L32与双凸透镜L33的接合透镜、双凸透镜L34及双凸透镜L35与双凹透镜L36的接合透镜来作为第3透镜组G3,配置双凸透镜L41与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L42的接合透镜来作为第4透镜组G4,配置凸面朝向像面侧的正弯月形透镜L51与双凹透镜L52的接合透镜、双凸透镜L53及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L54来作为第5透镜组G5,配置凸面朝向物体侧的平凸透镜L61来作为第6透镜组G6。通过上述的步骤配置如上所述地准备的各透镜组来制造变倍光学系统ZLI。

[0425] 根据第3实施方式的制造方法,能够制造小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的变倍光学系统ZLI。

[0426] 以下,参照附图对第4实施方式进行说明。如图1所示,第4实施方式的变倍光学系统ZLI(ZL1)具备从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4及第5透镜组G5,通过使各透镜组之间的间隔变化来进行变倍,第1透镜组G1在进行变倍时相对于像面移动,通过使第4透镜组G4的至少一部分作为对焦透镜组GF在光轴方向上移动来进行对焦,在所述对焦透镜组GF的像侧具备防抖透镜组VR,该防抖透镜组VR构成为为了对像抖动进行校正而能够以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动。

[0427] 如上所述,通过具备具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4及第5透镜组G5且使各透镜组之间的间隔变化来进行变倍的结构,能够变得小型且得到良好的光学性能。通过使第1透镜组G1在进行变倍时相对于像面移动的结构,能够高效地进行变倍,能够进一步实现小型化和高性能化。通过使第4透镜组G4的至少一部分作为对焦透镜组GF的结构,能够抑制对焦时的像倍率变化、球面像差以及像面弯曲像差变动。通过在对焦透镜组GF的像侧具有防抖透镜组VR的结构,能够对防抖时的偏心彗差和像面弯曲像差进行校正。

[0428] 根据上述结构,第4实施方式的变倍光学系统ZLI满足以下的条件式(JD1)。

[0429] $-1.500 < f_V / f_{RF} < 0.645 \cdots$ (JD1)

[0430] 其中,

[0431] f_V :防抖透镜组VR的焦距,

[0432] f_{RF} :后侧透镜组GR中的最靠物体侧的透镜组的焦距(第5透镜组G5的焦距)。

[0433] 条件式(JD1)是用于规定防抖透镜组VR的焦距和后侧透镜组GR中的最靠物体侧的透镜组的焦距(第5透镜组G5的焦距)的适当的值的条件式。通过满足条件式(JD1),能够得到充分的防抖性能。

[0434] 当超过条件式(JD1)的上限值时,由于防抖透镜组VR的焦距变长,因此防抖时的移动量增加,偏心彗差和像面弯曲像差的校正变得困难。另外,防抖透镜组VR的移动量的增加,会导致直径的大型化,防抖透镜组VR的驱动控制变得困难。或者,由于第5透镜组G5的焦距变短,因此在第5透镜组G5中产生的像面弯曲像差变大。

[0435] 为了可靠地得到第4实施方式的效果,优选使条件式(JD1)的上限值为0.643。为了更可靠地得到第4实施方式的效果,优选使条件式(JD1)的上限值为0.641。

[0436] 当低于条件式(JD1)的下限值时,由于防抖透镜组VR的焦距变长,因此防抖时的移动量增加,偏心彗差和像面弯曲像差的校正变得困难。另外,防抖透镜组VR的移动量的增加,会导致直径的大型化,防抖透镜组VR的驱动控制变得困难。或者,由于第5透镜组G5的焦距变短,因此在第5透镜组G5中产生的像面弯曲像差变大。

[0437] 为了可靠地得到第4实施方式的效果,优选使条件式(JD1)的下限值为-1.081。为了更可靠地得到第4实施方式的效果,优选使条件式(JD1)的下限值为-0.662。

[0438] 第4实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JD2), (JD3)。

[0439] $-1.000 < DVW / f_V < 1.000 \cdots$ (JD2)

[0440] $32.000 \leq W \omega \cdots$ (JD3)

[0441] 其中,

[0442] DVW :广角端状态下的防抖透镜组VR与其紧后方的透镜之间的空气间隔。

[0443] $W \omega$:广角端状态下的半视场角。

[0444] 条件式(JD2)是用于规定广角端状态下的防抖透镜组VR与其紧后方的透镜之间的空气间隔和防抖透镜组VR的焦距的适当的值的条件式。通过满足条件式(JD2),能够得到充分的防抖性能。

[0445] 当超过条件式(JD2)的上限值时,由于所述空气间隔变大,因此很难通过防抖透镜组VR之后的透镜对在防抖透镜组VR中产生的偏心彗差和像面弯曲像差进行校正。或者,由于防抖透镜组VR的焦距变短,因此在防抖透镜组VR中产生的偏心彗差和像面弯曲像差变大,校正变得困难。

[0446] 为了可靠地得到第4实施方式的效果,优选使条件式(JD2)的上限值为0.600。为了更可靠地得到第4实施方式的效果,优选使条件式(JD2)的上限值为0.250。

[0447] 当低于条件式(JD2)的下限值时,由于所述空气间隔变大,因此很难通过防抖透镜组VR之后的透镜对在防抖透镜组VR中产生的偏心彗差和像面弯曲像差进行校正。或者,由于防抖透镜组VR的焦距变短,因此在防抖透镜组VR中产生的偏心彗差和像面弯曲像差变大,校正变得困难。

[0448] 为了可靠地得到第4实施方式的效果,优选使条件式(JD2)的下限值为-0.750。为了更可靠地得到第4实施方式的效果,优选使条件式(JD2)的下限值为-0.400。

[0449] 条件式(JD3)是用于规定广角端状态下的半视场角的适当的值的条件式。当低于条件式(JD3)的下限值时,具有宽的视场角,并且无法良好地对像面弯曲像差和畸变进行校正。

[0450] 为了可靠地得到第4实施方式的效果,优选使条件式(JD3)的下限值为35.000。为了更可靠地得到第4实施方式的效果,优选使条件式(JD3)的下限值为38.000。

[0451] 第4实施方式的变倍光学系统优选满足以下的条件式(JD4)。

[0452] $0.010 < fF/fXR < 10.000 \cdots$ (JD4)

[0453] 其中,

[0454] fF : 对焦透镜组GF的焦距,

[0455] fXR : 前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组的焦距(第3透镜组G3的焦距)。

[0456] 条件式(JD4)是用于规定对焦透镜组GF的焦距和前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组的焦距(第3透镜组G3的焦距)的适当的值的条件式。通过满足条件式(JD4),能够得到充分的近距离性能。

[0457] 当超过条件式(JD4)的上限值时,对焦透镜组GF的焦距变长,因此对焦时的移动量增加,球面像差和像面弯曲像差变动变大。另外,对焦透镜组GF的移动量增加,从而全长变得大型化。或者,由于第3透镜组G3的焦距变短,因此在第3透镜组G3中产生的球面像差变大。

[0458] 为了可靠地得到第4实施方式的效果,优选使条件式(JD4)的上限值为8.000。为了更可靠地得到第4实施方式的效果,优选使条件式(JD4)的上限值为6.000。

[0459] 当低于条件式(JD4)的下限值时,由于对焦透镜组GF的焦距变短,因此在对焦透镜组GF中产生的球面像差和像面弯曲像差变大。

[0460] 为了可靠地得到第4实施方式的效果,优选使条件式(JD4)的下限值为0.300。为了更可靠地得到第4实施方式的效果,优选使条件式(JD4)的下限值为0.650。

[0461] 第4实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JD5)。

[0462] $0.010 < (-fXn)/fXR < 1.000 \cdots$ (JD5)

[0463] 其中,

[0464] fXn : 前侧透镜组GX所具有的负透镜组中的光焦度的绝对值最大的透镜组的焦距(第2透镜组G2的焦距),

[0465] fXR : 前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组的焦距(第3透镜组G3的焦距)。

[0466] 条件式(JD5)是用于规定前侧透镜组GX所具有的负透镜组中的光焦度的绝对值最大的透镜组的焦距(第2透镜组G2的焦距)和前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组的焦距(第3透镜组G3的焦距)的适当的值的条件式。通过满足条件式(JD5),能够得到充分的无限远性能,并且能够实现整个系统的小型化。

[0467] 当超过条件式(JD5)的上限值时,由于第2透镜组G2的焦距变长,因此变倍时的移动量增加,球面像差和像面弯曲像差变动变大。另外,变倍时的第2透镜组G2的移动量增加,从而直径和全长变得大型化。或者,由于第3透镜组G3的焦距变短,因此在第3透镜组G3中产生的球面像差变大。

[0468] 为了可靠地得到第4实施方式的效果,优选使条件式(JD5)的上限值为0.800。为了更可靠地得到第4实施方式的效果,优选使条件式(JD5)的上限值为0.650。

[0469] 当低于条件式(JD5)的下限值时,由于第2透镜组G2的焦距变短,因此在第2透镜组G2中产生的球面像差和像面弯曲像差变大。

[0470] 为了可靠地得到第4实施方式的效果,优选使条件式(JD5)的下限值为0.130。为了更可靠地得到第4实施方式的效果,优选使条件式(JD5)的下限值为0.250。

[0471] 第4实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JD6)。

[0472] $0.100 < DGXR / fXR < 1.500 \cdots$ (JD6)

[0473] 其中,

[0474] DGXR:前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组在光轴上的厚度(第3透镜组G3在光轴上的厚度),

[0475] fXR:前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组的焦距(第3透镜组G3的焦距)。

[0476] 条件式(JD6)是用于规定前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组(第3透镜组G3)在光轴上的厚度(即,从第3透镜组G3的最靠物体侧透镜面到第3透镜组G3的最靠像侧透镜面的光轴上的距离)和前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组的焦距(第3透镜组G3的焦距)的适当的值的条件式。通过满足条件式(JD6),亮度增强,能够得到充分的无限远性能。或者,能够实现整个系统的小型化。

[0477] 当超过条件式(JD6)的上限值时,由于第3透镜组G3的焦距变短,因此在第3透镜组G3中产生的球面像差变大。另外,由于第3透镜组G3的厚度增加,因此全长变得大型化。

[0478] 为了可靠地得到第4实施方式的效果,优选使条件式(JD6)的上限值为1.200。为了更可靠地得到第4实施方式的效果,优选使条件式(JD6)的上限值为1.000。

[0479] 当超过条件式(JD6)的下限值时,由于第3透镜组G3的焦距变长,因此变倍时所需的移动量增加,球面像差变动变大。另外,由于第3透镜组G3的厚度减少,因此第3透镜组G3的结构变得简单,在第3透镜组G3中产生的球面像差变大。

[0480] 为了可靠地得到第4实施方式的效果,优选使条件式(JD6)的下限值为0.250。为了更可靠地得到第4实施方式的效果,优选使条件式(JD6)的下限值为0.350。

[0481] 关于第4实施方式的变倍光学系统ZLI,优选的是,在进行变倍时,使第2透镜组G2相对于像面移动。

[0482] 通过该结构,能够抑制变倍时的球面像差和像面弯曲像差变动。另外,能够高效地进行变倍,关系到本光学系统的小型化。

[0483] 关于第4实施方式的变倍光学系统ZLI,优选的是,在进行变倍时,使第3透镜组G3相对于像面移动。

[0484] 通过该结构,能够抑制变倍时的球面像差变动。另外,能够高效地进行变倍,关系到本光学系统的小型化。

[0485] 关于第4实施方式的变倍光学系统ZLI,优选的是,在进行变倍时,使第4透镜组G4相对于像面移动。

[0486] 通过该结构,能够抑制变倍时的球面像差和像面弯曲像差变动。另外,能够高效地进行变倍,关系到本光学系统的小型化。

[0487] 关于第4实施方式的变倍光学系统ZLI,优选的是,在进行变倍时,使第5透镜组G5

相对于像面移动。

[0488] 通过该结构,能够抑制变倍时的像面弯曲像差变动。另外,能够高效地进行变倍,关系到本光学系统的小型化。

[0489] 关于第4实施方式的变倍光学系统ZLI,优选的是,第5透镜组G5的一部分为防抖透镜组VR。

[0490] 通过该结构,对防抖时的偏心彗差和像面弯曲像差的校正有效。另外,由于不是组整体而是一部分,因此能够将防抖透镜组VR构成为小型。

[0491] 如上所述,根据第4实施方式,能够实现小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的变倍光学系统ZLI。

[0492] 接着,参照图65对具备上述的变倍光学系统ZLI的相机(光学设备)1进行说明。该相机1与第1实施方式的相机相同,已经对其结构进行了说明,因此此处省略说明。

[0493] 关于作为摄影镜头2而搭载于本相机1上的第4实施方式的变倍光学系统ZLI,从后述的各实施例也可知,通过其特征性的镜头结构,变得小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能。因此,根据本相机1,能够实现小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的光学设备。

[0494] 另外,在第4实施方式中,虽然对无反相机的例子进行了说明,但是并不限于此。例如,在相机主体上具有快速复原反光镜且通过取景器光学系统观察被摄体的单反类型的相机上搭载了上述的变倍光学系统ZLI的情况下,也能够起到与上述相机1相同的效果。

[0495] 接着,参照图69对上述的变倍光学系统ZLI(ZL1)的制造方法进行概述。首先,以如下方式在镜筒内配置各透镜(步骤ST410):具备从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4及第5透镜组G5,通过使各透镜组之间的间隔变化来进行变倍。以第1透镜组G1在进行变倍时相对于像面移动的方式配置各透镜(步骤ST420)。以通过第4透镜组G4的至少一部分作为对焦透镜组GF在光轴方向上移动来进行对焦的方式配置各透镜(步骤ST430)。以如下方式配置各透镜(步骤ST440):在对焦透镜组GF的像侧具有防抖透镜组VR,该防抖透镜组VR构成为为了对像抖动进行校正而能够以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动。以满足以下的条件式(JD1)的方式配置各透镜(步骤ST450)。

[0496] $-1.500 < f_V / f_{RF} < 0.645 \cdots$ (JD1)

[0497] 其中,

[0498] f_V :防抖透镜组VR的焦距,

[0499] f_{RF} :后侧透镜组GR中的最靠物体侧的透镜组的焦距(第5透镜组G5的焦距)。

[0500] 如图1所示,当例举第4实施方式中的透镜配置的一例时,从物体侧依次配置凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L11与双凸透镜L12的接合透镜和凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13来作为第1透镜组G1,配置凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L21、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24来作为第2透镜组G2,配置双凸透镜L31、孔径光阑S、凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L32与双凸透镜L33的接合透镜、双凸透镜L34及双凸透镜L35与双凹透镜L36的接合透镜来作为第3透镜组G3,配置双凸透镜L41与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L42的接合透镜来作为第4透镜组G4,配置凸面朝向像面侧的正弯月形透镜L51与双凹透镜L52的接合透镜、双凸透镜L53及凹面朝向

物体侧的负弯月形透镜L54来作为第5透镜组G5。另外,将由构成第5透镜组G5的透镜L51、L52构成的接合透镜作为防抖透镜组VR。通过上述的步骤配置如上所述地准备的各透镜组来制造变倍光学系统ZLI。

[0501] 根据第4实施方式的制造方法,能够制造小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的变倍光学系统ZLI。

[0502] 以下,参照附图对第5实施方式进行说明。如图1所示,第5实施方式的变倍光学系统ZLI(ZL1)具备从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4及第5透镜组G5,通过使各透镜组之间的间隔变化来进行变倍,第1透镜组G1在进行变倍时相对于像面移动,通过使第4透镜组G4的至少一部分作为对焦透镜组GF在光轴方向上移动来进行对焦,在所述对焦透镜组GF的像侧具备防抖透镜组VR,该防抖透镜组VR构成为为了对像抖动进行校正而能够以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动。

[0503] 如上所述,通过具备具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4及第5透镜组G5且使各透镜组之间的间隔变化来进行变倍的结构,能够变得小型且得到良好的光学性能。通过使第1透镜组G1在进行变倍时相对于像面移动的结构,能够高效地进行变倍,能够进一步实现小型化和高性能化。通过使第4透镜组G4的至少一部分作为对焦透镜组GF的结构,能够抑制对焦时的像倍率变化、球面像差以及像面弯曲像差变动。通过在对焦透镜组GF的像侧具有防抖透镜组VR的结构,能够对防抖时的偏心彗差和像面弯曲像差进行校正。

[0504] 根据上述结构,第5实施方式的变倍光学系统ZLI满足以下的条件式(JE1)、(JE2)。

[0505] $-0.150 < DVW/fV < 1.000 \cdots (JE1)$

[0506] $32.000 \leq W\omega \cdots (JE2)$

[0507] 其中,

[0508] DVW:广角端状态下的防抖透镜组VR与其紧后方的透镜之间的空气间隔,

[0509] fV:防抖透镜组VR的焦距,

[0510] $W\omega$:广角端状态下的半视场角。

[0511] 条件式(JE1)是用于规定广角端状态下的防抖透镜组VR与其紧后方的透镜之间的空气间隔和防抖透镜组VR的焦距的适当的值的条件式。通过满足条件式(JE1),能够得到充分的防抖性能。

[0512] 当超过条件式(JE1)的上限值时,由于所述空气间隔变大,因此很难通过防抖透镜组VR之后的透镜对在防抖透镜组VR中产生的偏心彗差和像面弯曲像差进行校正。或者,由于防抖透镜组VR的焦距变短,因此在防抖透镜组VR中产生的偏心彗差和像面弯曲像差变大,校正变得困难。

[0513] 为了可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE1)的上限值为0.691。为了更可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE1)的上限值为0.383。

[0514] 当低于条件式(JE1)的下限值时,由于所述空气间隔变大,因此很难通过防抖透镜组VR之后的透镜对在防抖透镜组VR中产生的偏心彗差和像面弯曲像差进行校正。或者,由于防抖透镜组VR的焦距变短,因此在防抖透镜组VR中产生的偏心彗差和像面弯曲像差变大,校正变得困难。

[0515] 为了可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE1)的下限值为-0.141。为了更可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE1)的下限值为-0.132。

[0516] 条件式(JE2)是用于规定广角端状态下的半视场角的适当的值的条件式。当低于条件式(JE2)的下限值时,具有宽的视场角,并且无法良好地对像面弯曲像差和畸变进行校正。

[0517] 为了可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE2)的下限值为35.000。为了更可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE2)的下限值为38.000。

[0518] 第5实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JE3)。

[0519] $0.001 < fF/fW < 20.000 \cdots$ (JE3)

[0520] 其中,

[0521] fF :对焦透镜组GF的焦距,

[0522] fW :广角端状态下的整个系统的焦距。

[0523] 条件式(JE3)是用于规定对焦透镜组GF的焦距和广角端状态下的整个系统的焦距的适当的值的条件式。通过满足条件式(JE3),能够得到充分的近距离性能。

[0524] 当超过条件式(JE3)的上限值时,对焦透镜组GF的焦距变长,因此对焦时的移动量增加,球面像差和像面弯曲像差变动变大。另外,对焦透镜组GF的移动量增加,从而全长变得大型化。

[0525] 为了可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE3)的上限值为15.000。为了更可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE3)的上限值为10.000。为了进一步可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE3)的上限值为8.500。

[0526] 当低于条件式(JE3)的下限值时,由于对焦透镜组GF的焦距变短,因此在对焦透镜组GF中产生的球面像差和像面弯曲像差变大。

[0527] 为了可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE3)的下限值为0.400。为了更可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE3)的下限值为0.800。为了进一步可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE3)的下限值为1.150。

[0528] 第5实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JE4)。

[0529] $-1.000 < fV/fRF < 2.000 \cdots$ (JE4)

[0530] 其中,

[0531] fRF :后侧透镜组GR中的最靠物体侧的透镜组的焦距(第5透镜组G5的焦距)。

[0532] 条件式(JE4)是用于规定防抖透镜组VR的焦距和后侧透镜组GR中的最靠物体侧的透镜组的焦距(第5透镜组G5的焦距)的适当的值的条件式。通过满足条件式(JE4),能够得到充分的防抖性能。

[0533] 当超过条件式(JE4)的上限值时,由于防抖透镜组VR的焦距变长,因此防抖时的移动量增加,偏心彗差和像面弯曲像差的校正变得困难。另外,防抖透镜组VR的移动量的增加,会导致直径的大型化,防抖透镜组VR的驱动控制变得困难。或者,由于第5透镜组G5的焦距变短,因此在第5透镜组G5中产生的像面弯曲像差变大。

[0534] 为了可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE4)的上限值为1.600。为了更可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE4)的上限值为1.300。

[0535] 当低于条件式(JE4)的下限值时,由于防抖透镜组VR的焦距变长,因此防抖时的移

动量增加,偏心彗差和像面弯曲像差的校正变得困难。另外,防抖透镜组VR的移动量的增加,会导致直径的大型化,防抖透镜组VR的驱动控制变得困难。或者,由于第5透镜组G5的焦距变短,因此在第5透镜组G5中产生的像面弯曲像差变大。

[0536] 为了可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE4)的下限值为-0.750。为了更可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE4)的下限值为-0.435。

[0537] 第5实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JE5)。

[0538] $0.010 < f_F / f_{XR} < 10.000 \cdots$ (JE5)

[0539] 其中,

[0540] f_F :对焦透镜组GF的焦距,

[0541] f_{XR} :前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组的焦距(第3透镜组G3的焦距)。

[0542] 条件式(JE5)是用于规定对焦透镜组GF的焦距和前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组的焦距(第3透镜组G3的焦距)的适当的值的条件式。通过满足条件式(JE5),能够得到充分的近距离性能。

[0543] 当超过条件式(JE5)的上限值时,对焦透镜组GF的焦距变长,因此对焦时的移动量增加,球面像差和像面弯曲像差变动变大。另外,对焦透镜组GF的移动量增加,从而全长变得大型化。或者,由于第3透镜组G3的焦距变短,因此在第3透镜组G3中产生的球面像差变大。

[0544] 为了可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE5)的上限值为8.000。为了更可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE5)的上限值为6.000。

[0545] 当低于条件式(JE5)的下限值时,由于对焦透镜组GF的焦距变短,因此在对焦透镜组GF中产生的球面像差和像面弯曲像差变大。

[0546] 为了可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE5)的下限值为0.300。为了更可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE5)的下限值为0.650。

[0547] 第5实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JE6)。

[0548] $0.100 < DGXR / f_{XR} < 1.500 \cdots$ (JE6)

[0549] 其中,

[0550] $DGXR$:前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组在光轴上的厚度(第3透镜组G3在光轴上的厚度),

[0551] f_{XR} :前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组的焦距(第3透镜组G3的焦距)。

[0552] 条件式(JE6)是用于规定前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组(第3透镜组G3)在光轴上的厚度(即,从第3透镜组G3的最靠物体侧透镜面到第3透镜组G3的最靠像侧透镜面的光轴上的距离)和前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组的焦距(第3透镜组G3的焦距)的适当的值的条件式。通过满足条件式(JE6),亮度增强,能够得到充分的无限远性能。或者,能够实现整个系统的小型化。

[0553] 当超过条件式(JE6)的上限值时,由于第3透镜组G3的焦距变短,因此在第3透镜组G3中产生的球面像差变大。另外,由于第3透镜组G3的厚度增加,因此全长变得大型化。

[0554] 为了可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE6)的上限值为1.200。为了更可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE6)的上限值为1.000。

[0555] 当低于条件式(JE6)的下限值时,由于第3透镜组G3的焦距变长,因此变倍时所需

的移动量增加,球面像差变动变大。另外,由于第3透镜组G3的厚度减少,因此第3透镜组G3的结构变得简单,在第3透镜组G3中产生的球面像差变大。

[0556] 为了可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE6)的下限值为0.250。为了更可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE6)的下限值为0.350。

[0557] 第5实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JE7)。

[0558] $0.390 < DXnW / ZD1 < 5.000 \cdots$ (JE7)

[0559] 其中,

[0560] DXnW:广角端状态下的前侧透镜组GX所具有的负透镜组中光焦度的绝对值最大的透镜组与前侧透镜组GX中最靠像侧的透镜组之间的组间隔,

[0561] ZD1:从广角端状态变倍到远焦端状态时的第1透镜组G1的移动量。

[0562] 条件式(JE7)是用于规定广角端状态下的前侧透镜组GX所具有的负透镜组中光焦度的绝对值最大的透镜组(第2透镜组G2)与前侧透镜组GX中最靠像侧的透镜组(第3透镜组G3)之间的组间隔和从广角端状态变倍到远焦端状态时的第1透镜组G1的移动量的适当的值的条件式。通过满足条件式(JE7),能够得到良好的光学性能。

[0563] 当超过条件式(JE7)的上限值时,前侧透镜组GX所具有的负透镜组中光焦度的绝对值最大的透镜组与前侧透镜组GX中最靠像侧的透镜组之间的组间隔(即,第2透镜组G2与第3透镜组G3之间的组间隔)变大,在广角端状态下产生像面弯曲像差。

[0564] 为了可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE7)的上限值为4.000。为了更可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE7)的上限值为3.000。为了更可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE7)的上限值为2.000。为了进一步可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE7)的上限值为1.000。

[0565] 当低于条件式(JE7)的下限值时,第1透镜组G1的移动量变大,变倍时像面弯曲像差变化变大。

[0566] 为了可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE7)的下限值为0.400。为了更可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE7)的下限值为0.410。为了更可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE7)的下限值为0.420。为了进一步可靠地得到第5实施方式的效果,优选使条件式(JE7)的下限值为0.430。

[0567] 关于第5实施方式的变倍光学系统ZLI,优选的是,在进行变倍时,使第2透镜组G2相对于像面移动。

[0568] 通过该结构,能够抑制变倍时的球面像差和像面弯曲像差变动。另外,能够高效地进行变倍,关系到本光学系统的小型化。

[0569] 关于第5实施方式的变倍光学系统ZLI,优选的是,在进行变倍时,使第3透镜组G3相对于像面移动。

[0570] 通过该结构,能够抑制变倍时的球面像差变动。另外,能够高效地进行变倍,关系到本光学系统的小型化。

[0571] 关于第5实施方式的变倍光学系统ZLI,优选的是,在进行变倍时,使第4透镜组G4相对于像面移动。

[0572] 通过该结构,能够抑制变倍时的球面像差和像面弯曲像差变动。另外,能够高效地进行变倍,关系到本光学系统的小型化。

[0573] 关于第5实施方式的变倍光学系统ZLI,优选的是,在进行变倍时,使第5透镜组G5相对于像面移动。

[0574] 通过该结构,能够抑制变倍时的像面弯曲像差变动。另外,能够高效地进行变倍,关系到本光学系统的小型化。

[0575] 关于第5实施方式的变倍光学系统ZLI,优选的是,第5透镜组G5的一部分为防抖透镜组VR。

[0576] 通过该结构,对防抖时的偏心彗差和像面弯曲像差的校正有效。另外,由于不是组整体而是一部分,因此能够将防抖透镜组VR构成为小型。

[0577] 如上所述,根据第5实施方式,能够实现小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的变倍光学系统ZLI。

[0578] 接着,参照图65对具备上述的变倍光学系统ZLI的相机(光学设备)1进行说明。该相机1与第1实施方式的相机相同,已经对其结构进行了说明,因此此处省略说明。

[0579] 关于作为摄影镜头2而搭载于本相机1上的第5实施方式的变倍光学系统ZLI,从后述的各实施例也可知,通过其特征性的镜头结构,变得小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能。因此,根据本相机1,能够实现小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的光学设备。

[0580] 另外,在第5实施方式中,虽然对无反相机的例子进行了说明,但是并不限于此。例如,在相机主体上具有快速复原反光镜且通过取景器光学系统观察被摄体的单反类型的相机上搭载了上述的变倍光学系统ZLI的情况下,也能够起到与上述相机1相同的效果。

[0581] 接着,参照图70对上述的变倍光学系统ZLI(ZL1)的制造方法进行概述。首先,以如下方式在镜筒内配置各透镜(步骤ST510):从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4及第5透镜组G5,通过使各透镜组之间的间隔变化来进行变倍。以第1透镜组G1在进行变倍时相对于像面移动的方式配置各透镜(步骤ST520)。以通过第4透镜组G4的至少一部分作为对焦透镜组GF在光轴方向上移动来进行对焦的方式配置各透镜(步骤ST530)。以如下方式配置各透镜(步骤ST540):在对焦透镜组GF的像侧具有防抖透镜组VR,该防抖透镜组VR构成为为了对像抖动进行校正而能够以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动。以满足以下的条件式(JE1)、(JE2)的方式配置各透镜(步骤ST550)。

[0582] $-0.150 < DVW/fV < 1.000 \cdots$ (JE1)

[0583] $32.000 \leq W\omega \cdots$ (JE2)

[0584] 其中,

[0585] DVW:广角端状态下的防抖透镜组VR与其紧后方的透镜之间的空气间隔,

[0586] fV:防抖透镜组VR的焦距,

[0587] $W\omega$:广角端状态下的半视场角。

[0588] 当例举第5实施方式中的透镜配置的一例时,如图1所示,从物体侧依次配置凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L11与双凸透镜L12的接合透镜和凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13来作为第1透镜组G1,配置凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L21、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24来作为第2透镜组G2,配置双凸透镜L31、孔径光阑S、凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L32与双凸透镜L33的接

合透镜、双凸透镜L34及双凸透镜L35与双凹透镜L36的接合透镜来作为第3透镜组G3,配置双凸透镜L41与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L42的接合透镜来作为第4透镜组G4,配置凸面朝向像面侧的正弯月形透镜L51与双凹透镜L52的接合透镜、双凸透镜L53及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L54来作为第5透镜组G5。另外,将由构成第5透镜组G5的透镜L51、L52构成的接合透镜作为防抖透镜组VR。通过上述的步骤配置如上所述地准备的各透镜组来制造变倍光学系统ZLI。

[0589] 根据第5实施方式的制造方法,能够制造小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的变倍光学系统ZLI。

[0590] 以下,参照附图对第6实施方式进行说明。如图5所示,第6实施方式的变倍光学系统ZLI (ZL2) 具备从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4、第5透镜组G5及第6透镜组G6,通过使各透镜组之间的间隔变化来进行变倍,第1透镜组G1在进行变倍时相对于像面移动,通过使第4透镜组G4的至少一部分作为对焦透镜组GF在光轴方向上移动来进行对焦,在所述对焦透镜组GF的像侧具备防抖透镜组VR,该防抖透镜组VR构成为为了对像抖动进行校正而能够以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动。

[0591] 如上所述,通过具备具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4、第5透镜组G5及第6透镜组G6且使各透镜组之间的间隔变化来进行变倍的结构,能够变得小型且得到良好的光学性能。通过使第1透镜组G1在进行变倍时相对于像面移动的结构,能够高效地进行变倍,能够进一步实现小型化和高性能化。通过使第4透镜组G4的至少一部分作为对焦透镜组GF的结构,能够抑制对焦时的像倍率变化、球面像差以及像面弯曲像差变动。通过在对焦透镜组GF的像侧具有防抖透镜组VR的结构,能够对防抖时的偏心彗差和像面弯曲像差进行校正。

[0592] 第6实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JF1)。

[0593] $-20.000 < f_F / f_V < 20.000 \cdots (JF1)$

[0594] 其中,

[0595] f_F : 对焦透镜组GF的焦距,

[0596] f_V : 防抖透镜组VR的焦距。

[0597] 条件式(JF1)是用于规定对焦透镜组GF的焦距和防抖透镜组的焦距的适当的值的条件式。

[0598] 当超过条件式(JF1)的上限值时,对焦透镜组GF的焦距变长,因此对焦时的移动量增加,球面像差和像面弯曲像差变动变大。另外,对焦透镜组GF的移动量增加,从而全长变得大型化。或者,由于防抖透镜组VR的焦距变短,因此在防抖透镜组VR中产生的偏心彗差和像面弯曲像差变大。

[0599] 为了可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF1)的上限值为15.000。为了更可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF1)的上限值为10.000。

[0600] 当低于条件式(JF1)的下限值时,对焦透镜组GF的焦距变长,因此对焦时的移动量增加,球面像差和像面弯曲像差变动变大。另外,对焦透镜组GF的移动量增加,从而全长变得大型化。或者,由于防抖透镜组VR的焦距变短,因此在防抖透镜组VR中产生的偏心彗差和

像面弯曲像差变大。

[0601] 为了可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF1)的下限值为-15.000。为了更可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF1)的下限值为-10.000。

[0602] 第6实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JF2)。

[0603] $-15.000 < fV/fRF < 10.000 \cdots (JF2)$

[0604] 其中,

[0605] fV :防抖透镜组VR的焦距,

[0606] fRF :后侧透镜组GR中的最靠物体侧的透镜组的焦距(第5透镜组G5的焦距)。

[0607] 条件式(JF2)是用于规定防抖透镜组VR的焦距和后侧透镜组GR中的最靠物体侧的透镜组的焦距(第5透镜组G5的焦距)的适当的值的条件式。通过满足条件式(JF2),能够得到充分的防抖性能。

[0608] 当超过条件式(JF2)的上限值时,由于防抖透镜组VR的焦距变长,因此防抖时的移动量增加,偏心彗差和像面弯曲像差的校正变得困难。另外,防抖透镜组VR的移动量的增加,会导致直径的大型化,防抖透镜组VR的驱动控制变得困难。或者,由于第5透镜组G5的焦距缩短,因此在第5透镜组G5中产生的像面弯曲像差变大。

[0609] 为了可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF2)的上限值为7.500。为了更可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF2)的上限值为5.000。

[0610] 当低于条件式(JF2)的下限值时,由于防抖透镜组VR的焦距变长,因此防抖时的移动量增加,偏心彗差和像面弯曲像差的校正变得困难。另外,防抖透镜组VR的移动量的增加,会导致直径的大型化,防抖透镜组VR的驱动控制变得困难。或者,由于第5透镜组G5的焦距缩短,因此在第5透镜组G5中产生的像面弯曲像差变大。

[0611] 为了可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF2)的下限值为-13.000。为了更可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF2)的下限值为-11.000。

[0612] 第6实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JF3)、(JF4)。

[0613] $-1.000 < DVW/fV < 1.000 \cdots (JF3)$

[0614] $32.000 \leq W\omega \cdots (JF4)$

[0615] 其中,

[0616] DVW :广角端状态下的防抖透镜组VR与其紧后方的透镜之间的空气间隔,

[0617] fV :防抖透镜组VR的焦距,

[0618] $W\omega$:广角端状态下的半视场角。

[0619] 条件式(JF3)是用于规定广角端状态下的防抖透镜组VR与其紧后方的透镜之间的空气间隔和防抖透镜组VR的焦距的适当的值的条件式。通过满足条件式(JF3),能够得到充分的防抖性能。

[0620] 当超过条件式(JF3)的上限值时,由于所述空气间隔变大,因此很难通过防抖透镜组VR之后的透镜对在防抖透镜组VR中产生的偏心彗差和像面弯曲像差进行校正。或者,由于防抖透镜组VR的焦距变短,因此在防抖透镜组VR中产生的偏心彗差和像面弯曲像差变大,校正变得困难。

[0621] 为了可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF3)的上限值为0.700。为了更可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF3)的上限值为0.400。

[0622] 当低于条件式(JF3)的下限值时,由于所述空气间隔变大,因此很难通过防抖透镜组VR之后的透镜对在防抖透镜组VR中产生的偏心彗差和像面弯曲像差进行校正。或者,由于防抖透镜组VR的焦距变短,因此在防抖透镜组VR中产生的偏心彗差和像面弯曲像差变大,校正变得困难。

[0623] 为了可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF3)的下限值为-0.700。为了更可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF3)的下限值为-0.450。

[0624] 条件式(JF4)是用于规定广角端状态下的半视场角的适当的值的条件式。当低于条件式(JF4)的下限值时,具有宽的视场角,并且无法良好地对像面弯曲像差和畸变进行校正。

[0625] 为了可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF4)的下限值为35.000。为了更可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF4)的下限值为38.000。

[0626] 第6实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JF5)。

[0627] $0.010 < f_F / f_{XR} < 10.000 \cdots$ (JF5)

[0628] 其中,

[0629] f_F :对焦透镜组GF的焦距,

[0630] f_{XR} :前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组的焦距(第3透镜组G3的焦距)。

[0631] 条件式(JF5)是用于规定对焦透镜组GF的焦距和前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组的焦距(第3透镜组G3的焦距)的适当的值的条件式。通过满足条件式(JF5),能够得到充分的近距离性能。

[0632] 当超过条件式(JF5)的上限值时,对焦透镜组GF的焦距变长,因此对焦时的移动量增加,球面像差和像面弯曲像差变动变大。另外,对焦透镜组GF的移动量增加,从而全长变得大型化。或者,由于第3透镜组G3的焦距变短,因此在第3透镜组G3中产生的球面像差变大。

[0633] 为了可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF5)的上限值为8.000。为了更可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF5)的上限值为6.000。

[0634] 当低于条件式(JF5)的下限值时,由于对焦透镜组GF的焦距变短,因此在对焦透镜组GF中产生的球面像差和像面弯曲像差变大。

[0635] 为了可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF5)的下限值为0.300。为了更可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF5)的下限值为0.650。

[0636] 第6实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JF6)。

[0637] $0.100 < DG_{XR} / f_{XR} < 1.500 \cdots$ (JF6)

[0638] 其中,

[0639] DG_{XR} :前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组在光轴上的厚度(第3透镜组G3在光轴上的厚度),

[0640] f_{XR} :前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组的焦距(第3透镜组G3的焦距)。

[0641] 条件式(JF6)是用于规定前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组(第3透镜组G3)在光轴上的厚度(即,从第3透镜组G3的最靠物体侧透镜面到第3透镜组G3的最靠像侧透镜面的光轴上的距离)和前侧透镜组GX中的最靠像侧的透镜组的焦距(第3透镜组G3的焦距)的适当的值的条件式。通过满足条件式(JF6),亮度增强,能够得到充分的无限远性能。或者,

能够实现整个系统的小型化。

[0642] 当超过条件式(JF6)的上限值时,由于第3透镜组G3的焦距变短,因此在第3透镜组G3中产生的球面像差变大。另外,由于第3透镜组G3的厚度增加,因此全长变得大型化。

[0643] 为了可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF6)的上限值为1.200。为了更可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF6)的上限值为1.000。

[0644] 当低于条件式(JF6)的下限值时,由于第3透镜组G3的焦距变长,因此变倍时所需的移动量增加,球面像差变动变大。另外,由于第3透镜组G3的厚度减少,因此第3透镜组G3的结构变得简单,在第3透镜组G3中产生的球面像差变大。

[0645] 为了可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF6)的下限值为0.250。为了更可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF6)的下限值为0.350。为了更可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF6)的下限值为0.400。为了进一步可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF6)的下限值为0.450。

[0646] 第6实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JF7)。

[0647] $2.250 < TLW / ZD1 < 10.000 \cdots (JF7)$

[0648] 其中,

[0649] TLW:广角端状态下的光学系统的全长。

[0650] ZD1:从广角端状态变倍到远焦端状态时的第1透镜组G1的移动量。

[0651] 条件式(JF7)是用于规定广角端状态下的光学系统的全长和从广角端状态变倍到远焦端状态时的第1透镜组G1的移动量的适当的值。通过满足条件式(JF7),能够得到良好的光学性能。

[0652] 当超过条件式(JF7)的上限值时,组的光焦度配置分别变强,产生球面像差和像面弯曲像差。

[0653] 为了可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF7)的上限值为9.000。为了更可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF7)的上限值为7.500。为了更可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF7)的上限值为6.000。为了进一步可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF7)的上限值为5.000。

[0654] 当低于条件式(JF7)的下限值时,第1透镜组G1的移动量变大,变倍时的像面弯曲像差变化变大。

[0655] 为了可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF7)的下限值为2.300。为了更可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF7)的下限值为2.350。为了更可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF7)的下限值为2.400。为了进一步可靠地得到第6实施方式的效果,优选使条件式(JF7)的下限值为2.450。

[0656] 关于第6实施方式的变倍光学系统ZLI,优选的是,在进行变倍时,使第2透镜组G2相对于像面移动。

[0657] 通过该结构,能够抑制变倍时的球面像差和像面弯曲像差变动。另外,能够高效地进行变倍,关系到本光学系统的小型化。

[0658] 关于第6实施方式的变倍光学系统ZLI,优选的是,在进行变倍时,使第3透镜组G3相对于像面移动。

[0659] 通过该结构,能够抑制变倍时的球面像差变动。另外,能够高效地进行变倍,关系

到本光学系统的小型化。

[0660] 关于第6实施方式的变倍光学系统ZLI,优选的是,在进行变倍时,使第4透镜组G4相对于像面移动。

[0661] 通过该结构,能够抑制变倍时的球面像差和像面弯曲像差变动。另外,能够高效地进行变倍,关系到本光学系统的小型化。

[0662] 关于第6实施方式的变倍光学系统ZLI,优选的是,在进行变倍时,使第5透镜组G5相对于像面移动。

[0663] 通过该结构,能够抑制变倍时的像面弯曲像差变动。另外,能够高效地进行变倍,关系到本光学系统的小型化。

[0664] 关于第6实施方式的变倍光学系统ZLI,优选的是,第5透镜组G5的整体或一部分为防抖透镜组VR。

[0665] 通过该结构,对防抖时的偏心彗差和像面弯曲像差的校正有效。另外,在利用第5透镜组G5的一部分时,能够将防抖透镜组VR构成为更小型。

[0666] 如上所述,根据第6实施方式,能够实现小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的变倍光学系统ZLI。

[0667] 接着,参照图65对具备上述的变倍光学系统ZLI的相机(光学设备)1进行说明。该相机1与第1实施方式的相机相同,已经对其结构进行了说明,因此此处省略说明。

[0668] 关于作为摄影镜头2而搭载于本相机1上的第6实施方式的变倍光学系统ZLI,从后述的各实施例也可知,通过其特征性的镜头结构,变得小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能。因此,根据本相机1,能够实现小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的光学设备。

[0669] 另外,在第6实施方式中,虽然对无反相机的例子进行了说明,但是并不限于此。例如,在相机主体上具有快速复原反光镜且通过取景器光学系统观察被摄体的单反类型的相机上搭载了上述的变倍光学系统ZLI的情况下,也能够起到与上述相机1相同的效果。

[0670] 接着,参照图71对上述的变倍光学系统ZLI(ZL2)的制造方法进行概述。首先,以如下方式在镜筒内配置各透镜(步骤ST610):具备从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4、第5透镜组G5及第6透镜组G6,通过使各透镜组之间的间隔变化来进行变倍。以第1透镜组G1在进行变倍时相对于像面移动的方式配置各透镜(步骤ST620)。以通过第4透镜组G4的至少一部分作为对焦透镜组GF在光轴方向上移动来进行对焦的方式配置各透镜(步骤ST630)。以如下方式配置各透镜:在对焦透镜组GF的像侧具有防抖透镜组VR,该防抖透镜组VR构成为为了对像抖动进行校正而能够以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动(步骤ST640)。

[0671] 当例举第6实施方式中的透镜配置的一例时,如图5所示,从物体侧依次配置凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L11与双凸透镜L12的接合透镜和凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13来作为第1透镜组G1,配置凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L21、双凹透镜L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24来作为第2透镜组G2,配置双凸透镜L31、孔径光阑S、凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L32与双凸透镜L33的接合透镜、双凸透镜L34及双凸透镜L35与双凹透镜L36的接合透镜来作为第3透镜组G3,配置双凸透镜L41与凹面朝向

物体侧的负弯月形透镜L42的接合透镜来作为第4透镜组G4,配置凸面朝向像面侧的正弯月形透镜L51与双凹透镜L52的接合透镜、双凸透镜L53及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L54来作为第5透镜组G5,配置凸面朝向物体侧的平凸透镜L61来作为第6透镜组G6。另外,将由构成第5透镜组G5的透镜L51、L52构成的接合透镜作为防抖透镜组VR。通过上述的步骤配置如上所述地准备的各透镜组来制造变倍光学系统ZLI。

[0672] 根据第6实施方式的制造方法,能够制造小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的变倍光学系统ZLI。

[0673] 以下,参照附图对第7实施方式进行说明。如图1所示,第7实施方式的变倍光学系统ZLI(ZL1)具备配置于最靠物体侧的具有正的光焦度的第1透镜组G1、配置于第1透镜组G1的像面侧且由一个以上的透镜组构成的前侧透镜组GX、配置于所述前侧透镜组的像面侧的中间透镜组GM及配置于中间透镜组GM的像面侧且由一个以上的透镜组构成的后侧透镜组GR,前侧透镜组GX具备具有负的光焦度的透镜组,中间透镜组GM的至少一部分为对焦透镜组GF,所述对焦透镜组GF具有正的光焦度且在进行对焦时在光轴方向上移动,在进行变倍时,第1透镜组G1相对于像面移动,第1透镜组G1与前侧透镜组GX之间的间隔变化,前侧透镜组GX与中间透镜组GM之间的间隔变化,中间透镜组GM与后侧透镜组GR之间的间隔变化,由配置于对焦透镜组GF的物体侧的透镜中配置于最靠像面侧的透镜的最靠像面侧的透镜面与对焦透镜组GF的最靠物体侧的透镜面形成的空气透镜为弯月形状。

[0674] 另外,所述空气透镜既可以是凸面朝向物体侧的弯月形状,也可以是凸面朝向像面侧的弯月形状。

[0675] 如上所述,通过具备正的第1透镜组G1、包含负的透镜组的前侧透镜组GX、包含正的对焦透镜组GF的中间透镜组GM及后侧透镜组GR且使各透镜组之间的间隔变化来进行变倍的结构,能够实现小型化且得到良好的光学性能。通过在进行变倍时使第1透镜组G1相对于像面移动的结构,能够高效地进行变倍,能够进一步实现小型化、高性能化(特别是,变倍时的像面弯曲像差的抑制)。假设在进行变倍时固定第1透镜组G1,则不得不使第2透镜组G2之后的组大幅度移动,很难实现小型化。通过使用配置于前侧透镜组GX的像面侧的中间透镜组GM的至少一部分来进行对焦的结构,能够抑制对焦时的像倍率变化、球面像差以及像面弯曲像差变动。通过使对焦透镜组GF的物体侧(在近距离对焦时移动的方向)的空气透镜成为弯月形状的结构,能够抑制像面弯曲像差的变动。

[0676] 在第7实施方式中,例如,在作为具备从物体侧依次排列的正的第1透镜组G1、负的第2透镜组G2、正的第3透镜组G3、正的第4透镜组G4及第5透镜组G5且通过第4透镜组G4整体来进行对焦的结构的后述的第1实施例的情况下,第2、第3透镜组G2、G3相当于前侧透镜组GX,第4透镜组G4相当于中间透镜组GM,第5透镜组G5相当于后侧透镜组GR。

[0677] 另外,在作为具备从物体侧依次排列的正的第1透镜组G1、负的第2透镜组G2、正的第3透镜组G3、负的第4透镜组G4及第5透镜组G5且通过第3透镜组G3的一部分进行对焦的结构的后述的第14实施例中,第2透镜组G2相当于前侧透镜组GX,第3透镜组G3相当于中间透镜组GM,第4、第5透镜组G4、G5相当于后侧透镜组GR。

[0678] 但是,在第7实施方式中,前侧透镜组GX不限于上述结构,还可以考虑如下所述的结构。

[0679] 例如,在如第1实施例那样具备从物体侧依次排列的正的第1透镜组、负的第2透镜

组、正的第3透镜组、正的第4透镜组及第5透镜组的结构中,在将负的第2透镜组分为两个透镜组且通过所述第5透镜组整体来进行对焦时,所述第2~所述第4透镜组相当于前侧透镜组。

[0680] 另外,在如第1实施例那样具备从物体侧依次排列的正的第1透镜组、负的第2透镜组、正的第3透镜组、正的第4透镜组及第5透镜组的结构中,在将正的第1透镜组分为两个透镜组且通过所述第5透镜组整体来进行对焦时,第1透镜组的像侧~所述第4透镜组相当于前侧透镜组。

[0681] 另外,在如第1实施例那样具备从物体侧依次排列的正的第1透镜组、负的第2透镜组、正的第3透镜组、正的第4透镜组及第5透镜组的结构中,当在第2透镜组与第3透镜组之间增加其他的透镜组且通过所述第5透镜组整体来进行对焦时,包含所增加的其他的透镜组在内的所述第2~所述第4透镜组相当于前侧透镜组。

[0682] 根据上述结构,第7实施方式的变倍光学系统ZLI满足以下的条件式(JG1)。

[0683] $-0.400 < \beta_{Ft} < 0.400 \cdots (JG1)$

[0684] 其中,

[0685] β_{Ft} :对焦透镜组GF的远焦端状态下的横向倍率。

[0686] 条件式(JG1)用于规定远焦端状态下的对焦透镜组GF的横向倍率的适当的范围。通过满足条件式(JG1),能够良好地确保远焦端状态下的对焦时的近距离性能。

[0687] 当超过条件式(JG1)的上限值时,远焦端状态下的对焦时的球面像差变动变大。

[0688] 为了可靠地得到第7实施方式的效果,优选使条件式(JG1)的上限值为0.300。为了更可靠地得到第7实施方式的效果,优选使条件式(JG1)的上限值为0.200。为了进一步可靠地得到第7实施方式的效果,优选使条件式(JG1)的上限值为0.150。为了进一步可靠地得到第7实施方式的效果,优选使条件式(JG1)的上限值为0.100。

[0689] 当低于条件式(JG1)的下限值时,远焦端状态下的对焦时的对焦透镜组GF的移动量增加,球面像差变动、像面弯曲像差变动变大。

[0690] 为了可靠地得到第7实施方式的效果,优选使条件式(JG1)的下限值为-0.300。为了更可靠地得到第7实施方式的效果,优选使条件式(JG1)的下限值为-0.200。为了进一步可靠地得到第7实施方式的效果,优选使条件式(JG1)的下限值为-0.150。为了进一步可靠地得到第7实施方式的效果,优选使条件式(JG1)的下限值为-0.100。

[0691] 在第7实施方式的变倍光学系统ZLI中,也可以是,中间透镜组GM所包含的透镜与对焦透镜组GF所包含的透镜相同。

[0692] 根据该结构,通过在进行变倍时使对焦透镜组GF(=中间透镜组GM)与其前后的透镜组之间的间隔变化,能够抑制由变倍引起的像差的降低。

[0693] 关于第7实施方式的变倍光学系统ZLI,也可以是,中间透镜组GM的一部分为对焦透镜组GF。

[0694] 根据该结构,由于能够在进行变倍时使对焦透镜组GF和中间透镜组GM所包含的其他的透镜(配置于对焦透镜组GF的前侧或像侧的透镜)作为一体来移动,因此能够简化镜筒结构。

[0695] 在第7实施方式的变倍光学系统ZLI中,优选的是,具备防抖透镜组VR,该防抖透镜组VR配置于对焦透镜组GF(=中间透镜组GM)与在最靠像面侧配置的透镜之间,能够以具有

与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动。

[0696] 通过该结构,防抖透镜组VR在偏心时具有适当的像偏移灵敏度的同时变得小型,并且,能够良好地对偏心时的像面弯曲像差变动进行校正。

[0697] 在第7实施方式的变倍光学系统ZLI中,也可以是,配置于对焦透镜组GF(=中间透镜组GM)与在最靠像面侧配置的透镜之间的透镜与防抖透镜组VR所包含的透镜相同。

[0698] 根据该结构,能够保持防抖性能并且实现小型化。

[0699] 关于第7实施方式的变倍光学系统ZLI,也可以是,配置于对焦透镜组GF(=中间透镜组GM)与在最靠像面侧配置的透镜之间的透镜的一部分为防抖透镜组VR所包含的透镜。

[0700] 根据该结构,能够在中间透镜组GM与配置于最靠像面侧的透镜之间配置防抖透镜组VR以外的透镜来提高光学性能。另外,也可以在变倍时适当地变更配置于中间透镜组GM的像面侧的透镜间隔。

[0701] 在第7实施方式的变倍光学系统ZLI中,优选的是,在从广角端状态向远焦端状态进行变倍时,配置于对焦透镜组GF的物体侧的透镜中的配置于最靠像面侧的透镜与对焦透镜组GF之间的间隔以暂时缩小然后扩大的方式变化。

[0702] 根据该结构,在进行变倍时,能够良好地对像面弯曲过度化的情况进行校正。

[0703] 第7实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JG2)。

[0704] $1.250 < (rB+rA) / (rB-rA) < 10.000 \cdots$ (JG2)

[0705] 其中,

[0706] rA:与对焦透镜组GF的最靠物体侧的透镜面隔着空气间隔地相对的透镜面的曲率半径,

[0707] rB:对焦透镜组GF的最靠物体侧的透镜面的曲率半径。

[0708] 条件式(JG2)规定对焦透镜组GF的物体侧(在近距离对焦时移动的方向)的空气透镜的适当的形状。通过满足条件式(JG2),空气透镜成为弯月形状,能够保持轴上和轴外的近距离性能。

[0709] 当超过条件式(JG2)的上限值时,由于rA相对于rB变得过大,因此与在与对焦透镜组GF的最靠物体侧的透镜面隔着空气间隔地相对的透镜面上产生的像面弯曲像差相比,在对焦透镜组GF的最靠物体侧的透镜面上产生的像面弯曲像差变大,无限远对焦时和近距离对焦时的像面弯曲像差的变动变大。

[0710] 为了可靠地得到第7实施方式的效果,优选使条件式(JG2)的上限值为6.670。为了更可靠地得到第7实施方式的效果,优选使条件式(JG2)的上限值为5.000。为了进一步可靠地得到第7实施方式的效果,优选使条件式(JG2)的上限值为4.000。

[0711] 当低于条件式(JG2)的下限值时,由于rA相对于rB变得过小,因此无法通过对焦透镜组GF的最靠物体侧的透镜面来完全校正与在对焦透镜组GF的最靠物体侧的透镜面隔着空气间隔地相对的透镜面上产生的像面弯曲像差,无限远对焦时和近距离对焦时的像面弯曲像差的变动变大。

[0712] 为了可靠地得到第7实施方式的效果,优选使条件式(JG2)的下限值为1.540。为了更可靠地得到第7实施方式的效果,优选使条件式(JG2)的下限值为2.000。为了进一步可靠地得到第7实施方式的效果,优选使条件式(JG2)的下限值为2.500。

[0713] 第7实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JG3)。

[0714] $0.000 < \beta_{Fw} < 0.800 \cdots$ (JG3)

[0715] 其中,

[0716] β_{Fw} : 对焦透镜组GF的广角端状态下的横向倍率。

[0717] 条件式(JG3)用于规定广角端状态下的对焦透镜组GF的倍率的适当的范围。通过满足条件式(JG3),即使传感器尺寸变大,也能够适当地设定对焦透镜组GF的倍率,因此能够良好地抑制像差变动。

[0718] 当超过条件式(JG3)的上限值时,虽然能够抑制对焦透镜组GF的移动量,但是无法良好地对近距离对焦时的球面像差变动进行校正。

[0719] 为了可靠地得到第7实施方式的效果,优选使条件式(JG3)的上限值为0.600。为了更可靠地得到第7实施方式的效果,优选使条件式(JG3)的上限值为0.400。为了进一步可靠地得到第7实施方式的效果,优选使条件式(JG3)的上限值为0.360。为了进一步可靠地得到第7实施方式的效果,优选使条件式(JG3)的上限值为0.350。

[0720] 当低于条件式(JG3)的下限值时,对焦透镜组GF的移动量增加,光学系统变得大型化,并且无法良好地对对焦时的球面像差、像面弯曲像差变动进行校正。

[0721] 为了可靠地得到第7实施方式的效果,优选使条件式(JG3)的下限值为0.020。为了更可靠地得到第7实施方式的效果,优选使条件式(JG3)的下限值为0.040。为了进一步可靠地得到第7实施方式的效果,优选使条件式(JG3)的下限值为0.060。为了进一步可靠地得到第7实施方式的效果,优选使条件式(JG3)的下限值为0.080。

[0722] 如上所述,根据第7实施方式,能够实现小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的变倍光学系统ZLI。

[0723] 接着,参照图65对具备上述的变倍光学系统ZLI的相机(光学设备)1进行说明。该相机1与第1实施方式的相机相同,已经对其结构进行了说明,因此此处省略说明。

[0724] 关于作为摄影镜头2而搭载于本相机1上的第7实施方式的变倍光学系统ZLI,从后述的各实施例也可知,通过其特征性的镜头结构,变得小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能。因此,根据本相机1,能够实现小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的光学设备。

[0725] 另外,在第7实施方式中,虽然对无反相机的例子进行了说明,但是并不限于此。例如,在相机主体上具有快速复原反光镜且通过取景器光学系统观察被摄体的单反类型的相机上搭载了上述的变倍光学系统ZLI的情况下,也能够起到与上述相机1相同的效果。

[0726] 接着,参照图72对上述的变倍光学系统ZLI(ZL1)的制造方法进行概述。首先,以如下方式在镜筒内配置各透镜(步骤ST710):具备配置于最靠物体侧的具有正的光焦度的第1透镜组G1、配置于第1透镜组G1的像面侧且由一个以上的透镜组构成的前侧透镜组GX、配置于所述前侧透镜组的像面侧的中间透镜组GM及配置于中间透镜组GM的像面侧且由一个以上的透镜组构成的后侧透镜组GR。以前侧透镜组GX具备具有负的光焦度的透镜组的方式配置各透镜(步骤ST720)。以如下方式配置各透镜(步骤ST730):中间透镜组GM的至少一部分为对焦透镜组GF,所述对焦透镜组GF具有正的光焦度并且在进行对焦时在光轴方向上移动。以如下方式配置各透镜(步骤ST740):在进行变倍时,第1透镜组G1相对于像面移动,第1透镜组G1与前侧透镜组GX之间的间隔变化,前侧透镜组GX与中间透镜组GM之间的间隔变化,中间透镜组GM与后侧透镜组GR之间的间隔变化。以如下方式配置各透镜(步骤ST750):

由配置于对焦透镜组GF的物体侧的透镜中的配置于最靠像面侧的透镜的最靠像面侧的透镜面与对焦透镜组GF的最靠物体侧的透镜面形成的空气透镜为弯月形状。以满足上述条件式中的至少条件式(JG1)的方式配置各透镜(步骤ST760)。

[0727] 如图1所示,当例举第7实施方式中的透镜配置的一例时,从物体侧依次配置凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L11与双凸透镜L12的接合透镜和凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13来作为第1透镜组G1,配置凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L21、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24来作为第2透镜组G2,配置双凸透镜L31、孔径光阑S、凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L32与双凸透镜L33的接合透镜、双凸透镜L34及双凸透镜L35与双凹透镜L36的接合透镜来作为第3透镜组G3,配置双凸透镜L41与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L42的接合透镜来作为第4透镜组G4,配置凸面朝向像面侧的正弯月形透镜L51与双凹透镜L52的接合透镜、双凸透镜L53及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L54来作为第5透镜组G5。通过上述的步骤配置如上所述地准备的各透镜组来制造变倍光学系统ZLI。

[0728] 根据第7实施方式的制造方法,能够制造小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的变倍光学系统ZLI。

[0729] 以下,参照附图对第8实施方式进行说明。如图1所示,第8实施方式的变倍光学系统ZLI(ZL1)具备配置于最靠物体侧的具有正的光焦度的第1透镜组G1、配置于第1透镜组G1的像面侧且由一个以上的透镜组构成的前侧透镜组GX、配置于前侧透镜组GX的像面侧的中间透镜组GM及配置于中间透镜组GM的像面侧且由一个以上的透镜组构成的后侧透镜组GR,前侧透镜组GX具备具有负的光焦度的透镜组,中间透镜组GM的至少一部分为对焦透镜组GF,所述对焦透镜组GF具有正的光焦度且在进行对焦时在光轴方向上移动,在进行变倍时,第1透镜组G1、一个以上的前侧透镜组GX、中间透镜组GM及一个以上的后侧透镜组GR相对于像面移动,第1透镜组G1与前侧透镜组GX之间的间隔变化,前侧透镜组GX与中间透镜组GM之间的间隔变化,中间透镜组GM与后侧透镜组GR之间的间隔变化。

[0730] 如上所述,通过具备正的第1透镜组G1、包含负的透镜组的前侧透镜组GX、包含正的对焦透镜组GF的中间透镜组GM及后侧透镜组GR且使各透镜组之间的间隔变化来进行变倍的结构,能够实现小型化且得到良好的光学性能。在进行变倍时,通过使第1透镜组G1、前侧透镜组GX、中间透镜组GM及后侧透镜组GR相对于像面移动的结构,能够高效地进行变倍,能够进一步实现小型化、高性能化(特别是,变倍时的像面弯曲像差的抑制)。通过使用配置于前侧透镜组GX的像面侧的中间透镜组GM的至少一部分来进行对焦的结构,能够抑制对焦时的像倍率变化、球面像差以及像面弯曲像差变动。

[0731] 在第8实施方式中,例如,在作为具备从物体侧依次排列的正的第1透镜组G1、负的第2透镜组G2、正的第3透镜组G3、正的第4透镜组G4及第5透镜组G5且通过第4透镜组G4整体进行对焦的结构的后述的第1实施例的情况下,第2、第3透镜组G2、G3相当于前侧透镜组GX,第4透镜组G4相当于中间透镜组GM,第5透镜组G5相当于后侧透镜组GR。

[0732] 但是,在第8实施方式中,前侧透镜组GX不限于上述结构,还可以考虑如下所述的结构。

[0733] 例如,在如第1实施例那样具备从物体侧依次排列的正的第1透镜组、负的第2透镜组、正的第3透镜组、正的第4透镜组及第5透镜组的结构中,在将负的第2透镜组分为两个透

镜组且通过所述第5透镜组整体来进行对焦时,所述第2~所述第4透镜组相当于前侧透镜组。

[0734] 另外,在如第1实施例那样具备从物体侧依次排列的正的第1透镜组、负的第2透镜组、正的第3透镜组、正的第4透镜组及第5透镜组的结构中,在将正的第1透镜组分为两个透镜组且通过所述第5透镜组整体来进行对焦时,第1透镜组的像侧~所述第4透镜组相当于前侧透镜组。

[0735] 另外,在如第1实施例那样具备从物体侧依次排列的正的第1透镜组、负的第2透镜组、正的第3透镜组、正的第4透镜组及第5透镜组的结构中,当在第2透镜组与第3透镜组之间增加其他的透镜组且通过所述第5透镜组整体来进行对焦时,包含所增加的其他的透镜组在内的所述第2~所述第4透镜组相当于前侧透镜组。

[0736] 根据上述结构,第8实施方式的变倍光学系统ZLI满足以下的条件式(JH1)。

[0737] $1.490 < (rB+rA) / (rB-rA) < 3.570 \cdots$ (JH1)

[0738] 其中,

[0739] rA:与对焦透镜组GF的最靠物体侧的透镜面隔着空气间隔地相对的透镜面的曲率半径,

[0740] rB:对焦透镜组GF的最靠物体侧的透镜面的曲率半径。

[0741] 条件式(JH1)规定对焦透镜组GF的物体侧(在近距离对焦时移动的方向)的空气透镜的适当的形状。通过满足条件式(JH1),空气透镜成为弯月形状,能够保持轴上和轴外的近距离性能。

[0742] 当超过条件式(JH1)的上限值时,由于rA相对于rB变得过大,因此与在与对焦透镜组GF的最靠物体侧的透镜面隔着空气间隔地相对的透镜面上产生的像面弯曲像差相比,在对焦透镜组GF的最靠物体侧的透镜面上产生的像面弯曲像差变大,无限远对焦时和近距离对焦时的像面弯曲像差的变动变大。

[0743] 为了可靠地得到第8实施方式的效果,优选使条件式(JH1)的上限值为3.509。为了更可靠地得到第8实施方式的效果,优选使条件式(JH1)的上限值为3.390。为了进一步可靠地得到第8实施方式的效果,优选使条件式(JH1)的上限值为3.279。

[0744] 当低于条件式(JH1)的下限值时,由于rA相对于rB变得过小,因此无法通过对焦透镜组GF的最靠物体侧的透镜面来完全校正与在对焦透镜组GF的最靠物体侧的透镜面隔着空气间隔地相对的透镜面上产生的像面弯曲像差,无限远对焦时和近距离对焦时的像面弯曲像差的变动变大。

[0745] 为了可靠地得到第8实施方式的效果,优选使条件式(JH1)的下限值为1.667。为了更可靠地得到第8实施方式的效果,优选使条件式(JH1)的下限值为2.000。为了进一步可靠地得到第8实施方式的效果,优选使条件式(JH1)的下限值为2.500。

[0746] 在第8实施方式的变倍光学系统ZLI中,也可以是,中间透镜组GM所包含的透镜与对焦透镜组GF所包含的透镜相同。

[0747] 根据该结构,通过在进行变倍时使对焦透镜组GF(=中间透镜组GM)与其前后的透镜组之间的间隔变化,能够抑制由变倍引起的像差的降低。

[0748] 关于第8实施方式的变倍光学系统ZLI,也可以是,中间透镜组GM的一部分为对焦透镜组GF。

[0749] 根据该结构,由于能够在进行变倍时使对焦透镜组GF和中间透镜组GM所包含的其他的透镜(配置于对焦透镜组GF的前侧或像侧的透镜)作为一体来移动,因此能够简化镜筒结构。

[0750] 在第8实施方式的变倍光学系统ZLI中,优选的是,具有防抖透镜组VR,该防抖透镜组VR配置于对焦透镜组GF与在最靠像面侧配置的透镜之间,能够以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动。

[0751] 通过该结构,防抖透镜组VR在偏心时具有适当的像偏移灵敏度的同时变得小型,并且,能够良好地对偏心时的像面弯曲像差变动进行校正。

[0752] 在第8实施方式的变倍光学系统ZLI中,也可以是,配置于对焦透镜组GF(=中间透镜组GM)与在最靠像面侧配置的透镜之间的透镜与防抖透镜组VR所包含的透镜相同。

[0753] 根据该结构,能够保持防抖性能并且实现小型化。

[0754] 关于第8实施方式的变倍光学系统ZLI,也可以是,配置于对焦透镜组GF(=中间透镜组GM)与在最靠像面侧配置的透镜之间的透镜的一部分为防抖透镜组VR所包含的透镜。

[0755] 根据该结构,能够在中间透镜组GM与配置于最靠像面侧的透镜之间配置防抖透镜组VR以外的透镜来提高光学性能。另外,也可以在变倍时适当地变更配置于中间透镜组GM的像面侧的透镜间隔。

[0756] 在第8实施方式的变倍光学系统ZLI中,优选的是,在从广角端状态向远焦端状态进行变倍时,配置于对焦透镜组GF的物体侧的透镜中的配置于最靠像面侧的透镜与对焦透镜组GF之间的间隔以暂时缩小然后扩大的方式变化。

[0757] 根据该结构,在进行变倍时,能够良好地对像面弯曲过度化的情况进行校正。

[0758] 第8实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JH2)。

[0759] $-0.500 < (rC+rB) / (rC-rB) < 0.500 \cdots (JH2)$

[0760] 其中,

[0761] rC:对焦透镜组GF的最靠像面侧的透镜面的曲率半径。

[0762] 条件式(JH2)规定对焦透镜组GF的适当的形状。通过满足条件式(JH2),抑制对焦透镜组GF的移动量而变得小型,并且,能够得到充分的近距离性能。

[0763] 当超过条件式(JH2)的上限值时,由于在对焦透镜组GF中,最靠像面侧的透镜面的曲率半径rC相对于最靠物体侧的透镜面的曲率半径rB变得过大,因此无限远对焦时和近距离对焦时的像面弯曲像差变动变大。

[0764] 为了可靠地得到第8实施方式的效果,优选使条件式(JH2)的上限值为0.300。为了更可靠地得到第8实施方式的效果,优选使条件式(JH2)的上限值为0.200。为了进一步可靠地得到第8实施方式的效果,优选使条件式(JH2)的上限值为0.100。为了进一步可靠地得到第8实施方式的效果,优选使条件式(JH2)的上限值为0.050。

[0765] 当低于条件式(JH2)的下限值时,由于在对焦透镜组GF中,最靠像面侧的透镜面的曲率半径rC相对于最靠物体侧的透镜面的曲率半径rB变得过小,因此无限远对焦时和近距离对焦时的球面像差变动变大。

[0766] 为了可靠地得到第8实施方式的效果,优选使条件式(JH2)的下限值为-0.400。为了更可靠地得到第8实施方式的效果,优选使条件式(JH2)的下限值为-0.350。为了进一步可靠地得到第8实施方式的效果,优选使条件式(JH2)的下限值为-0.300。为了进一步可靠

地得到第8实施方式的效果,优选使条件式(JH2)的下限值为-0.250。

[0767] 在第8实施方式的变倍光学系统ZLI中,优选的是,对焦透镜组GF具有凹面朝向物体侧的弯月形状的负透镜。

[0768] 根据该结构,能够良好地对像面弯曲像差、彗差进行校正。

[0769] 第8实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JH3)。

[0770] $0.010 < |f_F/f_{XR}| < 10.000 \cdots$ (JH3)

[0771] 其中,

[0772] f_F :对焦透镜组GF的焦距,

[0773] f_{XR} :前侧透镜组GX中的配置于最靠像面侧的透镜组的焦距。

[0774] 条件式(JH3)规定对焦透镜组GF的焦距相对于与对焦透镜组GF的物体侧相对配置的透镜组的焦距的适当的值。通过满足条件式(JH3),能够在保持近距离性能的同时设定对焦透镜组GF的适当的移动量。

[0775] 当超过条件式(JH3)的上限值时,由于对焦透镜组GF的焦距 f_F 变长,因此对焦时的移动量变大,球面像差和像面弯曲像差变动变大。对焦透镜组GF的移动量变大,从而全长变得大型化。或者,由于与对焦透镜组GF的物体侧相对配置的透镜组的焦距变短,因此在该透镜组中产生的球面像差变大。

[0776] 为了可靠地得到第8实施方式的效果,优选使条件式(JH3)的上限值为8.000。为了更可靠地得到第8实施方式的效果,优选使条件式(JH3)的上限值为6.000。

[0777] 当低于条件式(JH3)的下限值时,由于对焦透镜组GF的焦距变短,因此在对焦透镜组GF中产生的球面像差和像面弯曲像差变大。

[0778] 为了可靠地得到第8实施方式的效果,优选使条件式(JH3)的下限值为0.300。为了更可靠地得到第8实施方式的效果,优选使条件式(JH3)的下限值为0.650。

[0779] 第8实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JH4)。

[0780] $0.000 < \beta_{Fw} < 0.800 \cdots$ (JH4)

[0781] 其中,

[0782] β_{Fw} :对焦透镜组GF的广角端状态下的横向倍率。

[0783] 条件式(JH4)用于规定广角端状态下的对焦透镜组GF的倍率的适当的范围。通过满足条件式(JH4),即使传感器尺寸变大,也能够适当地设定对焦透镜组GF的倍率,因此能够良好地抑制像差变动。

[0784] 当超过条件式(JH4)的上限值时,虽然能够抑制对焦透镜组GF的移动量,但是无法良好地对近距离对焦时的球面像差的变动进行校正。

[0785] 为了可靠地得到第8实施方式的效果,优选使条件式(JH4)的上限值为0.600。为了更可靠地得到第8实施方式的效果,优选使条件式(JH4)的上限值为0.400。为了进一步可靠地得到第8实施方式的效果,优选使条件式(JH4)的上限值为0.360。为了进一步可靠地得到第8实施方式的效果,优选使条件式(JH4)的上限值为0.350。

[0786] 当低于条件式(JH4)的下限值时,对焦透镜组GF的移动量增加,光学系统变得大型化,并且无法良好地对对焦时的球面像差、像面弯曲像差变动进行校正。

[0787] 为了可靠地得到第8实施方式的效果,优选使条件式(JH4)的下限值为0.020。为了更可靠地得到第8实施方式的效果,优选使条件式(JH4)的下限值为0.040。为了进一步可靠

地得到第8实施方式的效果,优选使条件式(JH4)的下限值为0.060。为了进一步可靠地得到第8实施方式的效果,优选使条件式(JH4)的下限值为0.080。

[0788] 如上所述,根据第8实施方式,能够实现小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的变倍光学系统ZLI。

[0789] 接着,参照图65对具备上述的变倍光学系统ZLI的相机(光学设备)1进行说明。该相机1与第1实施方式的相机相同,已经对其结构进行了说明,因此此处省略说明。

[0790] 关于作为摄影镜头2而搭载于本相机1上的第8实施方式的变倍光学系统ZLI,从后述的各实施例也可知,通过其特征性的镜头结构,变得小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能。因此,根据本相机1,能够实现小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的光学设备。

[0791] 另外,在第8实施方式中,虽然对无反相机的例子进行了说明,但是并不限于此。例如,在相机主体上具有快速复原反光镜且通过取景器光学系统观察被摄体的单反类型的相机上搭载了上述的变倍光学系统ZLI的情况下,也能够起到与上述相机1相同的效果。

[0792] 接着,参照图73对上述的变倍光学系统ZLI(ZL1)的制造方法进行概述。首先,以如下方式在镜筒内配置各透镜(步骤ST810):具备配置于最靠物体侧的具有正的光焦度的第1透镜组G1、配置于第1透镜组G1的像面侧且由一个以上的透镜组构成的前侧透镜组GX、配置于前侧透镜组GX的像面侧的中间透镜组GM及配置于中间透镜组GM的像面侧且由一个以上的透镜组构成的后侧透镜组GR。以前侧透镜组GX具备具有负的光焦度的透镜组的方式配置各透镜(步骤ST820)。以如下方式配置各透镜(步骤ST830):中间透镜组GM的至少一部分为对焦透镜组GF,所述对焦透镜组GF具有正的光焦度且在进行对焦时在光轴方向上移动。以如下方式配置各透镜(步骤ST840):在进行变倍时,第1透镜组G1、一个以上的前侧透镜组GX、中间透镜组GM及一个以上的后侧透镜组GR相对于像面移动,第1透镜组G1与前侧透镜组GX之间的间隔变化,前侧透镜组GX与中间透镜组GM之间的间隔变化,中间透镜组GM与后侧透镜组GR之间的间隔变化。以满足上述条件式中的至少条件式(JH1)的方式配置各透镜(步骤ST850)。

[0793] 当例举第8实施方式中的透镜配置的一例时,如图1所示,从物体侧依次配置凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L11与双凸透镜L12的接合透镜和凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13来作为第1透镜组G1,配置凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L21、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24来作为第2透镜组G2,配置双凸透镜L31、孔径光阑S、凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L32与双凸透镜L33的接合透镜、双凸透镜L34及双凸透镜L35与双凹透镜L36的接合透镜来作为第3透镜组G3,配置双凸透镜L41与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L42的接合透镜来作为第4透镜组G4,配置凸面朝向像面侧的正弯月形透镜L51与双凹透镜L52的接合透镜、双凸透镜L53及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L54来作为第5透镜组G5。通过上述的步骤配置如上所述地准备的各透镜组来制造变倍光学系统ZLI。

[0794] 根据第8实施方式的制造方法,能够制造小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的变倍光学系统ZLI。

[0795] 以下,参照附图对第9实施方式进行说明。如图25所示,第9实施方式的变倍光学系统ZLI(ZL7)具备配置于最靠物体侧的具有正的光焦度的第1透镜组G1、配置于第1透镜组G1

的像面侧且由一个以上的透镜组构成的前侧透镜组GX、配置于前侧透镜组GX的像面侧的中间透镜组GM及配置于中间透镜组GM的像面侧且由一个以上的透镜组构成的后侧透镜组GR, 前侧透镜组GX具备具有负的光焦度的透镜组, 中间透镜组GM的至少一部分为对焦透镜组GF, 所述对焦透镜组GF具有正的光焦度且在进行对焦时在光轴方向上移动, 在所述对焦透镜组GF与配置于最靠像面侧的透镜之间具有防抖透镜组VR, 防抖透镜组VR能够以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动, 在进行变倍时, 第1透镜组G1相对于像面移动, 第1透镜组G1与前侧透镜组GX之间的间隔变化, 前侧透镜组GX与中间透镜组GM之间的间隔变化, 中间透镜组GM与后侧透镜组GR之间的间隔变化, 对焦透镜组GF的最靠物体侧的透镜面为向物体侧凸出的形状。

[0796] 如上所述, 通过具备正的第1透镜组G1、包含负的透镜组的前侧透镜组GX、包含正的对焦透镜组GF的中间透镜组GM及防抖透镜组VR且使各透镜组之间的间隔变化来进行变倍的结构, 能够实现小型化且得到良好的光学性能。通过在进行变倍时使第1透镜组G1相对于像面移动的结构, 能够高效地进行变倍, 能够进一步实现小型化、高性能化 (特别是, 变倍时的像面弯曲像差的抑制)。通过使用配置于前侧透镜组GX的像面侧的中间透镜组GM的至少一部分来进行对焦的结构, 能够抑制对焦时的像倍率变化、球面像差以及像面弯曲像差变动。通过防抖透镜组VR比对焦透镜组GF更靠像面侧且不是最终透镜的结构, 能够实现小型化且良好地进行像抖动校正。通过对焦透镜组GF的最靠物体侧的透镜面为向物体侧凸出的形状 (即, 对焦透镜组GF的物体侧 (在近距离对焦时移动的方向) 的空气透镜的形状为凹形状), 能够抑制对焦时的球面像差和彗差变动。

[0797] 在第9实施方式中, 例如, 在作为具备从物体侧依次排列的正的第1透镜组G1、负的第2透镜组G2、正的第3透镜组G3、正的第4透镜组G4及第5透镜组G5且通过第4透镜组G4整体进行对焦的结构的后述的第7实施例的情况下, 第2、第3透镜组G2、G3相当于前侧透镜组GX, 第4透镜组G4相当于中间透镜组GM, 构成第5透镜组G5的透镜L51相当于防抖透镜组VR。

[0798] 但是, 在第9实施方式中, 前侧透镜组GX不限于上述结构, 还可以考虑如下所述的结构。

[0799] 例如, 在如第7实施例那样具备从物体侧依次排列的正的第1透镜组、负的第2透镜组、正的第3透镜组、正的第4透镜组及第5透镜组的结构中, 在将负的第2透镜组分为两个透镜组且通过所述第5透镜组整体来进行对焦时, 所述第2~所述第4透镜组相当于前侧透镜组。

[0800] 另外, 在如第7实施例那样具备从物体侧依次排列的正的第1透镜组、负的第2透镜组、正的第3透镜组、正的第4透镜组及第5透镜组的结构中, 在将正的第1透镜组分为两个透镜组且通过所述第5透镜组整体来进行对焦时, 第1透镜组的像侧~所述第4透镜组相当于前侧透镜组。

[0801] 另外, 在如第7实施例那样具备从物体侧依次排列的正的第1透镜组、负的第2透镜组、正的第3透镜组、正的第4透镜组及第5透镜组的结构中, 当在第2透镜组与第3透镜组之间增加其他的透镜组且通过所述第5透镜组整体来进行对焦时, 包含所增加的其他的透镜组在内的所述第2~所述第4透镜组相当于前侧透镜组。

[0802] 根据上述结构, 第9实施方式的变倍光学系统ZLI满足以下的条件式 (JI1)、(JI2)。

[0803] $0.000 < (rB+rA) / (rB-rA) < 1.000 \cdots (JI1)$

[0804] $0.000 < (rC+rB) / (rC-rB) < 10.000 \cdots$ (JI2)

[0805] 其中,

[0806] rA:与对焦透镜组GF的最靠物体侧的透镜面隔着空气间隔地相对的透镜面的曲率半径,

[0807] rB:对焦透镜组GF的最靠物体侧的透镜面的曲率半径,

[0808] rC:对焦透镜组GF的最靠像面侧的透镜面的曲率半径。

[0809] 条件式 (JI1) 规定对焦透镜组GF的物体侧 (在近距离对焦时移动的方向) 的空气透镜的适当的形状。通过满足条件式 (JI1), 空气透镜成为凹形状, 能够保持轴上和轴外的近距离性能。

[0810] 当超过条件式 (JI1) 的上限值时, 由于rA相对于rB变得过小, 因此无法通过第4透镜组G4的最靠物体侧的透镜面来完全校正第3透镜组G3的最靠像面侧的透镜面上产生的像面弯曲像差, 无限远对焦时和近距离对焦时的像面弯曲像差的变动变大。

[0811] 为了可靠地得到第9实施方式的效果, 优选使条件式 (JI1) 的上限值为0.800。为了更可靠地得到第9实施方式的效果, 优选使条件式 (JI1) 的上限值为0.600。为了进一步可靠地得到第9实施方式的效果, 优选使条件式 (JI1) 的上限值为0.500。为了进一步可靠地得到第9实施方式的效果, 优选使条件式 (JI1) 的上限值为0.400。

[0812] 当低于条件式 (JI1) 的下限值时, 由于rA相对于rB变得过大, 因此与在第3透镜组G3的最靠像面侧的透镜面上产生的像面弯曲像差相比, 在第4透镜组G4的最靠物体侧的透镜面上产生的像面弯曲像差变大, 无限远对焦时和近距离对焦时的像面弯曲像差的变动变大。

[0813] 为了可靠地得到第9实施方式的效果, 优选使条件式 (JI1) 的下限值为0.040。为了更可靠地得到第9实施方式的效果, 优选使条件式 (JI1) 的下限值为0.060。为了进一步可靠地得到第9实施方式的效果, 优选使条件式 (JI1) 的下限值为0.080。为了进一步可靠地得到第9实施方式的效果, 优选使条件式 (JI1) 的下限值为0.100。

[0814] 条件式 (JI2) 规定对焦透镜组GF的适当的形状。通过满足条件式 (JI2), 能够变得小型且得到充分的近距离性能。

[0815] 当超过条件式 (JI2) 的上限值时, 构成对焦透镜组GF的最靠物体侧的透镜面的曲率半径rB与最靠像面侧的透镜面的曲率半径rC的差变小, 像面弯曲像差变动变大。另外, 这些曲率半径rB、rC的大小接近, 从而对焦透镜组GF很难具有光焦度, 对焦透镜组GF的移动量增多。

[0816] 为了可靠地得到第9实施方式的效果, 优选使条件式 (JI2) 的上限值为8.000。为了更可靠地得到第9实施方式的效果, 优选使条件式 (JI2) 的上限值为6.000。为了进一步可靠地得到第9实施方式的效果, 优选使条件式 (JI2) 的上限值为5.000。为了进一步可靠地得到第9实施方式的效果, 优选使条件式 (JI2) 的上限值为4.000。

[0817] 当低于条件式 (JI2) 的下限值时, 构成对焦透镜组GF的最靠物体侧的透镜面的曲率半径rB与最靠像面侧的透镜面的曲率半径rC的差变大, 球面像差变动变大。

[0818] 为了可靠地得到第9实施方式的效果, 优选使条件式 (JI2) 的下限值为0.200。为了更可靠地得到第9实施方式的效果, 优选使条件式 (JI2) 的下限值为0.300。为了进一步可靠地得到第9实施方式的效果, 优选使条件式 (JI2) 的下限值为0.400。为了进一步可靠地得到

第9实施方式的效果,优选使条件式(JI2)的下限值为0.500。

[0819] 在第9实施方式的变倍光学系统ZLI中,也可以是,中间透镜组GM所包含的透镜与对焦透镜组GF所包含的透镜相同。

[0820] 根据该结构,通过在进行变倍时使对焦透镜组GF(=中间透镜组GM)与其前后的透镜组之间的间隔变化,能够抑制由变倍引起的像差的降低。

[0821] 关于第9实施方式的变倍光学系统ZLI,也可以是,中间透镜组GM的一部分为对焦透镜组GF。

[0822] 根据该结构,由于能够在进行变倍时使对焦透镜组GF和中间透镜组GM所包含的其他的透镜(配置于对焦透镜组GF的前侧或像侧的透镜)作为一体来移动,因此能够简化镜筒结构。

[0823] 在第9实施方式的变倍光学系统ZLI中,也可以是,配置于对焦透镜组GF(=中间透镜组GM)与在最靠像面侧配置的透镜之间的透镜与防抖透镜组VR所包含的透镜相同。

[0824] 根据该结构,能够保持防抖性能并且实现小型化。

[0825] 关于第9实施方式的变倍光学系统ZLI,也可以是,配置于对焦透镜组GF(=中间透镜组GM)与在最靠像面侧配置的透镜之间的透镜的一部分为防抖透镜组VR所包含的透镜。

[0826] 根据该结构,能够在中间透镜组GM与配置于最靠像面侧的透镜之间配置防抖透镜组VR以外的透镜来提高光学性能。另外,也可以在进行变倍时适当地变更配置于中间透镜组GM的像面侧的透镜间隔。

[0827] 在第9实施方式的变倍光学系统ZLI中,优选的是,在从广角端状态向远焦端状态进行变倍时,配置于对焦透镜组GF的物体侧的透镜中的配置于最靠像面侧的透镜与对焦透镜组GF之间的间隔以暂时缩小然后扩大的方式变化。

[0828] 根据该结构,在进行变倍时,能够良好地对像面弯曲过度化的情况进行校正。

[0829] 第9实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JI3)。

[0830] $0.010 < |f_F/f_{XR}| < 10.000 \cdots$ (JI3)

[0831] 其中,

[0832] f_F :对焦透镜组GF的焦距,

[0833] f_{XR} :前侧透镜组GX中的配置于最靠像面侧的透镜组的焦距。

[0834] 条件式(JI3)规定对焦透镜组GF的焦距相对于与对焦透镜组GF的物体侧相对配置的透镜组的焦距的适当的值。通过满足条件式(JI3),能够在保持近距离性能的同时设定对焦透镜组GF的适当的移动量。

[0835] 当超过条件式(JI3)的上限值时,由于对焦透镜组GF的焦距 f_F 变长,因此对焦时的移动量变大,球面像差和像面弯曲像差变动变大。对焦透镜组GF的移动量变大,从而全长变得大型化。或者,由于与对焦透镜组GF的物体侧相对配置的透镜组的焦距变短,因此在该透镜组中产生的球面像差变大。

[0836] 为了可靠地得到第9实施方式的效果,优选使条件式(JI3)的上限值为8.000。为了更可靠地得到第9实施方式的效果,优选使条件式(JI3)的上限值为6.000。

[0837] 当低于条件式(JI3)的下限值时,由于对焦透镜组GF的焦距变短,因此在对焦透镜组GF中产生的球面像差和像面弯曲像差变大。

[0838] 为了可靠地得到第9实施方式的效果,优选使条件式(JI3)的下限值为0.300。为了

更可靠地得到第9实施方式的效果,优选使条件式(JI3)的下限值为0.650。

[0839] 在第9实施方式的变倍光学系统ZLI中,优选的是,对焦透镜组GF具有满足以下的条件式(JI4)的至少一个正透镜。

[0840] $vdp > 55.000 \cdots$ (JI4)

[0841] 其中,

[0842] vdp :所述正透镜的以d线为基准的阿贝数。

[0843] 条件式(JI4)规定对焦透镜组GF所包含的正透镜的阿贝数的适当的值。通过满足条件式(JI4),能够良好地抑制对焦时的色像差变动。

[0844] 当超过条件式(JI4)的上限值时,在对焦透镜组GF中产生的色像差变得过大,无法良好地进行校正。

[0845] 为了可靠地得到第9实施方式的效果,优选使条件式(JI4)的下限值为60.000。为了更可靠地得到第9实施方式的效果,优选使条件式(JI4)的下限值为65.000。为了进一步可靠地得到第9实施方式的效果,优选使条件式(JI4)的下限值为70.000。

[0846] 如上所述,根据第9实施方式,能够实现小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的变倍光学系统ZLI。

[0847] 接着,参照图65对具备上述的变倍光学系统ZLI的相机(光学设备)1进行说明。该相机1与第1实施方式的相机相同,已经对其结构进行了说明,因此此处省略说明。

[0848] 关于作为摄影镜头2而搭载于本相机1上的第9实施方式的变倍光学系统ZLI,从后述的各实施例也可知,通过其特征性的镜头结构,变得小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能。因此,根据本相机1,能够实现小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的光学设备。

[0849] 另外,在第9实施方式中,虽然对无反相机的例子进行了说明,但是并不限于此。例如,在相机主体上具有快速复原反光镜且通过取景器光学系统观察被摄体的单反类型的相机上搭载了上述的变倍光学系统ZLI的情况下,也能够起到与上述相机1相同的效果。

[0850] 接着,参照图74对上述的变倍光学系统ZLI(ZL7)的制造方法进行概述。首先,以如下方式在镜筒内配置各透镜(步骤ST910):具备配置于最靠物体侧的具有正的光焦度的第1透镜组G1、配置于第1透镜组G1的像面侧且由一个以上的透镜组构成的前侧透镜组GX、配置于前侧透镜组GX的像面侧的中间透镜组GM及配置于中间透镜组GM的像面侧且由一个以上的透镜组构成的后侧透镜组GR。以前侧透镜组GX具备具有负的光焦度的透镜组的方式配置各透镜(步骤ST920)。以如下方式配置各透镜(步骤ST930):中间透镜组GM的至少一部分为对焦透镜组GF,所述对焦透镜组GF具有正的光焦度且在进行对焦时在光轴方向上移动。以如下方式配置各透镜(步骤ST940):在所述对焦透镜组GF与配置于最靠像面侧的透镜之间具有防抖透镜组VR,防抖透镜组VR能够以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动。以如下方式配置各透镜(步骤ST950):在进行变倍时,第1透镜组G1相对于像面移动,第1透镜组G1与前侧透镜组GX之间的间隔变化,前侧透镜组GX与中间透镜组GM之间的间隔变化,中间透镜组GM与后侧透镜组GR之间的间隔变化。以对焦透镜组GF的最靠物体侧的透镜面为向物体侧凸出的形状的方式配置各透镜(步骤ST960)。以满足上述条件式中的至少条件式(JI1)、(JI2)的方式配置各透镜(步骤ST970)。

[0851] 当例举第9实施方式中的透镜配置的一例时,如图25所示,从物体侧依次配置凹面

朝向像面侧的负弯月形透镜L11与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L12的接合透镜来作为第1透镜组G1,配置凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L21、双凹透镜L22及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L23来作为第2透镜组G2,配置双凸透镜L31、孔径光阑S、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L32与凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L33的接合透镜及凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L34与双凸透镜L35的接合透镜来作为第3透镜组G3,配置凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L41来作为第4透镜组G4,配置双凹透镜L51及凸面朝向物体侧的平凸透镜L52来作为第5透镜组G5。通过上述的步骤配置如上所述地准备的各透镜组来制造变倍光学系统ZLI。

[0852] 根据第9实施方式的制造方法,能够制造小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的变倍光学系统ZLI。

[0853] 以下,参照附图对第10实施方式进行说明。如图1所示,第10实施方式的变倍光学系统ZLI (ZL1) 具备配置于最靠物体侧的具有正的光焦度的第1透镜组G1、配置于第1透镜组G1的像面侧且由一个以上的透镜组构成的前侧透镜组GX、配置于前侧透镜组GX的像面侧的中间透镜组GM及配置于中间透镜组GM的像面侧且由一个以上的透镜组构成的后侧透镜组GR,前侧透镜组GX具备具有负的光焦度的透镜组,中间透镜组GM的至少一部分为对焦透镜组GF,所述对焦透镜组GF具有正的光焦度且在进行对焦时在光轴方向上移动,在所述对焦透镜组GF与配置于最靠像面侧的透镜之间具有防抖透镜组VR,防抖透镜组VR能够以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,在进行变倍时,第1透镜组G1相对于像面移动,第1透镜组G1与前侧透镜组GX之间的间隔变化,前侧透镜组GX与中间透镜组GM之间的间隔变化,中间透镜组GM与后侧透镜组GR之间的间隔变化。

[0854] 如上所述,通过具备正的第1透镜组G1、包含负的透镜组的前侧透镜组GX、包含正的对焦透镜组GF的中间透镜组GM及防抖透镜组VR且使各透镜组之间的间隔变化来进行变倍的结构,能够实现小型化且得到良好的光学性能。通过在进行变倍时使第1透镜组G1相对于像面移动的结构,能够高效地进行变倍,能够进一步实现小型化、高性能化(特别是,变倍时的像面弯曲像差的抑制)。通过使用配置于前侧透镜组GX的像面侧的中间透镜组GM的至少一部分来进行对焦的结构,能够抑制对焦时的像倍率变化、球面像差以及像面弯曲像差变动。通过防抖透镜组VR比对焦透镜组GF更靠像面侧且不是最终透镜的结构,能够实现小型化且良好地进行像抖动校正。

[0855] 在第10实施方式中,例如,在作为具备从物体侧依次排列的正的第1透镜组G1、负的第2透镜组G2、正的第3透镜组G3、正的第4透镜组G4及第5透镜组G5且通过第4透镜组G4整体进行对焦的结构的后述的第1实施例的情况下,第2、第3透镜组G2、G3相当于前侧透镜组GX,第4透镜组G4相当于中间透镜组GM,由构成第5透镜组G5的透镜L51、L52构成的接合透镜相当于防抖透镜组VR。

[0856] 另外,在具备从物体侧依次排列的正的第1透镜组G1、负的第2透镜组G2、正的第3透镜组G3、负的第4透镜组G4及第5透镜组G5且通过第3透镜组G3的一部分进行对焦的结构的后述的第14实施例中,第2透镜组G2相当于前侧透镜组GX,第3透镜组G3相当于中间透镜组GM,第4透镜组G4相当于防抖透镜组VR。

[0857] 但是,在第10实施方式中,前侧透镜组GX不限于上述结构,还可以考虑如下所述的结构。

[0858] 例如,在如第1实施例那样具备从物体侧依次排列的正的第1透镜组、负的第2透镜组、正的第3透镜组、正的第4透镜组及第5透镜组的结构中,在将负的第2透镜组分为两个透镜组且通过所述第5透镜组整体来进行对焦时,所述第2~所述第4透镜组相当于前侧透镜组。

[0859] 另外,在如第1实施例那样具备从物体侧依次排列的正的第1透镜组、负的第2透镜组、正的第3透镜组、正的第4透镜组及第5透镜组的结构中,在将正的第1透镜组分为两个透镜组且通过所述第5透镜组整体来进行对焦时,第1透镜组的像侧~所述第4透镜组相当于前侧透镜组。

[0860] 另外,在如第1实施例那样具备从物体侧依次排列的正的第1透镜组、负的第2透镜组、正的第3透镜组、正的第4透镜组及第5透镜组的结构中,当在第2透镜组与第3透镜组之间增加其他的透镜组且通过所述第5透镜组整体来进行对焦时,包含所增加的其他的透镜组在内的所述第2~所述第4透镜组相当于前侧透镜组。

[0861] 根据上述结构,第10实施方式的变倍光学系统ZLI满足以下的条件式(JJ1)。

[0862] $1.050 < (rB+rA) / (rB-rA) \cdots (JJ1)$

[0863] 其中,

[0864] rA:与对焦透镜组GF的最靠物体侧的透镜面隔着空气间隔地相对的透镜面的曲率半径,

[0865] rB:对焦透镜组GF的最靠物体侧的透镜面的曲率半径。

[0866] 条件式(JJ1)规定对焦透镜组GF的物体侧(在近距离对焦时移动的方向)的空气透镜的适当的形状。通过满足条件式(JJ1),空气透镜成为弯月形状,能够保持轴上和轴外的近距离性能。

[0867] 在第10实施方式中,为了可靠地得到上述的效果,优选使条件式(JJ1)的上限值为10.000。为了更可靠地得到第10实施方式的效果,优选使条件式(JJ1)的上限值为6.667。为了进一步可靠地得到第10实施方式的效果,优选使条件式(JJ1)的上限值为5.000。

[0868] 当超过如上所述的条件式(JJ1)的上限值时,由于rA相对于rB变得过大,因此与在与对焦透镜组GF的最靠物体侧的透镜面隔着空气间隔地相对的透镜面上产生的像面弯曲像差相比,在对焦透镜组GF的最靠物体侧的透镜面上产生的像面弯曲像差变大,无限远对焦时和近距离对焦时的像面弯曲像差的变动变大。

[0869] 另外,当低于条件式(JJ1)的下限值时,由于rA相对于rB变得过小,因此无法通过对焦透镜组GF的最靠物体侧的透镜面来完全校正与在对焦透镜组GF的最靠物体侧的透镜面隔着空气间隔地相对的透镜面上产生的像面弯曲像差,无限远对焦时和近距离对焦时的像面弯曲像差的变动变大。

[0870] 为了可靠地得到第10实施方式的效果,优选使条件式(JJ1)的下限值为1.429。为了更可靠地得到第10实施方式的效果,优选使条件式(JJ1)的下限值为1.667。为了进一步可靠地得到第10实施方式的效果,优选使条件式(JJ1)的下限值为2.000。

[0871] 在第10实施方式的变倍光学系统ZLI中,也可以是,中间透镜组GM所包含的透镜与对焦透镜组GF所包含的透镜相同。

[0872] 根据该结构,通过在进行变倍时使对焦透镜组GF(=中间透镜组GM)与其前后的透镜组之间的间隔变化,能够抑制由变倍引起的像差的降低。

[0873] 关于第10实施方式的变倍光学系统ZLI,也可以是,中间透镜组GM的一部分为对焦透镜组GF。

[0874] 根据该结构,由于能够在进行变倍时使对焦透镜组GF和中间透镜组GM所包含的其他的透镜(配置于对焦透镜组GF的前侧或像侧的透镜)作为一体来移动,因此能够简化镜筒结构。

[0875] 在第10实施方式的变倍光学系统ZLI中,也可以是,配置于对焦透镜组GF(=中间透镜组GM)与在最靠像面侧配置的透镜之间的透镜与防抖透镜组VR所包含的透镜相同。

[0876] 根据该结构,能够保持防抖性能并且实现小型化。

[0877] 关于第10实施方式的变倍光学系统ZLI,也可以是,配置于对焦透镜组GF(=中间透镜组GM)与在最靠像面侧配置的透镜之间的透镜的一部分为防抖透镜组VR所包含的透镜。

[0878] 根据该结构,能够在中间透镜组GM与配置于最靠像面侧的透镜之间配置防抖透镜组VR以外的透镜来提高光学性能。另外,也可以在进行了变倍时适当地变更配置于中间透镜组GM的像面侧的透镜间隔。

[0879] 在第10实施方式的变倍光学系统ZLI中,优选的是,在从广角端状态向远焦端状态进行变倍时,配置于对焦透镜组GF的物体侧的透镜中的配置于最靠像面侧的透镜与对焦透镜组GF之间的间隔以暂时缩小然后扩大的方式变化。

[0880] 根据该结构,在进行变倍时,能够良好地对像面弯曲过度化的情况进行校正。

[0881] 第10实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JJ2)。

[0882] $0.010 < |f_F/f_{XR}| < 10.000 \cdots$ (JJ2)

[0883] 其中,

[0884] f_F :对焦透镜组GF的焦距,

[0885] f_{XR} :前侧透镜组GX中的配置于最靠像面侧的透镜组的焦距。

[0886] 条件式(JJ2)规定对焦透镜组GF的焦距相对于与对焦透镜组GF的物体侧相对配置的透镜组的焦距的适当的值。通过满足条件式(JJ2),能够在保持近距离性能的同时设定对焦透镜组GF的适当的移动量。

[0887] 当超过条件式(JJ2)的上限值时,由于对焦透镜组GF的焦距 f_F 变长,因此对焦时的移动量变大,球面像差和像面弯曲像差变动变大。对焦透镜组GF的移动量变大,从而全长变得大型化。或者,由于与对焦透镜组GF的物体侧相对配置的透镜组的焦距变短,因此在该透镜组中产生的球面像差变大。

[0888] 为了可靠地得到第10实施方式的效果,优选使条件式(JJ2)的上限值为8.000。为了更可靠地得到第10实施方式的效果,优选使条件式(JJ2)的上限值为6.000。

[0889] 当超过条件式(JJ2)的下限值时,由于对焦透镜组GF的焦距变短,因此在对焦透镜组GF中产生的球面像差和像面弯曲像差变大。

[0890] 为了可靠地得到第10实施方式的效果,优选使条件式(JJ2)的下限值为0.300。为了更可靠地得到第10实施方式的效果,优选使条件式(JJ2)的下限值为0.650。

[0891] 第10实施方式的变倍光学系统ZLI优选满足以下的条件式(JJ3)。

[0892] $0.000 < \beta_{Fw} < 0.800 \cdots$ (JJ3)

[0893] 其中,

[0894] β_{Fw} :对焦透镜组GF的广角端状态下的横向倍率。

[0895] 条件式(JJ3)用于规定广角端状态下的对焦透镜组GF的倍率的适当的范围。通过满足条件式(JJ3),即使传感器尺寸变大,也能够适当地设定对焦透镜组GF的倍率,因此能够良好地抑制像差变动。

[0896] 当超过条件式(JJ3)的上限值时,虽然能够抑制对焦透镜组GF的移动量,但是无法良好地对近距离对焦时的球面像差变动进行校正。

[0897] 为了可靠地得到第10实施方式的效果,优选使条件式(JJ3)的上限值为0.600。为了更可靠地得到第10实施方式的效果,优选使条件式(JJ3)的上限值为0.400。为了进一步可靠地得到第10实施方式的效果,优选使条件式(JJ3)的上限值为0.360。为了进一步可靠地得到第10实施方式的效果,优选使条件式(JJ3)的上限值为0.350。

[0898] 当低于条件式(JJ3)的下限值时,对焦透镜组GF的移动量增加,光学系统变得大型化,并且无法良好地对对焦时的球面像差、像面弯曲像差变动进行校正。

[0899] 为了可靠地得到第10实施方式的效果,优选使条件式(JJ3)的下限值为0.020。为了更可靠地得到第10实施方式的效果,优选使条件式(JJ3)的下限值为0.040。为了进一步可靠地得到第10实施方式的效果,优选使条件式(JJ3)的下限值为0.060。为了进一步可靠地得到第10实施方式的效果,优选使条件式(JJ3)的下限值为0.080。

[0900] 在第10实施方式的变倍光学系统ZLI中,优选的是,对焦透镜组GF具有满足以下的条件式(JJ4)的至少一个负透镜。

[0901] $v_{dn} < 40.000 \cdots$ (JJ4)

[0902] 其中,

[0903] v_{dn} :所述负透镜的以d线为基准的阿贝数。

[0904] 条件式(JJ4)规定对焦透镜组GF所包含的负透镜的阿贝数的适当的值。通过满足条件式(JJ4),能够良好地抑制对焦时的色像差变动。

[0905] 当超过条件式(JJ4)的上限值时,无法良好地对在对焦透镜组GF中产生的色像差进行校正。

[0906] 为了可靠地得到第10实施方式的效果,优选使条件式(JJ4)的上限值为38.000。为了更可靠地得到第10实施方式的效果,优选使条件式(JJ4)的上限值为36.000。为了进一步可靠地得到第10实施方式的效果,优选使条件式(JJ4)的上限值为34.000。

[0907] 如上所述,根据第10实施方式,能够实现小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的变倍光学系统ZLI。

[0908] 接着,参照图65对具备上述的变倍光学系统ZLI的相机(光学设备)1进行说明。该相机1与第1实施方式的相机相同,已经对其结构进行了说明,因此此处省略说明。

[0909] 关于作为摄影镜头2而搭载于本相机1上的第10实施方式的变倍光学系统ZLI,从后述的各实施例也可知,通过其特征性的镜头结构,变得小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能。因此,根据本相机1,能够实现小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的光学设备。

[0910] 另外,在第10实施方式中,虽然对无反相机的例子进行了说明,但是并不限于此。例如,在相机主体上具有快速复原反光镜且通过取景器光学系统观察被摄体的单反类型的相机上搭载了上述的变倍光学系统ZLI的情况下,也能够起到与上述相机1相同的效

果。

[0911] 接着,参照图75对上述的变倍光学系统ZLI(ZL1)的制造方法进行概述。首先,以如下方式在镜筒内配置各透镜(步骤ST1010):具备配置于最靠物体侧的具有正的光焦度的第1透镜组G1、配置于第1透镜组G1的像面侧且由一个以上的透镜组构成的前侧透镜组GX、配置于前侧透镜组GX的像面侧的中间透镜组GM及配置于中间透镜组GM的像面侧且由一个以上的透镜组构成的后侧透镜组GR。以前侧透镜组GX具备具有负的光焦度的透镜组的方式配置各透镜(步骤ST1020)。以如下方式配置各透镜(步骤ST1030):中间透镜组GM的至少一部分为对焦透镜组GF,所述对焦透镜组GF具有正的光焦度且在进行对焦时在光轴方向上移动。以如下方式配置各透镜(步骤ST1040):在对焦透镜组GF与配置于最靠像面侧的透镜之间具有防抖透镜组VR,防抖透镜组VR能够以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动。以如下方式配置各透镜(步骤ST1050):在进行变倍时,第1透镜组G1相对于像面移动,第1透镜组G1与前侧透镜组GX之间的间隔变化,前侧透镜组GX与中间透镜组GM之间的间隔变化,中间透镜组GM与后侧透镜组GR之间的间隔变化。以满足上述条件式中的至少条件式(JJ1)的方式配置各透镜(步骤ST1060)。

[0912] 当例举第10实施方式中的透镜配置的一例时,如图1所示,从物体侧依次配置凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L11与双凸透镜L12的接合透镜和凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13来作为第1透镜组G1,配置凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L21、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24来作为第2透镜组G2,配置双凸透镜L31、孔径光阑S、凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L32与双凸透镜L33的接合透镜、双凸透镜L34及双凸透镜L35与双凹透镜L36的接合透镜来作为第3透镜组G3,配置双凸透镜L41与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L42的接合透镜来作为第4透镜组G4,配置凸面朝向像面侧的正弯月形透镜L51与双凹透镜L52的接合透镜、双凸透镜L53及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L54来作为第5透镜组G5。通过上述的步骤配置如上所述地准备的各透镜组来制造变倍光学系统ZLI。

[0913] 根据第10实施方式的制造方法,能够制造小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的变倍光学系统ZLI。

[0914] 第1~第10实施方式的实施例

[0915] 根据附图对第1~第10实施方式的各实施例进行说明。以下,示出表1~表14,这些表是第1~第14实施例中的各参数的表。

[0916] 第1~第7、第12实施例等对应于第1实施方式。

[0917] 第1、第2、第4、第8、第10、第11、第13实施例等对应于第2实施方式。

[0918] 第2~第6、第9~第12实施例等对应于第3实施方式。

[0919] 第1~第3、第6~第11、第13实施例等对应于第4实施方式。

[0920] 第1~第13实施例等对应于第5实施方式。

[0921] 第2~第6、第9~第12实施例等对应于第6实施方式。

[0922] 第1~第6、第13、第14实施例等对应于第7实施方式。

[0923] 第1、第2、第4、第13实施例等对应于第8实施方式。

[0924] 第7~第12实施例等对应于第9实施方式。

[0925] 第1~第6、第13、第14实施例等对应于第10实施方式。

[0926] 图1、图5、图9、图13、图17、图21、图25、图29(图30)、图35(图36)、图41(图42)、图47(图48)、图53、图57以及图61是示出各实施例的变倍光学系统ZLI(ZL1~ZL14)的结构和光焦度分配的剖视图。在变倍光学系统ZL1~ZL14的剖视图的下部,通过箭头示出从广角端状态(W)变倍到远焦端状态(T)时的各透镜组沿着光轴的移动方向。在变倍光学系统ZL1~ZL14的剖视图的上部,通过箭头示出从无限远对焦到近距离物体时的对焦透镜组GF的移动方向,并且还示出在对像抖动进行校正时的防抖透镜组VR的情况。

[0927] 另外,关于针对第1实施例的图1的各参照标号,为了避免由参照标号的位数增大引起的说明的复杂化,对每个实施例独立使用。因此,即使标上与其他实施例的附图通用的参照标号,它们与其他实施例也并不一定是通用的结构。

[0928] 以下示出表1~表14,它们是第1实施例~第14实施例中的各参数的表。

[0929] 在各实施例中,作为像差特性的计算对象,选择d线(波长587.562nm)、g线(波长435.835nm)。

[0930] 在表中的[透镜参数]中,面编号表示沿着光线行进的方向的从物体侧起的光学面的顺序,R表示各光学面的曲率半径,D表示从各光学面到下一个光学面(或像面)的光轴上的距离即面间隔,nd表示光学部件的材质的对d线的折射率,vd表示光学部件的材质的以d线为基准的阿贝数。物面表示物体面,(Di)表示第i面与第(i+1)面之间的面间隔,曲率半径的“∞”表示平面或开口,(光圈S)表示孔径光阑S,像面表示像面I。在光学面为非球面时,对面编号标上*标记,在曲率半径R的栏中表示近轴曲率半径。

[0931] 在表中的[非球面数据]中,关于在[透镜参数]中所示的非球面,通过下式(a)表示其形状。 $X(y)$ 表示从非球面的顶点的切面到高度y处的非球面上的位置为止的、沿着光轴方向的距离,R表示基准球面的曲率半径(近轴曲率半径), κ 表示圆锥常数, A_i 表示第i次的非球面系数。“E-n”表示“ $\times 10^{-n}$ ”。例如, $1.234E-05=1.234 \times 10^{-5}$ 。另外,2次的非球面系数 A_2 为0,省略记载。

[0932]
$$X(y) = (y^2/R) / \{1 + (1 - \kappa \times y^2/R^2)^{1/2}\} + A_4 \times y^4 + A_6 \times y^6 + A_8 \times y^8 + A_{10} \times y^{10} + A_{12} \times y^{12} \dots$$

(a)

[0933] 在表中的[各种数据]中,f表示镜头整个系统的焦距,FNo表示F值, ω 表示半视场角(单位:°),Y表示最大像高,BF表示无限远对焦时的光轴上的从镜头最终面到像面I为止的距离,BF(空气)表示将无限远对焦时的光轴上的从镜头最终面到像面I为止的距离通过空气换算长度表示的距离,TL表示在无限远对焦时的光轴上的从镜头最前面到镜头最终面为止的距离上加上BF的距离,TL(空气)表示在无限远对焦时的光轴上的从镜头最前面到镜头最终面为止的距离上加上BF(空气)的距离。

[0934] 在表中的[可变间隔数据]中,示出针对无限远物点和近距离物点的广角端、中间焦距、远焦端的各状态下的整个系统的焦距f、最大摄影倍率 β 、各可变间隔的值Di。另外,在[可变间隔数据]中,D0为从变倍光学系统ZLI的最靠物体侧的透镜面的顶点到物体为止的光轴上的距离,Di表示第i面与第(i+1)面的可变间隔。

[0935] 在表中的[透镜组数据]中,示出各透镜组的始面和焦距。

[0936] 在表中的[条件式对应值]中示出与上述条件式对应的值。

[0937] 以下,在所有的参数值中,关于所记载的焦距f、曲率半径R、面间隔D及其他长度等,在没有特别记载时一般使用“mm”,但是即使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,因此并不限于此。另外,单位不限于“mm”,能够使用其他适当的单位。

[0938] 到此为止的表的说明在所有的实施例中都相同,省略以下的说明。

[0939] (第1实施例)

[0940] 使用图1~图4以及表1对第1实施例进行说明。如图1所示,第1实施例的变倍光学系统ZLI(ZL1)由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4及具有负的光焦度的第5透镜组G5构成。

[0941] 在本实施例中,第2透镜组G2、第3透镜组G3相当于前侧透镜组GX。第4透镜组G4相当于中间透镜组GM(对焦透镜组GF)。第5透镜组G5相当于后侧透镜组GR。另外,由构成第5透镜组G5透镜L51、L52构成的接合透镜相当于防抖透镜组VR。

[0942] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L11与双凸透镜L12的接合透镜及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13构成。

[0943] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L21、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24构成。

[0944] 另外,负弯月形透镜L21是将设置于物体侧的玻璃表面的树脂层形成为非球面形状而成的复合型非球面透镜。另外,负弯月形透镜L24是使像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[0945] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的双凸透镜L31、孔径光阑S、凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L32与双凸透镜L33的接合透镜、双凸透镜L34及双凸透镜L35与双凹透镜L36的接合透镜构成。

[0946] 另外,双凸透镜L31是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[0947] 第4透镜组G4由从物体侧依次排列的双凸透镜L41与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L42的接合透镜构成。

[0948] 第5透镜组G5由从物体侧依次排列的凸面朝向像面侧的正弯月形透镜L51与双凹透镜L52的接合透镜、双凸透镜L53及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L54构成。

[0949] 另外,双凹透镜L52是使像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[0950] 使第1透镜组G1向物体侧移动,使第2透镜组G2暂时向像面侧移动然后向物体侧移动,使第3透镜组G3~第5透镜组G5分别向物体侧移动,使得各透镜组间隔变化,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[0951] 使第4透镜组G4向物体侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[0952] 在产生像抖动时,使由构成第5透镜组G5的透镜L51、L52构成的接合透镜作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。

[0953] 另外,在设整个系统的焦距为 f 、设防抖系数(成像面上的像移动量相对于抖动校正中的移动透镜组的移动量的比)为 K 的摄影镜头中,为了对角度 θ 的旋转抖动进行校正,只要使像抖动校正用的防抖透镜组VR(移动透镜组)在与光轴垂直的方向上移动 $(f \times \tan \theta) / K$ 即可(在之后的实施例中也相同)。

[0954] 在第1实施例中,在广角端状态下,防抖系数为 -0.94 ,焦距为 $24.70(\text{mm})$,因此用于

对 0.66° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 -0.30 (mm)。在中间焦距状态下,防抖系数为 -1.18 ,焦距为 49.50 (mm),因此用于对 0.47° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 -0.34 (mm)。在远焦端状态下,防抖系数为 -1.42 ,焦距为 82.45 (mm),因此用于对 0.36° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 -0.37 (mm)。

[0955] 在下述的表1中示出第1实施例中的各参数的值。表1中的面编号1~35与图1所示的m1~m35的各光学面对应。

[0956] (表1)

[0957] [透镜参数]

面编号	R	D	nd	vd
物面	∞			
1	381.35819	2.000	1.92286	20.9
2	118.42462	5.839	1.59319	67.9
3	-500.00000	0.100	1.00000	
4	51.34579	5.946	1.75500	52.3
5	140.29515	(D5)	1.00000	
*6	153.53752	0.100	1.56093	36.6
7	100.88513	1.250	1.83481	42.7
8	15.12764	9.324	1.00000	
9	-29.69865	1.000	1.80400	46.6
[0958] 10	-197.12774	0.100	1.00000	
11	127.34178	5.891	1.80809	22.7
12	-24.40815	0.725	1.00000	
13	-21.03104	1.200	1.88202	37.2
*14	-47.84526	(D14)	1.00000	
*15	104.68107	2.068	1.72903	54.0
16	-238.15028	1.000	1.00000	
17	(光圈 S)	1.000	1.00000	
18	33.71098	1.000	1.71999	50.3
19	21.08311	5.564	1.49782	82.6
20	-287.32080	0.100	1.00000	
21	44.42896	4.104	1.48749	70.3

	22	-74.98744	0.100	1.00000	
	23	93.37205	4.530	1.95000	29.4
	24	-30.50479	1.000	1.79504	28.7
	25	21.31099	(D25)	1.00000	
	26	42.79038	5.914	1.58313	59.4
	27	-19.56656	1.000	1.79504	28.7
	28	-36.93977	(D28)	1.00000	
[0959]	29	-157.49872	3.569	1.84666	23.8
	30	-23.26034	1.000	1.76802	49.2
	*31	33.47331	3.639	1.00000	
	32	32.59617	9.754	1.49782	82.6
	33	-21.57307	1.578	1.00000	
	34	-20.70024	1.350	1.90366	31.3
	35	-59.06966	(D35)	1.00000	

像面 ∞

[0960] [非球面数据]

[0961] 第6面

[0962] $\kappa=1.00000e+00$

[0963] $A4=1.00626e-05$

[0964] $A6=-2.34691e-08$

[0965] $A8=4.64513e-11$

[0966] $A10=-8.81427e-14$

[0967] $A12=1.22100e-16$

[0968] 第14面

[0969] $\kappa=1.00000e+00$

[0970] $A4=-5.05678e-06$

[0971] $A6=-8.17158e-09$

[0972] $A8=-3.38974e-11$

[0973] $A10=0.00000e+00$

[0974] $A12=0.00000e+00$

[0975] 第15面

[0976] $\kappa=1.00000e+00$

[0977] $A4=-8.97022e-06$

[0978] $A6=-1.67376e-09$

[0979] $A8=-7.29023e-12$

[0980] A10=0.00000e+00
 [0981] A12=0.00000e+00
 [0982] 第31面
 [0983] $\kappa=1.00000e+00$
 [0984] A4=1.12150e-06
 [0985] A6=-1.21533e-08
 [0986] A8=6.82916e-11
 [0987] A10=0.00000e+00
 [0988] A12=0.00000e+00
 [0989] [各种数据]
 [0990] 变倍比 3.34

	广角端	中间	远焦端
f	24.70	49.50	82.45
FNo	2.88	3.61	4.12
ω	41.2	23.5	14.4
Y	19.55	21.63	21.63
TL	143.097	153.553	175.036
BF	25.126	34.230	43.854
BF(空气)	25.126	34.230	43.854

[0992] [可变间隔数据]

无限远对焦时				近距离对焦时		
	广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
f	24.70	49.50	82.45	-	-	-
β	-	-	-	-0.1348	-0.1762	-0.2540
D0	∞	∞	∞	156.90	246.45	274.96
D5	1.500	14.321	30.131	1.500	14.321	30.131
D14	23.482	6.878	1.500	23.482	6.878	1.500
D25	9.245	7.876	9.245	7.646	4.490	2.131
D28	2.000	8.505	8.562	3.599	11.891	15.675
D35	25.126	34.230	43.854	25.126	34.230	43.854

[0994] [透镜组数据]

	组初面	组焦距
第 1 透镜组	1	95.95
第 2 透镜组	6	-18.31
[0995] 第 3 透镜组	15	41.62
第 4 透镜组	26	42.13
第 5 透镜组	29	-75.33
[0996] [条件式对应值]		
[0997] 条件式 (JA1)	$ fF/fRF =0.559$	
[0998] 条件式 (JA2)	$(-fXn)/fXR=0.440$	
[0999] 条件式 (JA3)	$fF/fW=1.706$	
[1000] 条件式 (JA4)	$W\omega=41.209$	
[1001] 条件式 (JA5)	$fF/fXR=1.012$	
[1002] 条件式 (JA6)	$DXRFT/fF=0.219$	
[1003] 条件式 (JA7)	$T\omega=14.424$	
[1004] 条件式 (JA8)	$DGXR/fXR=0.492$	
[1005] 条件式 (JB1)	$(DMRT-DMRW)/fF=0.156$	
[1006] 条件式 (JB2)	$W\omega=41.209$	
[1007] 条件式 (JB3)	$T\omega=14.424$	
[1008] 条件式 (JB4)	$fF/fRF=-0.559$	
[1009] 条件式 (JB5)	$fF/fXR=1.012$	
[1010] 条件式 (JB6)	$DGXR/fXR=0.492$	
[1011] 条件式 (JD1)	$fV/fRF=0.527$	
[1012] 条件式 (JD2)	$DVW/fV=-0.092$	
[1013] 条件式 (JD3)	$W\omega=41.209$	
[1014] 条件式 (JD4)	$fF/fXR=1.012$	
[1015] 条件式 (JD5)	$(-fXn)/fXR=0.440$	
[1016] 条件式 (JD6)	$DGXR/fXR=0.492$	
[1017] 条件式 (JE1)	$DVW/fV=-0.092$	
[1018] 条件式 (JE2)	$W\omega=41.209$	
[1019] 条件式 (JE3)	$fF/fW=1.706$	
[1020] 条件式 (JE4)	$fV/fRF=0.527$	
[1021] 条件式 (JE5)	$fF/fXR=1.012$	
[1022] 条件式 (JE6)	$DGXR/fXR=0.492$	
[1023] 条件式 (JE7)	$DXnW/ZD1=0.735$	
[1024] 条件式 (JG1)	$\beta Ft=-0.077$	
[1025] 条件式 (JG2)	$(rB+rA)/(rB-rA)=2.984$	
[1026] 条件式 (JG3)	$\beta Fw=0.252$	

[1027] 条件式(JH1) $(rB+rA)/(rB-rA)=2.984$

[1028] 条件式(JH2) $(rC+rB)/(rC-rB)=-0.073$

[1029] 条件式(JH3) $|fF/fXR|=1.012$

[1030] 条件式(JH4) $\beta Fw=0.252$

[1031] 条件式(JJ1) $(rB+rA)/(rB-rA)=2.984$

[1032] 条件式(JJ2) $|fF/fXR|=1.012$

[1033] 条件式(JJ3) $\beta Fw=0.252$

[1034] 条件式(JJ4) $v_{dn}=28.690$

[1035] 从表1可知,第1实施例的变倍光学系统ZL1满足条件式(JA1)~(JA8)、(JB1)~(JB6)、(JD1)~(JD6)、(JE1)~(JE7)、(JG1)~(JG3)、(JH1)~(JH4)及(JJ1)~(JJ4)。

[1036] 图2是第1实施例的变倍光学系统ZL1的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及横向像差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图3是第1实施例的变倍光学系统ZL1的极近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及横向像差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图4是第1实施例的变倍光学系统ZL1的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的横向像差图, (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。

[1037] 在各像差图中, FN0表示F值, NA表示数值孔径, Y表示像高。在无限远对焦时的球面像差图中, 示出与最大孔径对应的F值的值。在近距离对焦时的球面像差图中, 示出与最大孔径对应的数值孔径的值。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。在像散图中, 实线表示弧矢像面, 虚线表示子午像面。d表示d线下的像差, g表示g线下的像差。在后述的各实施例的像差图中, 也使用与本实施例相同的标号。

[1038] 从图2~图4可知, 关于第1实施例的变倍光学系统ZL1, 从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到极近距离对焦状态良好地对各像差进行校正, 具有良好的光学性能。另外, 可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[1039] (第2实施例)

[1040] 使用图5~图8以及表2对第2实施例进行说明。如图5所示, 第2实施例的变倍光学系统ZL1(ZL2)由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4、具有负的光焦度的第5透镜组G5及具有正的光焦度的第6透镜组G6构成。

[1041] 在本实施例中, 第2透镜组G2、第3透镜组G3相当于前侧透镜组GX。第4透镜组G4相当于中间透镜组GM(对焦透镜组GF)。第5透镜组G5、第6透镜组G6相当于后侧透镜组GR。另外, 由构成第5透镜组G5透镜L51、L52构成的接合透镜相当于防抖透镜组VR。

[1042] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L11与双凸透镜L12的接合透镜及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13构成。

[1043] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L21、双凹透镜L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24构成。

[1044] 另外, 负弯月形透镜L21是将设置于物体侧的玻璃表面的树脂层形成为非球面形状而成的复合型非球面透镜。另外, 负弯月形透镜L24是使像面侧的透镜面成为非球面形状

的玻璃模铸非球面透镜。

[1045] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的双凸透镜L31、孔径光阑S、凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L32与双凸透镜L33的接合透镜、双凸透镜L34及双凸透镜L35与双凹透镜L36的接合透镜构成。

[1046] 另外,双凸透镜L31是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1047] 第4透镜组G4由从物体侧依次排列的双凸透镜L41与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L42的接合透镜构成。

[1048] 第5透镜组G5由从物体侧依次排列的凸面朝向像面侧的正弯月形透镜L51与双凹透镜L52的接合透镜、双凸透镜L53及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L54构成。

[1049] 另外,双凹透镜L52是使像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1050] 第6透镜组G6由凸面朝向物体侧的平凸透镜L61构成。

[1051] 使第1透镜组G1向物体侧移动,使第2透镜组G2暂时向像面侧移动然后向物体侧移动,使第3透镜组G3~第5透镜组G5分别向物体侧移动,使第6透镜组G6暂时向像面侧移动然后静止,使得各透镜组间隔变化,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[1052] 使第4透镜组G4向物体侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[1053] 在产生像抖动时,使由构成第5透镜组G5的透镜L51、L52构成的接合透镜作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。

[1054] 在第2实施例中,在广角端状态下,防抖系数为-0.90,焦距为24.70 (mm),因此用于对 0.66° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.32 (mm)。在中间焦距状态下,防抖系数为-1.13,焦距为49.50 (mm),因此用于对 0.47° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.36 (mm)。在远焦端状态下,防抖系数为-1.39,焦距为82.45 (mm),因此用于对 0.36° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.38 (mm)。

[1055] 下述的表2中示出第2实施例中的各参数的值。表2中的面编号1~37与图5所示的m1~m37的各光学面对应。

[1056] (表2)

[1057] [透镜参数]

面编号	R	D	nd	vd
物面	∞			
1	359.61837	2.000	1.92286	20.9
2	116.11567	5.903	1.59319	67.9
3	-500.00000	0.100	1.00000	
4	52.83898	5.793	1.75500	52.3
5	147.40256	(D5)	1.00000	
*6	115.98790	0.100	1.56093	36.6
7	104.86281	1.250	1.83481	42.7
[1058] 8	15.37855	9.261	1.00000	
9	-34.42374	1.000	1.80400	46.6
10	1416.33070	0.793	1.00000	
11	227.12896	5.779	1.80809	22.7
12	-24.67083	0.853	1.00000	
13	-21.21084	1.200	1.88202	37.2
*14	-41.40267	(D14)	1.00000	
*15	85.72894	2.079	1.72903	54.0
16	-479.69633	1.000	1.00000	
17	(光圈 S)	1.000	1.00000	

	18	32.99718	1.000	1.71999	50.3
	19	20.35793	5.787	1.49782	82.6
	20	-240.67823	0.100	1.00000	
	21	38.71137	4.194	1.48749	70.3
	22	-88.89400	0.100	1.00000	
	23	79.80151	4.537	1.95000	29.4
	24	-31.24970	1.000	1.79504	28.7
	25	19.62299	(D25)	1.00000	
	26	42.91576	5.430	1.58313	59.4
	27	-21.06499	1.000	1.79504	28.7
[1059]	28	-40.55627	(D28)	1.00000	
	29	-146.83351	3.433	1.84666	23.8
	30	-24.26623	1.000	1.76801	49.2
	*31	34.22177	4.214	1.00000	
	32	32.96615	10.097	1.49782	82.6
	33	-22.52074	2.026	1.00000	
	34	-21.40929	1.350	1.90366	31.3
	35	-71.06117	(D35)	1.00000	
	36	264.25001	2.645	1.75500	52.3
	37	0.00000	(D37)	1.00000	
	像面	∞			
[1060]	[非球面数据]				
[1061]	第6面				
[1062]	$\kappa=1.00000\text{e}+00$				
[1063]	$A4=4.18792\text{e}-06$				
[1064]	$A6=-1.42449\text{e}-08$				
[1065]	$A8=2.61317\text{e}-11$				
[1066]	$A10=-5.51120\text{e}-14$				
[1067]	$A12=7.44400\text{e}-17$				
[1068]	第14面				
[1069]	$\kappa=1.00000\text{e}+00$				
[1070]	$A4=-6.91770\text{e}-06$				
[1071]	$A6=-9.53529\text{e}-09$				

[1072] $A_8 = -3.52582e-11$
 [1073] $A_{10} = 0.00000e+00$
 [1074] $A_{12} = 0.00000e+00$
 [1075] 第15面
 [1076] $\kappa = 1.00000e+00$
 [1077] $A_4 = -8.57335e-06$
 [1078] $A_6 = -1.84259e-09$
 [1079] $A_8 = -2.99082e-12$
 [1080] $A_{10} = 0.00000e+00$
 [1081] $A_{12} = 0.00000e+00$
 [1082] 第31面
 [1083] $\kappa = 1.00000e+00$
 [1084] $A_4 = 9.53637e-07$
 [1085] $A_6 = -1.23037e-08$
 [1086] $A_8 = 6.38181e-11$
 [1087] $A_{10} = 0.00000e+00$
 [1088] $A_{12} = 0.00000e+00$
 [1089] [各种数据]
 [1090] 变倍比 3.34

	广角端	中间	远焦端
[1091] f	24.70	49.50	82.45
FNo	2.88	3.66	4.18
ω	41.2	23.5	14.4
Y	19.53	21.63	21.63
[1092] TL	143.097	153.886	175.269
BF	19.550	18.000	18.000
BF(空气)	19.550	18.000	18.000
[1093] [可变间隔数据]			

无限远对焦时				近距离对焦时		
	广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
f	24.70	49.50	82.45	-	-	-
β	-	-	-	-0.1347	-0.1757	-0.2508
D0	∞	∞	∞	156.90	246.11	274.73
[1094] D5	1.500	14.377	30.069	1.500	14.377	30.069
D14	23.496	6.830	1.500	23.496	6.830	1.500
D25	9.027	8.025	9.027	7.291	4.564	2.193
D28	2.000	8.179	7.861	3.736	11.640	14.695
D35	1.500	12.451	22.788	1.500	12.451	22.788
D37	19.550	18.000	18.000	19.550	18.000	18.000
[1095] [透镜组数据]						
		组初面	组焦距			
	第 1 透镜组	1	96.84			
	第 2 透镜组	6	-19.18			
[1096]	第 3 透镜组	15	40.71			
	第 4 透镜组	26	44.16			
	第 5 透镜组	29	-63.84			
	第 6 透镜组	36	350.00			
[1097]	[条件式对应值]					
[1098]	条件式 (JA1) fF/fRF =0.692					
[1099]	条件式 (JA2) (-fXn)/fXR=0.471					
[1100]	条件式 (JA3) fF/fW=1.788					
[1101]	条件式 (JA4) Wω=41.170					
[1102]	条件式 (JA5) fF/fXR=1.085					
[1103]	条件式 (JA6) DXRFT/fF=0.204					
[1104]	条件式 (JA7) Tω=14.405					
[1105]	条件式 (JA8) DGXR/fXR=0.511					
[1106]	条件式 (JB1) (DMRT-DMRW)/fF=0.133					
[1107]	条件式 (JB2) Wω=41.170					
[1108]	条件式 (JB3) Tω=14.405					
[1109]	条件式 (JB4) fF/fRF=-0.692					
[1110]	条件式 (JB5) fF/fXR=1.085					
[1111]	条件式 (JB6) DGXR/fXR=0.511					

- [1112] 条件式(JC1) $|fF/fRF|=0.692$
- [1113] 条件式(JC2) $(DMRT-DMRW)/fF=0.133$
- [1114] 条件式(JC3) $W\omega=41.170$
- [1115] 条件式(JC4) $T\omega=14.405$
- [1116] 条件式(JC5) $fRF/fRF2=-0.182$
- [1117] 条件式(JC6) $DGXR/fXR=0.511$
- [1118] 条件式(JD1) $fV/fRF=0.621$
- [1119] 条件式(JD2) $DVW/fV=-0.106$
- [1120] 条件式(JD3) $W\omega=41.170$
- [1121] 条件式(JD4) $fF/fXR=1.085$
- [1122] 条件式(JD5) $(-fXn)/fXR=0.471$
- [1123] 条件式(JD6) $DGXR/fXR=0.511$
- [1124] 条件式(JE1) $DVW/fV=-0.106$
- [1125] 条件式(JE2) $W\omega=41.170$
- [1126] 条件式(JE3) $fF/fW=1.788$
- [1127] 条件式(JE4) $fV/fRF=0.621$
- [1128] 条件式(JE5) $fF/fXR=1.085$
- [1129] 条件式(JE6) $DGXR/fXR=0.511$
- [1130] 条件式(JE7) $DXnW/ZD1=0.730$
- [1131] 条件式(JF1) $fF/fV=-1.113$
- [1132] 条件式(JF2) $fV/fRF=0.621$
- [1133] 条件式(JF3) $DVW/fV=-0.106$
- [1134] 条件式(JF4) $W\omega=41.170$
- [1135] 条件式(JF5) $fF/fXR=1.085$
- [1136] 条件式(JF6) $DGXR/fXR=0.511$
- [1137] 条件式(JF7) $TLW/ZD1=4.448$
- [1138] 条件式(JG1) $\beta Ft=0.011$
- [1139] 条件式(JG2) $(rB+rA)/(rB-rA)=2.685$
- [1140] 条件式(JG3) $\beta Fw=0.301$
- [1141] 条件式(JH1) $(rB+rA)/(rB-rA)=2.685$
- [1142] 条件式(JH2) $(rC+rB)/(rC-rB)=-0.028$
- [1143] 条件式(JH3) $|fF/fXR|=1.085$
- [1144] 条件式(JH4) $\beta Fw=0.301$
- [1145] 条件式(JJ1) $(rB+rA)/(rB-rA)=2.685$
- [1146] 条件式(JJ2) $|fF/fXR|=1.085$
- [1147] 条件式(JJ3) $\beta Fw=0.301$
- [1148] 条件式(JJ4) $v_{dn}=28.690$
- [1149] 从表2可知,第2实施例的变倍光学系统ZL2满足条件式(JA1)~(JA8)、(JB1)~(JB6)、(JC1)~(JC6)、(JD1)~(JD6)、(JE1)~(JE7)、(JF1)~(JF7)、(JG1)~(JG3)、(JH1)

~(JH4)及(JJ1)~(JJ4)。

[1150] 图6是第2实施例的变倍光学系统ZL2的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及横向像差图)，(a)表示广角端状态，(b)表示中间焦距状态，(c)表示远焦端状态。图7是第2实施例的变倍光学系统ZL2的极近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及横向像差图)，(a)表示广角端状态，(b)表示中间焦距状态，(c)表示远焦端状态。图8是第2实施例的变倍光学系统ZL2的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的横向像差图，(a)表示广角端状态，(b)表示中间焦距状态，(c)表示远焦端状态。

[1151] 从图6~图8可知，关于第2实施例的变倍光学系统ZL2，从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到极近距离对焦状态良好地对各像差进行校正，具有良好的光学性能。另外，可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[1152] (第3实施例)

[1153] 使用图9~图12以及表3对第3实施例进行说明。如图9所示，第3实施例的变倍光学系统ZL1(ZL3)由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4、具有负的光焦度的第5透镜组G5及具有正的光焦度的第6透镜组G6构成。

[1154] 在本实施例中，第2透镜组G2、第3透镜组G3相当于前侧透镜组GX。第4透镜组G4相当于中间透镜组GM(对焦透镜组GF)。第5透镜组G5、第6透镜组G6相当于后侧透镜组GR。另外，由构成第5透镜组G5透镜L51、L52构成的接合透镜相当于防抖透镜组VR。

[1155] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L11与双凸透镜L12的接合透镜及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13构成。

[1156] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L21、双凹透镜L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24构成。

[1157] 另外，负弯月形透镜L21是将设置于物体侧的玻璃表面的树脂层形成为非球面形状而成的复合型非球面透镜。另外，负弯月形透镜L24是使像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1158] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的双凸透镜L31、孔径光阑S、凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L32与双凸透镜L33的接合透镜、双凸透镜L34及双凸透镜L35与双凹透镜L36的接合透镜构成。

[1159] 另外，双凸透镜L31是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1160] 第4透镜组G4由从物体侧依次排列的双凸透镜L41与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L42的接合透镜构成。

[1161] 第5透镜组G5由从物体侧依次排列的凸面朝向像面侧的正弯月形透镜L51与双凹透镜L52的接合透镜、双凸透镜L53及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L54构成。

[1162] 另外，双凹透镜L52是使像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1163] 第6透镜组G6由凸面朝向物体侧的平凸透镜L61构成。

[1164] 使第1透镜组G1向物体侧移动，使第2透镜组G2暂时向像面侧移动然后向物体侧移动，使第3透镜组G3~第5透镜组G5分别向物体侧移动，固定第6透镜组G6，使得各透镜组间隔变化，从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[1165] 使第4透镜组G4向物体侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[1166] 在产生像抖动时,使由构成第5透镜组G5的透镜L51、L52构成的接合透镜作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。

[1167] 在第3实施例中,在广角端状态下,防抖系数为-0.89,焦距为24.70 (mm),因此用于对 0.66° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.32 (mm)。在中间焦距状态下,防抖系数为-1.12,焦距为49.50 (mm),因此用于对 0.47° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.36 (mm)。在远焦端状态下,防抖系数为-1.36,焦距为82.45 (mm),因此用于对 0.36° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.38 (mm)。

[1168] 下述的表3示出第3实施例中的各参数的值。表3中的面编号1~37与图9所示的m1~m37的各光学面对应。

[1169] (表3)

[1170] [透镜参数]

	面编号	R	D	nd	vd
	物面	∞			
[1171]	1	401.00863	2.000	1.92286	20.9
	2	121.16792	5.742	1.59319	67.9

	3	-500.00000	0.100	1.00000	
	4	52.80844	5.796	1.75500	52.3
	5	147.40686	(D5)	1.00000	
	*6	108.54719	0.100	1.56093	36.6
	7	99.55361	1.250	1.83481	42.7
	8	15.35689	9.477	1.00000	
	9	-34.05998	1.000	1.80400	46.6
	10	2673.65980	0.729	1.00000	
	11	251.58062	5.749	1.80809	22.7
	12	-24.57937	0.829	1.00000	
	13	-21.23925	1.200	1.88202	37.2
	*14	-41.22866	(D14)	1.00000	
	*15	86.90278	2.077	1.72903	54.0
	16	-447.48345	1.000	1.00000	
[1172]	17	(光圈 S)	1.000	1.00000	
	18	33.03101	1.012	1.71999	50.3
	19	19.99010	5.930	1.49782	82.6
	20	-183.22190	0.100	1.00000	
	21	37.75493	4.200	1.48749	70.3
	22	-92.50584	0.100	1.00000	
	23	79.05844	4.581	1.95000	29.4
	24	-30.34409	1.000	1.79504	28.7
	25	19.34777	(D25)	1.00000	
	26	42.98351	5.284	1.58313	59.4
	27	-22.08681	1.000	1.79504	28.7
	28	-42.74259	(D28)	1.00000	
	29	-142.46452	3.388	1.84666	23.8
	30	-24.56214	1.000	1.76801	49.2
	*31	34.56633	4.383	1.00000	
	32	34.09549	10.068	1.49782	82.6

	33	-22.62444	2.036	1.00000	
	34	-21.66642	1.350	1.90366	31.3
[1173]	35	-72.61079	(D35)	1.00000	
	36	211.40000	2.805	1.75500	52.3
	37	0.00000	(D37)	1.00000	
	像面	∞			
[1174]	[非球面数据]				
[1175]	第6面				
[1176]	$\kappa=1.00000\text{e}+00$				
[1177]	$A4=3.98249\text{e}-06$				
[1178]	$A6=-1.35472\text{e}-08$				
[1179]	$A8=2.33425\text{e}-11$				
[1180]	$A10=-4.97934\text{e}-14$				
[1181]	$A12=6.80330\text{e}-17$				
[1182]	第14面				
[1183]	$\kappa=1.00000\text{e}+00$				
[1184]	$A4=-6.91076\text{e}-06$				
[1185]	$A6=-9.38363\text{e}-09$				
[1186]	$A8=-3.61645\text{e}-11$				
[1187]	$A10=0.00000\text{e}+00$				
[1188]	$A12=0.00000\text{e}+00$				
[1189]	第15面				
[1190]	$\kappa=1.00000\text{e}+00$				
[1191]	$A4=-8.54887\text{e}-06$				
[1192]	$A6=-1.66295\text{e}-09$				
[1193]	$A8=-2.55600\text{e}-12$				
[1194]	$A10=0.00000\text{e}+00$				
[1195]	$A12=0.00000\text{e}+00$				
[1196]	第31面				
[1197]	$\kappa=1.00000\text{e}+00$				
[1198]	$A4=9.30632\text{e}-07$				
[1199]	$A6=-1.25999\text{e}-08$				
[1200]	$A8=6.47905\text{e}-11$				
[1201]	$A10=0.00000\text{e}+00$				
[1202]	$A12=0.00000\text{e}+00$				
[1203]	[各种数据]				
[1204]	变倍比 3.34				

		广角端	中间	远焦端			
	f	24.70	49.50	82.45			
	FNo	2.88	3.69	4.17			
[1205]	ω	41.2	23.5	14.4			
	Y	19.51	21.63	21.63			
	TL	143.096	153.330	175.621			
	BF	18.993	18.993	18.993			
	BF(空气)	18.993	18.993	18.993			
[1206]	[可变间隔数据]						
		无限远对焦时			近距离对焦时		
		广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
	f	24.70	49.50	82.45	-	-	-
[1207]	β	-	-	-	-0.1347	-0.1763	-0.2504
	D0	∞	∞	∞	156.90	246.67	274.38
	D5	1.500	13.708	30.328	1.500	13.708	30.328
	D14	23.612	6.595	1.500	23.612	6.595	1.500
	D25	9.104	7.953	9.104	7.333	4.455	2.224
	D28	2.000	8.603	8.304	3.771	12.101	15.183
[1208]	D35	1.602	11.192	21.108	1.602	11.192	21.108
	D37	18.993	18.993	18.993	18.993	18.993	18.993
[1209]	[透镜组数据]						
		组初面		组焦距			
	第 1 透镜组	1		98.11			
	第 2 透镜组	6		-19.28			
[1210]	第 3 透镜组	15		40.04			
	第 4 透镜组	26		45.21			
	第 5 透镜组	29		-62.15			
	第 6 透镜组	36		280.00			
[1211]	[条件式对应值]						
[1212]	条件式 (JA1) $ fF/f_{RF} =0.727$						
[1213]	条件式 (JA2) $(-fX_n)/f_{XR}=0.482$						
[1214]	条件式 (JA3) $fF/f_W=1.830$						

- [1215] 条件式 (JA4) $W \omega = 41.170$
- [1216] 条件式 (JA5) $fF/fXR = 1.129$
- [1217] 条件式 (JA6) $DXRFT/fF = 0.201$
- [1218] 条件式 (JA7) $T \omega = 14.423$
- [1219] 条件式 (JA8) $DGXR/fXR = 0.525$
- [1220] 条件式 (JC1) $|fF/fRF| = 0.727$
- [1221] 条件式 (JC2) $(DMRT-DMRW)/fF = 0.139$
- [1222] 条件式 (JC3) $W \omega = 41.170$
- [1223] 条件式 (JC4) $T \omega = 14.423$
- [1224] 条件式 (JC5) $fRF/fRF2 = -0.222$
- [1225] 条件式 (JC6) $DGXR/fXR = 0.525$
- [1226] 条件式 (JD1) $fV/fRF = 0.639$
- [1227] 条件式 (JD2) $DVW/fV = -0.110$
- [1228] 条件式 (JD3) $W \omega = 41.170$
- [1229] 条件式 (JD4) $fF/fXR = 1.129$
- [1230] 条件式 (JD5) $(-fXn)/fXR = 0.482$
- [1231] 条件式 (JD6) $DGXR/fXR = 0.525$
- [1232] 条件式 (JE1) $DVW/fV = -0.110$
- [1233] 条件式 (JE2) $W \omega = 41.170$
- [1234] 条件式 (JE3) $fF/fW = 1.830$
- [1235] 条件式 (JE4) $fV/fRF = 0.639$
- [1236] 条件式 (JE5) $fF/fXR = 1.129$
- [1237] 条件式 (JE6) $DGXR/fXR = 0.525$
- [1238] 条件式 (JE7) $DXnW/ZD1 = 0.726$
- [1239] 条件式 (JF1) $fF/fV = -1.139$
- [1240] 条件式 (JF2) $fV/fRF = 0.639$
- [1241] 条件式 (JF3) $DVW/fV = -0.110$
- [1242] 条件式 (JF4) $W \omega = 41.170$
- [1243] 条件式 (JF5) $fF/fXR = 1.129$
- [1244] 条件式 (JF6) $DGXR/fXR = 0.525$
- [1245] 条件式 (JF7) $TLW/ZD1 = 4.399$
- [1246] 条件式 (JG1) $\beta Ft = 0.035$
- [1247] 条件式 (JG2) $(rB+rA)/(rB-rA) = 2.637$
- [1248] 条件式 (JG3) $\beta Fw = 0.323$
- [1249] 条件式 (JJ1) $(rB+rA)/(rB-rA) = 2.637$
- [1250] 条件式 (JJ2) $|fF/fXR| = 1.129$
- [1251] 条件式 (JJ3) $\beta Fw = 0.323$
- [1252] 条件式 (JJ4) $v_{dn} = 28.690$
- [1253] 从表3可知,第3实施例的变倍光学系统ZL3满足条件式 (JA1) ~ (JA8)、(JC1) ~

(JC6)、(JD1)～(JD6)、(JE1)～(JE7)、(JF1)～(JF7)、(JG1)～(JG3)及(JJ1)～(JJ4)。

[1254] 图10是第3实施例的变倍光学系统ZL3的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及横向像差图)，(a)表示广角端状态，(b)表示中间焦距状态，(c)表示远焦端状态。图11是第3实施例的变倍光学系统ZL3的极近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及横向像差图)，(a)表示广角端状态，(b)表示中间焦距状态，(c)表示远焦端状态。图12是第3实施例的变倍光学系统ZL3的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的横向像差图，(a)表示广角端状态，(b)表示中间焦距状态，(c)表示远焦端状态。

[1255] 从图10～图12可知，关于第3实施例的变倍光学系统ZL3，从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到极近距离对焦状态良好地对各像差进行校正，具有良好的光学性能。另外，可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[1256] (第4实施例)

[1257] 使用图13～图16以及表4对第4实施例进行说明。如图13所示，第4实施例的变倍光学系统ZL1(ZL4)由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4、具有负的光焦度的第5透镜组G5及具有正的光焦度的第6透镜组G6构成。

[1258] 在本实施例中，第2透镜组G2、第3透镜组G3相当于前侧透镜组GX。第4透镜组G4相当于中间透镜组GM(对焦透镜组GF)。第5透镜组G5、第6透镜组G6相当于后侧透镜组GR。另外，第5透镜组G5相当于防抖透镜组VR。

[1259] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L11与双凸透镜L12的接合透镜及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13构成。

[1260] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L21、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24构成。

[1261] 另外，负弯月形透镜L21是将设置于物体侧的玻璃表面的树脂层形成为非球面形状而成的复合型非球面透镜。另外，负弯月形透镜L24是使像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1262] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的双凸透镜L31、孔径光阑S、凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L32与双凸透镜L33的接合透镜、双凸透镜L34及双凸透镜L35与双凹透镜L36的接合透镜构成。

[1263] 另外，双凸透镜L31是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1264] 第4透镜组G4由从物体侧依次排列的双凸透镜L41与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L42的接合透镜构成。

[1265] 第5透镜组G5由从物体侧依次排列的凸面朝向像面侧的正弯月形透镜L51与双凹透镜L52的接合透镜构成。

[1266] 另外，双凹透镜L52是使像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1267] 第6透镜组G6由从物体侧依次排列的双凸透镜L61及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L62构成。

[1268] 使第1透镜组G1向物体侧移动，使第2透镜组G2暂时向像面侧移动然后向物体侧移动，使第3透镜组G3～第6透镜组G6分别向物体侧移动，使得各透镜组间隔变化，从而进行从

广角端状态向远焦端状态的变倍。

[1269] 使第4透镜组G4向物体侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[1270] 在产生像抖动时,使第5透镜组G5作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。

[1271] 在第4实施例中,在广角端状态下,防抖系数为-0.94,焦距为24.70 (mm),因此用于对0.66°的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.30 (mm)。在中间焦距状态下,防抖系数为-1.17,焦距为49.50 (mm),因此用于对0.47°的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.34 (mm)。在远焦端状态下,防抖系数为-1.42,焦距为82.45 (mm),因此用于对0.36°的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.37 (mm)。

[1272] 下述的表4中示出第4实施例中的各参数的值。表4中的面编号1~35与图13所示的m1~m35的各光学面对应。

[1273] (表4)

[1274] [透镜参数]

[1275] 面编号 R D nd vd

物面	∞			
1	378.17737	2.000	1.92286	20.9
2	118.11934	5.844	1.59319	67.9
3	-500.00000	0.100	1.00000	
4	51.63655	5.920	1.75500	52.3
5	141.87634	(D5)	1.00000	
*6	158.15149	0.100	1.56093	36.6
7	102.00883	1.250	1.83481	42.7
8	15.22160	9.303	1.00000	
9	-29.63785	1.000	1.80400	46.6
10	-225.21525	0.104	1.00000	
11	119.10029	5.891	1.80809	22.7
12	-24.72064	0.782	1.00000	
13	-21.10048	1.200	1.88202	37.2
*14	-47.00882	(D14)	1.00000	
[1276] *15	109.65633	2.066	1.72903	54.0
16	-215.77979	1.000	1.00000	
17	(光圈 S)	1.000	1.00000	
18	33.67783	1.000	1.71999	50.3
19	20.98173	5.562	1.49782	82.6
20	-304.24111	0.100	1.00000	
21	43.99361	4.136	1.48749	70.3
22	-73.22133	0.100	1.00000	
23	94.72252	4.517	1.95000	29.4
24	-30.47819	1.000	1.79504	28.7
25	21.31000	(D25)	1.00000	
26	42.90428	5.891	1.58313	59.4
27	-19.57454	1.000	1.79504	28.7
28	-36.90143	(D28)	1.00000	
29	-156.74405	3.568	1.84666	23.8

	30	-23.21215	1.000	1.76801	49.2
	*31	33.50218	(D31)	1.00000	
	32	32.35097	9.840	1.49782	82.6
[1277]	33	-21.82936	1.696	1.00000	
	34	-20.79382	1.350	1.90366	31.3
	35	-59.98623	(D35)	1.00000	
	像面	∞			
[1278]	[非球面数据]				
[1279]	第6面				
[1280]	$\kappa=1.00000e+00$				
[1281]	$A4=1.01851e-05$				
[1282]	$A6=-2.38470e-08$				
[1283]	$A8=4.98807e-11$				
[1284]	$A10=-9.80153e-14$				
[1285]	$A12=1.34160e-16$				
[1286]	第14面				
[1287]	$\kappa=1.00000e+00$				
[1288]	$A4=-4.81580e-06$				
[1289]	$A6=-8.49768e-09$				
[1290]	$A8=-2.93682e-11$				
[1291]	$A10=0.00000e+00$				
[1292]	$A12=0.00000e+00$				
[1293]	第15面				
[1294]	$\kappa=1.00000e+00$				
[1295]	$A4=-8.99460e-06$				
[1296]	$A6=-2.39078e-09$				
[1297]	$A8=-4.17876e-12$				
[1298]	$A10=0.00000e+00$				
[1299]	$A12=0.00000e+00$				
[1300]	第31面				
[1301]	$\kappa=1.00000e+00$				
[1302]	$A4=1.13063e-06$				
[1303]	$A6=-1.26643e-08$				
[1304]	$A8=6.92538e-11$				
[1305]	$A10=0.00000e+00$				
[1306]	$A12=0.00000e+00$				
[1307]	[各种数据]				

[1308] 变倍比 3.34

	广角端	中间	远焦端
f	24.70	49.50	82.45
FNo	2.88	3.61	4.12
ω	41.2	23.5	14.4
[1309] Y	19.55	21.63	21.63
TL	143.097	153.486	174.987
BF	24.715	33.738	43.584
BF(空气)	24.715	33.738	43.584

[1310] [可变间隔数据]

无限远对焦时				近距离对焦时		
	广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
f	24.70	49.50	82.45	-	-	-
[1311] β	-	-	-	-0.1348	-0.1761	-0.2538
D0	∞	∞	∞	156.90	246.51	275.01
D5	1.500	14.376	30.144	1.500	14.376	30.144
D14	23.482	6.861	1.500	23.482	6.861	1.500
D25	9.211	7.842	9.211	7.612	4.456	2.133
[1312] D28	2.000	8.508	8.464	3.599	11.894	15.542
D31	3.868	3.841	3.763	3.868	3.841	3.763
D35	24.715	33.738	43.584	24.715	33.738	43.584

[1313] [透镜组数据]

	组初面	组焦距
第 1 透镜组	1	96.10
第 2 透镜组	6	-18.35
[1314] 第 3 透镜组	15	41.62
第 4 透镜组	26	42.14
第 5 透镜组	29	-39.73
第 6 透镜组	32	82.66

[1315] [条件式对应值]

[1316] 条件式 (JA1) $|f_F/f_{RF}|=1.061$ [1317] 条件式 (JA2) $(-f_{Xn})/f_{XR}=0.441$

- [1318] 条件式 (JA3) $fF/fW=1.706$
- [1319] 条件式 (JA4) $W\omega=41.170$
- [1320] 条件式 (JA5) $fF/fXR=1.013$
- [1321] 条件式 (JA6) $DXRFT/fF=0.219$
- [1322] 条件式 (JA7) $T\omega=14.405$
- [1323] 条件式 (JA8) $DGXR/fXR=0.492$
- [1324] 条件式 (JB1) $(DMRT-DMRW)/fF=0.153$
- [1325] 条件式 (JB2) $W\omega=41.170$
- [1326] 条件式 (JB3) $T\omega=14.405$
- [1327] 条件式 (JB4) $fF/fRF=-1.061$
- [1328] 条件式 (JB5) $fF/fXR=1.013$
- [1329] 条件式 (JB6) $DGXR/fXR=0.492$
- [1330] 条件式 (JC1) $|fF/fRF|=1.061$
- [1331] 条件式 (JC2) $(DMRT-DMRW)/fF=0.153$
- [1332] 条件式 (JC3) $W\omega=41.170$
- [1333] 条件式 (JC4) $T\omega=14.405$
- [1334] 条件式 (JC5) $fRF/fRF2=-0.481$
- [1335] 条件式 (JC6) $DGXR/fXR=0.492$
- [1336] 条件式 (JE1) $DVW/fV=-0.097$
- [1337] 条件式 (JE2) $W\omega=41.170$
- [1338] 条件式 (JE3) $fF/fW=1.706$
- [1339] 条件式 (JE4) $fV/fRF=1.000$
- [1340] 条件式 (JE5) $fF/fXR=1.013$
- [1341] 条件式 (JE6) $DGXR/fXR=0.492$
- [1342] 条件式 (JE7) $DXnW/ZD1=0.736$
- [1343] 条件式 (JF1) $fF/fV=-1.061$
- [1344] 条件式 (JF2) $fV/fRF=1.000$
- [1345] 条件式 (JF3) $DVW/fV=-0.097$
- [1346] 条件式 (JF4) $W\omega=41.170$
- [1347] 条件式 (JF5) $fF/fXR=1.013$
- [1348] 条件式 (JF6) $DGXR/fXR=0.492$
- [1349] 条件式 (JF7) $TLW/ZD1=4.487$
- [1350] 条件式 (JG1) $\beta Ft=-0.075$
- [1351] 条件式 (JG2) $(rB+rA)/(rB-rA)=2.974$
- [1352] 条件式 (JG3) $\beta Fw=0.252$
- [1353] 条件式 (JH1) $(rB+rA)/(rB-rA)=2.974$
- [1354] 条件式 (JH2) $(rC+rB)/(rC-rB)=-0.075$
- [1355] 条件式 (JH3) $|fF/fXR|=1.013$
- [1356] 条件式 (JH4) $\beta Fw=0.252$

[1357] 条件式(JJ1) $(rB+rA)/(rB-rA)=2.974$

[1358] 条件式(JJ2) $|fF/fXR|=1.013$

[1359] 条件式(JJ3) $\beta Fw=0.252$

[1360] 条件式(JJ4) $v_{dn}=28.690$

[1361] 从表4可知,第4实施例的变倍光学系统ZL4满足条件式(JA1)~(JA8)、(JB1)~(JB6)、(JC1)~(JC6)、(JE1)~(JE7)、(JF1)~(JF7)、(JG1)~(JG3)、(JH1)~(JH4)及(JJ1)~(JJ4)。

[1362] 图14是第4实施例的变倍光学系统ZL4的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及横向像差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图15是第4实施例的变倍光学系统ZL4的极近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及横向像差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图16是第4实施例的变倍光学系统ZL4的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的横向像差图, (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。

[1363] 从图14~图16可知,关于第4实施例的变倍光学系统ZL4,从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到极近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[1364] (第5实施例)

[1365] 使用图17~图20以及表5对第5实施例进行说明。如图17所示,第5实施例的变倍光学系统ZL1(ZL5)由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4、具有负的光焦度的第5透镜组G5及具有正的光焦度的第6透镜组G6构成。

[1366] 在本实施例中,第2透镜组G2、第3透镜组G3相当于前侧透镜组GX。第4透镜组G4相当于中间透镜组GM(对焦透镜组GF)。第5透镜组G5、第6透镜组G6相当于后侧透镜组GR。另外,第5透镜组G5相当于防抖透镜组VR。

[1367] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L11与双凸透镜L12的接合透镜及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13构成。

[1368] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L21、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24构成。

[1369] 另外,负弯月形透镜L21是将设置于物体侧的玻璃表面的树脂层成为非球面形状而成的复合型非球面透镜。另外,负弯月形透镜L24是使像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1370] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的双凸透镜L31、孔径光阑S、凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L32与双凸透镜L33的接合透镜、双凸透镜L34及双凸透镜L35与双凹透镜L36的接合透镜构成。

[1371] 另外,双凸透镜L31是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1372] 第4透镜组G4由从物体侧依次排列的双凸透镜L41与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L42的接合透镜构成。

[1373] 第5透镜组G5由从物体侧依次排列的凸面朝向像面侧的正弯月形透镜L51与双凹

透镜L52的接合透镜及双凸透镜L53及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L54构成。

[1374] 另外,双凹透镜L52是使像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1375] 第6透镜组G6由双凸透镜L61构成。

[1376] 使第1透镜组G1向物体侧移动,使第2透镜组G2暂时向像面侧移动然后向物体侧移动,使第3透镜组G3~第5透镜组G5分别向物体侧移动,固定第6透镜组G6,使得各透镜组间隔变化,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[1377] 使第4透镜组G4向物体侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[1378] 在产生像抖动时,使第5透镜组G5作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。

[1379] 在第5实施例中,在广角端状态下,防抖系数为-0.62,焦距为24.70 (mm),因此用于对 0.66° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.46 (mm)。在中间焦距状态下,防抖系数为-0.81,焦距为49.50 (mm),因此用于对 0.47° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.50 (mm)。在远焦端状态下,防抖系数为-0.95,焦距为82.45 (mm),因此用于对 0.36° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.55 (mm)。

[1380] 下述的表5中示出第5实施例中的各参数的值。表5中的面编号1~37与图17所示的m1~m37的各光学面对应。

[1381] (表5)

[1382] [透镜参数]

面编号	R	D	nd	vd
物面	∞			
1	295.45596	2.000	1.92286	20.9
2	110.24643	5.870	1.59319	67.9
3	-762.56799	0.100	1.00000	
4	52.19538	5.859	1.75500	52.3
5	144.16926	(D5)	1.00000	
*6	109.99857	0.100	1.56093	36.6
7	103.82935	1.250	1.83481	42.7
8	15.13651	9.424	1.00000	
9	-34.78713	1.000	1.80400	46.6
10	-503.06886	0.819	1.00000	
[1383] 11	2775.06080	5.758	1.80809	22.7
12	-23.63444	0.718	1.00000	
13	-20.84765	1.200	1.88202	37.2
*14	-39.84738	(D14)	1.00000	
*15	82.51823	2.198	1.72903	54.0
16	-285.57791	1.186	1.00000	
17	(光圈 S)	1.000	1.00000	
18	32.15650	1.000	1.71999	50.3
19	19.37917	5.884	1.49782	82.6
20	-409.37679	0.249	1.00000	
21	41.07452	4.188	1.48749	70.3
22	-76.88713	0.100	1.00000	
23	74.66430	4.688	1.95000	29.4

	24	-29.06368	1.000	1.79504	28.7
	25	18.99382	(D25)	1.00000	
	26	41.64101	5.232	1.58313	59.4
	27	-21.80056	1.000	1.79504	28.7
	28	-43.03347	(D28)	1.00000	
	29	-68.65494	3.317	1.84666	23.8
	30	-21.63496	1.000	1.76801	49.2
[1384]	*31	37.94747	3.255	1.00000	
	32	35.65453	9.755	1.49782	82.6
	33	-23.00928	3.310	1.00000	
	34	-21.30043	1.350	1.90366	31.3
	35	-68.20008	(D35)	1.00000	
	36	90.55364	4.191	1.75500	52.3
	37	-30469.89300	(D37)	1.00000	
	像面	∞			
[1385]	[非球面数据]				
[1386]	第6面				
[1387]	$\kappa=1.00000e+00$				
[1388]	$A4=3.67375e-06$				
[1389]	$A6=-1.67560e-08$				
[1390]	$A8=4.54335e-11$				
[1391]	$A10=-1.18164e-13$				
[1392]	$A12=1.47210e-16$				
[1393]	第14面				
[1394]	$\kappa=1.00000e+00$				
[1395]	$A4=-7.51479e-06$				
[1396]	$A6=-1.04712e-08$				
[1397]	$A8=-4.76282e-11$				
[1398]	$A10=0.00000e+00$				
[1399]	$A12=0.00000e+00$				
[1400]	第15面				
[1401]	$\kappa=1.00000e+00$				
[1402]	$A4=-8.62200e-06$				
[1403]	$A6=-1.80573e-09$				
[1404]	$A8=-3.76827e-12$				

- [1405] A10=0.00000e+00
 [1406] A12=0.00000e+00
 [1407] 第31面
 [1408] $\kappa=1.00000e+00$
 [1409] A4=2.00569e-07
 [1410] A6=-8.00922e-09
 [1411] A8=2.97959e-11
 [1412] A10=0.00000e+00
 [1413] A12=0.00000e+00
 [1414] [各种数据]
 [1415] 变倍比 3.34

	广角端	中间	远焦端
f	24.70	49.50	82.45
FNo	2.88	3.77	4.18
ω	41.2	23.6	14.4
Y	19.46	21.58	21.63
TL	143.097	153.446	174.658
BF	18.000	18.000	18.000
BF(空气)	18.000	18.000	18.000

- [1417] [可变间隔数据]

无限远对焦时				近距离对焦时		
	广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
f	24.70	49.50	82.45	-	-	-
β	-	-	-	-0.1344	-0.1767	-0.2469
D0	∞	∞	∞	156.90	246.55	275.34
D5	1.500	12.508	29.852	1.500	12.508	29.852
D14	23.482	6.573	1.500	23.482	6.573	1.500
D25	8.585	7.859	8.614	6.830	4.586	2.213
D28	2.028	8.415	8.819	3.783	11.689	15.219
D35	1.500	12.088	19.873	1.500	12.088	19.873
D37	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000

- [1419] [透镜组数据]

	组初面	组焦距
第 1 透镜组	1	96.36
第 2 透镜组	6	-19.49
[1420] 第 3 透镜组	15	39.23
第 4 透镜组	26	44.83
第 5 透镜组	29	-46.93
第 6 透镜组	36	119.59
[1421] [条件式对应值]		
[1422] 条件式 (JA1) $ f_F/f_{RF} =0.955$		
[1423] 条件式 (JA2) $(-f_{Xn})/f_{XR}=0.497$		
[1424] 条件式 (JA3) $f_F/f_W=1.815$		
[1425] 条件式 (JA4) $W\omega=41.170$		
[1426] 条件式 (JA5) $f_F/f_{XR}=1.143$		
[1427] 条件式 (JA6) $DX_{RFT}/f_F=0.192$		
[1428] 条件式 (JA7) $T\omega=14.423$		
[1429] 条件式 (JA8) $DG_{XR}/f_{XR}=0.548$		
[1430] 条件式 (JC1) $ f_F/f_{RF} =0.955$		
[1431] 条件式 (JC2) $(DM_{RT}-DM_{RW})/f_F=0.151$		
[1432] 条件式 (JC3) $W\omega=41.170$		
[1433] 条件式 (JC4) $T\omega=14.423$		
[1434] 条件式 (JC5) $f_{RF}/f_{RF2}=-0.392$		
[1435] 条件式 (JC6) $DG_{XR}/f_{XR}=0.548$		
[1436] 条件式 (JE1) $DV_W/f_V=-0.032$		
[1437] 条件式 (JE2) $W\omega=41.170$		
[1438] 条件式 (JE3) $f_F/f_W=1.815$		
[1439] 条件式 (JE4) $f_V/f_{RF}=1.000$		
[1440] 条件式 (JE5) $f_F/f_{XR}=1.143$		
[1441] 条件式 (JE6) $DG_{XR}/f_{XR}=0.548$		
[1442] 条件式 (JE7) $DX_nW/ZD1=0.744$		
[1443] 条件式 (JF1) $f_F/f_V=-0.955$		
[1444] 条件式 (JF2) $f_V/f_{RF}=1.000$		
[1445] 条件式 (JF3) $DV_W/f_V=-0.032$		
[1446] 条件式 (JF4) $W\omega=41.170$		
[1447] 条件式 (JF5) $f_F/f_{XR}=1.143$		
[1448] 条件式 (JF6) $DG_{XR}/f_{XR}=0.548$		
[1449] 条件式 (JF7) $TLW/ZD1=4.534$		
[1450] 条件式 (JG1) $\beta F_t=0.084$		

[1451] 条件式(JG2) $(rB+rA)/(rB-rA)=2.677$

[1452] 条件式(JG3) $\beta Fw=0.344$

[1453] 条件式(JJ1) $(rB+rA)/(rB-rA)=2.677$

[1454] 条件式(JJ2) $|fF/fXR|=1.143$

[1455] 条件式(JJ3) $\beta Fw=0.344$

[1456] 条件式(JJ4) $v_{dn}=28.690$

[1457] 从表5可知,第5实施例的变倍光学系统ZL5满足条件式(JA1)~(JA8)、(JC1)~(JC6)、(JE1)~(JE7)、(JF1)~(JF7)、(JG1)~(JG3)及(JJ1)~(JJ4)。

[1458] 图18是第5实施例的变倍光学系统ZL5的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及横向像差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图19是第5实施例的变倍光学系统ZL5的极近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及横向像差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图20是第5实施例的变倍光学系统ZL5的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的横向像差图, (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。

[1459] 从图18~图20可知,关于第5实施例的变倍光学系统ZL5,从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到极近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[1460] (第6实施例)

[1461] 使用图21~图24以及表6对第6实施例进行说明。如图21所示,第6实施例的变倍光学系统ZL6由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4、具有负的光焦度的第5透镜组G5及具有负的光焦度的第6透镜组G6构成。

[1462] 在本实施例中,第2透镜组G2、第3透镜组G3相当于前侧透镜组GX。第4透镜组G4相当于中间透镜组GM(对焦透镜组GF)。第5透镜组G5、第6透镜组G6相当于后侧透镜组GR。另外,第5透镜组G5相当于防抖透镜组VR。

[1463] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L11与双凸透镜L12的接合透镜及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13构成。

[1464] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L21、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24构成。

[1465] 另外,负弯月形透镜L21是将设置于物体侧的玻璃表面的树脂层形成为非球面形状而成的复合型非球面透镜。另外,负弯月形透镜L24是使像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1466] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的双凸透镜L31、孔径光阑S、凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L32与双凸透镜L33的接合透镜、双凸透镜L34及双凸透镜L35与双凹透镜L36的接合透镜构成。

[1467] 另外,双凸透镜L31是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1468] 第4透镜组G4由从物体侧依次排列的双凸透镜L41与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L42的接合透镜构成。

[1469] 第5透镜组G5由从物体侧依次排列的凸面朝向像面侧的正弯月形透镜L51与双凹透镜L52的接合透镜、双凸透镜L53及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L54构成。

[1470] 另外,双凹透镜L52是使像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1471] 第6透镜组G6由凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L61构成。

[1472] 使第1透镜组G1向物体侧移动,使第2透镜组G2暂时向像面侧移动然后向物体侧移动,使第3透镜组G3~第5透镜组G5分别向物体侧移动,固定第6透镜组G6,使得各透镜组间隔变化,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[1473] 使第4透镜组G4向物体侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[1474] 在产生像抖动时,使第5透镜组G5作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。

[1475] 在第6实施例中,在广角端状态下,防抖系数为-0.48,焦距为24.70 (mm),因此用于对 0.66° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.59 (mm)。在中间焦距状态下,防抖系数为-0.59,焦距为49.50 (mm),因此用于对 0.47° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.68 (mm)。在远焦端状态下,防抖系数为-0.74,焦距为82.46 (mm),因此用于对 0.36° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.71 (mm)。

[1476] 下述的表6中示出第6实施例中的各参数的值。表6中的面编号1~37与图21所示的m1~m37的各光学面对应。

[1477] (表6)

[1478] [透镜参数]

面编号	R	D	nd	vd
物面	∞			
1	392.75985	2.000	1.92286	20.9
2	119.59613	5.794	1.59319	67.9
3	-500.00000	0.100	1.00000	
4	51.57912	5.854	1.75500	52.3
5	137.74730	(D5)	1.00000	
*6	161.69102	0.100	1.56093	36.6
7	96.90163	1.250	1.83481	42.7
8	15.23869	9.338	1.00000	
9	-29.78956	1.000	1.80400	46.6
10	-188.44242	0.100	1.00000	
11	95.54244	5.972	1.80809	22.7
12	-25.31883	0.699	1.00000	
[1479] 13	-21.69584	1.200	1.88202	37.2
*14	-54.45730	(D14)	1.00000	
*15	115.10942	2.078	1.72903	54.0
16	-187.67701	1.000	1.00000	
17	(光圈 S)	1.000	1.00000	
18	34.13749	1.000	1.71999	50.3
19	21.51053	5.519	1.49782	82.6
20	-269.16753	0.100	1.00000	
21	46.87275	4.114	1.48749	70.3
22	-68.86740	0.100	1.00000	
23	101.74251	4.500	1.95000	29.4
24	-30.45826	1.000	1.79504	28.7
25	21.82068	(D25)	1.00000	
26	42.76309	5.976	1.58313	59.4
27	-18.88564	1.000	1.79504	28.7

	28	-35.66684	(D28)	1.00000	
	29	-173.43687	3.567	1.84666	23.8
	30	-23.10720	1.000	1.76801	49.2
	*31	32.70838	3.851	1.00000	
	32	31.14900	9.731	1.49782	82.6
[1480]	33	-21.98428	1.876	1.00000	
	34	-20.68510	1.350	1.90366	31.3
	35	-63.60008	(D35)	1.00000	
	36	-198.28686	2.001	1.75500	52.3
	37	-270.03296	(D37)	1.00000	
	像面	∞			
[1481]	[非球面数据]				
[1482]	第6面				
[1483]	$\kappa=1.00000\text{e}+00$				
[1484]	$A4=1.15342\text{e}-05$				
[1485]	$A6=-2.68541\text{e}-08$				
[1486]	$A8=6.60621\text{e}-11$				
[1487]	$A10=-1.47648\text{e}-13$				
[1488]	$A12=2.00960\text{e}-16$				
[1489]	第14面				
[1490]	$\kappa=1.00000\text{e}+00$				
[1491]	$A4=-3.91709\text{e}-06$				
[1492]	$A6=-7.48599\text{e}-09$				
[1493]	$A8=-2.82710\text{e}-11$				
[1494]	$A10=0.00000\text{e}+00$				
[1495]	$A12=0.00000\text{e}+00$				
[1496]	第15面				
[1497]	$\kappa=1.00000\text{e}+00$				
[1498]	$A4=-9.35866\text{e}-06$				
[1499]	$A6=-2.05242\text{e}-09$				
[1500]	$A8=-7.75454\text{e}-12$				
[1501]	$A10=0.00000\text{e}+00$				
[1502]	$A12=0.00000\text{e}+00$				
[1503]	第31面				
[1504]	$\kappa=1.00000\text{e}+00$				
[1505]	$A4=1.33757\text{e}-06$				

[1506] $A6 = -1.37803e-08$
 [1507] $A8 = 7.72183e-11$
 [1508] $A10 = 0.00000e+00$
 [1509] $A12 = 0.00000e+00$
 [1510] [各种数据]
 [1511] 变倍比 3.34

	广角端	中间	远焦端
f	24.70	49.50	82.46
FNo	2.88	3.58	4.12
ω	41.2	23.5	14.4
[1512] Y	19.60	21.63	21.63
TL	143.097	153.272	174.682
BF	18.314	18.314	18.314
BF(空气)	18.314	18.314	18.314

[1513] [可变间隔数据]

	无限远对焦时			近距离对焦时		
	广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
[1514] f	24.70	49.50	82.46	-	-	-
β	-	-	-	-0.1348	-0.1751	-0.2532
D0	∞	∞	∞	156.90	246.73	275.32
D5	1.500	15.191	30.588	1.500	15.191	30.588
D14	23.482	6.907	1.500	23.482	6.907	1.500
[1515] D25	8.944	7.575	8.944	7.398	4.258	2.057
D28	2.000	8.848	8.851	3.546	12.165	15.738
D35	4.687	12.268	22.315	4.687	12.268	22.315
D37	18.314	18.314	18.314	18.314	18.314	18.314

[1516] [透镜组数据]

	组初面	组焦距
第 1 透镜组	1	97.91
第 2 透镜组	6	-18.30
[1517] 第 3 透镜组	15	41.55
第 4 透镜组	26	41.49
第 5 透镜组	29	-71.27
第 6 透镜组	36	-1000.48
[1518]	[条件式对应值]	
[1519]	条件式 (JA1) $ f_F/f_{RF} =0.582$	
[1520]	条件式 (JA2) $(-f_{Xn})/f_{XR}=0.440$	
[1521]	条件式 (JA3) $f_F/f_W=1.680$	
[1522]	条件式 (JA4) $W\omega=41.166$	
[1523]	条件式 (JA5) $f_F/f_{XR}=0.999$	
[1524]	条件式 (JA6) $DX_{RFT}/f_F=0.216$	
[1525]	条件式 (JA7) $T\omega=14.422$	
[1526]	条件式 (JA8) $DG_{XR}/f_{XR}=0.491$	
[1527]	条件式 (JC1) $ f_F/f_{RF} =0.582$	
[1528]	条件式 (JC2) $(DM_{RT}-DM_{RW})/f_F=0.165$	
[1529]	条件式 (JC3) $W\omega=41.166$	
[1530]	条件式 (JC4) $T\omega=14.422$	
[1531]	条件式 (JC5) $f_{RF}/f_{RF2}=0.071$	
[1532]	条件式 (JC6) $DG_{XR}/f_{XR}=0.491$	
[1533]	条件式 (JD1) $f_V/f_{RF}=0.558$	
[1534]	条件式 (JD2) $DV_W/f_V=-0.097$	
[1535]	条件式 (JD3) $W\omega=41.166$	
[1536]	条件式 (JD4) $f_F/f_{XR}=0.999$	
[1537]	条件式 (JD5) $(-f_{Xn})/f_{XR}=0.440$	
[1538]	条件式 (JD6) $DG_{XR}/f_{XR}=0.491$	
[1539]	条件式 (JE1) $DV_W/f_V=-0.097$	
[1540]	条件式 (JE2) $W\omega=41.166$	
[1541]	条件式 (JE3) $f_F/f_W=1.680$	
[1542]	条件式 (JE4) $f_V/f_{RF}=0.558$	
[1543]	条件式 (JE5) $f_F/f_{XR}=0.999$	
[1544]	条件式 (JE6) $DG_{XR}/f_{XR}=0.491$	
[1545]	条件式 (JE7) $DX_nW/ZD1=0.743$	
[1546]	条件式 (JF1) $f_F/f_V=-1.044$	
[1547]	条件式 (JF2) $f_V/f_{RF}=0.558$	

[1548] 条件式(JF3) $DVW/fV = -0.097$

[1549] 条件式(JF4) $W\omega = 41.166$

[1550] 条件式(JF5) $fF/fXR = 0.999$

[1551] 条件式(JF6) $DGXR/fXR = 0.491$

[1552] 条件式(JF7) $TLW/ZD1 = 4.531$

[1553] 条件式(JG1) $\beta Ft = -0.086$

[1554] 条件式(JG2) $(rB+rA)/(rB-rA) = 3.084$

[1555] 条件式(JG3) $\beta Fw = 0.247$

[1556] 条件式(JJ1) $(rB+rA)/(rB-rA) = 3.084$

[1557] 条件式(JJ2) $|fF/fXR| = 0.999$

[1558] 条件式(JJ3) $\beta Fw = 0.247$

[1559] 条件式(JJ4) $v_{dn} = 28.690$

[1560] 从表6可知,第6实施例的变倍光学系统ZL6满足条件式(JA1)~(JA8)、(JC1)~(JC6)、(JD1)~(JD6)、(JE1)~(JE7)、(JF1)~(JF7)、(JG1)~(JG3)及(JJ1)~(JJ4)。

[1561] 图22是第6实施例的变倍光学系统ZL6的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及横向像差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图23是第6实施例的变倍光学系统ZL6的极近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及横向像差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图24是第6实施例的变倍光学系统ZL6的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的横向像差图, (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。

[1562] 从图22~图24可知,关于第6实施例的变倍光学系统ZL6,从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到极近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[1563] (第7实施例)

[1564] 使用图25~图28以及表7对第7实施例进行说明。如图25所示,第7实施例的变倍光学系统ZL7(ZL7)由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4及具有负的光焦度的第5透镜组G5构成。

[1565] 在本实施例中,第2透镜组G2、第3透镜组G3相当于前侧透镜组GX。第4透镜组G4相当于中间透镜组GM(对焦透镜组GF)。第5透镜组G5相当于后侧透镜组GR。构成第5透镜组G5的透镜L51相当于防抖透镜组VR。

[1566] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L11与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L12的接合透镜构成。

[1567] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L21、双凹透镜L22及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L23构成。

[1568] 另外,双凹透镜L22是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1569] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的双凸透镜L31、孔径光阑S、凸面朝向物体侧的

正弯月形透镜L32与凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L33的接合透镜及凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L34与双凸透镜L35的接合透镜构成。

[1570] 另外,双凸透镜L31是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。另外,负弯月形透镜L34是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1571] 第4透镜组G4由凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L41构成。

[1572] 第5透镜组G5由从物体侧依次排列的双凹透镜L51及凸面朝向物体侧的平凸透镜L52构成。

[1573] 另外,双凹透镜L51是使像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1574] 使第1透镜组G1向物体侧移动,使第2透镜组G2暂时向像面侧移动然后向物体侧移动,使第3透镜组G3~第5透镜组G5分别向物体侧移动,使得各透镜组间隔变化,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[1575] 使第4透镜组G4向物体侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[1576] 在产生像抖动时,使构成第5透镜组G5的透镜L51作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。

[1577] 另外,在通过整个系统的焦距为 f 且防抖系数(成像面上的像移动量相对于像抖动校正中的防抖透镜组VR的移动量的比)为 K 的透镜对角度 θ 的旋转抖动进行校正时,只要使抖动校正用的防抖透镜组VR在与光轴垂直方向上移动 $(f \cdot \tan\theta)/K$ 即可(在之后的实施例中相同)。

[1578] 此时,在广角端状态下,防抖系数为 -0.62 ,焦距为 $16.48(\text{mm})$,因此用于对 0.66° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.31(\text{mm})$ 。在中间焦距状态下,防抖系数为 -0.99 ,焦距为 $34.25(\text{mm})$,因此用于对 0.46° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.28(\text{mm})$ 。在远焦端状态下,防抖系数为 -1.46 ,焦距为 $58.20(\text{mm})$,因此用于对 0.35° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.24(\text{mm})$ 。

[1579] 下述的表7中示出第7实施例中的各参数的值。表7中的面编号1~24与图25所示的 $m1 \sim m24$ 的各光学面对应。

[1580] (表7)

[1581] [透镜参数]

	面编号	R	D	nd	vd
	物面	∞			
	1	43.79676	1.500	1.94594	18.0
	2	35.71919	8.259	1.72916	54.6
	3	168.44179	(D3)	1.00000	
	4	76.58634	1.000	1.83481	42.7
	5	11.93768	8.172	1.00000	
	*6	-54.31728	1.000	1.72903	54.0
	*7	44.95600	2.010	1.00000	
	8	38.50340	1.960	1.94594	18.0
	9	296.58796	(D9)	1.00000	
	*10	49.99513	2.935	1.72903	54.0
[1582]	11	-182.58975	1.800	1.00000	
	12	(光圈 S)	1.500	1.00000	
	13	16.31284	5.400	1.49782	82.6
	14	1195.94540	1.000	1.79504	28.7
	15	24.50722	1.600	1.00000	
	*16	125.06202	1.163	1.61881	63.9
	17	16.61859	5.607	1.49782	82.6
	18	-16.44266	(D18)	1.00000	
	19	26.26030	1.950	1.49782	82.6
	20	77.07450	(D20)	1.00000	
	21	-278.32369	1.000	1.72903	54.0
	*22	23.32173	2.400	1.00000	
	23	28.41583	5.000	1.49782	82.6
	24	0.00000	(D24)	1.00000	
[1583]	像面	∞			
[1584]	[非球面数据]				

	面	κ	A4	A6	A8	A10		
[1585]	6	1.00000e+00	-4.02893e-05	1.52864e-07	2.23393e-11	-1.05980e-11		
	7	1.00000e+00	-5.21860e-05	2.50219e-07	-1.77796e-09	0.00000e+00		
	10	1.00000e+00	-8.87905e-06	-4.22167e-08	4.77859e-11	1.70976e-13		
	16	1.00000e+00	-4.52195e-05	-6.85752e-08	7.76036e-10	-8.98336e-12		
	22	1.00000e+00	-3.30586e-06	5.77655e-09	-7.26907e-10	1.01636e-11		
[1586]	[各种数据]							
[1587]	变倍比 3.53							
[1588]			广角端	中间	远焦端			
	f		16.48	34.25	58.20			
	FNo		2.85	3.89	3.99			
	ω		40.8	22.6	13.6			
	Y		12.66	14.19	14.25			
	TL		97.178	108.425	130.072			
	BF		13.112	24.600	39.181			
	BF(空气)		13.112	24.600	39.181			
[1589]	[可变间隔数据]							
[1590]			无限远对焦时			近距离对焦时		
			广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
	f		16.48	34.25	58.20	-	-	-
	β		-	-	-	-0.1314	-0.1025	-0.2407
	D0		∞	∞	∞	102.82	291.57	169.93
	D3		0.800	13.732	25.000	0.800	13.732	25.000
	D9		17.218	4.344	0.800	17.218	4.344	0.800
	D18		3.824	3.000	8.436	1.470	0.510	1.217
[1591]	D20		6.968	7.494	1.400	9.322	9.984	8.618
	D24		13.112	24.600	39.181	13.112	24.600	39.181
[1592]	[透镜组数据]							

	组初面	组焦距
第 1 透镜组	1	85.49
第 2 透镜组	4	-15.08
第 3 透镜组	10	25.39
第 4 透镜组	19	79.00
第 5 透镜组	21	-66.87

[1594] [条件式对应值]

[1595] 条件式 (JA1) $|f_F/f_{RF}|=1.181$

[1596] 条件式 (JA2) $(-f_{Xn})/f_{XR}=0.594$

[1597] 条件式 (JA3) $f_F/f_W=4.793$

[1598] 条件式 (JA4) $W\omega=40.739$

[1599] 条件式 (JA5) $f_F/f_{XR}=3.112$

[1600] 条件式 (JA6) $DX_{RFT}/f_F=0.107$

[1601] 条件式 (JA7) $T\omega=13.730$

[1602] 条件式 (JA8) $DG_{XR}/f_{XR}=0.827$

[1603] 条件式 (JD1) $f_V/f_{RF}=0.441$

[1604] 条件式 (JD2) $DVW/f_V=-0.081$

[1605] 条件式 (JD3) $W\omega=40.739$

[1606] 条件式 (JD4) $f_F/f_{XR}=3.112$

[1607] 条件式 (JD5) $(-f_{Xn})/f_{XR}=0.594$

[1608] 条件式 (JD6) $DG_{XR}/f_{XR}=0.827$

[1609] 条件式 (JE1) $DVW/f_V=-0.081$

[1610] 条件式 (JE2) $W\omega=40.739$

[1611] 条件式 (JE3) $f_F/f_W=4.793$

[1612] 条件式 (JE4) $f_V/f_{RF}=0.441$

[1613] 条件式 (JE5) $f_F/f_{XR}=3.112$

[1614] 条件式 (JE6) $DG_{XR}/f_{XR}=0.827$

[1615] 条件式 (JE7) $DX_nW/ZD1=0.523$

[1616] 条件式 (JI1) $(r_B+r_A)/(r_B-r_A)=0.230$

[1617] 条件式 (JI2) $(r_C+r_B)/(r_C-r_B)=2.034$

[1618] 条件式 (JI3) $|f_F/f_{XR}|=3.112$

[1619] 条件式 (JI4) $v_{dp}=82.570$

[1620] 从表7可知,第7实施例的变倍光学系统ZL7满足条件式 (JA1) ~ (JA8)、(JD1) ~ (JD6)、(JE1) ~ (JE7) 及 (JI1) ~ (JI4)。

[1621] 图26是第7实施例的变倍光学系统ZL7的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及横向像差图), (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。图27是第7实施例的变倍光学系统ZL7的极近距离对焦时的各像差

图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及横向像差图), (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。图28是第7实施例的变倍光学系统ZL7的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的横向像差图, (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。

[1622] 从图26~图28可知, 关于第7实施例的变倍光学系统ZL7, 从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到极近距离对焦状态良好地对各像差进行校正, 具有良好的光学性能。另外, 可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[1623] (第8实施例)

[1624] 使用图29~图34以及表8对第8实施例进行说明。如图29(图30)所示, 第8实施例的变倍光学系统ZL1(ZL8)由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4及具有正的光焦度的第5透镜组G5构成。

[1625] 在图29所示的实施例中, 第2透镜组G2、第3透镜组G3相当于前侧透镜组GX。第4透镜组G4相当于中间透镜组GM(对焦透镜组GF)。第5透镜组G5相当于后侧透镜组GR。构成第5透镜组G5的透镜L51相当于防抖透镜组VR。

[1626] 在图30所示的实施例中, 第2透镜组G2、第3透镜组G3相当于前侧透镜组GX。第4透镜组G4相当于中间透镜组GM(对焦透镜组GF)。第5透镜组G5相当于后侧透镜组GR。构成第5透镜组G5的透镜L52相当于防抖透镜组VR。

[1627] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L11与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L12的接合透镜构成。

[1628] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L21、双凹透镜L22及双凸透镜L23构成。

[1629] 另外, 双凹透镜L22是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1630] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的双凸透镜L31、孔径光阑S、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L32与凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L33的接合透镜及凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L34与双凸透镜L35的接合透镜构成。

[1631] 另外, 双凸透镜L31是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。另外, 负弯月形透镜L34是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1632] 第4透镜组G4由凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L41构成。

[1633] 第5透镜组G5由从物体侧依次排列的双凸透镜L51、双凹透镜L52、双凸透镜L53及双凸透镜L54构成。

[1634] 另外, 双凸透镜L51是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。另外, 双凹透镜L52是使像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1635] 使第1透镜组G1~第5透镜组G5分别向物体侧移动, 使得各透镜组间隔变化, 从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[1636] 使第4透镜组G4向物体侧移动, 从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[1637] 如图29所示, 在产生像抖动时, 使构成第5透镜组G5的透镜L51作为防抖透镜组VR

而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。

[1638] 此时,在广角端状态下,防抖系数为0.41,焦距为16.48 (mm),因此用于对 0.66° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为0.47 (mm)。在中间焦距状态下,防抖系数为0.52,焦距为34.52 (mm),因此用于对 0.46° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为0.53 (mm)。在远焦端状态下,防抖系数为0.59,焦距为58.20 (mm),因此用于对 0.35° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为0.61 (mm)。

[1639] 另外,在本实施例中,如图30所示,也可以构成为,在产生像抖动时,使构成第5透镜组G5的透镜L52作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。

[1640] 此时,在广角端状态下,防抖系数为-1.29,焦距为16.48 (mm),因此用于对 0.66° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.15 (mm)。在中间焦距状态下,防抖系数为-1.74,焦距为34.52 (mm),因此用于对 0.46° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.16 (mm)。在远焦端状态下,防抖系数为-2.00,焦距为58.20 (mm),因此用于对 0.35° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.18 (mm)。

[1641] 下述的表8中示出第8实施例中的各参数的值。表8中的面编号1~28与图29(图30)所示的m1~m28的各光学面对应。

[1642] (表8)

[1643] [透镜参数]

	面编号	R	D	nd	vd
	物面	∞			
	1	52.01929	1.500	1.94594	18.0
	2	38.70649	6.705	1.80400	46.6
	3	208.84711	(D3)	1.00000	
[1644]	4	54.86747	1.000	1.80400	46.6
	5	10.90252	9.493	1.00000	
	*6	-29.74452	1.000	1.72903	54.0
	*7	85.46789	0.533	1.00000	
	8	62.70343	2.179	1.94594	18.0
	9	-203.90514	(D9)	1.00000	

	*10	52.30971	3.200	1.72903	54.0
	11	-35.75411	1.800	1.00000	
	12	(光圈 S)	1.500	1.00000	
	13	47.59945	3.600	1.48749	70.3
	14	54.00000	1.000	1.78472	25.6
	15	25.22974	1.200	1.00000	
	*16	51.22589	1.186	1.72903	54.0
	17	14.51681	6.030	1.49782	82.6
	18	-19.84549	(D18)	1.00000	
[1645]	19	35.07568	1.811	1.49782	82.6
	20	102.41627	(D20)	1.00000	
	*21	44.70967	2.605	1.55332	71.7
	*22	-956.47865	1.500	1.00000	
	23	-53.34248	1.000	1.82080	42.7
	*24	23.47902	4.995	1.00000	
	25	35.66383	3.530	1.59319	67.9
	26	-477.30582	7.997	1.00000	
	27	69.46909	4.200	1.48749	70.3
	28	-64.23027	(D28)	1.00000	
	像面	∞			
[1646]	[非球面数据]				
	面 κ	A4	A6	A8	A10
	6 1.00000e+00	-4.63019e-05	2.03870e-07	-6.42078e-10	-2.02412e-11
	7 1.00000e+00	-6.23690e-05	3.31714e-07	-2.89054e-09	0.00000e+00
[1647]	10 1.00000e+00	-3.57796e-05	-1.16911e-08	2.44047e-10	-3.29234e-12
	16 1.00000e+00	3.71472e-05	4.09580e-08	1.14439e-10	-6.41586e-14
	21 1.00000e+00	-6.15920e-05	-4.51551e-07	1.01307e-08	-4.84337e-11
	22 1.00000e+00	-6.60557e-05	-7.74103e-07	2.02734e-08	-1.26330e-10
	24 1.00000e+00	-8.16006e-06	2.18577e-07	-6.23271e-09	4.73302e-11
[1648]	[各种数据]				
[1649]	变倍比 3.53				

		广角端	中间	远焦端			
	f	16.48	34.52	58.20			
	FNo	2.88	4.00	4.60			
[1650]	ω	40.8	22.4	13.8			
	Y	12.51	13.77	13.93			
	TL	109.577	126.782	152.506			
	BF	13.038	26.069	33.683			
	BF(空气)	13.038	26.069	33.683			
[1651]	[可变间隔数据]						
		无限远对焦时			近距离对焦时		
		广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
	f	16.48	34.52	58.20	-	-	-
	β	-	-	-	-0.1026	-0.0965	-0.2077
[1652]	D0	∞	∞	∞	140.42	323.22	227.49
	D3	1.000	13.111	25.000	1.000	13.111	25.000
	D9	20.211	6.075	1.169	20.211	6.075	1.169
	D18	3.000	4.000	12.524	0.838	0.578	1.421
	D20	2.763	7.962	10.565	4.924	11.384	21.668
	D28	13.038	26.069	33.683	13.038	26.069	33.683
[1653]	[透镜组数据]						
		组初面		组焦距			
	第 1 透镜组	1		91.06			
[1654]	第 2 透镜组	4		-13.01			
	第 3 透镜组	10		26.36			
	第 4 透镜组	19		106.21			
[1655]	第 5 透镜组	21		249.80			
[1656]	[条件式对应值]						
[1657]	条件式 (JB1) $(DMRT-DMRW)/fF=0.073$						
[1658]	条件式 (JB2) $W\omega=40.847$						
[1659]	条件式 (JB3) $T\omega=13.758$						
[1660]	条件式 (JB4) $fF/fRF=0.425$						
[1661]	条件式 (JB5) $fF/fXR=4.029$						
[1662]	条件式 (JB6) $DGXR/fXR=0.740$						

- [1663] 条件式(JD1) $fV/fRF=0.309$ (防抖透镜组为透镜L51时)
- [1664] $fV/fRF=-0.079$ (防抖透镜组为透镜L52时)
- [1665] 条件式(JD2) $DVW/fV=0.019$ (防抖透镜组为透镜L51时)
- [1666] $DVW/fV=-0.253$ (防抖透镜组为透镜L52时)
- [1667] 条件式(JD3) $W\omega=40.847$
- [1668] 条件式(JD4) $fF/fXR=4.029$
- [1669] 条件式(JD5) $(-fXn)/fXR=0.493$
- [1670] 条件式(JD6) $DGXR/fXR=0.740$
- [1671] 条件式(JE1) $DVW/fV=0.019$ (防抖透镜组为透镜L51时)
- [1672] 条件式(JE2) $W\omega=40.847$
- [1673] 条件式(JE3) $fF/fW=6.444$
- [1674] 条件式(JE4) $fV/fRF=0.309$ (防抖透镜组为透镜L51时)
- [1675] 条件式(JE5) $fF/fXR=4.029$
- [1676] 条件式(JE6) $DGXR/fXR=0.740$
- [1677] 条件式(JE7) $DXnW/ZD1=0.471$
- [1678] 条件式(JI1) $(rB+rA)/(rB-rA)=0.277$
- [1679] 条件式(JI2) $(rC+rB)/(rC-rB)=2.042$
- [1680] 条件式(JI3) $|fF/fXR|=4.029$
- [1681] 条件式(JI4) $vdp=82.570$
- [1682] 从表8可知,第8实施例的变倍光学系统ZL8满足条件式(JB1)~(JB6)、(JD1)~(JD6)、(JE1)~(JE7)及(JI1)~(JI4)。
- [1683] 图31是第8实施例的变倍光学系统ZL8的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及横向像差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图32是第8实施例的变倍光学系统ZL8的极近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及横向像差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图33是在第8实施例的变倍光学系统ZL8中,将透镜L51作为防抖透镜组VR而进行了无限远对焦时的像抖动校正时的横向像差图, (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图34是在第8实施例的变倍光学系统ZL8中,将透镜L52作为防抖透镜组VR而进行了无限远对焦时的像抖动校正时的横向像差图, (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。
- [1684] 从图31~图34可知,关于第8实施例的变倍光学系统ZL8,从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到极近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。
- [1685] (第9实施例)
- [1686] 使用图35~图40以及表9对第9实施例进行说明。如图35(图36)所示,第9实施例的变倍光学系统ZLI(ZL9)由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4、具有正的光焦度的第5透镜组G5及具有负的光焦度的第6透镜组G6构成。
- [1687] 在图35所示的实施例中,第2透镜组G2、第3透镜组G3相当于前侧透镜组GX。第4透

镜组G4相当于中间透镜组GM(对焦透镜组GF)。第5透镜组G5、第6透镜组G6相当于后侧透镜组GR。构成第5透镜组G5的透镜L51相当于防抖透镜组VR。

[1688] 在图36所示的实施例中,第2透镜组G2、第3透镜组G3相当于前侧透镜组GX。第4透镜组G4相当于中间透镜组GM(对焦透镜组GF)。第5透镜组G5、第6透镜组G6相当于后侧透镜组GR。构成第5透镜组G5的透镜L52相当于防抖透镜组VR。

[1689] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L11与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L12的接合透镜构成。

[1690] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L21、双凹透镜L22及双凸透镜L23构成。

[1691] 另外,双凹透镜L22是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1692] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的双凸透镜L31、孔径光阑S、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L32与凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L33的接合透镜及凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L34与双凸透镜L35的接合透镜构成。

[1693] 另外,双凸透镜L31是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。另外,负弯月形透镜L34是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1694] 第4透镜组G4由凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L41构成。

[1695] 第5透镜组G5由从物体侧依次排列的双凸透镜L51、双凹透镜L52、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L53及双凸透镜L54构成。

[1696] 另外,双凸透镜L51是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。另外,双凹透镜L52是使像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1697] 第6透镜组G6由凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L61构成。

[1698] 使第1透镜组G1~第5透镜组G5分别向物体侧移动,固定第6透镜组G6,使得各透镜组间隔变化,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[1699] 使第4透镜组G4向物体侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[1700] 如图35所示,在产生像抖动时,使构成第5透镜组G5的透镜L51作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。

[1701] 此时,在广角端状态下,防抖系数为0.38,焦距为16.48 (mm),因此用于对 0.66° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为0.51 (mm)。在中间焦距状态下,防抖系数为0.49,焦距为34.64 (mm),因此用于对 0.46° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为0.57 (mm)。在远焦端状态下,防抖系数为0.52,焦距为58.22 (mm),因此用于对 0.35° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为0.69 (mm)。

[1702] 另外,在本实施例中,如图36所示,也可以构成为,在产生像抖动时,使构成第5透镜组G5的透镜L52作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。

[1703] 此时,在广角端状态下,防抖系数为-1.09,焦距为16.48 (mm),因此用于对 0.66° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.18 (mm)。在中间焦距状态下,防抖系数

为-1.46,焦距为34.64 (mm),因此用于对 0.46° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.19 (mm)。在远焦端状态下,防抖系数为-1.58,焦距为58.22 (mm),因此用于对 0.35° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.23 (mm)。

[1704] 下述的表9中示出第9实施例中的各参数的值。表9中的面编号1~30与图35 (图36)所示的m1~m30的各光学面对应。

[1705] (表9)

[1706] [透镜参数]

	面编号	R	D	nd	vd
	物面	∞			
	1	49.45687	1.500	1.94594	18.0
	2	36.05142	7.422	1.80400	46.6
	3	182.73858	(D3)	1.00000	
	4	62.21144	1.000	1.80400	46.6
[1707]	5	11.36518	9.019	1.00000	
	*6	-34.02591	1.000	1.72903	54.0
	*7	59.56235	0.635	1.00000	
	8	53.35980	2.208	1.94594	18.0
	9	-520.59677	(D9)	1.00000	
	*10	48.74985	3.200	1.72903	54.0
	11	-39.98129	1.800	1.00000	

	12	(光圈 S)	1.500	1.00000	
	13	40.73217	3.600	1.48749	70.3
	14	55.90792	1.000	1.78472	25.6
	15	26.30167	1.200	1.00000	
	*16	53.91013	2.184	1.72903	54.0
	17	14.60197	5.855	1.49782	82.6
	18	-21.69065	(D18)	1.00000	
	19	42.13616	1.825	1.49782	82.6
	20	237.39522	(D20)	1.00000	
[1708]	*21	47.17680	2.761	1.55332	71.7
	*22	-706.53520	1.500	1.00000	
	23	-100.28754	1.000	1.82080	42.7
	*24	23.18550	4.031	1.00000	
	25	31.73237	3.065	1.59319	67.9
	26	115.97342	2.129	1.00000	
	27	33.27145	4.200	1.48749	70.3
	28	-144.40572	(D28)	1.00000	
	29	-26.64822	0.900	1.71736	29.6
	30	-33.43786	(D30)	1.00000	
	像面	∞			
[1709]	[非球面数据]				
	面	κ	A4	A6	A8
	6	1.00000e+00	-4.69588e-05	3.57214e-07	-1.35769e-09
	7	1.00000e+00	-6.31417e-05	4.33769e-07	-2.98689e-09
[1710]	10	1.00000e+00	-3.33886e-05	-8.50862e-09	6.57751e-11
	16	1.00000e+00	3.56341e-05	2.95618e-08	4.30018e-10
	21	1.00000e+00	-4.67403e-05	-4.29180e-07	6.51605e-09
	22	1.00000e+00	-5.25513e-05	-5.32941e-07	1.01564e-08
	24	1.00000e+00	-3.65458e-06	5.64899e-08	-2.32781e-09
[1711]	[各种数据]				
[1712]	变倍比 3.53				

		广角端	中间	远焦端			
[1713]	f	16.48	34.64	58.22			
	FNo	2.88	4.00	4.12			
	ω	40.8	22.4	13.8			
	Y	12.53	13.69	13.92			
	TL	106.299	122.339	144.292			
	BF	13.038	13.038	13.038			
	BF(空气)	13.038	13.038	13.038			
[1714]	[可变间隔数据]						
		无限远对焦时			近距离对焦时		
		广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
[1715]	f	16.48	34.64	58.22	-	-	-
	β	-	-	-	-0.1003	-0.0840	-0.1283
	D0	∞	∞	∞	143.70	377.66	405.71
	D3	1.000	13.429	24.874	1.000	13.429	24.874
	D9	18.736	5.550	0.800	18.736	5.550	0.800
	D18	3.000	4.000	8.400	0.517	0.419	0.235
	D20	2.622	8.667	16.304	5.105	12.247	24.469
[1716]	D28	3.371	13.123	16.343	3.371	13.123	16.343
	D30	13.038	13.038	13.038	13.038	13.038	13.038
	[透镜组数据]						
			组初面	组焦距			
	[1717]	第 1 透镜组	1	89.38			
		第 2 透镜组	4	-13.03			
		第 3 透镜组	10	26.87			
[1718]	第 4 透镜组	19	102.59				
	第 5 透镜组	21	181.59				
	第 6 透镜组	29	-193.67				
[1719]	[条件式对应值]						
[1720]	条件式 (JC1) $ fF/f_{RF} =0.565$						
[1721]	条件式 (JC2) $(DMRT-DMRW)/fF=0.133$						
[1722]	条件式 (JC3) $W\omega=40.846$						

- [1723] 条件式(JC4) $T\omega = 13.754$
- [1724] 条件式(JC5) $f_{RF}/f_{RF2} = -0.938$
- [1725] 条件式(JC6) $DGXR/fXR = 0.757$
- [1726] 条件式(JD1) $fV/fRF = 0.441$ (防抖透镜组为透镜L51时)
- [1727] $fV/fRF = -0.126$ (防抖透镜组为透镜L52时)
- [1728] 条件式(JD2) $DVW/fV = 0.019$ (防抖透镜组为透镜L51时)
- [1729] $DVW/fV = -0.176$ (防抖透镜组为透镜L52时)
- [1730] 条件式(JD3) $W\omega = 40.846$
- [1731] 条件式(JD4) $fF/fXR = 3.818$
- [1732] 条件式(JD5) $(-fXn)/fXR = 0.485$
- [1733] 条件式(JD6) $DGXR/fXR = 0.757$
- [1734] 条件式(JE1) $DVW/fV = 0.019$ (防抖透镜组为透镜L51时)
- [1735] 条件式(JE2) $W\omega = 40.846$
- [1736] 条件式(JE3) $fF/fW = 6.224$
- [1737] 条件式(JE4) $fV/fRF = 0.441$ (防抖透镜组为透镜L51时)
- [1738] 条件式(JE5) $fF/fXR = 3.818$
- [1739] 条件式(JE6) $DGXR/fXR = 0.757$
- [1740] 条件式(JE7) $DXnW/ZD1 = 0.436$
- [1741] 条件式(JF1) $fF/fV = 1.282$ (防抖透镜组为透镜L51时)
- [1742] $fF/fV = -4.488$ (防抖透镜组为透镜L52时)
- [1743] 条件式(JF2) $fV/fRF = 0.441$ (防抖透镜组为透镜L51时)
- [1744] $fV/fRF = -0.126$ (防抖透镜组为透镜L52时)
- [1745] 条件式(JF3) $DVW/fV = 0.019$ (防抖透镜组为透镜L51时)
- [1746] $DVW/fV = -0.176$ (防抖透镜组为透镜L52时)
- [1747] 条件式(JF4) $W\omega = 40.846$
- [1748] 条件式(JF5) $fF/fXR = 3.818$
- [1749] 条件式(JF6) $DGXR/fXR = 0.757$
- [1750] 条件式(JF7) $TLW/ZD1 = 2.552$
- [1751] 条件式(JI1) $(rB+rA)/(rB-rA) = 0.320$
- [1752] 条件式(JI2) $(rC+rB)/(rC-rB) = 1.432$
- [1753] 条件式(JI3) $|fF/fXR| = 3.818$
- [1754] 条件式(JI4) $vdp = 82.570$
- [1755] 从表9可知,第9实施例的变倍光学系统ZL9满足条件式(JC1)~(JC6)、(JD1)~(JD6)、(JE1)~(JE7)、(JF1)~(JF7)及(JI1)~(JI4)。
- [1756] 图37是第9实施例的变倍光学系统ZL9的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及横向像差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图38是第9实施例的变倍光学系统ZL9的极近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及横向像差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图39是在第9实施例的变倍光学系统ZL9中,将透

镜L51作为防抖透镜组VR而进行了无限远对焦时的像抖动校正时的横向像差图,(a)表示广角端状态,(b)表示中间焦距状态,(c)表示远焦端状态。图40是在第9实施例的变倍光学系统ZL9中,将透镜L52作为防抖透镜组VR而进行了无限远对焦时的像抖动校正时的横向像差图,(a)表示广角端状态,(b)表示中间焦距状态,(c)表示远焦端状态。

[1757] 从图37~图40可知,关于第9实施例的变倍光学系统ZL9,从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到极近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[1758] (第10实施例)

[1759] 使用图41~图46以及表10对第10实施例进行说明。如图41(图42)所示,第10实施例的变倍光学系统ZL1(ZL10)由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4、具有正的光焦度的第5透镜组G5及具有负的光焦度的第6透镜组G6构成。

[1760] 在图41所示的实施例中,第2透镜组G2、第3透镜组G3相当于前侧透镜组GX。第4透镜组G4相当于中间透镜组GM(对焦透镜组GF)。第5透镜组G5、第6透镜组G6相当于后侧透镜组GR。构成第5透镜组G5的透镜L51相当于防抖透镜组VR。

[1761] 在图42所示的实施例中,第2透镜组G2、第3透镜组G3相当于前侧透镜组GX。第4透镜组G4相当于中间透镜组GM(对焦透镜组GF)。第5透镜组G5、第6透镜组G6相当于后侧透镜组GR。构成第5透镜组G5的透镜L52相当于防抖透镜组VR。

[1762] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L11与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L12的接合透镜构成。

[1763] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L21、双凹透镜L22及双凸透镜L23构成。

[1764] 另外,双凹透镜L22是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1765] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的双凸透镜L31、孔径光阑S、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L32与凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L33的接合透镜及凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L34与双凸透镜L35的接合透镜构成。

[1766] 另外,双凸透镜L31是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。另外,负弯月形透镜L34是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1767] 第4透镜组G4由凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L41构成。

[1768] 第5透镜组G5由从物体侧依次排列的双凸透镜L51、双凹透镜L52、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L53及双凸透镜L54构成。

[1769] 另外,双凸透镜L51是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。另外,双凹透镜L52是使像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1770] 第6透镜组G6由凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L61构成。

[1771] 使第1透镜组G1~第6透镜组G6分别向物体侧移动,使得各透镜组间隔变化,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[1772] 使第4透镜组G4向物体侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[1773] 如图41所示,在产生像抖动时,使构成第5透镜组G5的透镜L51作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。

[1774] 此时,在广角端状态下,防抖系数为0.38,焦距为16.48 (mm),因此用于对0.66°的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为0.50 (mm)。在中间焦距状态下,防抖系数为0.51,焦距为34.61 (mm),因此用于对0.46°的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为0.54 (mm)。在远焦端状态下,防抖系数为0.56,焦距为58.20 (mm),因此用于对0.35°的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为0.64 (mm)。

[1775] 另外,在本实施例中,如图42所示,也可以构成为,在产生像抖动时,使构成第5透镜组G5的透镜L52作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。

[1776] 此时,在广角端状态下,防抖系数为-1.07,焦距为16.48 (mm),因此用于对0.66°的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.18 (mm)。在中间焦距状态下,防抖系数为-1.51,焦距为34.61 (mm),因此用于对0.46°的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.18 (mm)。在远焦端状态下,防抖系数为-1.66,焦距为58.20 (mm),因此用于对0.35°的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.22 (mm)。

[1777] 下述的表10中示出第10实施例中的各参数的值。表10中的面编号1~30与图41 (图42) 所示的m1~m30的各光学面对应。

[1778] (表10)

[1779] [透镜参数]

[1780]	面编号	R	D	nd	vd
--------	-----	---	---	----	----

物面	∞			
1	49.78243	1.500	1.94594	18.0
2	35.86372	7.402	1.80400	46.6
3	189.18021	(D3)	1.00000	
4	65.76146	1.000	1.80400	46.6
5	11.29701	9.472	1.00000	
*6	-33.17281	1.000	1.72903	54.0
*7	76.05400	0.811	1.00000	
8	77.87737	2.053	1.94594	18.0
9	-132.46424	(D9)	1.00000	
*10	47.23987	3.200	1.72903	54.0
11	-56.29315	1.800	1.00000	
12	(光圈 S)	1.500	1.00000	
13	27.78078	3.600	1.48749	70.3
[1781] 14	56.24176	1.000	1.78472	25.6
15	27.11197	1.200	1.00000	
*16	53.80018	2.710	1.72903	54.0
17	13.92675	5.537	1.49782	82.6
18	-25.09848	(D18)	1.00000	
19	45.33900	1.837	1.49782	82.6
20	1599.96080	(D20)	1.00000	
*21	45.65101	2.532	1.55332	71.7
*22	-1447.10910	1.500	1.00000	
23	-452.24207	1.000	1.82080	42.7
*24	20.22114	2.400	1.00000	
25	28.39789	2.688	1.59319	67.9
26	71.92350	4.215	1.00000	
27	27.16600	4.200	1.48749	70.3
28	-4665.16500	(D28)	1.00000	
29	-38.79932	0.900	1.71736	29.6

[1782]	30	-56.54936	(D30)	1.00000			
	像面	∞					
[1783]	[非球面数据]						
	面	κ	A4	A6	A8	A10	
	6	1.00000e+00	-4.94676e-05	3.71757e-07	-1.44242e-09	-1.29921e-11	
	7	1.00000e+00	-6.87910e-05	4.47896e-07	-3.21751e-09	0.00000e+00	
	10	1.00000e+00	-2.34156e-05	-1.78545e-08	2.23796e-10	-2.47091e-12	
[1784]	16	1.00000e+00	2.60151e-05	1.85464e-08	4.45711e-10	-2.73163e-12	
	21	1.00000e+00	-5.37696e-05	-4.53146e-07	5.81104e-09	-3.49284e-11	
	22	1.00000e+00	-6.07160e-05	-5.10190e-07	8.74421e-09	-5.59878e-11	
	24	1.00000e+00	-3.13598e-06	3.51177e-08	-2.23705e-09	1.68047e-11	
[1785]	[各种数据]						
[1786]	变倍比 3.53						
		广角端	中间	远焦端			
	f	16.48	34.61	58.20			
	FNo	2.88	4.00	4.12			
	ω	40.8	22.4	13.8			
[1787]	Y	12.52	13.61	13.91			
	TL	106.296	122.654	142.974			
	BF	13.035	13.326	20.633			
	BF(空气)	13.035	13.326	20.633			
[1788]	[可变间隔数据]						
		无限远对焦时			近距离对焦时		
		广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
[1789]	f	16.48	34.61	58.20	-	-	-
	β	-	-	-	-0.1004	-0.1450	-0.1279
	D0	∞	∞	∞	143.70	207.35	407.03

	D3	1.000	12.229	24.863	1.000	12.229	24.863
	D9	18.828	5.162	0.800	18.828	5.162	0.800
[1790]	D18	3.000	6.584	7.754	0.633	0.720	0.369
	D20	2.518	6.412	13.599	4.885	12.275	20.984
	D28	2.858	13.885	10.268	2.858	13.885	10.268
	D30	13.035	13.326	20.633	13.035	13.326	20.633
[1791]	[透镜组数据]						
			组初面	组焦距			
	第 1 透镜组	1		89.47			
	第 2 透镜组	4		-13.41			
[1792]	第 3 透镜组	10		27.83			
	第 4 透镜组	19		93.69			
	第 5 透镜组	21		216.45			
	第 6 透镜组	29		-176.04			
[1793]	[条件式对应值]						
[1794]	条件式 (JB1) $(DMRT-DMRW)/fF=0.118$						
[1795]	条件式 (JB2) $W\omega=40.847$						
[1796]	条件式 (JB3) $T\omega=13.758$						
[1797]	条件式 (JB4) $fF/fRF=0.433$						
[1798]	条件式 (JB5) $fF/fXR=3.367$						
[1799]	条件式 (JB6) $DGXR/fXR=0.738$						
[1800]	条件式 (JC1) $ fF/fRF =0.433$						
[1801]	条件式 (JC2) $(DMRT-DMRW)/fF=0.118$						
[1802]	条件式 (JC3) $W\omega=40.847$						
[1803]	条件式 (JC4) $T\omega=13.758$						
[1804]	条件式 (JC5) $fRF/fRF2=-1.230$						
[1805]	条件式 (JC6) $DGXR/fXR=0.738$						
[1806]	条件式 (JD1) $fV/fRF=0.370$ (防抖透镜组为透镜L51时)						
[1807]	$fV/fRF=-0.109$ (防抖透镜组为透镜L52时)						
[1808]	条件式 (JD2) $DVW/fV=0.019$ (防抖透镜组为透镜L51时)						
[1809]	$DVW/fV=-0.102$ (防抖透镜组为透镜L52时)						
[1810]	条件式 (JD3) $W\omega=40.847$						
[1811]	条件式 (JD4) $fF/fXR=3.367$						
[1812]	条件式 (JD5) $(-fXn)/fXR=0.482$						
[1813]	条件式 (JD6) $DGXR/fXR=0.738$						
[1814]	条件式 (JE1) $DVW/fV=0.019$ (防抖透镜组为透镜L51时)						

- [1815] $DVW/fV = -0.102$ (防抖透镜组为透镜L52时)
- [1816] 条件式 (JE2) $W\omega = 40.847$
- [1817] 条件式 (JE3) $fF/fW = 5.685$
- [1818] 条件式 (JE4) $fV/fRF = 0.370$ (防抖透镜组为透镜L51时)
- [1819] $fV/fRF = -0.109$ (防抖透镜组为透镜L52时)
- [1820] 条件式 (JE5) $fF/fXR = 3.367$
- [1821] 条件式 (JE6) $DGXR/fXR = 0.738$
- [1822] 条件式 (JE7) $DXnW/ZD1 = 0.496$
- [1823] 条件式 (JF1) $fF/fV = 1.171$ (防抖透镜组为透镜L51时)
- [1824] $fF/fV = -3.977$ (防抖透镜组为透镜L52时)
- [1825] 条件式 (JF2) $fV/fRF = 0.370$ (防抖透镜组为透镜L51时)
- [1826] $fV/fRF = -0.109$ (防抖透镜组为透镜L52时)
- [1827] 条件式 (JF3) $DVW/fV = 0.019$ (防抖透镜组为透镜L51时)
- [1828] $DVW/fV = -0.102$ (防抖透镜组为透镜L52时)
- [1829] 条件式 (JF4) $W\omega = 40.847$
- [1830] 条件式 (JF5) $fF/fXR = 3.367$
- [1831] 条件式 (JF6) $DGXR/fXR = 0.738$
- [1832] 条件式 (JF7) $TLW/ZD1 = 2.798$
- [1833] 条件式 (JI1) $(rB+rA)/(rB-rA) = 0.287$
- [1834] 条件式 (JI2) $(rC+rB)/(rC-rB) = 1.058$
- [1835] 条件式 (JI3) $|fF/fXR| = 3.367$
- [1836] 条件式 (JI4) $vdp = 82.570$
- [1837] 从表10可知,第10实施例的变倍光学系统ZL10满足条件式 (JB1) ~ (JB6)、(JC1) ~ (JC6)、(JD1) ~ (JD6)、(JE1) ~ (JE7)、(JF1) ~ (JF7) 及 (JI1) ~ (JI4)。
- [1838] 图43是第10实施例的变倍光学系统ZL10的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及横向像差图), (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。图44是第10实施例的变倍光学系统ZL10的极近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及横向像差图), (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。图45是在第10实施例的变倍光学系统ZL10中,将透镜L51作为防抖透镜组VR而进行了无限远对焦时的像抖动校正时的横向像差图, (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。图46是在第10实施例的变倍光学系统ZL10中,将透镜L52作为防抖透镜组VR而进行了无限远对焦时的像抖动校正时的横向像差图, (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。
- [1839] 从图43~图46可知,关于第10实施例的变倍光学系统ZL10,从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到极近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。
- [1840] (第11实施例)
- [1841] 使用图47~图52以及表11对第11实施例进行说明。如图47(图48)所示,第11实施例的变倍光学系统ZLI (ZL11) 由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有

负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4、具有正的光焦度的第5透镜组G5及具有负的光焦度的第6透镜组G6构成。

[1842] 在图47所示的实施例中,第2透镜组G2、第3透镜组G3相当于前侧透镜组GX。第4透镜组G4相当于中间透镜组GM(对焦透镜组GF)。第5透镜组G5、第6透镜组G6相当于后侧透镜组GR。第5透镜组G5相当于防抖透镜组VR。

[1843] 在图48所示的实施例中,第2透镜组G2、第3透镜组G3相当于前侧透镜组GX。第4透镜组G4相当于中间透镜组GM(对焦透镜组GF)。第5透镜组G5、第6透镜组G6相当于后侧透镜组GR。构成第6透镜组G6的透镜L61相当于防抖透镜组VR。

[1844] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L11与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L12的接合透镜构成。

[1845] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L21、双凹透镜L22及双凸透镜L23构成。

[1846] 另外,双凹透镜L22是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1847] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的双凸透镜L31、孔径光阑S、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L32与凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L33的接合透镜及凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L34与双凸透镜L35的接合透镜构成。

[1848] 另外,双凸透镜L31是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。另外,负弯月形透镜L34是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1849] 第4透镜组G4由凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L41构成。

[1850] 第5透镜组G5由凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L51构成。

[1851] 另外,正弯月形透镜L51是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1852] 第6透镜组G6由从物体侧依次排列的双凹透镜L61、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L62、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L63及双凹透镜L64构成。

[1853] 另外,双凹透镜L61是使像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1854] 使第1透镜组G1~第6透镜组G6分别向物体侧移动,使得各透镜组间隔变化,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[1855] 使第4透镜组G4向物体侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[1856] 如图47所示,在产生像抖动时,使第5透镜组G5作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动来,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。

[1857] 此时,在广角端状态下,防抖系数为0.37,焦距为16.48 (mm),因此用于对 0.66° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为0.52 (mm)。在中间焦距状态下,防抖系数为0.48,焦距为34.55 (mm),因此用于对 0.46° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为0.58 (mm)。在远焦端状态下,防抖系数为0.55,焦距为58.20 (mm),因此用于对 0.35° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为0.65 (mm)。

[1858] 另外,在本实施例中,如图48所示,也可以构成为,在产生像抖动时,使构成第6透镜组G6的透镜L61作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。

[1859] 此时,在广角端状态下,防抖系数为-1.20,焦距为16.48 (mm) ,因此用于对0.66°的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.16 (mm) 。在中间焦距状态下,防抖系数为-1.63,焦距为34.55 (mm) ,因此用于对0.46°的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.17 (mm) 。在远焦端状态下,防抖系数为-1.92,焦距为58.20 (mm) ,因此用于对0.35°的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.19 (mm) 。

[1860] 下述的表11中示出第11实施例中的各参数的值。表11中的面编号1~30与图47 (图48) 所示的m1~m30的各光学面对应。

[1861] (表11)

[1862] [透镜参数]

	面编号	R	D	nd	vd
	物面	∞			
[1863]	1	52.30855	1.500	1.94594	18.0
	2	37.33284	7.071	1.80400	46.6
	3	216.54215	(D3)	1.00000	
	4	61.38788	1.000	1.80400	46.6

	5	11.65182	9.233	1.00000	
	*6	-32.14862	1.000	1.72903	54.0
	*7	74.53588	1.024	1.00000	
	8	60.50694	2.193	1.94594	18.0
	9	-258.79475	(D9)	1.00000	
	*10	46.01441	3.200	1.72903	54.0
	11	-56.40981	1.800	1.00000	
	12	(光圈 S)	1.500	1.00000	
	13	29.53961	2.255	1.51860	69.9
	14	62.01786	1.000	1.78472	25.6
	15	28.20544	1.200	1.00000	
	*16	55.69244	0.900	1.72903	54.0
	17	15.23446	7.773	1.49782	82.6
[1864]	18	-19.05606	(D18)	1.00000	
	19	36.98318	1.625	1.49782	82.6
	20	105.10268	(D20)	1.00000	
	*21	43.20902	2.199	1.55332	71.7
	*22	1751.40520	(D22)	1.00000	
	23	-171.60024	1.000	1.82080	42.7
	*24	17.59425	2.400	1.00000	
	25	26.33835	2.542	1.48749	70.3
	26	72.49985	3.966	1.00000	
	27	25.12670	4.200	1.48749	70.3
	28	221.49212	0.920	1.00000	
	29	-248.05584	0.900	1.71736	29.6
	30	676.75372	(D30)	1.00000	
	像面	∞			
[1865]	[非球面数据]				
[1866]	面 κ	A4	A6	A8	A10

	6	1.00000e+00	-5.77765e-05	3.44287e-07	-6.22102e-10	-1.57242e-11	
	7	1.00000e+00	-6.99357e-05	4.62841e-07	-2.74060e-09	0.00000e+00	
	10	1.00000e+00	-2.68855e-05	-4.61691e-08	5.50569e-11	-1.70214e-12	
[1867]	16	1.00000e+00	1.11787e-05	5.00773e-08	1.88833e-10	-7.71465e-15	
	21	1.00000e+00	-5.10052e-05	-6.02110e-07	6.11612e-09	-6.10307e-11	
	22	1.00000e+00	-6.30677e-05	-4.65571e-07	4.57749e-09	-4.89754e-11	
	24	1.00000e+00	-1.61208e-06	-1.18039e-07	4.93252e-10	5.31842e-13	
[1868]	[各种数据]						
[1869]	变倍比 3.53						
		广角端	中间	远焦端			
	f	16.48	34.55	58.20			
	FNo	2.88	4.00	4.12			
	ω	40.8	22.4	13.8			
[1870]	Y	12.54	13.83	14.06			
	TL	102.322	116.417	135.956			
	BF	13.054	22.464	28.774			
	BF(空气)	13.054	22.464	28.774			
[1871]	[可变间隔数据]						
		无限远对焦时			近距离对焦时		
		广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
	f	16.48	34.55	58.20	-	-	-
	β	-	-	-	-0.0977	-0.1271	-0.1908
	D0	∞	∞	∞	147.68	233.58	244.04
[1872]	D3	1.000	13.610	25.000	1.000	13.610	25.000
	D9	18.408	5.666	0.800	18.408	5.666	0.800
	D18	3.000	4.809	11.304	0.806	0.661	2.678
	D20	2.759	5.833	6.177	4.952	9.982	14.803
	D22	1.700	1.633	1.500	1.700	1.633	1.500
[1873]	D30	13.054	22.464	28.774	13.054	22.464	28.774
[1874]	[透镜组数据]						

	组初面	组焦距
第 1 透镜组	1	91.89
第 2 透镜组	4	-13.83
[1875] 第 3 透镜组	10	24.94
第 4 透镜组	19	113.72
第 5 透镜组	21	80.03
第 6 透镜组	23	-46.99
[1876] [条件式对应值]		
[1877] 条件式 (JB1) $(DMRT-DMRW)/fF=0.030$		
[1878] 条件式 (JB2) $W\omega=40.846$		
[1879] 条件式 (JB3) $T\omega=13.758$		
[1880] 条件式 (JB4) $fF/fRF=1.421$		
[1881] 条件式 (JB5) $fF/fXR=4.559$		
[1882] 条件式 (JB6) $DGXR/fXR=0.787$		
[1883] 条件式 (JC1) $ fF/fRF =1.421$		
[1884] 条件式 (JC2) $(DMRT-DMRW)/fF=0.030$		
[1885] 条件式 (JC3) $W\omega=40.846$		
[1886] 条件式 (JC4) $T\omega=13.758$		
[1887] 条件式 (JC5) $fRF/fRF2=-1.703$		
[1888] 条件式 (JC6) $DGXR/fXR=0.787$		
[1889] 条件式 (JD1) $fV/fRF=-0.242$ (防抖透镜组为透镜L61时)		
[1890] 条件式 (JD2) $DVW/fV=-0.124$ (防抖透镜组为透镜L61时)		
[1891] 条件式 (JD3) $W\omega=40.846$		
[1892] 条件式 (JD4) $fF/fXR=4.559$		
[1893] 条件式 (JD5) $(-fXn)/fXR=0.554$		
[1894] 条件式 (JD6) $DGXR/fXR=0.787$		
[1895] 条件式 (JE1) $DVW/fV=0.021$ (防抖透镜组为透镜L51时)		
[1896] $DVW/fV=-0.124$ (防抖透镜组为透镜L61时)		
[1897] 条件式 (JE2) $W\omega=40.846$		
[1898] 条件式 (JE3) $fF/fW=6.900$		
[1899] 条件式 (JE4) $fV/fRF=1.000$ (防抖透镜组为透镜L51时)		
[1900] $fV/fRF=-0.242$ (防抖透镜组为透镜L61时)		
[1901] 条件式 (JE5) $fF/fXR=4.559$		
[1902] 条件式 (JE6) $DGXR/fXR=0.787$		
[1903] 条件式 (JE7) $DXnW/ZD1=0.502$		
[1904] 条件式 (JF1) $fF/fV=1.421$ (防抖透镜组为透镜L51时)		
[1905] $fF/fV=-5.863$ (防抖透镜组为透镜L61时)		

[1906] 条件式(JF2) $fV/fRF=1.000$ (防抖透镜组为透镜L51时)

[1907] $fV/fRF=-0.242$ (防抖透镜组为透镜L61时)

[1908] 条件式(JF3) $DVW/fV=0.021$ (防抖透镜组为透镜L51时)

[1909] $DVW/fV=-0.124$ (防抖透镜组为透镜L61时)

[1910] 条件式(JF4) $W\omega=40.846$

[1911] 条件式(JF5) $fF/fXR=4.559$

[1912] 条件式(JF6) $DGXR/fXR=0.787$

[1913] 条件式(JF7) $TLW/ZD1=2.898$

[1914] 条件式(JI1) $(rB+rA)/(rB-rA)=0.320$

[1915] 条件式(JI2) $(rC+rB)/(rC-rB)=1.043$

[1916] 条件式(JI3) $|fF/fXR|=4.559$

[1917] 条件式(JI4) $vdp=82.570$

[1918] 从表11可知,第11实施例的变倍光学系统ZL11满足条件式(JB1)~(JB6)、(JC1)~(JC6)、(JD1)~(JD6)、(JE1)~(JE7)、(JF1)~(JF7)及(JI1)~(JI4)。

[1919] 图49是第11实施例的变倍光学系统ZL11的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及横向像差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图50是第11实施例的变倍光学系统ZL11的极近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及横向像差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图51是在第11实施例的变倍光学系统ZL11中,将第5透镜组G5作为防抖透镜组VR而进行了无限远对焦时的像抖动校正时的横向像差图, (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图52是在第11实施例的变倍光学系统ZL11中,将透镜L61作为防抖透镜组VR而进行了无限远对焦时的像抖动校正时的横向像差图, (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。

[1920] 从图49~图52可知,关于第11实施例的变倍光学系统ZL11,从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到极近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[1921] (第12实施例)

[1922] 使用图53~图56以及表12对第12实施例进行说明。如图53所示,第12实施例的变倍光学系统ZLI (ZL12)由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4、具有正的光焦度的第5透镜组G5及具有负的光焦度的第6透镜组G6构成。

[1923] 在本实施例中,第2透镜组G2、第3透镜组G3相当于前侧透镜组GX。第4透镜组G4相当于中间透镜组GM(对焦透镜组GF)。第5透镜组G5、第6透镜组G6相当于后侧透镜组GR。第5透镜组G5相当于防抖透镜组VR。

[1924] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L11与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L12的接合透镜构成。

[1925] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L21、双凹透镜L22及双凸透镜L23构成。

[1926] 另外,双凹透镜L22是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非

球面透镜。

[1927] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的双凸透镜L31、孔径光阑S、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L32与凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L33的接合透镜及凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L34与双凸透镜L35的接合透镜构成。

[1928] 另外，双凸透镜L31是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。另外，负弯月形透镜L34是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1929] 第4透镜组G4由双凸透镜L41构成。

[1930] 第5透镜组G5由从物体侧依次排列的凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L51、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L52、凸面朝向像面侧的正弯月形透镜L53及凸面朝向像面侧的正弯月形透镜L54构成。

[1931] 另外，负弯月形透镜L51是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。负弯月形透镜L52是使像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。另外，正弯月形透镜L53是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1932] 第6透镜组G6由凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L61构成。

[1933] 使第1透镜组G1～第4透镜组G4分别向物体侧移动，使第5透镜组G5向像面侧移动，固定第6透镜组G6，使得各透镜组间隔变化，从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[1934] 使第4透镜组G4向物体侧移动，从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[1935] 在产生像抖动时，使第5透镜组G5作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动来，从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。

[1936] 此时，在广角端状态下，防抖系数为0.23，焦距为16.48 (mm)，因此用于对0.66°的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为0.81 (mm)。在中间焦距状态下，防抖系数为0.23，焦距为34.23 (mm)，因此用于对0.46°的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为1.21 (mm)。在远焦端状态下，防抖系数为0.20，焦距为58.22 (mm)，因此用于对0.35°的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为1.79 (mm)。

[1937] 下述的表12中示出第12实施例中的各参数的值。表12中的面编号1～30与图53所示的m1～m30的各光学面对应。

[1938] (表12)

[1939] [透镜参数]

[1940]	面编号	R	D	nd	vd
--------	-----	---	---	----	----

物面	∞			
1	46.40832	1.500	1.94594	18.0
2	34.66455	6.713	1.80400	46.6
3	127.07483	(D3)	1.00000	
4	55.81938	1.000	1.80400	46.6
5	11.58349	9.722	1.00000	
*6	-46.86550	1.000	1.72903	54.0
*7	51.87909	0.783	1.00000	
8	59.79626	2.014	1.94594	18.0
9	-2186.07280	(D9)	1.00000	
*10	27.26861	3.200	1.72903	54.0
11	-129.16671	1.800	1.00000	
12	(光圈 S)	1.500	1.00000	
13	68.38177	2.869	1.48749	70.3
[1941] 14	202.75413	1.000	1.78472	25.6
15	39.83391	1.200	1.00000	
*16	142.37742	0.850	1.72903	54.0
17	16.28016	4.757	1.49782	82.6
18	-23.81991	(D18)	1.00000	
19	34.83439	2.380	1.49782	82.6
20	-181.29602	(D20)	1.00000	
*21	318.18531	2.000	1.69350	53.2
22	79.44709	2.209	1.00000	
23	-45.33154	1.000	1.77377	47.2
*24	-60.05145	7.053	1.00000	
*25	-1295.54840	5.000	1.59255	67.9
26	-26.79305	1.384	1.00000	
27	-28.73919	4.200	1.59319	67.9
28	-20.59136	(D28)	1.00000	
29	-30.60749	0.850	1.80809	22.7

[1942]	30	-206.61166	(D30)	1.00000			
	像面	∞					
[1943]	[非球面数据]						
	面	κ	A4	A6	A8	A10	
	6	1.00000e+00	-4.29550e-05	2.50726e-07	-1.33649e-09	-9.20595e-12	
	7	1.00000e+00	-6.40436e-05	3.01735e-07	-2.60073e-09	0.00000e+00	
	10	1.00000e+00	-1.85190e-05	-4.30274e-09	-2.14140e-10	6.29617e-13	
[1944]	16	1.00000e+00	1.21548e-05	-3.28136e-08	1.45941e-09	-1.15076e-11	
	21	1.00000e+00	-2.85327e-05	8.17418e-08	1.11021e-09	0.00000e+00	
	24	1.00000e+00	-3.56325e-05	1.57588e-07	3.97044e-10	5.59729e-12	
	25	1.00000e+00	-4.55529e-05	4.82262e-08	1.53635e-10	0.00000e+00	
[1945]	[各种数据]						
[1946]	变倍比 3.53						
		广角端	中间	远焦端			
	f	16.48	34.23	58.22			
	FNo	2.88	3.99	4.49			
	ω	40.8	22.0	13.0			
[1947]	Y	13.01	14.25	14.25			
	TL	106.751	122.797	143.722			
	BF	12.997	12.997	12.997			
	BF(空气)	12.997	12.997	12.997			
[1948]	[可变间隔数据]						
		无限远对焦时			近距离对焦时		
		广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
[1949]				端			
	f	16.48	34.23	58.22	-	-	-
	β	-	-	-	-0.1012	-0.1708	-0.1329

	D0	∞	∞	∞	143.25	177.20	406.28
	D3	1.000	10.016	25.000	1.000	10.016	25.000
	D9	18.296	5.240	0.800	18.296	5.240	0.800
[1950]	D18	3.000	6.945	6.827	1.247	1.855	0.461
	D20	2.354	18.768	30.128	4.107	23.857	36.495
	D28	3.120	2.848	1.986	3.120	2.848	1.986
	D30	12.997	12.997	12.997	12.997	12.997	12.997
[1951]	[透镜组数据]						
		组初面		组焦距			
	第 1 透镜组	1	95.15				
	第 2 透镜组	4	-13.63				
[1952]	第 3 透镜组	10	31.54				
	第 4 透镜组	19	58.91				
	第 5 透镜组	21	42.02				
	第 6 透镜组	29	-44.56				
[1953]	[条件式对应值]						
[1954]	条件式 (JA1) $ fF/f_{RF} =1.402$						
[1955]	条件式 (JA2) $(-fX_n)/f_{XR}=0.432$						
[1956]	条件式 (JA3) $fF/f_W=3.575$						
[1957]	条件式 (JA4) $W\omega=40.848$						
[1958]	条件式 (JA5) $fF/f_{XR}=1.868$						
[1959]	条件式 (JA6) $DX_{RFT}/fF=0.116$						
[1960]	条件式 (JA7) $T\omega=13.014$						
[1961]	条件式 (JA8) $DG_{XR}/f_{XR}=0.619$						
[1962]	条件式 (JC1) $ fF/f_{RF} =1.402$						
[1963]	条件式 (JC2) $(DM_{RT}-DM_{RW})/fF=0.471$						
[1964]	条件式 (JC3) $W\omega=40.848$						
[1965]	条件式 (JC4) $T\omega=13.014$						
[1966]	条件式 (JC5) $f_{RF}/f_{RF2}=-0.943$						
[1967]	条件式 (JC6) $DG_{XR}/f_{XR}=0.545$						
[1968]	条件式 (JE1) $DV_W/f_V=0.074$						
[1969]	条件式 (JE2) $W\omega=40.848$						
[1970]	条件式 (JE3) $fF/f_W=3.575$						
[1971]	条件式 (JE4) $f_V/f_{RF}=1.000$						
[1972]	条件式 (JE5) $fF/f_{XR}=1.868$						

[1973] 条件式 (JE6) $DGXR/fXR=0.545$

[1974] 条件式 (JE7) $DXnW/ZD1=0.544$

[1975] 条件式 (JF1) $fF/fV=1.402$

[1976] 条件式 (JF2) $fV/fRF=1.000$

[1977] 条件式 (JF3) $DVW/fV=0.074$

[1978] 条件式 (JF4) $W\omega=40.848$

[1979] 条件式 (JF5) $fF/fXR=1.868$

[1980] 条件式 (JF6) $DGXR/fXR=0.545$

[1981] 条件式 (JF7) $TLW/ZD1=3.042$

[1982] 条件式 (JI1) $(rB+rA)/(rB-rA)=0.188$

[1983] 条件式 (JI2) $(rC+rB)/(rC-rB)=0.678$

[1984] 条件式 (JI3) $|fF/fXR|=1.868$

[1985] 条件式 (JI4) $vdp=82.570$

[1986] 从表12可知,第12实施例的变倍光学系统ZL12满足条件式 (JA1) ~ (JA8)、(JC1) ~ (JC6)、(JE1) ~ (JE7)、(JF1) ~ (JF7) 及 (JI1) ~ (JI4)。

[1987] 图54是第12实施例的变倍光学系统ZL12的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及横向像差图), (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。图55是第12实施例的变倍光学系统ZL12的极近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及横向像差图), (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。图56是第12实施例的变倍光学系统ZL12的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的横向像差图, (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。

[1988] 从图54~图56可知,关于第12实施例的变倍光学系统ZL12,从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到极近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[1989] (第13实施例)

[1990] 使用图57~图60以及表13对第13实施例进行说明。如图57所示,第13实施例的变倍光学系统ZLI (ZL13) 由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4及具有负的光焦度的第5透镜组G5构成。

[1991] 在本实施例中,第2透镜组G2、第3透镜组G3相当于前侧透镜组GX。第4透镜组G4相当于中间透镜组GM(对焦透镜组GF)。第5透镜组G5相当于后侧透镜组GR。另外,由构成第5透镜组G5透镜L51、L52构成的接合透镜相当于防抖透镜组VR。

[1992] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L11与双凸透镜L12的接合透镜及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13构成。

[1993] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L21、双凹透镜L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24构成。

[1994] 另外,负弯月形透镜L21是将设置于物体侧的玻璃表面的树脂层形成为非球面形状而成的复合型非球面透镜。另外,负弯月形透镜L24是使像面侧的透镜面成为非球面形状

的玻璃模铸非球面透镜。

[1995] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的双凸透镜L31、孔径光阑S、凹面朝向像面侧的负弯月形透镜L32与双凸透镜L33的接合透镜、双凸透镜L34及双凸透镜L35与双凹透镜L36的接合透镜构成。

[1996] 另外,双凸透镜L31是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[1997] 第4透镜组G4由从物体侧依次排列的双凸透镜L41与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L42的接合透镜构成。

[1998] 第5透镜组G5由从物体侧依次排列的凸面朝向像面侧的正弯月形透镜L51与双凹透镜L52的接合透镜、双凸透镜L53及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L54构成。

[1999] 另外,双凹透镜L52是使像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2000] 使第1透镜组G1~第5透镜组G5分别向物体侧移动,使得各透镜组间隔变化,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[2001] 使第4透镜组G4向物体侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[2002] 在产生像抖动时,使由构成第5透镜组G5的透镜L51、L52构成的接合透镜作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。

[2003] 在第13实施例中,在广角端状态下,防抖系数为-0.97,焦距为24.70 (mm),因此用于对 0.66° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.29 (mm)。在中间焦距状态下,防抖系数为-1.23,焦距为49.50 (mm),因此用于对 0.47° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.33 (mm)。在远焦端状态下,防抖系数为-1.48,焦距为82.45 (mm),因此用于对 0.36° 的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.35 (mm)。

[2004] 下述的表13中示出第13实施例中的各参数的值。表13中的面编号1~35与图57所示的m1~m35的各光学面对应。

[2005] (表13)

[2006] [透镜参数]

	面编号	R	D	nd	vd
	物面	∞			
	1	241.11515	2.000	1.92286	20.9
	2	103.44771	5.420	1.59319	67.9
	3	-7416.50890	0.100	1.00000	
	4	56.35289	5.617	1.75500	52.3
[2007]	5	189.71095	(D5)	1.00000	
	*6	180.45884	0.100	1.56093	36.6
	7	93.90256	1.250	1.83481	42.7
	8	15.53782	8.861	1.00000	
	9	-29.30755	1.000	1.80400	46.6
	10	125.24231	0.299	1.00000	
	11	56.49561	5.857	1.80809	22.7

	12	-29.68309	1.683	1.00000	
	13	-20.94818	1.200	1.88202	37.2
	*14	-36.26558	(D14)	1.00000	
	*15	208.43307	2.148	1.72903	54.0
	16	-111.63066	2.282	1.00000	
	17	(光圈 S)	1.000	1.00000	
	18	46.77320	1.500	1.71999	50.3
	19	31.72866	5.122	1.49782	82.6
	20	-453.18879	0.100	1.00000	
	21	76.84303	4.093	1.48749	70.3
	22	-45.25442	0.100	1.00000	
	23	263.80748	4.141	1.95000	29.4
[2008]	24	-31.17139	1.000	1.79504	28.7
	25	29.03381	(D25)	1.00000	
	26	55.64853	5.981	1.58313	59.4
	27	-19.40195	1.000	1.79504	28.7
	28	-35.38084	(D28)	1.00000	
	29	-141.22564	3.677	1.84666	23.8
	30	-23.75223	1.000	1.76801	49.2
	*31	43.50066	3.075	1.00000	
	32	44.96093	8.708	1.49782	82.6
	33	-21.83258	0.911	1.00000	
	34	-21.94603	1.350	1.90366	31.3
	35	-48.91548	(D35)	1.00000	
	像面	∞			
[2009]	[非球面数据]				
[2010]	第6面				
[2011]	$\kappa=1.00000\text{e}+00$				
[2012]	$A4=1.29884\text{e}-05$				
[2013]	$A6=-2.61296\text{e}-08$				
[2014]	$A8=6.74064\text{e}-11$				
[2015]	$A10=-1.41771\text{e}-13$				

- [2016] $A_{12}=2.18700\text{e-}16$
 [2017] 第14面
 [2018] $\kappa=1.00000\text{e+}00$
 [2019] $A_4=-1.60620\text{e-}06$
 [2020] $A_6=-8.46210\text{e-}09$
 [2021] $A_8=1.06446\text{e-}12$
 [2022] $A_{10}=0.00000\text{e+}00$
 [2023] $A_{12}=0.00000\text{e+}00$
 [2024] 第15面
 [2025] $\kappa=1.00000\text{e+}00$
 [2026] $A_4=-9.77451\text{e-}06$
 [2027] $A_6=-5.03316\text{e-}09$
 [2028] $A_8=-7.08144\text{e-}12$
 [2029] $A_{10}=0.00000\text{e+}00$
 [2030] $A_{12}=0.00000\text{e+}00$
 [2031] 第31面
 [2032] $\kappa=1.00000\text{e+}00$
 [2033] $A_4=4.03997\text{e-}07$
 [2034] $A_6=-2.51998\text{e-}09$
 [2035] $A_8=2.61375\text{e-}11$
 [2036] $A_{10}=0.00000\text{e+}00$
 [2037] $A_{12}=0.00000\text{e+}00$
 [2038] [各种数据]
 [2039] 变倍比 3.34

	广角端	中间	远焦端
f	24.70	49.50	82.45
FNo	3.08	3.85	4.60
ω	41.2	23.6	14.4
[2040] Y	19.46	21.63	21.63
TL	157.364	172.583	196.763
BF	38.000	51.002	63.987
BF(空气)	38.000	51.002	63.987
[2041] [可变间隔数据]			

无限远对焦时				近距离对焦时			
	广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端	
	f	24.70	49.50	82.45	-	-	
	β	-	-	-	-0.1467	-0.1894	
[2042]	D0	∞	∞	∞	142.64	227.42	
	D5	1.500	14.906	29.804	1.500	14.906	
	D14	24.244	7.638	1.500	24.244	7.638	
	D25	11.046	9.677	11.046	9.229	5.570	
	D28	2.000	8.785	9.851	3.817	12.891	
	D35	38.000	51.002	63.987	38.000	51.002	
[2043]	[透镜组数据]						
		组初面	组焦距				
	第 1 透镜组	1	97.37				
	第 2 透镜组	6	-17.47				
[2044]	第 3 透镜组	15	48.40				
	第 4 透镜组	26	46.36				
	第 5 透镜组	29	-128.60				
[2045]	[条件式对应值]						
[2046]	条件式 (JB1) $(DMRT-DMRW)/fF=0.169$						
[2047]	条件式 (JB2) $W\omega=41.170$						
[2048]	条件式 (JB3) $T\omega=14.419$						
[2049]	条件式 (JB4) $fF/fRF=-0.361$						
[2050]	条件式 (JB5) $fF/fXR=0.958$						
[2051]	条件式 (JB6) $DGXR/fXR=0.444$						
[2052]	条件式 (JD1) $fV/fRF=0.379$						
[2053]	条件式 (JD2) $DVW/fV=-0.063$						
[2054]	条件式 (JD3) $W\omega=41.170$						
[2055]	条件式 (JD4) $fF/fXR=0.958$						
[2056]	条件式 (JD5) $(-fXn)/fXR=0.361$						
[2057]	条件式 (JD6) $DGXR/fXR=0.444$						
[2058]	条件式 (JE1) $DVW/fV=-0.063$						
[2059]	条件式 (JE2) $W\omega=41.170$						
[2060]	条件式 (JE3) $fF/fW=1.877$						

[2061] 条件式(JE4) $fV/fRF=0.379$

[2062] 条件式(JE5) $fF/fXR=0.958$

[2063] 条件式(JE6) $DGXR/fXR=0.444$

[2064] 条件式(JE7) $DXnW/ZD1=0.721$

[2065] 条件式(JG1) $\beta Ft=-0.247$

[2066] 条件式(JG2) $(rB+rA)/(rB-rA)=3.182$

[2067] 条件式(JG3) $\beta Fw=0.163$

[2068] 条件式(JH1) $(rB+rA)/(rB-rA)=3.182$

[2069] 条件式(JH2) $(rC+rB)/(rC-rB)=-0.223$

[2070] 条件式(JH3) $|fF/fXR|=0.958$

[2071] 条件式(JH4) $\beta Fw=0.163$

[2072] 条件式(JJ1) $(rB+rA)/(rB-rA)=3.182$

[2073] 条件式(JJ2) $|fF/fXR|=0.958$

[2074] 条件式(JJ3) $\beta Fw=0.163$

[2075] 条件式(JJ4) $v_{dn}=28.690$

[2076] 从表13可知,第13实施例的变倍光学系统ZL13满足条件式(JB1)~(JB6)、(JD1)~(JD6)、(JE1)~(JE7)、(JG1)~(JG3)、(JH1)~(JH4)及(JJ1)~(JJ4)。

[2077] 图58是第13实施例的变倍光学系统ZL13的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及横向像差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图59是第13实施例的变倍光学系统ZL13的极近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及横向像差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图60是第13实施例的变倍光学系统ZL13的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的横向像差图, (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。

[2078] 从图58~图60可知,关于第13实施例的变倍光学系统ZL13,从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到极近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[2079] (第14实施例)

[2080] 使用图61~图64以及表14对第14实施例进行说明。如图61所示,第14实施例的变倍光学系统ZLI(ZL14)由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有负的光焦度的第4透镜组G4及具有正的光焦度的第5透镜组G5构成。

[2081] 在本实施例中,第2透镜组G2相当于前侧透镜组GX。第3透镜组G3相当于中间透镜组GM。另外,第3透镜组G3由从物体侧依次排列的物体侧组GA和像侧组GB构成,像侧组GB相当于所述对焦透镜组GF。第4透镜组G4、第5透镜组G5相当于后侧透镜组GR。另外,第4透镜组G4相当于防抖透镜组VR。

[2082] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的将凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11与双凸透镜L12接合而成的接合透镜及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13构成。

[2083] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L21、双凹透镜

L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24构成。双凹透镜L22是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2084] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的物体侧组GA和具有正的光焦度的像侧组GB构成。物体侧组GA由从物体侧依次排列的双凸透镜L31、孔径光阑S、双凸透镜L32及凹面朝向像侧的负弯月形透镜L33构成。像侧组GB由将从物体侧依次排列的双凸透镜L34与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L35接合而成的接合透镜构成。双凸透镜L31是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。双凸透镜L34是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2085] 第4透镜组G4由将从物体侧依次排列的凸面朝向像侧的正弯月形透镜L41与双凹透镜L42接合而成的接合透镜构成。

[2086] 第5透镜组G5由从物体侧依次排列的双凸透镜L51、将凸面朝向像侧的正弯月形透镜L52与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L53接合而成的接合透镜及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L54构成。

[2087] 使第1透镜组G1向物体侧移动,使第2透镜组G2暂时向像面侧移动然后向物体侧移动,使第3透镜组G3、第4透镜组G4及第5透镜组G5分别向物体侧移动,使得第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的空气间隔增加,第2透镜组G2与第3透镜组G3之间的空气间隔减少,第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的空气间隔增加,第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔减少,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[2088] 使构成第3透镜组G3的像侧组GB作为对焦透镜组GF而向物体侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[2089] 在产生像抖动时,使第4透镜组G4作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。

[2090] 在第14实施例中,在广角端状态下,在校正角度0.664度时,防抖透镜组的偏移量为-0.338mm。在中间焦距状态下,在校正角度0.469度时,防抖透镜组的偏移量为-0.358mm。在远焦端状态下,在校正角度0.327度时,防抖透镜组的偏移量为-0.389mm。

[2091] 下述的表14中示出第14实施例中的各参数的值。表14中的面编号1~33与图61所示的m1~m33的各光学面对应。

[2092] (表14)

[2093] [透镜参数]

面编号	R	D	vd	nd
物面	∞			
1	755.7151	2.00	22.74	1.80809
2	161.3459	5.78	67.90	1.59319
3	-580.4059	0.10		
4	67.8395	5.80	54.61	1.72916
5	174.6045	D5(可变)		
6	76.4442	1.35	35.73	1.90265
7	18.5155	8.86		
*8	-39.7788	1.00	51.15	1.75501
9	52.4007	0.10		
10	40.3224	5.17	22.74	1.80809
11	-52.2736	2.86		
12	-23.0648	1.20	58.12	1.62299
13	-42.3507	D13(可变)		
[2094] *14	38.7318	3.48	51.15	1.75501
*15	-132.1314	1.00		
16	∞	2.50	(孔径光阑)	
17	46.8922	5.22	82.57	1.49782
18	-42.6707	0.10		
19	755.7937	1.00	37.18	1.83400
20	25.3493	D20(可变)		
*21	32.5284	7.45	67.02	1.59201
22	-21.4485	1.00	23.80	1.84666
23	-37.3054	D23(可变)		
24	-269.6872	4.53	22.74	1.80809
25	-22.2495	1.00	35.25	1.74950
26	33.9362	D26(可变)		
27	39.0406	8.96	81.49	1.49710
28	-26.9857	1.06		

	29	-31.8633	4.36	22.74	1.80809		
	30	-27.4771	1.35	52.34	1.75500		
	31	-56.0731	3.74				
[2095]	32	-21.6584	1.30	54.61	1.72916		
	33	-45.4890	D33(可变)				
	像面	∞					
[2096]	[非球面数据]						
	面编号	κ	A4	A6	A8	A10	
	第 8 面	0.00	4.46184E-06	6.59185E-09	-2.42201E-11	2.59662E-13	
[2097]	第 14 面	0.00	-3.88209E-06	2.73780E-08	-1.55431E-10	0.00000E+00	
	第 15 面	0.00	7.82327E-06	2.51863E-08	-1.15048E-10	-1.28188E-13	
	第 21 面	0.00	-3.14303E-06	5.83544E-10	-1.13942E-11	0.00000E+00	
[2098]	[各种数据]						
[2099]	变倍比 4.13						
		广角端		中间	远焦端		
	f	24.7	~	49.5	~	102.0	
	FNo	2.9	~	3.7	~	4.1	
[2100]	2 ω	82.4	~	47.2	~	23.5	
	Y	19.2	~	21.6	~	21.6	
	TL(空气)	145.2	~	160.9	~	196.8	
	BF(空气)	14.9	~	28.9	~	43.9	
[2101]	[可变间隔数据]						
		无限远对焦时			近距离对焦时		
		广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
[2102]	f	24.7	49.5	102.0	24.7	49.5	102.0
	D5	1.10	19.44	48.07			
	D13	25.53	8.90	1.10			
	D20	10.87	10.87	10.87	10.20	8.66	2.09
	D23	2.50	6.70	7.68	3.17	8.91	16.46
[2103]	D26	8.08	3.88	2.90			
	D33	14.92	28.89	43.95			
[2104]	[透镜组数据]						

	组初面	组焦距
第 1 透镜组	1	133.47
第 2 透镜组	6	-20.32
[2105] 第 3 透镜组	14	30.32
第 4 透镜组	24	-44.25
第 5 透镜组	27	151.19

[2106] [条件式对应值]

[2107] 条件式 (JG1) $\beta F_t = -0.306$

[2108] 条件式 (JG2) $(r_B + r_A) / (r_B - r_A) = 8.062$

[2109] 条件式 (JG3) $\beta F_w = 0.085$

[2110] 条件式 (JJ1) $(r_B + r_A) / (r_B - r_A) = 8.062$

[2111] 条件式 (JJ2) $|f_F / f_{XR}| = 1.760$

[2112] 条件式 (JJ3) $\beta F_w = 0.085$

[2113] 条件式 (JJ4) $v_{dn} = 23.800$

[2114] 从表14可知,本实施例的变倍光学系统ZL14满足条件式(JG1)~(JG3)和(JJ1)~(JJ4)。

[2115] 图62是第14实施例的变倍光学系统ZL14的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图63是第14实施例的变倍光学系统ZL14的近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图64是第14实施例的变倍光学系统ZL14的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的彗差图, (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。

[2116] 在各像差图中, F_N0 表示F值, NA 表示数值孔径, Y 表示像高。 D 表示d线下的像差, g 表示g线下的像差。另外,没有这些记载的,表示d线下的像差。其中,在无限远对焦时的球面像差图中,示出与最大孔径对应的F值的值。在近距离对焦时的球面像差图中,示出与最大孔径对应的数值孔径的值。在像散图和畸变图中,示出像高的最大值。在彗差图中,示出各像高的值。在像散图中,实线表示弧矢像面,虚线表示子午像面。

[2117] 从图62~图64可知,关于第14实施例的变倍光学系统ZL14,从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到极近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[2118] 根据以上的各实施例,能够实现小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的变倍光学系统。

[2119] 到此为止为了使本发明容易理解,附上实施方式的构成要素来进行了说明,但是本发明当然不限于此。能够在不损坏本申请的变倍光学系统的光学性能的范围内适当采用以下的内容。另外,各实施例的特征组的再组合也能成为发明。

[2120] 作为第1~第6实施方式的变倍光学系统ZL1的数值实施例,虽然示出了5组、6组结

构,但是并不限于此,也能够应用于其他的组结构(例如,7组等)。具体地讲,也可以是在最靠物体侧增加了透镜或透镜组的结构、在最靠像侧增加了透镜或透镜组的结构。另外,第1~6透镜组、前侧透镜组、中间透镜组以及后侧透镜组表示被在进行变倍时变化的空气间隔分离的、具有至少一个透镜的部分。另外,对焦透镜组GF表示被在进行对焦时变化的空气间隔分离的、具有至少一个透镜的部分。另外,防抖透镜组表示被防抖时移动的部分与防抖时不移动的部分的边界分离的、具有至少一个透镜的部分。

[2121] 在第1~第6实施方式的变倍光学系统ZLI中,也可以构成为,为了进行从无限远向近距离物体的对焦,使透镜组的一部分、一个透镜组整体或者多个透镜组作为对焦透镜组GF而在光轴方向上移动。另外,这样的对焦透镜组GF能够应用于自动聚焦,也适合于自动聚焦用的电机(例如,超声波电机等)所进行的驱动。特别是,优选使第4透镜组G4的至少一部分作为对焦透镜组GF。

[2122] 在第1~第6实施方式的变倍光学系统ZLI中,也可以使任意一个透镜组整体或部分透镜组作为以具有与光轴垂直的方向上的分量的方式移动、或者在包含光轴的面内方向旋转移动(摆动)来对由手抖等产生的像抖动进行校正的防抖透镜组。特别是,优选的是,使第5透镜组G5的至少一部分、或第6透镜组G6的至少一部分作为防抖透镜组。

[2123] 在第1~第6实施方式的变倍光学系统ZLI中,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时,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。另外,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。另外,透镜面也可以是衍射面,也可以使透镜为折射率分布型透镜(GRIN透镜)或塑料透镜。

[2124] 在第1~第6实施方式的变倍光学系统ZLI中,孔径光阑S虽然优选配置于第3透镜组G3的附近,但是也可以不设置作为孔径光阑的部件,而通过透镜的框代替其作用。

[2125] 在第1~第6实施方式的变倍光学系统ZLI中,在各透镜面上,为了减轻眩光、重影并实现高对比度的良好的光学性能,也可以施加在宽波长区域中具有高透射率的防反射膜。

[2126] 第1~第6实施方式的变倍光学系统ZLI的变倍比为3~4.5倍左右。

[2127] 作为第7~第10实施方式的变倍光学系统ZLI的数值实施例,虽然示出5组、6组结构,但是并不限于此,也能够应用于其他的组结构(例如,7组等)。具体地讲,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。另外,第1~6透镜组、前侧透镜组、中间透镜组以及后侧透镜组表示被在进行变倍时变化的空气间隔分离的、具有至少一个透镜的部分。另外,对焦透镜组GF表示被在进行对焦时变化的空气间隔分离的、具有至少一个透镜的部分。另外,防抖透镜组表示被防抖时移动的部分与防抖时不移动的部分的边界分离的、具有至少一个透镜的部分。

[2128] 在第7~第10实施方式的变倍光学系统ZLI中,也可以构成为,为了进行从无限远向近距离物体的对焦,使透镜组的一部分、一个透镜组整体或者多个透镜组作为对焦透镜组GF而沿光轴方向移动。另外,该对焦透镜组GF也能够应用于自动聚焦,也适合于自动聚焦用的电机(例如,超声波电机,步进电机,音圈电机等)所进行的驱动。特别是,优选使第3透

镜组G3的至少一部分、或第4透镜组G4的至少一部分作为对焦透镜组GF。另外,虽然对焦透镜组GF可以如上述实施例那样由一个接合透镜构成,但是不特别限定透镜个数,也可以由一个单透镜和一个接合透镜等一个以上的透镜成分构成。

[2129] 在第7~第10实施方式的变倍光学系统ZLI中,也可以使任意一个透镜组整体或部分透镜组作为以具有与光轴垂直的方向上的分量的方式移动、或者在包含光轴的面内方向旋转移动(摆动)来对由手抖等产生的像抖动进行校正的防抖透镜组。特别是,优选的是,使第5透镜组G5的至少一部分、或第6透镜组G6的至少一部分作为防抖透镜组。

[2130] 在第7~第10实施方式的变倍光学系统ZLI中,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时,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。另外,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。另外,透镜面也可以是衍射面,也可以使透镜为折射率分布型透镜(GRIN透镜)或塑料透镜。

[2131] 在第7~第10实施方式的变倍光学系统ZLI中,孔径光阑S虽然优选配置于第3透镜组G3的附近,但是也可以不设置作为孔径光阑的部件,而通过透镜的框代替其作用。

[2132] 在第7~第10实施方式的变倍光学系统ZLI中,在各透镜面上,为了减轻眩光、重影并实现高对比度的良好的光学性能,也可以施加在宽波长区域中具有高透射率的防反射膜。防反射膜能够适当选择,可以是多层镀膜或具有由微细的结晶粒子构成的超低折射率层的防反射膜,对施加防反射膜的面数也不特别限定。

[2133] 关于第7~第10实施方式的变倍光学系统ZLI,变倍比为2.9~5.0倍左右,广角端状态下的35mm等效焦距为22~30mm左右, F_{no} 在广角端状态下为 $f/1.8\sim 3.7$ 左右、在远焦端状态下为 $f/2.8\sim 5.9$ 左右,但是并不限定于此。

[2134] (第11~第14实施方式)

[2135] 以下,参照附图对第11~第14实施方式进行说明。各实施方式的变倍光学系统ZLII具备从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、前侧透镜组GX、具有正的光焦度的中间透镜组GM及后侧透镜组GR,前侧透镜组GX由一个以上的透镜组构成且具有负透镜组,中间透镜组GM的至少一部分为对焦透镜组GF,后侧透镜组GR由1个以上的透镜组构成,在进行变倍时,第1透镜组G1与前侧透镜组GX之间的间隔变化,前侧透镜组GX与中间透镜组GM之间的间隔变化,中间透镜组GM与后侧透镜组GR之间的间隔变化。

[2136] 在后述的第11~第14实施方式的说明中,第2透镜组G2相当于前侧透镜组GX。第3透镜组G3相当于在至少一部分中包含对焦透镜组GF的中间透镜组GM。另外,第3透镜组G3由从物体侧依次排列的物体侧组GA和像侧组GB构成,像侧组GB相当于所述对焦透镜组GF。第4透镜组G4相当于后侧透镜组GR中的最靠物体侧的透镜组。第5透镜组G5相当于后侧透镜组GR中的从物体侧起第二个透镜组。

[2137] 以下,参照附图对第11实施方式进行说明。如图76所示,第11实施方式的变倍光学系统ZLII构成为,具备从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3及第4透镜组G4,通过使各透镜组之间的间隔变化来进行变倍,第3透镜组G3具有从物体侧依次排列的物体侧组GA和像侧组GB,在使

物体侧组GA相对于像面固定的状态下,使像侧组GB沿着光轴方向移动来进行对焦(=对焦透镜组GF),在进行变倍时,使第4透镜组G4相对于像面移动。

[2138] 通过该结构,实现光学系统整个系统的小型化和结构的简单化。另外,能够抑制像倍率变化。

[2139] 在此基础上,为了进一步改善光学性能,第11实施方式的变倍光学系统ZLII满足以下的条件式(JK1)、(JK2)。

[2140] $0.50 < |fF|/fM < 5.00 \cdots$ (JK1)

[2141] $0.51 < (-fXn)/fM < 1.60 \cdots$ (JK2)

[2142] 其中,

[2143] fF:对焦透镜组GF的焦距(像侧组GB的焦距),

[2144] fM:中间透镜组GM的焦距(第3透镜组G3的焦距),

[2145] fXn:前侧透镜组GX所具有的负透镜组中的光焦度的绝对值最大的透镜组的焦距(第2透镜组G2的焦距)。

[2146] 条件式(JK1)规定作为对焦组的像侧组GB的焦距和中间透镜组GM的焦距(第3透镜组G3的焦距)。当超过条件式(JK1)的上限值时,对焦组的光焦度变弱,对焦时的移动量增加,很难缩短最短摄影距离,或者第3透镜组G3的光焦度变得过强,无法良好地对变倍时的球面像差进行校正,因此是不优选的。

[2147] 为了可靠地得到第11实施方式的效果,优选使条件式(JK1)的上限值为4.50。为了更可靠地得到第11实施方式的效果,优选使条件式(JK1)的上限值为4.30。为了进一步可靠地得到第11实施方式的效果,优选使条件式(JK1)的上限值为4.00。

[2148] 当低于条件式(JK1)的下限值时,对焦组的光焦度变强,无法良好地对近距离对焦时的球面像差进行校正,因此是不优选的。

[2149] 为了可靠地得到第11实施方式的效果,优选使条件式(JK1)的下限值为0.70。为了更可靠地得到第11实施方式的效果,优选使条件式(JK1)的下限值为0.90。为了进一步可靠地得到第11实施方式的效果,优选使条件式(JK1)的下限值为1.10。

[2150] 条件式(JK2)规定前侧透镜组GX所具有的负透镜组中的光焦度的绝对值最大的透镜组的焦距(第2透镜组G2的焦距)和中间透镜组GM的焦距(第3透镜组G3的焦距)。当超过条件式(JK2)的上限值时,第2透镜组G2的光焦度变弱,变倍时的移动量增加,光学系统变得大型化,并且,像面弯曲像差的校正变得困难,因此是不优选的。

[2151] 为了可靠地得到第11实施方式的效果,优选使条件式(JK2)的上限值为1.55。为了更可靠地得到第11实施方式的效果,优选使条件式(JK2)的上限值为1.50。为了进一步可靠地得到第11实施方式的效果,优选使条件式(JK2)的上限值为1.45。

[2152] 当低于条件式(JK2)的下限值时,无法良好地对变倍时产生的球面像差变动、像面弯曲像差变动进行校正,因此是不优选的。

[2153] 为了可靠地得到第11实施方式的效果,优选使条件式(JK2)的下限值为0.53。为了更可靠地得到第11实施方式的效果,优选使条件式(JK2)的下限值为0.55。为了进一步可靠地得到第11实施方式的效果,优选使条件式(JK2)的下限值为0.57。

[2154] 第11实施方式的变倍光学系统ZLII优选满足以下的条件式(JK3)。

[2155] $0.01 < dAB/|fF| < 0.50 \cdots$ (JK3)

[2156] 其中,

[2157] dAB:远焦端状态下的无限远对焦时的对焦透镜组GF与其物体侧的透镜之间的光轴上的间隔(远焦端状态下的无限远对焦时的像侧组GB与位于在从无限远向近距离物体对焦时使像侧组GB在光轴上移动的方向的最靠近像侧组GB的透镜之间的光轴上的间隔)。

[2158] 例如,在图76所示的实施例中,所述间隔dAB相当于远焦端状态下的无限远对焦时的、像侧组GB的最靠物体侧透镜L34与位于其物体侧的物体侧组GA的最靠像侧透镜L33之间的光轴上的间隔。

[2159] 条件式(JK3)规定作为对焦组的像侧组GB的焦距以及在从无限远向近距离物体对焦时对焦组与位于其物体侧的透镜为止的间隔。当超过条件式(JK3)的上限值时,对焦组的光焦度变强,无法良好地对对焦时的球面像差变动进行校正,因此是不优选的。

[2160] 为了可靠地得到第11实施方式的效果,优选使条件式(JK3)的上限值为0.46。为了更可靠地得到第11实施方式的效果,优选使条件式(JK3)的上限值为0.42。为了进一步可靠地得到第11实施方式的效果,优选使条件式(JK3)的上限值为0.38。

[2161] 当低于条件式(JK3)的下限值时,作为对焦组的像侧组GB的光焦度变得过弱,近距离对焦时的移动量增加,透镜整体变得大型化,并且,无法良好地对像面弯曲像差进行校正,因此是不优选的。

[2162] 为了可靠地得到第11实施方式的效果,优选使条件式(JK3)的下限值为0.02。为了更可靠地得到第11实施方式的效果,优选使条件式(JK3)的下限值为0.03。为了进一步可靠地得到第11实施方式的效果,优选使条件式(JK3)的下限值为0.04。

[2163] 关于第11实施方式的变倍光学系统ZLII,优选的是,在进行变倍时,使第1透镜组G1相对于像面移动。通过该结构,能够高效地进行变倍,良好地对远焦端状态下的球面像差进行校正。

[2164] 关于第11实施方式的变倍光学系统ZLII,优选的是,在进行变倍时,使第2透镜组G2相对于像面移动。通过该结构,能够高效地进行变倍,抑制在变倍时产生的球面像差变动和像面弯曲变动。

[2165] 关于第11实施方式的变倍光学系统ZLII,优选的是,在进行变倍时,使第3透镜组G3相对于像面移动。通过该结构,能够高效地进行变倍,抑制在变倍时产生的球面像差变动和像面弯曲像差变动。

[2166] 关于第11实施方式的变倍光学系统ZLII,优选的是,在进行变倍时,使第4透镜组G4相对于像面移动。通过该结构,能够高效地进行变倍,抑制在变倍时产生的球面像差变动和像面弯曲像差变动。

[2167] 在第11实施方式的变倍光学系统ZLII中,优选的是,对焦透镜组(构成第3透镜组G3的像侧组GB)在作为整体具有正的光焦度时,包含正透镜,且满足以下的条件式(JK4)、(JK5)。

[2168] $ndp + 0.0075 \times vdp - 2.175 < 0 \cdots$ (JK4)

[2169] $vdp > 50.00 \cdots$ (JK5)

[2170] 其中,

[2171] ndp:对焦透镜组GF(像侧组GB)所包含的正透镜的介质的对d线的折射率,

[2172] vdp:对焦透镜组GF(像侧组GB)所包含的正透镜的介质的以d线为基准的阿贝数。

[2173] 条件式 (JK4) 规定作为对焦组的像侧组GB所使用的透镜的玻璃材料。当超过条件式 (JK4) 的上限值时,相对于玻璃的色散,光焦度变得过强,因此近距离对焦时的色像差校正变得困难,是不优选的。

[2174] 为了可靠地得到第11实施方式的效果,优选使条件式 (JK4) 的上限值为-0.015。为了更可靠地得到第11实施方式的效果,优选使条件式 (JK4) 的上限值为-0.030。为了进一步可靠地得到第11实施方式的效果,优选使条件式 (JK4) 的上限值为-0.045。

[2175] 条件式 (JK5) 规定作为对焦组的像侧组GB所使用的透镜的玻璃材料。当低于条件式 (JK5) 的下限值时,玻璃的色散大,即使假设与负透镜接合,近距离对焦时的色像差校正也变得困难,是不优选的。

[2176] 为了可靠地得到第11实施方式的效果,优选使条件式 (JK5) 的下限值为52.00。为了更可靠地得到第11实施方式的效果,优选使条件式 (JK5) 的上限值为54.00。为了进一步可靠地得到第11实施方式的效果,优选使条件式 (JK5) 的上限值为55.00。

[2177] 在第11实施方式的变倍光学系统ZLII中,优选的是,对焦透镜组(构成第3透镜组G3的像侧组GB)在作为整体具有负的光焦度时,包含负透镜,且满足以下的条件式 (JK6)、(JK7)。

[2178] $ndn+0.0075 \times vdn-2.175 < 0 \cdots$ (JK6)

[2179] $vdn > 50.00 \cdots$ (JK7)

[2180] 其中,

[2181] ndn :对焦透镜组GF(像侧组GB)所包含的负透镜的介质的对d线的折射率,

[2182] vdn :对焦透镜组GF(像侧组GB)所包含的负透镜的介质的以d线为基准的阿贝数。

[2183] 条件式 (JK6) 规定作为对焦组的像侧组GB所使用的透镜的玻璃材料。当超过条件式 (JK6) 的上限值时,相对于玻璃的色散,光焦度变得过强,因此近距离对焦时的色像差校正变得困难,是不优选的。

[2184] 为了可靠地得到第11实施方式的效果,优选使条件式 (JK6) 的上限值为-0.015。为了更可靠地得到第11实施方式的效果,优选使条件式 (JK6) 的上限值为-0.030。为了进一步可靠地得到第11实施方式的效果,优选使条件式 (JK6) 的上限值为-0.045。

[2185] 条件式 (JK7) 规定作为对焦组的像侧组GB所使用的透镜的玻璃材料。当低于条件式 (JK7) 的下限值时,玻璃的色散大,即使假设与正透镜接合,近距离对焦时的色像差校正也变得困难,是不优选的。

[2186] 为了可靠地得到第11实施方式的效果,优选使条件式 (JK7) 的下限值为52.00。为了更可靠地得到第11实施方式的效果,优选使条件式 (JK7) 的上限值为54.00。为了进一步可靠地得到第11实施方式的效果,优选使条件式 (JK7) 的上限值为55.00。

[2187] 关于第11实施方式的变倍光学系统ZLII,优选的是,在像侧组GB与构成本光学系统的最靠像侧的透镜之间具有防抖透镜组VR,该防抖透镜组VR构成为为了对像抖动进行校正而能够以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动。例如,在图76所示的实施例中,位于像侧组GB与构成本光学系统的最靠像侧的透镜之间的第4透镜组G4相当于所述防抖透镜组VR。

[2188] 通过该结构,能够缩小对焦时的像倍率变动,并且良好地对防抖透镜组VR的偏心彗差、像散进行校正。

[2189] 如上所述,根据第11实施方式,能够实现小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的变倍光学系统ZLII。

[2190] 接着,参照图176对具备上述的变倍光学系统ZLII的相机(光学设备)进行说明。如图176所示,相机11是具备上述的变倍光学系统ZLII来作为摄影镜头12的镜头可换式的相机(所谓无反相机)。在该相机11中,来自未图示的物体(被摄体)的光通过摄影镜头12为被聚光,通过未图示的OLPF(Optical low pass filter:光学低通滤波器)在摄像部13的摄像面上形成被摄体像。并且,被摄体像通过设置在摄像部13上的光电转换元件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11的EVF(Electronic view finder:电子取景器)14上。由此,摄影者能够通过EVF14观察被摄体。另外,当由摄影者按下未图示的释放按钮时,通过摄像部13生成的被摄体的图像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11的被摄体的摄影。

[2191] 关于作为摄影镜头12而搭载于本相机11上的第11实施方式的变倍光学系统ZLII,从后述的各实施例也可知,通过其特征性的镜头结构,变得小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能。因此,根据本相机11,能够实现小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的光学设备。

[2192] 另外,在第11实施方式中,虽然对无反相机的例子进行了说明,但是并不限于此。例如,在相机主体上具有快速复原反光镜且通过取景器光学系统观察被摄体的单反类型的相机上搭载了上述的变倍光学系统ZLII的情况下,也能够起到与上述相机11相同的效果。

[2193] 接着,参照图177对上述的变倍光学系统ZLII的制造方法进行概述。首先,以如下方式在镜筒内配置各透镜(步骤ST1110):具备从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3及第4透镜组G4,通过使各透镜组之间的间隔变化来进行变倍。此时,以如下方式配置各透镜(步骤ST1120):第3透镜组G3具有从物体侧依次排列的物体侧组GA和像侧组GB,通过使像侧组GB(=对焦透镜组GF)沿着光轴方向移动来进行对焦。另外,以如下方式配置各透镜(步骤ST1130):在进行变倍时,使第4透镜组G4相对于像面移动。并且,以满足以下的条件式(JK1)、(JK2)的方式在镜筒内配置各透镜(步骤ST1140)。

[2194] $0.50 < |fF|/fM < 5.00 \cdots$ (JK1)

[2195] $0.51 < (-fXn)/fM < 1.60 \cdots$ (JK2)

[2196] 其中,

[2197] fF:对焦透镜组GF的焦距(像侧组GB的焦距),

[2198] fM:中间透镜组GM的焦距(第3透镜组G3的焦距),

[2199] fXn:前侧透镜组GX所具有的负透镜组中的光焦度的绝对值最大的透镜组的焦距(第2透镜组G2的焦距)。

[2200] 当例举第11实施方式中的透镜配置的一例时,如图76所示,从物体侧依次配置将凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11与双凸透镜L12接合而成的接合透镜、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13来作为第1透镜组G1,配置凹面朝向像侧的负弯月形透镜L21、双凹透镜L22、双凸透镜L23、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24来作为第2透镜组G2,配置由双凸透镜L31、孔径光阑S、双凸透镜L32、凹面朝向像侧的负弯月形透镜L33构成的物体侧组GA和由

将双凸透镜L34与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L35接合而成的接合透镜构成的像侧组GB来作为第3透镜组G3,配置将凸面朝向像侧的正弯月形透镜L41与双凹透镜L42接合而成的接合透镜来作为第4透镜组G4,配置双凸透镜L51、将凸面朝向像侧的正弯月形透镜L52与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L53接合而成的接合透镜、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L54来作为第5透镜组G5。通过上述的步骤配置如上所述地准备的各透镜组来制造变倍光学系统ZLII。

[2201] 根据第11实施方式的制造方法,能够制造小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的变倍光学系统ZLII。

[2202] 以下,参照附图对第12实施方式进行说明。如图76所示,第12实施方式的变倍光学系统ZLII具备从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3及第4透镜组G4,通过使各透镜组之间的间隔变化来进行变倍,第3透镜组G3具有从物体侧依次排列的物体侧组GA和像侧组GB,在使物体侧组GA相对于像面固定的状态下,使像侧组GB沿着光轴方向移动来进行对焦(=对焦透镜组GF),在进行变倍时,使第1透镜组G1相对于像面向物体侧移动,使第2透镜组G2相对于像面移动。

[2203] 通过该结构,实现光学系统整个系统的小型化和结构的简单化。另外,能够抑制像倍率变化。

[2204] 在此基础上,为了进一步改善光学性能,关于第12实施方式的变倍光学系统ZLII,形成于像侧组GB和与其相邻的透镜组之间且位于在从无限远向近距离物体对焦时使像侧组GB移动的方向的空气透镜满足以下的条件式(JL1)。

[2205] 例如,在图76所示的实施例,形成于像侧组GB和与其相邻的透镜组(此处,物体侧组GA)之间且位于在从无限远向近距离物体对焦时使像侧组GB移动的方向上的、由第20面和第21面构成的空气透镜相当于所述空气透镜。

[2206] $1.50 < |(rB+rA)/(rB-rA)| \cdots (JL1)$

[2207] 其中,

[2208] rA:所述空气透镜的物体侧透镜面的曲率半径,

[2209] rB:所述空气透镜的像侧透镜面的曲率半径。

[2210] 条件式(JL1)规定在作为对焦组的像侧组GB和与其隔着空气相邻的透镜组之间产生的空气透镜的形状。当低于条件式(JL1)的下限值时,所述空气透镜的光焦度变强,无法良好地对近距离对焦时的球面像差、像面弯曲像差进行校正,因此是不优选的。

[2211] 为了可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL1)的下限值为2.10。为了更可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL1)的下限值为2.70。为了进一步可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL1)的下限值为3.30。

[2212] 第12实施方式的变倍光学系统ZLII优选满足以下的条件式(JL2)。

[2213] $0.50 < |fF|/fM < 5.00 \cdots (JL2)$

[2214] 其中,

[2215] fF:对焦透镜组GF的焦距(像侧组GB的焦距),

[2216] fM:中间透镜组GM的焦距(第3透镜组G3的焦距)。

[2217] 条件式(JL2)规定作为对焦组的像侧组GB的焦距和中间透镜组GM的焦距(第3透镜

组G3的焦距)。当超过条件式(JL2)的上限值时,对焦组的光焦度变弱,对焦时的移动量增加,很难缩短最短摄影距离,或者第3透镜组G3的光焦度变得过强,无法良好地对变倍时的球面像差进行校正,因此是不优选的。

[2218] 为了可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL2)的上限值为4.15。为了更可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL2)的上限值为3.35。为了进一步可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL2)的上限值为2.55。

[2219] 当低于条件式(JL2)的下限值时,对焦组的光焦度变强,无法良好地对近距离对焦时的球面像差进行校正,因此是不优选的。

[2220] 为了可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL2)的下限值为0.70。为了更可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL2)的下限值为0.90。为了进一步可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL2)的下限值为1.10。

[2221] 第12实施方式的变倍光学系统ZLII优选满足以下的条件式(JL3)。

[2222] $0.01 < dAB/|fF| < 0.50 \cdots$ (JL3)

[2223] 其中,

[2224] dAB:远焦端状态下的无限远对焦时的对焦透镜组GF与其物体侧的透镜之间的光轴上的间隔(远焦端状态下的无限远对焦时的像侧组GB与位于在从无限远向近距离物体对焦时使像侧组GB在光轴上移动的方向的最靠近像侧组GB的透镜之间的光轴上的间隔),

[2225] fF:对焦透镜组GF的焦距(像侧组GB的焦距)。

[2226] 例如,在图76所示的实施例中,所述间隔dAB相当于远焦端状态下的无限远对焦时的、像侧组GB的最靠物体侧透镜L34与位于其物体侧的物体侧组GA的最靠像侧透镜L33之间的光轴上的间隔。

[2227] 条件式(JL3)规定作为对焦组的像侧组GB的焦距以及在从无限远向近距离物体对焦时对焦组与位于其物体侧的透镜为止的间隔。当超过条件式(JL3)的上限值时,对焦组的光焦度变强,无法良好地对对焦时的球面像差变动进行校正,因此是不优选的。

[2228] 为了可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL3)的上限值为0.46。为了更可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL3)的上限值为0.42。为了进一步可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL3)的上限值为0.38。

[2229] 当低于条件式(JL3)的下限值时,作为对焦组的像侧组GB的光焦度变得过弱,近距离对焦时的移动量增加,透镜整体变得大型化,并且,无法良好地对像面弯曲像差进行校正,因此是不优选的。

[2230] 为了可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL3)的下限值为0.02。为了更可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL3)的下限值为0.03。为了进一步可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL3)的下限值为0.04。

[2231] 关于第12实施方式的变倍光学系统ZLII,优选的是,在进行变倍时,使第1透镜组G1相对于像面移动。通过该结构,能够高效地进行变倍,良好地对远焦端状态下的球面像差进行校正。

[2232] 关于第12实施方式的变倍光学系统ZLII,优选的是,在进行变倍时,使第2透镜组G2相对于像面移动。通过该结构,能够高效地进行变倍,抑制在变倍时产生的球面像差变动和像面弯曲变动。

[2233] 关于第12实施方式的变倍光学系统ZLII,优选的是,在进行变倍时,使从第4透镜组G4到像侧的所有透镜组、或者至少第4透镜组G4相对于像面移动。通过该结构,能够高效地进行变倍,抑制在变倍时产生的球面像差变动和像面弯曲像差变动。

[2234] 第12实施方式的变倍光学系统ZLII优选满足以下的条件式(JL4)。

[2235] $0.20 < (-fXn) / fM < 1.60 \cdots$ (JL4)

[2236] 其中,

[2237] fXn :前侧透镜组GX所具有的负透镜组中的光焦度的绝对值最大的透镜组的焦距(第2透镜组G2的焦距)。

[2238] 条件式(JL4)规定前侧透镜组GX所具有的负透镜组中的光焦度的绝对值最大的透镜组的焦距(第2透镜组G2的焦距)和中间透镜组GM的焦距(第3透镜组G3的焦距)。当超过条件式(JL4)的上限值时,第2透镜组G2的光焦度变弱,变倍时的移动量增加,光学系统变得大型化,并且,像面弯曲像差的校正变得困难,因此是不优选的。

[2239] 为了可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL4)的上限值为1.55。为了更可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL4)的上限值为1.50。为了进一步可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL4)的上限值为1.45。为了进一步可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL4)的上限值为1.20。

[2240] 当低于条件式(JL4)的下限值时,无法良好地对变倍时产生的球面像差变动、像面弯曲像差变动进行校正,因此是不优选的。

[2241] 为了可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL4)的下限值为0.25。为了更可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL4)的下限值为0.30。为了进一步可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL4)的下限值为0.35。

[2242] 在第12实施方式的变倍光学系统ZLII中,优选的是,对焦透镜组GF(像侧组GB)在作为整体具有正的光焦度时,包含正透镜,且满足以下的条件式(JL5)、(JL6)。

[2243] $ndp + 0.0075 \times vdp - 2.175 < 0 \cdots$ (JL5)

[2244] $vdp > 50.00 \cdots$ (JL6)

[2245] 其中,

[2246] ndp :对焦透镜组GF(像侧组GB)所包含的正透镜的介质的对d线的折射率,

[2247] vdp :对焦透镜组GF(像侧组GB)所包含的正透镜的介质的以d线为基准的阿贝数。

[2248] 条件式(JL5)规定作为对焦组的像侧组GB所使用的透镜的玻璃材料。当超过条件式(JL5)的上限值时,相对于玻璃的色散,光焦度变得过强,因此近距离对焦时的色像差校正变得困难,是不优选的。

[2249] 为了可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL5)的上限值为-0.015。为了更可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL5)的上限值为-0.030。为了进一步可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL5)的上限值为-0.045。

[2250] 条件式(JL6)规定作为对焦组的像侧组GB所使用的透镜的玻璃材料。当低于条件式(JL6)的下限值时,玻璃的色散大,即使假设与负透镜接合,近距离对焦时的色像差校正也变得困难,是不优选的。

[2251] 为了可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL6)的下限值为52.00。为了更可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL6)的上限值为54.00。为了进一步

可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL6)的上限值为55.00。

[2252] 在第12实施方式的变倍光学系统ZLII中,优选的是,对焦透镜组GF(像侧组GB)在作为整体具有负的光焦度时,包含负透镜,且满足以下的条件式(JL7)、(JL8)。

[2253] $ndn+0.0075 \times vdn-2.175 < 0 \cdots$ (JL7)

[2254] $vdn > 50.00 \cdots$ (JL8)

[2255] 其中,

[2256] ndn :对焦透镜组GF(像侧组GB)所包含的负透镜的介质的对d线的折射率,

[2257] vdn :对焦透镜组GF(像侧组GB)所包含的负透镜的介质的以d线为基准的阿贝数。

[2258] 条件式(JL7)规定作为对焦组的像侧组GB所使用的透镜的玻璃材料。当超过条件式(JL7)的上限值时,相对于玻璃的色散,光焦度变得过强,因此近距离对焦时的色像差校正变得困难,是不优选的。

[2259] 为了可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL7)的上限值为-0.015。为了更可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL7)的上限值为-0.030。为了进一步可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL7)的上限值为-0.045。

[2260] 条件式(JL8)规定作为对焦组的像侧组GB所使用的透镜的玻璃材料。当低于条件式(JL8)的下限值时,玻璃的色散大,即使假设与正透镜接合,近距离对焦时的色像差校正也变得困难,是不优选的。

[2261] 为了可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL8)的下限值为52.00。为了更可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL8)的上限值为54.00。为了进一步可靠地得到第12实施方式的效果,优选使条件式(JL8)的上限值为55.00。

[2262] 关于第12实施方式的变倍光学系统ZLII,优选的是,在像侧组GB与构成本光学系统的最靠像侧的透镜之间具有防抖透镜组VR,该防抖透镜组VR构成为为了对像抖动进行校正而能够以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动。例如,在图76所示的实施例中,位于像侧组GB与构成本光学系统的最靠像侧的透镜之间的第4透镜组G4相当于所述防抖透镜组VR。

[2263] 通过该结构,能够缩小对焦时的像倍率变动,并且良好地对防抖透镜组VR的偏心彗差、像散进行校正。

[2264] 如上所述,根据第12实施方式,能够实现小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的变倍光学系统ZLII。

[2265] 接着,参照图176对具备上述的变倍光学系统ZLII的相机(光学设备)11进行说明。该相机11与第11实施方式的相机相同,已经对其结构进行了说明,因此此处省略说明。

[2266] 关于作为摄影镜头12而搭载于本相机11上的第12实施方式的变倍光学系统ZLII,从后述的各实施例也可知,通过其特征性的镜头结构,变得小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能。因此,根据本相机11,能够实现小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的光学设备。

[2267] 另外,在第12实施方式中,虽然对无反相机的例子进行了说明,但是并不限于此。例如,在相机主体上具有快速复原反光镜且通过取景器光学系统观察被摄体的单反类型的相机上搭载了上述的变倍光学系统ZLII的情况下,也能够起到与上述相机11相同的效果。

[2268] 接着,参照图178对上述的变倍光学系统ZLII的制造方法进行概述。首先,以如下方式在镜筒内配置各透镜(步骤ST1210):具备从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3及第4透镜组G4,通过使各透镜组之间的间隔变化来进行变倍。此时,以如下方式配置各透镜(步骤ST1220):第3透镜组G3具有从物体侧依次排列的物体侧组GA和像侧组GB,通过使像侧组GB(=对焦透镜组GF)沿着光轴方向移动来进行对焦。另外,以如下方式配置各透镜(步骤ST1230):在进行变倍时,使第1透镜组G1相对于像面向物体侧移动,使第2透镜组G2相对于像面移动。并且,以如下方式配置各透镜(步骤ST1240):形成于像侧组GB和与其相邻的透镜组之间且位于在从无限远向近距离物体对焦时使像侧组GB移动的方向的空气透镜满足以下的条件式(JL1)。

[2269] $1.50 < |(rB+rA)/(rB-rA)| \cdots (JL1)$

[2270] 其中,

[2271] rA:所述空气透镜的物体侧透镜面的曲率半径,

[2272] rB:所述空气透镜的像侧透镜面的曲率半径。

[2273] 当例举第12实施方式中的透镜配置的一例时,如图76所示,从物体侧依次配置将凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11与双凸透镜L12接合而成的接合透镜、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13来作为第1透镜组G1,配置凹面朝向像侧的负弯月形透镜L21、双凹透镜L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24来作为第2透镜组G2,配置由双凸透镜L31、孔径光阑S、双凸透镜L32、凹面朝向像侧的负弯月形透镜L33构成的物体侧组GA和由将双凸透镜L34与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L35接合而成的接合透镜构成的像侧组GB来作为第3透镜组G3,配置将凸面朝向像侧的正弯月形透镜L41与双凹透镜L42接合而成的接合透镜来作为第4透镜组G4,配置双凸透镜L51、将凸面朝向像侧的正弯月形透镜L52与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L53接合而成的接合透镜、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L54来作为第5透镜组G5。通过上述的步骤配置如上所述地准备的各透镜组来制造变倍光学系统ZLII。

[2274] 根据第12实施方式的制造方法,能够制造小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的变倍光学系统。

[2275] 以下,参照附图对第13实施方式进行说明。如图76所示,第13实施方式的变倍光学系统ZLII具备从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3及第4透镜组G4,通过使各透镜组之间的间隔变化来进行变倍,第3透镜组G3具有从物体侧依次排列的物体侧组GA和像侧组GB,在使物体侧组GA相对于像面固定的状态下,通过使像侧组GB在光轴方向上移动来进行对焦(=对焦透镜组GF)。

[2276] 通过该结构,实现光学系统整个系统的小型化和结构的简单化。

[2277] 另外,关于第13实施方式的变倍光学系统ZLII,在像侧组GB与构成本光学系统的最靠像侧的透镜之间具有防抖透镜组VR,该防抖透镜组VR构成为为了对像抖动进行校正而能够以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动。

[2278] 例如,在图76所示的实施例,位于像侧组GB与构成本光学系统的最靠像侧的透镜之间的第4透镜组G4相当于所述防抖透镜组VR。

[2279] 通过该结构,能够缩小对焦时的像倍率变动,并且良好地对防抖透镜组VR的偏心彗差、像散进行校正。

[2280] 在此基础上,为了进一步改善光学性能,第13实施方式的变倍光学系统ZLII满足以下的条件式(JM1)、(JM2)。

[2281] $0.01 < dV/|fV| < 0.50 \cdots$ (JM1)

[2282] $0.50 < |fF|/fM < 3.00 \cdots$ (JM2)

[2283] 其中,

[2284] dV:远焦端状态下的防抖透镜组VR与位于其像侧的透镜之间的光轴上的间隔,

[2285] fV:防抖透镜组VR的焦距,

[2286] fF:对焦透镜组GF的焦距(像侧组GB的焦距),

[2287] fM:中间透镜组GM的焦距(第3透镜组G3的焦距)。

[2288] 条件式(JM1)规定在防抖透镜组VR与隔着空气间隔位于其像侧的透镜之间产生的、所谓的空气透镜的间隔。当超过条件式(JM1)的上限值时,所述空气透镜的间隔过大,无法良好地对防抖时的偏心彗差、像面弯曲像差进行校正,或者防抖透镜组VR的光焦度变得过强,无法良好地对偏心彗差、像面弯曲像差进行校正,因此是不优选的。

[2289] 为了可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM1)的上限值为0.47。为了更可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM1)的下限值为0.44。为了进一步可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM1)的下限值为0.42。

[2290] 当低于条件式(JM1)的下限值时,所述空气透镜的间隔消失,防抖时防抖透镜组VR与位于其像侧的透镜碰撞,或者防抖透镜组VR的焦距变得过长,防抖透镜组VR的移动量变大,控制变得困难,或者无法良好地对防抖透镜偏心时的偏心彗差、像面弯曲像差进行校正,因此是不优选的。

[2291] 为了可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM1)的下限值为0.015。为了更可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM1)的下限值为0.016。

[2292] 条件式(JM2)规定作为对焦组的像侧组GB的焦距和中间透镜组GM的焦距(第3透镜组G3的焦距)。当超过条件式(JM2)的上限值时,对焦组的光焦度变弱,对焦时的移动量增加,很难缩短最短摄影距离,或者第3透镜组G3的光焦度变得过强,无法良好地对变倍时的球面像差进行校正,因此是不优选的。

[2293] 为了可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM2)的上限值为2.90。为了更可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM2)的上限值为2.80。为了进一步可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM2)的上限值为2.75。

[2294] 当低于条件式(JM2)的下限值时,对焦组的光焦度变强,无法良好地对近距离对焦时的球面像差进行校正,因此是不优选的。

[2295] 为了可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM2)的下限值为0.70。为了更可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM2)的下限值为0.90。为了进一步可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM2)的下限值为1.10。

[2296] 第13实施方式的变倍光学系统ZLII优选满足以下的条件式(JM3)。

[2297] $0.01 < dAB/|fF| < 0.50 \cdots$ (JM3)

[2298] 其中,

[2299] dAB:远焦端状态下的无限远对焦时的对焦透镜组GF与其物体侧的透镜之间的光轴上的间隔(远焦端状态下的无限远对焦时的像侧组GB与位于在从无限远向近距离物体对焦时使像侧组GB在光轴上移动的方向的最靠近像侧组GB的透镜之间的光轴上的间隔)。

[2300] 例如,在图76所示的实施例中,所述间隔dAB相当于远焦端状态下的无限远对焦时的、像侧组GB的最靠物体侧透镜L34与位于其物体侧的物体侧组GA的最靠像侧透镜L33之间的光轴上的间隔。

[2301] 条件式(JM3)规定作为对焦组的像侧组GB的焦距以及在从无限远向近距离物体对焦时对焦组与位于其物体侧的透镜为止的间隔。当超过条件式(JM3)的上限值时,对焦组的光焦度变强,无法良好地对对焦时的球面像差变动进行校正,因此是不优选的。

[2302] 为了可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM3)的上限值为0.46。为了更可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM3)的上限值为0.42。为了进一步可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM3)的上限值为0.38。

[2303] 当低于条件式(JM3)的下限值时,作为对焦组的像侧组GB的光焦度变得过弱,近距离对焦时的移动量增加,透镜整体变得大型化,并且,无法良好地对像面弯曲像差进行校正,因此是不优选的。

[2304] 为了可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM3)的下限值为0.02。为了更可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM3)的下限值为0.03。为了进一步可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM3)的下限值为0.04。

[2305] 关于第13实施方式的变倍光学系统ZLII,优选的是,在进行变倍时,使第1透镜组G1相对于像面移动。通过该结构,能够高效地进行变倍,良好地对远焦端状态下的球面像差进行校正。

[2306] 关于第13实施方式的变倍光学系统ZLII,优选的是,在进行变倍时,使第2透镜组G2相对于像面移动。通过该结构,能够高效地进行变倍,抑制在变倍时产生的球面像差变动和像面弯曲变动。

[2307] 关于第13实施方式的变倍光学系统ZLII,优选的是,在进行变倍时,使从第4透镜组G4到像侧的所有透镜组、或者至少第4透镜组G4相对于像面移动。通过该结构,能够高效地进行变倍,抑制在变倍时产生的球面像差变动和像面弯曲像差变动。

[2308] 第13实施方式的变倍光学系统ZLII优选满足以下的条件式(JM4)。

[2309] $0.20 < (-fX_n) / f_M < 1.60 \cdots (JM4)$

[2310] 其中,

[2311] fX_n :前侧透镜组GX所具有的负透镜组中的光焦度的绝对值最大的透镜组的焦距(第2透镜组G2的焦距)。

[2312] 条件式(JM4)规定前侧透镜组GX所具有的负透镜组中的光焦度的绝对值最大的透镜组的焦距(第2透镜组G2的焦距)和中间透镜组GM的焦距(第3透镜组G3的焦距)。当超过条件式(JM4)的上限值时,第2透镜组G2的光焦度变弱,变倍时的移动量增加,光学系统变得大型化,并且,像面弯曲像差的校正变得困难,因此是不优选的。

[2313] 为了可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM4)的上限值为1.55。为了更可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM4)的上限值为1.50。为了进一步可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM4)的上限值为1.45。为了进一步可靠地得到

第13实施方式的效果,优选使条件式(JM4)的上限值为1.20。

[2314] 当低于条件式(JM4)的下限值时,无法良好地对变倍时产生的球面像差变动、像面弯曲像差变动进行校正,因此是不优选的。

[2315] 为了可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM4)的下限值为0.25。为了更可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM4)的下限值为0.30。为了进一步可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM4)的下限值为0.35。

[2316] 在第13实施方式的变倍光学系统ZLII中,优选的是,对焦透镜组GF(像侧组GB)在作为整体具有正的光焦度时,包含正透镜,且满足以下的条件式(JM5)、(JM6)。

[2317] $ndp+0.0075 \times vdp-2.175 < 0 \cdots$ (JM5)

[2318] $vdp > 50.00 \cdots$ (JM6)

[2319] 其中,

[2320] ndp:对焦透镜组GF(像侧组GB)所包含的正透镜的介质的对d线的折射率,

[2321] vdp:对焦透镜组GF(像侧组GB)所包含的正透镜的介质的以d线为基准的阿贝数。

[2322] 条件式(JM5)规定作为对焦组的像侧组GB所使用的透镜的玻璃材料。当超过条件式(JM5)的上限值时,相对于玻璃的色散,光焦度变得过强,因此近距离对焦时的色像差校正变得困难,是不优选的。

[2323] 为了可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM5)的上限值为-0.015。为了更可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM5)的上限值为-0.030。为了进一步可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM5)的上限值为-0.045。

[2324] 条件式(JM6)规定作为对焦组的像侧组GB所使用的透镜的玻璃材料。当低于条件式(JM6)的下限值时,玻璃的色散大,即使假设与负透镜接合,近距离对焦时的色像差校正也变得困难,是不优选的。

[2325] 为了可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM6)的下限值为52.00。为了更可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM6)的上限值为54.00。为了进一步可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM6)的上限值为55.00。

[2326] 在第13实施方式的变倍光学系统ZLII中,优选的是,对焦透镜组GF(像侧组GB)在作为整体具有负的光焦度时,包含负透镜,且满足以下的条件式(JM7)、(JM8)。

[2327] $ndn+0.0075 \times vdn-2.175 < 0 \cdots$ (JM7)

[2328] $vdn > 50.00 \cdots$ (JM8)

[2329] 其中,

[2330] ndn:对焦透镜组GF(像侧组GB)所包含的负透镜的介质的对d线的折射率,

[2331] vdn:对焦透镜组GF(像侧组GB)所包含的负透镜的介质的以d线为基准的阿贝数。

[2332] 条件式(JM7)规定作为对焦组的像侧组GB所使用的透镜的玻璃材料。当超过条件式(JM7)的上限值时,相对于玻璃的色散,光焦度变得过强,因此近距离对焦时的色像差校正变得困难,是不优选的。

[2333] 为了可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM7)的上限值为-0.015。为了更可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM7)的上限值为-0.030。为了进一步可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM7)的上限值为-0.045。

[2334] 条件式(JM8)规定作为对焦组的像侧组GB所使用的透镜的玻璃材料。当低于条件

式(JM8)的下限值时,玻璃的色散大,即使假设与正透镜接合,近距离对焦时的色像差校正也变得困难,是不优选的。

[2335] 为了可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM8)的下限值为52.00。为了更可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM8)的上限值为54.00。为了进一步可靠地得到第13实施方式的效果,优选使条件式(JM8)的上限值为55.00。

[2336] 如上所述,根据第13实施方式,能够实现小型且具有良好的光学性能的变倍光学系统ZLII。

[2337] 接着,参照图176对具备上述的变倍光学系统ZLII的相机(光学设备)11进行说明。该相机11与第11实施方式的相机相同,已经对其结构进行了说明,因此此处省略说明。

[2338] 关于作为摄影镜头12而搭载于本相机11上的第13实施方式的变倍光学系统ZLII,从后述的各实施例也可知,通过其特征性的镜头结构,变得小型且具有良好的光学性能。因此,根据本相机11,能够实现小型且具有良好的光学性能的光学设备。

[2339] 另外,在第13实施方式中,虽然对无反相机的例子进行了说明,但是并不限于此。例如,在相机主体上具有快速复原反光镜且通过取景器光学系统观察被摄体的单反类型的相机上搭载了上述的变倍光学系统ZLII的情况下,也能够起到与上述相机11相同的效果。

[2340] 接着,参照图179对上述的变倍光学系统ZLII的制造方法进行概述。首先,以如下方式在镜筒内配置各透镜(步骤ST1310):具备沿着光轴从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3及第4透镜组G4,通过使各透镜组之间的间隔变化来进行变倍。此时,以如下方式配置各透镜(步骤ST1320):第3透镜组G3具有从物体侧依次排列的物体侧组GA和像侧组GB,通过使像侧组GB(=对焦透镜组GF)沿着光轴方向移动来进行对焦。另外,以如下方式配置各透镜(步骤ST1330):在像侧组GB与本光学系统的最靠像侧的透镜之间具有防抖透镜组VR,该防抖透镜组VR构成为为了对像抖动进行校正而能够以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动。并且,以满足以下的条件式(JM1)、(JM2)的方式配置各透镜(步骤ST1340)。

[2341] $0.01 < dV / |fV| < 0.50 \cdots (JM1)$

[2342] $0.50 < |fF| / fM < 3.00 \cdots (JM2)$

[2343] 其中,

[2344] dV:远焦端状态下的防抖透镜组VR与位于其像侧的透镜之间的光轴上的间隔,

[2345] fV:防抖透镜组VR的焦距,

[2346] fF:对焦透镜组GF的焦距(像侧组GB的焦距),

[2347] fM:中间透镜组GM的焦距(第3透镜组G3的焦距)。

[2348] 当例举第13实施方式中的透镜配置的一例时,如图76所示,从物体侧依次配置将凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11与双凸透镜L12接合而成的接合透镜、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13来作为第1透镜组G1,配置凹面朝向像侧的负弯月形透镜L21、双凹透镜L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24来作为第2透镜组G2,配置由双凸透镜L31、孔径光阑S、双凸透镜L32、凹面朝向像侧的负弯月形透镜L33构成的物体侧组GA和由将双凸透镜L34与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L35接合而成的接合透镜构成的像侧组GB来作为第3透镜组G3,配置将凸面朝向像侧的正弯月形透镜L41与双凹透镜L42接合而

成的接合透镜来作为第4透镜组G4,配置双凸透镜L51、将凸面朝向像侧的正弯月形透镜L52与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L53接合而成的接合透镜、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L54来作为第5透镜组G5。通过上述的步骤配置如上所述地准备的各透镜组来制造变倍光学系统ZLII。

[2349] 根据第13实施方式的制造方法,能够制造小型且具有良好的光学性能的变倍光学系统。

[2350] 以下,参照附图对第14实施方式进行说明。如图76所示,第14实施方式的变倍光学系统ZLII具备从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、第4透镜组G4及第5透镜组G5,通过使各透镜组之间的间隔变化来进行变倍,第3透镜组G3具有从物体侧依次排列的物体侧组GA和像侧组GB,在使物体侧组GA相对于像面固定的状态下,通过使像侧组GB沿光轴方向移动来进行对焦(=对焦透镜组GF),在进行变倍时,使第2透镜组G2相对于像面移动。

[2351] 通过该结构,实现光学系统整个系统的小型化和结构的简单化。另外,能够抑制像倍率变化。

[2352] 在此基础上,为了进一步改善光学性能,第14实施方式的变倍光学系统ZLII满足以下的条件式(JN1)。

[2353] $0.50 < |fF|/fM < 5.00 \cdots (JN1)$

[2354] 其中,

[2355] fF :对焦透镜组GF的焦距(像侧组GB的焦距),

[2356] fM :中间透镜组GM的焦距(第3透镜组G3的焦距)。

[2357] 条件式(JN1)规定作为对焦组的像侧组GB的焦距和中间透镜组GM的焦距(第3透镜组G3的焦距)。当超过条件式(JN1)的上限值时,对焦组的光焦度变弱,对焦时的移动量增加,很难缩短最短摄影距离,或者第3透镜组G3的光焦度变得过强,无法良好地对变倍时的球面像差进行校正,因此是不优选的。

[2358] 为了可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN1)的上限值为4.50。为了更可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN1)的上限值为4.30。为了进一步可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN1)的上限值为4.00。

[2359] 当低于条件式(JN1)的下限值时,对焦组的光焦度变强,无法良好地对近距离对焦时的球面像差进行校正,因此是不优选的。

[2360] 为了可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN1)的下限值为0.70。为了更可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN1)的下限值为0.90。为了进一步可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN1)的下限值为1.10。

[2361] 关于第14实施方式的变倍光学系统ZLII,优选的是,在像侧组GB与构成本光学系统的最靠像侧的透镜之间具有防抖透镜组VR,该防抖透镜组VR构成为为了对像抖动进行校正而能够以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动。

[2362] 例如,在图76所示的实施例,位于像侧组GB与构成本光学系统的最靠像侧的透镜之间的第4透镜组G4相当于所述防抖透镜组VR。

[2363] 通过该结构,能够缩小对焦时的像倍率变动,并且良好地对防抖透镜组VR的偏心彗差、像散进行校正。

[2364] 第14实施方式的变倍光学系统ZLII优选满足以下的条件式(JN2)。

[2365] $0.01 < dV / |fV| < 0.50 \cdots$ (JN2)

[2366] 其中,

[2367] dV:远焦端状态下的防抖透镜组VR与位于其像侧的透镜之间的光轴上的间隔,

[2368] fV:防抖透镜组VR的焦距。

[2369] 条件式(JN2)规定在防抖透镜组VR与隔着空气间隔位于其像侧的透镜之间产生的、所谓的空气透镜的间隔。当超过条件式(JN2)的上限值时,所述空气透镜的间隔过大,无法良好地对防抖时的偏心彗差、像面弯曲像差进行校正,或者防抖透镜组VR的光焦度变得过强,无法良好地对偏心彗差、像面弯曲像差进行校正,因此是不优选的。

[2370] 为了可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN2)的上限值为0.47。为了更可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN2)的下限值为0.44。为了进一步可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN2)的下限值为0.42。

[2371] 当低于条件式(JN2)的下限值时,所述空气透镜的间隔消失,防抖时防抖透镜组VR与位于其像侧的透镜碰撞,或者防抖透镜组VR的焦距变得过长,防抖透镜组VR的移动量变大,控制变得困难,或者无法良好地对防抖透镜偏心时的偏心彗差、像面弯曲像差进行校正,因此是不优选的。

[2372] 为了可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN2)的下限值为0.015。为了更可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN2)的下限值为0.016。

[2373] 第14实施方式的变倍光学系统ZLII优选满足以下的条件式(JN3)。

[2374] $0.01 < dAB / |fF| < 0.50 \cdots$ (JN3)

[2375] 其中,

[2376] dAB:远焦端状态下的无限远对焦时的对焦透镜组GF与其物体侧的透镜之间的光轴上的间隔(远焦端状态下的无限远对焦时的像侧组GB与位于在从无限远向近距离物体对焦时使像侧组GB在光轴上移动的方向的最靠近像侧组GB的透镜之间的光轴上的间隔)。

[2377] 例如,在图76所示的实施例,所述间隔dAB相当于远焦端状态下的无限远对焦时的、像侧组GB的最靠物体侧透镜L34与位于其物体侧的物体侧组GA的最靠像侧透镜L33之间的光轴上的间隔。

[2378] 条件式(JN3)规定作为对焦组的像侧组GB的焦距以及在从无限远向近距离物体对焦时对焦组与位于其物体侧的透镜为止的间隔。当超过条件式(JN3)的上限值时,对焦组的光焦度变强,无法良好地对对焦时的球面像差变动进行校正,因此是不优选的。

[2379] 为了可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN3)的上限值为0.46。为了更可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN3)的上限值为0.42。为了进一步可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN3)的上限值为0.38。

[2380] 当低于条件式(JN3)的下限值时,作为对焦组的像侧组GB的光焦度变得过弱,近距离对焦时的移动量增加,透镜整体变得大型化,并且,无法良好地对像面弯曲像差进行校正,因此是不优选的。

[2381] 为了可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN3)的下限值为0.02。为了更可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN3)的下限值为0.03。为了进一步可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN3)的下限值为0.04。

[2382] 关于第14实施方式的变倍光学系统ZLII,优选的是,在进行变倍时,使第1透镜组G1相对于像面移动。通过该结构,能够高效地进行变倍,良好地对远焦端状态下的球面像差进行校正。

[2383] 关于第14实施方式的变倍光学系统ZLII,优选的是,在进行变倍时,使第2透镜组G2相对于像面移动。通过该结构,能够高效地进行变倍,抑制在变倍时产生的球面像差变动和像面弯曲变动。

[2384] 关于第14实施方式的变倍光学系统ZLII,优选的是,在进行变倍时,使从第5透镜组G5到像侧的所有透镜组、或者至少第5透镜组G5相对于像面移动。通过该结构,能够高效地进行变倍,抑制在变倍时产生的像面弯曲像差变动。

[2385] 第14实施方式的变倍光学系统ZLII优选满足以下的条件式(JN4)。

[2386] $0.20 < (-f_{Xn}) / f_M < 1.60 \cdots (JN4)$

[2387] 其中,

[2388] f_{Xn} :前侧透镜组GX所具有的负透镜组中的光焦度的绝对值最大的透镜组的焦距(第2透镜组G2的焦距)。

[2389] 条件式(JN4)规定前侧透镜组GX所具有的负透镜组中的光焦度的绝对值最大的透镜组的焦距(第2透镜组G2的焦距)和中间透镜组GM的焦距(第3透镜组G3的焦距)。当超过条件式(JN4)的上限值时,第2透镜组G2的光焦度变弱,变倍时的移动量增加,光学系统变得大型化,并且,像面弯曲像差的校正变得困难,因此是不优选的。

[2390] 为了可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN4)的上限值为1.55。为了更可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN4)的上限值为1.50。为了进一步可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN4)的上限值为1.45。为了进一步可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN4)的上限值为1.20。

[2391] 当低于条件式(JN4)的下限值时,无法良好地对变倍时产生的球面像差变动、像面弯曲像差变动进行校正,因此是不优选的。

[2392] 为了可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN4)的下限值为0.25。为了更可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN4)的下限值为0.30。为了进一步可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN4)的下限值为0.35。

[2393] 在第14实施方式的变倍光学系统ZLII中,优选的是,对焦透镜组GF(像侧组GB)在作为整体具有正的光焦度时,包含正透镜,且满足以下的条件式(JN5)、(JN6)。

[2394] $ndp + 0.0075 \times vdp - 2.175 < 0 \cdots (JN5)$

[2395] $vdp > 50.00 \cdots (JN6)$

[2396] 其中,

[2397] ndp :对焦透镜组GF(像侧组GB)所包含的正透镜的介质的对d线的折射率,

[2398] vdp :对焦透镜组GF(像侧组GB)所包含的正透镜的介质的以d线为基准的阿贝数。

[2399] 条件式(JN5)规定作为对焦组的像侧组GB所使用的透镜的玻璃材料。当超过条件式(JN5)的上限值时,相对于玻璃的色散,光焦度变得过强,因此近距离对焦时的色像差校正变得困难,是不优选的。

[2400] 为了可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN5)的上限值为-0.015。为了更可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN5)的上限值为-0.030。为了进一步

可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN5)的上限值为-0.045。

[2401] 条件式(JN6)规定作为对焦组的像侧组GB所使用的透镜的玻璃材料。当低于条件式(JN6)的下限值时,玻璃的色散大,即使假设与负透镜接合,近距离对焦时的色像差校正也变得困难,是不优选的。

[2402] 为了可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN6)的下限值为52.00。为了更可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN6)的上限值为54.00。为了进一步可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN6)的上限值为55.00。

[2403] 在第14实施方式的变倍光学系统ZLII中,优选的是,对焦透镜组GF(像侧组GB)在作为整体具有负的光焦度时,包含负透镜,且满足以下的条件式(JN7)、(JN8)。

[2404] $ndn+0.0075 \times vdn-2.175 < 0 \cdots$ (JN7)

[2405] $vdn > 50.00 \cdots$ (JN8)

[2406] 其中,

[2407] ndn:对焦透镜组GF(像侧组GB)所包含的负透镜的介质的对d线的折射率,

[2408] vdn:对焦透镜组GF(像侧组GB)所包含的负透镜的介质的以d线为基准的阿贝数。

[2409] 条件式(JN7)规定作为对焦组的像侧组GB所使用的透镜的玻璃材料。当超过条件式(JN7)的上限值时,相对于玻璃的色散,光焦度变得过强,因此近距离对焦时的色像差校正变得困难,是不优选的。

[2410] 为了可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN7)的上限值为-0.015。为了更可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN7)的上限值为-0.030。为了进一步可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN7)的上限值为-0.045。

[2411] 条件式(JN8)规定作为对焦组的像侧组GB所使用的透镜的玻璃材料。当低于条件式(JN8)的下限值时,玻璃的色散大,即使假设与正透镜接合,近距离对焦时的色像差校正也变得困难,是不优选的。

[2412] 为了可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN8)的下限值为52.00。为了更可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN8)的上限值为54.00。为了进一步可靠地得到第14实施方式的效果,优选使条件式(JN8)的上限值为55.00。

[2413] 如上所述,根据第14实施方式,能够实现小型且具有良好的光学性能的变倍光学系统ZLII。

[2414] 接着,参照图176对具备上述的变倍光学系统ZLII的相机(光学设备)11进行说明。该相机11与第11实施方式的相机相同,已经对其结构进行了说明,因此此处省略说明。

[2415] 关于作为摄影镜头12而搭载于本相机11上的第14实施方式的变倍光学系统ZLII,从后述的各实施例也可知,通过其特征性的镜头结构,变得小型且具有良好的光学性能。因此,根据本相机11,能够实现小型且具有良好的光学性能的光学设备。

[2416] 另外,在第14实施方式中,虽然对无反相机的例子进行了说明,但是并不限于此。例如,在相机主体上具有快速复原反光镜且通过取景器光学系统观察被摄体的单反类型的相机上搭载了上述的变倍光学系统ZLII的情况下,也能够起到与上述相机11相同的效果。

[2417] 接着,参照图180对上述的变倍光学系统ZLII的制造方法进行概述。首先,以如下方式在镜筒内配置各透镜(步骤ST1410):具备从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1

透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、第4透镜组G4及第5透镜组G5,通过使各透镜组之间的间隔变化来进行变倍。此时,以如下方式配置各透镜(步骤ST1420):第3透镜组G3具有从物体侧依次排列的物体侧组GA和像侧组GB,通过使像侧组GB(=对焦透镜组GF)沿着光轴方向移动来进行对焦。另外,以如下方式配置各透镜(步骤ST1430):在进行变倍时,使第2透镜组G2相对于像面移动。并且,以满足以下的条件式(JN1)的方式在镜筒内配置各透镜(步骤ST1440)。

[2418] $0.50 < |fF|/fM < 5.00 \cdots (JN1)$

[2419] 其中,

[2420] fF :对焦透镜组GF的焦距(像侧组GB的焦距),

[2421] fM :中间透镜组GM的焦距(第3透镜组G3的焦距)。

[2422] 当例举第14实施方式中的透镜配置的一例时,如图76所示,从物体侧依次配置将凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11与双凸透镜L12接合而成的接合透镜、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13来作为第1透镜组G1,配置凹面朝向像侧的负弯月形透镜L21、双凹透镜L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24来作为第2透镜组G2,配置由双凸透镜L31、孔径光阑S、双凸透镜L32、凹面朝向像侧的负弯月形透镜L33构成的物体侧组GA和由将双凸透镜L34与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L35接合而成的接合透镜构成的像侧组GB来作为第3透镜组G3,配置将凸面朝向像侧的正弯月形透镜L41与双凹透镜L42接合而成的接合透镜来作为第4透镜组G4,配置双凸透镜L51、将凸面朝向像侧的正弯月形透镜L52与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L53接合而成的接合透镜、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L54来作为第5透镜组G5。通过上述的步骤配置如上所述地准备的各透镜组来制造变倍光学系统ZLII。

[2423] 根据第14实施方式的制造方法,能够制造小型且具有良好的光学性能的变倍光学系统ZLII。

[2424] 第11~第14实施方式的实施例

[2425] 接着,根据附图对第11~第14实施方式的各实施例进行说明。以下示出表15~表39,这些表是第15~第39实施例中的各参数的表。

[2426] 第15~第38实施例等对应于第11实施方式。

[2427] 第15、第17~第21、第23、第24、第27~第29、第36、第39实施例等对应于第12实施方式。

[2428] 第15~第24、第26~第36、第38、第39实施例等对应于第13实施方式。

[2429] 第15~第18、第20~第23、第25~第30、第32~第39实施例等对应于第14实施方式。

[2430] 图76、图80、图84、图88、图92、图96、图100、图104、图108、图112、图116、图120、图124、图128、图132、图136、图140、图144、图148、图152、图156、图160、图164、图168、图172是示出各实施例的变倍光学系统ZLII(ZL15~ZL39)的结构和光焦度分配的剖视图。另外,在这些变倍光学系统ZL15~ZL39的剖视图的下部,通过箭头示出从广角端状态(W)变倍到远焦端状态(T)时的各透镜组沿着光轴的移动方向。另外,在这些变倍光学系统ZL15~ZL39的剖视图的上部,通过箭头示出从无限远对焦到近距离物体时的对焦组GF(GA)的移动方向,并且还示出对像抖动进行校正时的防抖透镜组VR的情况。

[2431] 另外,针对第15实施例的图76的各参照标号,为了避免由参照标号的位数增大引起的说明的复杂化,对每个实施例独立使用。因此,即使标上与其他实施例的附图通用的参照标号,它们与其他实施例并不一定是通用的结构。

[2432] 在各实施例中,作为像差特性的计算对象,选择d线(波长587.562nm)、g线(波长435.835nm)。

[2433] 在表中的[透镜参数]中,面编号表示沿着光线行进的方向的从物体侧起的光学面的顺序,R表示各光学面的曲率半径,D表示从各光学面到下一个光学面(或像面)的光轴上的距离即面间隔,nd表示光学部件的材质的对d线的折射率,vd表示光学部件的材质的以d线为基准的阿贝数。物面表示物体面,(可变)表示可变的面间隔,曲率半径的“∞”表示平面或开口,(光圈S)表示孔径光阑S,像面表示像面I。省略空气的折射率“1.00000”。在光学面为非球面时,对面编号标上*标记,在曲率半径R的栏中表示近轴曲率半径。

[2434] 在表中的[非球面数据]中,关于在[透镜参数]中所示的非球面,通过下式(a)表示其形状。 $X(y)$ 表示从非球面的顶点的切面到高度y处的非球面上的位置为止的、沿着光轴方向的距离,R表示基准球面的曲率半径(近轴曲率半径), κ 表示圆锥常数, A_i 表示第i次的非球面系数。“E-n”表示“ $\times 10^{-n}$ ”。例如, $1.234E-05 = 1.234 \times 10^{-5}$ 。另外,二次非球面系数 A_2 为0,省略记载。

$$[2435] \quad X(y) = (y^2/R) / \{1 + (1 - \kappa \times y^2/R^2)^{1/2}\} + A_4 \times y^4 + A_6 \times y^6 + A_8 \times y^8 + A_{10} \times y^{10}$$

$$[2436] \quad \dots (a)$$

[2437] 在表中的[各种数据]中,f表示镜头整个系统的焦距,FNO表示F值, 2ω 表示视场角(单位:°),Y表示最大像高,BF(空气)表示将无限远对焦时的光轴上的从镜头最终面到像面I为止的距离通过空气换算长度表示的距离,TL(空气)表示在无限远对焦时的光轴上的从镜头最前面到镜头最终面为止的距离上加上BF(空气)的距离。

[2438] 在表中的[可变间隔数据]中,示出广角端、中间焦距、远焦端的各状态下的可变间隔的值 D_i 。另外, D_i 表示第i面与第(i+1)面之间的可变间隔。

[2439] 在表中的[透镜组数据]中,示出各透镜组的始面和焦距。

[2440] 在表中的[条件式对应值]中,示出与上述条件式对应的值。

[2441] 以下,在所有的参数值中,关于所记载的焦距f、曲率半径R、面间隔D及其他长度等,在没有特别记载时一般使用“mm”,但是即使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,因此并不限于此。另外,单位不限于“mm”,能够使用其他适当的单位。

[2442] 到此为止的表的说明在所有的实施例中相同,以下省略说明。

[2443] (第15实施例)

[2444] 使用图76~图79以及表15对第15实施例进行说明。如图76所示,第15实施例的变倍光学系统ZLII(ZL15)由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有负的光焦度的第4透镜组G4及具有正的光焦度的第5透镜组G5构成。

[2445] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的将凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11与双凸透镜L12接合而成的接合透镜及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13构成。

[2446] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L21、双凹透镜

L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24构成。双凹透镜L22是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2447] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的物体侧组GA和具有正的光焦度的像侧组GB构成。物体侧组GA由从物体侧依次排列的双凸透镜L31、孔径光阑S、双凸透镜L32及凹面朝向像侧的负弯月形透镜L33构成。像侧组GB由将从物体侧依次排列的双凸透镜L34与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L35接合而成的接合透镜构成。双凸透镜L31是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。双凸透镜L34是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2448] 第4透镜组G4由将从物体侧依次排列的凸面朝向像侧的正弯月形透镜L41与双凹透镜L42接合而成的接合透镜构成。

[2449] 第5透镜组G5由从物体侧依次排列的双凸透镜L51、将凸面朝向像侧的正弯月形透镜L52与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L53接合而成的接合透镜及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L54构成。

[2450] 使第1透镜组G1向物体侧移动,使第2透镜组G2暂时向像面侧移动然后向物体侧移动,使第3透镜组G3、第4透镜组G4及第5透镜组G5分别向物体侧移动,使得第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的空气间隔增加,第2透镜组G2与第3透镜组G3之间的空气间隔减少,第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的空气间隔增加,第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔减少,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[2451] 使构成第3透镜组G3的像侧组GB(=对焦透镜组GF)向物体侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[2452] 在产生像抖动时,使第4透镜组G4作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。在第15实施例中,在广角端状态下,在校正角度0.664度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.338mm。在中间焦距状态下,在校正角度0.469度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.358mm。在远焦端状态下,在校正角度0.327度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.389mm。

[2453] 在下述的表15中示出第15实施例中的各参数的值。表15中的面编号1~33与图76所示的m1~m33的各光学面对应。

[2454] (表15)

[2455] [透镜参数]

	面编号	R	D	vd	nd
	物面	∞			
	1	755.7151	2.00	22.74	1.80809
	2	161.3459	5.78	67.90	1.59319
	3	-580.4059	0.10		
	4	67.8395	5.80	54.61	1.72916
	5	174.6045	D5(可变)		
	6	76.4442	1.35	35.73	1.90265
[2456]	7	18.5155	8.86		
	*8	-39.7788	1.00	51.15	1.75501
	9	52.4007	0.10		
	10	40.3224	5.17	22.74	1.80809
	11	-52.2736	2.86		
	12	-23.0648	1.20	58.12	1.62299
	13	-42.3507	D13(可变)		
	*14	38.7318	3.48	51.15	1.75501
	*15	-132.1314	1.00		

	16	∞	2.50	(孔径光阑)		
	17	46.8922	5.22	82.57	1.49782	
	18	-42.6707	0.10			
	19	755.7937	1.00	37.18	1.83400	
	20	25.3493	D20(可变)			
	*21	32.5284	7.45	67.02	1.59201	
	22	-21.4485	1.00	23.80	1.84666	
	23	-37.3054	D23(可变)			
	24	-269.6872	4.53	22.74	1.80809	
[2457]	25	-22.2495	1.00	35.25	1.74950	
	26	33.9362	D26(可变)			
	27	39.0406	8.96	81.49	1.49710	
	28	-26.9857	1.06			
	29	-31.8633	4.36	22.74	1.80809	
	30	-27.4771	1.35	52.34	1.75500	
	31	-56.0731	3.74			
	32	-21.6584	1.30	54.61	1.72916	
	33	-45.4890	D33(可变)			
	像面	∞				
[2458]	[非球面数据]					
	面编号	κ	A4	A6	A8	A10
	第 8 面	0.00	4.46184E-06	6.59185E-09	-2.42201E-11	2.59662E-13
[2459]	第 14 面	0.00	-3.88209E-06	2.73780E-08	-1.55431E-10	0.00000E+00
	第 15 面	0.00	7.82327E-06	2.51863E-08	-1.15048E-10	-1.28188E-13
	第 21 面	0.00	-3.14303E-06	5.83544E-10	-1.13942E-11	0.00000E+00
[2460]	[各种数据]					
[2461]	变倍比 4.13					
[2462]		广角端	中间	远焦端		

	f	24.7	~	49.5	~	102.0	
	FNO	2.9	~	3.7	~	4.1	
	2ω	82.4	~	47.2	~	23.5	
[2463]	Y	19.2	~	21.6	~	21.6	
	TL(空气)	145.2	~	160.9	~	196.8	
	BF(空气)	14.9	~	28.9	~	43.9	
[2464]	[可变间隔数据]						
		无限远对焦时			近距离对焦时		
		广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
	f	24.7	49.5	102.0	24.7	49.5	102.0
	D5	1.10	19.44	48.07			
[2465]	D13	25.53	8.90	1.10			
	D20	10.87	10.87	10.87	10.20	8.66	2.09
	D23	2.50	6.70	7.68	3.17	8.91	16.46
	D26	8.08	3.88	2.90			
	D33	14.92	28.89	43.95			
[2466]	[透镜组数据]						
		组初面		组焦距			
	第 1 透镜组	1		133.47			
	第 2 透镜组	6		-20.32			
[2467]	第 3 透镜组	14		30.32			
	第 4 透镜组	24		-44.25			
	第 5 透镜组	27		151.19			
[2468]	[条件式对应值]						
[2469]	条件式 (JK1) $ fF /fM=1.178$						
[2470]	条件式 (JK2) $(-fXn)/fM=0.670$						
[2471]	条件式 (JK3) $dAB/ fF =0.304$						
[2472]	条件式 (JK4) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.080$						
[2473]	条件式 (JK5) $vdP=67.02$						
[2474]	条件式 (JL1) $ (rB+rA)/(rB-rA) =8.062$						
[2475]	条件式 (JL2) $ fF /fM=1.178$						
[2476]	条件式 (JL3) $dAB/ fF =0.304$						
[2477]	条件式 (JL4) $(-fXn)/fM=0.670$						

[2478] 条件式(JL5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.080$

[2479] 条件式(JL6) $vdp=67.02$

[2480] 条件式(JM1) $dV/|fV|=0.066$

[2481] 条件式(JM2) $|fF|/fM=1.178$

[2482] 条件式(JM3) $dAB/|fF|=0.304$

[2483] 条件式(JM4) $(-fXn)/fM=0.670$

[2484] 条件式(JM5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.080$

[2485] 条件式(JM6) $vdp=67.02$

[2486] 条件式(JN1) $|fF|/fM=1.178$

[2487] 条件式(JN2) $dV/|fV|=0.066$

[2488] 条件式(JN3) $dAB/|fF|=0.304$

[2489] 条件式(JN4) $(-fXn)/fM=0.670$

[2490] 条件式(JN5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.080$

[2491] 条件式(JN6) $vdp=67.02$

[2492] 从表15可知,本实施例的变倍光学系统ZL15满足条件式(JK1)~(JK5)、(JL1)~(JL6)、(JM1)~(JM6)及(JN1)~(JN6)。

[2493] 图77是第15实施例的变倍光学系统ZL15的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图78是第15实施例的变倍光学系统ZL15的近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图79是第15实施例的变倍光学系统ZL15的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的彗差图, (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。

[2494] 在各像差图中, $FN0$ 表示F值, NA 表示数值孔径, Y 表示像高。 d 表示d线下的像差, g 表示g线下的像差。另外,没有记载这些的表示d线下的像差。其中,在无限远对焦时的球面像差图中,示出与最大孔径对应的F值的值。在近距离对焦时的球面像差图中,示出与最大孔径对应的数值孔径的值。在像散图和畸变图中,示出像高的最大值。在彗差图中,示出各像高的值。在像散图中,实线表示弧矢像面,虚线表示子午像面。

[2495] 在后述的各实施例的像差图中,也使用与本实施例相同的标号。

[2496] 通过图77~图79所示的各像差图可知,关于第15实施例的变倍光学系统ZL15,从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[2497] (第16实施例)

[2498] 使用图80~图83以及表16对第16实施例进行说明。如图80所示,第16实施例的变倍光学系统ZLII(ZL16)由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有负的光焦度的第4透镜组G4及具有正的光焦度的第5透镜组G5构成。

[2499] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的将凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11与双凸透镜L12接合而成的接合透镜及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13构成。

[2500] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L21、双凹透镜L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24构成。双凹透镜L22是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2501] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的物体侧组GA和具有正的光焦度的像侧组GB构成。物体侧组GA由从物体侧依次排列的双凸透镜L31、孔径光阑S、将凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L32与凹面朝向像侧的负弯月形透镜L33接合而成的接合透镜及双凸透镜L34构成。像侧组GB由将从物体侧依次排列的双凸透镜L35与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L36接合而成的接合透镜构成。双凸透镜L31是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。双凸透镜L35是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2502] 第4透镜组G4由将从物体侧依次排列的凸面朝向像侧的正弯月形透镜L41与双凹透镜L42接合而成的接合透镜构成。

[2503] 第5透镜组G5由从物体侧依次排列的双凸透镜L51、将凸面朝向像侧的正弯月形透镜L52与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L53接合而成的接合透镜及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L54构成。

[2504] 使第1透镜组G1向物体侧移动,使第2透镜组G2暂时向像面侧移动然后向物体侧移动,使第3透镜组G3、第4透镜组G4及第5透镜组G5分别向物体侧移动,使得第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的空气间隔增加,第2透镜组G2与第3透镜组G3之间的空气间隔减少,第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的空气间隔增加,第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔减少,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[2505] 使构成第3透镜组G3的像侧组GB(=对焦透镜组GF)向物体侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[2506] 在产生像抖动时,使第4透镜组G4作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。在第16实施例中,在广角端状态下,在校正角度0.664度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.364mm。在中间焦距状态下,在校正角度0.469度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.380mm。在远焦端状态下,在校正角度0.327度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.411mm。

[2507] 在下述的表16中示出第16实施例中的各参数的值。表16中的面编号1~34与图80所示的m1~m34的各光学面对应。

[2508] (表16)

[2509] [透镜参数]

	面编号	R	D	vd	nd
	物面	∞			
[2510]	1	916.8489	2.00	22.74	1.80809
	2	158.3187	6.08	67.90	1.59319
	3	-493.5781	0.10		
	4	63.9801	6.17	54.61	1.72916
	5	163.4366	D5(可变)		
	6	83.3961	1.35	35.72	1.90265
	7	18.1108	8.76		
	*8	-40.2536	1.00	51.16	1.75501
	9	68.0742	0.10		
	10	42.0171	5.22	22.74	1.80809
	11	-46.3761	1.93		
	12	-25.6000	1.20	58.12	1.62299

	13	-74.9844	D13(可变)			
	*14	29.1065	5.62	53.94	1.71300	
	*15	-124.6985	1.23			
	16	∞	1.18	(孔径光阑)		
	17	39.1990	3.24	82.57	1.49782	
	18	126.0827	1.00	35.72	1.90265	
	19	23.4224	2.24			
	20	118.9234	1.83	82.57	1.49782	
	21	-101.4424	D21(可变)			
	*22	33.6941	7.47	67.02	1.59201	
	23	-21.0000	1.00	23.80	1.84666	
[2511]	24	-38.3994	D24(可变)			
	25	-6161.8654	5.21	23.80	1.84666	
	26	-20.1408	1.00	34.92	1.80100	
	27	33.4655	D27(可变)			
	28	37.1236	9.10	81.56	1.49710	
	29	-26.2445	0.10			
	30	-35.8475	3.96	22.74	1.80809	
	31	-31.3729	1.35	52.33	1.75500	
	32	-59.8216	4.09			
	33	-20.2772	1.30	54.61	1.72916	
	34	-47.4793	D34(可变)			
	像面	∞				
[2512]	[非球面数据]					
	面编号	κ	A4	A6	A8	A10
	第 8 面	0.00	3.42226E-06	6.05569E-09	-3.11555E-11	2.54097E-13
[2513]	第 14 面	0.00	-4.80738E-06	5.41541E-09	-4.65291E-11	0.00000E+00
	第 15 面	0.00	3.66826E-06	1.07444E-09	-3.77085E-11	-1.05724E-14
	第 22 面	0.00	-1.57492E-06	3.71675E-09	-1.27040E-11	0.00000E+00
[2514]	[各种数据]					
[2515]	变倍比 4.13					

		广角端		中间	远焦端		
	f	24.7	~	49.5	~	102.0	
	FNO	2.9	~	3.7	~	4.1	
[2516]	2ω	82.4	~	47.2	~	23.5	
	Y	19.1	~	21.6	~	21.6	
	TL(空气)	145.0	~	161.2	~	195.8	
	BF(空气)	14.9	~	29.0	~	43.7	
[2517]	[可变间隔数据]						
		无限远对焦时			近距离对焦时		
		广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
	f	24.7	49.5	102.0	24.7	49.5	102.0
	D5	1.10	19.00	46.32			
[2518]	D13	24.37	8.60	1.10			
	D21	9.79	9.79	9.79	9.06	7.42	0.62
	D24	2.50	6.73	7.54	3.23	9.10	16.70
	D27	7.55	3.32	2.51			
	D34	14.92	28.97	43.69			
[2519]	[透镜组数据]						
		组初面		组焦距			
	第 1 透镜组	1		127.20			
	第 2 透镜组	6		-19.77			
[2520]	第 3 透镜组	14		30.89			
	第 4 透镜组	25		-45.90			
	第 5 透镜组	28		151.64			
[2521]	[条件式对应值]						
[2522]	条件式 (JK1) $ fF /fM=1.217$						
[2523]	条件式 (JK2) $(-fXn)/fM=0.640$						
[2524]	条件式 (JK3) $dAB/ fF =0.260$						
[2525]	条件式 (JK4) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.080$						
[2526]	条件式 (JK5) $vdp=67.02$						
[2527]	条件式 (JM1) $dV/ fV =0.055$						
[2528]	条件式 (JM2) $ fF /fM=1.217$						
[2529]	条件式 (JM3) $dAB/ fF =0.260$						

[2530] 条件式(JM4) $(-fX_n)/f_M=0.640$

[2531] 条件式(JM5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.080$

[2532] 条件式(JM6) $vdp=67.02$

[2533] 条件式(JN1) $|f_F|/f_M=1.217$

[2534] 条件式(JN2) $dV/|f_V|=0.055$

[2535] 条件式(JN3) $dAB/|f_F|=0.260$

[2536] 条件式(JN4) $(-fX_n)/f_M=0.640$

[2537] 条件式(JN5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.080$

[2538] 条件式(JN6) $vdp=67.02$

[2539] 从表16可知,本实施例的变倍光学系统ZL16满足条件式(JK1)~(JK5)、(JM1)~(JM6)及(JN1)~(JN6)。

[2540] 图81是第16实施例的变倍光学系统ZL16的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图82是第16实施例的变倍光学系统ZL16的近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图83是第16实施例的变倍光学系统ZL16的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的彗差图, (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。

[2541] 通过图81~图83所示的各像差图可知,关于第16实施例的变倍光学系统ZL16,从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[2542] (第17实施例)

[2543] 使用图84~图87以及表17对第17实施例进行说明。如图84所示,第17实施例的变倍光学系统ZLII(ZL17)由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有负的光焦度的第4透镜组G4及具有正的光焦度的第5透镜组G5构成。

[2544] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的将凹面朝向像侧的平凹透镜L11与双凸透镜L12接合而成的接合透镜及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13构成。

[2545] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L21、双凹透镜L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24构成。双凹透镜L22是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2546] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的物体侧组GA和具有正的光焦度的像侧组GB构成。物体侧组GA由从物体侧依次排列的凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L31、孔径光阑S、双凸透镜L32及凹面朝向像侧的负弯月形透镜L33构成。像侧组GB由将从物体侧依次排列的双凸透镜L34与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L35接合而成的接合透镜构成。正弯月形透镜L31是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。双凸透镜L34是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2547] 第4透镜组G4由将从物体侧依次排列的凸面朝向像侧的正弯月形透镜L41与双凹透镜L42接合而成的接合透镜构成。

[2548] 第5透镜组G5由从物体侧依次排列的双凸透镜L51、将凸面朝向像侧的正弯月形透镜L52与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L53接合而成的接合透镜及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L54构成。

[2549] 使第1透镜组G1、第2透镜组G2、第3透镜组G3、第4透镜组G4及第5透镜组G5分别向物体侧移动,使得第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的空气间隔增加,第2透镜组G2与第3透镜组G3之间的空气间隔减少,第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的空气间隔增加,第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔减少,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[2550] 使构成第3透镜组G3的像侧组GB(=对焦透镜组GF)向物体侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[2551] 在产生像抖动时,使第4透镜组G4作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。在第17实施例中,在广角端状态下,在校正角度0.664度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.350mm。在中间焦距状态下,在校正角度0.469度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.355mm。在远焦端状态下,在校正角度0.363度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.386mm。

[2552] 在下述的表17中示出第17实施例中的各参数的值。表17中的面编号1~33与图84所示的m1~m33的各光学面对应。

[2553] (表17)

[2554] [透镜参数]

面编号	R	D	vd	nd
物面	∞			
1	∞	2.00	22.74	1.80809
2	164.5846	4.60	67.90	1.59319
3	-389.8904	0.10		
4	55.4599	5.31	54.61	1.72916
5	150.4285	D5(可变)		
6	54.6982	1.35	35.72	1.90265
7	16.8605	8.51		
*8	-37.7660	1.00	51.16	1.75501
9	51.1682	0.10		
10	36.5172	4.82	22.74	1.80809
11	-49.3429	2.60		
[2555] 12	-23.0376	1.20	58.12	1.62299
13	-60.9926	D13(可变)		
*14	46.7844	2.29	51.16	1.75501
*15	5406.1506	1.00		
16	∞	4.27	(孔径光阑)	
17	36.7260	5.45	82.57	1.49782
18	-36.4581	0.20		
19	63.6179	1.01	37.18	1.83400
20	23.0943	D20		
*21	28.3732	6.76	67.02	1.59201
22	-21.5653	1.00	23.80	1.84666
23	-41.8197	D23(可变)		
24	-803.2372	4.05	22.74	1.80809
25	-23.2794	1.00	35.25	1.74950
26	31.2651	D26(可变)		

	27	41.1138	8.00	81.56	1.49710	
	28	-24.2908	2.40			
	29	-25.4480	1.91	22.74	1.80809	
[2556]	30	-22.3045	1.35	52.33	1.75500	
	31	-52.8943	3.61			
	32	-19.4109	1.30	54.61	1.72916	
	33	-36.3707	D33(可变)			
	像面	∞				
[2557]	[非球面数据]					
	面编号	κ	A4	A6	A8	A10
	第 8 面	0.00	3.61252E-06	1.12702E-08	-7.62519E-11	5.02576E-13
[2558]	第 14 面	0.00	1.31110E-05	2.61938E-08	2.79550E-10	0.00000E+00
	第 15 面	0.00	2.79617E-05	3.21704E-08	3.63604E-10	-1.50000E-13
	第 21 面	0.00	-1.16278E-06	-6.94619E-10	-3.31502E-11	0.00000E+00
[2559]	[各种数据]					
[2560]	变倍比 3.34					
		广角端		中间	远焦端	
	f	24.7	~	49.5	~	82.4
	FNO	2.9	~	3.6	~	4.1
[2561]	2 ω	82.4	~	47.2	~	28.8
	Y	19.1	~	21.6	~	21.6
	TL(空气)	127.9	~	142.1	~	166.0
	BF(空气)	14.9	~	29.3	~	37.6
[2562]	[可变间隔数据]					
		无限远对焦时			近距离对焦时	
[2563]		广角端	中间	远焦端	广角端	中间 远焦端
	f	24.7	49.5	82.4	24.7	49.5 82.4

	D5	1.10	14.23	34.24			
	D13	18.86	5.52	1.10			
[2564]	D20	7.01	7.01	7.01	6.36	5.03	2.15
	D23	2.50	5.70	6.08	3.15	7.68	10.94
	D26	6.33	3.13	2.75			
	D33	14.92	29.34	37.63			
[2565]	[透镜组数据]						
			组初面	组焦距			
	第 1 透镜组	1		114.25			
[2566]	第 2 透镜组	6		-18.62			
	第 3 透镜组	14		26.30			
	第 4 透镜组	24		-44.47			
	第 5 透镜组	27		221.10			
[2567]	[条件式对应值]						
[2568]	条件式 (JK1) $ fF /fM=1.337$						
[2569]	条件式 (JK2) $(-fXn)/fM=0.708$						
[2570]	条件式 (JK3) $dAB/ fF =0.199$						
[2571]	条件式 (JK4) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.080$						
[2572]	条件式 (JK5) $vdp=67.02$						
[2573]	条件式 (JL1) $ (rB+rA)/(rB-rA) =9.750$						
[2574]	条件式 (JL2) $ fF /fM=1.337$						
[2575]	条件式 (JL3) $dAB/ fF =0.199$						
[2576]	条件式 (JL4) $(-fXn)/fM=0.708$						
[2577]	条件式 (JL5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.080$						
[2578]	条件式 (JL6) $vdp=67.02$						
[2579]	条件式 (JM1) $dV/ fV =0.062$						
[2580]	条件式 (JM2) $ fF /fM=1.337$						
[2581]	条件式 (JM3) $dAB/ fF =0.199$						
[2582]	条件式 (JM4) $(-fXn)/fM=0.708$						
[2583]	条件式 (JM5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.080$						
[2584]	条件式 (JM6) $vdp=67.02$						
[2585]	条件式 (JN1) $ fF /fM=1.337$						
[2586]	条件式 (JN2) $dV/ fV =0.062$						
[2587]	条件式 (JN3) $dAB/ fF =0.199$						
[2588]	条件式 (JN4) $(-fXn)/fM=0.708$						
[2589]	条件式 (JN5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.080$						

[2590] 条件式(JN6) $vdp=67.02$

[2591] 从表17可知,本实施例的变倍光学系统ZL17满足条件式(JK1)~(JK5)、(JL1)~(JL6)、(JM1)~(JM6)及(JN1)~(JN6)。

[2592] 图85是第17实施例的变倍光学系统ZL17的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图86是第17实施例的变倍光学系统ZL17的近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图87是第17实施例的变倍光学系统ZL17的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的彗差图, (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。

[2593] 通过图85~图87所示的各像差图可知,关于第17实施例的变倍光学系统ZL17,从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[2594] (第18实施例)

[2595] 使用图88~图91以及表18对第18实施例进行说明。如图88所示,第18实施例的变倍光学系统ZLII(ZL18)由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有负的光焦度的第4透镜组G4及具有正的光焦度的第5透镜组G5构成。

[2596] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的将凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11与双凸透镜L12接合而成的接合透镜及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13构成。

[2597] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L21、双凹透镜L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24构成。双凹透镜L22是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2598] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的物体侧组GA和具有正的光焦度的像侧组GB构成。物体侧组GA由从物体侧依次排列的凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L31、孔径光阑S、双凸透镜L32及凹面朝向像侧的负弯月形透镜L33构成。像侧组GB由将从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L34与双凸透镜L35接合而成的接合透镜构成。正弯月形透镜L31是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。负弯月形透镜L34是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2599] 第4透镜组G4由将从物体侧依次排列的双凸透镜L41与双凹透镜L42接合而成的接合透镜构成。

[2600] 第5透镜组G5由从物体侧依次排列的双凸透镜L51、将凸面朝向像侧的正弯月形透镜L52与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L53接合而成的接合透镜及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L54构成。

[2601] 使第1透镜组G1、第2透镜组G2、第3透镜组G3、第4透镜组G4及第5透镜组G5分别向物体侧移动,使得第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的空气间隔增加,第2透镜组G2与第3透镜组G3之间的空气间隔减少,第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的空气间隔增加,第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔减少,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[2602] 使构成第3透镜组G3的像侧组GB(=对焦透镜组GF)向物体侧移动,从而进行从无

限远向近距离物体的对焦。

[2603] 在产生像抖动时,使第4透镜组G4作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。在第18实施例中,在广角端状态下,在校正角度0.664度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.380mm。在中间焦距状态下,校正角度0.469度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.373mm。在远焦端状态下,校正角度0.363度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.379mm。

[2604] 在下述的表18中示出第18实施例中的各参数的值。表18中的面编号1~33与图88所示的m1~m33的各光学面对应。

[2605] (表18)

[2606] [透镜参数]

面编号		R	D	vd	nd
物面		∞			
[2607]	1	477.6359	2.00	22.74	1.80809
	2	130.7220	6.15	67.90	1.59319
	3	-262.1234	0.10		
	4	45.8222	3.53	54.61	1.72916

	5	65.7498	D5(可变)		
	6	50.7306	1.35	35.72	1.90265
	7	17.0914	8.44		
	*8	-32.4922	1.00	51.16	1.75501
	9	52.3984	0.17		
	10	39.5501	5.00	22.74	1.80809
	11	-45.2417	2.46		
	12	-21.0150	1.20	58.12	1.62299
	13	-44.1009	D13(可变)		
	*14	42.6978	4.05	51.16	1.75501
	*15	146.0908	1.00		
	16	∞	1.00	(孔径光阑)	
	17	33.8176	6.49	82.57	1.49782
	18	-31.9561	0.10		
[2608]	19	77.2065	1.00	37.18	1.83400
	20	24.0818	D20(可变)		
	*21	24.6808	1.00	24.06	1.82115
	22	16.8495	8.03	67.90	1.59319
	23	-56.7300	D23(可变)		
	24	2528.2943	8.17	22.74	1.80809
	25	-17.9755	1.00	35.25	1.74950
	26	28.0350	D26(可变)		
	27	37.6901	8.33	81.56	1.49710
	28	-21.5347	0.10		
	29	-26.4036	0.51	22.74	1.80809
	30	-36.3850	1.35	52.33	1.75500
	31	-53.3386	3.71		
	32	-18.6338	1.30	54.61	1.72916
	33	-37.2073	D33(可变)		
	像面	∞			
[2609]	[非球面数据]				

	面编号	κ	A4	A6	A8	A10		
	第 8 面	0.00	5.54472E-06	1.39612E-08	-1.09701E-10	7.98071E-13		
[2610]	第 14 面	0.00	-1.56610E-07	-6.56482E-08	-8.11234E-11	0.00000E+00		
	第 15 面	0.00	1.77641E-05	-6.07679E-08	-3.87866E-11	1.00000E-17		
	第 21 面	0.00	-2.60317E-06	-8.10030E-10	-3.36331E-11	0.00000E+00		
[2611]	[各种数据]							
[2612]	变倍比 3.34							
			广角端	中间		远焦端		
	f		24.7	~ 49.5	~	82.5		
	FNO		2.9	~ 3.9	~	4.1		
[2613]	2 ω		82.4	~ 47.2	~	28.8		
	Y		19.1	~ 21.6	~	21.6		
	TL(空气)		127.5	~ 144.9	~	171.9		
	BF(空气)		14.9	~ 30.1	~	41.9		
[2614]	[可变间隔数据]							
			无限远对焦时			近距离对焦时		
			广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
	f		24.7	49.5	82.5	24.7	49.5	82.5
	D5		1.10	16.11	35.76			
[2615]	D13		18.31	5.55	1.10			
	D20		6.00	6.00	6.00	5.35	3.94	0.92
	D23		2.50	5.48	5.88	3.15	7.54	10.97
	D26		6.14	3.16	2.76			
	D33		14.92	30.05	41.88			
[2616]	[透镜组数据]							
			组初面		组焦距			
	第 1 透镜组		1		132.75			
[2617]	第 2 透镜组		6		-18.98			
	第 3 透镜组		14		25.60			
	第 4 透镜组		24		-43.35			
	第 5 透镜组		27		226.32			

[2618] [条件式对应值]

[2619] 条件式(JK1) $|fF|/fM=1.338$

[2620] 条件式(JK2) $(-fXn)/fM=0.741$

[2621] 条件式(JK3) $dAB/|fF|=0.175$

[2622] 条件式(JK4) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.073$

[2623] 条件式(JK5) $vdp=67.90$

[2624] 条件式(JL1) $|(rB+rA)/(rB-rA)|=81.411$

[2625] 条件式(JL2) $|fF|/fM=1.338$

[2626] 条件式(JL3) $dAB/|fF|=0.175$

[2627] 条件式(JL4) $(-fXn)/fM=0.741$

[2628] 条件式(JL5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.073$

[2629] 条件式(JL6) $vdp=67.90$

[2630] 条件式(JM1) $dV/|fV|=0.064$

[2631] 条件式(JM2) $|fF|/fM=1.338$

[2632] 条件式(JM3) $dAB/|fF|=0.175$

[2633] 条件式(JM4) $(-fXn)/fM=0.741$

[2634] 条件式(JM5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.073$

[2635] 条件式(JM6) $vdp=67.90$

[2636] 条件式(JN1) $|fF|/fM=1.338$

[2637] 条件式(JN2) $dV/|fV|=0.064$

[2638] 条件式(JN3) $dAB/|fF|=0.175$

[2639] 条件式(JN4) $(-fXn)/fM=0.741$

[2640] 条件式(JN5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.073$

[2641] 条件式(JN6) $vdp=67.90$

[2642] 从表18可知,本实施例的变倍光学系统ZL18满足条件式(JK1)~(JK5)、(JL1)~(JL6)、(JM1)~(JM6)及(JN1)~(JN6)。

[2643] 图89是第18实施例的变倍光学系统ZL18的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图90是第18实施例的变倍光学系统ZL18的近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图91是第18实施例的变倍光学系统ZL18的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的彗差图, (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。

[2644] 通过图89~图91所示的各像差图可知,关于第18实施例的变倍光学系统ZL18,从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[2645] (第19实施例)

[2646] 使用图92~图95以及表19对第19实施例进行说明。如图92所示,第19实施例的变倍光学系统ZLII(ZL19)由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的

光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3及具有负的光焦度的第4透镜组G4构成。

[2647] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的将凹面朝向像侧的负弯月L11与双凸透镜L12接合而成的接合透镜及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13构成。

[2648] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L21、双凹透镜L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24构成。双凹透镜L22是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2649] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的物体侧组GA和具有正的光焦度的像侧组GB构成。物体侧组GA由从物体侧依次排列的双凸透镜L31、孔径光阑S、双凸透镜L32及凹面朝向像侧的负弯月形透镜L33构成。像侧组GB由将从物体侧依次排列的双凸透镜L34与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L35接合而成的接合透镜构成。双凸透镜L31是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。双凸透镜L34是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2650] 第4透镜组G4由从物体侧依次排列的将双凸透镜L41与双凹透镜L42接合而成的接合透镜、双凸透镜L43及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L44构成。双凸透镜L43是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2651] 使第1透镜组G1、第2透镜组G2、第3透镜组G3及第4透镜组G4分别向物体侧移动,使得第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的空气间隔增加,第2透镜组G2与第3透镜组G3之间的空气间隔减少,第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的空气间隔减少,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[2652] 使构成第3透镜组G3的像侧组GB(=对焦透镜组GF)向物体侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[2653] 在产生像抖动时,使将构成第4透镜组G4的双凸透镜L41与双凹透镜L42接合而成的接合透镜作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。在第19实施例中,在广角端状态下,在校正角度0.664度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.506mm。在中间焦距状态下,在校正角度0.469度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.449mm。在远焦端状态下,在校正角度0.401度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.446mm。

[2654] 在下述的表19中示出第19实施例中的各参数的值。表19中的面编号1~30与图92所示的m1~m30的各光学面对应。

[2655] (表19)

[2656] [透镜参数]

面编号	R	D	vd	nd
物面	∞			
1	1193.7961	2.00	22.74	1.80809
2	124.6072	5.44	67.90	1.59319
3	-251.5182	0.10		
4	53.9338	4.39	54.61	1.72916
5	148.4536	D5(可变)		
[2657] 6	52.0263	1.35	35.72	1.90265
7	15.1015	7.62		
*8	-30.5049	1.00	51.16	1.75501
9	93.9602	0.10		
10	39.5192	4.07	22.74	1.80809
11	-41.3448	1.99		
12	-20.4648	1.20	58.12	1.62299
13	-53.5027	D13(可变)		
*14	213.8825	1.87	51.16	1.75501

	*15	-64.5513	1.00			
	16	∞	3.38	(孔径光阑)		
	17	110.8652	8.03	82.57	1.49782	
	18	-18.2246	0.48			
	19	116.2881	1.00	37.18	1.83400	
	20	28.0153	D20(可变)			
	*21	30.2797	6.11	67.02	1.59201	
	22	-21.0000	1.33	23.80	1.84666	
[2658]	23	-44.7009	D23(可变)			
	24	549.5106	3.21	22.74	1.80809	
	25	-38.9378	1.00	42.73	1.83481	
	26	44.8125	0.94			
	*27	53.1149	5.61	81.56	1.49710	
	28	-41.5964	8.34			
	29	-16.1731	1.30	50.67	1.67790	
	30	-40.6492	D30(可变)			
	像面	∞				
[2659]	[非球面数据]					
	面编号	κ	A4	A6	A8	A10
	第 8 面	0.00	5.94537E-06	-1.85599E-09	5.98429E-11	6.60655E-13
	第 14 面	0.00	-4.52248E-05	7.78703E-08	-1.06200E-09	0.00000E+00
[2660]	第 15 面	0.00	-6.29335E-06	1.07534E-07	-1.16673E-10	1.00000E-17
	第 21 面	0.00	-3.63068E-06	2.68872E-08	-2.41333E-11	0.00000E+00
	第 27 面	0.00	1.77742E-05	-4.96065E-09	1.03075E-10	0.00000E+00
[2661]	[各种数据]					
[2662]	变倍比 2.75					
		广角端	中间	远焦端		
[2663]	f	24.7	~	49.5	~	67.9

	FNO	2.9	~	3.9	~	4.1	
	2ω	82.4	~	47.0	~	34.7	
[2664]	Y	19.1	~	21.6	~	21.6	
	TL(空气)	110.8	~	131.5	~	145.4	
	BF(空气)	14.9	~	30.3	~	37.7	
[2665]	[可变间隔数据]						
	无限远对焦时			近距离对焦时			
		广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
	f	24.7	49.5	67.9	24.7	49.5	67.9
[2666]	D5	1.10	16.06	26.09			
	D13	11.54	3.19	1.10			
	D20	5.19	5.19	5.19	4.36	2.99	1.69
	D23	5.16	3.92	2.50	5.99	6.11	5.99
	D30	14.90	30.26	37.67			
[2667]	[透镜组数据]						
		组初面		组焦距			
	第 1 透镜组	1		98.67			
[2668]	第 2 透镜组	6		-17.73			
	第 3 透镜组	14		24.81			
	第 4 透镜组	24		-48.06			
[2669]	[条件式对应值]						
[2670]	条件式 (JK1) $ fF /fM=1.566$						
[2671]	条件式 (JK2) $(-fXn)/fM=0.715$						
[2672]	条件式 (JK3) $dAB/ fF =0.133$						
[2673]	条件式 (JK4) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.080$						
[2674]	条件式 (JK5) $vdp=67.02$						
[2675]	条件式 (JL1) $ (rB+rA)/(rB-rA) =25.744$						
[2676]	条件式 (JL2) $ fF /fM=1.566$						
[2677]	条件式 (JL3) $dAB/ fF =0.133$						
[2678]	条件式 (JL4) $(-fXn)/fM=0.715$						
[2679]	条件式 (JL5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.080$						
[2680]	条件式 (JL6) $vdp=67.02$						
[2681]	条件式 (JM1) $dV/ fV =0.017$						
[2682]	条件式 (JM2) $ fF /fM=1.566$						

[2683] 条件式(JM3) $dAB/|fF|=0.133$

[2684] 条件式(JM4) $(-fXn)/fM=0.715$

[2685] 条件式(JM5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.080$

[2686] 条件式(JM6) $vdp=67.02$

[2687] 从表19可知,本实施例的变倍光学系统ZL19满足条件式(JK1)~(JK5)、(JL1)~(JL6)及(JM1)~(JM6)。

[2688] 图93是第19实施例的变倍光学系统ZL19的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图94是第19实施例的变倍光学系统ZL19的近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图95是第19实施例的变倍光学系统ZL19的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的彗差图, (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。

[2689] 通过图93~图95所示的各像差图可知,关于第19实施例的变倍光学系统ZL19,从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[2690] (第20实施例)

[2691] 使用图96~图99以及表20对第20实施例进行说明。如图96所示,第20实施例的变倍光学系统ZLII(ZL20)由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有负的光焦度的第4透镜组G4及具有正的光焦度的第5透镜组G5构成。

[2692] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的将凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11与双凸透镜L12接合而成的接合透镜及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13构成。

[2693] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L21、双凹透镜L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24构成。双凹透镜L22是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2694] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的物体侧组GA和具有正的光焦度的像侧组GB构成。物体侧组GA由从物体侧依次排列的双凸透镜L31、孔径光阑S、双凸透镜L32及凹面朝向像侧的负弯月形透镜L33构成。像侧组GB由将从物体侧依次排列的双凸透镜L34与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L35接合而成的接合透镜构成。双凸透镜L31是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。双凸透镜L34是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2695] 第4透镜组G4由将从物体侧依次排列的凸面朝向像侧的正弯月形透镜L41与双凹透镜L42接合而成的接合透镜构成。

[2696] 第5透镜组G5由从物体侧依次排列的双凸透镜L51、将凸面朝向像侧的正弯月形透镜L52与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L53接合而成的接合透镜及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L54构成。

[2697] 使第1透镜组G1向物体侧移动,使第2透镜组G2暂时向像面侧移动然后向物体侧移动,使第3透镜组G3、第4透镜组G4及第5透镜组G5分别向物体侧移动,使得第1透镜组G1与第

2透镜组G2之间的空气间隔增加,第2透镜组G2与第3透镜组G3之间的空气间隔减少,第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的空气间隔增加,第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔减少,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[2698] 使构成第3透镜组G3的像侧组GB(=对焦透镜组GF)向物体侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[2699] 在产生像抖动时,使第4透镜组G4作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。在第20实施例中,在广角端状态下,在校正角度0.664度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.226mm。在中间焦距状态下,在校正角度0.469度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.241mm。在远焦端状态下,在校正角度0.327度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.274mm。

[2700] 在下述的表20中示出第20实施例中的各参数的值。表20中的面编号1~33与图96所示的m1~m33的各光学面对应。

[2701] (表20)

[2702] [透镜参数]

面编号		R	D	vd	nd
物面		∞			
[2703]	1	282.7218	1.33	22.74	1.80809
	2	94.7445	6.10	67.90	1.59319

	3	-226.9827	0.10		
	4	40.7799	3.54	54.61	1.72916
	5	73.5746	D5(可变)		
	6	49.4466	0.90	35.72	1.90265
	7	12.2660	5.90		
	*8	-22.9424	0.90	51.16	1.75501
	9	36.0329	0.13		
	10	28.3106	3.27	22.74	1.80809
	11	-33.3406	1.61		
	12	-16.3903	0.90	58.12	1.62299
	13	-28.7665	D13(可变)		
	*14	27.1836	1.87	51.16	1.75501
	*15	-883.8798	1.00		
	16	∞	1.74	(孔径光阑)	
[2704]	17	29.1431	3.58	82.57	1.49782
	18	-27.0053	0.10		
	19	90.6365	0.93	37.18	1.83400
	20	16.9325	D20(可变)		
	*21	21.6272	4.71	67.02	1.59201
	22	-15.3834	0.67	23.80	1.84666
	23	-27.6370	D23(可变)		
	24	-197.6287	2.84	22.74	1.80809
	25	-16.1995	0.90	35.25	1.74950
	26	24.2531	D26(可变)		
	27	29.8965	5.67	81.56	1.49710
	28	-16.6499	0.85		
	29	-18.7793	1.65	22.74	1.80809
	30	-17.2583	0.90	52.33	1.75500
	31	-25.1119	1.61		
	32	-14.5032	0.90	54.61	1.72916

	33	-34.8046	D33(可变)				
[2705]	像面	∞					
[2706]	[非球面数据]						
	面编号	κ	A4	A6	A8	A10	
	第 8 面	0.00	1.17630E-05	3.52411E-08	-1.08429E-09	1.00133E-11	
[2707]	第 14 面	0.00	-1.66916E-06	1.91542E-07	-3.91949E-09	0.00000E+00	
	第 15 面	0.00	3.85171E-05	2.06325E-07	-3.70351E-09	-2.61997E-12	
	第 21 面	0.00	-5.08719E-06	5.18792E-09	-3.38472E-10	0.00000E+00	
[2708]	[各种数据]						
[2709]	变倍比 4.13						
		广角端		中间	远焦端		
	f	16.5	~	33.0	~	68.0	
	FNO	2.9	~	3.6	~	4.1	
[2710]	2 ω	81.7	~	46.7	~	23.2	
	Y	12.6	~	14.3	~	14.3	
	TL(空气)	99.5	~	111.4	~	133.9	
	BF(空气)	14.0	~	23.8	~	32.9	
[2711]	[可变间隔数据]						
		无限远对焦时			近距离对焦时		
		广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
	f	16.5	33.0	68.0	16.5	33.0	68.0
	D5	1.00	13.94	32.81			
[2712]	D13	17.01	6.25	0.73			
	D20	6.71	6.71	6.71	6.43	5.79	3.08
	D23	1.50	3.72	4.55	1.78	4.65	8.18
	D26	4.68	2.46	1.63			
	D33	14.00	23.77	32.89			
[2713]	[透镜组数据]						

	组初面	组焦距
第 1 透镜组	1	86.55
第 2 透镜组	6	-13.34
[2714] 第 3 透镜组	14	20.21
第 4 透镜组	24	-31.69
第 5 透镜组	27	90.43
[2715] [条件式对应值]		
[2716] 条件式 (JK1)	$ fF /fM=1.231$	
[2717] 条件式 (JK2)	$(-fXn)/fM=0.660$	
[2718] 条件式 (JK3)	$dAB/ fF =0.270$	
[2719] 条件式 (JK4)	$ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.080$	
[2720] 条件式 (JK5)	$vdp=67.02$	
[2721] 条件式 (JL1)	$ (rB+rA)/(rB-rA) =8.213$	
[2722] 条件式 (JL2)	$ fF /fM=1.231$	
[2723] 条件式 (JL3)	$dAB/ fF =0.270$	
[2724] 条件式 (JL4)	$(-fXn)/fM=0.660$	
[2725] 条件式 (JL5)	$ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.080$	
[2726] 条件式 (JL6)	$vdp=67.02$	
[2727] 条件式 (JM1)	$dV/ fV =0.051$	
[2728] 条件式 (JM2)	$ fF /fM=1.231$	
[2729] 条件式 (JM3)	$dAB/ fF =0.270$	
[2730] 条件式 (JM4)	$(-fXn)/fM=0.660$	
[2731] 条件式 (JM5)	$ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.080$	
[2732] 条件式 (JM6)	$vdp=67.02$	
[2733] 条件式 (JN1)	$ fF /fM=1.231$	
[2734] 条件式 (JN2)	$dV/ fV =0.051$	
[2735] 条件式 (JN3)	$dAB/ fF =0.270$	
[2736] 条件式 (JN4)	$(-fXn)/fM=0.660$	
[2737] 条件式 (JN5)	$ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.080$	
[2738] 条件式 (JN6)	$vdp=67.02$	
[2739] 从表20可知,本实施例的变倍光学系统ZL20满足条件式 (JK1) ~ (JK5)、(JL1) ~ (JL6)、(JM1) ~ (JM6) 及 (JN1) ~ (JN6)。		

[2740] 图97是第20实施例的变倍光学系统ZL20的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图98是第20实施例的变倍光学系统ZL20的近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图99是第20实施例的变倍光学系统ZL20的进行了无限

远对焦时的像抖动校正时的彗差图, (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。

[2741] 通过图97~图99所示的各像差图可知, 关于第20实施例的变倍光学系统ZL20, 从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到近距离对焦状态良好地对各像差进行校正, 具有良好的光学性能。另外, 可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[2742] (第21实施例)

[2743] 使用图100~图103以及表21对第21实施例进行说明。如图100所示, 第21实施例的变倍光学系统ZLII (ZL21) 由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有负的光焦度的第4透镜组G4及具有正的光焦度的第5透镜组G5构成。

[2744] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的将凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11与双凸透镜L12接合而成的接合透镜及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13构成。

[2745] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L21、双凹透镜L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24构成。双凹透镜L22是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2746] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的物体侧组GA和具有正的光焦度的像侧组GB构成。物体侧组GA由从物体侧依次排列的双凸透镜L31、孔径光阑S、双凸透镜L32及凹面朝向像侧的负弯月形透镜L33构成。像侧组GB由将从物体侧依次排列的双凸透镜L34与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L35接合而成的接合透镜构成。双凸透镜L31是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。双凸透镜L34是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2747] 第4透镜组G4由从物体侧依次排列的将双凸透镜L41与双凹透镜L42接合而成的接合透镜、双凸透镜L43及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L44构成。双凸透镜L43是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2748] 第5透镜组G5由凸面朝向物体侧的平凸透镜L51构成。

[2749] 使第1透镜组G1、第2透镜组G2、第3透镜组G3及第4透镜组G4分别向物体侧移动, 固定第5透镜组G5, 使得第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的空气间隔增加, 第2透镜组G2与第3透镜组G3之间的空气间隔减少, 第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的空气间隔减少, 第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔增加, 从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[2750] 使构成第3透镜组G3的像侧组GB (= 对焦透镜组GF) 向物体侧移动, 从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[2751] 在产生像抖动时, 使将构成第4透镜组G4的双凸透镜L41与双凹透镜L42接合而成的接合透镜作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动, 从而进行像面I上的像抖动校正 (防抖)。在第21实施例中, 在广角端状态下, 在校正角度0.664度时, 防抖透镜组VR的偏移量为-0.568mm。在中间焦距状态下, 在校正角度0.469度时, 防抖透镜组VR的偏移量为-0.473mm。在远焦端状态下, 在校正角度0.401度时, 防抖透镜组VR的偏移量为-0.498mm。

[2752] 在下述的表21中示出第21实施例中的各参数的值。表21中的面编号1~32与图100所示的m1~m32的各光学面对应。

[2753] (表21)

[2754] [透镜参数]

	面编号	R	D	vd	nd
	物面	∞			
	1	1587.6950	2.00	22.74	1.80809
	2	129.2311	5.54	67.90	1.59319
	3	-234.0081	0.10		
[2755]	4	49.3184	4.83	54.61	1.72916
	5	133.6129	D5(可变)		
	6	50.3607	1.35	35.72	1.90265
	7	13.9849	7.29		
	*8	-26.5646	1.00	51.16	1.75501
	9	75.5170	0.10		

	10	37.4790	4.06	22.74	1.80809	
	11	-33.7046	1.73			
	12	-19.4446	1.20	58.12	1.62299	
	13	-45.6085	D13(可变)			
	*14	213.8825	1.67	51.16	1.75501	
	*15	-82.3988	1.00			
	16	∞	3.03	(孔径光阑)		
	17	94.6893	7.99	82.57	1.49782	
	18	-17.1738	0.71			
	19	111.0410	1.07	37.18	1.83400	
	20	27.8731	D20(可变)			
[2756]	*21	30.7270	5.62	67.02	1.59201	
	22	-21.0000	1.00	23.80	1.84666	
	23	-41.6131	D23(可变)			
	24	199.8522	2.64	22.74	1.80809	
	25	-71.5415	1.00	39.61	1.80440	
	26	39.6118	1.67			
	*27	69.1913	5.36	81.56	1.49710	
	28	-38.3308	6.47			
	29	-15.4809	1.30	55.52	1.69680	
	30	-44.4855	D30(可变)			
	31	147.3134	2.68	23.80	1.84666	
	32	∞	D32(可变)			
	像面	∞				
[2757]	[非球面数据]					
	面编号	κ	A4	A6	A8	A10
[2758]	第 8 面	0.00	8.49130E-06	-5.54309E-09	7.89989E-11	9.93584E-13
	第 14 面	0.00	-4.27481E-05	3.37131E-07	-3.01232E-09	0.00000E+00
	第 15 面	0.00	3.68942E-06	3.86199E-07	-1.66414E-09	1.00000E-17
[2759]	第 21 面	0.00	-4.28039E-06	3.72554E-08	-4.57534E-11	0.00000E+00
	第 27 面	0.00	2.35154E-05	-3.28269E-09	1.82075E-10	0.00000E+00

[2760] [各种数据]

[2761] 变倍比 2.75

	广角端		中间		远焦端
f	24.7	~	49.5	~	67.9
FNO	2.9	~	4.1	~	4.1
[2762] 2 ω	82.4	~	47.2	~	34.7
Y	19.1	~	21.6	~	21.6
TL(空气)	108.3	~	131.2	~	145.7
BF(空气)	14.0	~	14.0	~	14.0

[2763] [可变间隔数据]

无限远对焦时				近距离对焦时		
	广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
f	24.7	49.5	67.9	24.7	49.5	67.9
D5	1.10	13.33	25.21			
[2764] D13	9.54	2.72	1.10			
D20	4.02	4.02	4.02	3.22	2.12	0.92
D23	5.77	3.65	2.50	6.56	5.54	5.60
D30	1.50	21.08	26.51			
D32	14.00	14.00	14.00			

[2765] [透镜组数据]

	组初面	组焦距
第 1 透镜组	1	90.94
[2766] 第 2 透镜组	6	-16.97
第 3 透镜组	14	23.60
第 4 透镜组	24	-40.81
[2767] 第 5 透镜组	31	173.99

[2768] [条件式对应值]

[2769] 条件式 (JK1) $|fF|/fM=1.579$ [2770] 条件式 (JK2) $(-fXn)/fM=0.719$ [2771] 条件式 (JK3) $dAB/|fF|=0.108$ [2772] 条件式 (JK4) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.080$ [2773] 条件式 (JK5) $vdp=67.02$ [2774] 条件式 (JL1) $|(rB+rA)/(rB-rA)|=20.533$

- [2775] 条件式(JL2) $|fF|/fM=1.579$
- [2776] 条件式(JL3) $dAB/|fF|=0.108$
- [2777] 条件式(JL4) $(-fXn)/fM=0.719$
- [2778] 条件式(JL5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.080$
- [2779] 条件式(JL6) $vdP=67.02$
- [2780] 条件式(JM1) $dV/|fV|=0.027$
- [2781] 条件式(JM2) $|fF|/fM=1.579$
- [2782] 条件式(JM3) $dAB/|fF|=0.108$
- [2783] 条件式(JM4) $(-fXn)/fM=0.719$
- [2784] 条件式(JM5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.080$
- [2785] 条件式(JM6) $vdP=67.02$
- [2786] 条件式(JN1) $|fF|/fM=1.579$
- [2787] 条件式(JN2) $dV/|fV|=0.027$
- [2788] 条件式(JN3) $dAB/|fF|=0.108$
- [2789] 条件式(JN4) $(-fXn)/fM=0.719$
- [2790] 条件式(JN5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.080$
- [2791] 条件式(JN6) $vdP=67.02$
- [2792] 从表21可知,本实施例的变倍光学系统ZL21满足条件式(JK1)~(JK5)、(JL1)~(JL6)、(JM1)~(JM6)及(JN1)~(JN6)。
- [2793] 图101是第21实施例的变倍光学系统ZL21的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图102是第21实施例的变倍光学系统ZL21的近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图103是第21实施例的变倍光学系统ZL21的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的彗差图, (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。
- [2794] 通过图101~图103所示的各像差图可知,关于第21实施例的变倍光学系统ZL21,从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。
- [2795] (第22实施例)
- [2796] 使用图104~图108以及表22对第22实施例进行说明。如图104所示,第22实施例的变倍光学系统ZLII(ZL22)由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有负的光焦度的第4透镜组G4及具有正的光焦度的第5透镜组G5构成。
- [2797] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的将凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11与双凸透镜L12接合而成的接合透镜及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13构成。
- [2798] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L21、双凹透镜L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24构成。双凹透镜L22是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2799] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的物体侧组GA和具有正的光焦度的像侧组GB构成。物体侧组GA由从物体侧依次排列的双凸透镜L31、孔径光阑S、将凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L32与凹面朝向像侧的负弯月形透镜L33接合而成的接合透镜及凸面朝向物体侧的平凸透镜L34构成。像侧组GB由将从物体侧依次排列的双凸透镜L35与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L36接合而成的接合透镜构成。双凸透镜L31是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。双凸透镜L35是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2800] 第4透镜组G4由将从物体侧依次排列的双凸透镜L41与双凹透镜L42接合而成的接合透镜构成。

[2801] 第5透镜组G5由从物体侧依次排列的双凸透镜L51、将凸面朝向像侧的正弯月形透镜L52与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L53接合而成的接合透镜及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L54构成。

[2802] 使第1透镜组G1向物体侧移动,使第2透镜组G2暂时向像面侧移动然后向物体侧移动,使第3透镜组G3、第4透镜组G4及第5透镜组G5分别向物体侧移动,使得第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的空气间隔增加,第2透镜组G2与第3透镜组G3之间的空气间隔减少,第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的空气间隔增加,第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔减少,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[2803] 使构成第3透镜组G3的像侧组GB(=对焦透镜组GF)向物体侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[2804] 在产生像抖动时,使第4透镜组G4作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。在第22实施例中,在广角端状态下,在校正角度0.664度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.411mm。在中间焦距状态下,在校正角度0.469度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.410mm。在远焦端状态下,在校正角度0.327度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.457mm。

[2805] 在下述的表22中示出第22实施例中的各参数的值。表22中的面编号1~34与图104所示的m1~m34的各光学面对应。

[2806] (表22)

[2807] [透镜参数]

	面编号	R	D	vd	nd
	物面	∞			
	1	524.4509	2.00	22.74	1.80809
	2	136.5814	6.32	67.90	1.59319
	3	-713.0593	0.10		
	4	65.1416	6.39	54.61	1.72916
	5	186.0464	D5(可变)		
	6	108.5540	1.35	35.72	1.90265
[2808]	7	18.6469	8.64		
	*8	-40.1904	1.00	51.16	1.75501
	9	65.4869	0.10		
	10	43.0188	5.29	22.74	1.80809
	11	-46.1246	2.17		
	12	-26.2743	1.20	58.12	1.62299
	13	-65.0579	D13(可变)		
	*14	27.5180	5.10	53.94	1.71300
	*15	-84.3430	1.00		

	16	∞	1.00	(孔径光阑)		
	17	62.3923	2.81	82.57	1.49782	
	18	214.3713	1.00	35.72	1.90265	
	19	23.1110	1.60			
	20	49.5946	2.41	82.57	1.49782	
	21	∞	D21(可变)			
	*22	35.3414	7.32	67.02	1.59201	
	23	-21.4664	1.00	23.80	1.84666	
	24	-38.1772	D24(可变)			
[2809]	25	319.0764	5.02	23.80	1.84666	
	26	-22.4269	1.00	34.92	1.80100	
	27	33.3745	D27(可变)			
	28	33.9494	8.88	81.56	1.49710	
	29	-26.6215	0.73			
	30	-30.2862	3.94	22.74	1.80809	
	31	-28.5529	1.35	52.33	1.75500	
	32	-61.3691	4.03			
	33	-20.0622	1.30	54.61	1.72916	
	34	-43.5447	D34(可变)			
	像面	∞				
[2810]	[非球面数据]					
	面编号	κ	A4	A6	A8	A10
	第 8 面	0.00	3.38423E-06	2.84604E-09	-1.31614E-11	1.46359E-13
[2811]	第 14 面	0.00	-4.98461E-06	-5.66401E-10	1.28428E-11	0.00000E+00
	第 15 面	0.00	6.02589E-06	-9.27295E-09	6.23729E-11	-1.21951E-13
	第 22 面	0.00	-7.15516E-07	1.57972E-09	-6.46596E-12	0.00000E+00
[2812]	[各种数据]					
[2813]	变倍比 4.13					

		广角端		中间		远焦端	
	f	24.7	~	49.5	~	102.0	
	FNO	2.9	~	3.7	~	4.1	
[2814]	2ω	82.4	~	47.2	~	23.5	
	Y	19.1	~	21.5	~	21.6	
	TL(空气)	146.1	~	161.6	~	194.8	
	BF(空气)	14.9	~	30.2	~	43.4	
[2815]	[可变间隔数据]						
		无限远对焦时			近距离对焦时		
		广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
	f	24.7	49.5	102.0	24.7	49.5	102.0
	D5	1.10	17.10	44.71			
[2816]	D13	24.52	8.75	1.10			
	D21	12.24	12.24	12.24	11.44	9.69	1.62
	D24	2.50	6.02	6.72	3.31	8.58	17.34
	D27	6.72	3.20	2.50			
	D34	14.92	30.24	43.44			
[2817]	[透镜组数据]						
		组初面		组焦距			
	第 1 透镜组	1		121.41			
	第 2 透镜组	6		-20.01			
[2818]	第 3 透镜组	14		32.50			
	第 4 透镜组	25		-52.38			
	第 5 透镜组	28		201.85			
[2819]	[条件式对应值]						
[2820]	条件式 (JK1) $ fF /fM=1.174$						
[2821]	条件式 (JK2) $(-fXn)/fM=0.616$						
[2822]	条件式 (JK3) $dAB/ fF =0.321$						
[2823]	条件式 (JK4) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.080$						
[2824]	条件式 (JK5) $vdp=67.02$						
[2825]	条件式 (JM1) $dV/ fV =0.048$						
[2826]	条件式 (JM2) $ fF /fM=1.174$						
[2827]	条件式 (JM3) $dAB/ fF =0.321$						

[2828] 条件式(JM4) $(-fX_n)/f_M=0.616$

[2829] 条件式(JM5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.080$

[2830] 条件式(JM6) $vdp=67.02$

[2831] 条件式(JN1) $|f_F|/f_M=1.174$

[2832] 条件式(JN2) $dV/|f_V|=0.048$

[2833] 条件式(JN3) $dAB/|f_F|=0.321$

[2834] 条件式(JN4) $(-fX_n)/f_M=0.616$

[2835] 条件式(JN5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.080$

[2836] 条件式(JN6) $vdp=67.02$

[2837] 从表22可知,本实施例的变倍光学系统ZL22满足条件式(JK1)~(JK5)、(JM1)~(JM6)及(JN1)~(JN6)。

[2838] 图105是第22实施例的变倍光学系统ZL22的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图106是第22实施例的变倍光学系统ZL22的近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图107是第22实施例的变倍光学系统ZL22的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的彗差图, (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。

[2839] 通过图105~图107所示的各像差图可知,关于第22实施例的变倍光学系统ZL22,从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[2840] (第23实施例)

[2841] 使用图108~图111以及表23对第23实施例进行说明。如图108所示,第23实施例的变倍光学系统ZLII(ZL23)由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有负的光焦度的第4透镜组G4及具有正的光焦度的第5透镜组G5构成。

[2842] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的将凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11与双凸透镜L12接合而成的接合透镜及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13构成。

[2843] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L21、双凹透镜L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24构成。双凹透镜L22是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2844] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的物体侧组GA和具有正的光焦度的像侧组GB构成。物体侧组GA由从物体侧依次排列的双凸透镜L31、孔径光阑S、将凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L32与凹面朝向像侧的负弯月形透镜L33接合而成的接合透镜及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L34构成。像侧组GB由将从物体侧依次排列的双凸透镜L35与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L36接合而成的接合透镜构成。双凸透镜L31是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。双凸透镜L35是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2845] 第4透镜组G4由将从物体侧依次排列的双凸透镜L41与双凹透镜L42接合而成的接

合透镜构成。

[2846] 第5透镜组G5由从物体侧依次排列的双凸透镜L51、将凸面朝向像侧的正弯月形透镜L52与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L53接合而成的接合透镜及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L54构成。

[2847] 使第1透镜组G1、第2透镜组G2、第3透镜组G3、第4透镜组G4及第5透镜组G5分别向物体侧移动,使得第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的空气间隔增加,第2透镜组G2与第3透镜组G3之间的空气间隔减少,第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的空气间隔增加,第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔减少,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[2848] 使构成第3透镜组G3的像侧组GB(=对焦透镜组GF)向物体侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[2849] 在产生像抖动时,使第4透镜组G4作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。在第23实施例中,在广角端状态下,在校正角度0.664度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.421mm。在中间焦距状态下,在校正角度0.469度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.397mm。在远焦端状态下,在校正角度0.327度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.464mm。

[2850] 在下述的表23中示出第23实施例中的各参数的值。表23中的面编号1~34与图108所示的m1~m34的各光学面对应。

[2851] (表23)

[2852] [透镜参数]

面编号	R	D	vd	nd
物面	∞			
1	397.6225	2.00	22.74	1.80809
2	126.6607	6.12	67.90	1.59319
3	-1629.7121	0.10		
4	66.2175	6.51	54.61	1.72916
5	204.9442	D5(可变)		
6	119.6650	1.35	35.72	1.90265
7	18.8679	8.64		
*8	-41.4130	1.00	51.16	1.75501
9	67.3512	0.19		
10	43.6021	5.30	22.74	1.80809
11	-47.3970	2.28		
12	-27.7631	1.20	58.12	1.62299
13	-74.8409	D13(可变)		
[2853] *14	30.2719	5.48	53.94	1.71300
*15	-65.5930	1.00		
16	∞	1.00	(孔径光阑)	
17	58.3076	2.76	82.57	1.49782
18	153.8064	1.00	35.72	1.90265
19	22.3628	0.82		
20	28.2979	2.36	82.57	1.49782
21	60.0000	D21(可变)		
*22	35.7069	7.36	67.02	1.59201
23	-21.0000	1.00	23.80	1.84666
24	-36.3549	D24(可变)		
25	333.6098	4.93	23.80	1.84666
26	-23.0108	1.00	34.92	1.80100
27	34.3183	D27(可变)		
28	33.2532	8.91	81.56	1.49710

	29	-26.1918	1.34			
	30	-25.2656	3.92	22.74	1.80809	
	31	-24.0934	1.35	52.33	1.75500	
[2854]	32	-50.9794	3.37			
	33	-21.5738	1.30	54.61	1.72916	
	34	-47.3035	D34(可变)			
	像面	∞				
[2855]	[非球面数据]					
	面编号	κ	A4	A6	A8	A10
	第 8 面	0.00	3.02942E-06	-2.29162E-09	1.69922E-11	2.36654E-14
[2856]	第 14 面	0.00	-4.74032E-06	1.79300E-09	2.08922E-11	0.00000E+00
	第 15 面	0.00	6.90940E-06	-9.71049E-09	7.91702E-11	-1.50000E-13
	第 22 面	0.00	-7.40532E-07	1.38738E-09	-6.12998E-12	0.00000E+00
[2857]	[各种数据]					
[2858]	变倍比 4.13					
		广角端		中间	远焦端	
	f	24.7	~	49.5	~	102.0
	FNO	2.9	~	3.9	~	4.1
[2859]	2 ω	82.4	~	47.2	~	23.5
	Y	19.1	~	21.4	~	21.6
	TL(空气)	146.4	~	159.9	~	195.1
	BF(空气)	14.9	~	32.8	~	43.9
[2860]	[可变间隔数据]					
		无限远对焦时			近距离对焦时	
		广角端	中间	远焦端	广角端	中间 远焦端
[2861]	f	24.7	49.5	102.0	24.7	49.5 102.0
	D5	1.10	13.06	44.28		

	D13	24.59	8.18	1.10			
	D21	13.15	13.15	13.15	12.34	10.61	1.63
[2862]	D24	2.50	5.87	6.56	3.31	8.42	18.08
	D27	6.56	3.19	2.50			
	D34	14.92	32.82	43.94			
[2863]	[透镜组数据]						
		组初面		组焦距			
	第 1 透镜组	1		120.70			
[2864]	第 2 透镜组	6		-19.97			
	第 3 透镜组	14		32.84			
	第 4 透镜组	25		-53.72			
	第 5 透镜组	28		218.02			
[2865]	[条件式对应值]						
[2866]	条件式 (JK1) $ fF /fM=1.135$						
[2867]	条件式 (JK2) $(-fXn)/fM=0.608$						
[2868]	条件式 (JK3) $dAB/ fF =0.353$						
[2869]	条件式 (JK4) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.080$						
[2870]	条件式 (JK5) $vdp=67.02$						
[2871]	条件式 (JL1) $ (rB+rA)/(rB-rA) =3.940$						
[2872]	条件式 (JL2) $ fF /fM=1.135$						
[2873]	条件式 (JL3) $dAB/ fF =0.353$						
[2874]	条件式 (JL4) $(-fXn)/fM=0.608$						
[2875]	条件式 (JL5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.080$						
[2876]	条件式 (JL6) $vdp=67.02$						
[2877]	条件式 (JM1) $dV/ fV =0.047$						
[2878]	条件式 (JM2) $ fF /fM=1.135$						
[2879]	条件式 (JM3) $dAB/ fF =0.353$						
[2880]	条件式 (JM4) $(-fXn)/fM=0.608$						
[2881]	条件式 (JM5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.080$						
[2882]	条件式 (JM6) $vdp=67.02$						
[2883]	条件式 (JN1) $ fF /fM=1.135$						
[2884]	条件式 (JN2) $dV/ fV =0.047$						
[2885]	条件式 (JN3) $dAB/ fF =0.353$						
[2886]	条件式 (JN4) $(-fXn)/fM=0.608$						
[2887]	条件式 (JN5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.080$						
[2888]	条件式 (JN6) $vdp=67.02$						

[2889] 从表23可知,本实施例的变倍光学系统ZL23满足条件式(JK1)~(JK5)、(JL1)~(JL6)、(JM1)~(JM6)及(JN1)~(JN6)。

[2890] 图109是第23实施例的变倍光学系统ZL23的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图110是第23实施例的变倍光学系统ZL23的近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图111是第23实施例的变倍光学系统ZL23的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的彗差图, (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。

[2891] 通过图109~图111所示的各像差图可知,关于第23实施例的变倍光学系统ZL23,从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[2892] (第24实施例)

[2893] 使用图112~图115以及表24对第24实施例进行说明。如图112所示,第24实施例的变倍光学系统ZLII(ZL24)由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3及具有负的光焦度的第4透镜组G4构成。

[2894] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的将凹面朝向像侧的平凹透镜L11与双凸透镜L12接合而成的接合透镜及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13构成。

[2895] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L21、双凹透镜L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24构成。双凹透镜L22是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2896] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的物体侧组GA和具有正的光焦度的像侧组GB构成。物体侧组GA由从物体侧依次排列的双凸透镜L31、孔径光阑S、双凸透镜L32及凹面朝向像侧的负弯月形透镜L33构成。像侧组GB由将从物体侧依次排列的双凸透镜L34与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L35接合而成的接合透镜构成。双凸透镜L31是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。双凸透镜L34是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2897] 第4透镜组G4由从物体侧依次排列的将双凸透镜L41与双凹透镜L42接合而成的接合透镜、双凸透镜L43及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L44构成。

[2898] 使第1透镜组G1、第2透镜组G2、第3透镜组G3及第4透镜组G4分别向物体侧移动,使得第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的空气间隔增加,第2透镜组G2与第3透镜组G3之间的空气间隔减少,第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的空气间隔减少,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[2899] 使构成第3透镜组G3的像侧组GB(=对焦透镜组GF)向物体侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[2900] 在产生像抖动时,使将构成第4透镜组G4的双凸透镜L41与双凹透镜L42接合而成的接合透镜作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。在第24实施例中,在广角端状态下,在校正角度0.664度

时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.508mm。在中间焦距状态下,在校正角度0.469度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.445mm。在远焦端状态下,在校正角度0.401度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.457mm。

[2901] 在下述的表24中示出第24实施例中的各参数的值。表24中的面编号1~30与图112所示的m1~m30的各光学面对应。

[2902] (表24)

[2903] [透镜参数]

	面编号	R	D	vd	nd
	物面	∞			
	1	∞	2.00	22.74	1.80809
	2	145.2414	5.36	67.90	1.59319
[2904]	3	-208.7932	0.10		
	4	51.2812	4.29	54.61	1.72916
	5	123.8115	D5(可变)		
	6	53.8612	1.35	35.72	1.90265
	7	15.5357	7.82		
	*8	-31.1374	1.00	51.16	1.75501

	9	101.4389	0.10			
	10	39.7482	4.19	22.74	1.80809	
	11	-43.3059	2.15			
	12	-21.9691	1.20	58.12	1.62299	
	13	-56.9086	D13(可变)			
	*14	213.8825	1.79	51.16	1.75501	
	*15	-72.7193	1.00			
	16	∞	3.98	(孔径光阑)		
	17	97.9971	6.38	82.57	1.49782	
	18	-18.5448	0.10			
	19	94.3665	1.00	37.18	1.83400	
[2905]	20	26.1587	D20(可变)			
	*21	30.3808	6.11	67.02	1.59201	
	22	-21.3812	1.60	23.80	1.84666	
	23	-42.2061	D23(可变)			
	24	141.2342	3.02	22.74	1.80809	
	25	-55.9270	1.00	42.73	1.83481	
	26	35.7911	2.00			
	*27	48.1163	5.74	81.56	1.49710	
	28	-42.2113	7.39			
	29	-15.9575	1.30	50.67	1.67790	
	30	-48.0365	D30(可变)			
	像面	∞				
[2906]	[非球面数据]					
	面编号	κ	A4	A6	A8	A10
	第 8 面	0.00	3.84120E-06	-6.26512E-09	3.47226E-11	3.83750E-13
[2907]	第 14 面	0.00	-4.20763E-05	2.15227E-08	-1.41711E-09	0.00000E+00
	第 15 面	0.00	-1.39681E-06	5.82933E-08	-5.07924E-10	1.00000E-17
	第 21 面	0.00	-8.84366E-07	3.28772E-08	-5.31778E-11	0.00000E+00
[2908]	第 27 面	0.00	1.93046E-05	-6.37415E-09	1.44751E-10	0.00000E+00
[2909]	[各种数据]					

[2910] 变倍比 2.75

	广角端		中间		远焦端
f	24.7	~	49.5	~	67.9
FNO	2.9	~	4.0	~	4.1

[2911]	2 ω	82.4	~	47.1	~	34.7
	Y	19.1	~	21.6	~	21.6
	TL(空气)	108.8	~	127.9	~	142.1
	BF(空气)	14.9	~	30.6	~	36.3

[2912] [可变间隔数据]

无限远对焦时				近距离对焦时		
	广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
f	24.7	49.5	67.9	24.7	49.5	67.9
[2913]	D5	1.10	14.75	26.43		
	D13	12.16	3.25	1.10		
	D20	3.76	3.76	3.76	2.98	1.76
	D23	4.96	3.57	2.50	5.73	5.57
	D30	14.90	30.58	36.31		

[2914] [透镜组数据]

	组初面	组焦距
第 1 透镜组	1	100.26
[2915] 第 2 透镜组	6	-18.73
第 3 透镜组	14	24.21
第 4 透镜组	24	-43.18

[2916] [条件式对应值]

[2917] 条件式 (JK1) $|fF|/fM=1.537$ [2918] 条件式 (JK2) $(-fXn)/fM=0.774$ [2919] 条件式 (JK3) $dAB/|fF|=0.101$ [2920] 条件式 (JK4) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.080$ [2921] 条件式 (JK5) $vdp=67.02$ [2922] 条件式 (JL1) $|(rB+rA)/(rB-rA)|=13.391$ [2923] 条件式 (JL2) $|fF|/fM=1.537$ [2924] 条件式 (JL3) $dAB/|fF|=0.101$ [2925] 条件式 (JL4) $(-fXn)/fM=0.774$

[2926] 条件式(JL5) $\text{ndp}+0.0075 \times \text{vdp}-2.175=-0.080$

[2927] 条件式(JL6) $\text{vdp}=67.02$

[2928] 条件式(JM1) $\text{dV}/|\text{fV}|=0.036$

[2929] 条件式(JM2) $|\text{fF}|/\text{fM}=1.537$

[2930] 条件式(JM3) $\text{dAB}/|\text{fF}|=0.101$

[2931] 条件式(JM4) $(-\text{fXn})/\text{fM}=0.774$

[2932] 条件式(JM5) $\text{ndp}+0.0075 \times \text{vdp}-2.175=-0.080$

[2933] 条件式(JM6) $\text{vdp}=67.02$

[2934] 从表24可知,本实施例的变倍光学系统ZL24满足条件式(JK1)~(JK5)、(JL1)~(JL6)及(JM1)~(JM6)。

[2935] 图113是第24实施例的变倍光学系统ZL24的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图114是第24实施例的变倍光学系统ZL24的近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图115是第24实施例的变倍光学系统ZL24的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的彗差图, (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。

[2936] 通过图113~图115所示的各像差图可知,关于第24实施例的变倍光学系统ZL24,从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[2937] (第25实施例)

[2938] 使用图116~图119以及表25对第25实施例进行说明。如图116所示,第25实施例的变倍光学系统ZLII(ZL25)由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有负的光焦度的第4透镜组G4及具有正的光焦度的第5透镜组G5构成。

[2939] 第1透镜组G1由将从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L12接合而成的接合透镜构成。

[2940] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的双凹透镜L21、双凹透镜L22及双凸透镜L23构成。双凹透镜L22是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2941] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的物体侧组GA和具有正的光焦度的像侧组GB构成。物体侧组GA由从物体侧依次排列的凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L31、孔径光阑S、将双凸透镜L32与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L33接合而成的接合透镜及凸面朝向像侧的正弯月形透镜L34构成。像侧组GB由凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L35构成。正弯月形透镜L34是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2942] 第4透镜组G4由凹面朝向像侧的负弯月形透镜L41构成。负弯月形透镜L41是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2943] 第5透镜组G5由凸面朝向物体侧的平凸透镜L51构成。

[2944] 使第1透镜组G1向物体侧移动,使第2透镜组G2暂时向像面侧移动然后向物体侧移动,使第3透镜组G3和第4透镜组G4分别向物体侧移动,使第5透镜组G5暂时向物体侧移动然

后向像面侧移动,使得第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的空气间隔增加,第2透镜组G2与第3透镜组G3之间的空气间隔减少,第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的空气间隔减少,第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔增加,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[2945] 使构成第3透镜组G3的像侧组GB(=对焦透镜组GF)向物体侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[2946] 在下述的表25中示出第25实施例中的各参数的值。表25中的面编号1~23与图116所示的m1~m23的各光学面对应。

[2947] (表25)

[2948] [透镜参数]

	面编号	R	D	vd	nd
	物面	∞			
[2949]	1	36.6683	1.48	23.78	1.84666
	2	26.2009	5.77	52.33	1.75500
	3	361.1070	D3(可变)		
	4	-988.0287	1.00	35.25	1.91082
	5	12.7389	5.67		
	*6	-91.2065	1.10	40.10	1.85135

	7	42.5712	0.55		
	8	29.0506	2.84	20.88	1.92286
	9	-105.9692	D9(可变)		
	10	19.3382	1.70	63.34	1.61800
	11	42.9857	1.80		
	12	∞	1.50	(孔径光阑)	
	13	34.2676	3.37	70.32	1.48749
	14	-14.1924	1.00	25.45	1.80518
	15	-36.1986	0.98		
[2950]	*16	-17.6970	2.65	54.61	1.72916
	17	-12.3843	D17(可变)		
	18	20.7895	1.76	55.52	1.69680
	19	122.6193	D19(可变)		
	*20	59.8462	1.00	40.10	1.85135
	*21	12.8981	D21(可变)		
	22	92.0042	3.06	40.98	1.58144
	23	∞	D23(可变)		
	像面	∞			
[2951]	[非球面数据]				
	面编号	κ	A4	A6	A8
					A10
	第 6 面	0.00	5.44650E-06	1.29656E-09	2.84992E-10
[2952]	第 16 面	0.00	-1.22072E-04	1.22532E-07	4.84068E-10
	第 20 面	0.00	1.71663E-04	-5.28544E-06	5.66102E-08
	第 21 面	0.00	1.44420E-04	-5.59342E-06	5.88893E-08
[2953]	[各种数据]				
[2954]	变倍比 2.89				
		广角端	中间	远焦端	
[2955]	f	18.5	~	27.9	~
				53.5	

	FNO	2.9	~	3.4	~	4.3	
	2ω	75.2	~	52.4	~	28.1	
[2956]	Y	13.2	~	14.3	~	14.3	
	TL(空气)	77.7	~	80.0	~	94.4	
	BF(空气)	17.0	~	22.6	~	14.4	
[2957]	[可变间隔数据]						
	无限远对焦时			近距离对焦时			
		广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
	f	18.5	27.9	53.5	18.5	27.9	53.5
	D3	0.80	5.65	14.75			
[2958]	D9	15.54	7.64	0.80			
	D17	1.96	1.96	1.96	1.42	1.06	0.04
	D19	2.99	2.19	1.00	3.52	3.09	2.93
	D21	2.22	2.78	24.28			
	D23	17.01	22.58	14.40			
[2959]	[透镜组数据]						
		组初面		组焦距			
	第 1 透镜组	1		56.37			
	第 2 透镜组	4		-19.13			
[2960]	第 3 透镜组	10		15.30			
	第 4 透镜组	20		-19.50			
	第 5 透镜组	22		158.24			
[2961]	[条件式对应值]						
[2962]	条件式 (JK1) fF /fM=2.331						
[2963]	条件式 (JK2) (-fXn)/fM=1.250						
[2964]	条件式 (JK3) dAB/ fF =0.055						
[2965]	条件式 (JK4) ndp+0.0075×vdp-2.175=-0.062						
[2966]	条件式 (JK5) vdp=55.52						
[2967]	条件式 (JN1) fF /fM=2.331						
[2968]	条件式 (JN3) dAB/ fF =0.055						
[2969]	条件式 (JN4) (-fXn)/fM=1.250						
[2970]	条件式 (JN5) ndp+0.0075×vdp-2.175=-0.062						
[2971]	条件式 (JN6) vdp=55.52						

[2972] 从表25可知,本实施例的变倍光学系统ZL25满足条件式(JK1)~(JK5)、(JN1)、(JN3)~(JN6)。

[2973] 图117是第25实施例的变倍光学系统ZL25的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图118是第25实施例的变倍光学系统ZL25的近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图119是第25实施例的变倍光学系统ZL25的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的彗差图, (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。

[2974] 通过图117~图119所示的各像差图可知,关于第25实施例的变倍光学系统ZL25,从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[2975] (第26实施例)

[2976] 使用图120~图123以及表26对第26实施例进行说明。如图120所示,第26实施例的变倍光学系统ZLII(ZL26)由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有负的光焦度的第4透镜组G4及具有正的光焦度的第5透镜组G5构成。

[2977] 第1透镜组G1由将从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L12接合而成的接合透镜构成。

[2978] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L21、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L22及双凸透镜L23构成。负弯月形透镜L22是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2979] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的物体侧组GA和具有正的光焦度的像侧组GB构成。物体侧组GA由从物体侧依次排列的双凸透镜L31、孔径光阑S、将凸面朝向像侧的正弯月形透镜L32与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L33接合而成的接合透镜及凸面朝向像侧的正弯月形透镜L34构成。像侧组GB由凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L35构成。双凸透镜L31是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。正弯月形透镜L34是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2980] 第4透镜组G4由双凹透镜L41构成。双凹透镜L41是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[2981] 第5透镜组G5由凸面朝向物体侧的平凸透镜L51构成。

[2982] 使第1透镜组G1向物体侧移动,使第2透镜组G2暂时向像面侧移动然后向物体侧移动,使第3透镜组G3、第4透镜组G4及第5透镜组G5分别向物体侧移动,使得第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的空气间隔增加,第2透镜组G2与第3透镜组G3之间的空气间隔减少,第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的空气间隔减少,第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔减少,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[2983] 使构成第3透镜组G3的像侧组GB(=对焦透镜组GF)向物体侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[2984] 在产生像抖动时,使第4透镜组G4作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向

上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。在第26实施例中,在广角端状态下,在校正角度0.664度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.142mm。在中间焦距状态下,在校正角度0.519度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.142mm。在远焦端状态下,在校正角度0.387度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.136mm。

[2985] 在下述的表26中示出第26实施例中的各参数的值。表26中的面编号1~23与图120所示的m1~m23的各光学面对应。

[2986] (表26)

[2987] [透镜参数]

	面编号	R	D	vd	nd
	物面	∞			
[2988]	1	36.5281	1.40	17.98	1.94594
	2	29.1276	5.83	52.33	1.75500
	3	158.4438	D3(可变)		
	4	91.2316	1.00	40.66	1.88300
	5	9.7507	6.11		
	*6	-25.4624	1.10	40.10	1.85135
	*7	-171.2605	0.14		
	8	64.1510	1.87	17.98	1.94594
	9	-60.1639	D9(可变)		
	*10	17.6788	2.18	58.16	1.62263

	11	-71.7572	1.80			
	12	∞	1.50	(孔径光阑)		
	13	-129.8844	5.00	82.57	1.49782	
	14	-13.2317	1.00	28.69	1.79504	
	15	-75.6261	1.33			
	*16	-17.8346	1.81	58.16	1.62263	
[2989]	17	-10.4367	D17(可变)			
	18	15.0659	2.01	82.57	1.49782	
	19	244.7635	D19(可变)			
	*20	-273.7319	1.00	40.10	1.85135	
	*21	13.8657	D21(可变)			
	22	24.2495	2.85	33.72	1.64769	
	23	∞	D23(可变)			
	像面	∞				
[2990]	[非球面数据]					
	面编号	κ	A4	A6	A8	A10
	第 6 面	0.00	-3.45636E-05	-6.64811E-07	2.82299E-09	-7.04101E-11
	第 7 面	0.00	-6.04474E-05	-4.14108E-07	-2.06673E-09	0.00000E+00
[2991]	第 10 面	0.00	-2.20361E-05	-2.04696E-08	-1.19959E-09	0.00000E+00
	第 16 面	0.00	-1.68079E-04	4.19181E-07	-1.19913E-08	6.38223E-11
	第 20 面	0.00	1.19790E-04	-5.17513E-06	8.76145E-08	-6.53217E-10
	第 21 面	0.00	6.19772E-05	-4.74095E-06	8.40067E-08	-6.36691E-10
[2992]	[各种数据]					
[2993]	变倍比 2.94					
		广角端		中间		远焦端
[2994]	f	16.5	~	26.9	~	48.5
	FNO	2.9	~	3.3	~	4.1
	2ω	81.7	~	55.8	~	31.9
	Y	12.5	~	14.1	~	14.3
[2995]	TL(空气)	77.2	~	83.7	~	98.0
	BF(空气)	17.0	~	23.9	~	35.5

[2996] [可变间隔数据]

无限远对焦时				近距离对焦时		
	广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
f	16.5	26.9	48.5	16.5	26.9	48.5
D3	0.80	8.80	18.28			
[2997] D9	13.20	5.98	0.80			
D17	1.95	1.95	1.95	1.50	1.06	0.05
D19	2.29	2.09	1.00	2.74	2.99	2.91
D21	3.99	3.01	2.51			
D23	17.01	23.94	35.52			

[2998] [透镜组数据]

	组初面	组焦距
第 1 透镜组	1	66.25
第 2 透镜组	4	-13.76
[2999] 第 3 透镜组	10	15.90
第 4 透镜组	20	-15.48
第 5 透镜组	22	37.44

[3000] [条件式对应值]

- [3001] 条件式 (JK1) $|fF|/fM=2.022$
- [3002] 条件式 (JK2) $(-fXn)/fM=0.865$
- [3003] 条件式 (JK3) $dAB/|fF|=0.061$
- [3004] 条件式 (JK4) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.058$
- [3005] 条件式 (JK5) $vdP=82.57$
- [3006] 条件式 (JM1) $dV/|fV|=0.162$
- [3007] 条件式 (JM2) $|fF|/fM=2.022$
- [3008] 条件式 (JM3) $dAB/|fF|=0.061$
- [3009] 条件式 (JM4) $(-fXn)/fM=0.865$
- [3010] 条件式 (JM5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.058$
- [3011] 条件式 (JM6) $vdP=82.57$
- [3012] 条件式 (JN1) $|fF|/fM=2.022$
- [3013] 条件式 (JN2) $dV/|fV|=0.162$
- [3014] 条件式 (JN3) $dAB/|fF|=0.061$
- [3015] 条件式 (JN4) $(-fXn)/fM=0.865$
- [3016] 条件式 (JN5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.058$
- [3017] 条件式 (JN6) $vdP=82.57$

[3018] 从表26可知,本实施例的变倍光学系统ZL26满足条件式(JK1)~(JK5)、(JM1)~(JM6)、(JN1)~(JN6)。

[3019] 图121是第26实施例的变倍光学系统ZL26的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图122是第26实施例的变倍光学系统ZL26的近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图123是第26实施例的变倍光学系统ZL26的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的彗差图, (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。

[3020] 通过图121~图123所示的各像差图可知,关于第26实施例的变倍光学系统ZL26,从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[3021] (第27实施例)

[3022] 使用图124~图127以及表27对第27实施例进行说明。如图124所示,第27实施例的变倍光学系统ZLII(ZL27)由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有负的光焦度的第4透镜组G4及具有正的光焦度的第5透镜组G5构成。

[3023] 第1透镜组G1由将从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L12接合而成的接合透镜构成。

[3024] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L21、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L22及双凸透镜L23构成。负弯月形透镜L22是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3025] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的物体侧组GA和具有正的光焦度的像侧组GB构成。物体侧组GA由从物体侧依次排列的凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L31、孔径光阑S、将双凸透镜L32与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L33接合而成的接合透镜、凸面朝向像侧的正弯月形透镜L34及凹面朝向像侧的负弯月形透镜L35构成。像侧组GB由凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L36构成。正弯月形透镜L31是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。正弯月形透镜L34是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3026] 第4透镜组G4由双凹透镜L41构成。双凹透镜L41是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3027] 第5透镜组G5由凸面朝向物体侧的平凸透镜L51构成。

[3028] 使第1透镜组G1向物体侧移动,使第2透镜组G2暂时向像面侧移动然后向物体侧移动,使第3透镜组G3、第4透镜组G4及第5透镜组G5分别向物体侧移动,使得第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的空气间隔增加,第2透镜组G2与第3透镜组G3之间的空气间隔减少,第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的空气间隔减少,第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔暂时减少然后增加,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[3029] 使构成第3透镜组G3的像侧组GB(=对焦透镜组GF)向物体侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[3030] 在产生像抖动时,使第4透镜组G4作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。在第27实施例中,在广角端状态下,在校正角度0.664度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.149mm。在中间焦距状态下,在校正角度0.519度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.153mm。在远焦端状态下,在校正角度0.387度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.142mm。

[3031] 在下述的表27中示出第27实施例中的各参数的值。表27中的面编号1~25与图124所示的m1~m25的各光学面对应。

[3032] (表27)

[3033] [透镜参数]

	面编号	R	D	vd	nd
	物面	∞			
[3034]	1	33.8994	1.40	17.98	1.94594
	2	27.5398	6.01	52.33	1.75500
	3	126.6471	D3(可变)		
	4	92.3727	1.00	40.66	1.88300

	5	9.6821	6.44			
	*6	-23.7193	1.10	40.10	1.85135	
	*7	-83.8988	0.10			
	8	89.2398	1.85	17.98	1.94594	
	9	-53.5878	D9(可变)			
	*10	25.3700	1.50	54.04	1.72903	
	11	230.2228	1.80			
	12	∞	1.50	(孔径光阑)		
	13	30.9780	6.02	70.32	1.48749	
	14	-10.4882	1.00	34.92	1.80100	
[3035]	15	-22.5902	0.93			
	*16	-14.7775	1.52	54.04	1.72903	
	17	-10.5863	0.10			
	18	22.5542	1.00	28.69	1.79504	
	19	13.5152	D19(可变)			
	20	13.1123	2.16	82.57	1.49782	
	21	348.8524	D21(可变)			
	*22	-197.6815	1.00	40.10	1.85135	
	*23	14.3470	D23(可变)			
	24	24.2369	2.60	32.18	1.67270	
	25	∞	D25(可变)			
	像面	∞				
[3036]	[非球面数据]					
	面编号	κ	A4	A6	A8	A10
	第 6 面	0.00	-2.49546E-05	-5.89565E-07	1.60407E-09	-1.06140E-10
	第 7 面	0.00	-5.60606E-05	-3.05064E-07	-5.86297E-09	0.00000E+00
[3037]	第 10 面	0.00	-2.37796E-05	5.72212E-08	-2.69510E-09	0.00000E+00
	第 16 面	0.00	-1.20110E-04	2.92716E-07	-8.67042E-09	2.49045E-11
	第 22 面	0.00	1.11744E-04	-5.34712E-06	1.11410E-07	-9.54835E-10
[3038]	第 23 面	0.00	6.73836E-05	-4.97046E-06	1.05990E-07	-9.01623E-10
[3039]	[各种数据]					

[3040] 变倍比 2.94

	广角端		中间		远焦端
f	16.5	~	26.9	~	48.5
FNO	2.9	~	3.4	~	4.1
[3041] 2 ω	81.7	~	55.8	~	32.3
Y	12.5	~	14.0	~	14.3
TL(空气)	77.6	~	82.5	~	98.0
BF(空气)	17.0	~	22.6	~	34.6

[3042] [可变间隔数据]

无限远对焦时				近距离对焦时		
	广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
f	16.5	26.9	48.5	16.5	26.9	48.5
D3	0.80	8.10	17.74			
[3043] D9	13.14	5.41	0.80			
D19	1.95	1.95	1.95	1.52	1.06	0.03
D21	2.56	2.73	1.00	2.99	3.62	2.92
D23	3.17	2.70	2.85			
D25	17.00	22.63	34.64			

[3044] [透镜组数据]

	组初面	组焦距
第 1 透镜组	1	63.70
第 2 透镜组	4	-13.85
[3045] 第 3 透镜组	10	15.94
第 4 透镜组	22	-15.68
第 5 透镜组	24	36.03

[3046] [条件式对应值]

[3047] 条件式 (JK1) $|fF|/fM=1.713$ [3048] 条件式 (JK2) $(-fXn)/fM=0.869$ [3049] 条件式 (JK3) $dAB/|fF|=0.071$ [3050] 条件式 (JK4) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.058$ [3051] 条件式 (JK5) $vdp=82.57$ [3052] 条件式 (JL1) $|(rB+rA)/(rB-rA)|=66.085$ [3053] 条件式 (JL2) $|fF|/fM=1.713$

[3054] 条件式(JL3) $dAB/|fF|=0.071$

[3055] 条件式(JL4) $(-fXn)/fM=0.869$

[3056] 条件式(JL5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.058$

[3057] 条件式(JL6) $vdp=82.57$

[3058] 条件式(JM1) $dV/|fV|=0.182$

[3059] 条件式(JM2) $|fF|/fM=1.713$

[3060] 条件式(JM3) $dAB/|fF|=0.071$

[3061] 条件式(JM4) $(-fXn)/fM=0.869$

[3062] 条件式(JM5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.058$

[3063] 条件式(JM6) $vdp=82.57$

[3064] 条件式(JN1) $|fF|/fM=1.713$

[3065] 条件式(JN2) $dV/|fV|=0.182$

[3066] 条件式(JN3) $dAB/|fF|=0.071$

[3067] 条件式(JN4) $(-fXn)/fM=0.869$

[3068] 条件式(JN5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.058$

[3069] 条件式(JN6) $vdp=82.57$

[3070] 从表27可知,本实施例的变倍光学系统ZL27满足条件式(JK1)~(JK5)、(JL1)~(JL6)、(JM1)~(JM6)及(JN1)~(JN6)。

[3071] 图125是第27实施例的变倍光学系统ZL27的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图126是第27实施例的变倍光学系统ZL27的近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图127是第27实施例的变倍光学系统ZL27的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的彗差图, (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。

[3072] 通过图125~图127所示的各像差图可知,关于第27实施例的变倍光学系统ZL27,从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[3073] (第28实施例)

[3074] 使用图128~图131以及表28对第28实施例进行说明。如图128所示,第28实施例的变倍光学系统ZLII(ZL28)由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有负的光焦度的第4透镜组G4及具有正的光焦度的第5透镜组G5构成。

[3075] 第1透镜组G1由将从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L12接合而成的接合透镜构成。

[3076] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L21、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L22及双凸透镜L23构成。负弯月形透镜L22是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3077] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的物体侧组GA和具有正的光焦度的像侧组GB构

成。物体侧组GA由从物体侧依次排列的双凸透镜L31、孔径光阑S、将凸面朝向像侧的正弯月形透镜L32与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L33接合而成的接合透镜、凸面朝向像侧的正弯月形透镜L34及凹面朝向像侧的负弯月形透镜L35构成。像侧组GB由双凸透镜L36构成。双凸透镜L31是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。正弯月形透镜L34是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3078] 第4透镜组G4由双凹透镜L41构成。双凹透镜L41是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3079] 第5透镜组G5由凸面朝向物体侧的平凸透镜L51构成。

[3080] 使第1透镜组G1向物体侧移动,使第2透镜组G2暂时向像面侧移动然后向物体侧移动,使第3透镜组G3、第4透镜组G4及第5透镜组G5分别向物体侧移动,使得第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的空气间隔增加,第2透镜组G2与第3透镜组G3之间的空气间隔减少,第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的空气间隔暂时增加然后减少,第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔暂时减少然后增加,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[3081] 使构成第3透镜组G3的像侧组GB(=对焦透镜组GF)向物体侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[3082] 在产生像抖动时,使第4透镜组G4作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。在第28实施例中,在广角端状态下,在校正角度0.664度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.143mm。在中间焦距状态下,在校正角度0.519度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.144mm。在远焦端状态下,在校正角度0.387度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.144mm。

[3083] 在下述的表28中示出第28实施例中的各参数的值。表28中的面编号1~25与图128所示的m1~m25的各光学面对应。

[3084] (表28)

[3085] [透镜参数]

	面编号	R	D	vd	nd
	物面	∞			
	1	37.6690	1.40	17.98	1.94594
	2	30.7768	5.49	52.33	1.75500
	3	153.0002	D3(可变)		
	4	105.2565	1.00	40.66	1.88300
	5	10.1696	7.24		
	*6	-20.8194	1.10	40.10	1.85135
	*7	-52.3791	0.10		
	8	1331.6674	1.74	17.98	1.94594
[3086]	9	-40.6822	D9(可变)		
	*10	23.8959	2.11	54.04	1.72903
	11	-42.1515	1.80		
	12	∞	1.50	(孔径光阑)	
	13	-361.9871	3.86	70.32	1.48749
	14	-8.7743	1.00	34.92	1.80100
	15	-11.3715	0.10		
	*16	-21.9272	0.95	54.04	1.72903
	17	-24.9045	0.10		
	18	21.1771	1.00	28.69	1.79504
	19	9.8802	D19(可变)		
	20	12.1120	2.81	82.57	1.49782
	21	-70.6477	D21(可变)		
	*22	-6109.2098	1.00	40.10	1.85135
[3087]	*23	12.6136	D23(可变)		
	24	23.1959	2.53	32.18	1.67270
	25	∞	D25(可变)		
	像面	∞			
[3088]	[非球面数据]				

	面编号	κ	A4	A6	A8	A10		
	第 6 面	0.00	-4.88185E-05	2.75927E-08	-3.15364E-09	-7.98095E-11		
	第 7 面	0.00	-7.62891E-05	2.27328E-07	-8.08982E-09	0.00000E+00		
[3089]	第 10 面	0.00	-7.94822E-05	-3.39871E-08	-6.07178E-09	0.00000E+00		
	第 16 面	0.00	-3.91116E-05	3.34980E-07	-1.57304E-09	1.71741E-11		
	第 22 面	0.00	7.48094E-05	-2.63577E-06	6.19261E-08	-5.37903E-10		
	第 23 面	0.00	3.43492E-05	-2.41206E-06	5.49617E-08	-3.93573E-10		
[3090]	[各种数据]							
[3091]	变倍比 2.94							
			广角端	中间	远焦端			
	f		16.5	~ 27.0	~ 48.5			
	FNO		2.9	~ 3.4	~ 4.1			
[3092]	2 ω		81.7	~ 55.7	~ 32.5			
	Y		12.5	~ 13.9	~ 14.3			
	TL(空气)		77.7	~ 82.5	~ 98.0			
	BF(空气)		17.0	~ 22.9	~ 31.9			
[3093]	[可变间隔数据]							
			无限远对焦时			近距离对焦时		
[3094]			广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
	f		16.5	27.0	48.5	16.5	27.0	48.5
	D3		0.80	7.52	18.90			
	D9		14.16	5.88	0.80			
[3095]	D19		5.41	5.41	5.41	5.02	4.62	3.60
	D21		0.87	1.48	1.00	1.27	2.27	2.82
	D23		2.64	2.49	3.14			
	D25		17.00	22.88	31.90			
[3096]	[透镜组数据]							

		组初面	组焦距
	第 1 透镜组	1	69.12
[3097]	第 2 透镜组	4	-13.69
	第 3 透镜组	10	17.00
	第 4 透镜组	22	-14.78
	第 5 透镜组	24	34.48
[3098]	[条件式对应值]		
[3099]	条件式 (JK1)	$ fF /fM=1.416$	
[3100]	条件式 (JK2)	$(-fXn)/fM=0.923$	
[3101]	条件式 (JK3)	$dAB/ fF =0.258$	
[3102]	条件式 (JK4)	$ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.058$	
[3103]	条件式 (JK5)	$vdp=82.57$	
[3104]	条件式 (JL1)	$ (rB+rA)/(rB-rA) =9.854$	
[3105]	条件式 (JL2)	$ fF /fM=1.416$	
[3106]	条件式 (JL3)	$dAB/ fF =0.258$	
[3107]	条件式 (JL4)	$(-fXn)/fM=0.923$	
[3108]	条件式 (JL5)	$ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.058$	
[3109]	条件式 (JL6)	$vdp=82.57$	
[3110]	条件式 (JM1)	$dV/ fV =0.212$	
[3111]	条件式 (JM2)	$ fF /fM=1.416$	
[3112]	条件式 (JM3)	$dAB/ fF =0.258$	
[3113]	条件式 (JM4)	$(-fXn)/fM=0.923$	
[3114]	条件式 (JM5)	$ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.058$	
[3115]	条件式 (JM6)	$vdp=82.57$	
[3116]	条件式 (JN1)	$ fF /fM=1.416$	
[3117]	条件式 (JN2)	$dV/ fV =0.212$	
[3118]	条件式 (JN3)	$dAB/ fF =0.258$	
[3119]	条件式 (JN4)	$(-fXn)/fM=0.923$	
[3120]	条件式 (JN5)	$ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.058$	
[3121]	条件式 (JN6)	$vdp=82.57$	
[3122]	从表28可知,本实施例的变倍光学系统ZL28满足条件式 (JK1) ~ (JK5)、(JL1) ~ (JL6)、(JM1) ~ (JM6) 及 (JN1) ~ (JN6)。		
[3123]	图129是第28实施例的变倍光学系统ZL28的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。图130是第28实施例的变倍光学系统ZL28的近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。图131是第28实施例的变倍光学系统ZL28的进行了		

无限远对焦时的像抖动校正时的彗差图, (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。

[3124] 通过图129~图131所示的各像差图可知, 关于第28实施例的变倍光学系统ZL28, 从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到近距离对焦状态良好地对各像差进行校正, 具有良好的光学性能。另外, 可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[3125] (第29实施例)

[3126] 使用图132~图135以及表29对第29实施例进行说明。如图132所示, 第29实施例的变倍光学系统ZLII (ZL29) 由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有负的光焦度的第4透镜组G4及具有正的光焦度的第5透镜组G5构成。

[3127] 第1透镜组G1由将从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L12接合而成的接合透镜构成。

[3128] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L21、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L22及双凸透镜L23构成。负弯月形透镜L22是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3129] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的物体侧组GA和具有正的光焦度的像侧组GB构成。物体侧组GA由从物体侧依次排列的凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L31、孔径光阑S、将双凸透镜L32与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L33接合而成的接合透镜、双凹透镜L34及凹面朝向像侧的负弯月形透镜L35构成。像侧组GB由双凸透镜L36构成。正弯月形透镜L31是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。双凹透镜L34是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3130] 第4透镜组G4由双凹透镜L41构成。双凹透镜L41是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3131] 第5透镜组G5由凸面朝向物体侧的平凸透镜L51构成。

[3132] 使第1透镜组G1向物体侧移动, 使第2透镜组G2暂时向像面侧移动然后向物体侧移动, 使第3透镜组G3、第4透镜组G4及第5透镜组G5分别向物体侧移动, 使得第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的空气间隔增加, 第2透镜组G2与第3透镜组G3之间的空气间隔减少, 第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的空气间隔暂时增加然后减少, 第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔暂时减少然后增加, 从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[3133] 使构成第3透镜组G3的像侧组GB (= 对焦透镜组GF) 向物体侧移动, 从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[3134] 在产生像抖动时, 使第4透镜组G4作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动, 从而进行像面I上的像抖动校正 (防抖)。在第29实施例中, 在广角端状态下, 在校正角度0.664度时, 防抖透镜组VR的偏移量为-0.119mm。在中间焦距状态下, 在校正角度0.520度时, 防抖透镜组VR的偏移量为-0.117mm。在远焦端状态下, 在校正角度0.387度时, 防抖透镜组VR的偏移量为-0.120mm。

[3135] 在下述的表29中示出第29实施例中的各参数的值。表29中的面编号1~25与图132所示的m1~m25的各光学面对应。

[3136] (表29)

[3137] [透镜参数]

	面编号	R	D	vd	nd
	物面	∞			
[3138]	1	35.9311	1.40	17.98	1.94594
	2	29.3530	5.87	52.33	1.75500
	3	144.9525	D3(可变)		
	4	90.5280	1.00	40.66	1.88300
	5	9.9424	6.38		
	*6	-24.8978	1.10	40.10	1.85135
	*7	-109.2593	0.10		
	8	72.2923	1.85	17.98	1.94594
	9	-64.1394	D9(可变)		
	*10	22.0322	1.46	54.04	1.72903
	11	78.6588	1.80		
	12	∞	1.50	(孔径光阑)	
	13	39.3804	7.28	70.32	1.48749
	14	-8.3594	1.00	34.92	1.80100
[3139]	15	-10.9912	0.10		
	*16	-1463.0009	0.90	54.04	1.72903
	17	399.2118	0.10		
	18	29.7363	1.00	28.69	1.79504
	19	14.1659	D19(可变)		
	20	12.0460	2.69	67.90	1.59319
	21	-161.5248	D21(可变)		
	*22	-112.0734	1.00	40.10	1.85135
	*23	12.0674	D23(可变)		
	24	25.4959	2.47	32.18	1.67270
	25	∞	D25(可变)		
	像面	∞			

[3140] [非球面数据]

	面编号	κ	A4	A6	A8	A10	
	第 6 面	0.00	-4.90680E-05	-2.96114E-07	1.23159E-09	-1.00914E-10	
[3141]	第 7 面	0.00	-7.33376E-05	-3.11275E-09	-6.22074E-09	0.00000E+00	
	第 10 面	0.00	-4.70151E-05	-2.47124E-08	-8.76074E-09	0.00000E+00	
	第 16 面	0.00	-1.00072E-04	-6.68495E-08	-6.27648E-11	1.61473E-12	
	第 22 面	0.00	9.60313E-05	-3.64209E-06	6.01110E-08	-4.07929E-10	
[3142]	第 23 面	0.00	2.02167E-05	-3.49227E-06	6.09640E-08	-3.91518E-10	
[3143]	[各种数据]						
[3144]	变倍比 2.94						
		广角端		中间	远焦端		
	f	16.5	~	26.9	~	48.5	
	FNO	2.9	~	3.5	~	4.1	
[3145]	2 ω	81.7	~	55.9	~	32.5	
	Y	12.5	~	13.9	~	14.3	
	TL(空气)	77.1	~	80.8	~	98.0	
	BF(空气)	16.7	~	24.1	~	32.9	
[3146]	[可变间隔数据]						
		无限远对焦时			近距离对焦时		
		广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
	f	16.5	26.9	48.5	16.5	26.9	48.5
	D3	0.80	5.95	18.25			
[3147]	D9	13.15	4.94	0.80			
	D19	1.82	1.82	1.82	1.54	1.29	0.61
	D21	1.65	1.75	1.00	1.93	2.28	2.21
	D23	3.73	3.21	4.27			
	D25	17.00	24.11	32.86			
[3148]	[透镜组数据]						

		组初面	组焦距
	第 1 透镜组	1	65.87
[3149]	第 2 透镜组	4	-13.88
	第 3 透镜组	10	14.23
	第 4 透镜组	22	-12.75
	第 5 透镜组	24	37.90
[3150]	[条件式对应值]		
[3151]	条件式 (JK1)	$ fF /fM=1.336$	
[3152]	条件式 (JK2)	$(-fXn)/fM=0.976$	
[3153]	条件式 (JK3)	$dAB/ fF =0.096$	
[3154]	条件式 (JK4)	$ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.073$	
[3155]	条件式 (JK5)	$vdp=67.90$	
[3156]	条件式 (JL1)	$ (rB+rA)/(rB-rA) =12.364$	
[3157]	条件式 (JL2)	$ fF /fM=1.336$	
[3158]	条件式 (JL3)	$dAB/ fF =0.096$	
[3159]	条件式 (JL4)	$(-fXn)/fM=0.976$	
[3160]	条件式 (JL5)	$ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.073$	
[3161]	条件式 (JL6)	$vdp=67.90$	
[3162]	条件式 (JM1)	$dV/ fV =0.335$	
[3163]	条件式 (JM2)	$ fF /fM=1.336$	
[3164]	条件式 (JM3)	$dAB/ fF =0.096$	
[3165]	条件式 (JM4)	$(-fXn)/fM=0.976$	
[3166]	条件式 (JM5)	$ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.073$	
[3167]	条件式 (JM6)	$vdp=67.90$	
[3168]	条件式 (JN1)	$ fF /fM=1.336$	
[3169]	条件式 (JN2)	$dV/ fV =0.335$	
[3170]	条件式 (JN3)	$dAB/ fF =0.096$	
[3171]	条件式 (JN4)	$(-fXn)/fM=0.976$	
[3172]	条件式 (JN5)	$ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.073$	
[3173]	条件式 (JN6)	$vdp=67.90$	

[3174] 从表29可知,本实施例的变倍光学系统ZL29满足条件式(JK1)~(JK5)、(JL1)~(JL6)、(JM1)~(JM6)及(JN1)~(JN6)。

[3175] 图133是第29实施例的变倍光学系统ZL29的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图134是第29实施例的变倍光学系统ZL29的近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图135是第29实施例的变倍光学系统ZL29的进行了

无限远对焦时的像抖动校正时的彗差图, (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。

[3176] 通过图133~图135所示的各像差图可知, 关于第29实施例的变倍光学系统ZL29, 从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到近距离对焦状态良好地对各像差进行校正, 具有良好的光学性能。另外, 可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[3177] (第30实施例)

[3178] 使用图136~图139以及表30对第30实施例进行说明。如图136所示, 第30实施例的变倍光学系统ZLII (ZL30) 由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有负的光焦度的第4透镜组G4及具有正的光焦度的第5透镜组G5构成。

[3179] 第1透镜组G1由将从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L12接合而成的接合透镜构成。

[3180] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L21、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L22及双凸透镜L23构成。负弯月形透镜L22是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3181] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的物体侧组GA和具有正的光焦度的像侧组GB构成。物体侧组GA由从物体侧依次排列的凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L31、孔径光阑S、将双凸透镜L32与双凹透镜L33接合而成的接合透镜及凸面朝向像侧的正弯月形透镜L34构成。像侧组GB由凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L35构成。正弯月形透镜L31是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。正弯月形透镜L34是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3182] 第4透镜组G4由双凹透镜L41构成。双凹透镜L41是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3183] 第5透镜组G5由凸面朝向物体侧的平凸透镜L51构成。

[3184] 使第1透镜组G1向物体侧移动, 使第2透镜组G2暂时向像面侧移动然后向物体侧移动, 使第3透镜组G3、第4透镜组G4及第5透镜组G5分别向物体侧移动, 使得第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的空气间隔增加, 第2透镜组G2与第3透镜组G3之间的空气间隔减少, 第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的空气间隔暂时增加然后减少, 第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔暂时减少然后增加, 从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[3185] 使构成第3透镜组G3的像侧组GB (= 对焦透镜组GF) 向物体侧移动, 从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[3186] 在产生像抖动时, 使第4透镜组G4作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动, 从而进行像面I上的像抖动校正 (防抖)。在第30实施例中, 在广角端状态下, 在校正角度0.664度时, 防抖透镜组VR的偏移量为-0.149mm。在中间焦距状态下, 在校正角度0.472度时, 防抖透镜组VR的偏移量为-0.148mm。在远焦端状态下, 在校正角度0.369度时, 防抖透镜组VR的偏移量为-0.138mm。

[3187] 在下述的表30中示出第30实施例中的各参数的值。表30中的面编号1~23与图136所示的m1~m23的各光学面对应。

[3188] (表30)

[3189] [透镜参数]

面编号	R	D	vd	nd
物面	∞			
1	39.2657	1.40	17.98	1.94594
2	32.0347	5.41	54.61	1.72916
3	212.2782	D3(可变)		
4	98.5206	1.00	40.66	1.88300
5	10.2718	5.76		
*6	-28.7616	1.10	40.10	1.85135
*7	-227.7422	0.10		
8	43.7706	1.81	17.98	1.94594

[3190]	9	-144.7057	D9(可变)	
	*10	18.8952	1.81	40.10
	11	174.2175	1.80	
	12	∞	1.50	(孔径光阑)
	13	37.6452	4.77	82.57
	14	-12.1742	1.00	28.69
	15	109.6975	1.86	
	*16	-23.7259	2.77	61.25
	17	-10.9579	D17(可变)	
	18	14.9105	1.96	82.57
	19	126.8885	D19(可变)	
	*20	-104.1893	1.00	40.10
	*21	14.8854	D21(可变)	

[3191]	22	25.1236	2.47	27.57
	23	∞	D23(可变)	
	像面	∞		

[3192] [非球面数据]

	面编号	κ	A4	A6	A8	A10	
	第 6 面	0.00	-4.72972E-05	-5.73102E-07	2.68294E-09	-3.91891E-11	
	第 7 面	0.00	-6.48435E-05	-3.58350E-07	-2.56642E-10	0.00000E+00	
[3193]	第 10 面	0.00	-3.56816E-06	2.00247E-08	4.46645E-10	0.00000E+00	
	第 16 面	0.00	-1.64136E-04	3.66711E-07	-1.61799E-08	1.14197E-10	
	第 20 面	0.00	8.65735E-05	-3.88224E-06	7.16573E-08	-5.59042E-10	
	第 21 面	0.00	4.14922E-05	-3.47282E-06	6.38155E-08	-4.78441E-10	
[3194]	[各种数据]						
[3195]	变倍比 3.24						
			广角端	中间	远焦端		
	f		16.5	~	32.6	~ 53.4	
	FNO		2.9	~	3.5	~ 4.1	
[3196]	2 ω		81.7	~	46.9	~ 29.1	
	Y		12.4	~	14.3	~ 14.3	
	TL(空气)		76.5	~	85.0	~ 102.0	
	BF(空气)		17.0	~	25.9	~ 37.1	
[3197]	[可变间隔数据]						
			无限远对焦时			近距离对焦时	
			广角端	中间	远焦端	广角端	中间 远焦端
[3198]	f		16.5	32.6	53.4	16.5	32.6 53.4
	D3		0.80	10.93	21.12		
	D9		13.98	3.53	0.80		
	D17		2.10	2.10	2.10	1.58	0.78 0.06
[3199]	D19		2.56	2.94	1.00	3.08	4.26 3.04
	D21		2.54	2.07	2.41		
	D23		17.00	25.92	37.06		
[3200]	[透镜组数据]						

		组初面	组焦距
[3201]	第 1 透镜组	1	70.16
	第 2 透镜组	4	-14.24
	第 3 透镜组	10	16.74
	第 4 透镜组	20	-15.24
	第 5 透镜组	22	33.27

[3202] [条件式对应值]

[3203] 条件式 (JK1) $|fF|/fM=2.016$

[3204] 条件式 (JK2) $(-fXn)/fM=0.850$

[3205] 条件式 (JK3) $dAB/|fF|=0.062$

[3206] 条件式 (JK4) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.058$

[3207] 条件式 (JK5) $vdp=82.57$

[3208] 条件式 (JM1) $dV/|fV|=0.158$

[3209] 条件式 (JM2) $|fF|/fM=2.016$

[3210] 条件式 (JM3) $dAB/|fF|=0.062$

[3211] 条件式 (JM4) $(-fXn)/fM=0.850$

[3212] 条件式 (JM5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.058$

[3213] 条件式 (JM6) $vdp=82.57$

[3214] 条件式 (JN1) $|fF|/fM=2.016$

[3215] 条件式 (JN2) $dV/|fV|=0.158$

[3216] 条件式 (JN3) $dAB/|fF|=0.062$

[3217] 条件式 (JN4) $(-fXn)/fM=0.850$

[3218] 条件式 (JN5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.058$

[3219] 条件式 (JN6) $vdp=82.57$

[3220] 从表30可知,本实施例的变倍光学系统ZL30满足条件式 (JK1) ~ (JK5)、(JM1) ~ (JM6) 及 (JN1) ~ (JN6)。

[3221] 图137是第30实施例的变倍光学系统ZL30的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。图138是第30实施例的变倍光学系统ZL30的近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。图139是第30实施例的变倍光学系统ZL30的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的彗差图, (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。

[3222] 通过图137~图139所示的各像差图可知,关于第30实施例的变倍光学系统ZL30,从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[3223] (第31实施例)

[3224] 使用图140～图143以及表31对第31实施例进行说明。如图140所示,第31实施例的变倍光学系统ZLII(ZL31)由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3及具有负的光焦度的第4透镜组G4构成。

[3225] 第1透镜组G1由将从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L12接合而成的接合透镜构成。

[3226] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L21、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L22及双凸透镜L23构成。负弯月形透镜L22是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3227] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的物体侧组GA和具有正的光焦度的像侧组GB构成。物体侧组GA由从物体侧依次排列的凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L31、孔径光阑S、将双凸透镜L32与双凹透镜L33接合而成的接合透镜及凸面朝向像侧的正弯月形透镜L34构成。像侧组GB由凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L35构成。正弯月形透镜L31是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。正弯月形透镜L34是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3228] 第4透镜组G4由从物体侧依次排列的双凹透镜L41及凸面朝向物体侧的平凸透镜L42构成。双凹透镜L41是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3229] 使第1透镜组G1向物体侧移动,使第2透镜组G2暂时向像面侧移动然后向物体侧移动,使第3透镜组G3和第4透镜组G4分别向物体侧移动,使得第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的空气间隔增加,第2透镜组G2与第3透镜组G3之间的空气间隔减少,第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的空气间隔暂时增加然后减少,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[3230] 使构成第3透镜组G3的像侧组GB(=对焦透镜组GF)向物体侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[3231] 在产生像抖动时,使构成第4透镜组G4的双凹透镜L41作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。在第31实施例中,在广角端状态下,在校正角度0.664度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.157mm。在中间焦距状态下,校正角度0.472度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.162mm。在远焦端状态下,校正角度0.369度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.146mm。

[3232] 在下述的表31中示出第31实施例中的各参数的值。表31中的面编号1～23与图140所示的m1～m23的各光学面对应。

[3233] (表31)

[3234] [透镜参数]

	面编号	R	D	vd	nd
	物面	∞			
	1	37.2595	1.40	17.98	1.94594
	2	30.3215	5.43	54.61	1.72916
	3	191.3214	D3(可变)		
	4	134.9736	1.00	40.66	1.88300
	5	10.2676	5.70		
[3235]	*6	-32.2878	1.10	40.10	1.85135
	*7	-249.3634	0.10		
	8	43.7941	1.80	17.98	1.94594
	9	-160.6246	D9(可变)		
	*10	18.8735	1.78	40.10	1.85135
	11	132.0272	1.80		
	12	∞	1.50	(孔径光阑)	
	13	32.7740	4.92	82.57	1.49782
	14	-12.5016	1.00	28.69	1.79504
	15	92.7101	1.79		
	*16	-22.1018	2.82	61.25	1.58913
	17	-10.8359	D17(可变)		
	18	15.4516	1.92	82.57	1.49782
	19	126.0321	D19(可变)		
[3236]	*20	-104.9496	1.00	40.10	1.85135
	*21	15.5828	2.05		
	22	25.3403	2.30	27.57	1.75520
	23	∞	D23(可变)		
	像面	∞			
[3237]	[非球面数据]				

	面编号	κ	A4	A6	A8	A10		
	第 6 面	0.00	-4.17899E-05	-4.91408E-07	1.22049E-09	-4.60622E-11		
	第 7 面	0.00	-6.39202E-05	-3.13505E-07	-2.48667E-09	0.00000E+00		
[3238]	第 10 面	0.00	-3.22843E-06	3.45613E-08	1.52095E-10	0.00000E+00		
	第 16 面	0.00	-1.67711E-04	3.82028E-07	-1.87748E-08	1.37248E-10		
	第 20 面	0.00	8.68143E-05	-3.88707E-06	6.90451E-08	-5.08312E-10		
	第 21 面	0.00	4.57778E-05	-3.40999E-06	5.93726E-08	-4.04483E-10		
[3239]	[各种数据]							
[3240]	变倍比 3.24							
			广角端	中间	远焦端			
	f		16.5	~ 32.5	~	53.4		
	FNO		2.9	~ 3.5	~	4.3		
[3241]	2 ω		81.7	~ 47.0	~	29.1		
	Y		12.4	~ 14.3	~	14.3		
	TL(空气)		93.4	~ 110.9	~	137.4		
	BF(空气)		17.0	~ 24.4	~	36.3		
[3242]	[可变间隔数据]							
			无限远对焦时			近距离对焦时		
			广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
	f		16.5	32.5	53.4	16.5	32.5	53.4
[3243]	D3		0.80	11.80	20.57			
	D9		14.21	3.89	0.80			
	D17		2.21	2.21	2.21	1.65	0.73	0.50
	D19		2.80	3.25	1.00	3.36	4.73	2.71
	D23		17.00	24.44	36.31			
[3244]	[透镜组数据]							
			组初面	组焦距				
	第 1 透镜组		1	67.35				
[3245]	第 2 透镜组		4	-14.35				
	第 3 透镜组		10	17.12				
	第 4 透镜组		20	-34.24				

[3246] [条件式对应值]

[3247] 条件式 (JK1) $|fF|/fM=2.055$

[3248] 条件式 (JK2) $(-fXn)/fM=0.838$

[3249] 条件式 (JK3) $dAB/|fF|=0.063$

[3250] 条件式 (JK4) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.058$

[3251] 条件式 (JK5) $vdp=82.57$

[3252] 条件式 (JM1) $dV/|fV|=0.129$

[3253] 条件式 (JM2) $|fF|/fM=2.055$

[3254] 条件式 (JM3) $dAB/|fF|=0.063$

[3255] 条件式 (JM4) $(-fXn)/fM=0.838$

[3256] 条件式 (JM5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.058$

[3257] 条件式 (JM6) $vdp=82.57$

[3258] 从表31可知,本实施例的变倍光学系统ZL31满足条件式 (JK1) ~ (JK5) 和 (JM1) ~ (JM6)。

[3259] 图141是第31实施例的变倍光学系统ZL31的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。图142是第31实施例的变倍光学系统ZL31的近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。图143是第31实施例的变倍光学系统ZL31的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的彗差图, (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。

[3260] 通过图141~图143所示的各像差图可知,关于第31实施例的变倍光学系统ZL31,从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[3261] (第32实施例)

[3262] 使用图144~图147以及表32对第32实施例进行说明。如图144所示,第32实施例的变倍光学系统ZLII (ZL32) 由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有负的光焦度的第4透镜组G4及具有正的光焦度的第5透镜组G5构成。

[3263] 第1透镜组G1由将从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L12接合而成的接合透镜构成。

[3264] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L21、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L22及双凸透镜L23构成。负弯月形透镜L22是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3265] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的物体侧组GA和具有正的光焦度的像侧组GB构成。物体侧组GA由从物体侧依次排列的双凸透镜L31、孔径光阑S、将双凸透镜L32与双凹透镜L33接合而成的接合透镜及凸面朝向像侧的正弯月形透镜L34构成。像侧组GB由凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L35构成。双凸透镜L31是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。正弯月形透镜L34是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃

模铸非球面透镜。

[3266] 第4透镜组G4由双凹透镜L41构成。双凹透镜L41是使像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3267] 第5透镜组G5由凸面朝向物体侧的平凸透镜L51构成。

[3268] 使第1透镜组G1向物体侧移动,使第2透镜组G2暂时向像面侧移动然后向物体侧移动,使第3透镜组G3、第4透镜组G4及第5透镜组G5分别向物体侧移动,使得第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的空气间隔增加,第2透镜组G2与第3透镜组G3之间的空气间隔减少,第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的空气间隔暂时增加然后减少,第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔暂时减少然后增加,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[3269] 使构成第3透镜组G3的像侧组GB(=对焦透镜组GF)向物体侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[3270] 在产生像抖动时,使第4透镜组G4作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。在第32实施例中,在广角端状态下,在校正角度0.664度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.189mm。在中间焦距状态下,在校正角度0.426度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.190mm。在远焦端状态下,在校正角度0.327度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.145mm。

[3271] 在下述的表32中示出第32实施例中的各参数的值。表32中的面编号1~23与图144所示的m1~m23的各光学面对应。

[3272] (表32)

[3273] [透镜参数]

	面编号	R	D	vd	nd
	物面	∞			
	1	45.8874	1.50	17.98	1.94594
	2	37.3615	5.50	52.34	1.75500
	3	323.7680	D3(可变)		
	4	140.8508	1.00	40.66	1.88300
	5	11.0397	6.53		
	*6	-21.1084	1.00	52.19	1.73878
	*7	-98.9946	0.10		
[3274]	8	70.2805	1.69	17.98	1.94594
	9	-92.1974	D9(可变)		
	*10	22.5197	4.22	47.98	1.76169
	*11	-78.0166	1.80		
	12	∞	1.50	(孔径光阑)	
	13	49.1316	5.00	82.57	1.49782
	14	-13.1671	1.00	32.35	1.85026
	15	101.7221	2.56		
	*16	-61.2541	2.57	69.31	1.57174
	17	-13.4270	D17(可变)		
	18	18.2771	2.04	82.57	1.49782
	19	119.6079	D19(可变)		
	20	-162.3503	1.00	40.10	1.85135
[3275]	*21	17.4138	D21(可变)		
	22	31.4780	3.05	27.57	1.75520
	23	∞	D23(可变)		
	像面	∞			
[3276]	[非球面数据]				

	面编号	κ	A4	A6	A8	A10	
	第 6 面	0.00	-6.56786E-05	-6.01492E-07	8.47437E-09	-8.17300E-11	
	第 7 面	0.00	-8.13714E-05	-8.69532E-08	2.87236E-10	0.00000E+00	
[3277]	第 10 面	0.00	-1.46882E-05	2.47912E-07	-4.38965E-09	0.00000E+00	
	第 11 面	0.00	-3.21954E-06	2.40618E-07	-5.20291E-09	0.00000E+00	
	第 16 面	0.00	-7.48031E-05	2.72716E-07	-7.00743E-09	4.39288E-11	
	第 21 面	0.00	-2.40674E-05	1.83152E-07	-4.07579E-09	3.04708E-11	
[3278]	[各种数据]						
[3279]	变倍比 4.13						
		广角端		中间	远焦端		
	f	16.5	~	40.1	~	68.0	
	FNO	2.9	~	3.9	~	4.3	
[3280]	2 ω	81.7	~	38.5	~	23.2	
	Y	12.2	~	14.3	~	14.3	
	TL(空气)	83.5	~	97.7	~	125.5	
	BF(空气)	13.0	~	25.7	~	48.7	
[3281]	[可变间隔数据]						
		无限远对焦时			近距离对焦时		
[3282]		广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
	f	16.5	40.1	68.0	16.5	40.1	68.0
	D3	0.80	15.31	25.34			
	D9	15.08	1.96	0.80			
	D17	2.49	2.49	2.49	1.85	0.24	0.10
[3283]	D19	4.08	6.04	1.00	4.73	8.29	3.39
	D21	5.98	4.11	5.16			
	D23	13.00	25.69	48.66			
[3284]	[透镜组数据]						

		组初面	组焦距
	第 1 透镜组	1	74.60
[3285]	第 2 透镜组	4	-13.20
	第 3 透镜组	10	18.68
	第 4 透镜组	20	-18.43
	第 5 透镜组	22	41.68

[3286] [条件式对应值]

[3287] 条件式 (JK1) $|fF|/fM=2.304$

[3288] 条件式 (JK2) $(-fXn)/fM=0.707$

[3289] 条件式 (JK3) $dAB/|fF|=0.058$

[3290] 条件式 (JK4) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.058$

[3291] 条件式 (JK5) $vdp=82.57$

[3292] 条件式 (JM1) $dV/|fV|=0.280$

[3293] 条件式 (JM2) $|fF|/fM=2.304$

[3294] 条件式 (JM3) $dAB/|fF|=0.058$

[3295] 条件式 (JM4) $(-fXn)/fM=0.707$

[3296] 条件式 (JM5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.058$

[3297] 条件式 (JM6) $vdp=82.57$

[3298] 条件式 (JN1) $|fF|/fM=2.304$

[3299] 条件式 (JN2) $dV/|fV|=0.280$

[3300] 条件式 (JN3) $dAB/|fF|=0.058$

[3301] 条件式 (JN4) $(-fXn)/fM=0.707$

[3302] 条件式 (JN5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.058$

[3303] 条件式 (JN6) $vdp=82.57$

[3304] 从表32可知,本实施例的变倍光学系统ZL32满足条件式 (JK1) ~ (JK5)、(JM1) ~ (JM6) 及 (JN1) ~ (JN6)。

[3305] 图145是第32实施例的变倍光学系统ZL32的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。图146是第32实施例的变倍光学系统ZL32的近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。图147是第32实施例的变倍光学系统ZL32的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的彗差图, (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。

[3306] 通过图145~图147所示的各像差图可知,关于第32实施例的变倍光学系统ZL32,从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[3307] (第33实施例)

[3308] 使用图148~图151以及表33对第33实施例进行说明。如图148所示,第33实施例的变倍光学系统ZLII(ZL33)由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有负的光焦度的第4透镜组G4及具有正的光焦度的第5透镜组G5构成。

[3309] 第1透镜组G1由将从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L12接合而成的接合透镜构成。

[3310] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L21、双凹透镜L22及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L23构成。双凹透镜L22是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3311] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的物体侧组GA和具有正的光焦度的像侧组GB构成。物体侧组GA由从物体侧依次排列的凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L31、孔径光阑S、将双凸透镜L32与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L33接合而成的接合透镜及凸面朝向像侧的正弯月形透镜L34构成。像侧组GB由双凸透镜L35构成。正弯月形透镜L31是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。正弯月形透镜L34是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3312] 第4透镜组G4由双凹透镜L41构成。双凹透镜L41是使像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3313] 第5透镜组G5由凸面朝向物体侧的平凸透镜L51构成。

[3314] 使第1透镜组G1向物体侧移动,使第2透镜组G2暂时向像面侧移动然后向物体侧移动,使第3透镜组G3、第4透镜组G4及第5透镜组G5分别向物体侧移动,使得第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的空气间隔增加,第2透镜组G2与第3透镜组G3之间的空气间隔减少,第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的空气间隔减少,第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔增加,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[3315] 使构成第3透镜组G3的像侧组GB(=对焦透镜组GF)向物体侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[3316] 在产生像抖动时,使第4透镜组G4作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。在第33实施例中,在广角端状态下,在校正角度0.767度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.129mm。在中间焦距状态下,在校正角度0.536度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.114mm。在远焦端状态下,在校正角度0.422度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.116mm。

[3317] 在下述的表33中示出第33实施例中的各参数的值。表33中的面编号1~23与图148所示的m1~m23的各光学面对应。

[3318] (表33)

[3319] [透镜参数]

	面编号	R	D	vd	nd
	物面	∞			
	1	42.6649	1.50	17.98	1.94594
	2	33.9782	4.33	46.60	1.80400
	3	159.3713	D3(可变)		
	4	231.5864	1.00	40.66	1.88300
[3320]	5	9.6693	4.88		
	*6	-144.6832	1.00	40.10	1.85135
	*7	64.0000	0.43		
	8	27.6064	1.87	17.98	1.94594
	9	180.3050	D9(可变)		
	*10	18.1446	1.36	40.10	1.85135
	11	36.2222	1.80		
	12	∞	1.50	(孔径光阑)	
	13	30.5754	4.65	82.57	1.49782
	14	-19.8920	0.90	25.45	1.80518
	15	-2398.7427	1.33		
	*16	-16.4870	2.00	67.02	1.59201
	17	-9.3211	D17(可变)		
[3321]	18	16.0663	1.92	82.57	1.49782
	19	-92.5945	D19(可变)		
	*20	-129.7857	1.00	40.10	1.85135
	*21	13.7524	D21(可变)		
	22	24.7189	1.70	30.13	1.69895
	23	∞	D23(可变)		
	像面	∞			
[3322]	[非球面数据]				

	面编号	κ	A4	A6	A8	A10	
	第 6 面	0.00	7.24202E-05	-3.04361E-07	-7.53193E-09	0.000000E+00	
	第 7 面	0.00	3.00588E-05	-4.27011E-07	-1.14290E-08	0.000000E+00	
[3323]	第 10 面	0.00	-2.81460E-05	9.76630E-08	-7.99018E-09	0.000000E+00	
	第 16 面	0.00	-2.41098E-04	1.15336E-07	-7.22175E-09	-1.23487E-11	
	第 20 面	0.00	1.00855E-04	-2.22406E-06	-9.91620E-09	4.72846E-10	
	第 21 面	0.00	1.24785E-05	-1.73565E-06	-3.98232E-09	3.04446E-10	
[3324]	[各种数据]						
[3325]	变倍比 3.30						
			广角端	中间	远焦端		
	f		12.4	~	25.3	~ 40.8	
	FNO		2.9	~	3.6	~ 4.2	
[3326]	2 ω		82.3	~	46.3	~ 29.7	
	Y		9.3	~	10.5	~ 10.8	
	TL(空气)		73.3	~	80.5	~ 95.0	
[3327]	BF(空气)		17.0	~	28.8	~ 37.0	
[3328]	[可变间隔数据]						
			无限远对焦时			近距离对焦时	
			广角端	中间	远焦端	广角端	中间 远焦端
	f		12.4	25.3	40.8	12.4	25.3 40.8
	D3		0.80	7.95	18.34		
[3329]	D9		16.98	4.97	0.80		
	D17		1.76	1.76	1.76	1.32	0.71 0.26
	D19		2.24	1.48	1.00	2.68	2.53 2.50
	D21		1.36	2.31	2.98		
	D23		17.00	28.84	36.97		
[3330]	[透镜组数据]						

	组初面	组焦距
[3331]	第 1 透镜组 1	75.04
	第 2 透镜组 4	-14.01
	第 3 透镜组 10	14.43
	第 4 透镜组 20	-14.56
	第 5 透镜组 22	35.37
[3332]	[条件式对应值]	
[3333]	条件式 (JK1) $ fF /fM=1.917$	
[3334]	条件式 (JK2) $(-fXn)/fM=0.971$	
[3335]	条件式 (JK3) $dAB/ fF =0.064$	
[3336]	条件式 (JK4) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.058$	
[3337]	条件式 (JK5) $vdp=82.57$	
[3338]	条件式 (JM1) $dV/ fV =0.205$	
[3339]	条件式 (JM2) $ fF /fM=1.917$	
[3340]	条件式 (JM3) $dAB/ fF =0.064$	
[3341]	条件式 (JM4) $(-fXn)/fM=0.971$	
[3342]	条件式 (JM5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.058$	
[3343]	条件式 (JM6) $vdp=82.57$	
[3344]	条件式 (JN1) $ fF /fM=1.917$	
[3345]	条件式 (JN2) $dV/ fV =0.205$	
[3346]	条件式 (JN3) $dAB/ fF =0.064$	
[3347]	条件式 (JN4) $(-fXn)/fM=0.971$	
[3348]	条件式 (JN5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.058$	
[3349]	条件式 (JN6) $vdp=82.57$	
[3350]	从表33可知,本实施例的变倍光学系统ZL33满足条件式 (JK1) ~ (JK5)、(JM1) ~ (JM6) 及 (JN1) ~ (JN6)。	
[3351]	图149是第33实施例的变倍光学系统ZL33的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。图150是第33实施例的变倍光学系统ZL33的近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。图151是第33实施例的变倍光学系统ZL33的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的彗差图, (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。	
[3352]	通过图149~图151所示的各像差图可知,关于第33实施例的变倍光学系统ZL33, 从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。	
[3353]	(第34实施例)	

[3354] 使用图152~图155以及表34对第34实施例进行说明。如图152所示,第34实施例的变倍光学系统ZLII(ZL34)由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有负的光焦度的第4透镜组G4及具有正的光焦度的第5透镜组G5构成。

[3355] 第1透镜组G1由将从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L12接合而成的接合透镜构成。

[3356] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L21、双凹透镜L22及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L23构成。双凹透镜L22是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3357] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的物体侧组GA和具有正的光焦度的像侧组GB构成。物体侧组GA由从物体侧依次排列的凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L31、孔径光阑S、将双凸透镜L32与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L33接合而成的接合透镜及凸面朝向像侧的正弯月形透镜L34构成。像侧组GB由将从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L35与双凸透镜L36接合而成的接合透镜构成。正弯月形透镜L31是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。正弯月形透镜L34是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3358] 第4透镜组G4由双凹透镜L41构成。双凹透镜L41是使像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3359] 第5透镜组G5由凸面朝向物体侧的平凸透镜L51构成。

[3360] 使第1透镜组G1、第2透镜组G2、第3透镜组G3、第4透镜组G4及第5透镜组G5分别向物体侧移动,使得第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的空气间隔增加,第2透镜组G2与第3透镜组G3之间的空气间隔减少,第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的空气间隔减少,第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔增加,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[3361] 使构成第3透镜组G3的像侧组GB(=对焦透镜组GF)向物体侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[3362] 在产生像抖动时,使第4透镜组G4作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。在第34实施例中,在广角端状态下,在校正角度0.767度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.117mm。在中间焦距状态下,在校正角度0.536度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.103mm。在远焦端状态下,在校正角度0.422度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.109mm。

[3363] 在下述的表34中示出第34实施例中的各参数的值。表34中的面编号1~24与图152所示的m1~m24的各光学面对应。

[3364] (表34)

[3365] [透镜参数]

	面编号	R	D	vd	nd
	物面	∞			
[3366]	1	41.0387	1.50	17.98	1.94594
	2	33.2111	4.39	46.60	1.80400
	3	167.0985	D3(可变)		
	4	521.1609	1.00	42.73	1.83481
	5	9.2341	4.89		
	*6	-500.5038	1.00	40.10	1.85135
	*7	55.5356	0.49		
	8	29.8211	1.80	17.98	1.94594
	9	240.2636	D9(可变)		
	*10	43.0468	1.08	40.10	1.85135
[3367]	11	298.9859	1.80		
	12	∞	1.50	(孔径光阑)	
	13	882.4766	2.44	82.57	1.49782
	14	-12.8062	0.90	39.61	1.80440
	15	-48.5711	0.50		
	*16	-45.5329	2.17	61.25	1.58913
	17	-10.8642	D17(可变)		
	18	23.6501	0.85	25.45	1.80518
	19	16.9311	2.87	82.57	1.49782
	20	-20.3779	D20(可变)		
[3368]	*21	-4198.2163	0.90	40.10	1.85135
	*22	11.8449	D22(可变)		
	23	28.5733	1.70	30.13	1.69895
	24	∞	D24(可变)		
	像面	∞			
[3368]	[非球面数据]				

	面编号	κ	A4	A6	A8	A10	
	第 6 面	0.00	7.53002E-05	2.66920E-07	-1.57255E-08	0.00000E+00	
	第 7 面	0.00	3.00588E-05	5.32743E-08	-2.15009E-08	0.00000E+00	
[3369]	第 10 面	0.00	-5.13064E-05	-8.94237E-08	-1.30090E-08	0.00000E+00	
	第 16 面	0.00	-1.89235E-04	5.82030E-07	4.84663E-09	-3.16900E-1	
	第 21 面	0.00	1.05691E-04	-1.83434E-06	-1.41531E-08	3.60695E-10	
	第 22 面	0.00	6.69976E-06	-2.04472E-06	-1.53304E-08	3.78430E-10	
[3370]	[各种数据]						
[3371]	变倍比 3.30						
		广角端		中间	远焦端		
	f	12.4	~	25.3	~	40.8	
	FNO	2.9	~	3.9	~	4.1	
[3372]	2 ω	82.3	~	46.2	~	29.6	
	Y	9.3	~	10.6	~	10.8	
	TL(空气)	71.9	~	79.1	~	93.6	
	BF(空气)	17.0	~	30.0	~	37.0	
[3373]	[可变间隔数据]						
		无限远对焦时			近距离对焦时		
		广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
	f	12.4	25.3	40.8	12.4	25.3	40.8
	D3	0.80	6.10	17.49			
[3374]	D9	16.46	4.29	0.80			
	D17	1.62	1.62	1.62	1.28	0.81	0.43
	D20	2.32	1.49	1.00	2.66	2.30	2.19
	D22	2.81	3.27	5.34			
	D24	17.00	30.01	36.96			
[3375]	[透镜组数据]						

		组初面	组焦距
	第 1 透镜组	1	69.70
[3376]	第 2 透镜组	4	-14.01
	第 3 透镜组	10	12.79
	第 4 透镜组	21	-13.87
	第 5 透镜组	23	40.88
[3377]	[条件式对应值]		
[3378]	条件式 (JK1)	$ fF /fM=1.982$	
[3379]	条件式 (JK2)	$(-fXn)/fM=1.096$	
[3380]	条件式 (JK3)	$dAB/ fF =0.064$	
[3381]	条件式 (JK4)	$ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.058$	
[3382]	条件式 (JK5)	$vdp=82.57$	
[3383]	条件式 (JM1)	$dV/ fV =0.385$	
[3384]	条件式 (JM2)	$ fF /fM=1.982$	
[3385]	条件式 (JM3)	$dAB/ fF =0.064$	
[3386]	条件式 (JM4)	$(-fXn)/fM=1.096$	
[3387]	条件式 (JM5)	$ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.058$	
[3388]	条件式 (JM6)	$vdp=82.57$	
[3389]	条件式 (JN1)	$ fF /fM=1.982$	
[3390]	条件式 (JN2)	$dV/ fV =0.385$	
[3391]	条件式 (JN3)	$dAB/ fF =0.064$	
[3392]	条件式 (JN4)	$(-fXn)/fM=1.096$	
[3393]	条件式 (JN5)	$ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.058$	
[3394]	条件式 (JN6)	$vdp=82.57$	

[3395] 从表34可知,本实施例的变倍光学系统ZL34满足条件式(JK1)~(JK5)、(JM1)~(JM6)及(JN1)~(JN6)。

[3396] 图153是第34实施例的变倍光学系统ZL34的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图154是第34实施例的变倍光学系统ZL34的近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图155是第34实施例的变倍光学系统ZL34的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的彗差图, (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。

[3397] 通过图153~图155所示的各像差图可知,关于第34实施例的变倍光学系统ZL34,从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[3398] (第35实施例)

[3399] 使用图156～图159以及表35对第35实施例进行说明。如图156所示,第35实施例的变倍光学系统ZLII(ZL35)由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有负的光焦度的第4透镜组G4及具有正的光焦度的第5透镜组G5构成。

[3400] 第1透镜组G1由将从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L12接合而成的接合透镜构成。

[3401] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L21、凹面朝向像侧的负弯月形透镜L22及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L23构成。负弯月形透镜L22是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3402] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的物体侧组GA和具有正的光焦度的像侧组GB构成。物体侧组GA由从物体侧依次排列的凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L31、孔径光阑S、将双凸透镜L32与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L33接合而成的接合透镜及凸面朝向像侧的正弯月形透镜L34构成。像侧组GB由双凸透镜L35构成。正弯月形透镜L31是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。正弯月形透镜L34是使像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3403] 第4透镜组G4由双凹透镜L41构成。双凹透镜L41是使像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3404] 第5透镜组G5由凸面朝向物体侧的平凸透镜L51构成。

[3405] 使第1透镜组G1向物体侧移动,使第2透镜组G2暂时向像面侧移动然后向物体侧移动,使第3透镜组G3、第4透镜组G4及第5透镜组G5分别向物体侧移动,使得第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的空气间隔增加,第2透镜组G2与第3透镜组G3之间的空气间隔减少,第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的空气间隔减少,第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔增加,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[3406] 使构成第3透镜组G3的像侧组GB(=对焦透镜组GF)向物体侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[3407] 在产生像抖动时,使第4透镜组G4作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。在第35实施例中,在广角端状态下,在校正角度0.657度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.090mm。在中间焦距状态下,在校正角度0.434度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.074mm。在远焦端状态下,在校正角度0.339度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.072mm。

[3408] 在下述的表35中示出第35实施例中的各参数的值。表35中的面编号1～23与图156所示的m1～m23的各光学面对应。

[3409] (表35)

[3410] [透镜参数]

[3411] 面编号	R	D	vd	nd
------------	---	---	----	----

	物面	∞				
	1	51.0809	1.50	17.98	1.94594	
	2	46.4942	2.93	46.60	1.80400	
	3	228.7461	D3(可变)			
	4	70.0563	1.00	40.66	1.88300	
	5	9.1493	4.76			
	*6	259.1277	1.00	40.10	1.85135	
	*7	28.4168	0.37			
	8	16.9265	1.91	17.98	1.94594	
	9	37.6302	D9(可变)			
	*10	16.1146	0.91	45.45	1.80139	
	11	21.7610	1.80			
[3412]	12	∞	1.50	(孔径光阑)		
	13	46.3877	2.56	82.57	1.49782	
	14	-14.0243	0.90	23.78	1.84666	
	15	-30.1385	0.55			
	*16	-27.4566	1.89	58.16	1.62263	
	17	-9.4604	D17(可变)			
	18	17.7225	1.57	82.57	1.49782	
	19	-130.4521	D19(可变)			
	*20	-330.7048	1.00	40.10	1.85135	
	*21	11.0749	D21(可变)			
	22	26.2408	1.51	30.13	1.69895	
	23	∞	D23(可变)			
	像面	∞				
[3413]	[非球面数据]					
	面编号	κ	A4	A6	A8	A10
[3414]	第 6 面	0.00	4.58823E-05	-6.02477E-07	1.64703E-09	0.00000E+00
	第 7 面	0.00	3.00588E-05	-5.71646E-07	-1.87171E-09	0.00000E+00

	第 10 面	0.00	-1.14380E-04	-2.04290E-07	-5.40507E-08	0.00000E+00
[3415]	第 16 面	0.00	-2.20534E-04	6.27017E-07	1.51567E-08	-1.50349E-10
	第 20 面	0.00	8.78409E-05	-1.44739E-06	-9.85122E-08	1.92159E-09
	第 21 面	0.00	-4.65898E-05	-1.28759E-06	-9.81776E-08	1.84980E-09
[3416]	[各种数据]					
[3417]	变倍比 3.75					
		广角端		中间	远焦端	
	f	9.3	~	21.3	~	34.8
	FNO	2.9	~	3.9	~	4.3
[3418]	2ω	81.3	~	41.0	~	25.8
	Y	6.9	~	7.8	~	7.9
	TL(空气)	65.6	~	68.4	~	87.0
	BF(空气)	13.0	~	25.6	~	34.6
[3419]	[可变间隔数据]					
		无限远对焦时			近距离对焦时	
		广角端	中间	远焦端	广角端	中间 远焦端
	f	9.3	21.3	34.8	9.3	21.3 34.8
	D3	0.80	4.82	15.65		
[3420]	D9	18.19	4.27	0.80		
	D17	2.22	2.22	2.22	1.79	1.15 0.89
	D19	2.22	1.46	1.00	2.64	2.53 2.33
	D21	1.52	2.34	5.10		
	D23	13.00	25.64	34.57		
[3421]	[透镜组数据]					
		组初面		组焦距		
[3422]	第 1 透镜组	1	82.42			
	第 2 透镜组	4	-12.96			
	第 3 透镜组	10	11.56			
[3423]	第 4 透镜组	20	-12.57			
	第 5 透镜组	22	37.54			
[3424]	[条件式对应值]					
[3425]	条件式(JK1) fF /fM=2.722					

[3426] 条件式(JK2) $(-fX_n)/f_M=1.121$

[3427] 条件式(JK3) $d_{AB}/|f_F|=0.071$

[3428] 条件式(JK4) $ndp+0.0075\times vdp-2.175=-0.058$

[3429] 条件式(JK5) $vdp=82.57$

[3430] 条件式(JM1) $dV/|f_V|=0.406$

[3431] 条件式(JM2) $|f_F|/f_M=2.722$

[3432] 条件式(JM3) $d_{AB}/|f_F|=0.071$

[3433] 条件式(JM4) $(-fX_n)/f_M=1.121$

[3434] 条件式(JM5) $ndp+0.0075\times vdp-2.175=-0.058$

[3435] 条件式(JM6) $vdp=82.57$

[3436] 条件式(JN1) $|f_F|/f_M=2.722$

[3437] 条件式(JN2) $dV/|f_V|=0.406$

[3438] 条件式(JN3) $d_{AB}/|f_F|=0.071$

[3439] 条件式(JN4) $(-fX_n)/f_M=1.121$

[3440] 条件式(JN5) $ndp+0.0075\times vdp-2.175=-0.058$

[3441] 条件式(JN6) $vdp=82.57$

[3442] 从表35可知,本实施例的变倍光学系统ZL35满足条件式(JK1)~(JK5)、(JM1)~(JM6)及(JN1)~(JN6)。

[3443] 图157是第35实施例的变倍光学系统ZL35的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图158是第35实施例的变倍光学系统ZL35的近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图159是第35实施例的变倍光学系统ZL35的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的彗差图, (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。

[3444] 通过图157~图159所示的各像差图可知,关于第35实施例的变倍光学系统ZL35,从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[3445] (第36实施例)

[3446] 使用图160~图163以及表36对第36实施例进行说明。如图160所示,第36实施例的变倍光学系统ZLII(ZL36)由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4及具有负的光焦度的第5透镜组G5构成。

[3447] 第1透镜组G1由将从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L12接合而成的接合透镜构成。

[3448] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L21、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L22及双凸透镜L23构成。负弯月形透镜L22是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3449] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的物体侧组GA和具有负的光焦度的像侧组GB构

成。物体侧组GA由从物体侧依次排列的凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L31、孔径光阑S、将双凸透镜L32与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L33接合而成的接合透镜及凹面朝向像侧的负弯月形透镜L34构成。像侧组GB由凹面朝向像侧的负弯月形透镜L35构成。正弯月形透镜L31是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。负弯月形透镜L34是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3450] 第4透镜组G4由双凸透镜L41构成。

[3451] 第5透镜组G5由从物体侧依次排列的双凹透镜L51及凸面朝向物体侧的平凸透镜L52构成。双凹透镜L51是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3452] 使第1透镜组G1向物体侧移动,使第2透镜组G2暂时向像面侧移动然后向物体侧移动,使第3透镜组G3、第4透镜组G4及第5透镜组G5分别向物体侧移动,使得第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的空气间隔增加,第2透镜组G2与第3透镜组G3之间的空气间隔减少,第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的空气间隔增加,第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔减少,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[3453] 使构成第3透镜组G3的像侧组GB(=对焦透镜组GF)向像侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[3454] 在产生像抖动时,使构成第5透镜组G5的双凹透镜L51作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。在第36实施例中,在广角端状态下,在校正角度0.664度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.185mm。在中间焦距状态下,在校正角度0.520度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.186mm。在远焦端状态下,在校正角度0.387度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.183mm。

[3455] 在下述的表36中示出第36实施例中的各参数的值。表36中的面编号1~25与图160所示的m1~m25的各光学面对应。

[3456] (表36)

[3457] [透镜参数]

	面编号	R	D	vd	nd
	物面	∞			
	1	31.3787	1.40	17.98	1.94594
	2	25.8482	5.59	52.33	1.75500
	3	88.0110	D3(可变)		
	4	94.0313	1.00	40.66	1.88300
	5	9.7840	6.32		
	*6	-34.5984	1.10	42.71	1.82080
	*7	-460.7224	1.11		
	8	98.7113	1.76	17.98	1.94594
	9	-64.5703	D9(可变)		
[3458]	*10	17.7201	1.45	54.04	1.72903
	11	34.5176	1.80		
	12	∞	1.50	(孔径光阑)	
	13	17.3794	6.43	82.57	1.49782
	14	-11.9300	1.00	23.78	1.84666
	15	-14.0311	0.12		
	*16	500.8042	0.90	40.10	1.85135
	17	47.8924	D17(可变)		
	18	61.4713	1.00	67.90	1.59319
	19	16.3627	D19(可变)		
	20	17.9950	2.28	82.57	1.49782
	21	-59.3167	D21(可变)		
	*22	-90.4295	1.00	24.06	1.82115
	*23	19.2966	3.17		
[3459]	24	33.0683	2.03	22.74	1.80809
	25	∞	D25(可变)		
	像面	∞			
[3460]	[非球面数据]				

	面编号	κ	A4	A6	A8	A10	
	第 6 面	0.00	-7.02036E-05	-2.95397E-08	2.81097E-10	-1.35280E-10	
	第 7 面	0.00	-1.08565E-04	3.26827E-07	-1.15001E-08	0.00000E+00	
[3461]	第 10 面	0.00	-3.45329E-05	9.24026E-08	-8.23372E-09	0.00000E+00	
	第 16 面	0.00	-1.10206E-04	-2.93723E-07	-1.23313E-09	-3.17553E-11	
	第 22 面	0.00	7.03563E-05	-3.25833E-06	5.59796E-08	-4.39781E-10	
	第 23 面	0.00	4.73428E-05	-2.90162E-06	4.80962E-08	-3.49905E-10	
[3462]	[各种数据]						
[3463]	变倍比 2.94						
		广角端		中间	远焦端		
	f	16.5	~	26.8	~	48.5	
	FNO	2.9	~	3.6	~	4.1	
[3464]	2 ω	81.7	~	58.3	~	33.0	
	Y	12.5	~	13.6	~	14.1	
	TL(空气)	77.7	~	81.3	~	98.0	
	BF(空气)	17.0	~	22.8	~	32.9	
[3465]	[可变间隔数据]						
		无限远对焦时			近距离对焦时		
		广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
[3466]	f	16.5	26.8	48.5	16.5	26.8	48.5
	D3	0.80	5.86	18.37			
	D9	13.94	5.21	0.80			
	D17	0.40	0.40	0.40	1.38	2.52	3.85
[3467]	D19	2.22	3.12	3.54	1.24	1.00	0.08
	D21	2.41	2.95	1.00			
	D25	17.00	22.82	32.93			
[3468]	[透镜组数据]						

	组初面	组焦距
第 1 透镜组	1	66.00
[3469] 第 2 透镜组	4	-14.12
第 3 透镜组	10	23.82
第 4 透镜组	20	28.01
第 5 透镜组	22	-42.97

[3470] [条件式对应值]

[3471] 条件式 (JK1) $|fF|/fM=1.591$

[3472] 条件式 (JK2) $(-fXn)/fM=0.593$

[3473] 条件式 (JK3) $dAB/|fF|=0.093$

[3474] 条件式 (JK6) $ndn+0.0075 \times vdn-2.175=-0.073$

[3475] 条件式 (JK7) $vdn=67.90$

[3476] 条件式 (JL1) $|(rB+rA)/(rB-rA)|=21.049$

[3477] 条件式 (JL2) $|fF|/fM=1.591$

[3478] 条件式 (JL3) $dAB/|fF|=0.093$

[3479] 条件式 (JL4) $(-fXn)/fM=0.593$

[3480] 条件式 (JL7) $ndn+0.0075 \times vdn-2.175=-0.073$

[3481] 条件式 (JL8) $vdn=67.90$

[3482] 条件式 (JM1) $dV/|fV|=0.164$

[3483] 条件式 (JM2) $|fF|/fM=1.591$

[3484] 条件式 (JM3) $dAB/|fF|=0.093$

[3485] 条件式 (JM4) $(-fXn)/fM=0.593$

[3486] 条件式 (JM7) $ndn+0.0075 \times vdn-2.175=-0.073$

[3487] 条件式 (JM8) $vdn=67.90$

[3488] 条件式 (JN1) $|fF|/fM=1.591$

[3489] 条件式 (JN2) $dV/|fV|=0.164$

[3490] 条件式 (JN3) $dAB/|fF|=0.093$

[3491] 条件式 (JN4) $(-fXn)/fM=0.593$

[3492] 条件式 (JN7) $ndn+0.0075 \times vdn-2.175=-0.073$

[3493] 条件式 (JN8) $vdn=67.90$

[3494] 从表36可知,本实施例的变倍光学系统ZL36满足条件式(JK1)~(JK3)、(JK6)、(JK7)、(JL1)~(JL4)、(JL7)、(JL8)、(JM1)~(JM4)、(JM7)、(JM8)、(JN1)~(JN4)、(JN7)及(JN8)。

[3495] 图161是第36实施例的变倍光学系统ZL36的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图162是第36实施例的变倍光学系统ZL36的近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表

示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。图163是第36实施例的变倍光学系统ZL36的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的彗差图, (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。

[3496] 通过图161~图163所示的各像差图可知, 关于第36实施例的变倍光学系统ZL36, 从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到近距离对焦状态良好地对各像差进行校正, 具有良好的光学性能。另外, 可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[3497] (第37实施例)

[3498] 使用图164~图167以及表37对第37实施例进行说明。如图164所示, 第37实施例的变倍光学系统ZLII (ZL37) 由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有负的光焦度的第4透镜组G4及具有正的光焦度的第5透镜组G5构成。

[3499] 第1透镜组G1由将从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L12接合而成的接合透镜构成。

[3500] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L21、凹面朝向像侧的负弯月形透镜L22及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L23构成。负弯月形透镜L22是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3501] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的物体侧组GA和具有正的光焦度的像侧组GB构成。物体侧组GA由从物体侧依次排列的凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L31、孔径光阑S、将双凸透镜L32与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L33接合而成的接合透镜及凸面朝向像侧的正弯月形透镜L34构成。像侧组GB由凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L35构成。正弯月形透镜L31是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。正弯月形透镜L34是使像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3502] 第4透镜组G4由双凹透镜L41构成。双凹透镜L41是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3503] 第5透镜组G5由凸面朝向物体侧的平凸透镜L51构成。

[3504] 使第1透镜组G1向物体侧移动, 使第2透镜组G2暂时向像面侧移动然后向物体侧移动, 使第3透镜组G3、第4透镜组G4及第5透镜组G5分别向物体侧移动, 使得第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的空气间隔增加, 第2透镜组G2与第3透镜组G3之间的空气间隔减少, 第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的空气间隔减少, 第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔增加, 从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[3505] 使构成第3透镜组G3的像侧组GB (= 对焦透镜组GF) 向物体侧移动, 从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[3506] 在产生像抖动时, 使第4透镜组G4作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动, 从而进行像面I上的像抖动校正 (防抖)。在第37实施例中, 在广角端状态下, 在校正角度0.657度时, 防抖透镜组VR的偏移量为-0.071mm。在中间焦距状态下, 在校正角度0.433度时, 防抖透镜组VR的偏移量为-0.062mm。在远焦端状态下, 在校正角度0.339度时, 防抖透镜组VR的偏移量为-0.060mm。

[3507] 在下述的表37中示出第37实施例中的各参数的值。表37中的面编号1~23与图164所示的m1~m23的各光学面对应。

[3508] (表37)

[3509] [透镜参数]

面编号	R	D	vd	nd
物面	∞			
1	53.1551	1.50	17.98	1.94594
[3510] 2	46.7292	4.20	49.62	1.77250
3	282.4154	D3(可变)		
4	66.2821	1.00	40.66	1.88300
5	9.1032	4.68		
*6	107.6212	1.00	40.10	1.85135
*7	22.7268	0.28		
8	13.8002	2.03	17.98	1.94594
9	26.1074	D9(可变)		
*10	33.1702	0.71	45.45	1.80139
11	37.4535	1.80		
12	∞	1.50	(孔径光阑)	
13	26.6043	3.68	70.32	1.48749
14	-8.5245	0.90	23.78	1.84666
[3511] 15	-12.3206	0.10		
16	-20.4613	1.76	59.46	1.58313
*17	-8.8729	D17(可变)		
18	13.1305	1.32	82.57	1.49782
19	41.4579	D19(可变)		
*20	-44.5994	1.00	40.10	1.85135
*21	10.7829	D21(可变)		
22	25.6050	1.49	30.13	1.69895
23	∞	D23(可变)		
像面	∞			

[3512] [非球面数据]

	面编号	κ	A4	A6	A8	A10	
	第 6 面	0.00	3.49775E-05	2.03744E-07	-3.87240E-09	0.00000E+00	
	第 7 面	0.00	3.00588E-05	4.54650E-07	-8.42603E-09	0.00000E+00	
[3513]	第 10 面	0.00	-2.05375E-04	-1.16277E-06	-6.81490E-08	0.00000E+00	
	第 17 面	0.00	2.63944E-04	-2.28950E-06	4.31206E-08	0.00000E+00	
	第 20 面	0.00	3.75891E-04	-2.46541E-05	6.07004E-07	-6.07981E-09	
	第 21 面	0.00	1.49191E-04	-2.01441E-05	5.16615E-07	-5.33008E-09	
[3514]	[各种数据]						
[3515]	变倍比 3.75						
		广角端		中间	远焦端		
	f	9.3	~	21.3	~	34.8	
	FNO	2.9	~	4.3	~	4.6	
[3516]	2 ω	81.3	~	41.0	~	25.8	
	Y	6.9	~	7.8	~	8.0	
	TL(空气)	65.9	~	69.6	~	86.2	
	BF(空气)	13.0	~	24.8	~	33.7	
[3517]	[可变间隔数据]						
		无限远对焦时			近距离对焦时		
		广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
	f	9.3	21.3	34.8	9.3	21.3	34.8
	D3	0.80	5.74	15.53			
[3518]	D9	17.51	4.34	0.80			
	D17	2.09	2.09	2.09	1.70	1.12	0.93
	D19	1.65	1.23	1.00	2.05	2.20	2.16
	D21	1.94	2.44	4.09			
	D23	13.00	24.85	33.70			
[3519]	[透镜组数据]						

	组初面	组焦距
第 1 透镜组	1	86.74
第 2 透镜组	4	-12.62
第 3 透镜组	10	10.00
第 4 透镜组	20	-10.12
第 5 透镜组	22	36.63

[3521] [条件式对应值]

[3522] 条件式 (JK1) $|fF|/fM=3.800$

[3523] 条件式 (JK2) $(-fXn)/fM=1.262$

[3524] 条件式 (JK3) $dAB/|fF|=0.055$

[3525] 条件式 (JK4) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.058$

[3526] 条件式 (JK5) $vdP=82.57$

[3527] 条件式 (JN1) $|fF|/fM=3.800$

[3528] 条件式 (JN2) $dV/|fV|=0.404$

[3529] 条件式 (JN3) $dAB/|fF|=0.055$

[3530] 条件式 (JN4) $(-fXn)/fM=1.262$

[3531] 条件式 (JN5) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.058$

[3532] 条件式 (JN6) $vdP=82.57$

[3533] 从表37可知,本实施例的变倍光学系统ZL37满足条件式 (JK1) ~ (JK5) 和 (JN1) ~ (JN6)。

[3534] 图165是第37实施例的变倍光学系统ZL37的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。图166是第37实施例的变倍光学系统ZL37的近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。图167是第37实施例的变倍光学系统ZL37的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的彗差图, (a) 表示广角端状态, (b) 表示中间焦距状态, (c) 表示远焦端状态。

[3535] 通过图165~图167所示的各像差图可知,关于第37实施例的变倍光学系统ZL37,从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[3536] (第38实施例)

[3537] 使用图168~图171以及表38对第38实施例进行说明。如图168所示,第38实施例的变倍光学系统ZLII (ZL38) 由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有负的光焦度的第4透镜组G4及具有正的光焦度的第5透镜组G5构成。

[3538] 第1透镜组G1由将从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L12接合而成的接合透镜构成。

[3539] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L21、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L22及双凸透镜L23构成。负弯月形透镜L22是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3540] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的物体侧组GA和具有正的光焦度的像侧组GB构成。物体侧组GA由从物体侧依次排列的凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L31、孔径光阑S、将双凸透镜L32与双凹透镜L33接合而成的接合透镜及双凸透镜L34构成。像侧组GB由凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L35构成。正弯月形透镜L31是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。双凸透镜L34是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3541] 第4透镜组G4由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L41和凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L42构成。负弯月形透镜L41是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3542] 第5透镜组G5由凸面朝向物体侧的平凸透镜L51构成。

[3543] 使第1透镜组G1物体侧移动,使第2透镜组G2暂时向像面侧移动然后向物体侧移动,使第3透镜组G3和第4透镜组G4分别向物体侧移动,第5透镜组G5固定,使得第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的空气间隔增加,第2透镜组G2与第3透镜组G3之间的空气间隔减少,第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的空气间隔增加,第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔增加,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[3544] 使构成第3透镜组G3的像侧组GB(=对焦透镜组GF)向物体侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[3545] 在产生像抖动时,使构成第4透镜组G4的负弯月形透镜L41作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。在第38实施例中,在广角端状态下,在校正角度0.664度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.195mm。在中间焦距状态下,在校正角度0.472度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.229mm。在远焦端状态下,在校正角度0.369度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.243mm。

[3546] 在下述的表38中示出第38实施例中的各参数的值。表38中的面编号1~25与图168所示的m1~m25的各光学面对应。

[3547] (表38)

[3548] [透镜参数]

	面编号	R	D	vd	nd
	物面	∞			
[3549]	1	39.2736	1.40	17.98	1.94594
	2	32.2014	5.24	54.61	1.72916
	3	170.2584	D3(可变)		
	4	126.0761	1.00	40.66	1.88300

	5	10.8699	5.87(可变)		
	*6	-27.7763	1.10	40.10	1.85135
	*7	-572.4387	0.25		
	8	64.8806	1.84	17.98	1.94594
	9	-69.0576	D9(可变)		
	*10	15.3606	1.90	40.10	1.85135
	11	88.6041	1.80		
	12	∞	1.50	(孔径光阑)	
	13	12.9024	2.75	82.57	1.49782
	14	-32.4325	1.00	28.69	1.79504
[3550]	15	11.9088	2.39		
	*16	47.0932	1.37	61.25	1.58913
	17	-41.7476	D17(可变)		
	18	17.4125	2.43	82.57	1.49782
	19	125522.6100	D19(可变)		
	*20	191.9512	1.00	40.10	1.85135
	*21	16.2810	1.54		
	22	24.7940	1.68	23.47	1.79816
	23	78.0304	D23(可变)		
	24	53.6440	2.03	70.32	1.48749
	25	∞	D25(可变)		
	像面	∞			
[3551]	[非球面数据]				
	面编号	κ	A4	A6	A8
			A10		
	第 6 面	0.00	-6.15138E-05	-1.22714E-07	2.85742E-09
	第 7 面	0.00	-8.15979E-05	7.12457E-08	4.52409E-10
[3552]	第 10 面	0.00	-1.10452E-05	4.45196E-08	4.92428E-10
	第 16 面	0.00	-6.45246E-05	-2.47179E-07	-4.16089E-09
	第 20 面	0.00	2.84055E-05	-1.57415E-06	4.74078E-08
[3553]	第 21 面	0.00	2.79016E-05	-1.57812E-06	3.70868E-08
[3554]	[各种数据]				

[3555] 变倍比 3.24

	广角端		中间		远焦端
f	16.5	~	32.6	~	53.4
FNO	2.9	~	3.7	~	4.1
[3556] 2 ω	81.7	~	47.0	~	29.0
Y	12.4	~	14.3	~	14.3
TL(空气)	76.5	~	85.0	~	98.2
BF(空气)	15.0	~	15.0	~	15.0

[3557] [可变间隔数据]

无限远对焦时				近距离对焦时		
	广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
f	16.5	32.6	53.4	16.5	32.6	53.4
D3	1.06	11.63	22.04			
[3558] D9	15.36	4.78	0.80			
D17	2.94	2.94	2.94	2.18	0.75	0.00
D19	1.00	4.71	5.22	1.76	6.91	8.16
D23	3.03	7.84	14.02			
D25	15.00	15.00	15.01			

[3559] [透镜组数据]

	组初面	组焦距
第 1 透镜组	1	74.13
第 2 透镜组	4	-14.07
[3560] 第 3 透镜组	10	18.25
第 4 透镜组	20	-41.09
第 5 透镜组	24	110.04

[3561] [条件式对应值]

[3562] 条件式 (JK1) $|fF|/fM=1.917$ [3563] 条件式 (JK2) $(-fXn)/fM=0.771$ [3564] 条件式 (JK3) $dAB/|fF|=0.084$ [3565] 条件式 (JK4) $ndp+0.0075 \times vdp-2.175=-0.058$ [3566] 条件式 (JK5) $vdp=82.57$ [3567] 条件式 (JM1) $dV/|fV|=0.073$ [3568] 条件式 (JM2) $|fF|/fM=1.917$

[3569] 条件式(JM3) $dAB/|fF|=0.084$

[3570] 条件式(JM4) $(-fXn)/fM=0.771$

[3571] 条件式(JM5) $ndp+0.0075\times vdp-2.175=-0.058$

[3572] 条件式(JM6) $vdp=82.57$

[3573] 条件式(JN1) $|fF|/fM=1.917$

[3574] 条件式(JN2) $dV/|fV|=0.073$

[3575] 条件式(JN3) $dAB/|fF|=0.084$

[3576] 条件式(JN4) $(-fXn)/fM=0.771$

[3577] 条件式(JN5) $ndp+0.0075\times vdp-2.175=-0.058$

[3578] 条件式(JN6) $vdp=82.57$

[3579] 从表38可知,本实施例的变倍光学系统ZL38满足条件式(JK1)~(JK5)、(JM1)~(JM6)及(JN1)~(JN6)。

[3580] 图169是第38实施例的变倍光学系统ZL38的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图170是第38实施例的变倍光学系统ZL38的近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图171是第38实施例的变倍光学系统ZL38的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的彗差图, (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。

[3581] 通过图169~图171所示的各像差图可知,关于第38实施例的变倍光学系统ZL38,从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[3582] (第39实施例)

[3583] 使用图172~图175以及表39对第39实施例进行说明。如图172所示,第39实施例的变倍光学系统ZLII(ZL39)由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第1透镜组G1、具有负的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4、具有负的光焦度的第5透镜组G5及具有负的光焦度的第6透镜组G6构成。

[3584] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的将凹面朝向像侧的平凹透镜L11与双凸透镜L12接合而成的接合透镜及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13构成。

[3585] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L21、双凹透镜L22、双凸透镜L23及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L24构成。双凹透镜L22是使物体侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3586] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的物体侧组GA和具有负的光焦度的像侧组GB构成。物体侧组GA由从物体侧依次排列的双凸透镜L31、孔径光阑S及将凹面朝向像侧的负弯月形透镜L32与双凸透镜L33接合而成的接合透镜构成。像侧组GB由凹面朝向像侧的负弯月形透镜L34构成。双凸透镜L31是使物体侧和像面侧的透镜面成为非球面形状的玻璃模铸非球面透镜。

[3587] 第4透镜组G4由将从物体侧依次排列的双凸透镜L41与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L42接合而成的接合透镜构成。双凸透镜L41是使物体侧的透镜面成为非球面形状的

玻璃模铸非球面透镜。

[3588] 第5透镜组G5由凹面朝向像侧的负弯月形透镜L51构成。

[3589] 第6透镜组G6由从物体侧依次排列的双凸透镜L61、将凸面朝向像侧的正弯月形透镜L62与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L63接合而成的接合透镜及凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L64构成。

[3590] 使第1透镜组G1、第2透镜组G2、第3透镜组G3、第4透镜组G4、第5透镜组G5及第6透镜组分别向物体侧移动,使得第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的空气间隔增加,第2透镜组G2与第3透镜组G3之间的空气间隔减少,第3透镜组G3与第4透镜组G4之间的空气间隔暂时增加然后减少,第4透镜组G4与第5透镜组G5之间的空气间隔增加,第5透镜组G5与第6透镜组G6之间的空气间隔减少,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[3591] 使构成第3透镜组G3的像侧组GB(=对焦透镜组GF)向像侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[3592] 在产生像抖动时,使第5透镜组G5作为防抖透镜组VR而以具有与光轴垂直的方向上的位移分量的方式移动来,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。在第39实施例中,在广角端状态下,在校正角度0.664度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.377mm。在中间焦距状态下,在校正角度0.469度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.359mm。在远焦端状态下,在校正角度0.363度时,防抖透镜组VR的偏移量为-0.390mm。

[3593] 在下述的表39中示出第39实施例中的各参数的值。表39中的面编号1~33与图172所示的m1~m33的各光学面对应。

[3594] (表39)

[3595] [透镜参数]

面编号	R	D	vd	nd
物面	∞			
1	∞	2.00	22.74	1.80809
2	168.6059	5.45	67.90	1.59319
3	-204.1381	0.10		
4	47.0069	4.19	54.61	1.72916
5	85.1045	D5(可变)		
6	57.0314	1.35	35.72	1.90265
7	17.0881	8.40		
*8	-35.0755	1.00	51.16	1.75501
9	63.8129	0.10		
[3596] 10	40.8145	5.10	22.74	1.80809
11	-52.9940	2.58		
12	-23.0315	1.20	58.12	1.62299
13	-51.0036	D13(可变)		
*14	74.2220	4.11	54.04	1.72903
*15	-69.8827	1.00		
16	∞	5.48	(孔径光阑)	
17	59.9122	1.00	33.72	1.64769
18	28.9118	6.78	82.57	1.49782
19	-25.7826	D19(可变)		
20	1008.1852	1.00	56.24	1.65100
21	30.4711	D21(可变)		
*22	27.9558	5.40	67.02	1.59201

	23	-42.4982	1.00	35.72	1.90265	
	24	-64.8363	D24(可变)			
	25	223.4467	1.00	35.25	1.74950	
	26	31.2261	D26(可变)			
	27	33.7181	7.66	81.56	1.49710	
[3597]	28	-23.5370	0.14			
	29	-30.5959	7.89	22.74	1.80809	
	30	-18.2842	1.35	40.66	1.88300	
	31	-46.5493	3.09			
	32	-19.1643	1.30	54.61	1.72916	
	33	-95.9930	D33(可变)			
	像面	∞				
[3598]	[非球面数据]					
	面编号	κ	A4	A6	A8	A10
	第 8 面	0.00	2.89684E-06	-1.52154E-09	9.65135E-12	1.80551E-13
[3599]	第 14 面	0.00	6.80639E-06	8.87567E-08	3.26125E-11	0.00000E+00
	第 15 面	0.00	2.37132E-05	9.36004E-08	2.05650E-10	-1.50000E-13
	第 22 面	0.00	1.59007E-07	1.94525E-09	-5.68547E-11	0.00000E+00
[3600]	[各种数据]					
[3601]	变倍比 3.34					
		广角端		中间		远焦端
	f	24.7	~	49.5	~	82.5
	FNO	2.9	~	3.9	~	4.1
[3602]	2 ω	82.4	~	47.2	~	28.8
	Y	19.1	~	21.5	~	21.6
	TL(空气)	128.0	~	142.7	~	166.0
	BF(空气)	14.9	~	31.1	~	39.2
[3603]	[可变间隔数据]					

		无限远对焦时			近距离对焦时		
		广角端	中间	远焦端	广角端	中间	远焦端
[3604]	f	24.7	49.5	82.5	24.7	49.5	82.5
	D5	1.10	13.39	32.72			
	D13	17.85	5.59	1.10			
	D19	1.61	1.61	1.61	2.52	4.25	7.87
	D21	6.67	6.51	6.55	5.76	3.86	0.29
	D24	1.50	3.27	3.61			
	D26	4.69	1.57	1.54			
	D33	14.89	31.13	39.20			
[3605]	[透镜组数据]						
		组初面	组焦距				
第 1 透镜组		1	111.42				
第 2 透镜组		6	-18.73				
[3606]	第 3 透镜组	14	38.98				
第 4 透镜组		22	36.75				
第 5 透镜组		25	-48.54				
第 6 透镜组		27	-703.75				
[3607]	[条件式对应值]						
[3608]	条件式 (JL1) $ (rB+rA) / (rB-rA) = 23.228$						
[3609]	条件式 (JL2) $ fF / fM = 1.239$						
[3610]	条件式 (JL3) $dAB / fF = 0.136$						
[3611]	条件式 (JL4) $(-fXn) / fM = 0.480$						
[3612]	条件式 (JL7) $ndn + 0.0075 \times vdn - 2.175 = -0.102$						
[3613]	条件式 (JL8) $vdn = 56.24$						
[3614]	条件式 (JM1) $dV / fV = 0.032$						
[3615]	条件式 (JM2) $ fF / fM = 1.239$						
[3616]	条件式 (JM3) $dAB / fF = 0.136$						
[3617]	条件式 (JM4) $(-fXn) / fM = 0.480$						
[3618]	条件式 (JM7) $ndn + 0.0075 \times vdn - 2.175 = -0.102$						
[3619]	条件式 (JM8) $vdn = 56.24$						
[3620]	条件式 (JN1) $ fF / fM = 1.239$						
[3621]	条件式 (JN2) $dV / fV = 0.032$						
[3622]	条件式 (JN3) $dAB / fF = 0.136$						

[3623] 条件式(JN4) $(-fX_n)/f_M=0.480$

[3624] 条件式(JN7) $nd_n+0.0075\times v_{dn}-2.175=-0.102$

[3625] 条件式(JN8) $v_{dn}=56.24$

[3626] 从表39可知,本实施例的变倍光学系统ZL39满足条件式(JL1)~(JL4)、(JL7)、(JL8)、(JM1)~(JM4)、(JM7)、(JM8)、(JN1)~(JN4)、(JN7)及(JN8)。

[3627] 图173是第39实施例的变倍光学系统ZL39的无限远对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图174是第39实施例的变倍光学系统ZL39的近距离对焦时的各像差图(球面像差图、像散图、畸变图、倍率色像差图以及彗差图), (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。图175是第39实施例的变倍光学系统ZL39的进行了无限远对焦时的像抖动校正时的彗差图, (a)表示广角端状态, (b)表示中间焦距状态, (c)表示远焦端状态。

[3628] 通过图173~图175所示的各像差图可知,关于第39实施例的变倍光学系统ZL39,从广角端状态到远焦端状态、且从无限远对焦状态到近距离对焦状态良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。另外,可知在像抖动校正时具有高成像性能。

[3629] 根据以上的各实施例,能够实现小型、对焦时的像倍率变化小且具有良好的光学性能的变倍光学系统。

[3630] 到此为止为了使本发明容易理解,附上实施方式的构成要素来进行了说明,但是本发明当然不限于于此。能够在不损坏本申请的变倍光学系统的光学性能的范围内适当采用以下的内容。

[3631] 作为第11~第14实施方式的变倍光学系统ZLII的数值实施例,虽然示出4组、5组、6组结构,但是并不限于此,也能够应用于其他的组结构(例如,7组等)。具体地讲,也可以是在最靠物体侧增加了透镜或透镜组的结构、在最靠像侧增加了透镜或透镜组的结构。另外,第1~6透镜组、前侧透镜组、中间透镜组以及后侧透镜组表示被在进行变倍时变化的空气间隔分离的、具有至少一个透镜的部分。另外,对焦透镜组GF表示被在进行对焦时变化的空气间隔分离的、具有至少一个透镜的部分。另外,防抖透镜组表示被防抖时移动的部分与防抖时不移动的部分的边界分离的、具有至少一个透镜的部分。

[3632] 在第11~第14实施方式的变倍光学系统ZLII中,也可以构成为,为了进行从无限远向近距离物体的对焦,使透镜组的一部分、一个透镜组整体或者多个透镜组作为对焦透镜组而在光轴方向上移动。另外,这样的对焦透镜组也能够应用于自动聚焦,也适合于自动聚焦用的电机(例如,超声波电机等)所进行的驱动。

[3633] 在第11~第14实施方式的变倍光学系统ZLII中,也可以使任意一个透镜组整体或部分透镜组作为以具有与光轴垂直的方向上的分量的方式移动、或者在包含光轴的面内方向旋转移动(摆动)来对由手抖等产生的像抖动进行校正的防抖透镜组。特别是,优选使第4透镜组G4的至少一部分或者第5透镜组G5的至少一部分作为防抖透镜组。

[3634] 在第11~第14实施方式的变倍光学系统ZLII中,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时,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。另外,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。另外,透镜面也可以是衍射面,也可以使透镜为折射率分布型透镜 (GRIN透镜) 或塑料透镜。

[3635] 在第11~第14实施方式的变倍光学系统ZLII中,孔径光阑S虽然优选配置于第3透镜组G3的附近,但是也可以不设置作为孔径光阑的部件,而通过透镜的框代替其作用。

[3636] 在第11~第14实施方式的变倍光学系统ZLII中,在各透镜面上,为了减轻眩光、重影并实现高对比度的良好的光学性能,也可以施加在宽波长区域中具有高透射率的防反射膜。

[3637] 第11~第14实施方式的变倍光学系统ZLII的变倍比为3~4.5倍左右。

[3638] 标号说明

[3639] ZLI (ZL1~ZL14) 变倍光学系统 (第1~第10实施方式)

[3640] ZLII (ZL15~ZL39) 变倍光学系统 (第11~第14实施方式)

[3641] G1 第1透镜组

[3642] G2 第2透镜组

[3643] G3 第3透镜组

[3644] GA 物体侧组

[3645] GB 像侧组

[3646] G4 第4透镜组

[3647] G5 第5透镜组

[3648] G6 第6透镜组

[3649] GX 前侧透镜组

[3650] GM 中间透镜组

[3651] GR 后侧透镜组

[3652] GF 对焦透镜组

[3653] VR 防抖透镜组

[3654] S 孔径光阑

[3655] I 像面

[3656] 1、11 相机 (光学设备)。

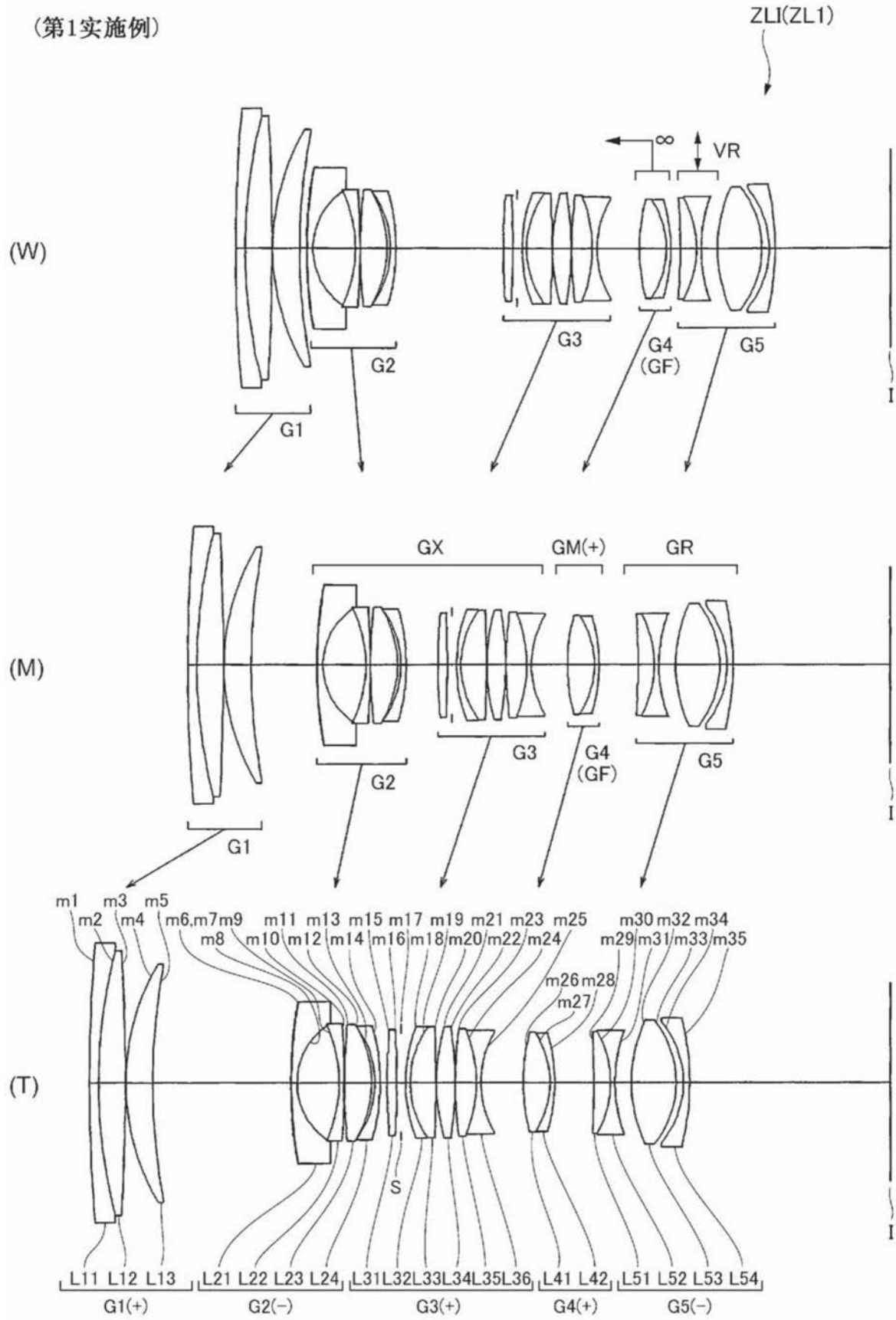


图1

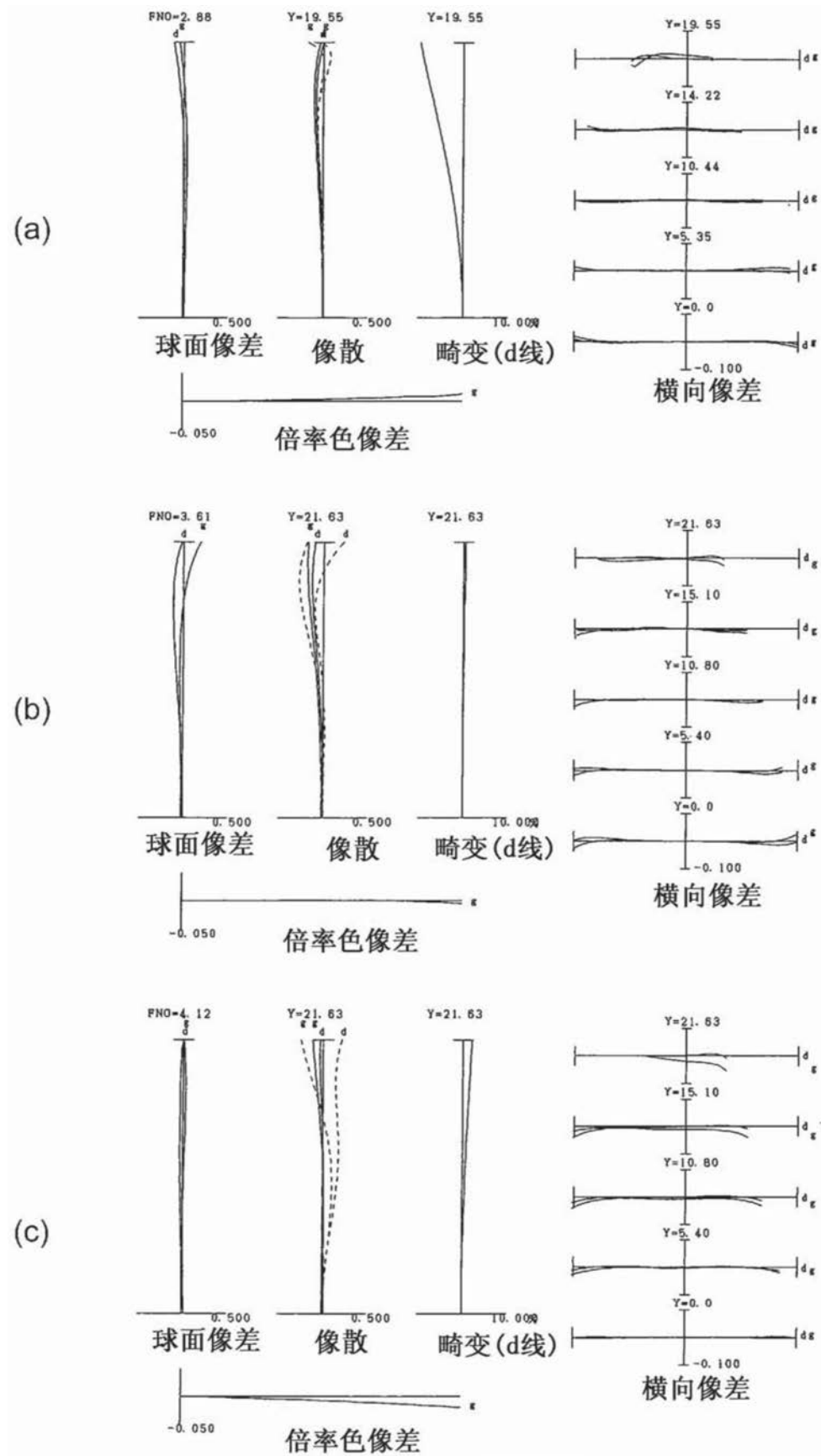


图2

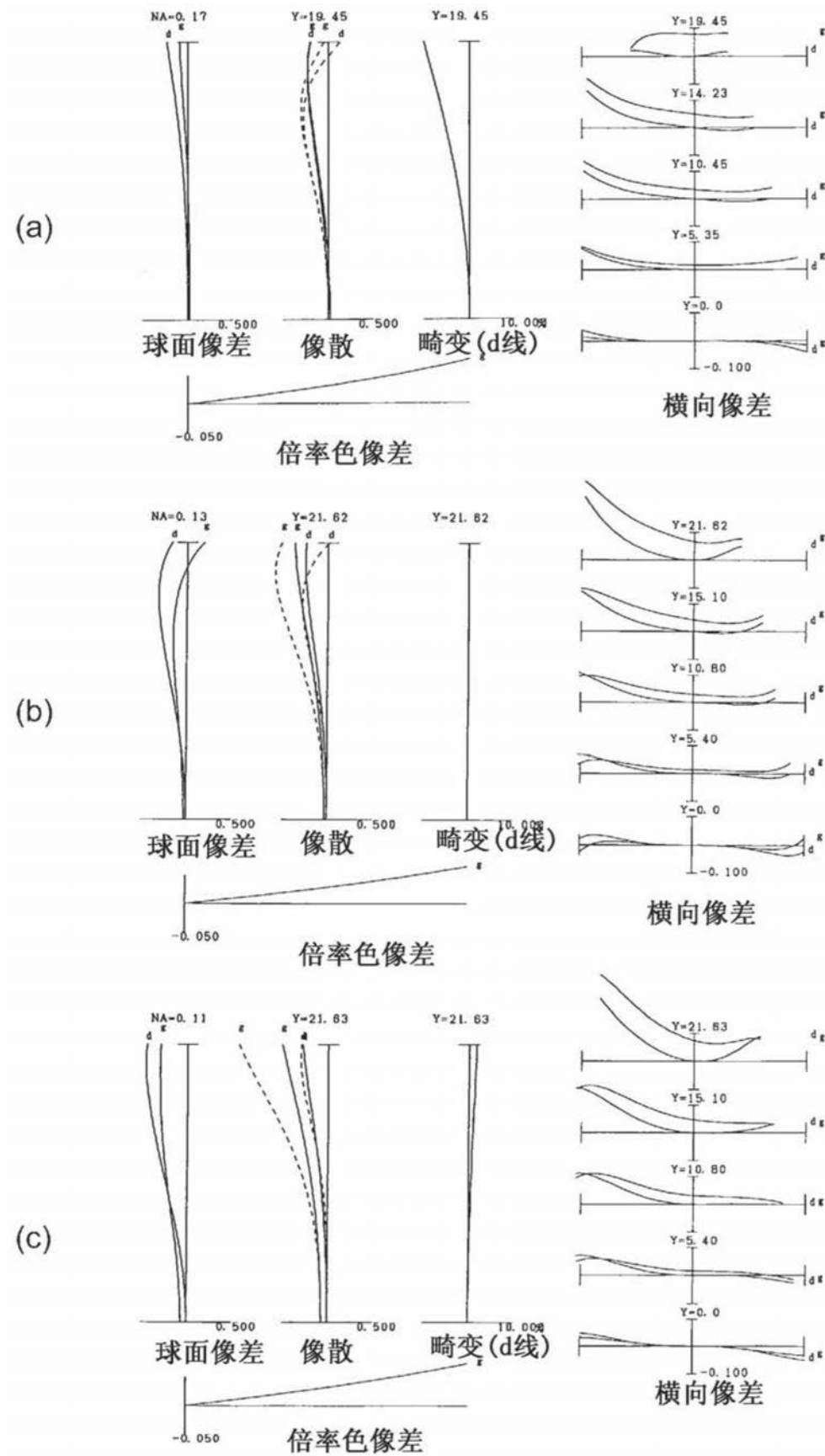


图3

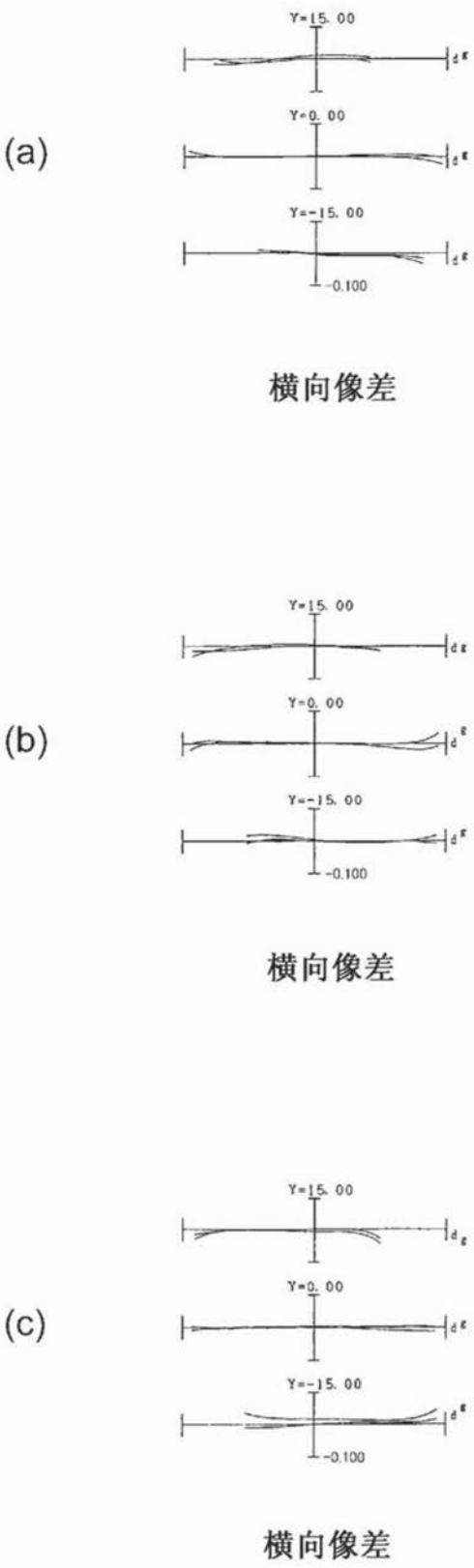


图4

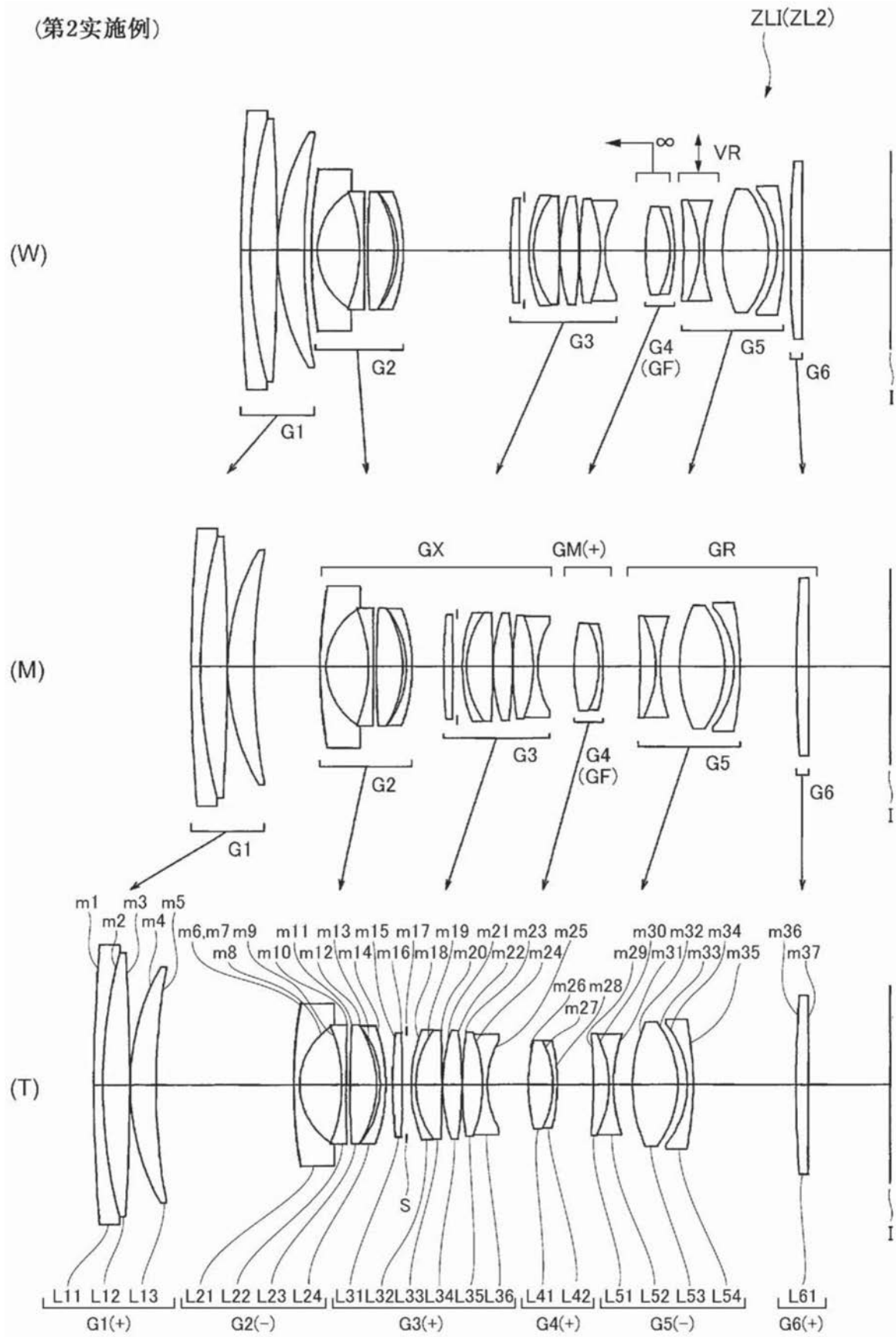


图5

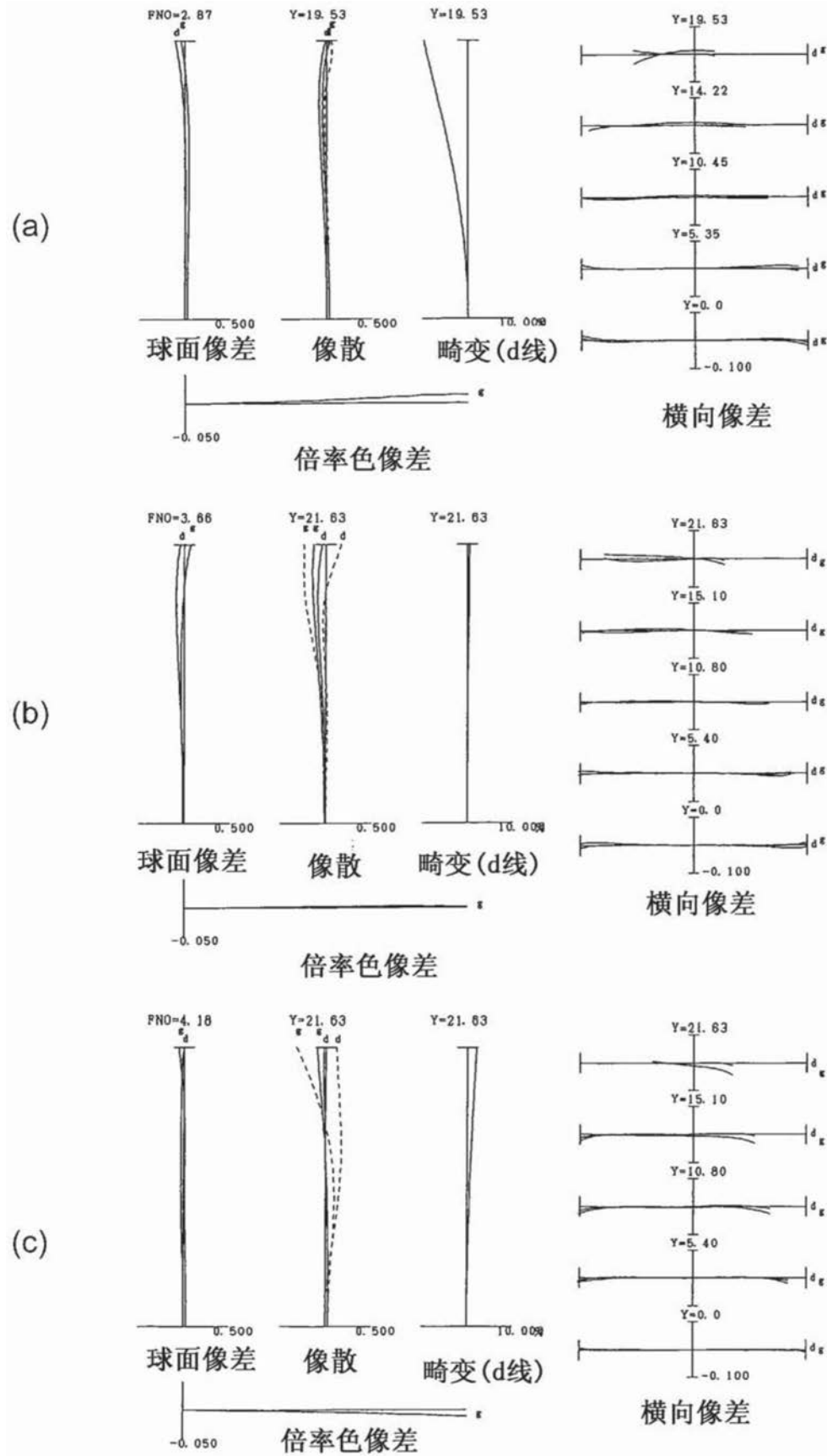


图6

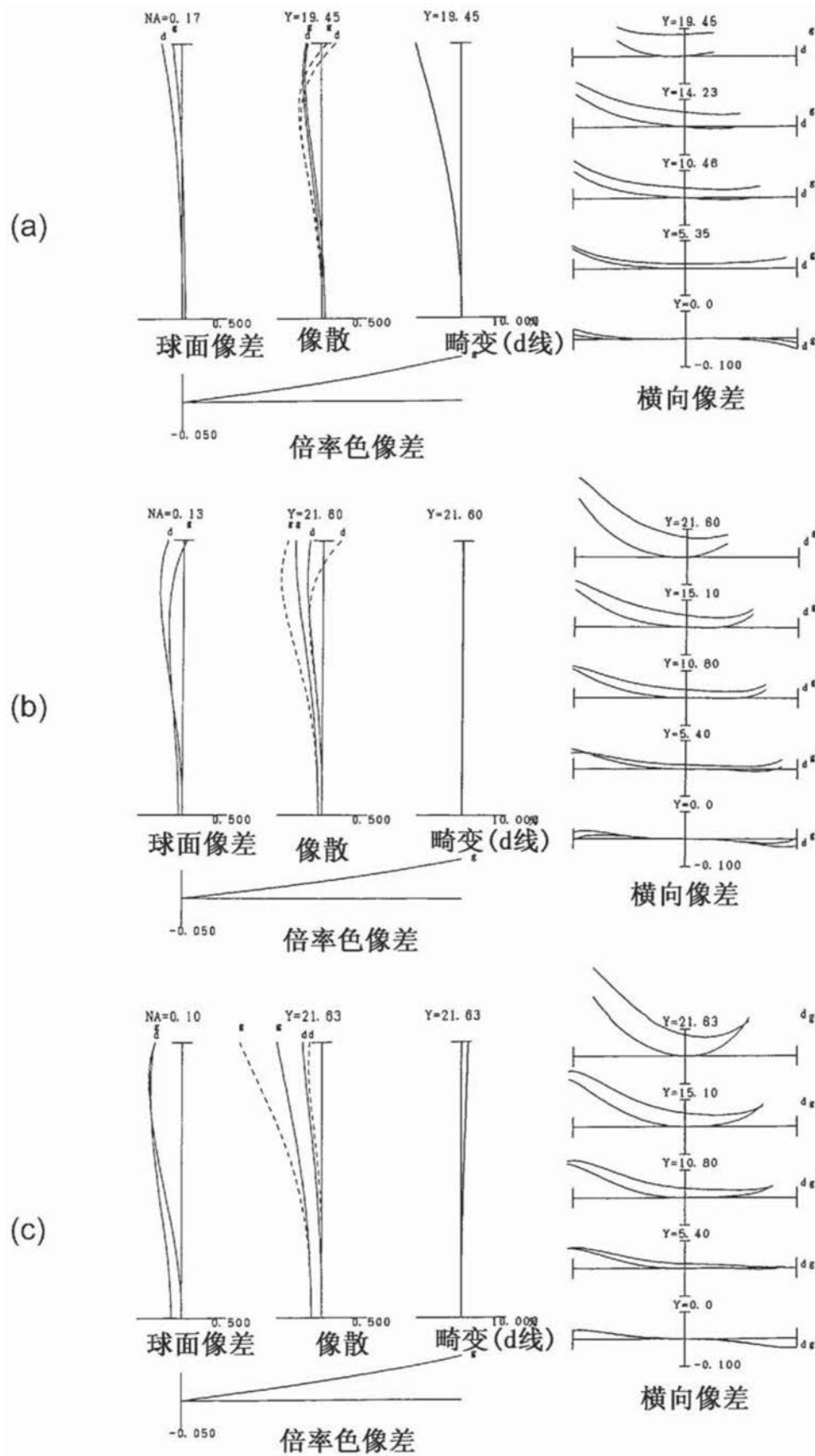


图7

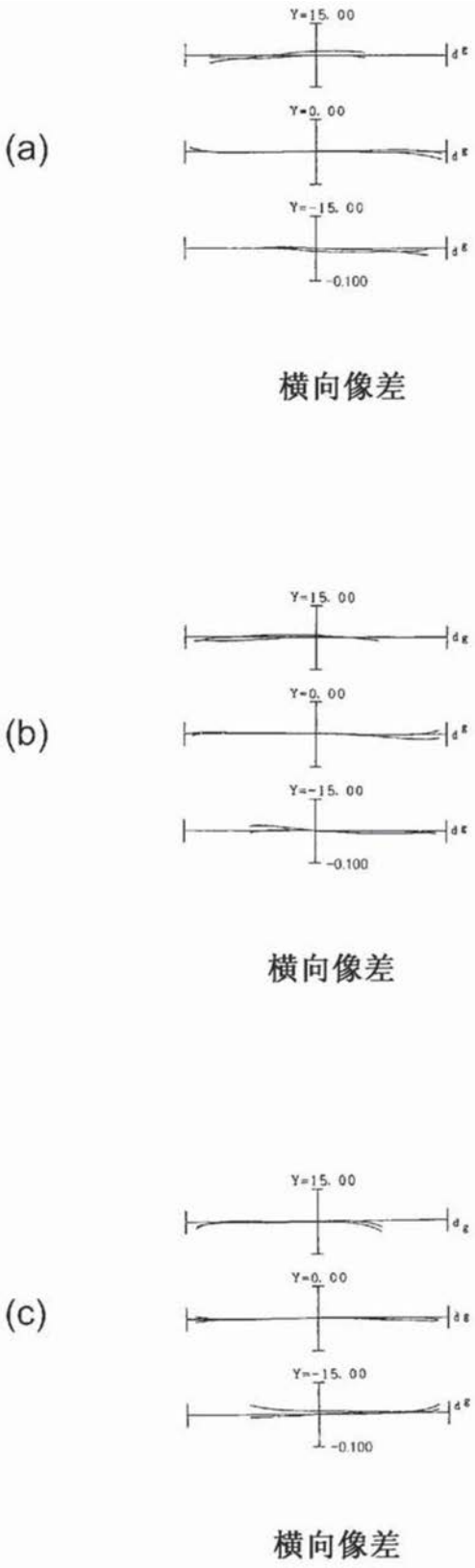


图8

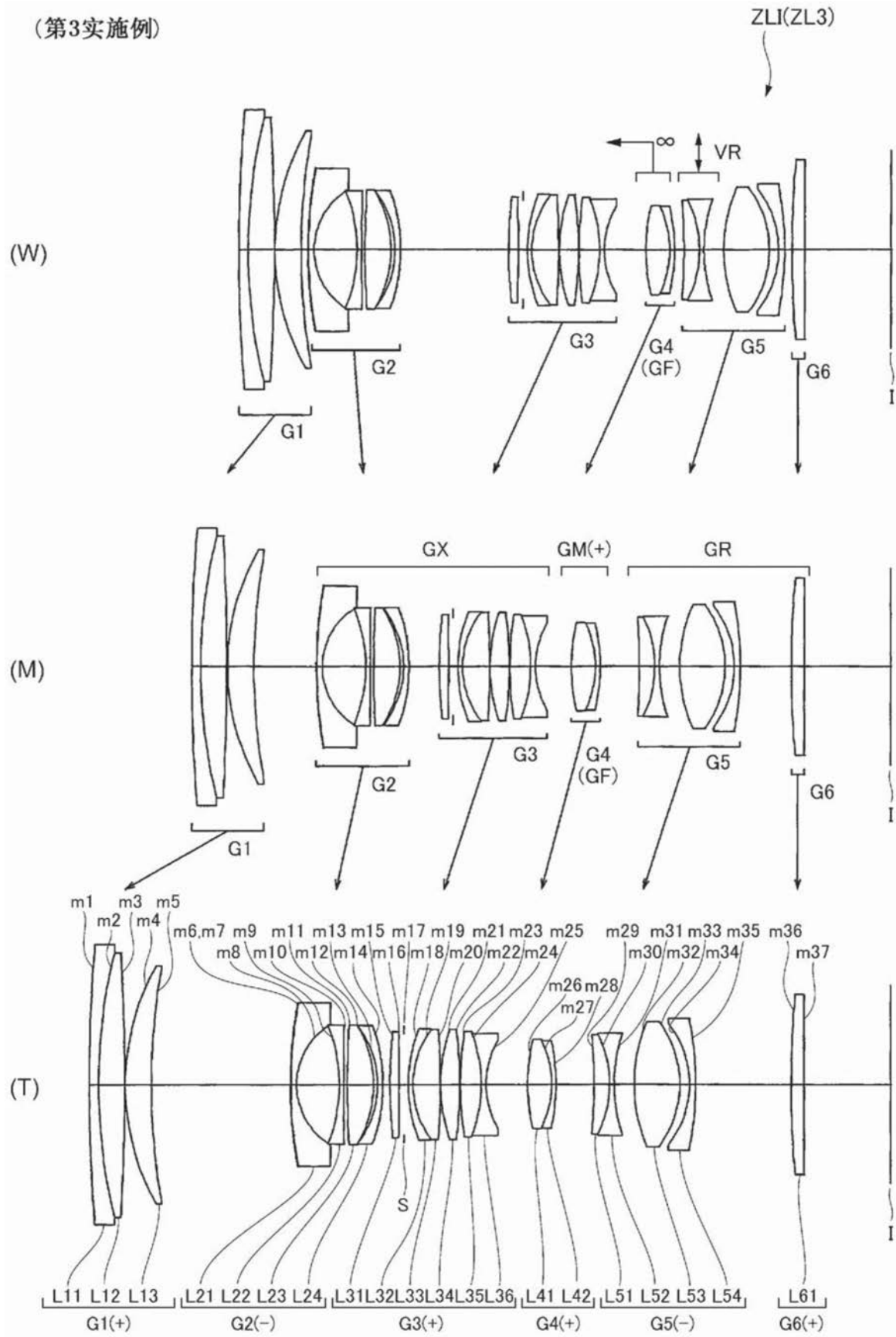


图9

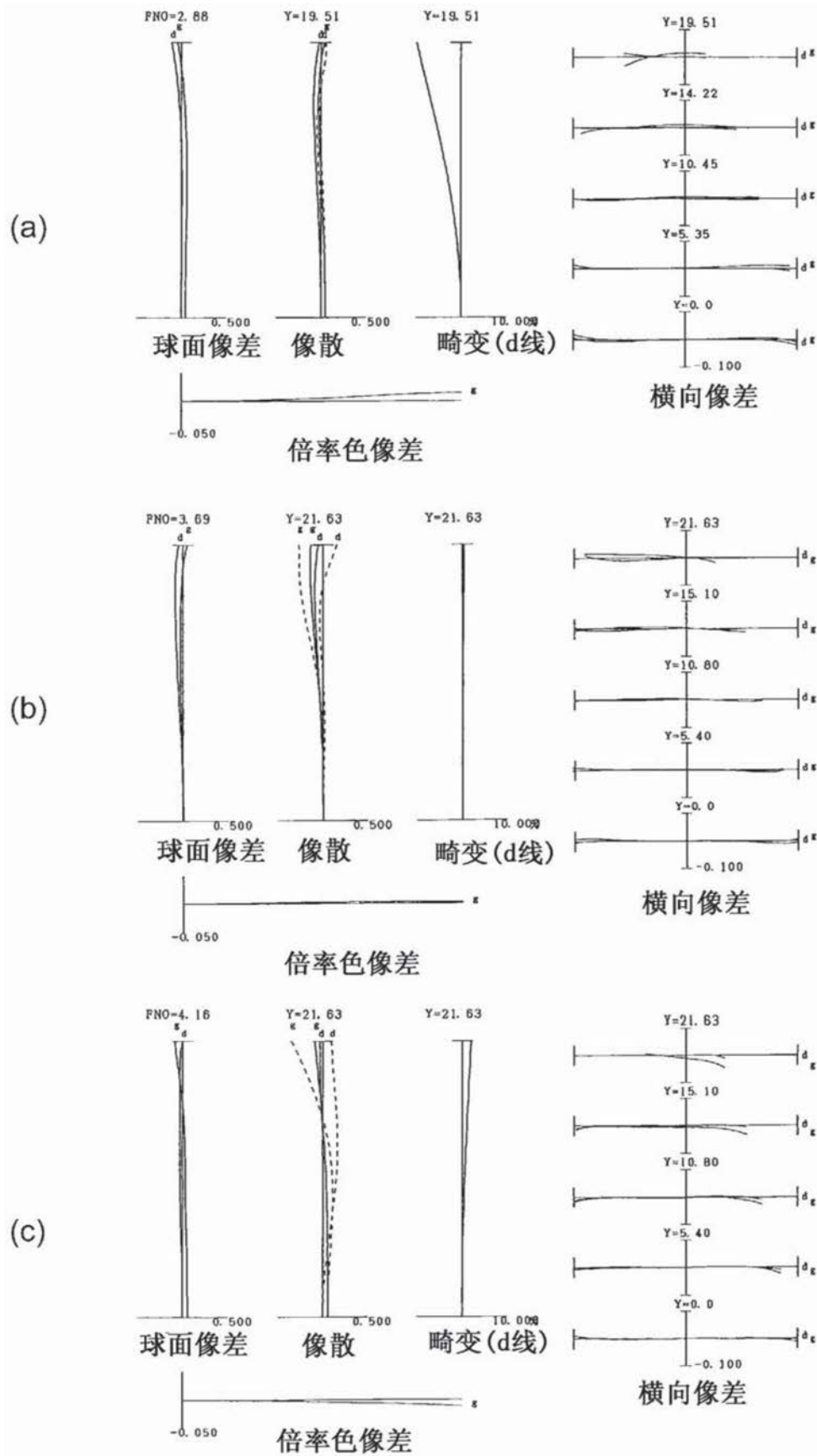


图10

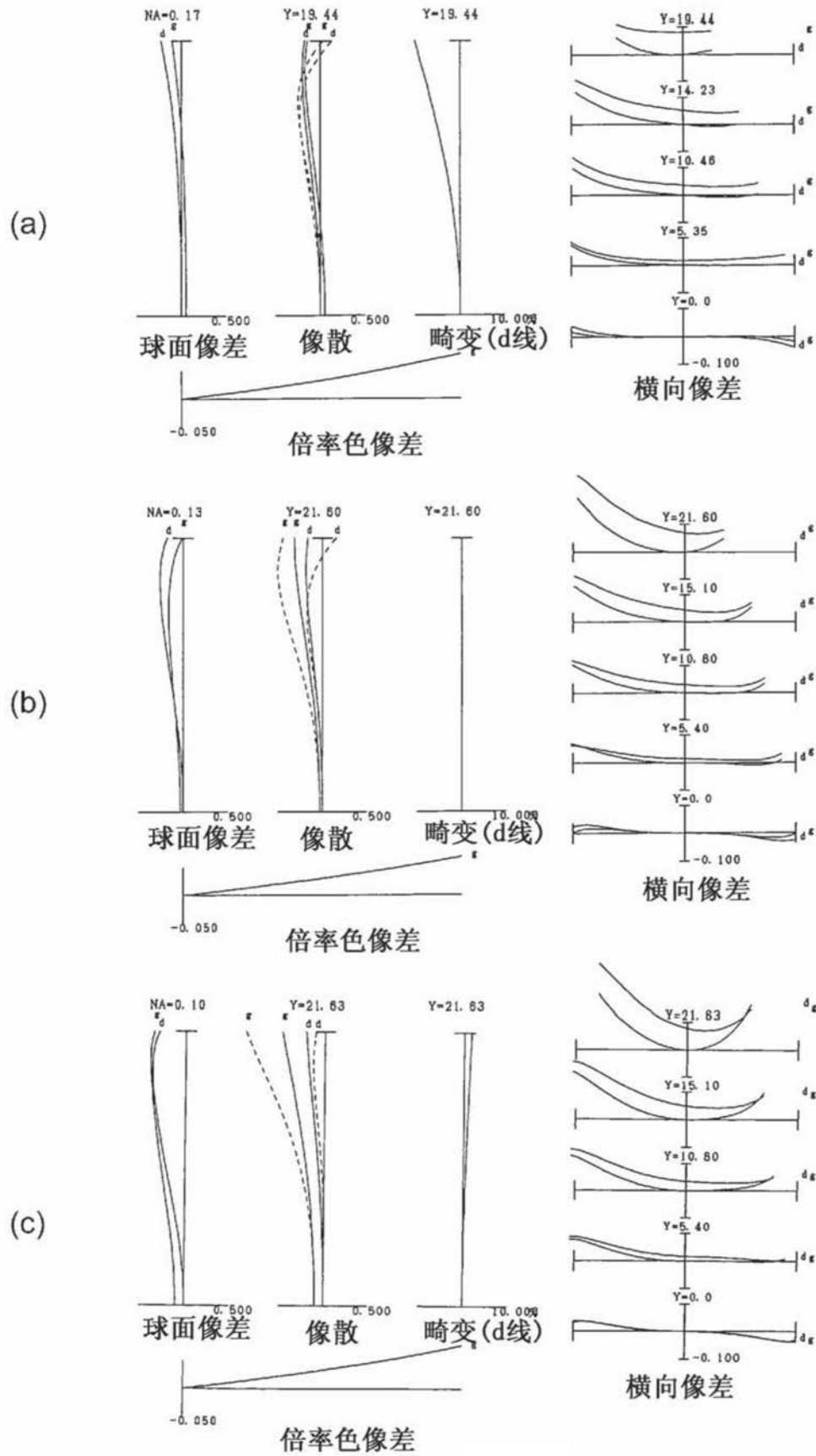


图11

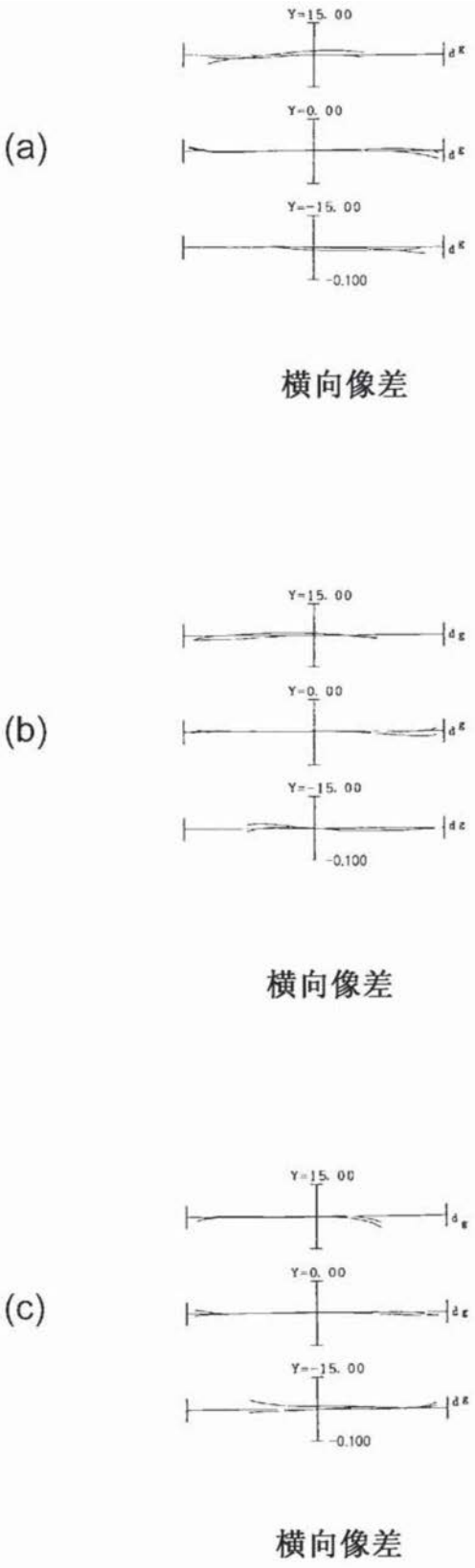


图12

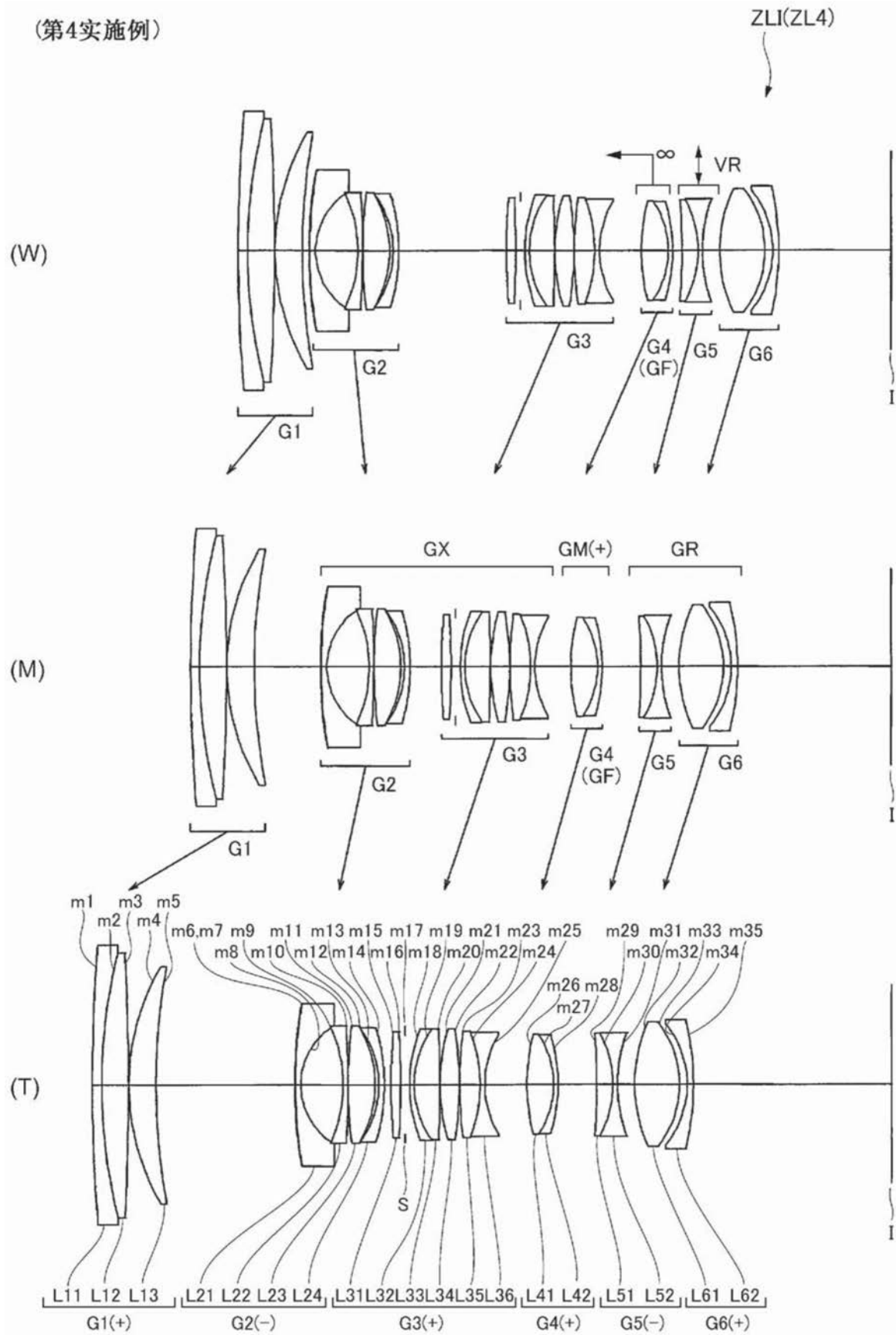


图13

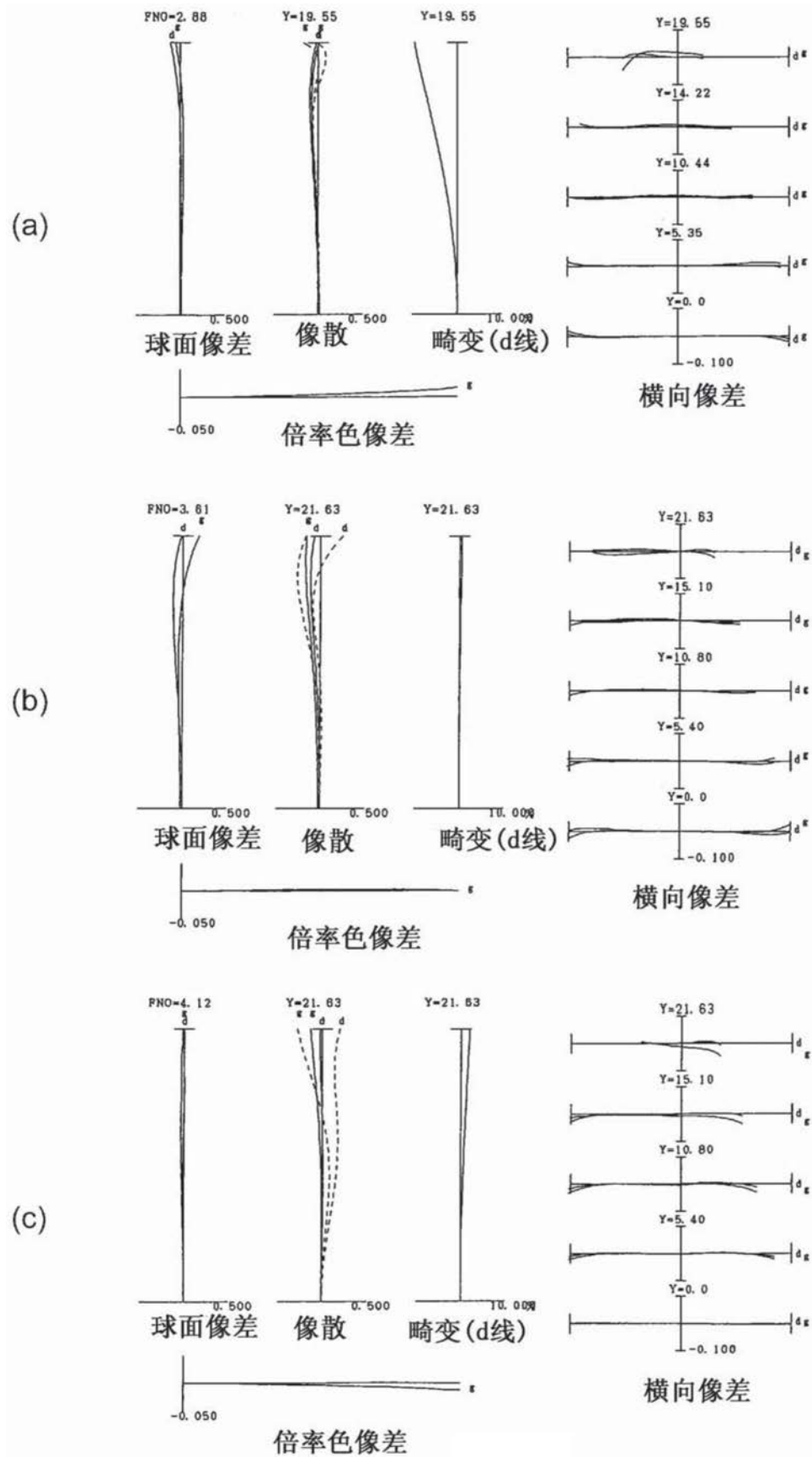


图14

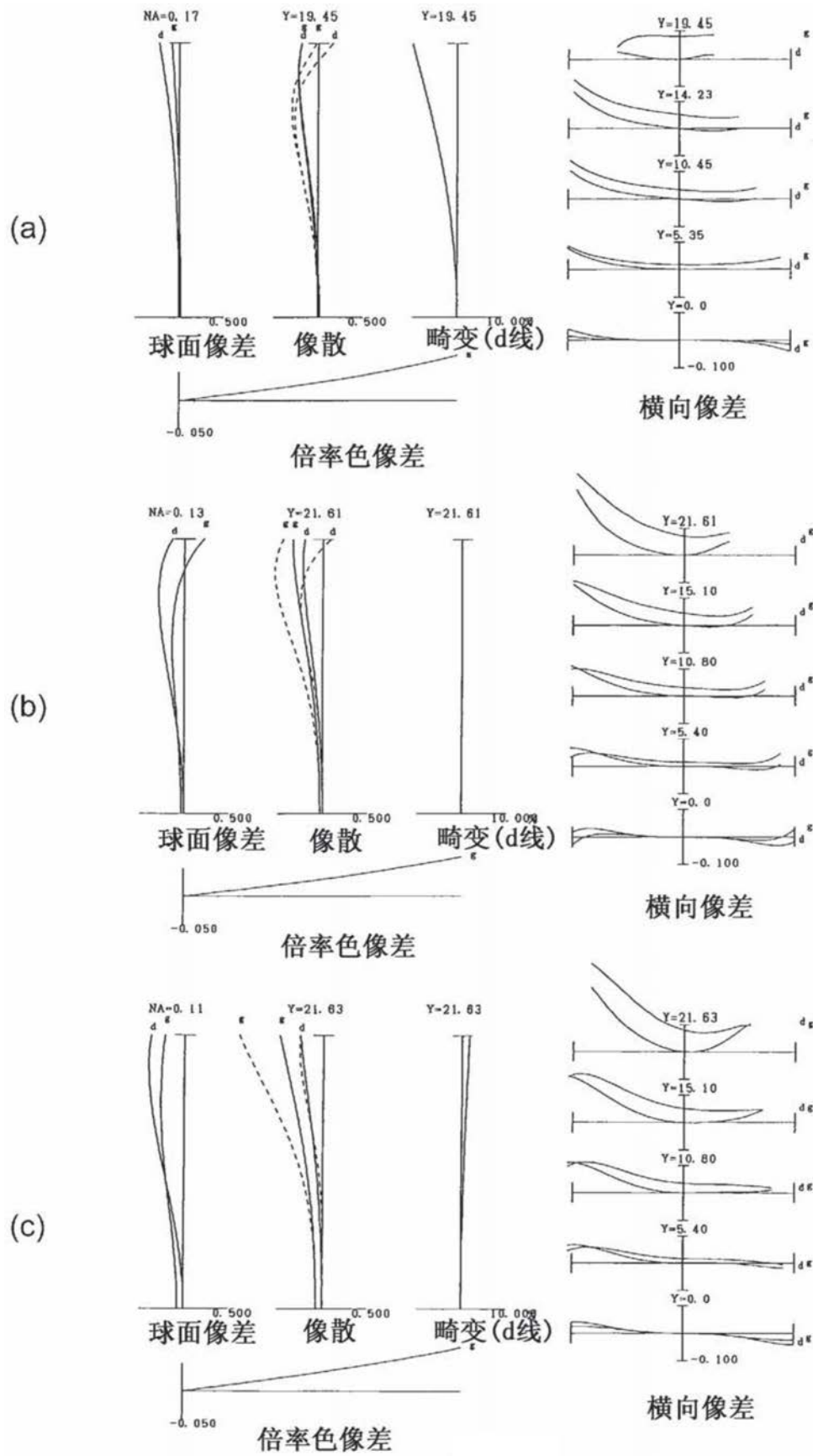


图15

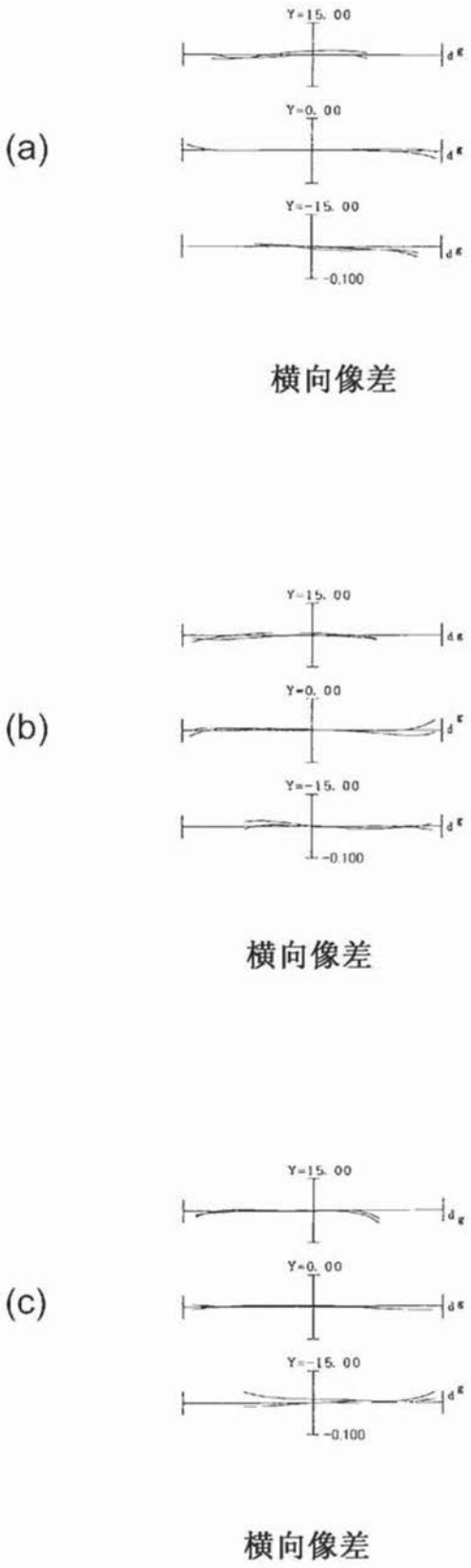


图16

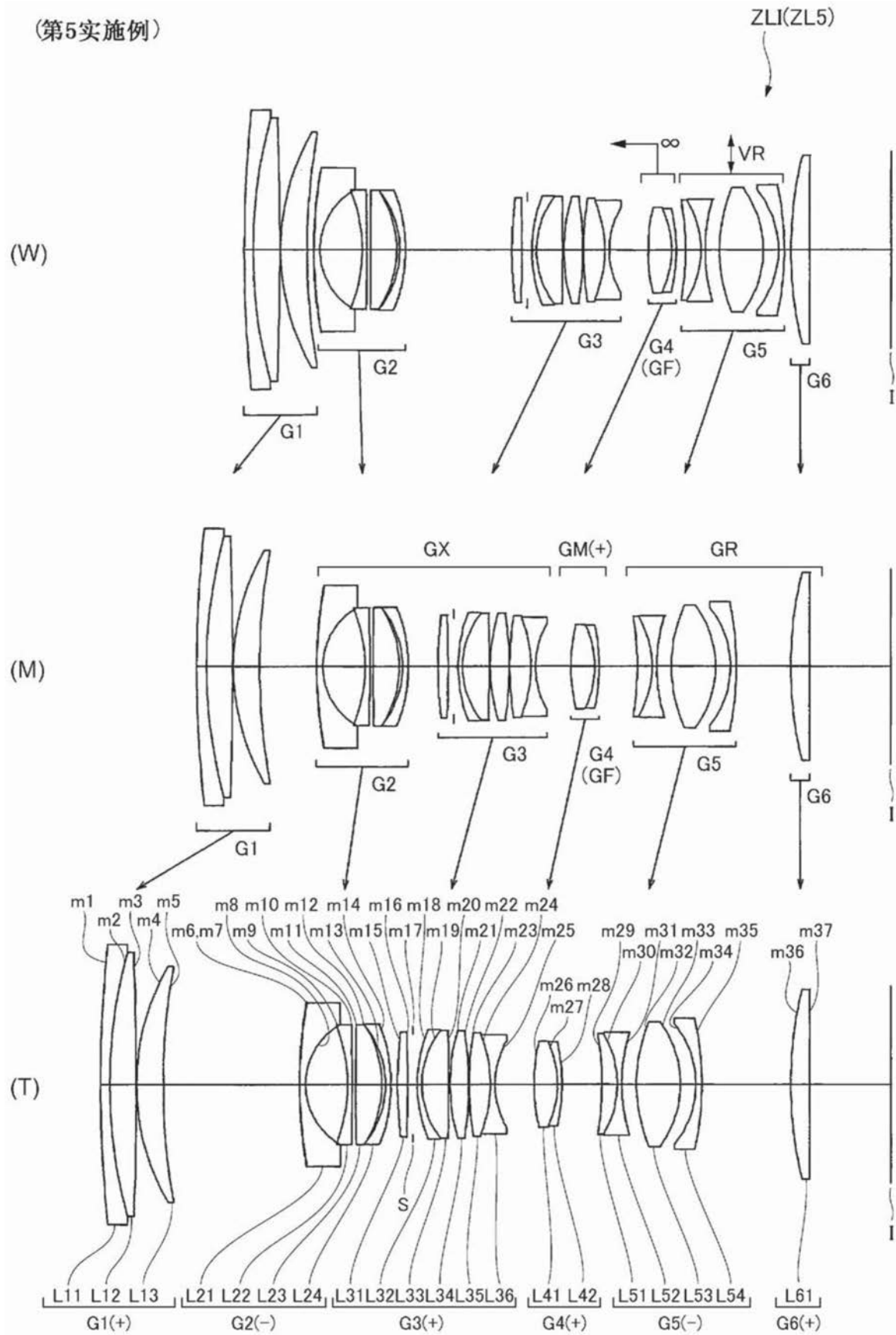


图17

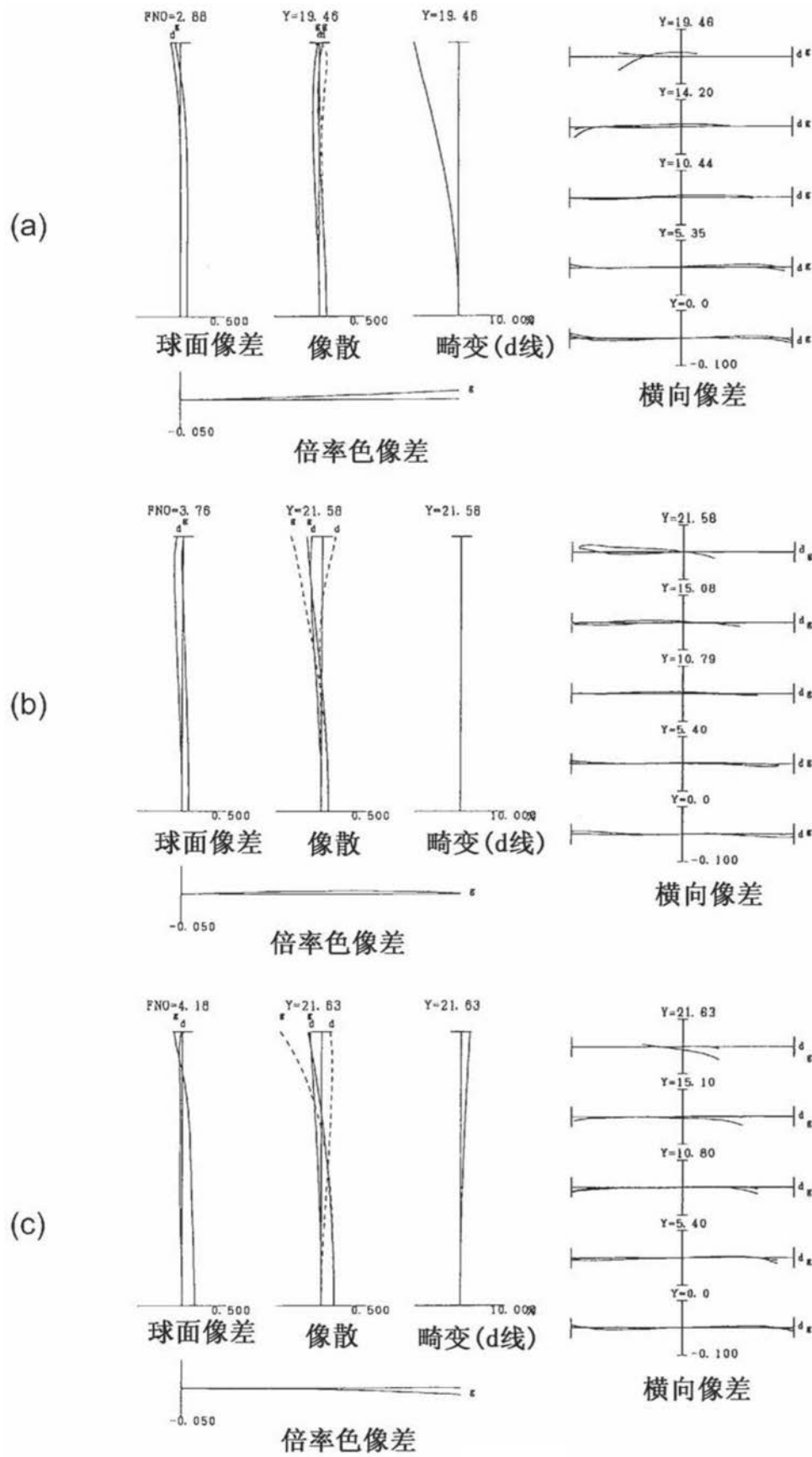


图18

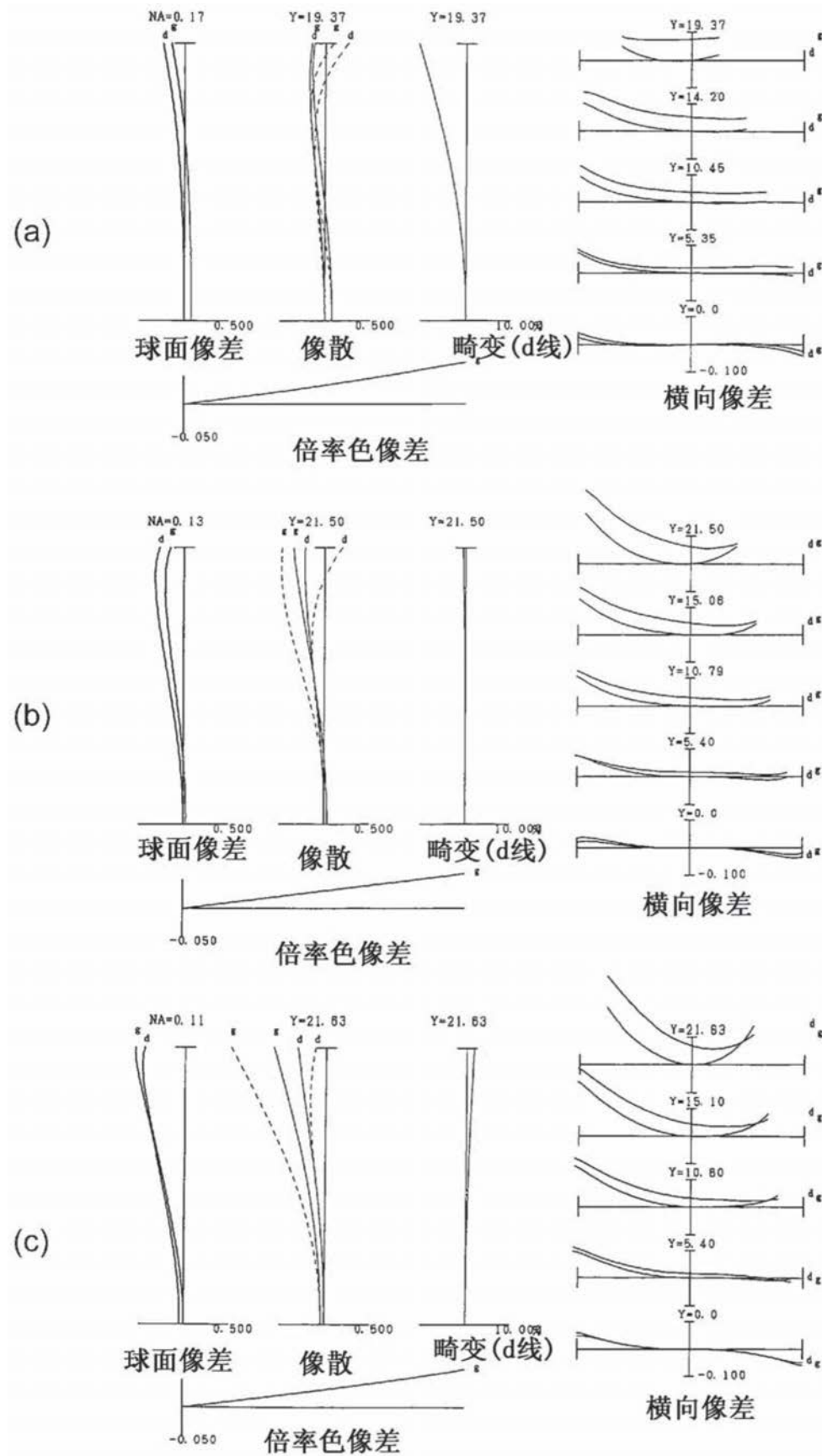


图19

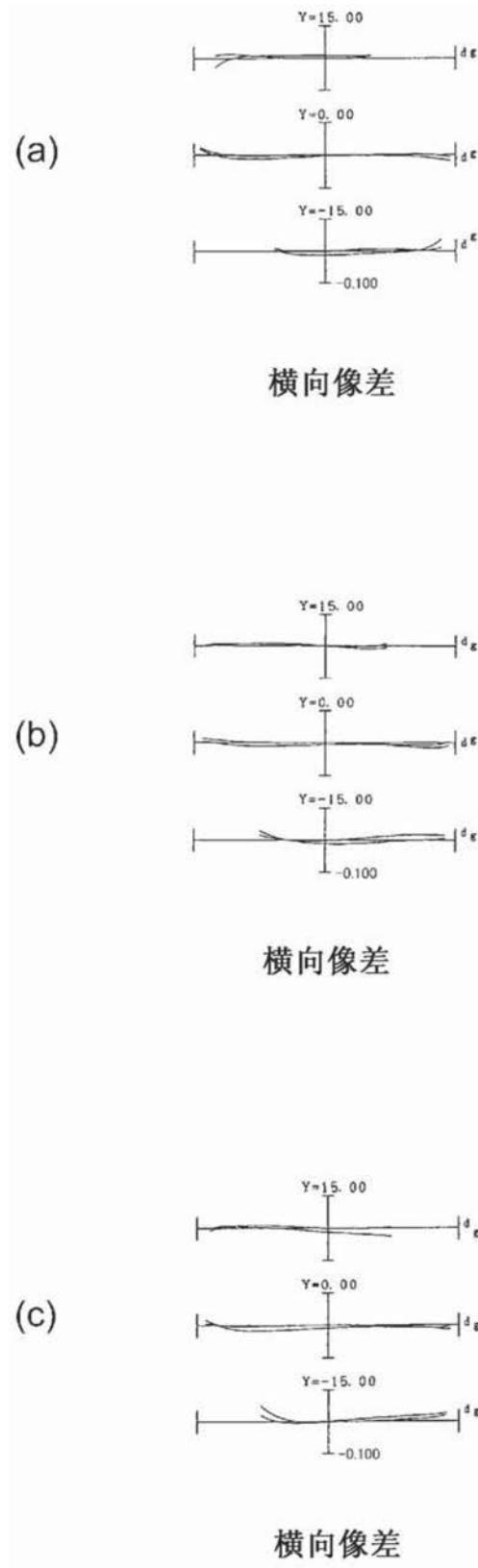


图20

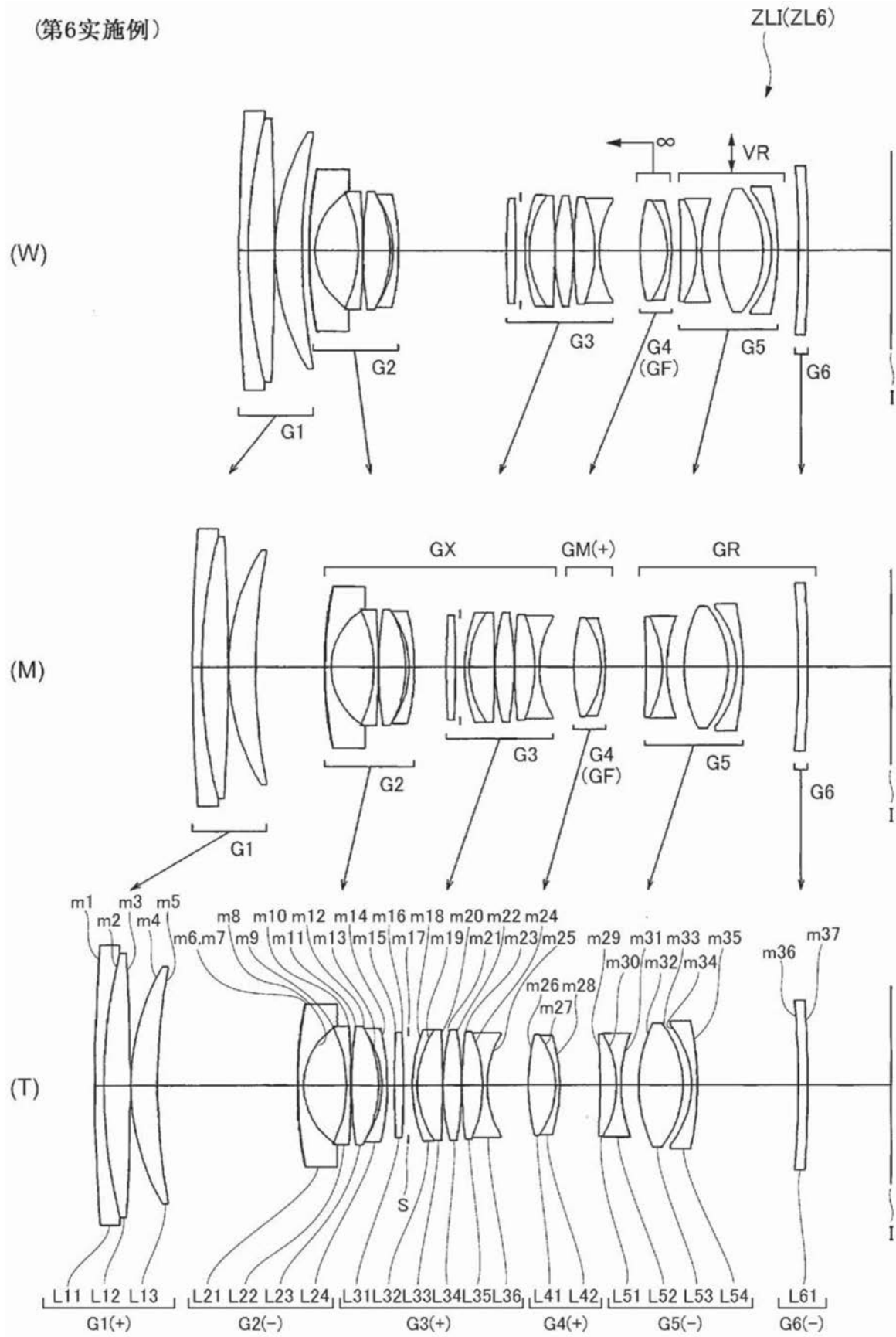


图21

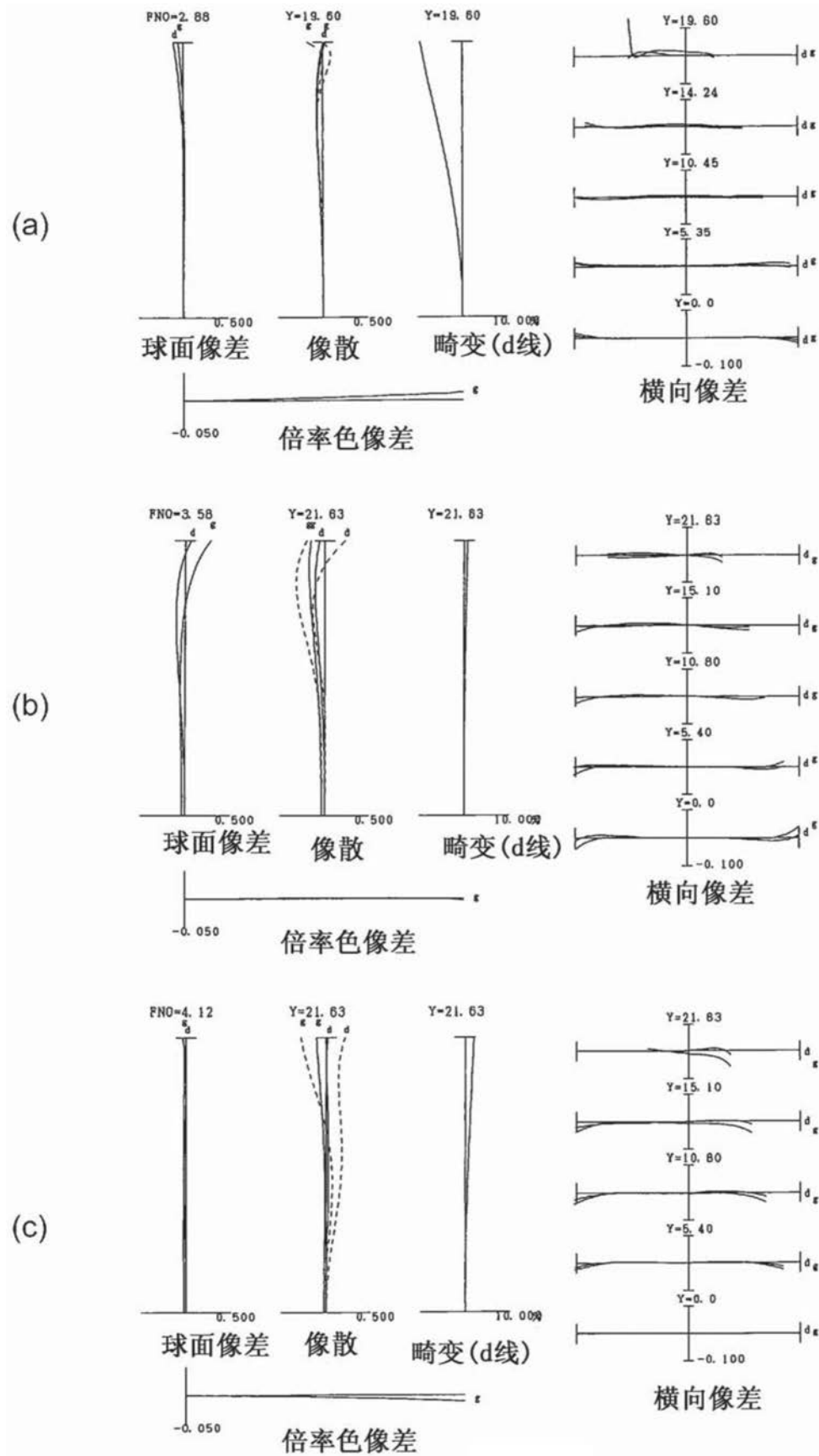


图22

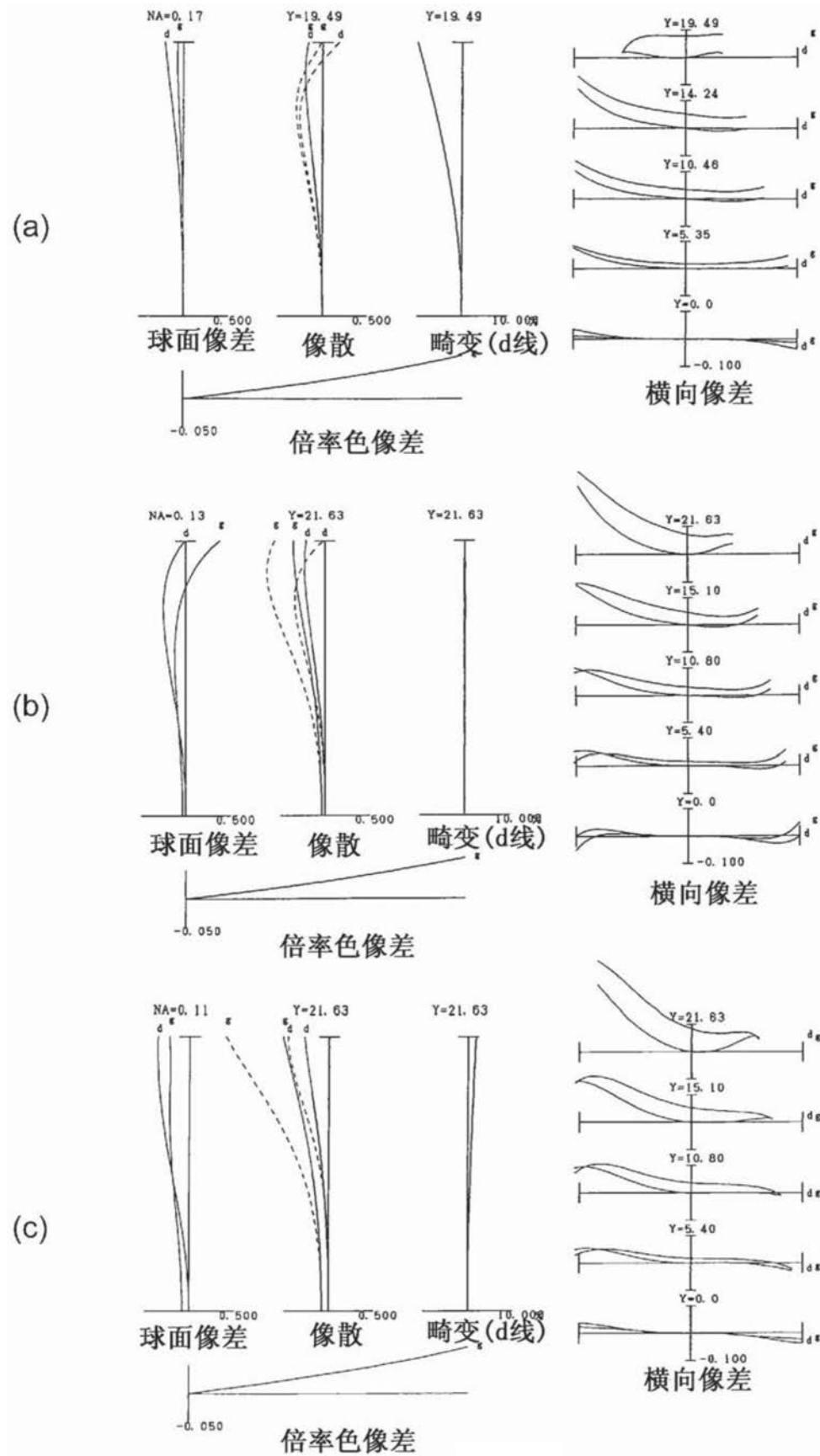


图23

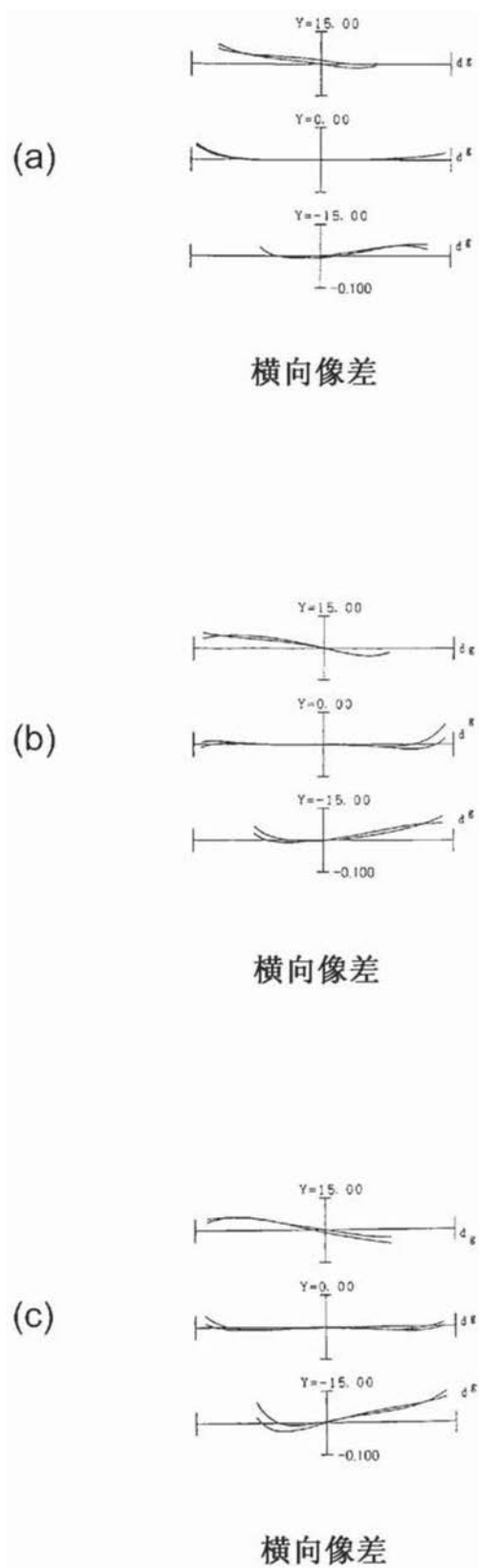


图24

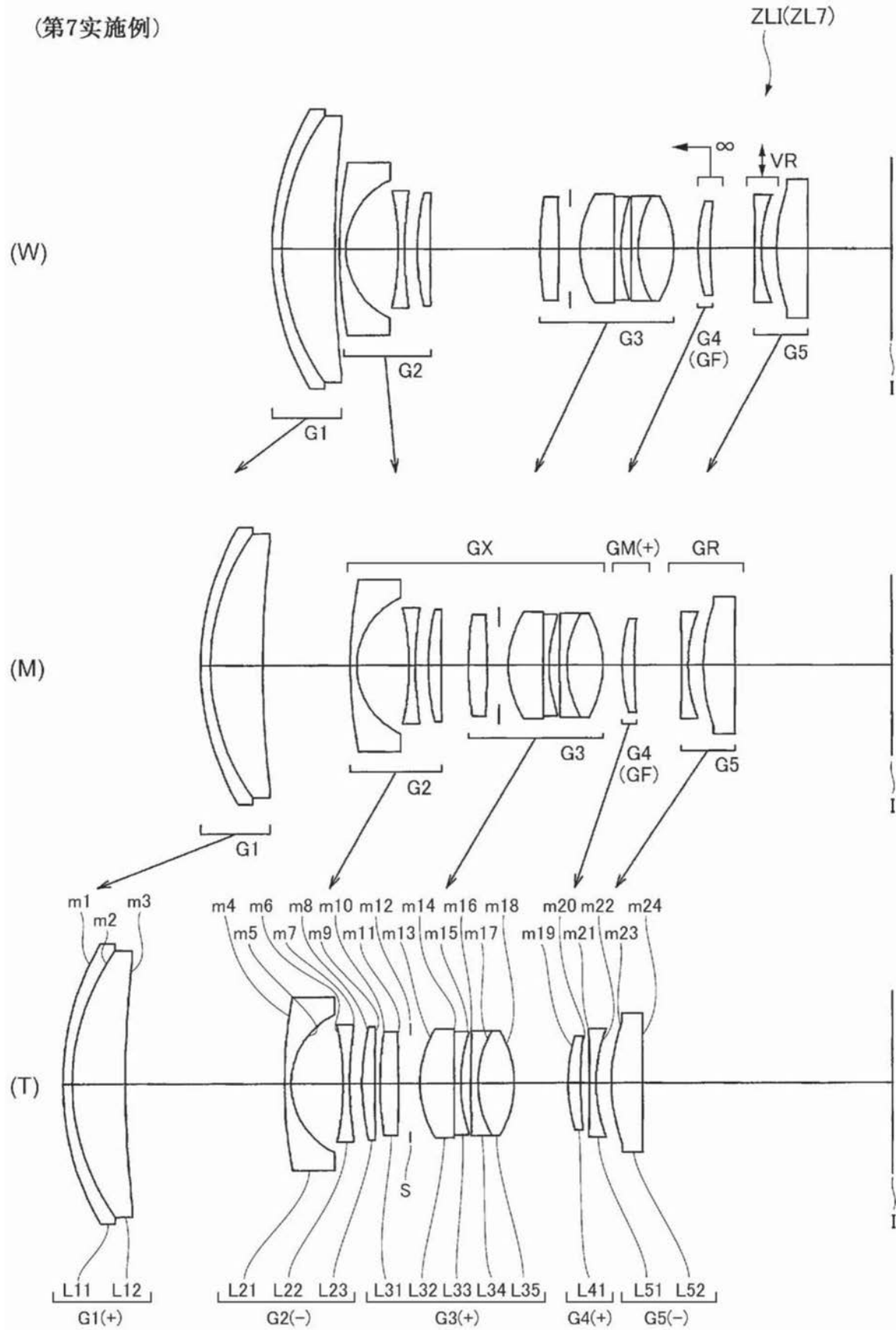


图25

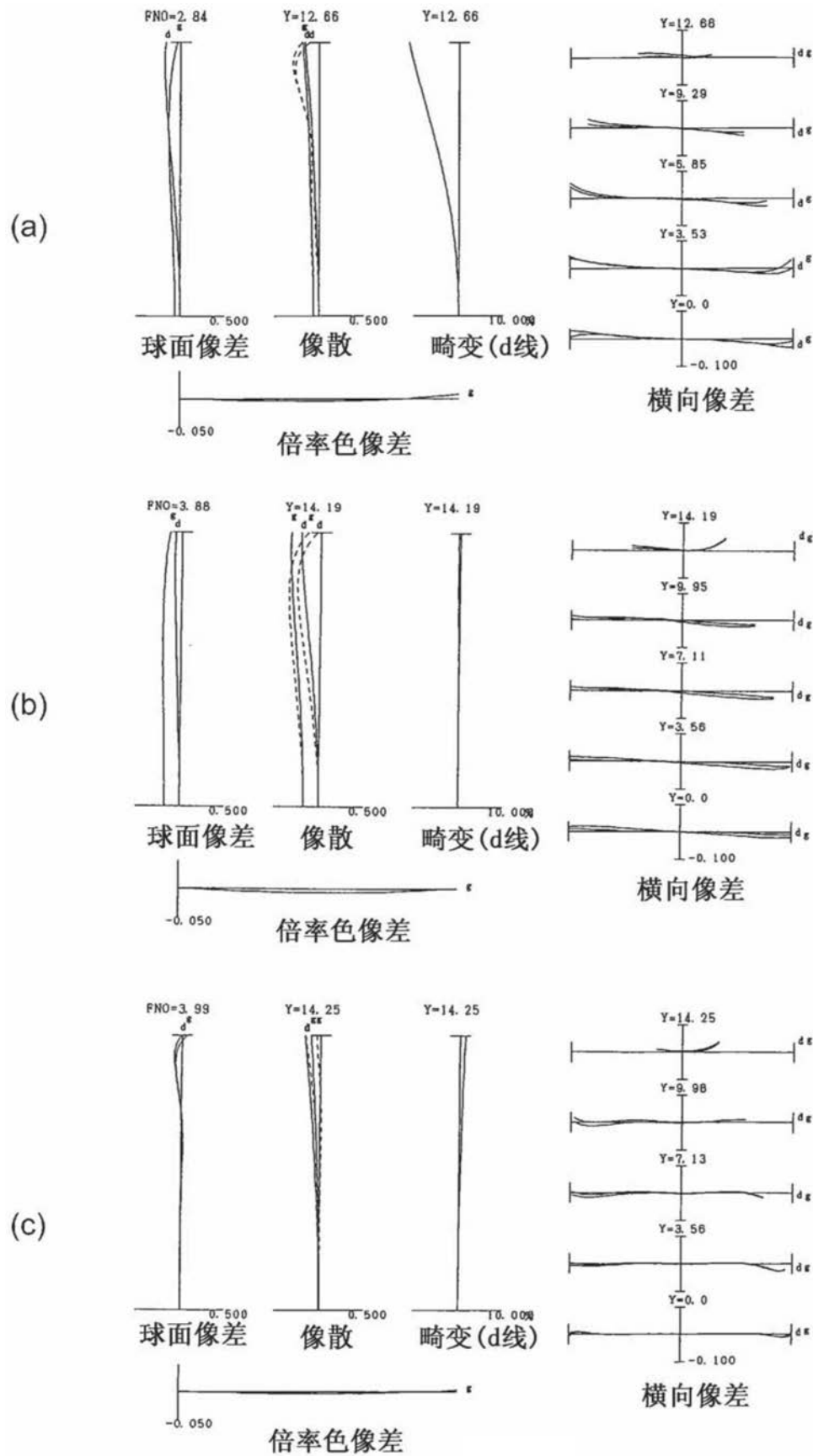


图26

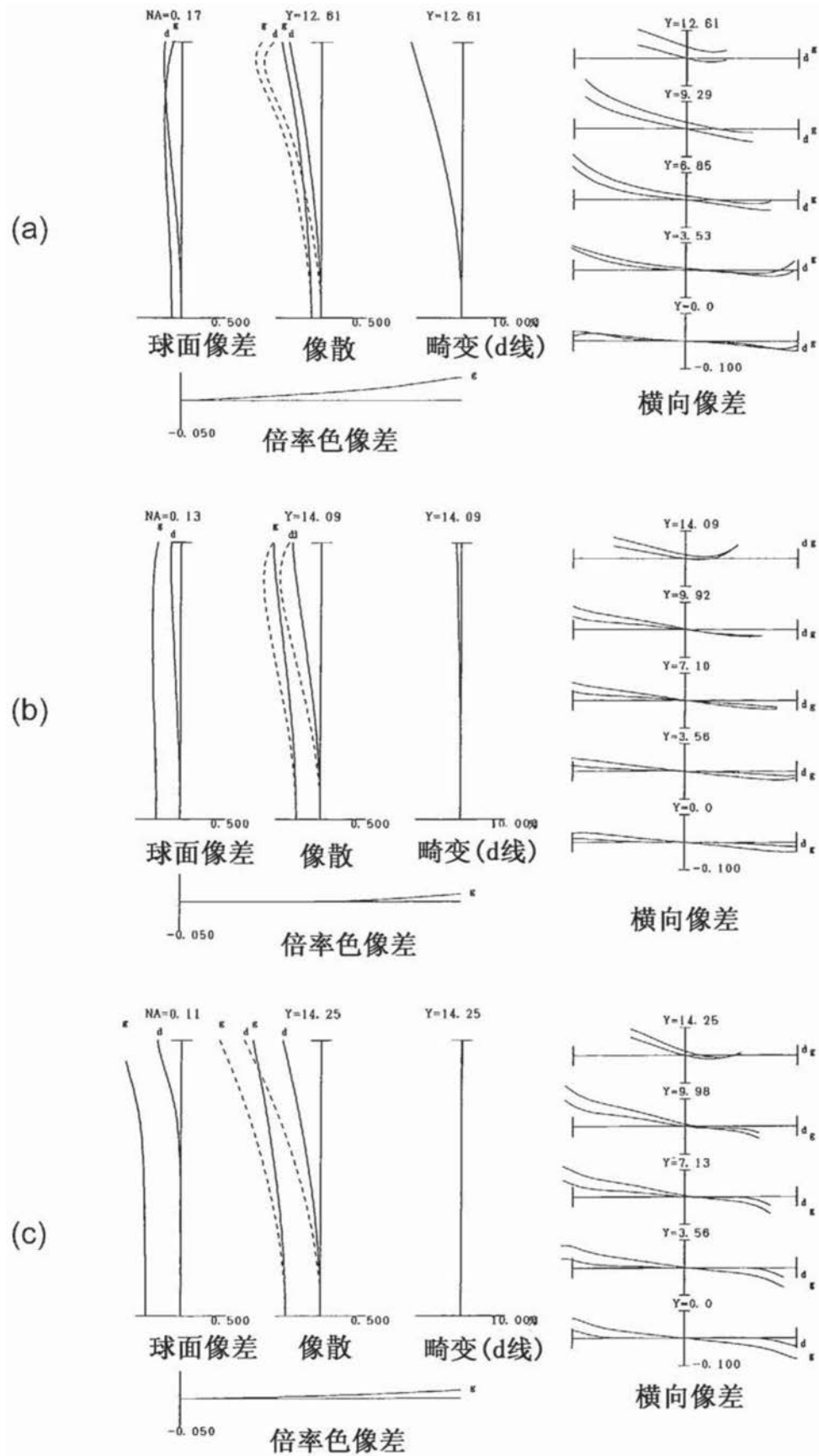


图27

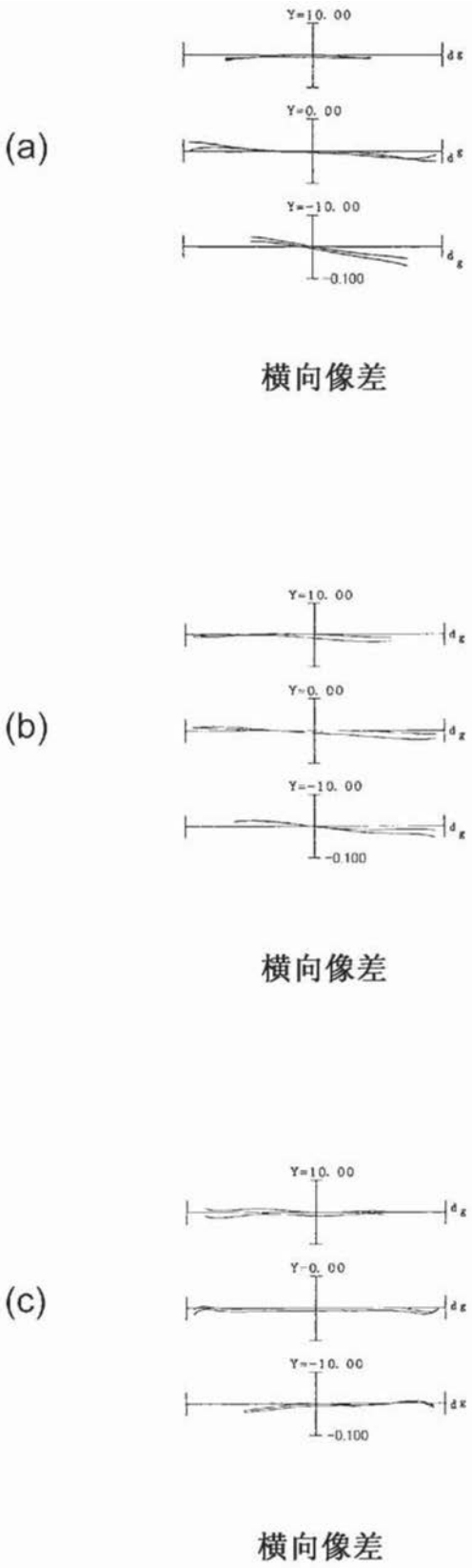


图28

(第8实施例)

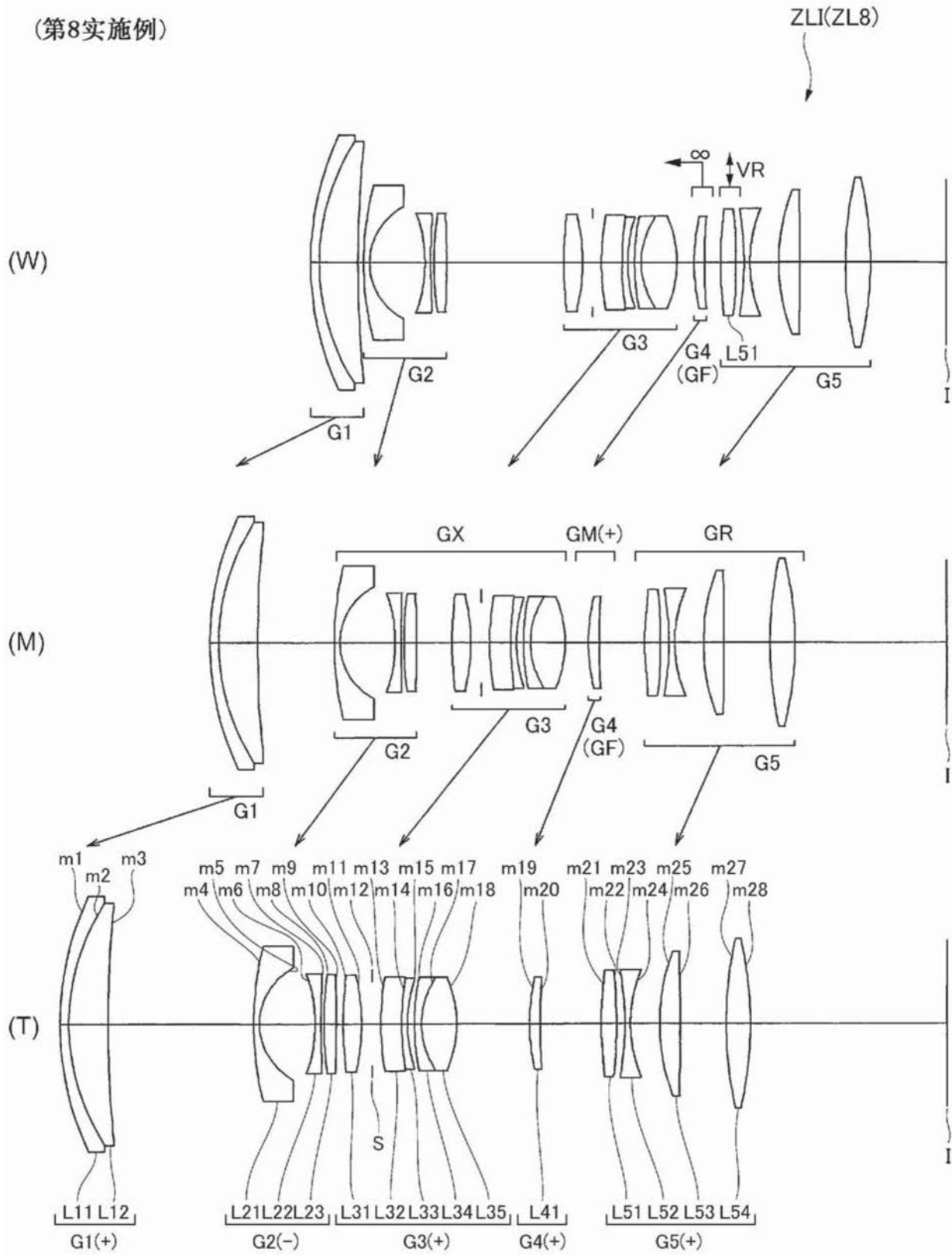


图29

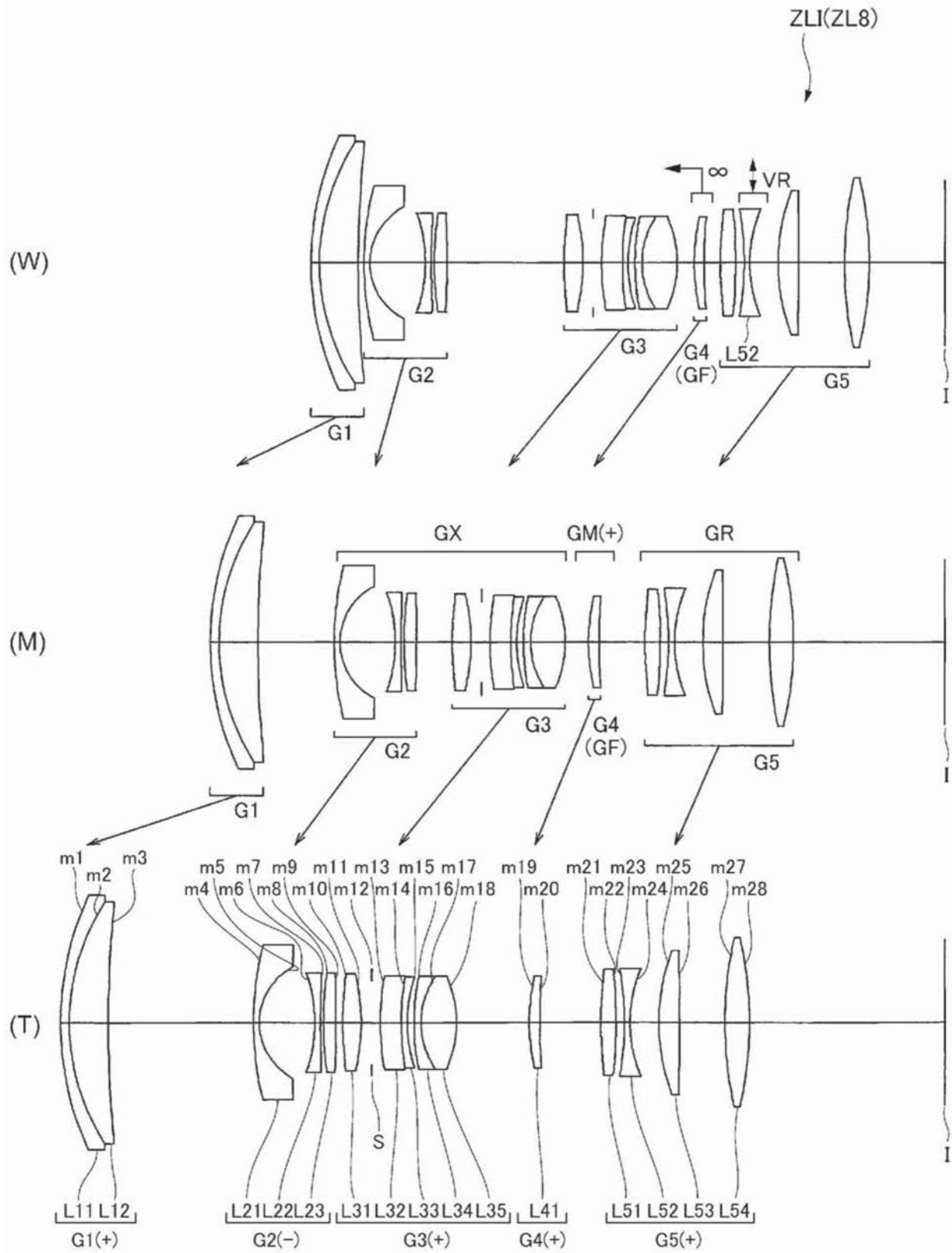


图30

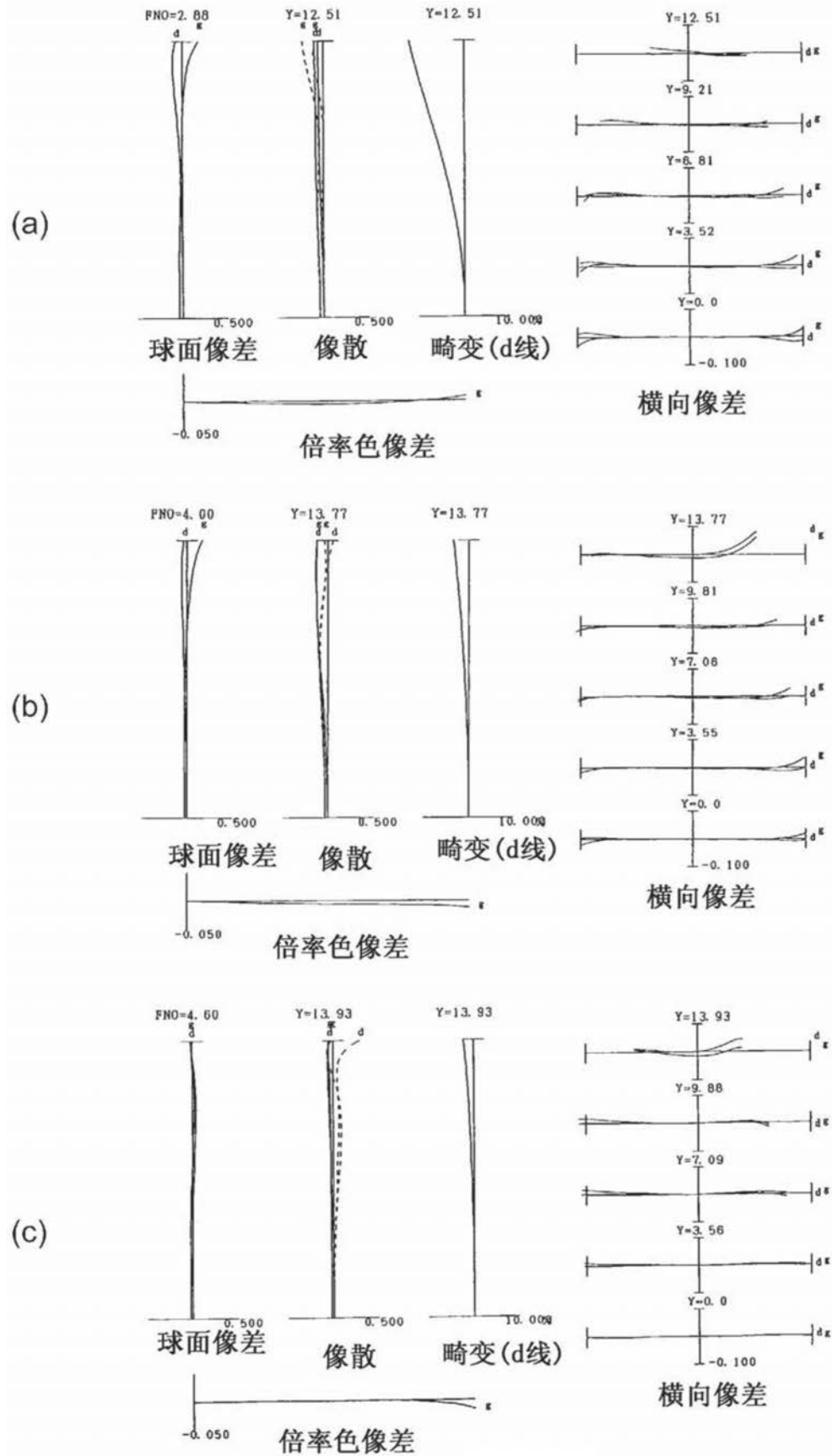


图31

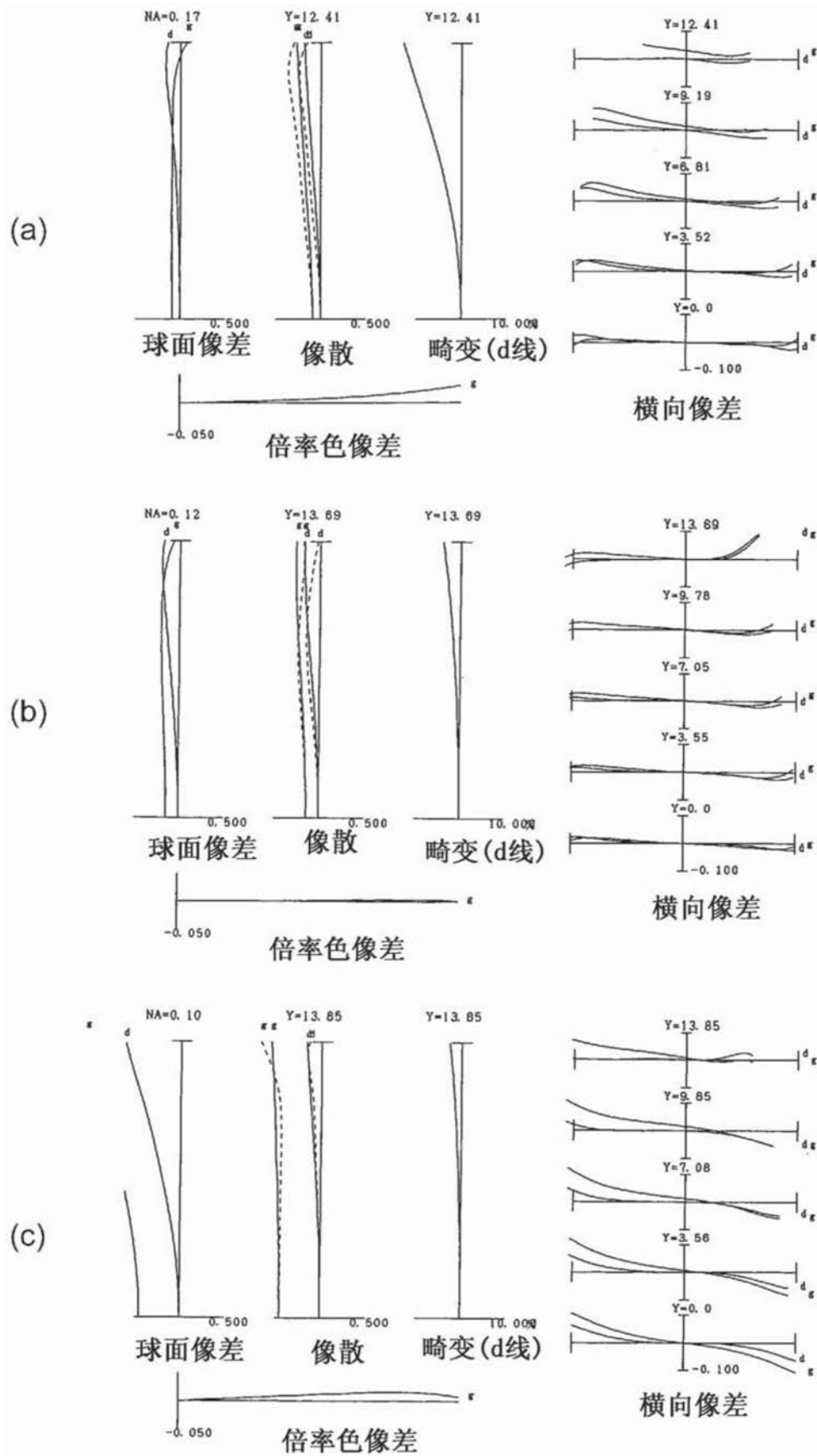


图32

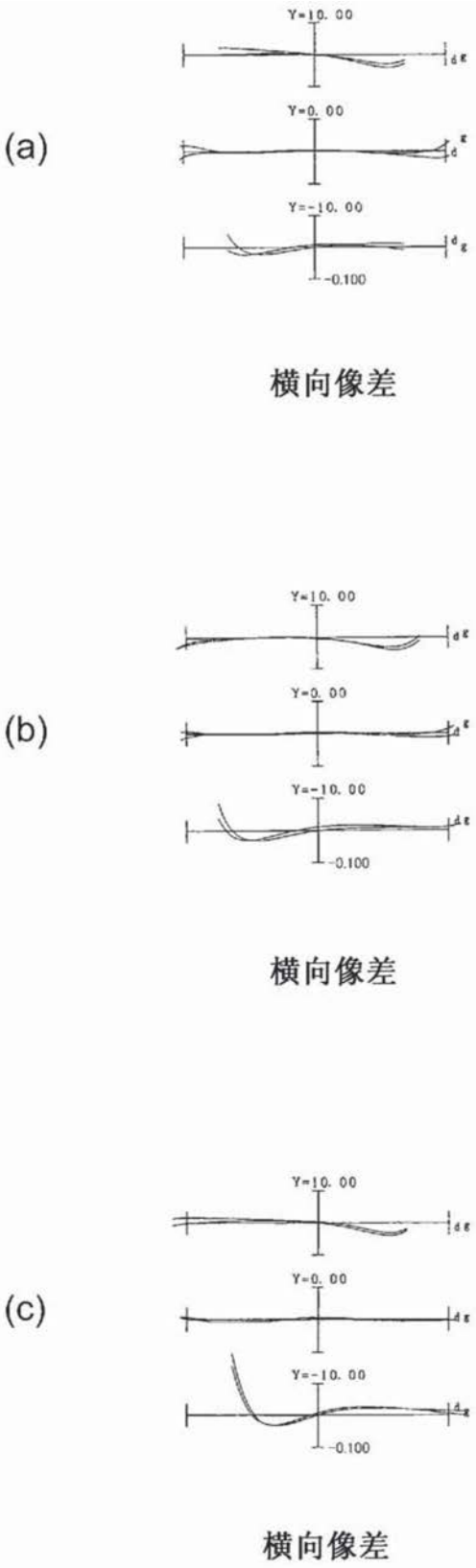


图33

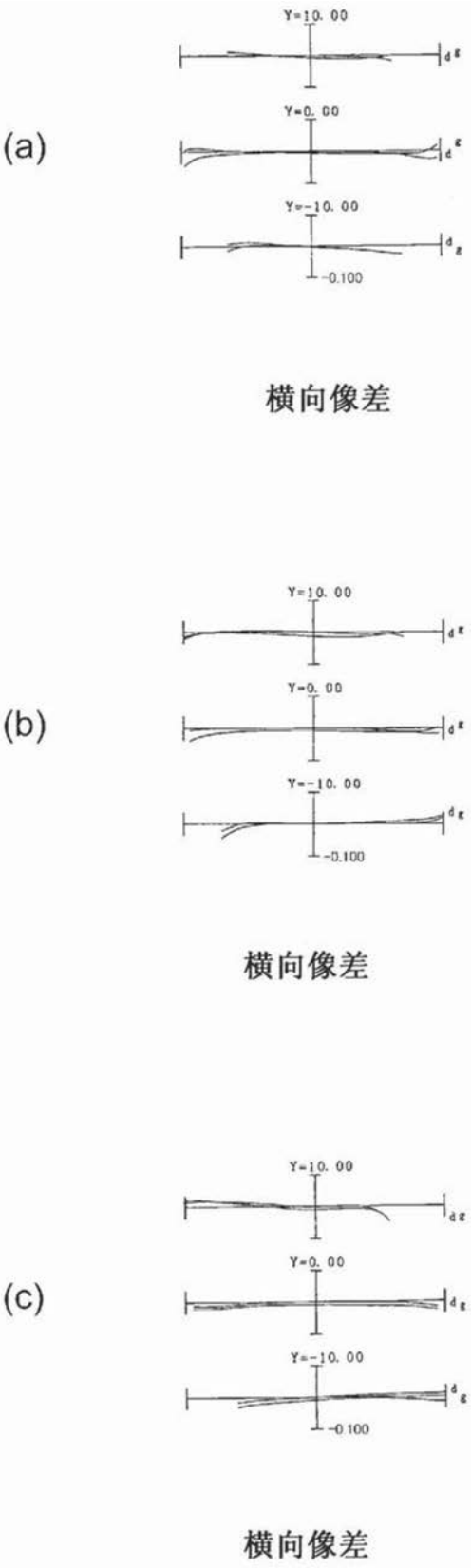


图34

(第9实施例)

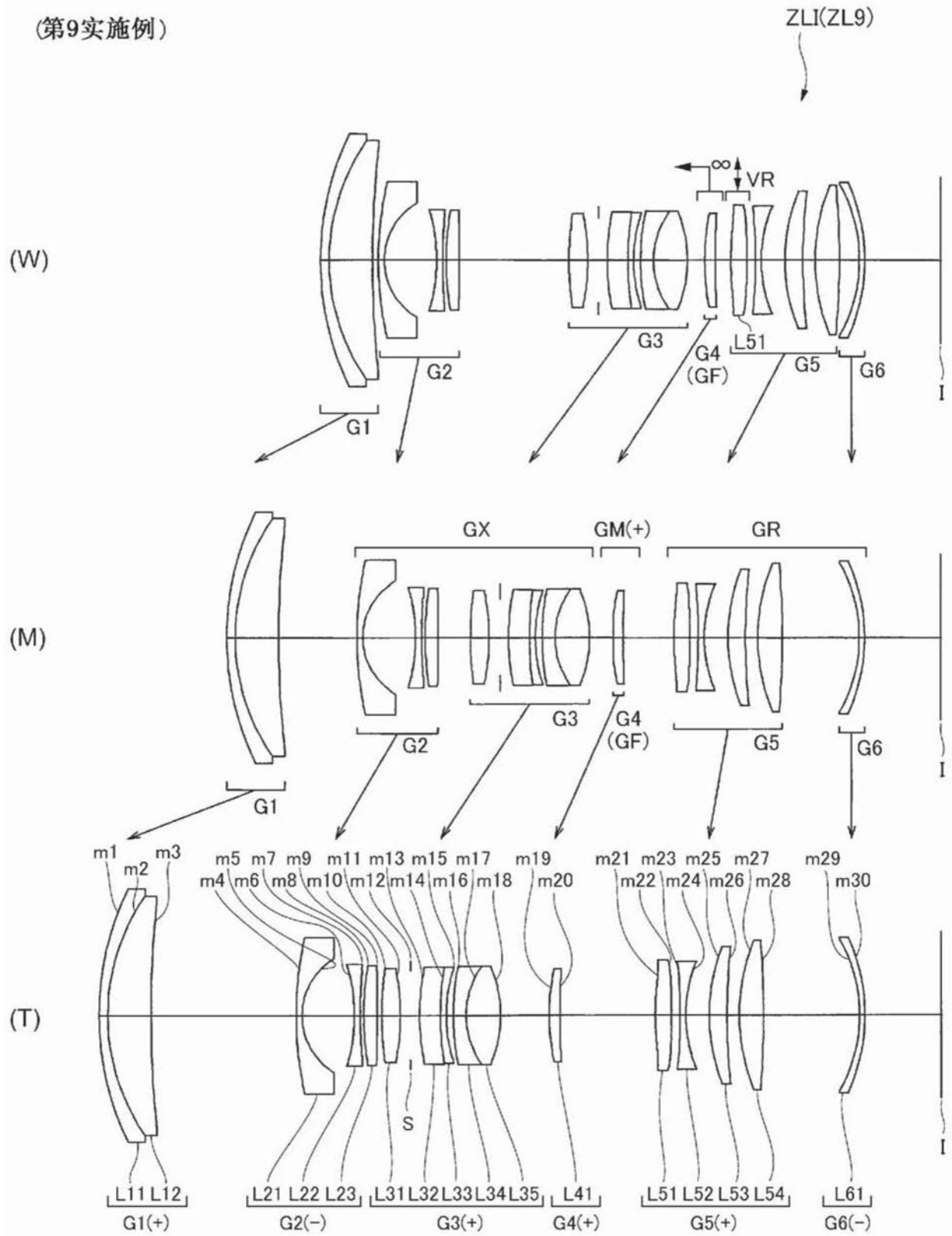


图35

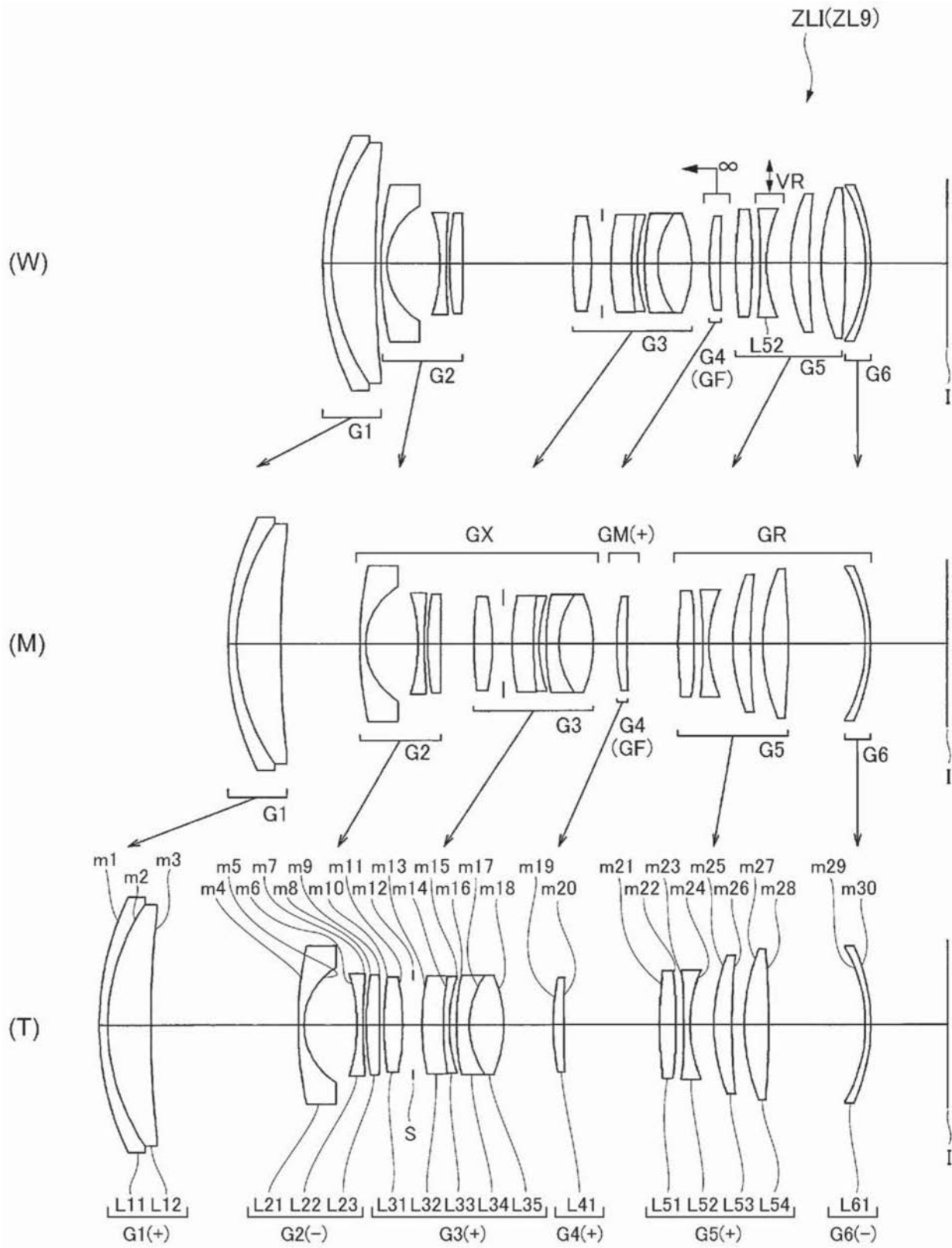


图36

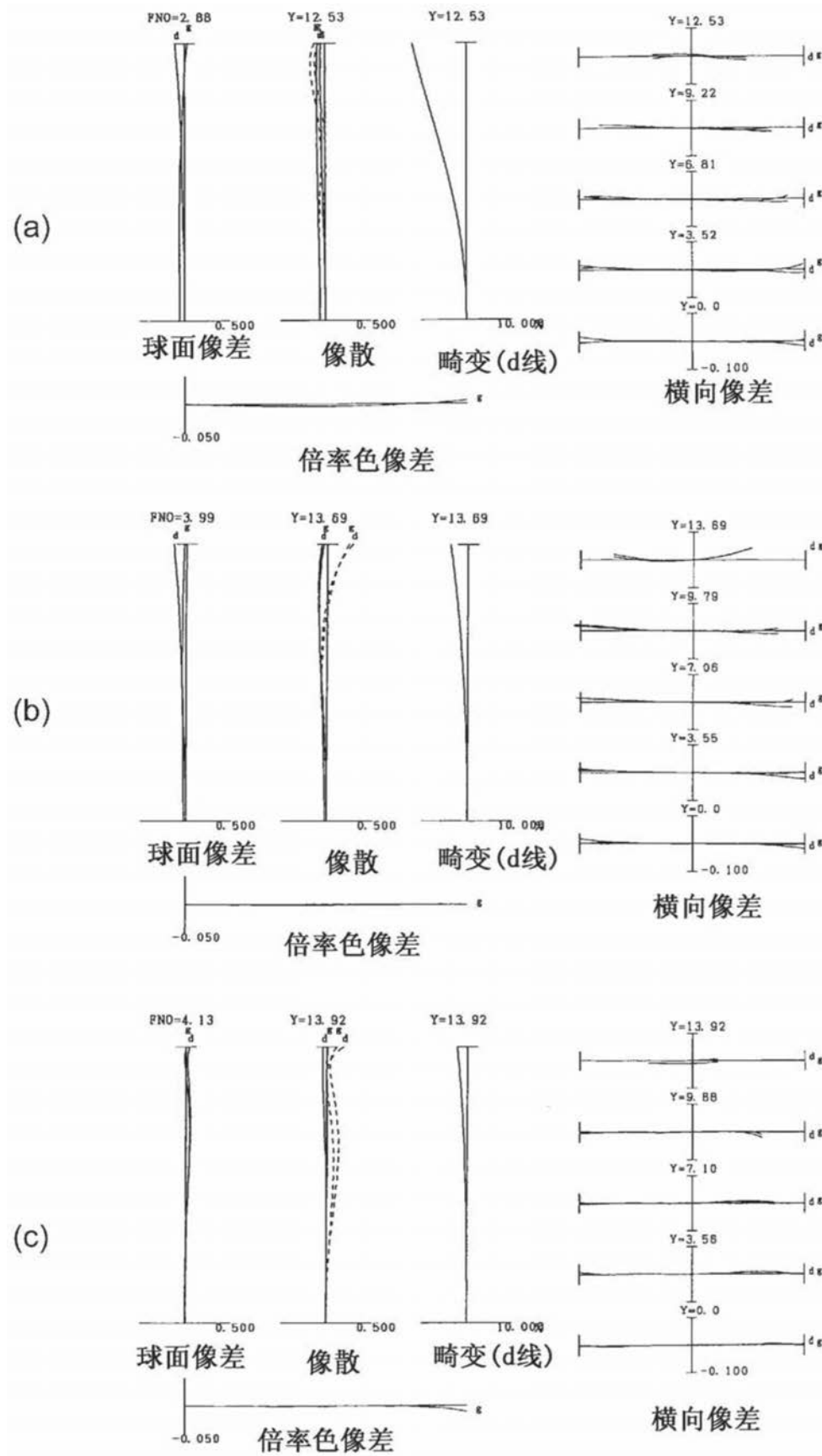


图37

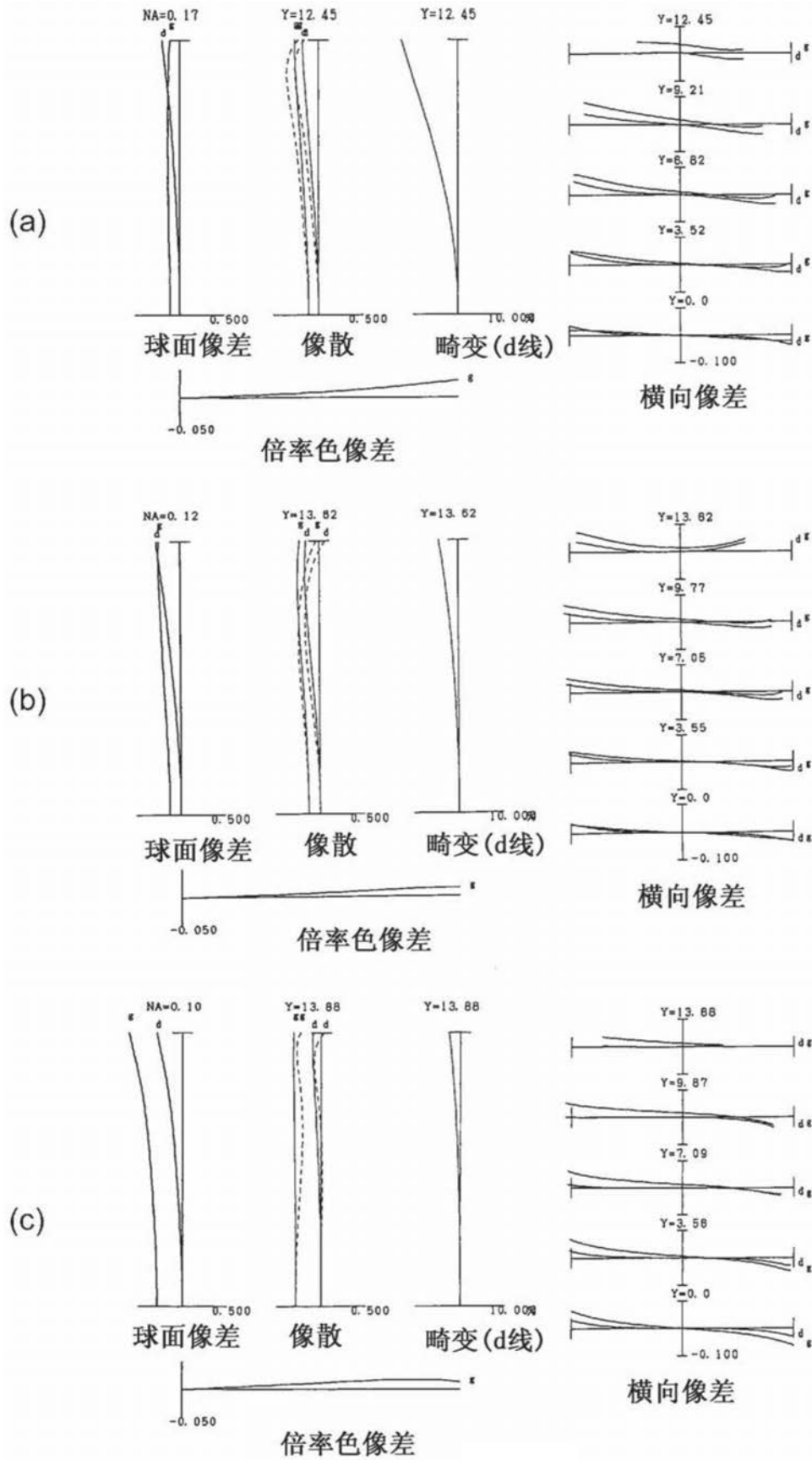
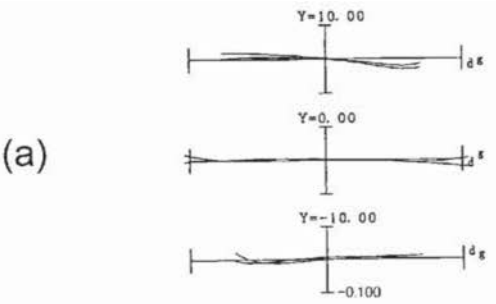
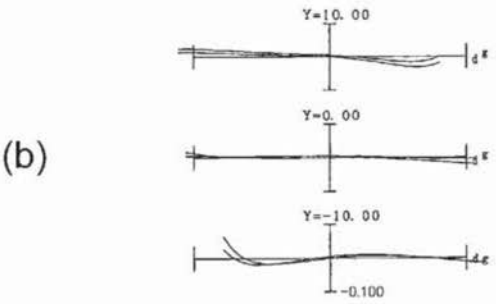


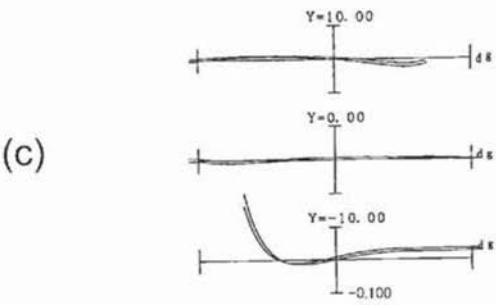
图38



横向像差

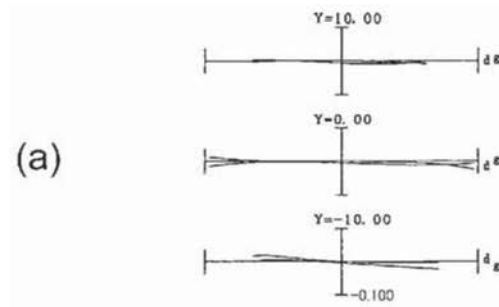


横向像差

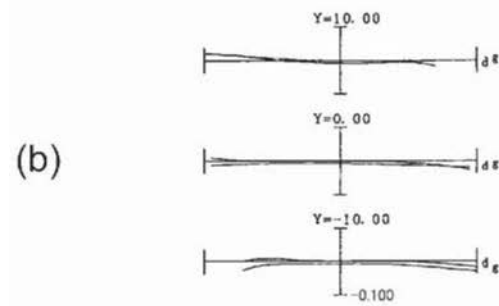


横向像差

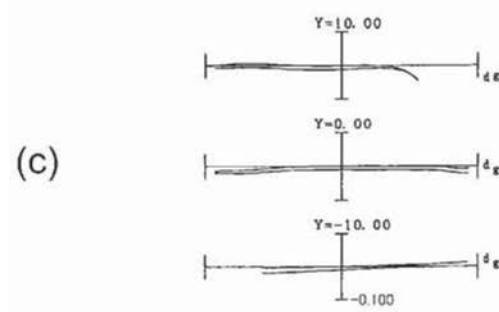
图39



横向像差



横向像差



横向像差

图40

(第10实施例)

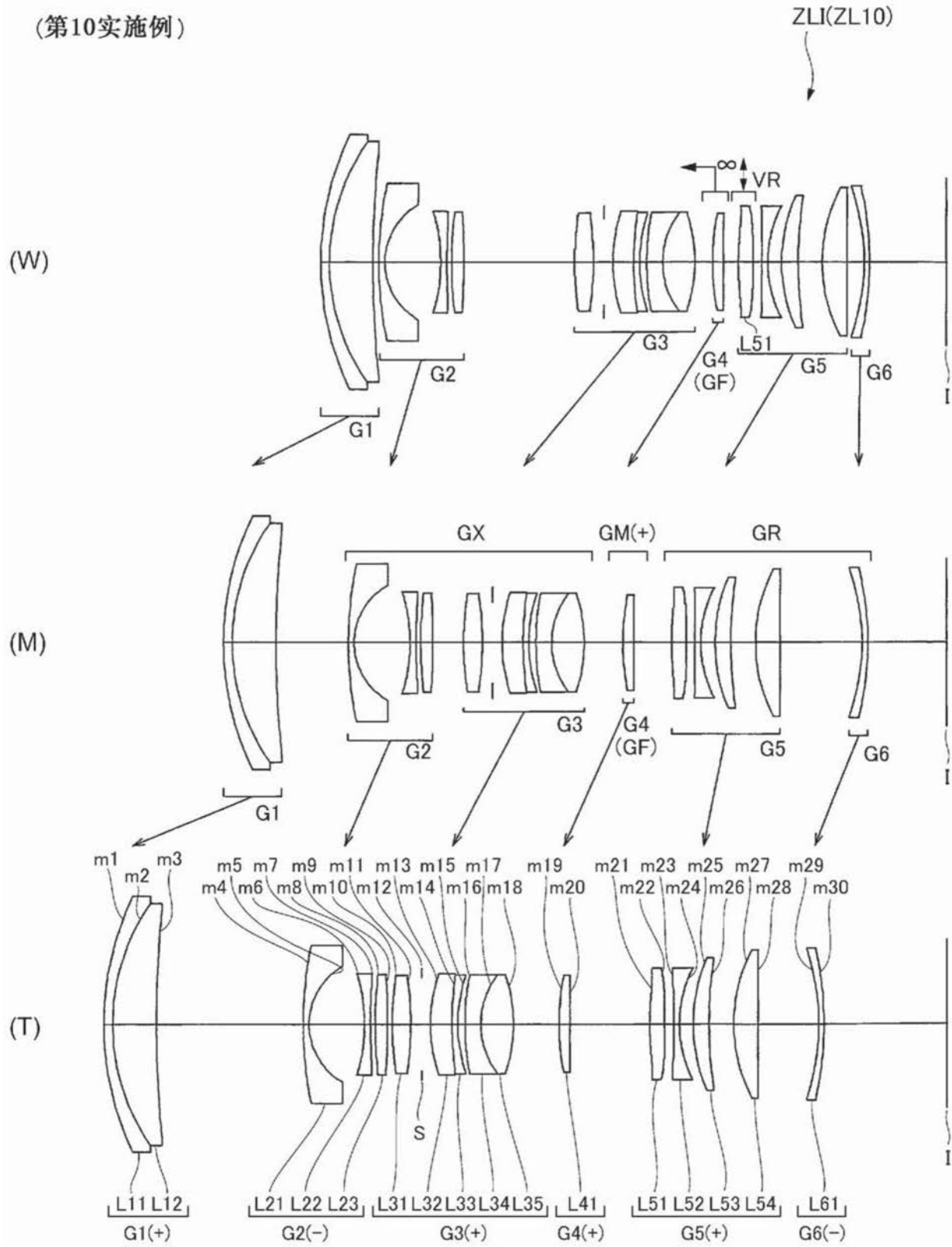


图41

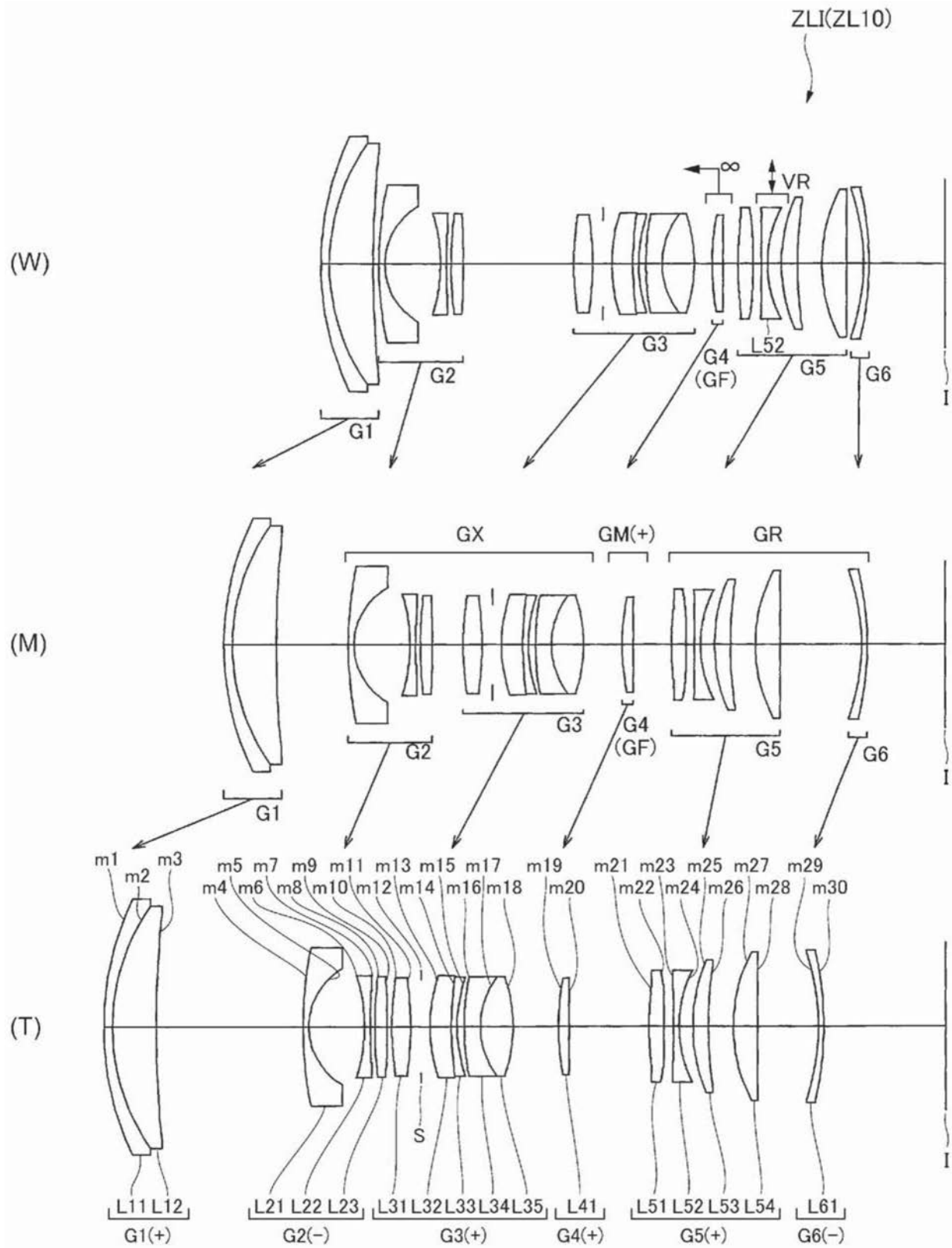


图42

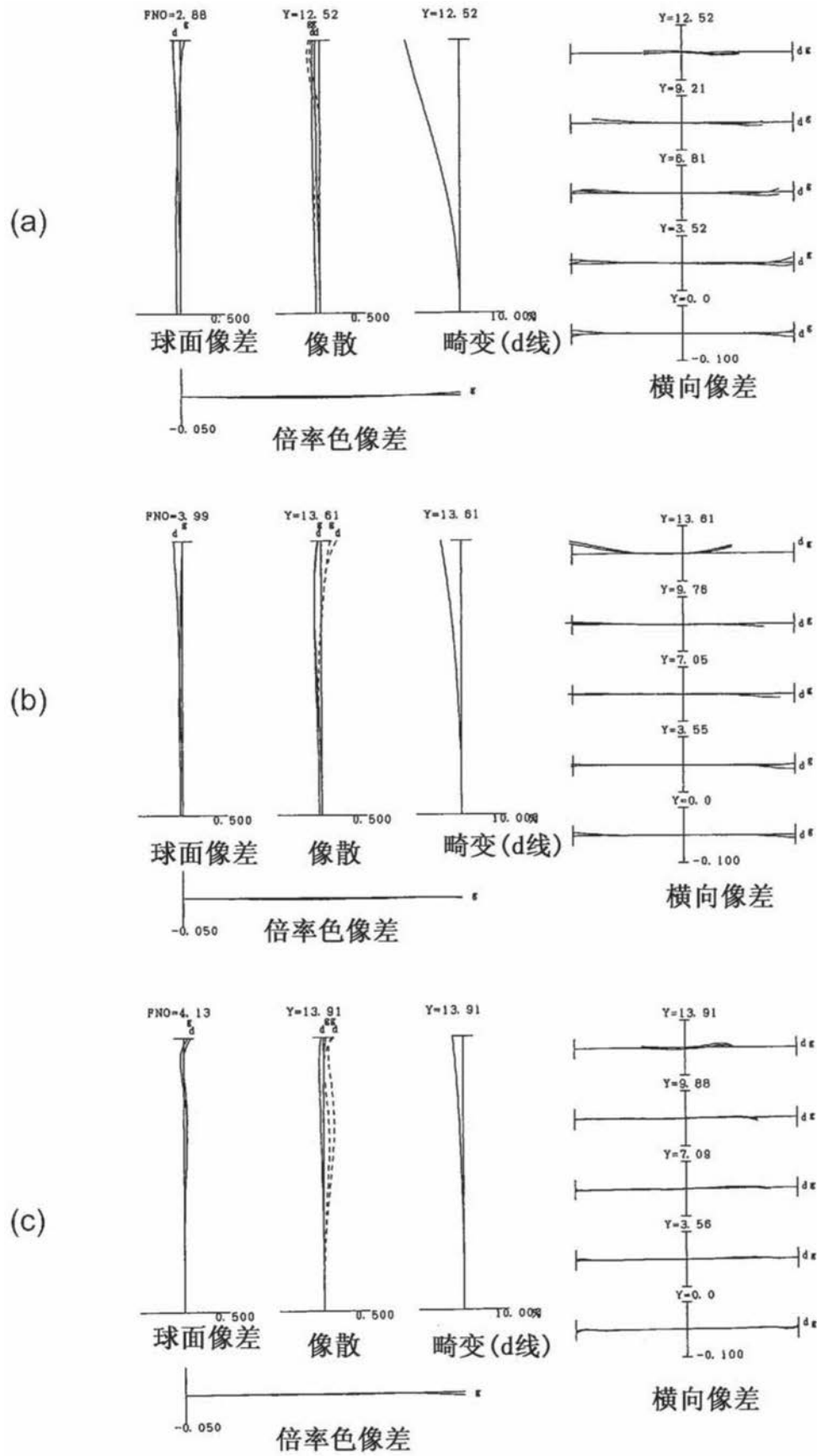


图43

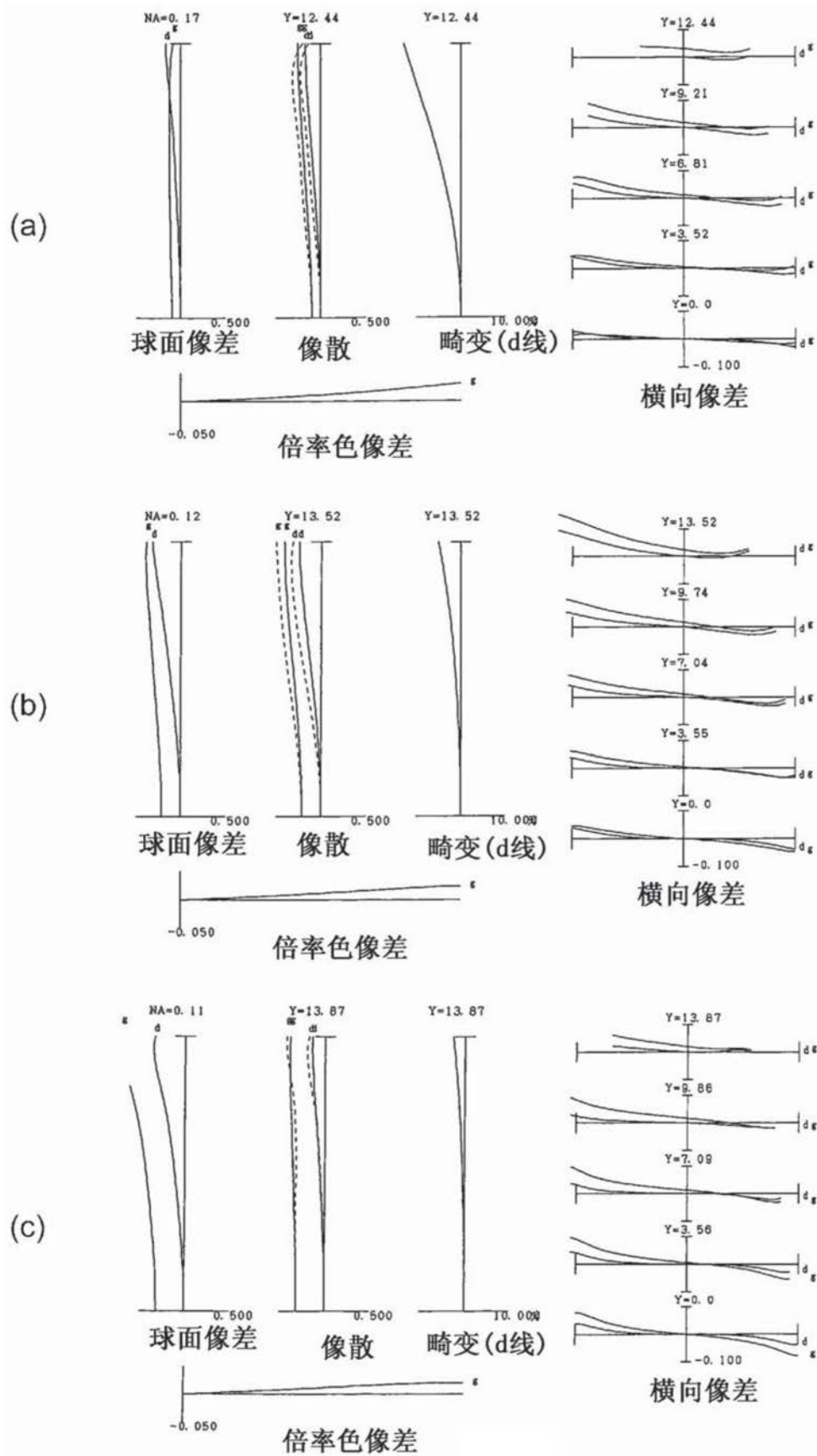


图44

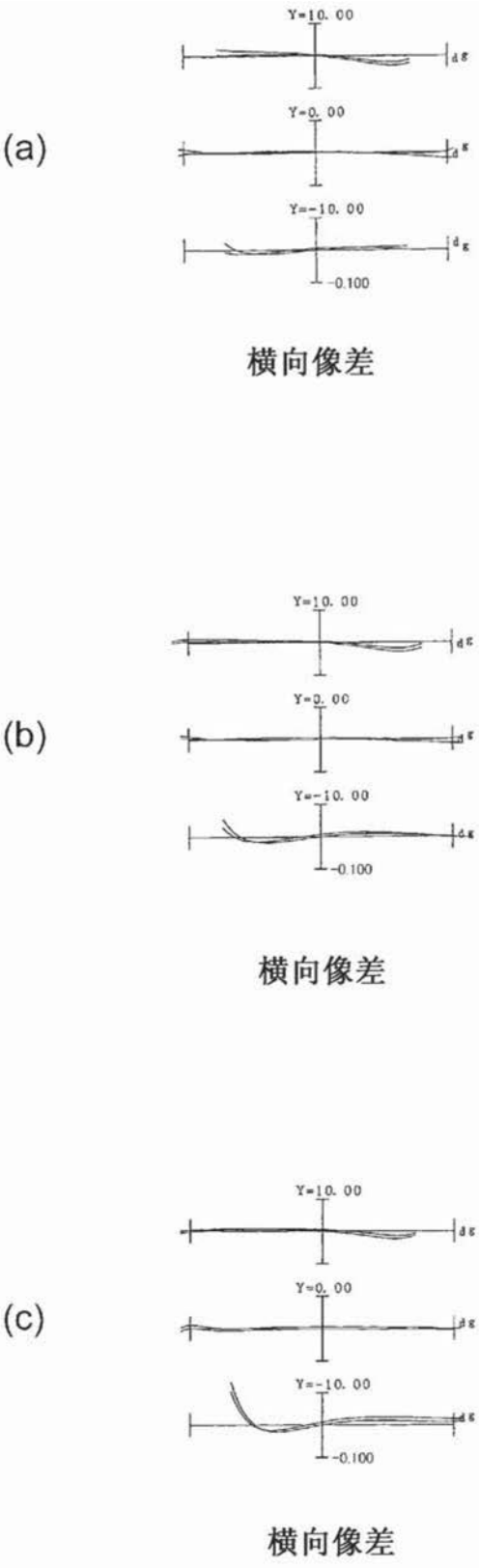
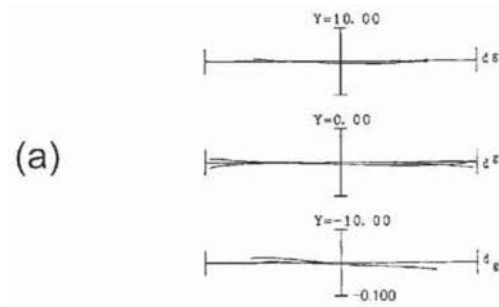
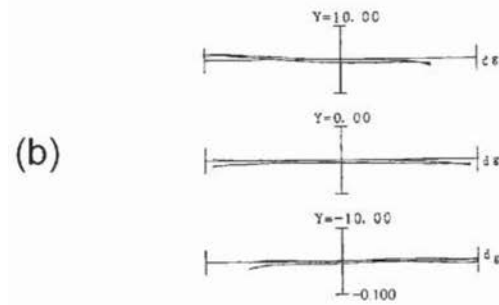


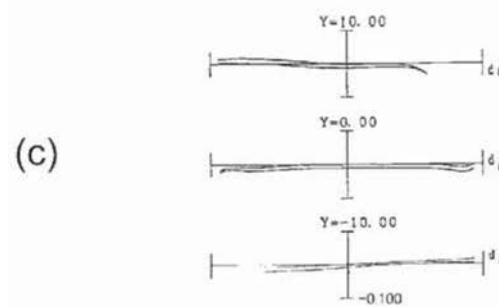
图45



横向像差



横向像差



横向像差

图46

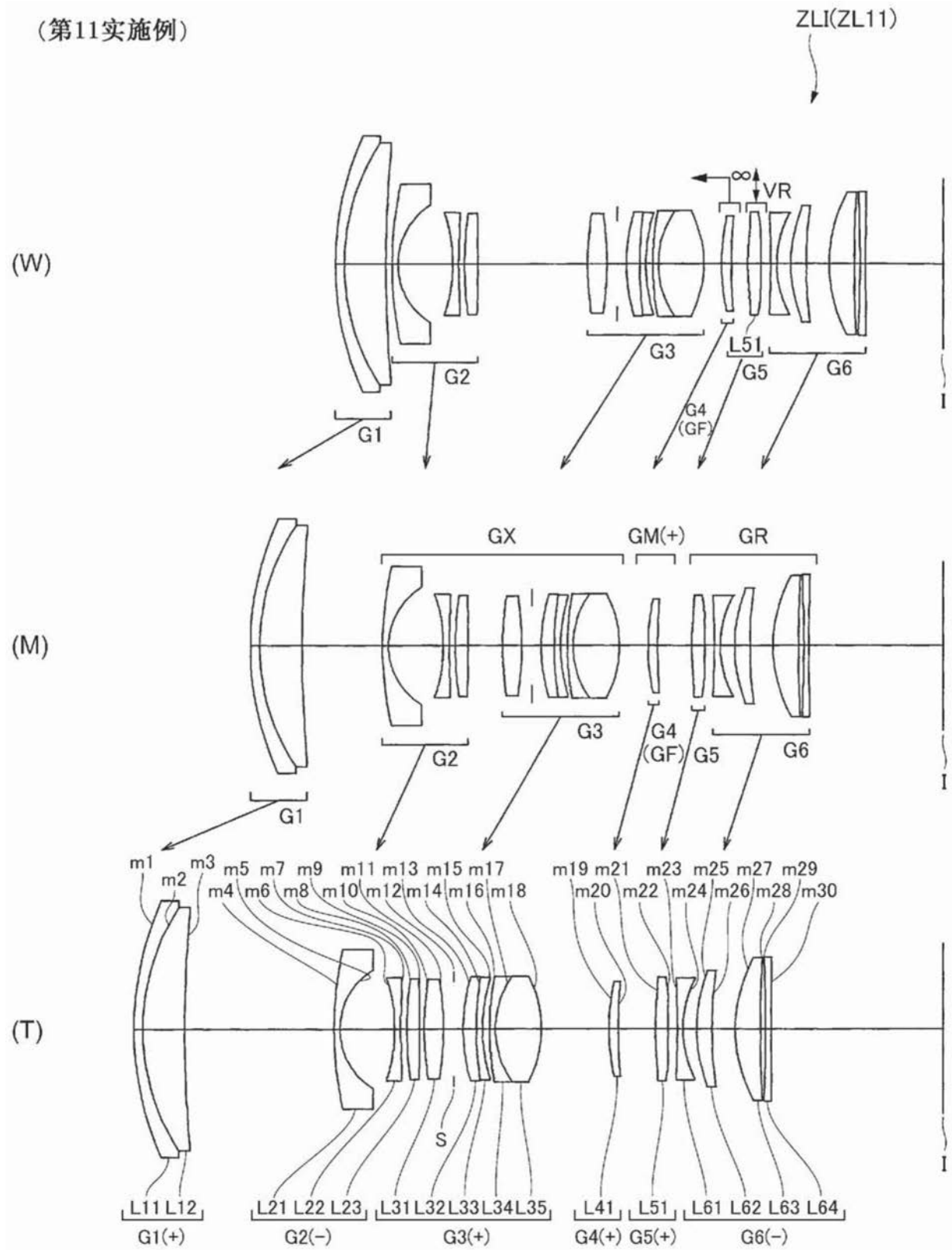


图47

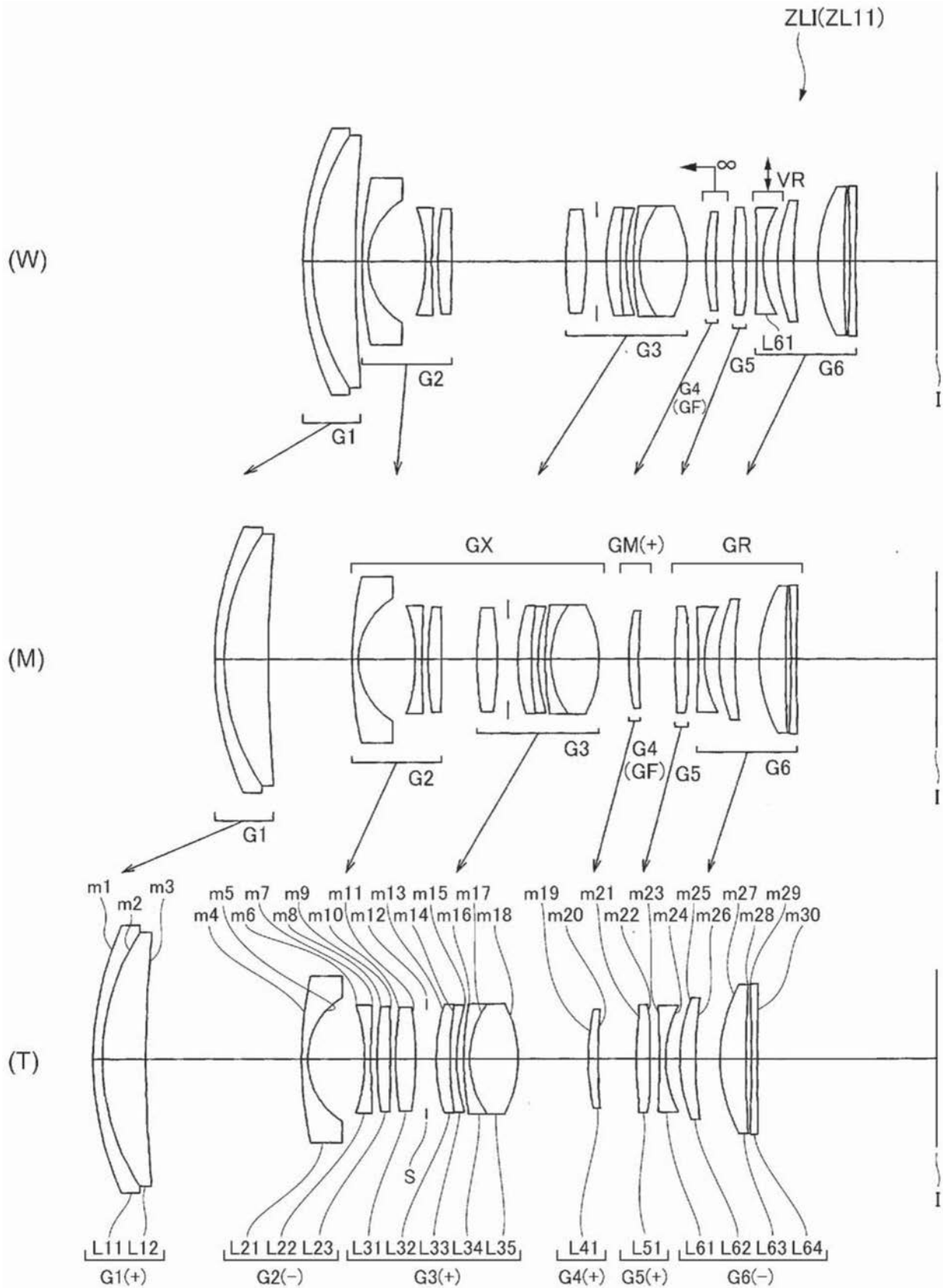


图48

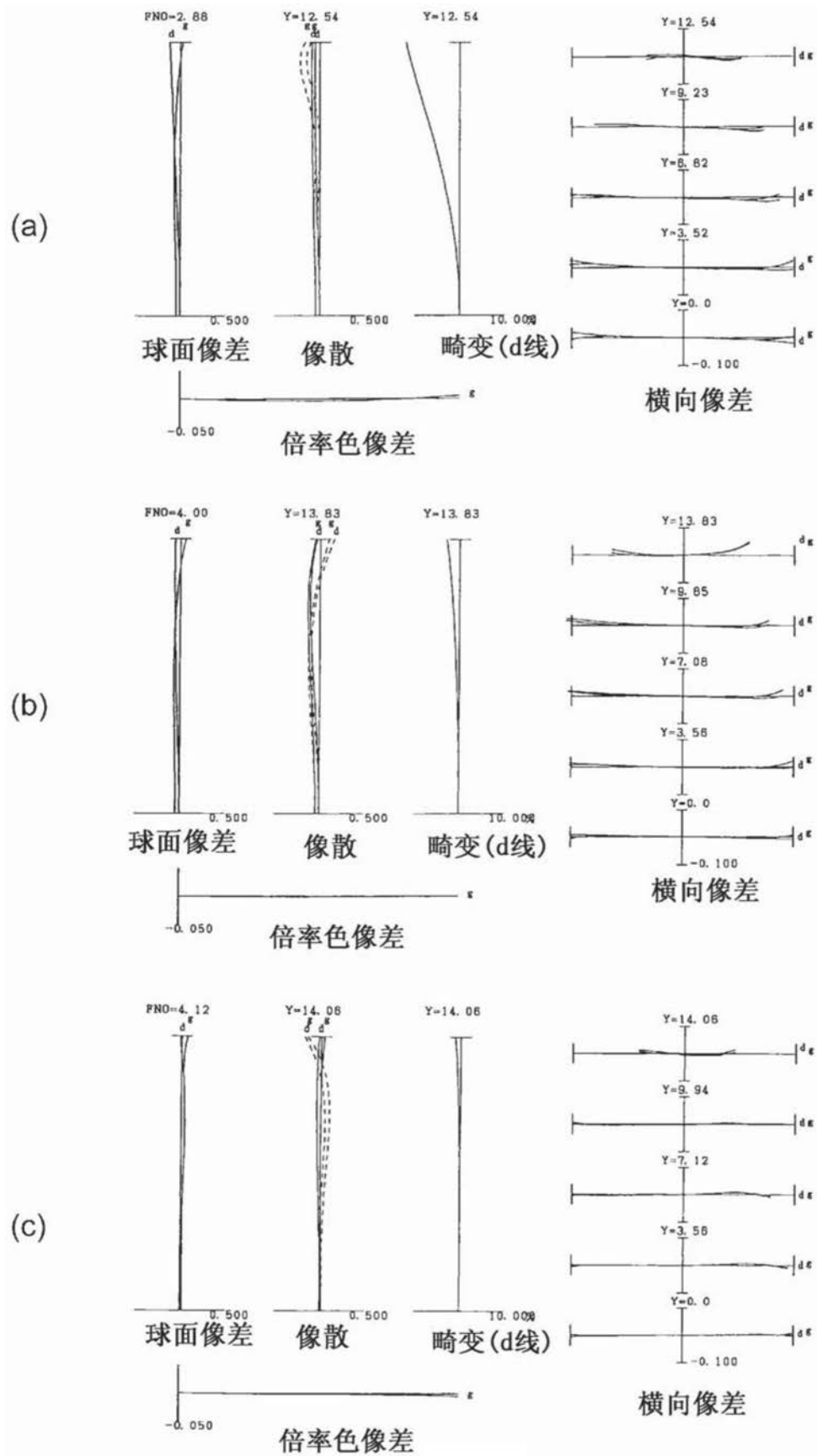


图49

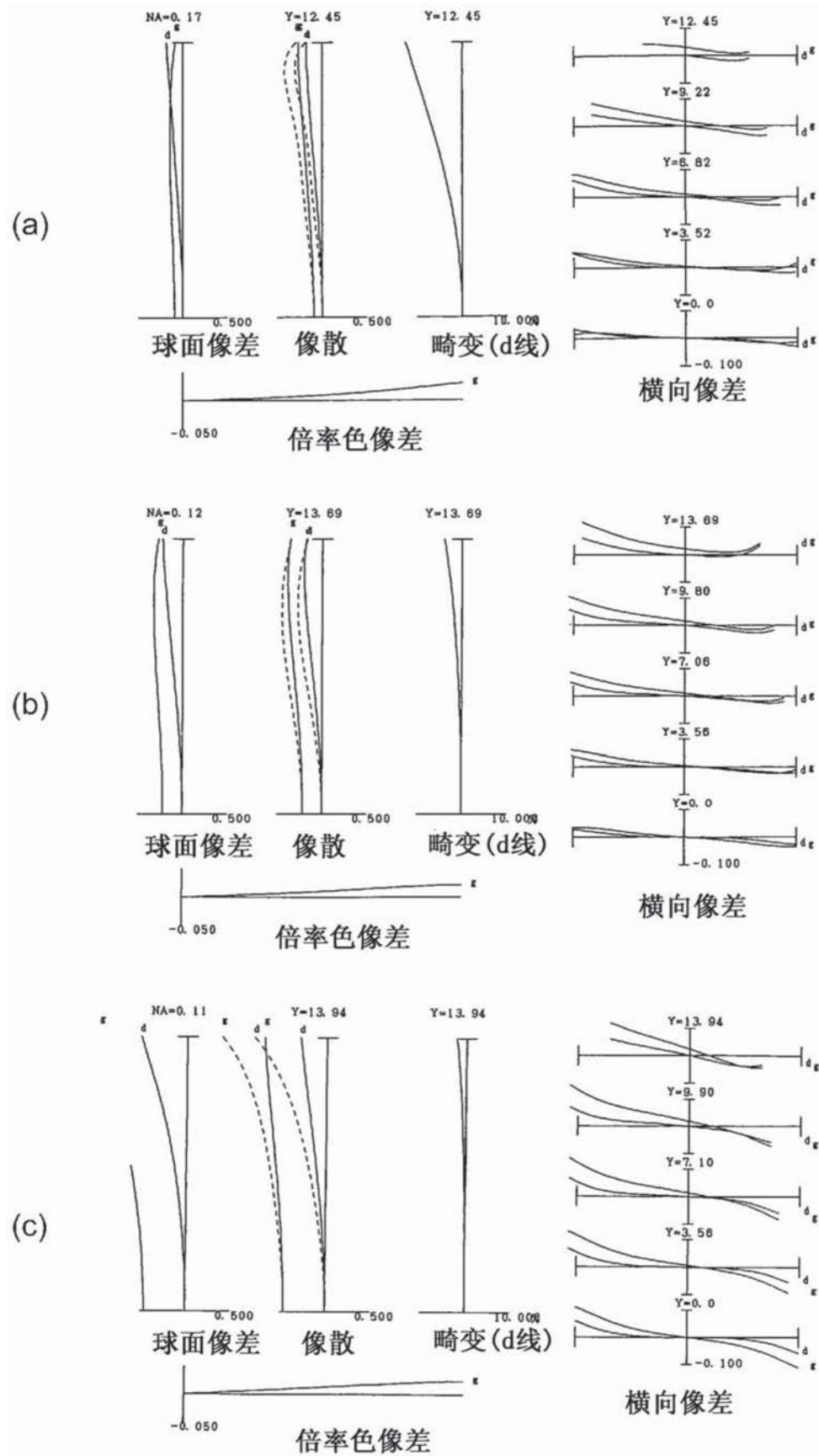


图50

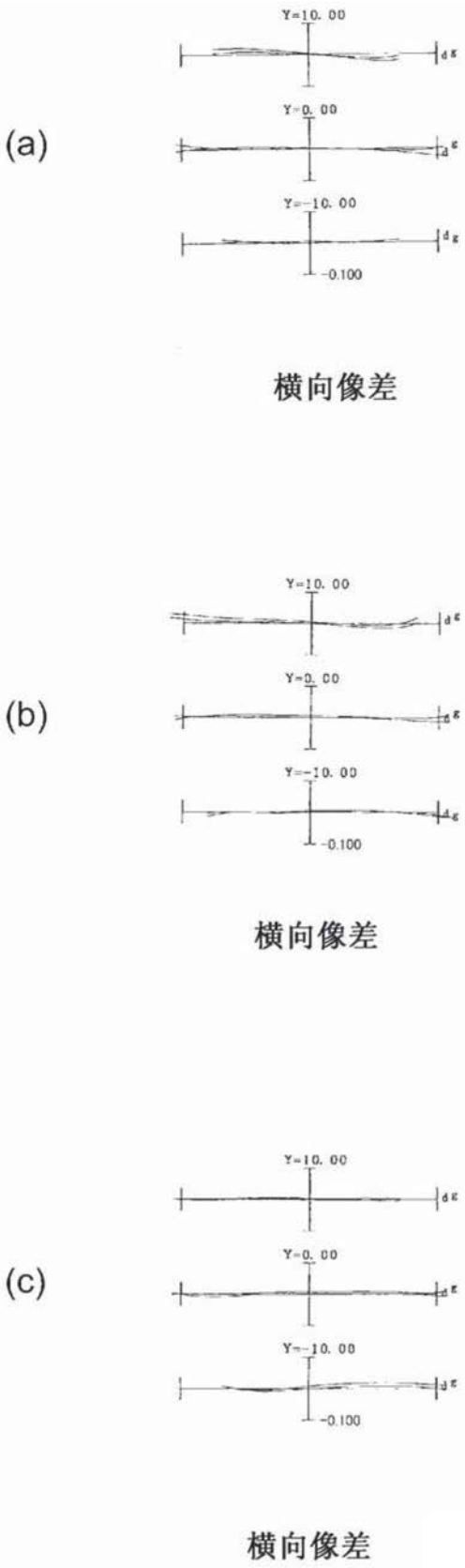


图51

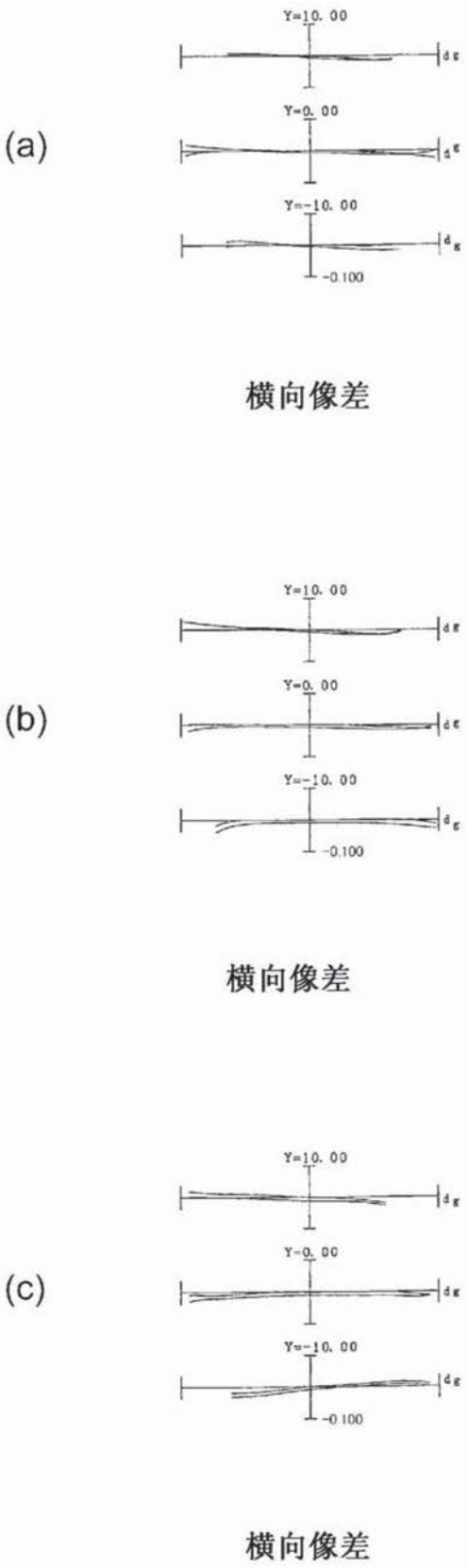


图52

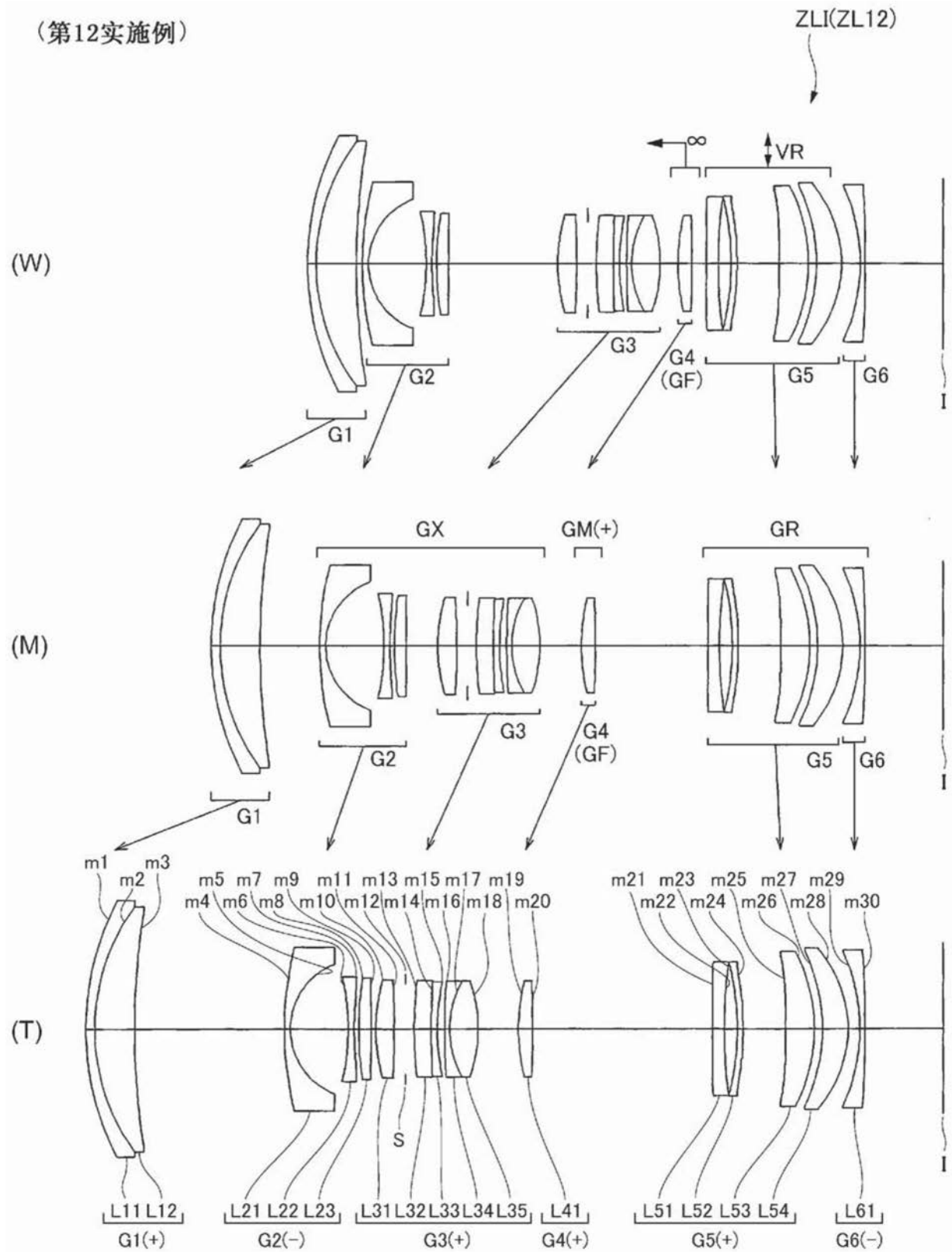


图53

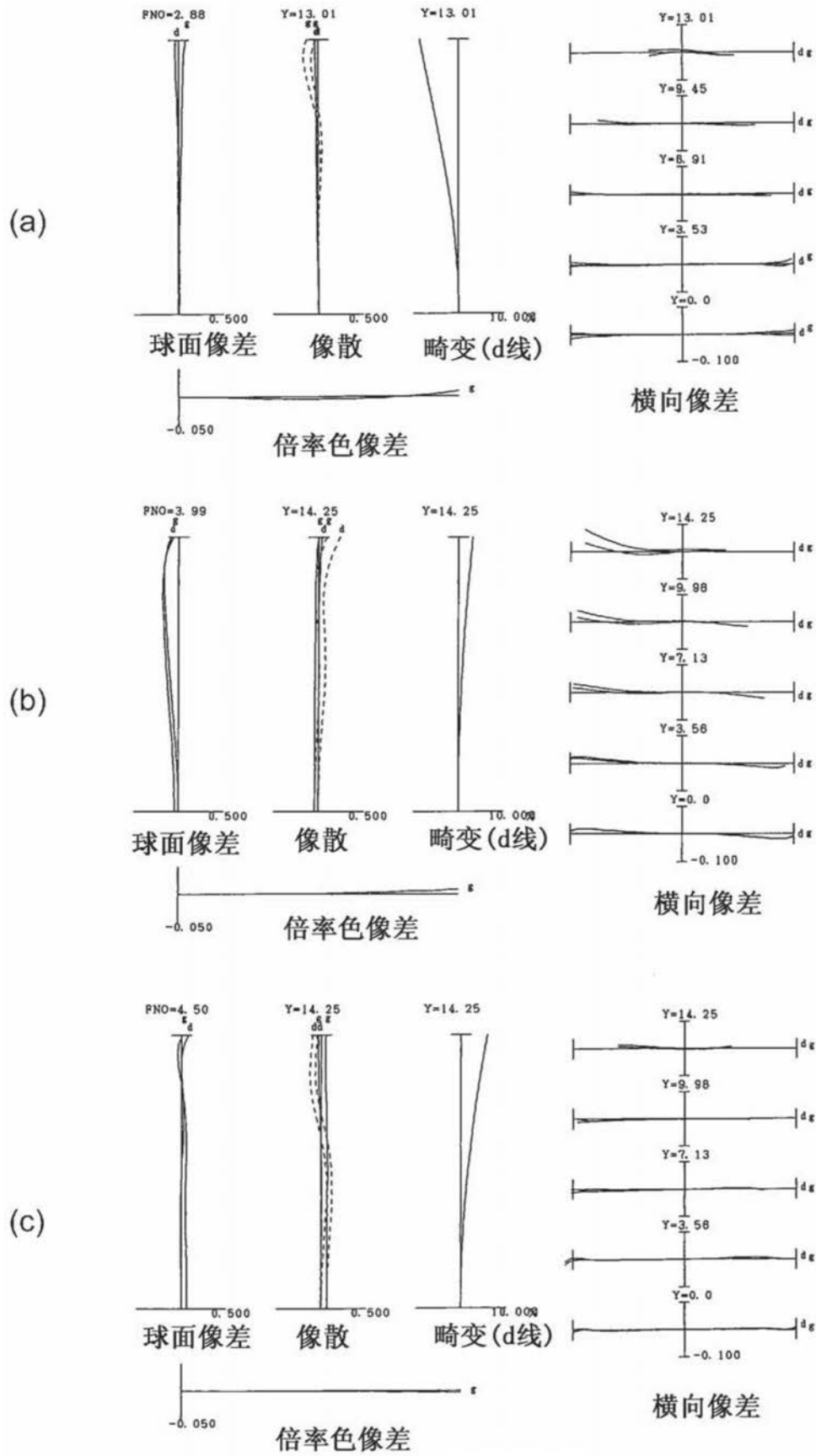


图54

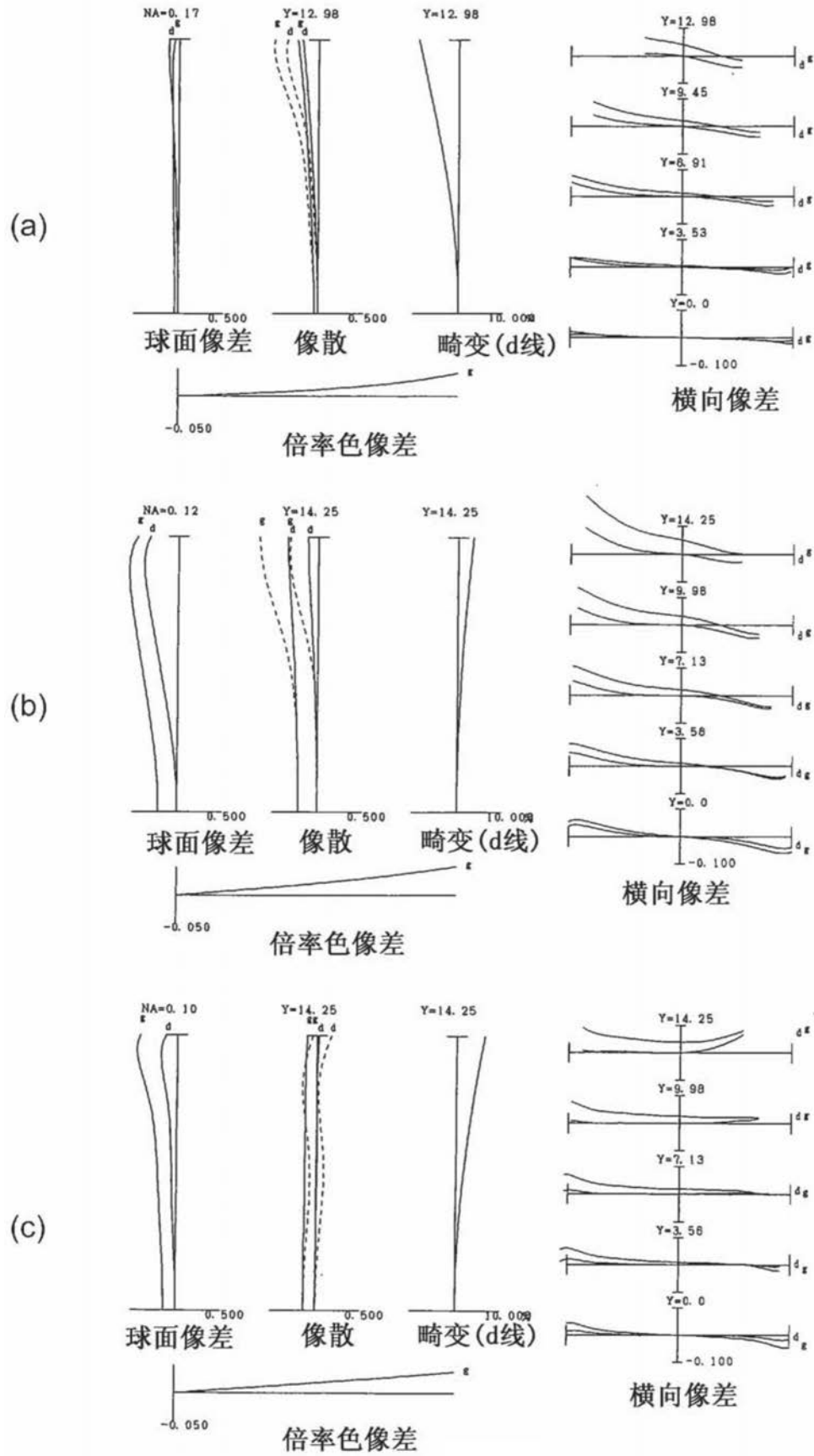


图55

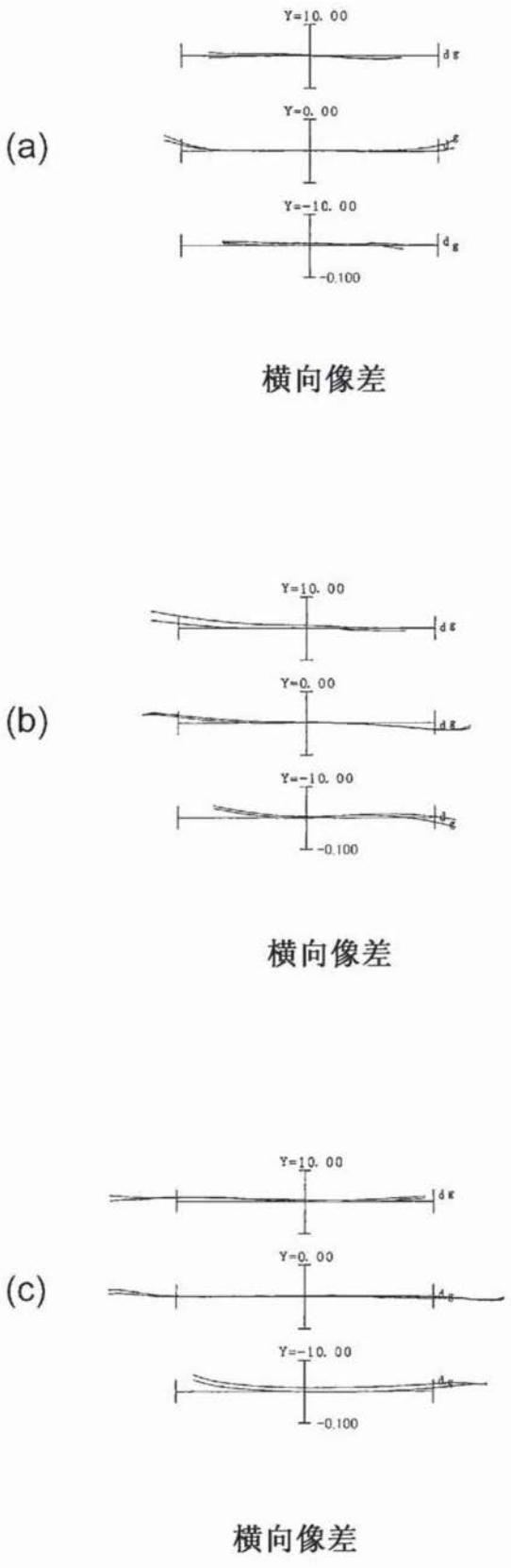


图56

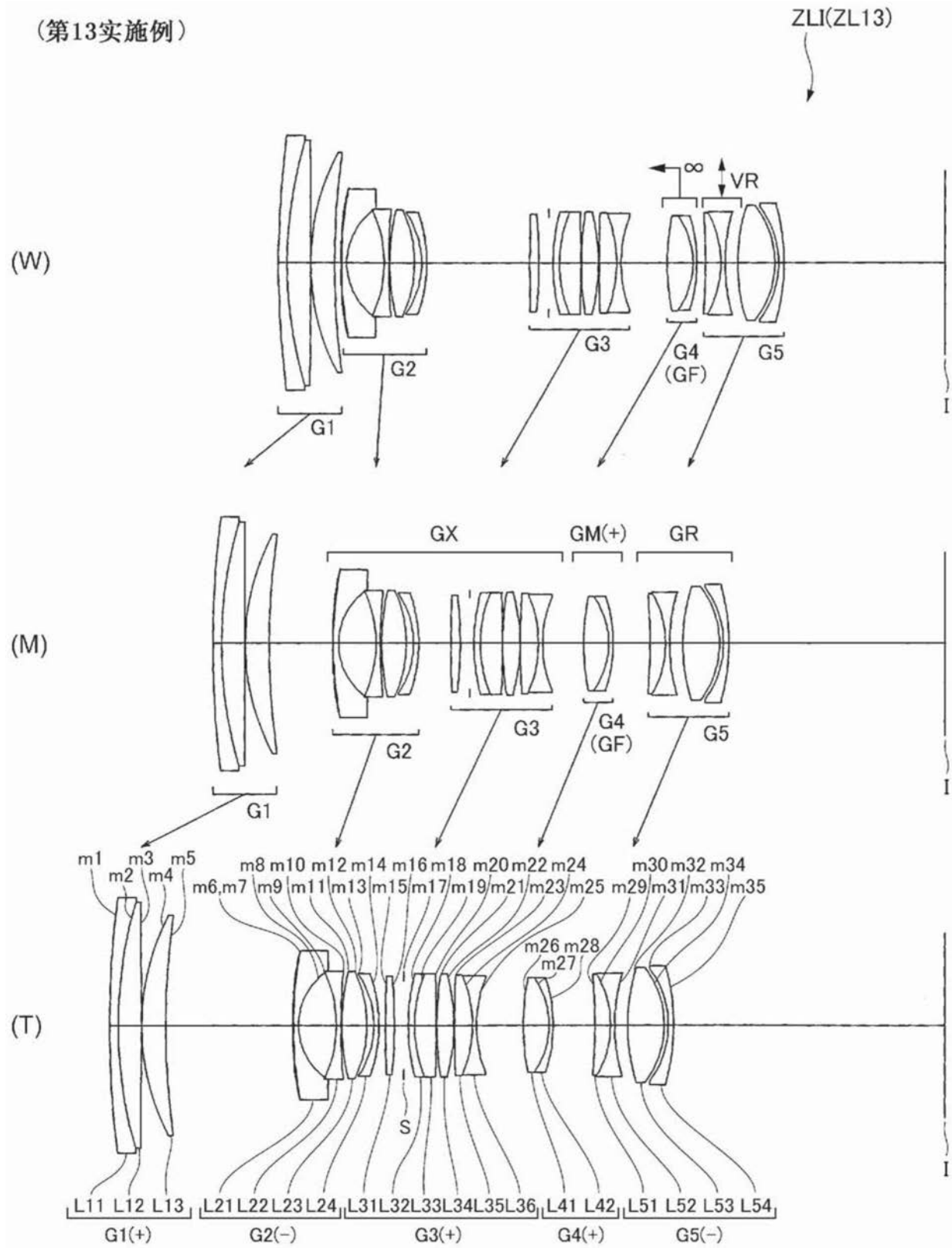


图57

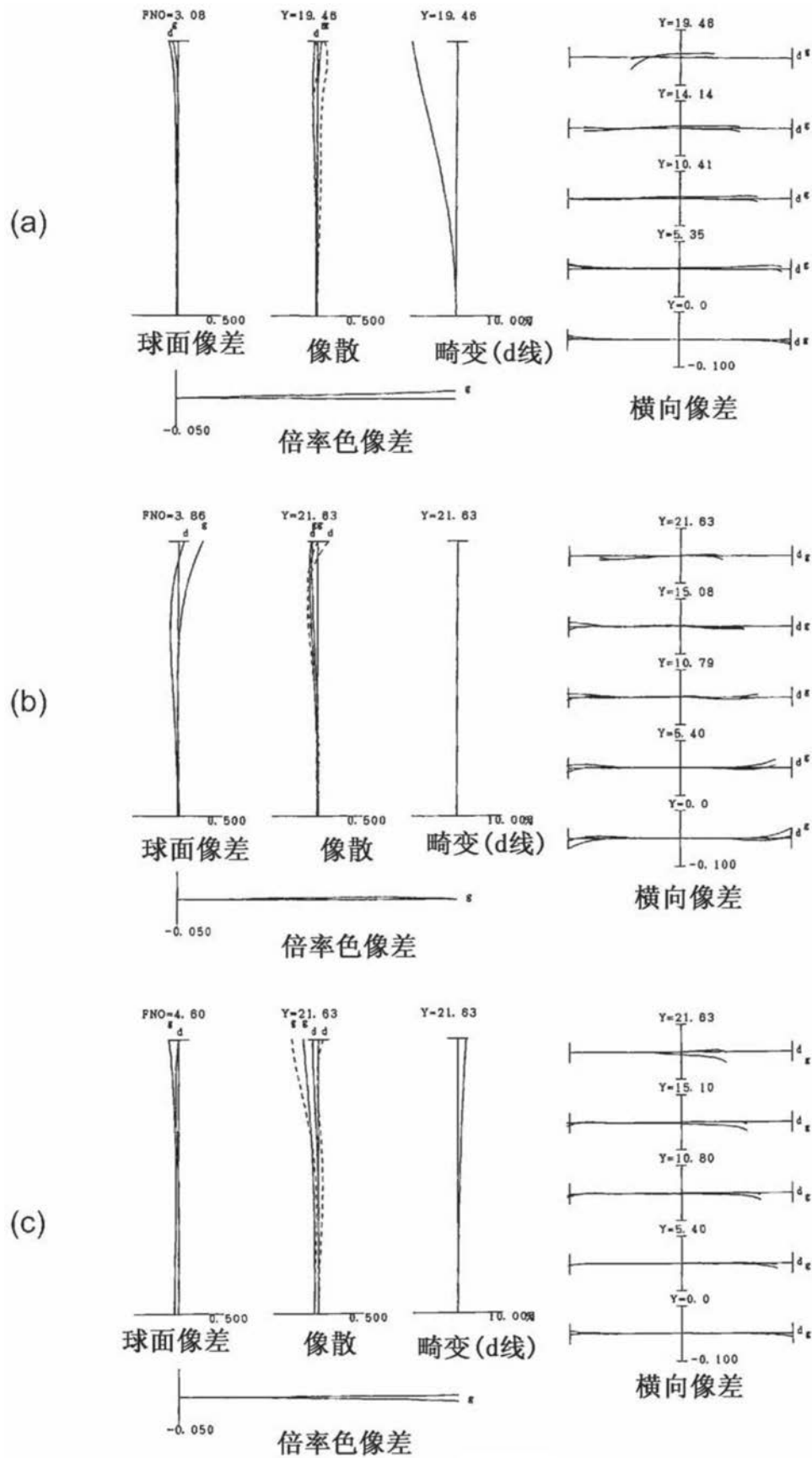


图58

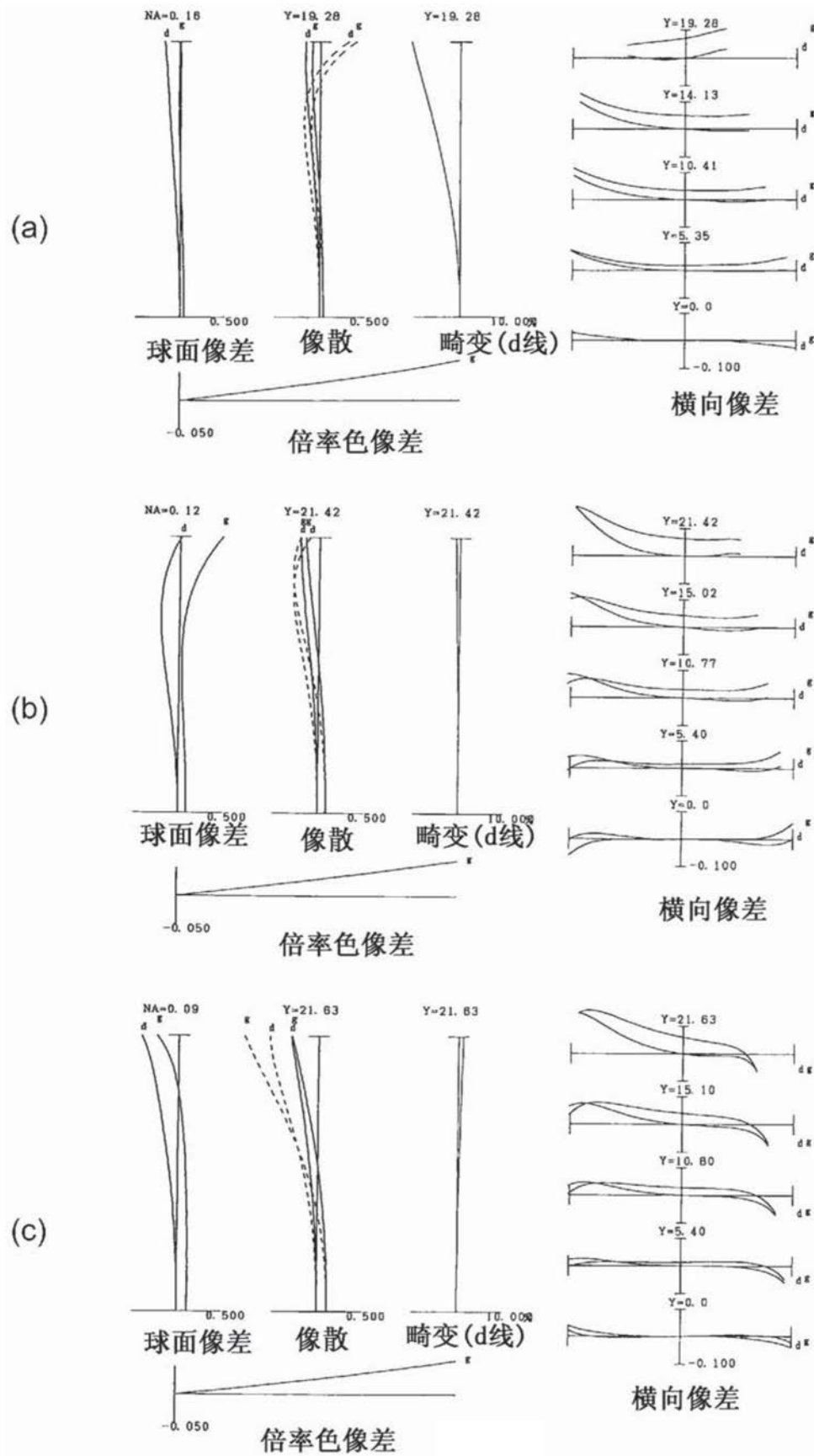


图59

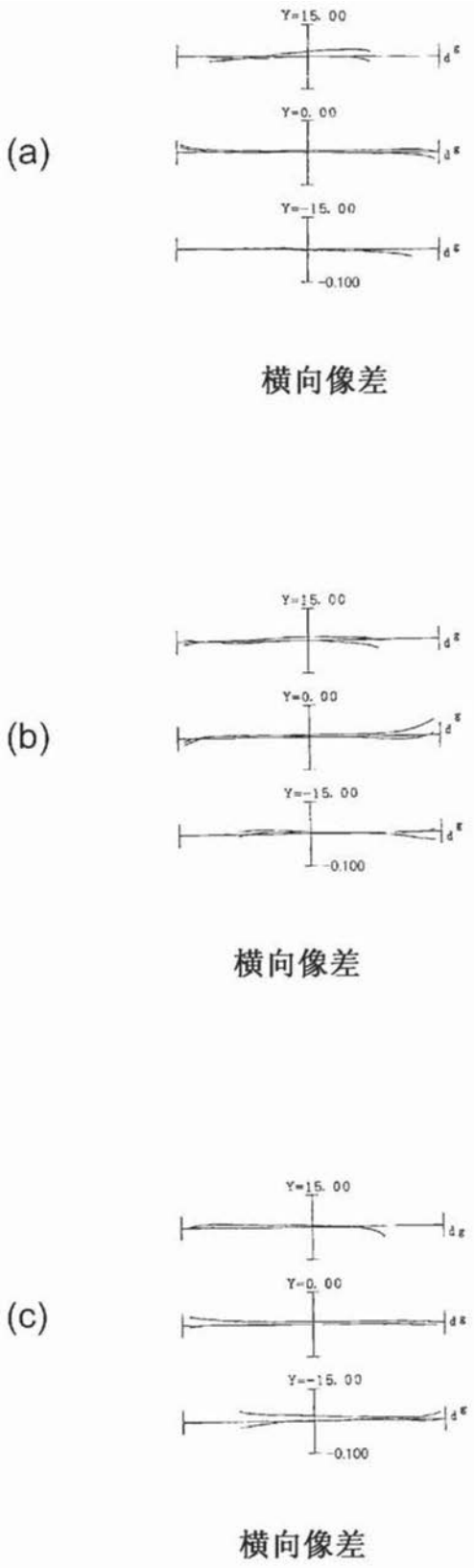


图60

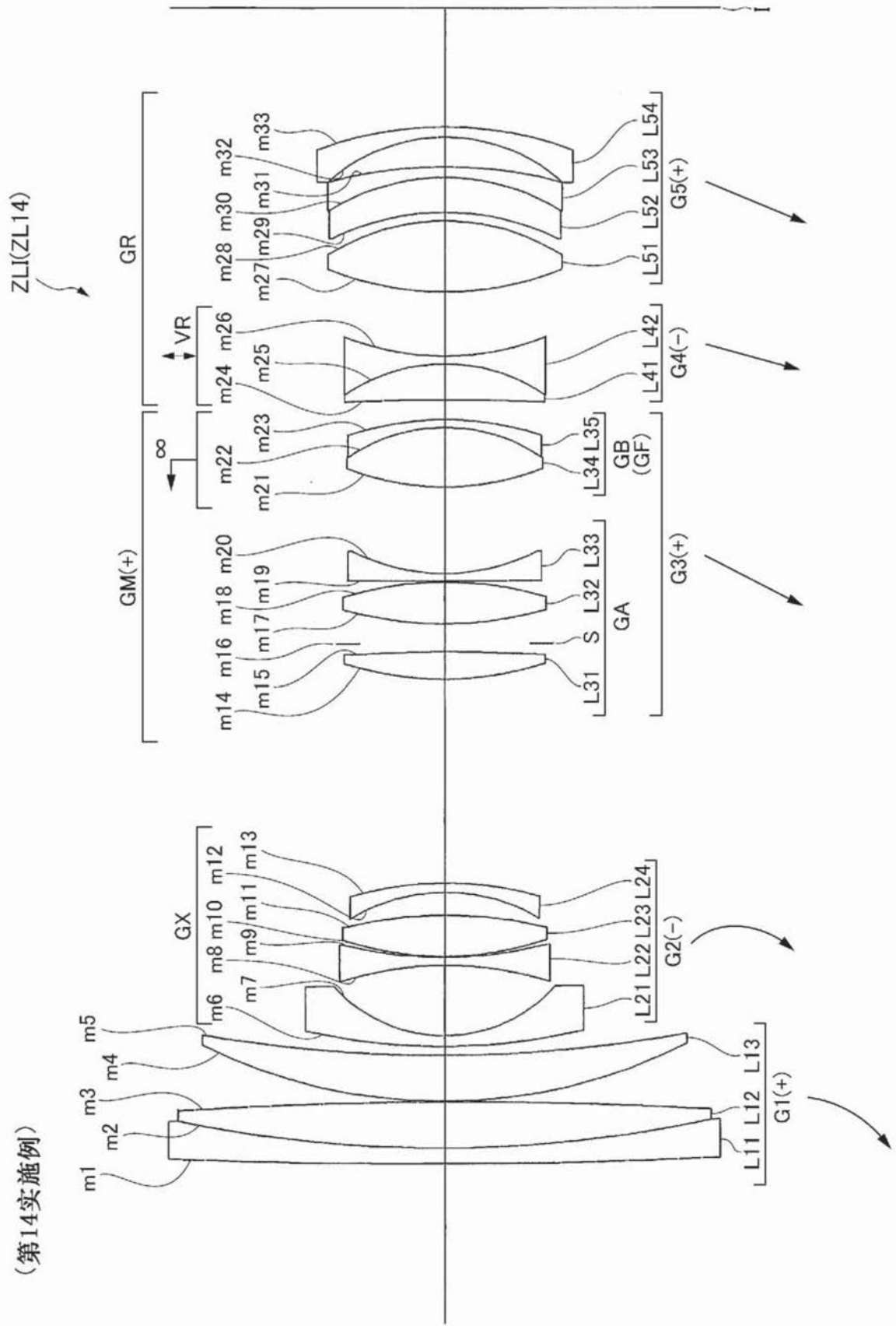


图61

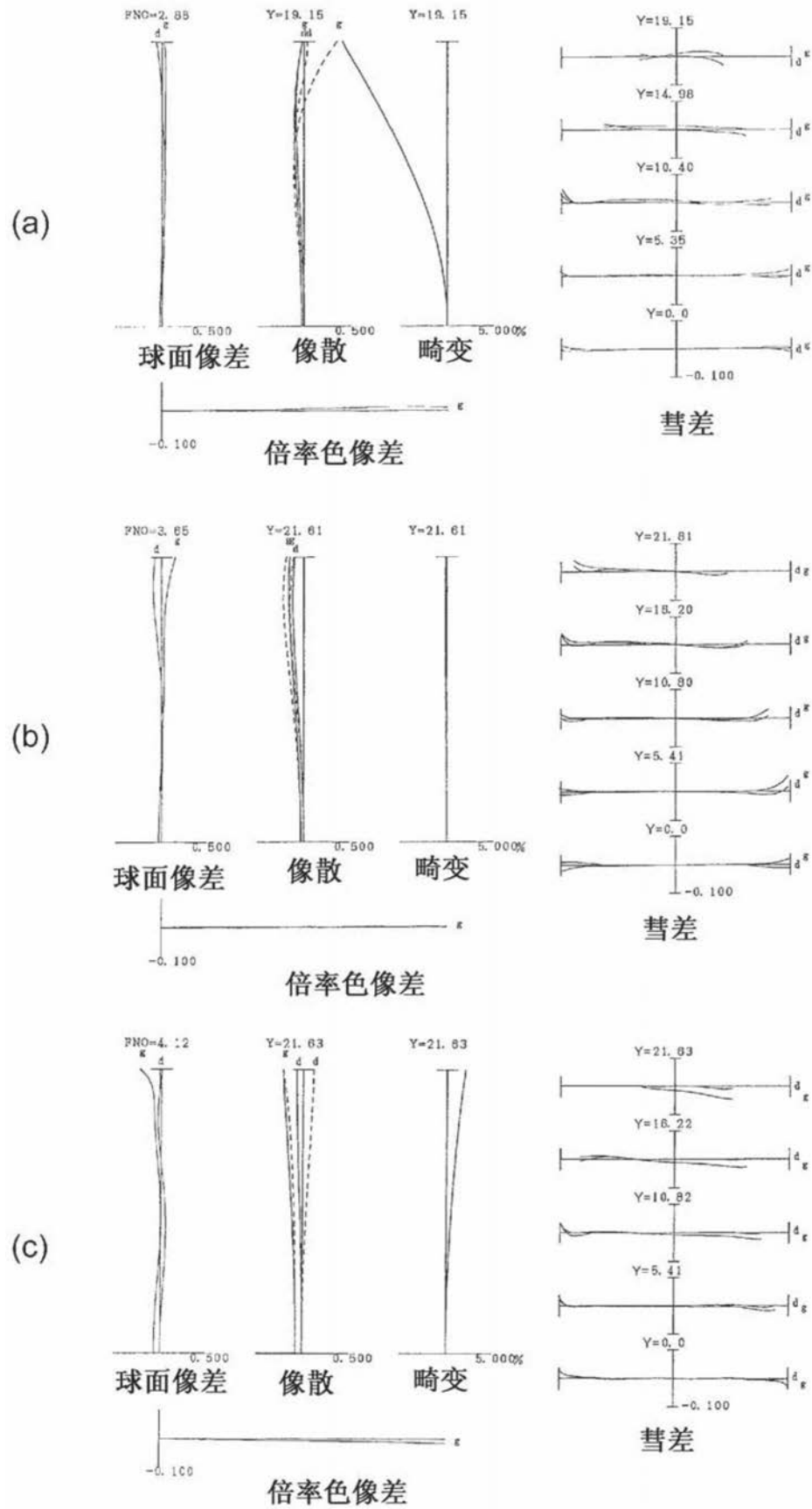


图62

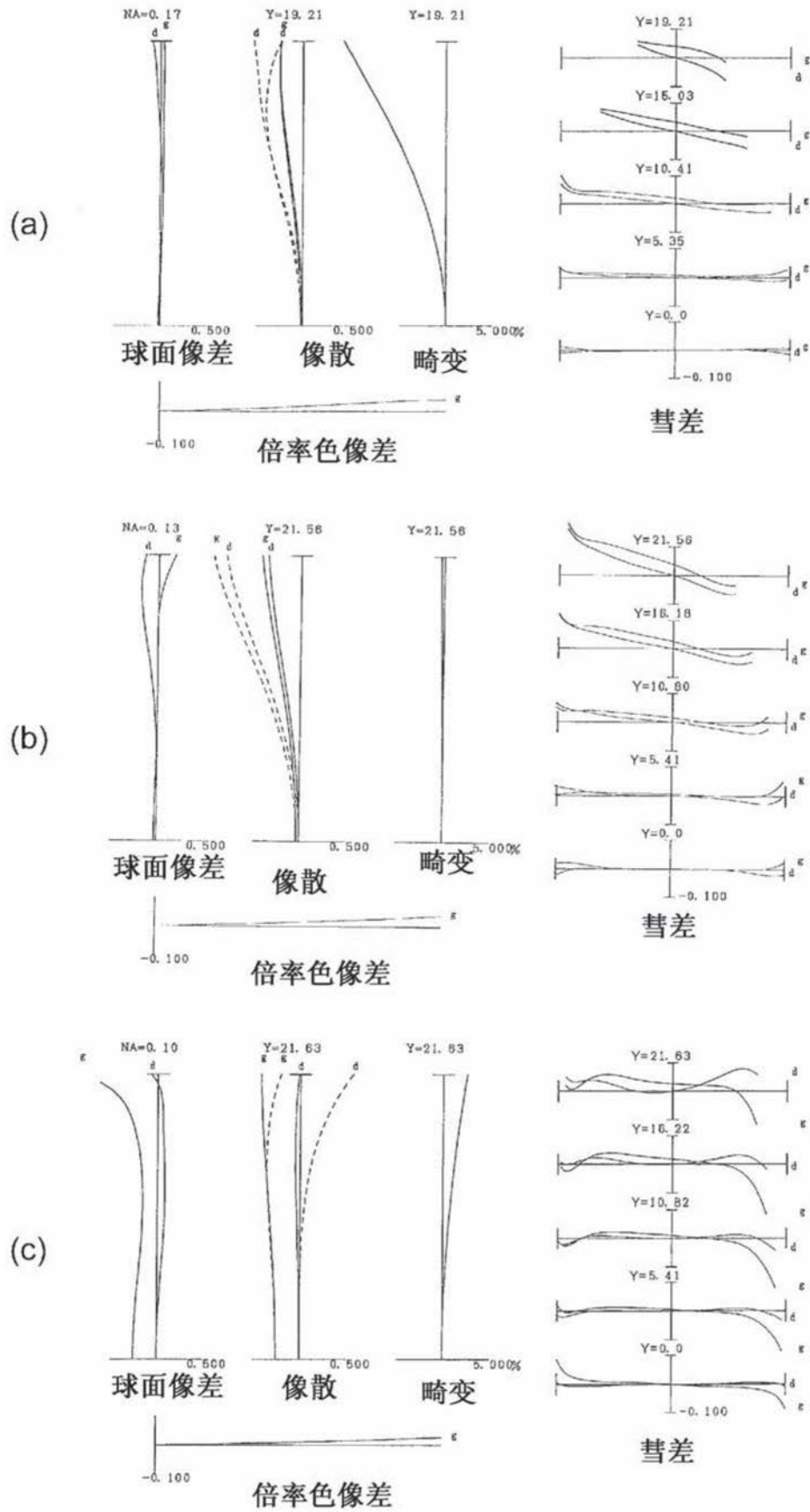


图63

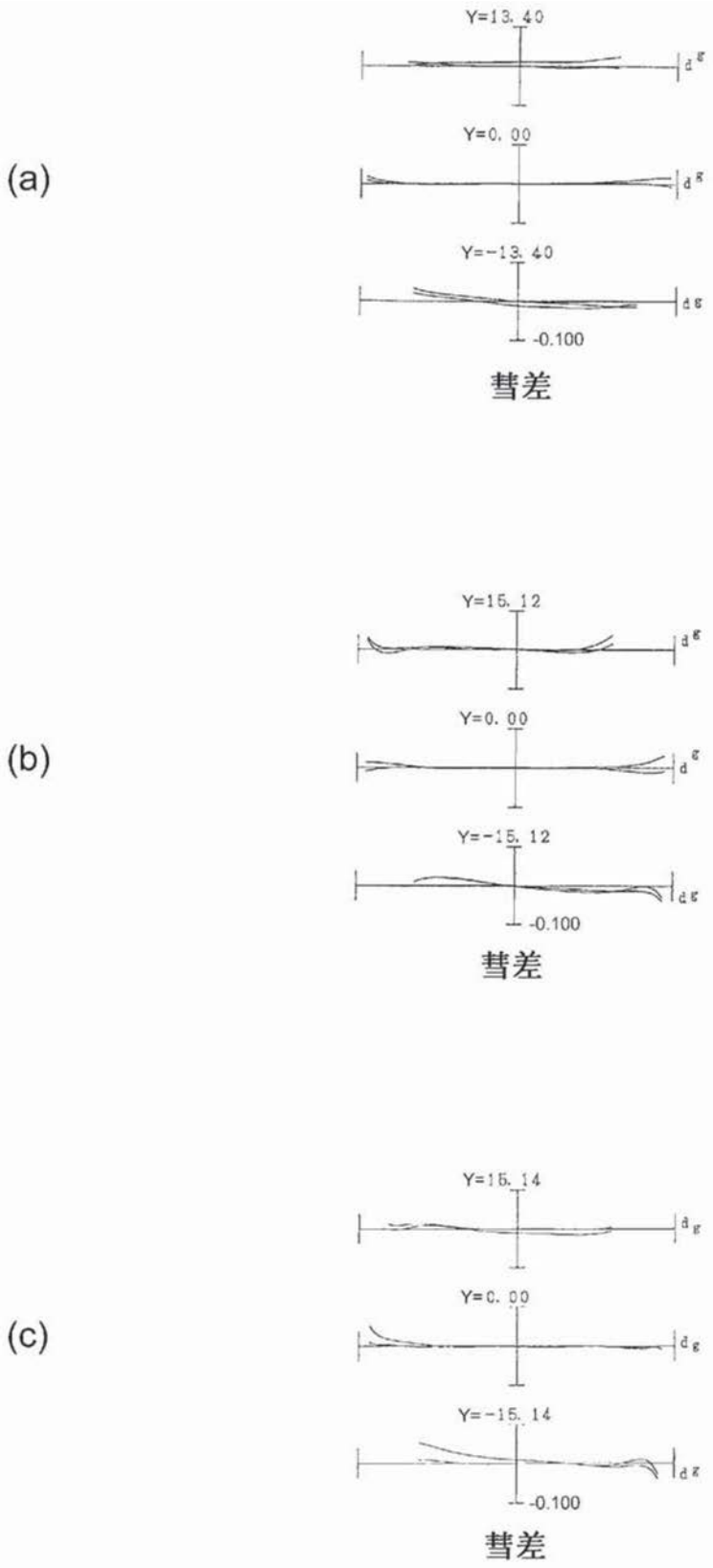


图64

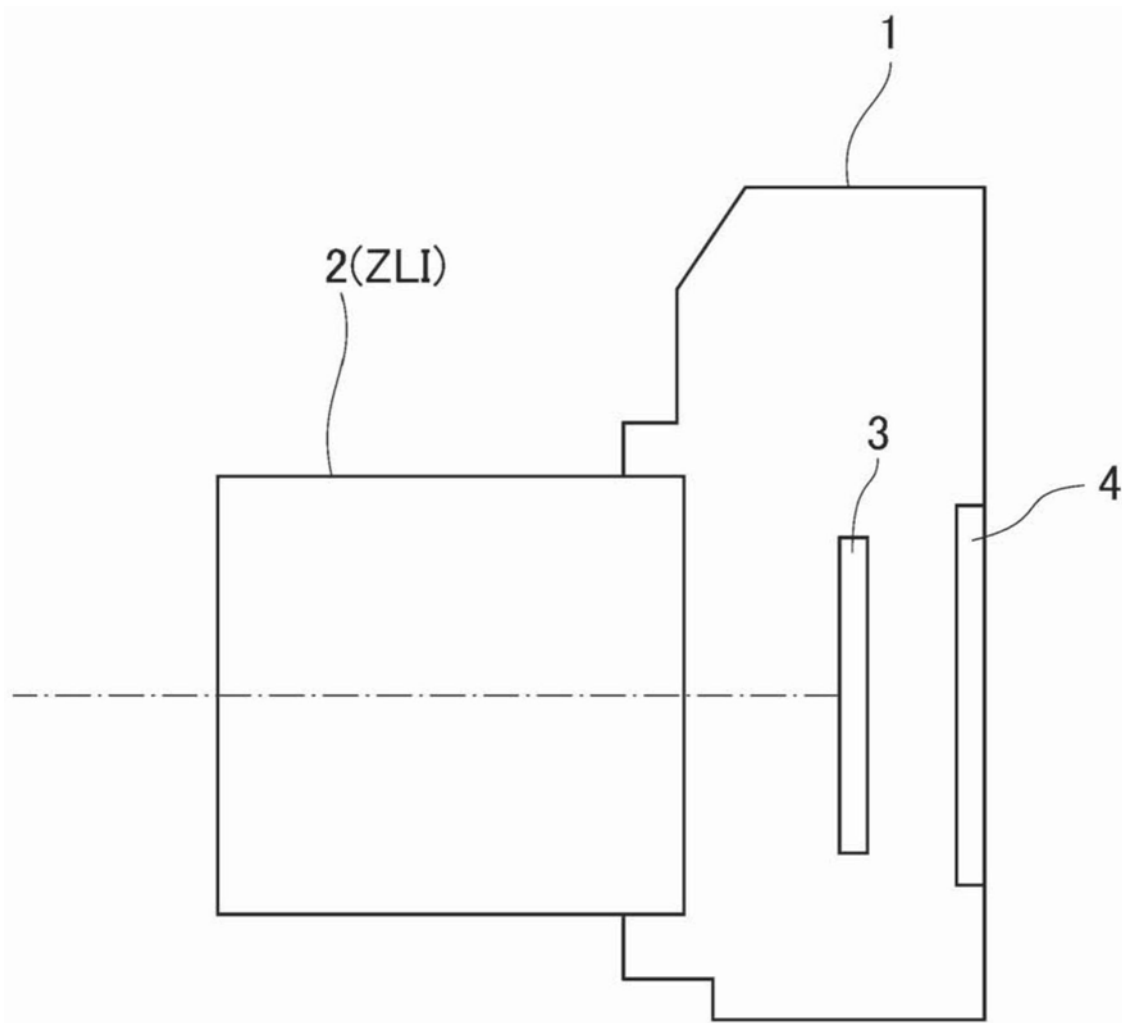


图65

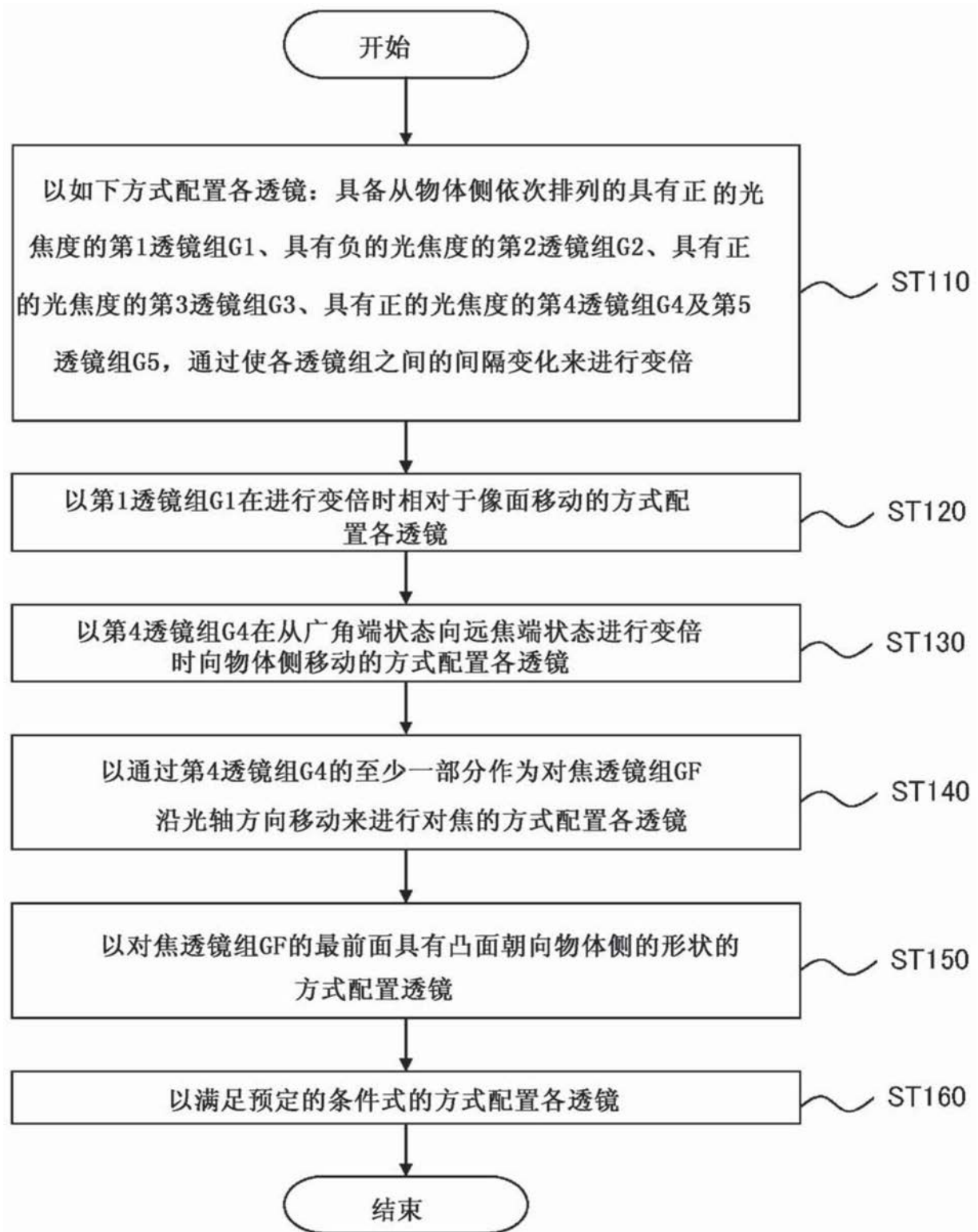


图66

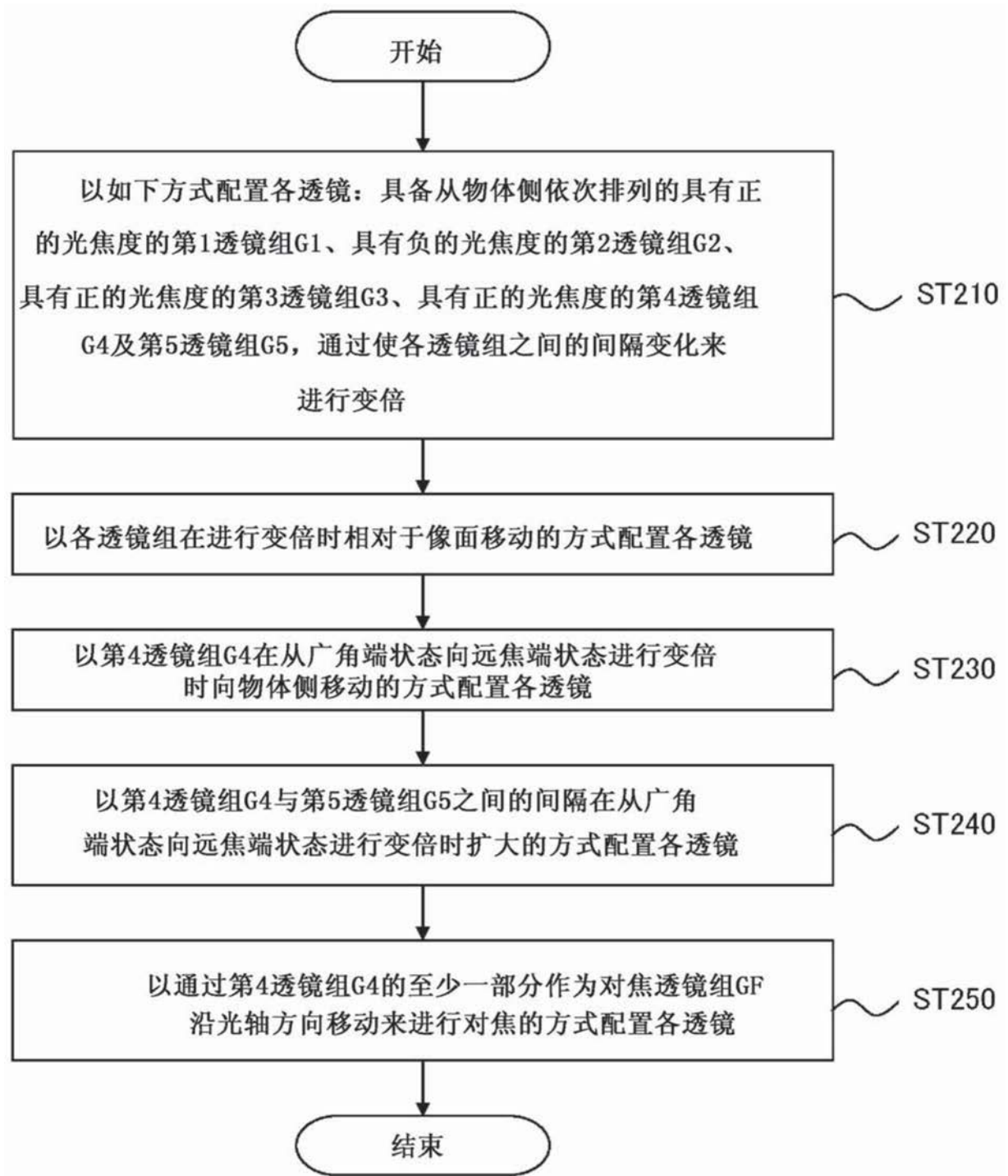


图67

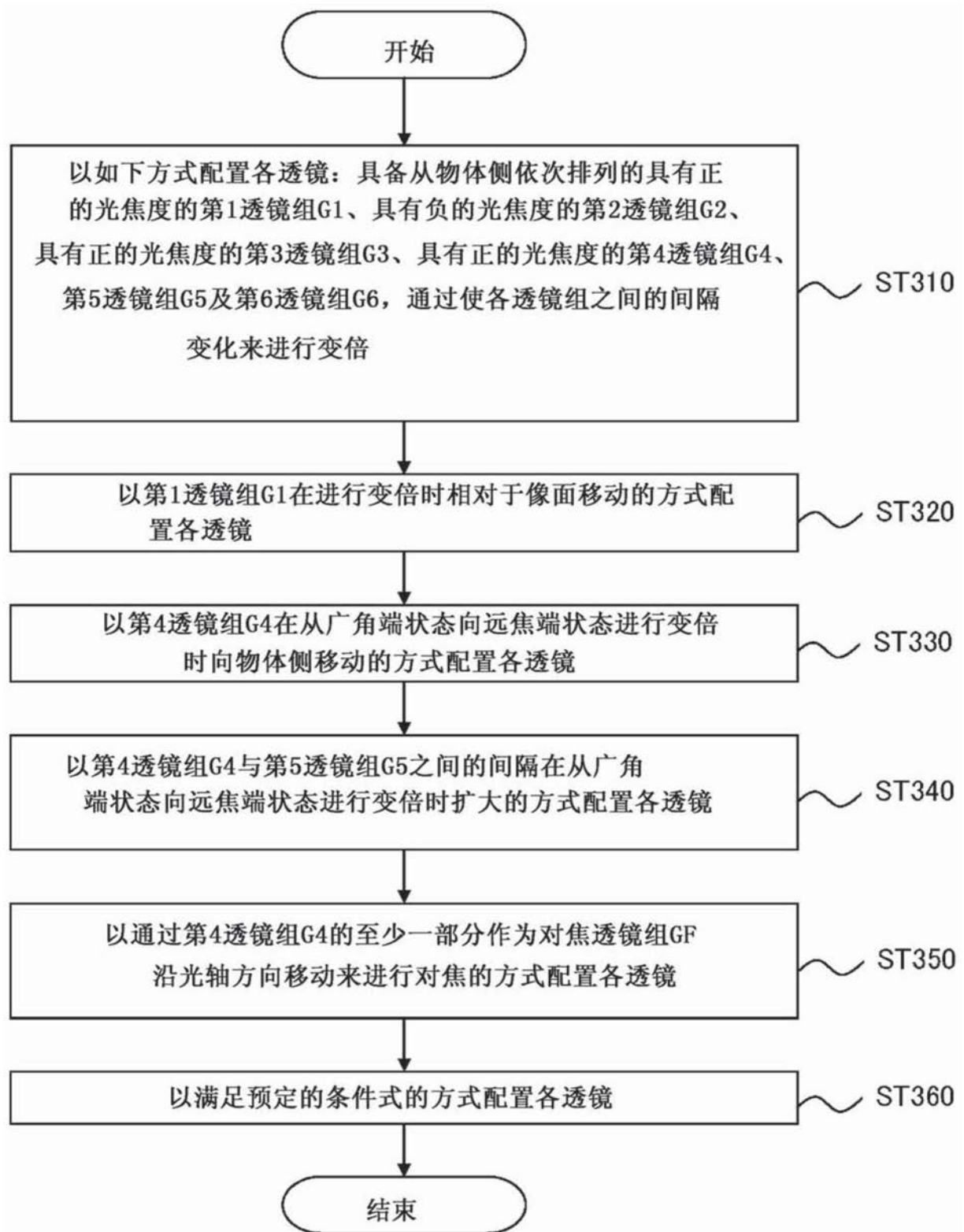


图68

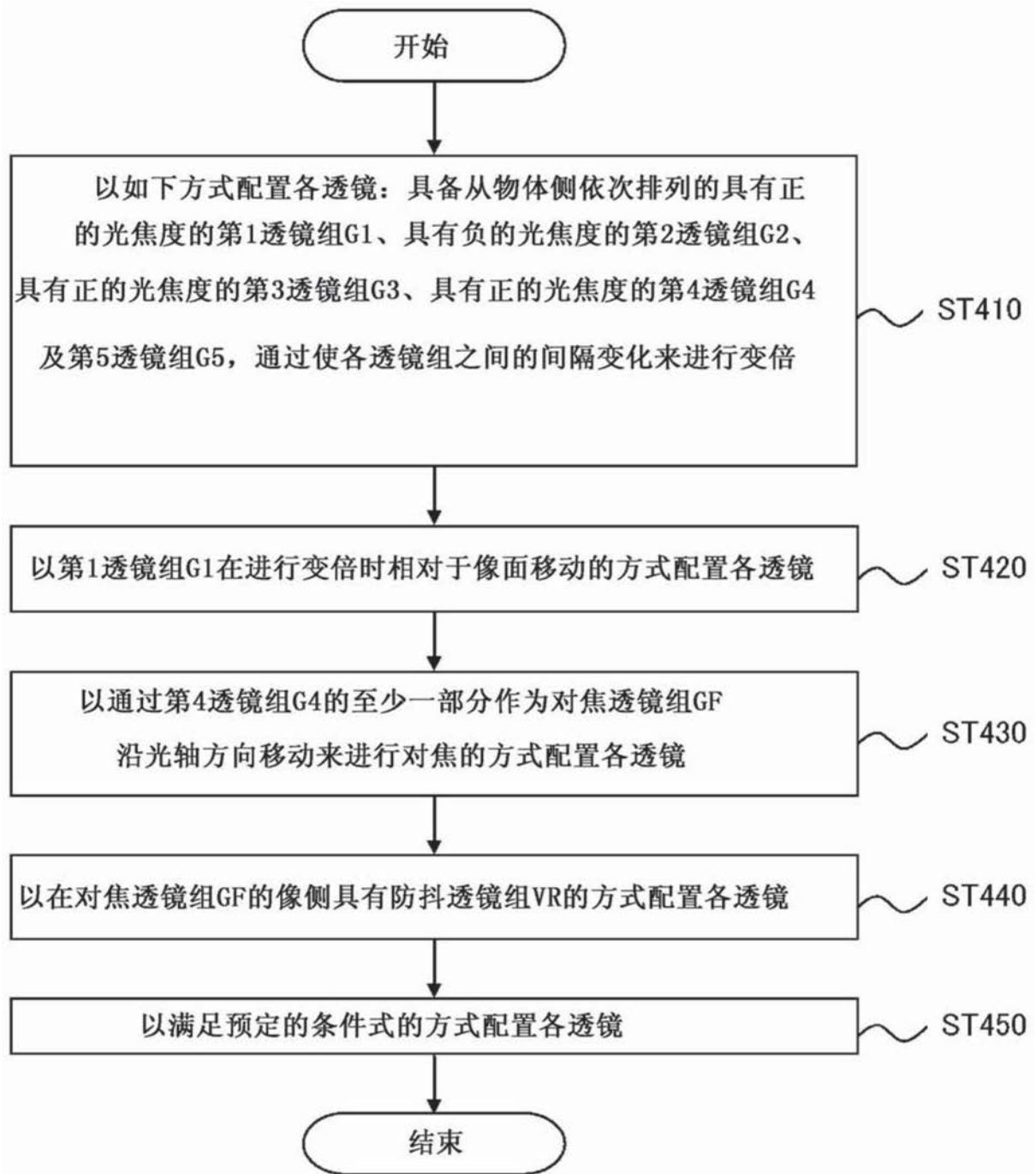


图69

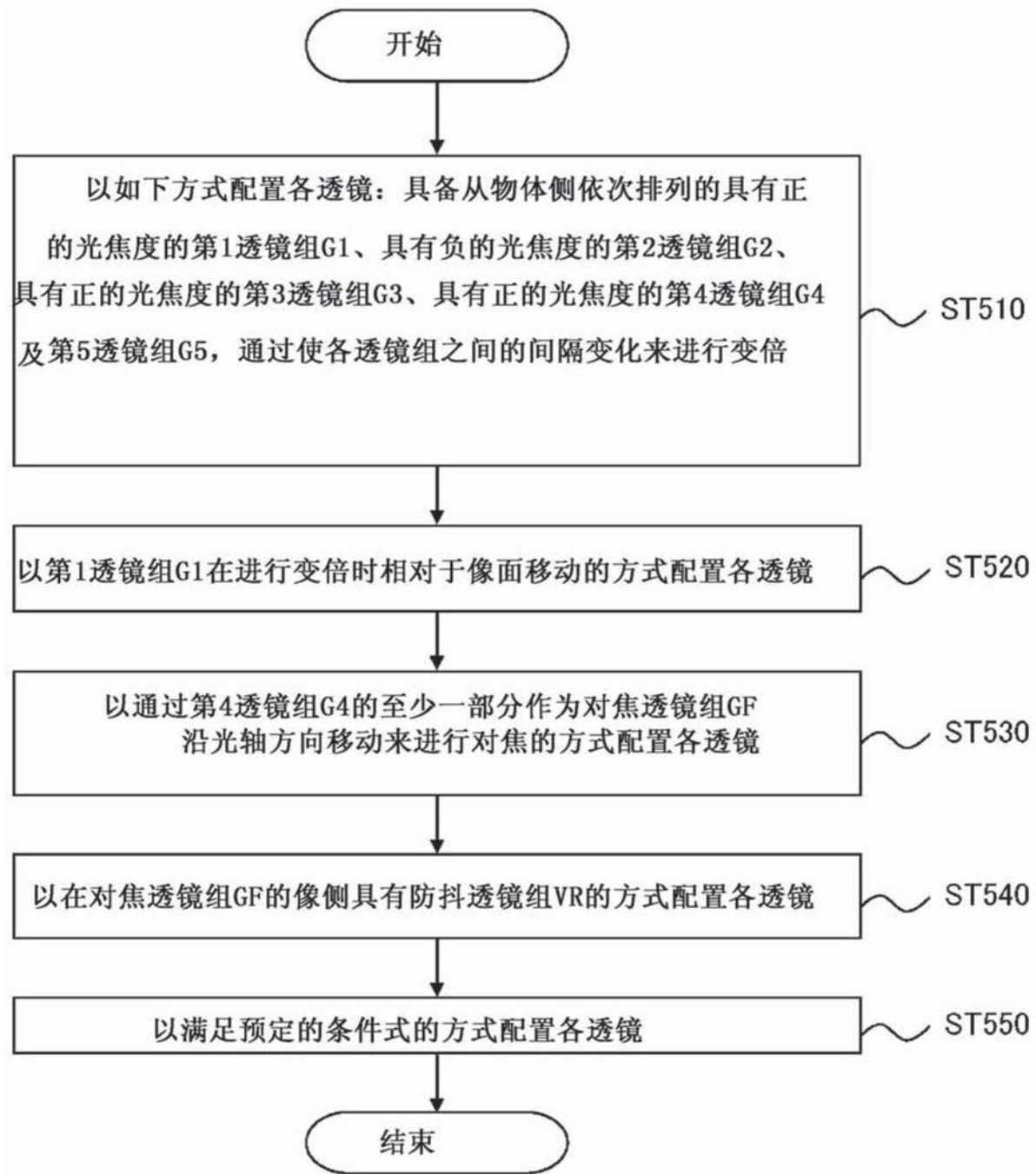


图70

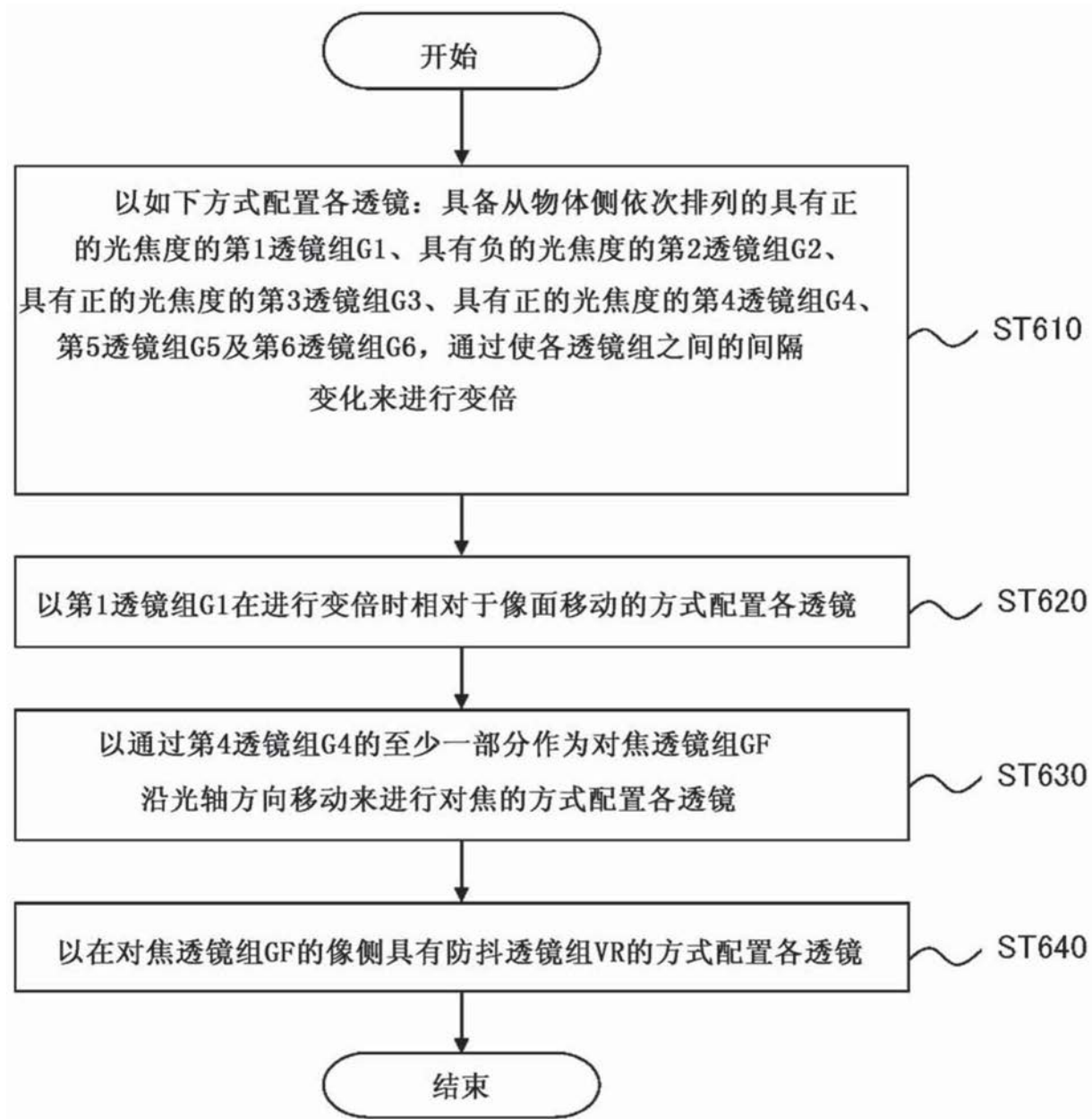


图71

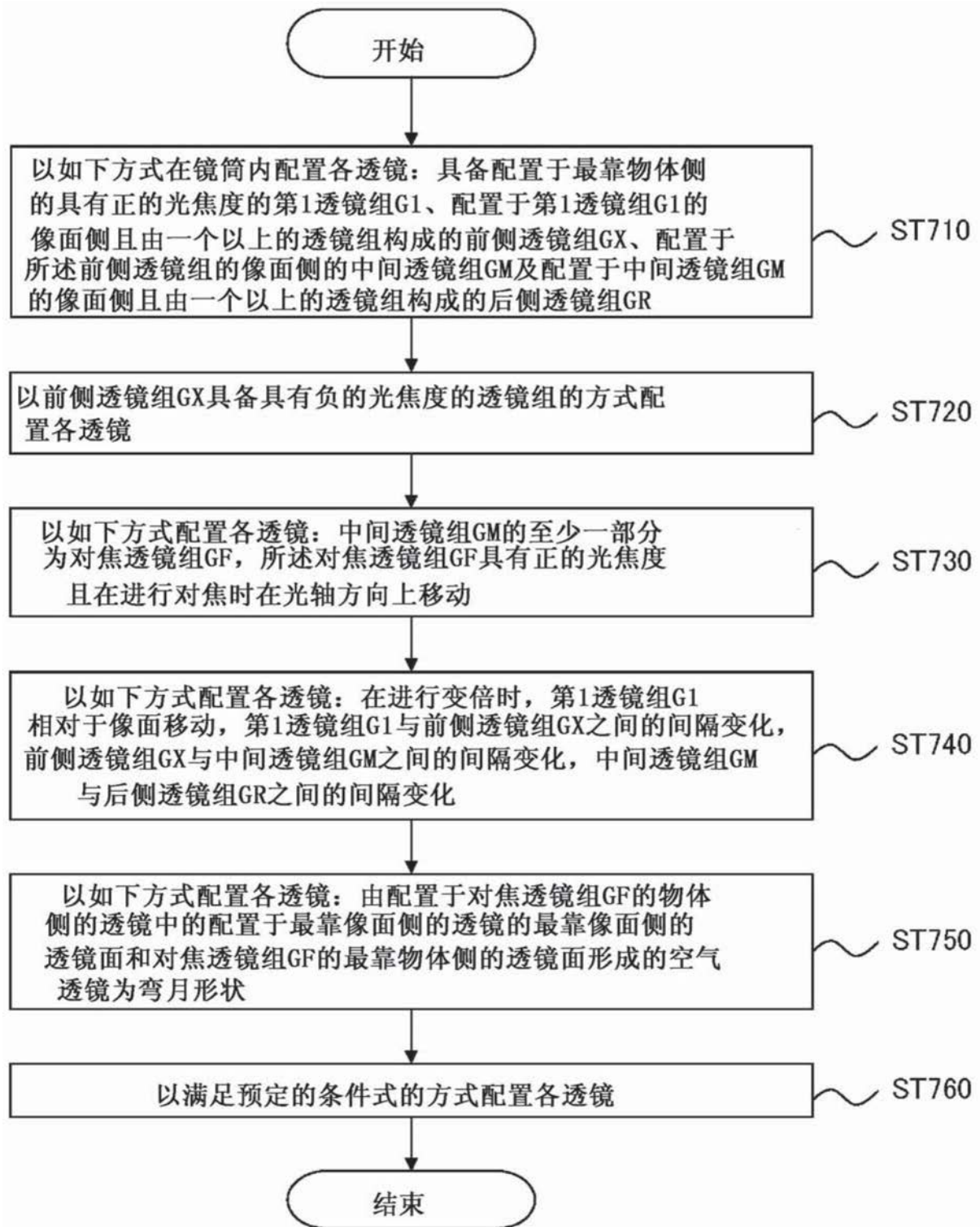


图72

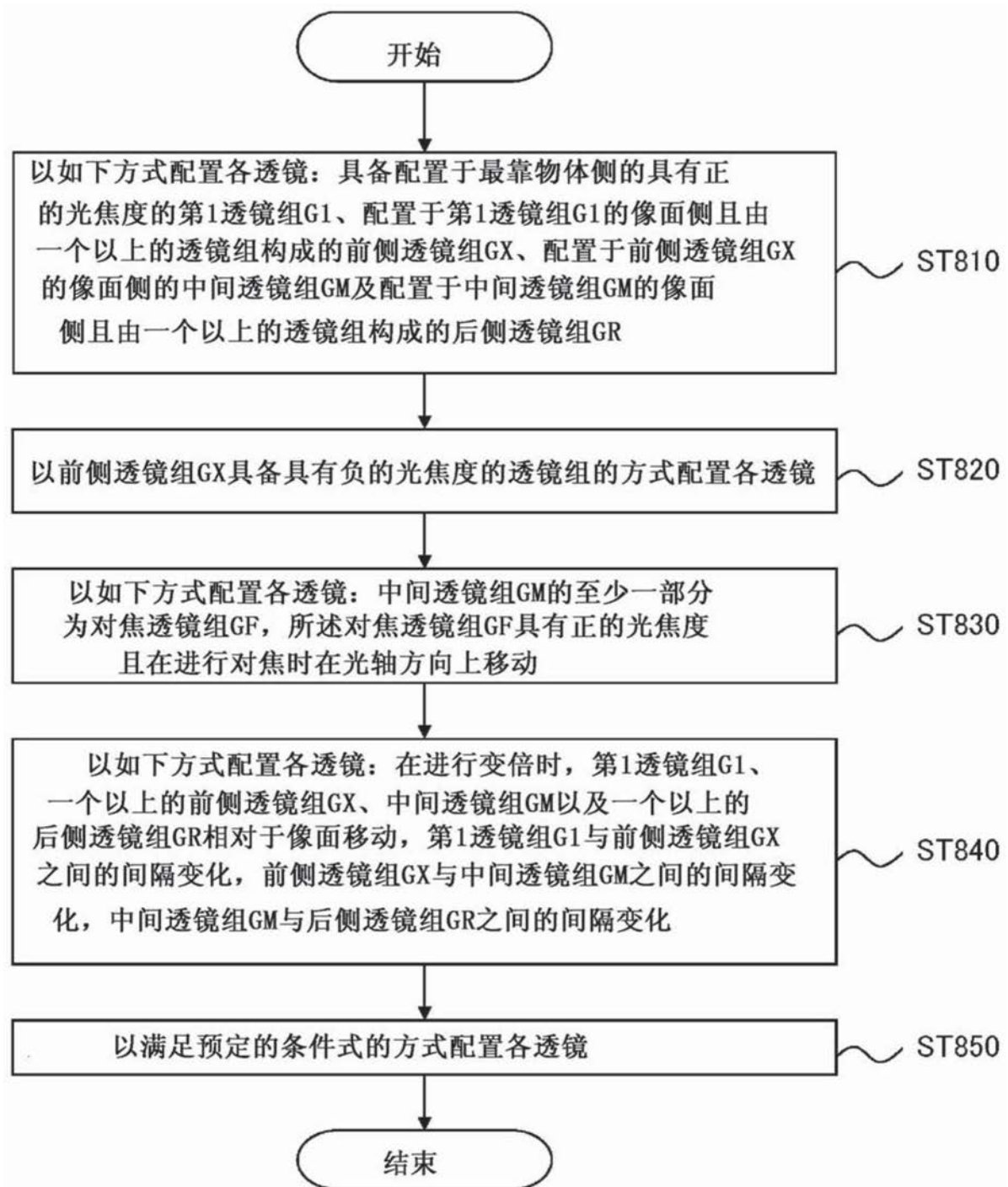


图73

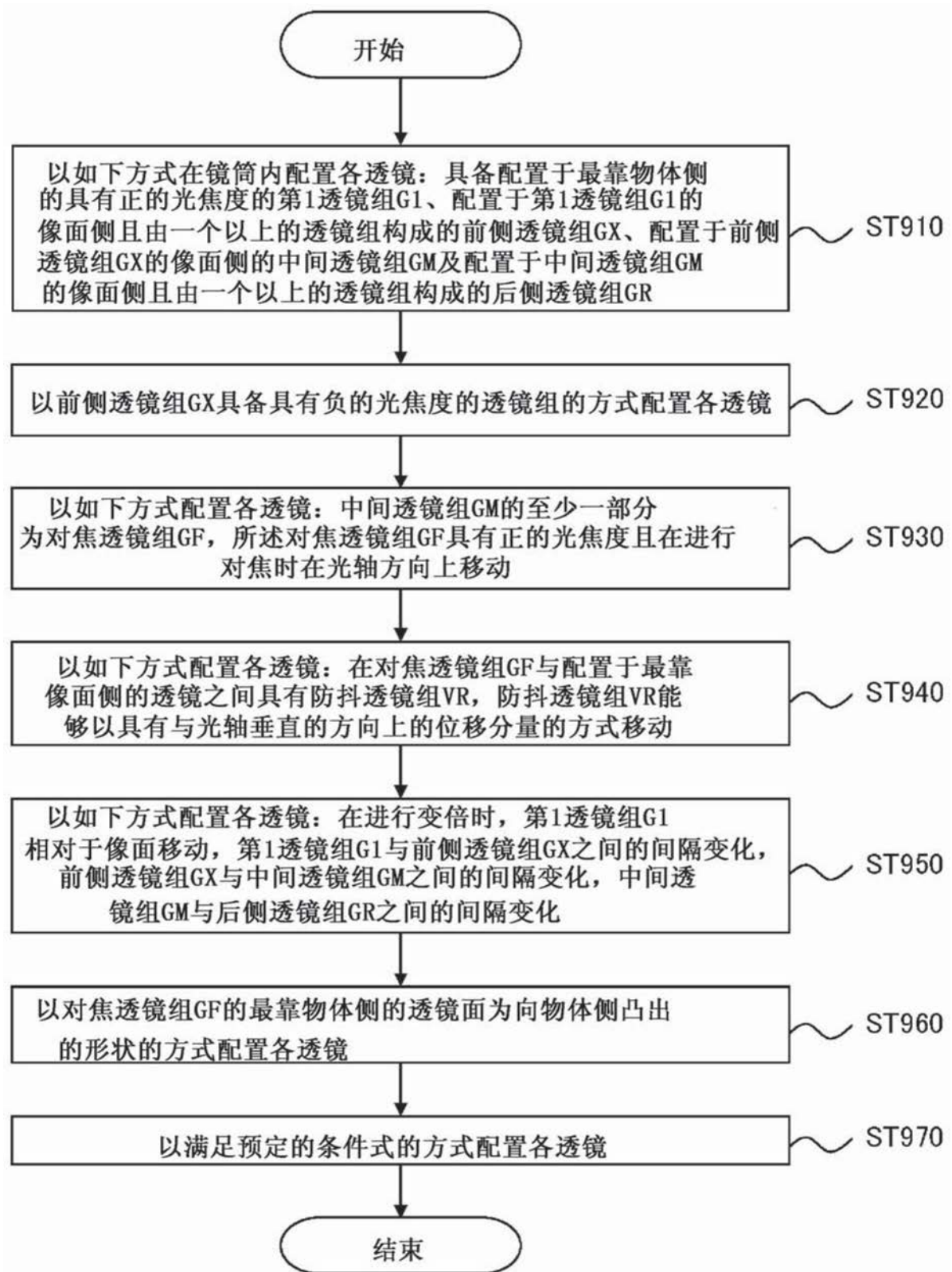


图74

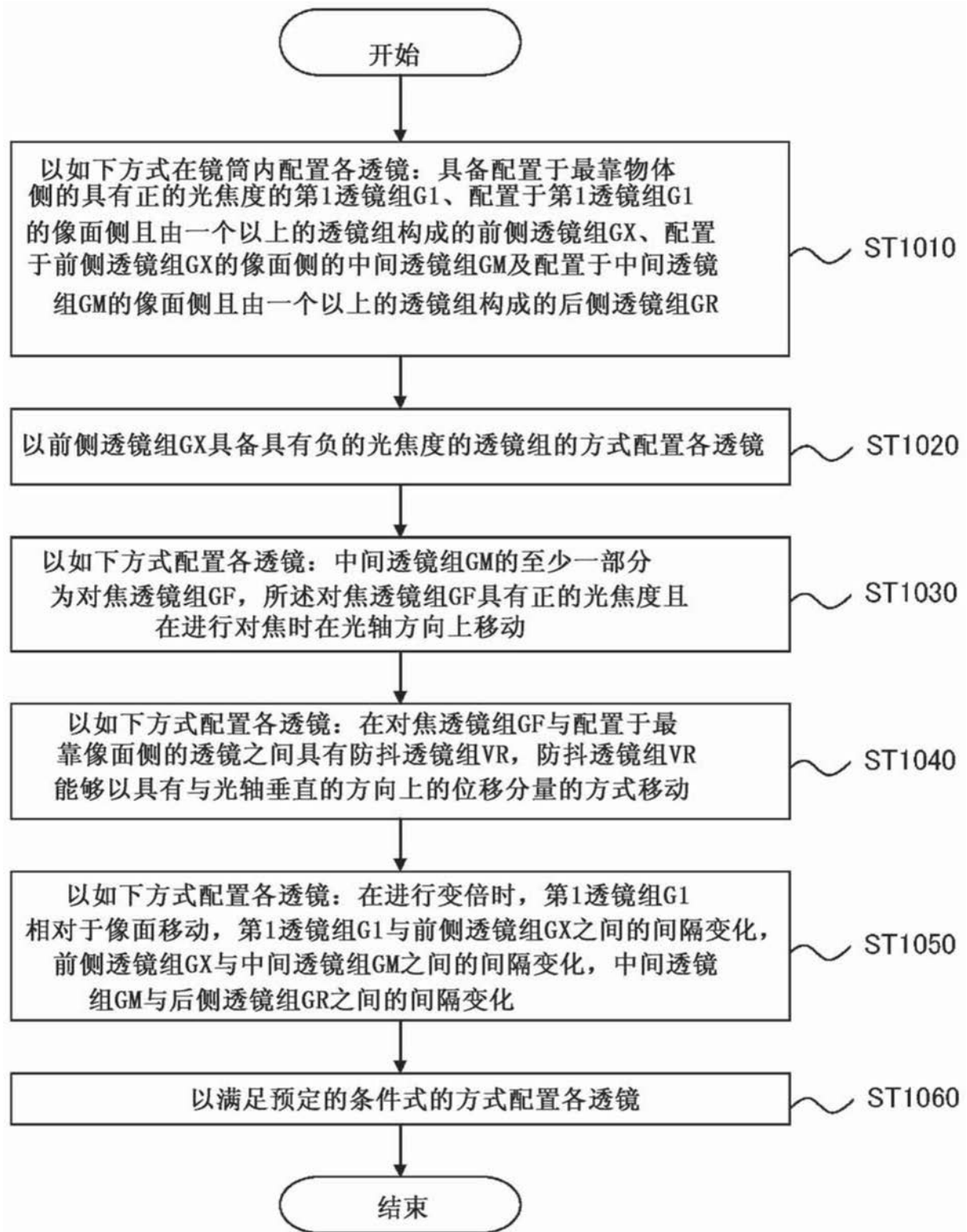


图75

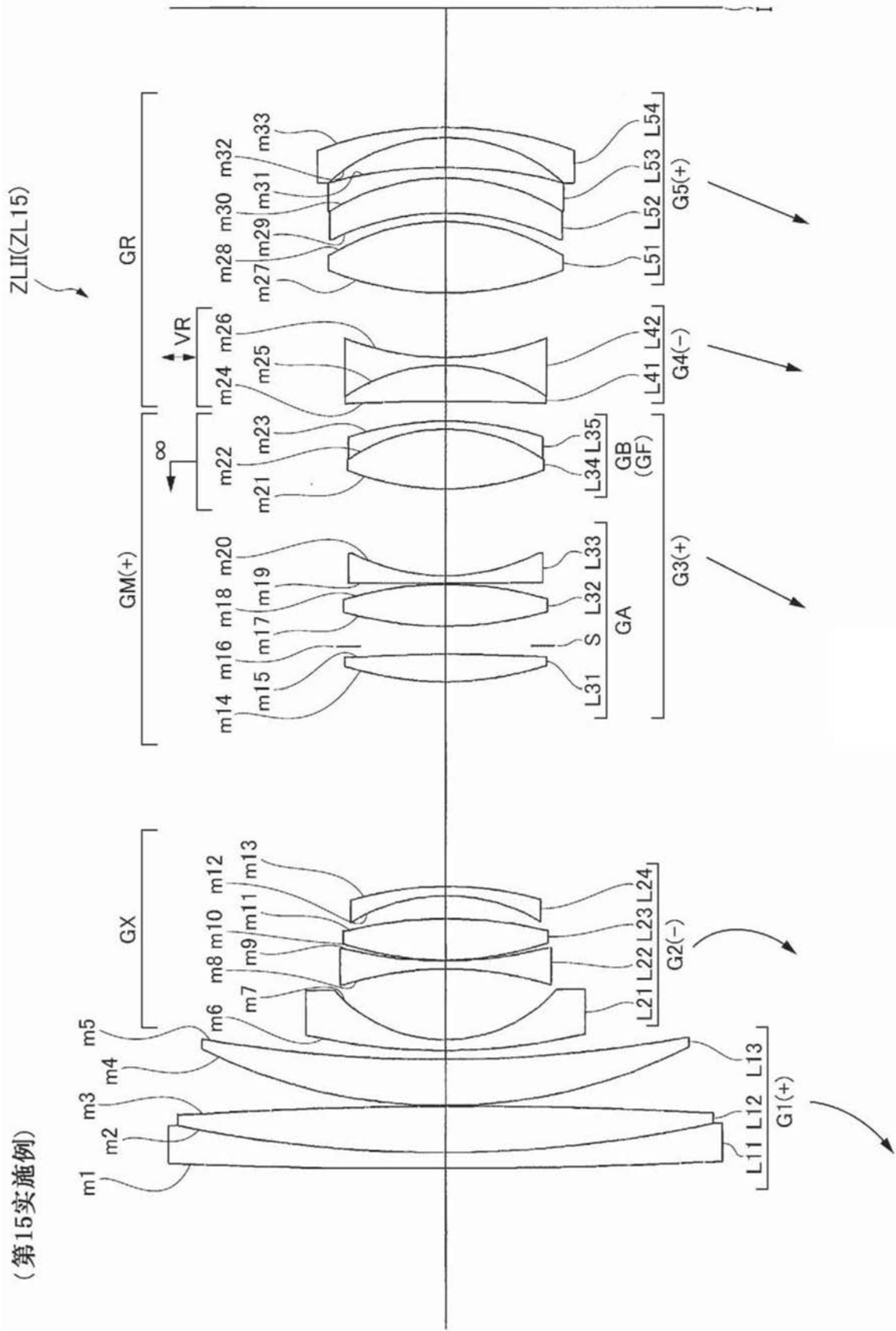


图76

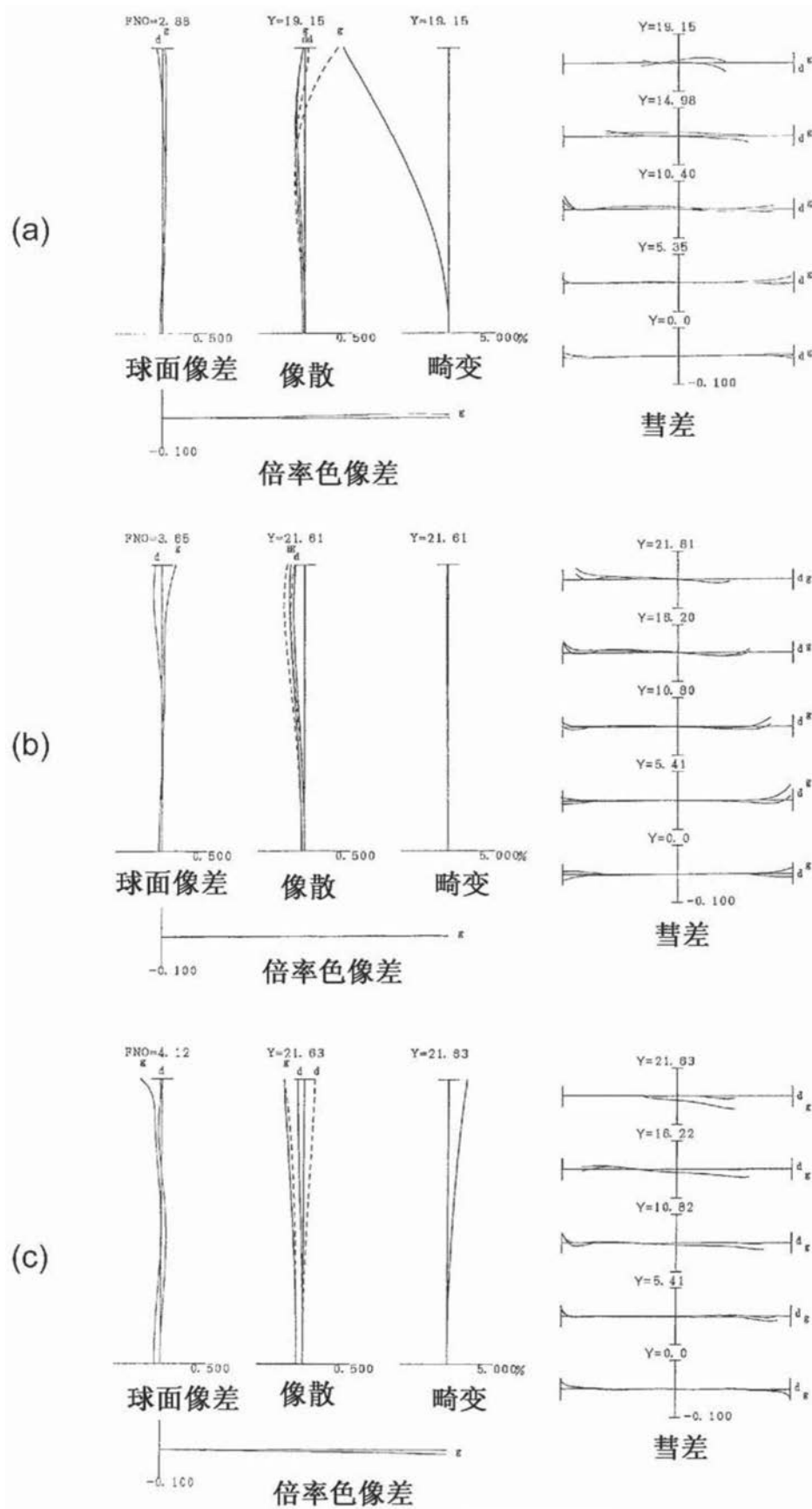


图77

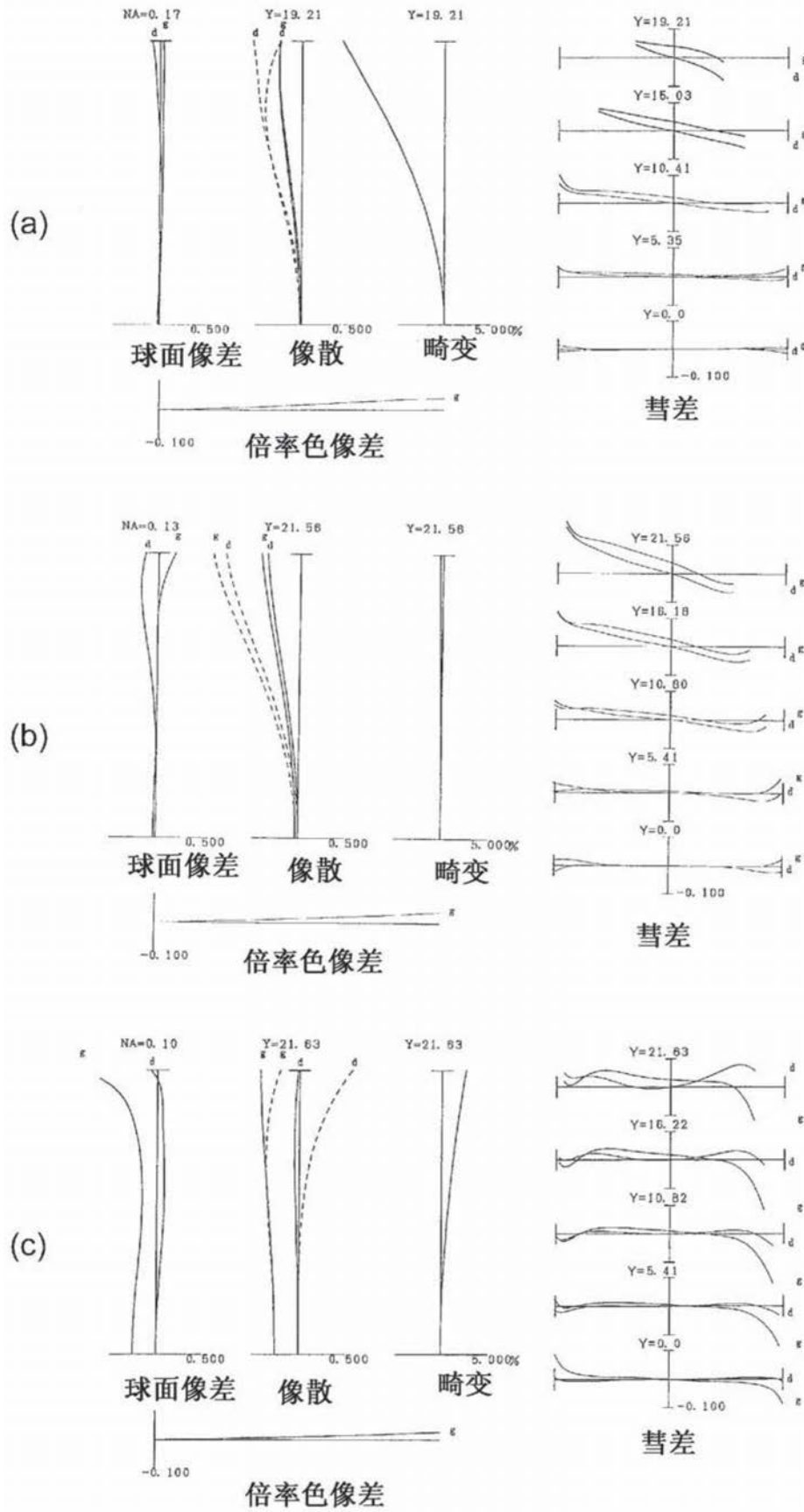


图78

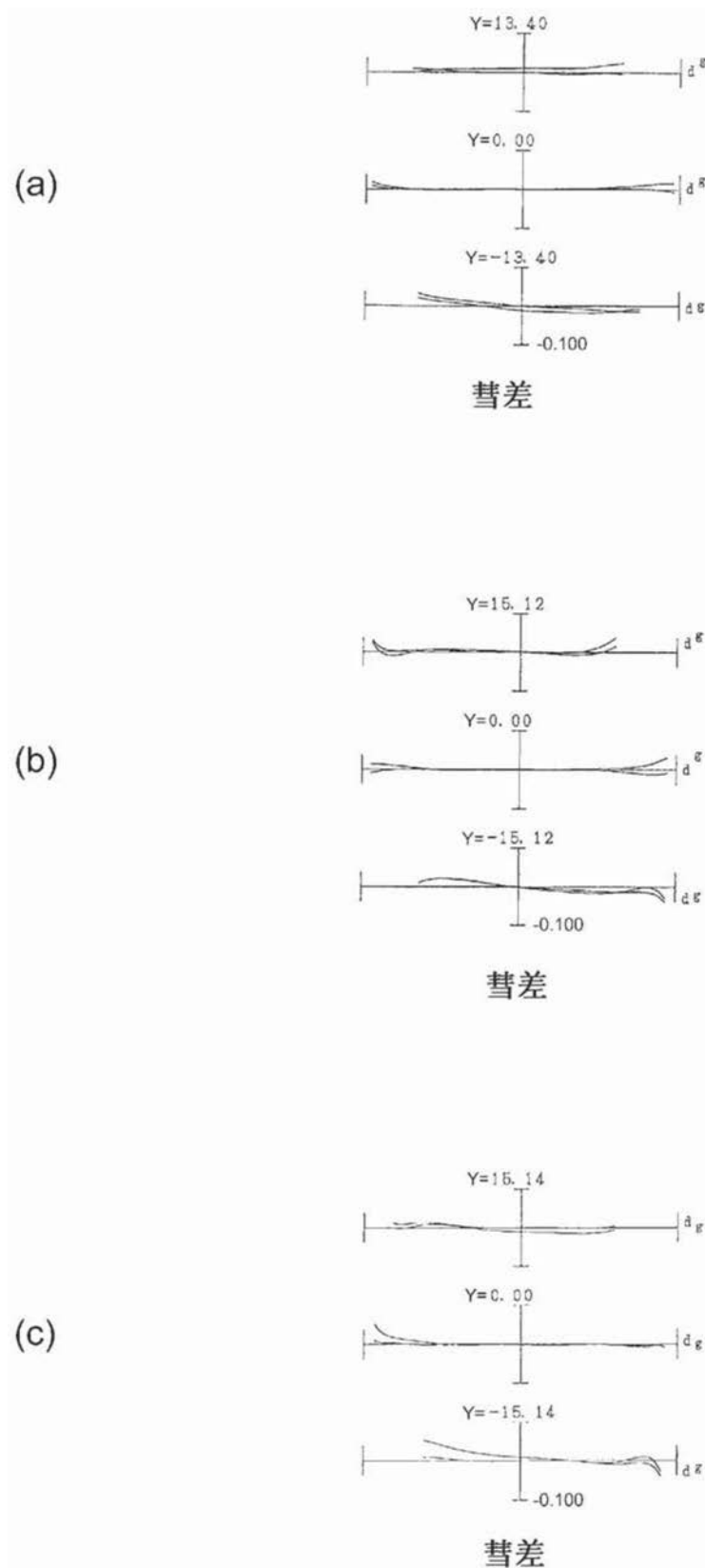


图79

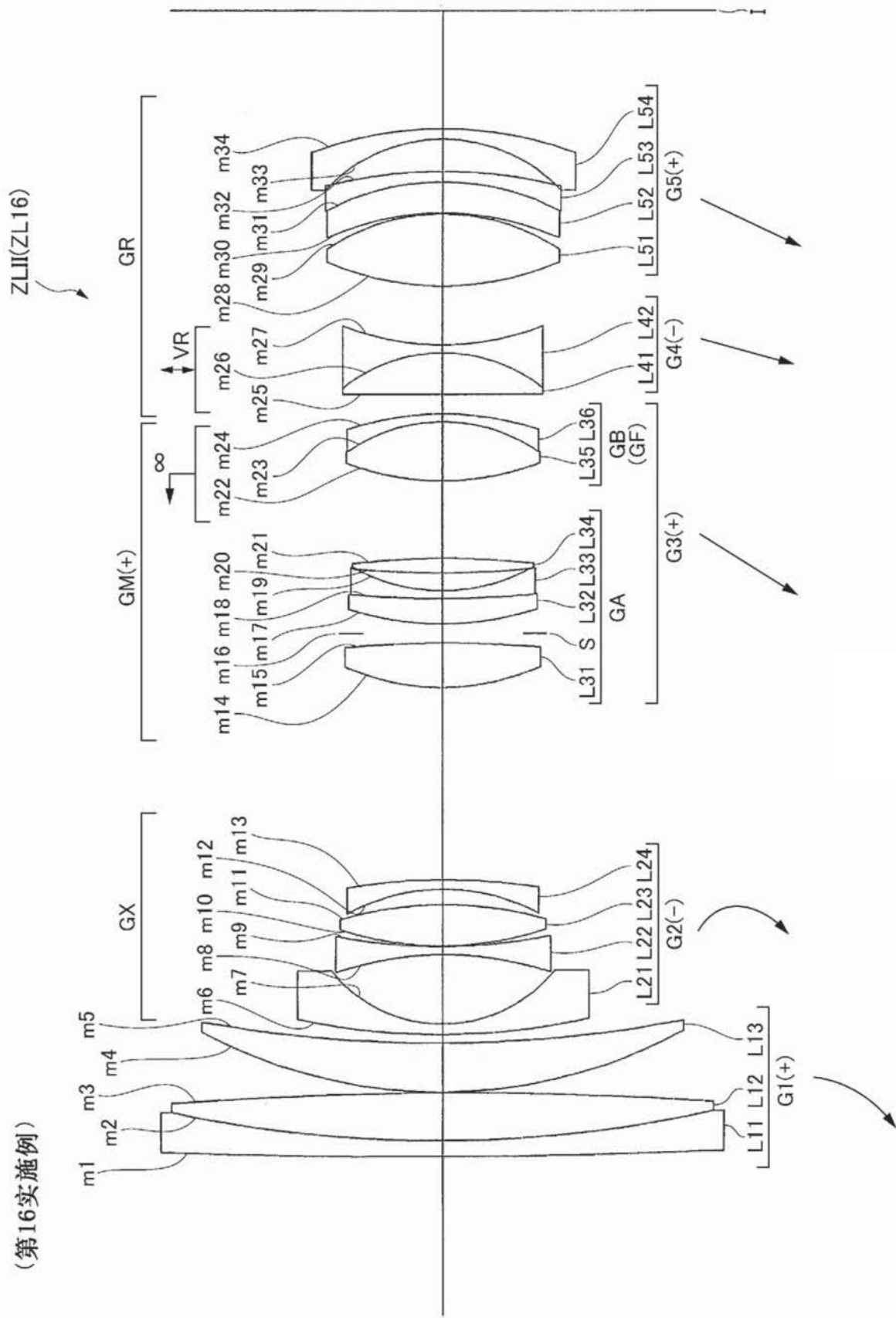


图80

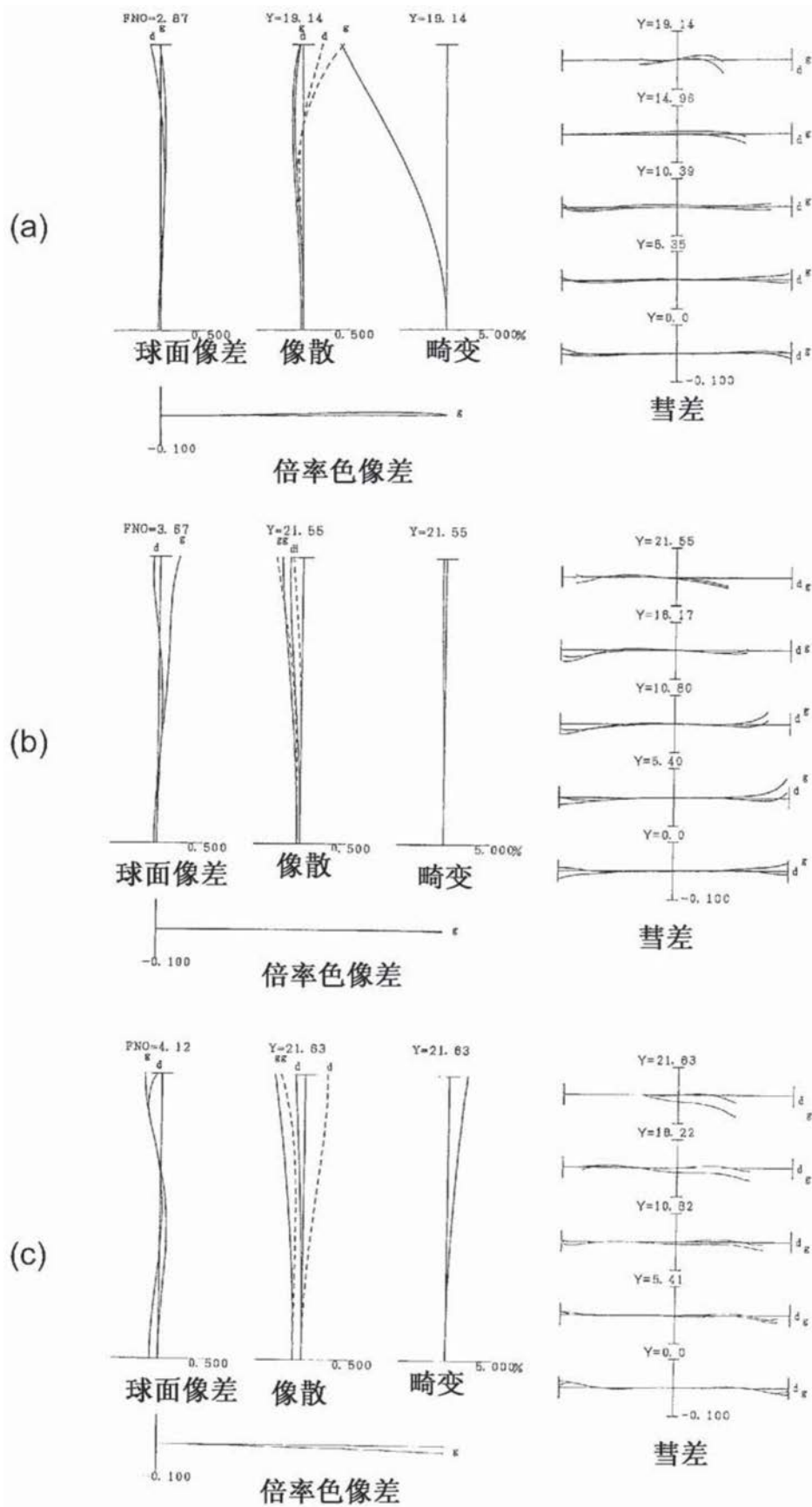


图81

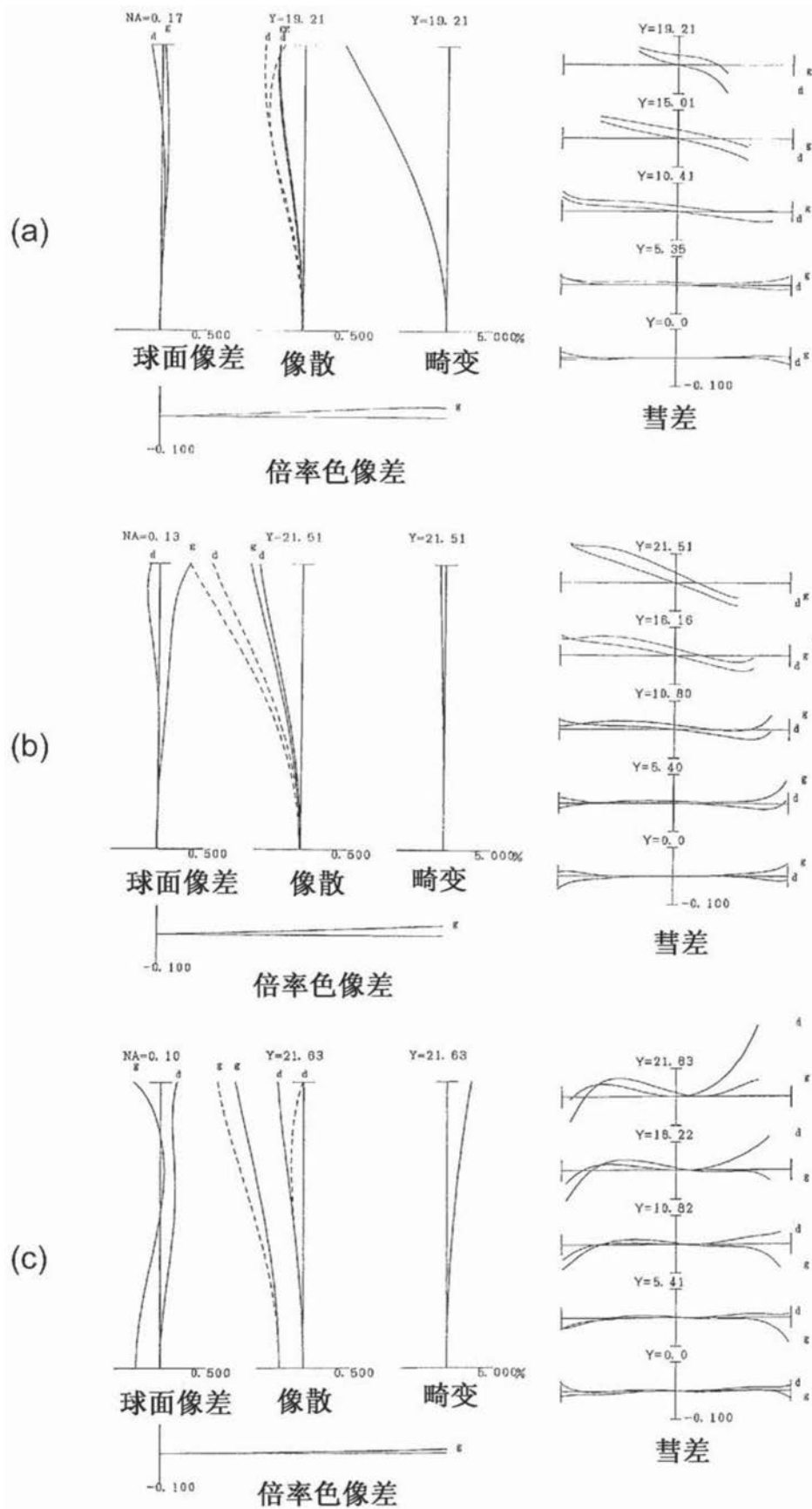


图82

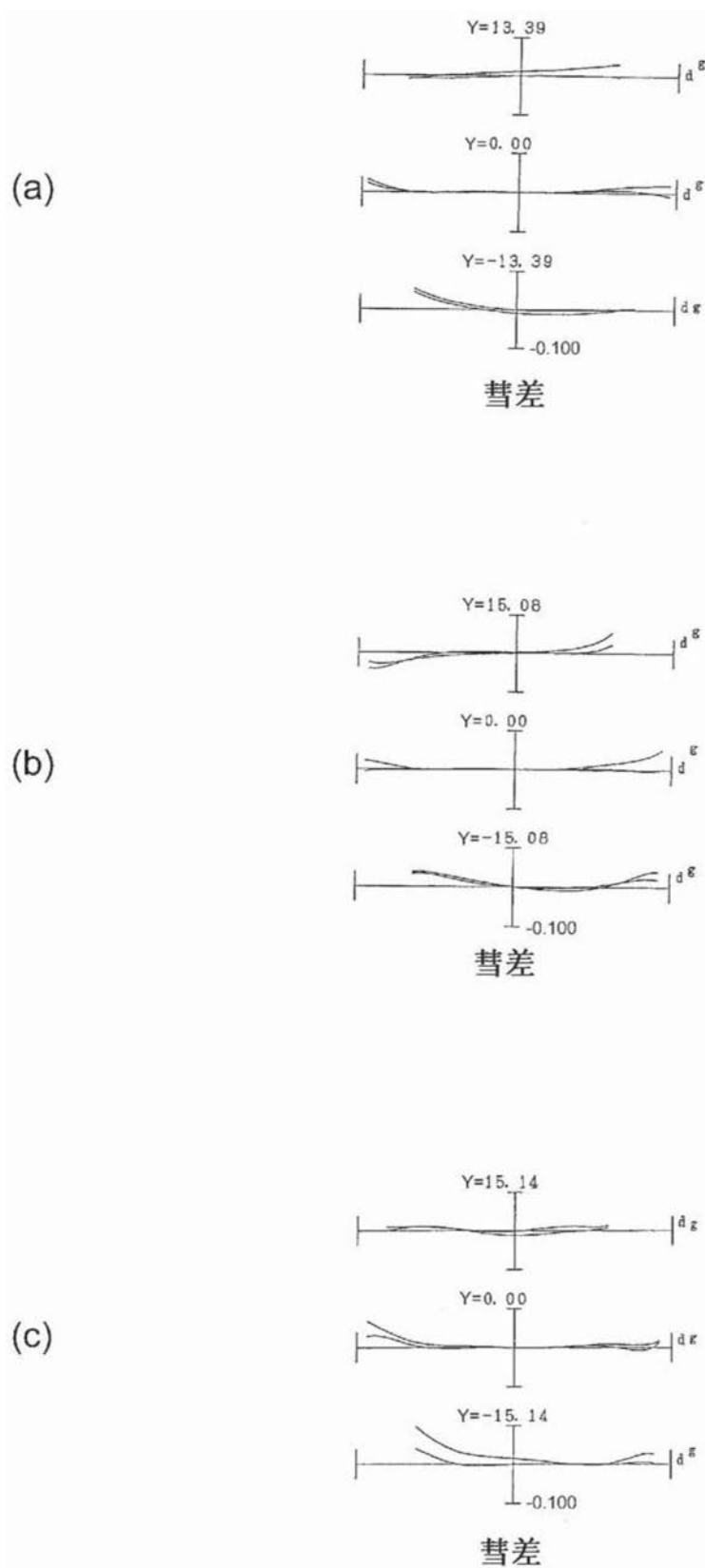


图83

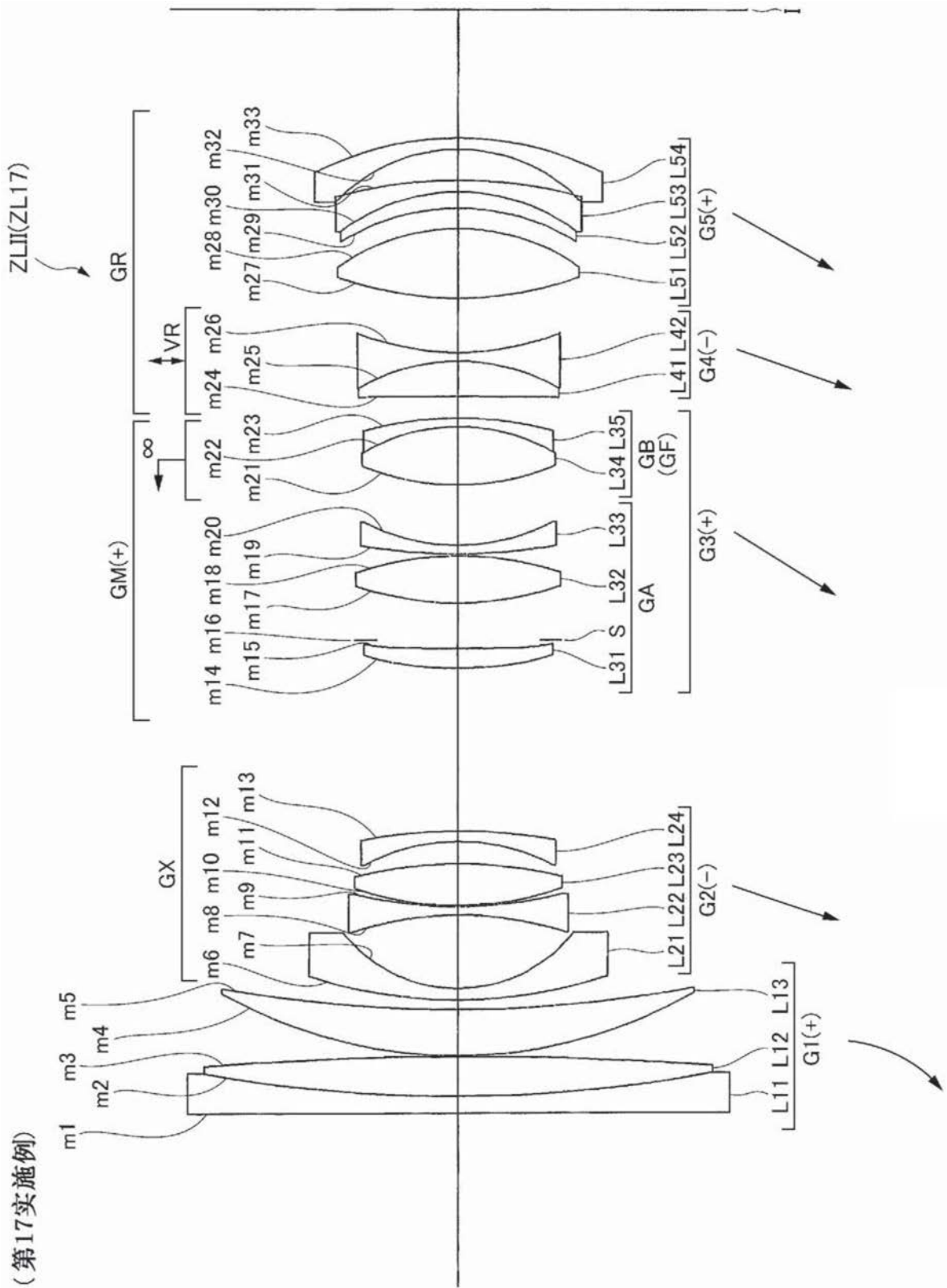


图84

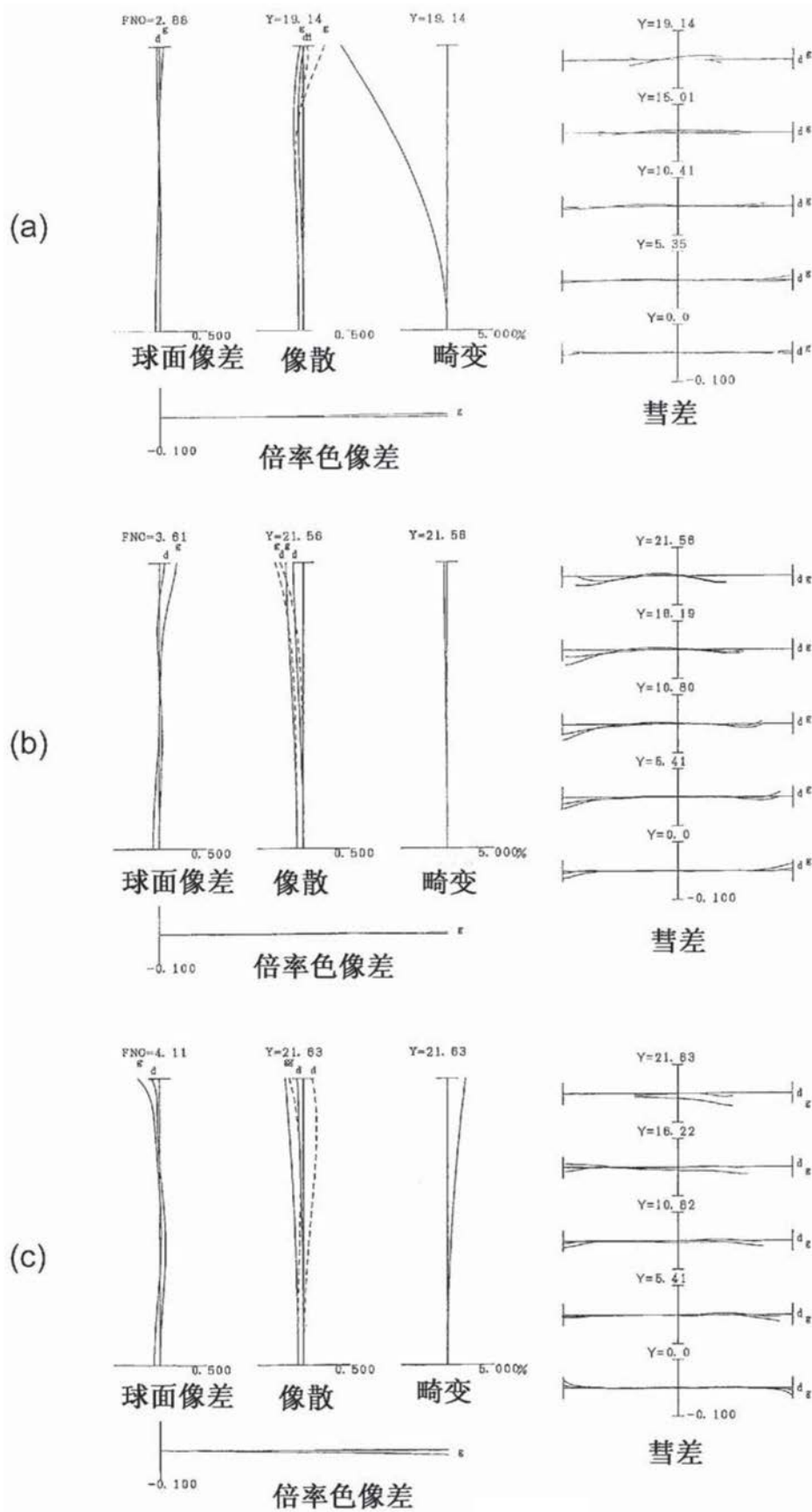


图85

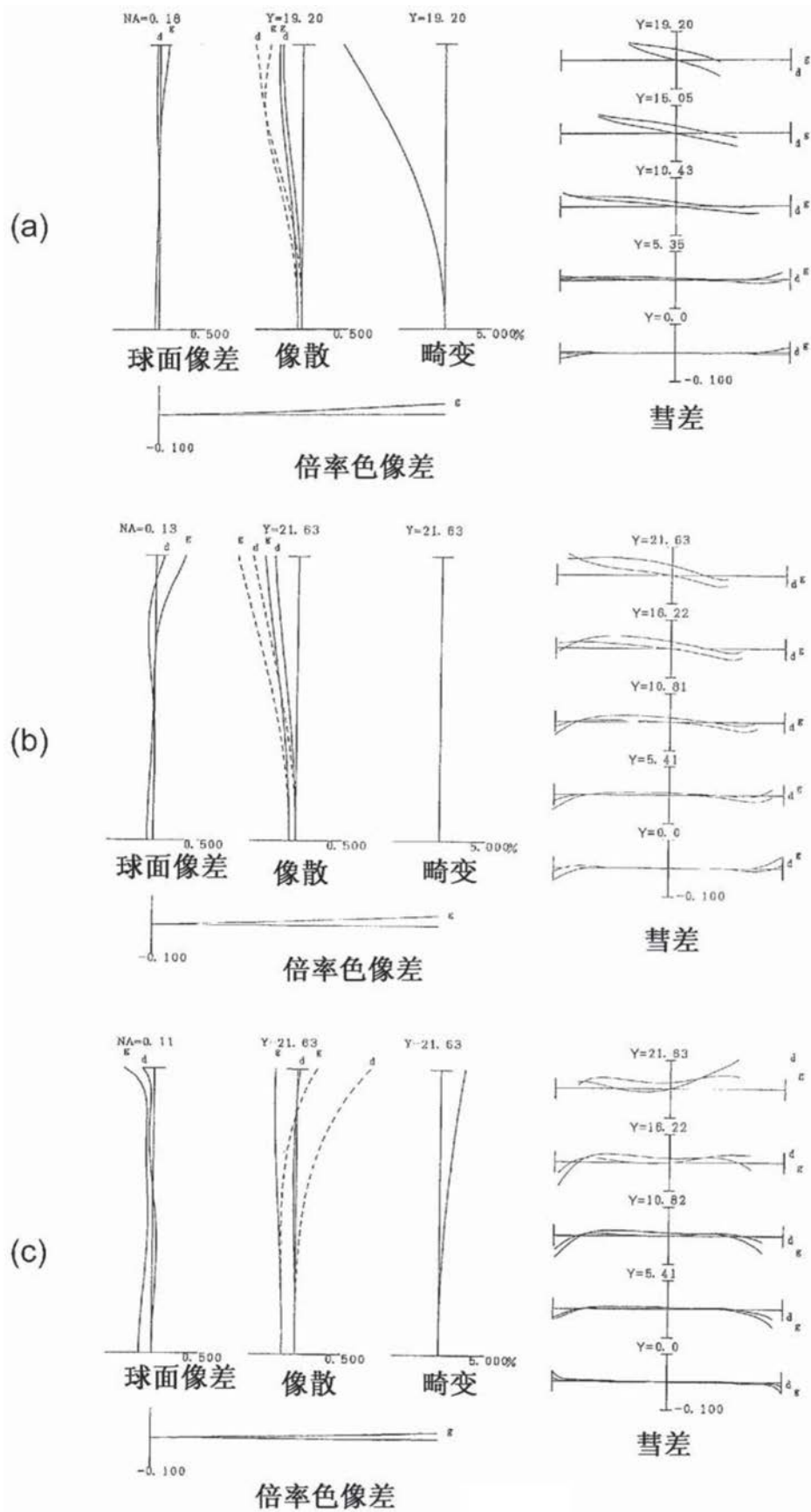


图86

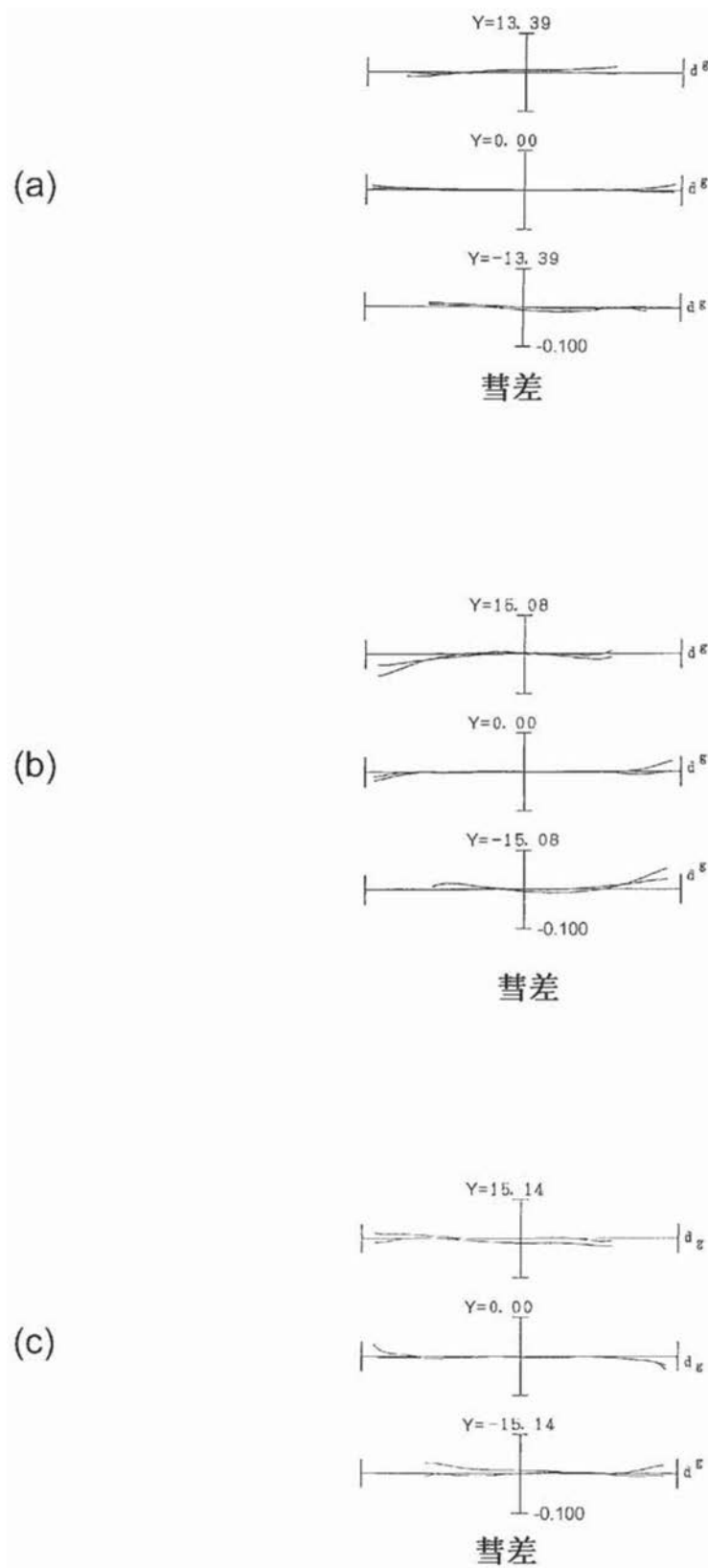


图87

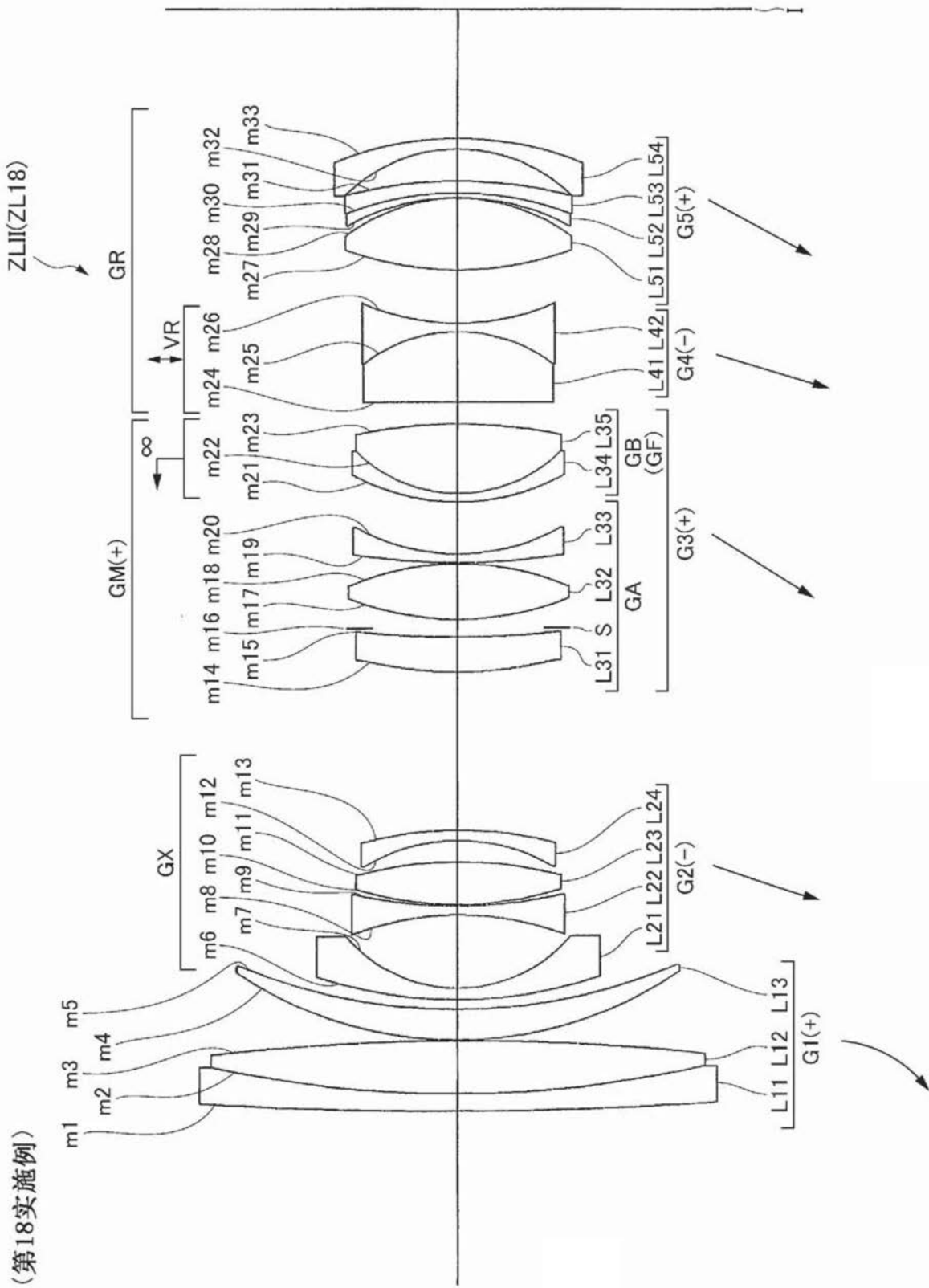


图88

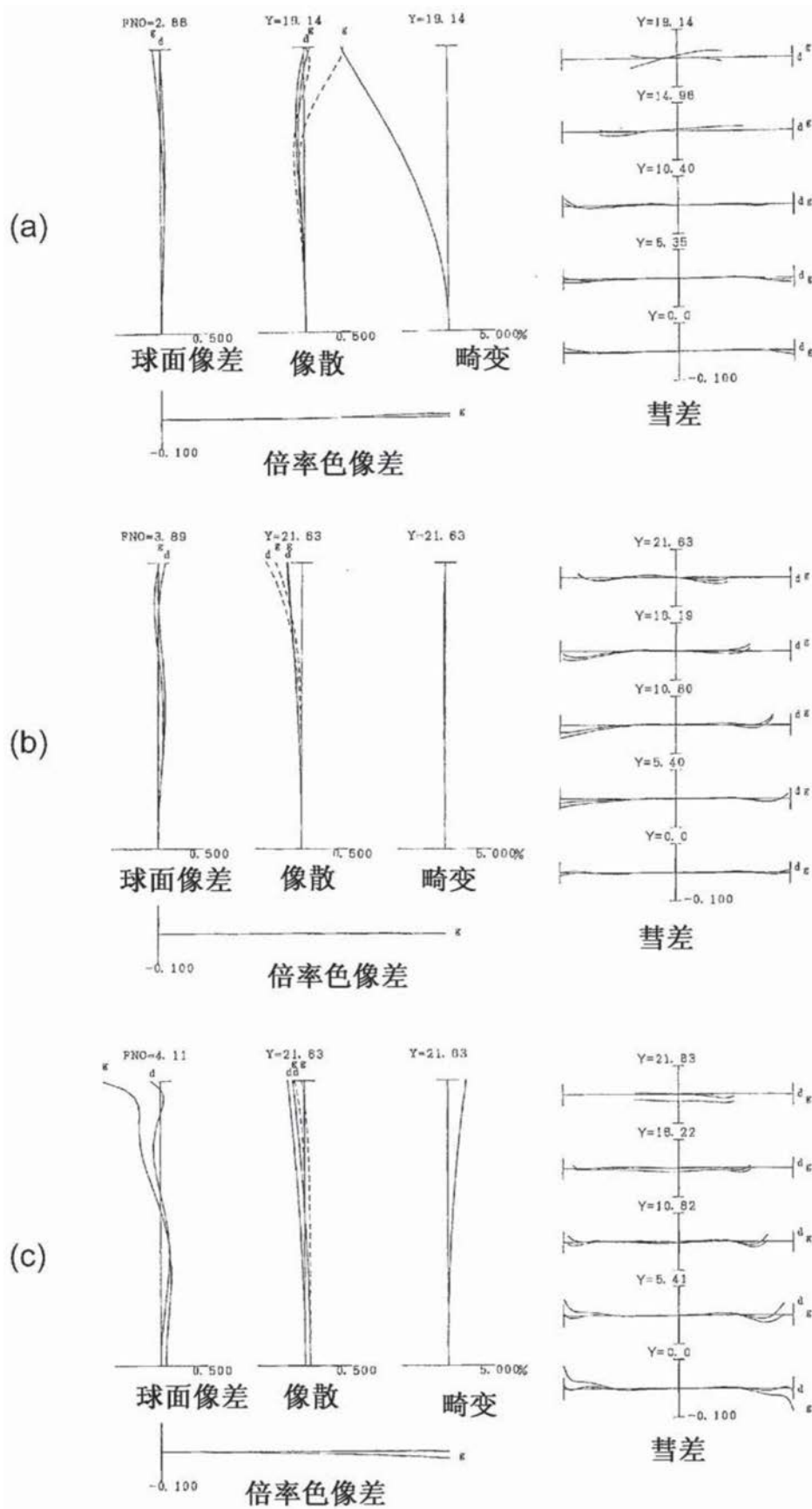


图89

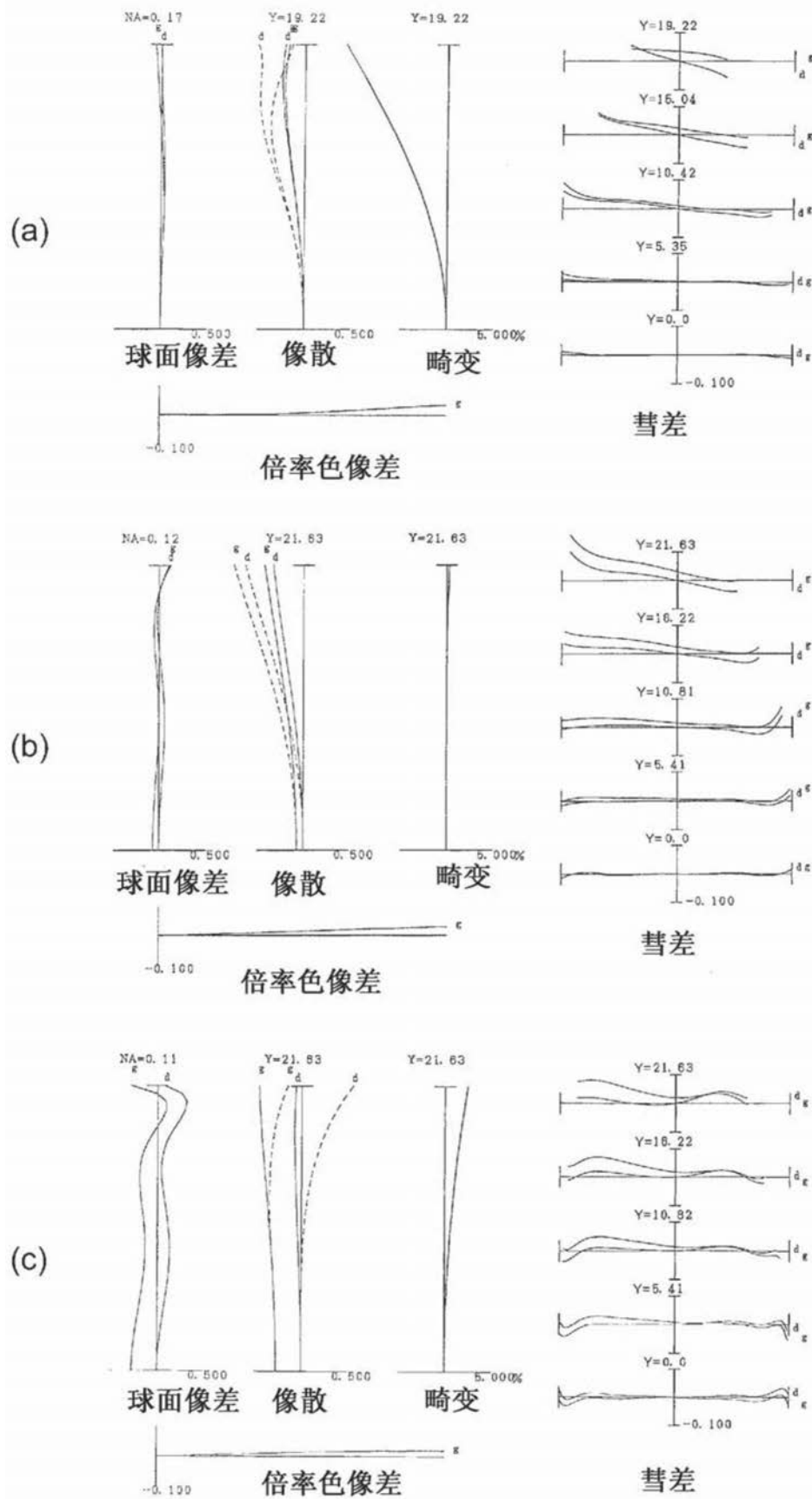


图90

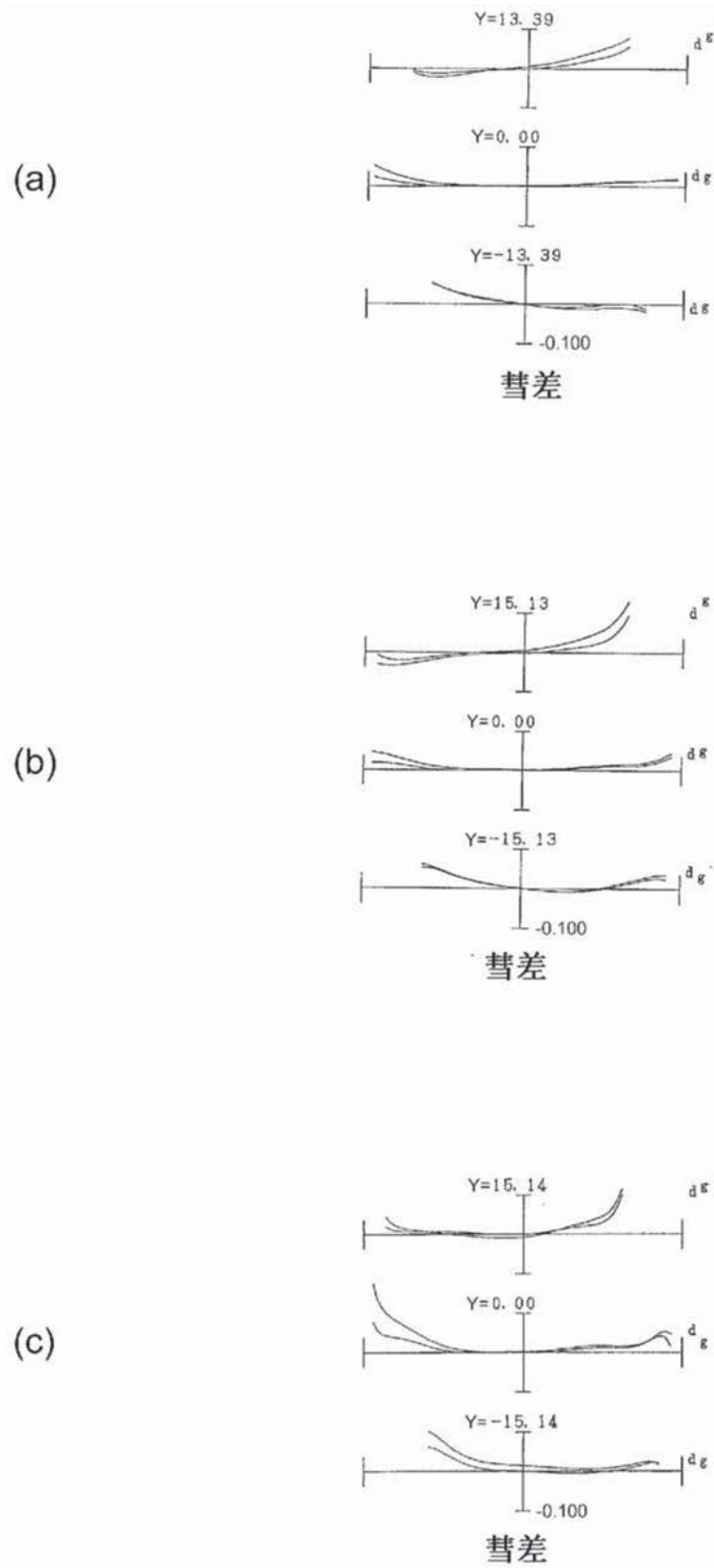


图91

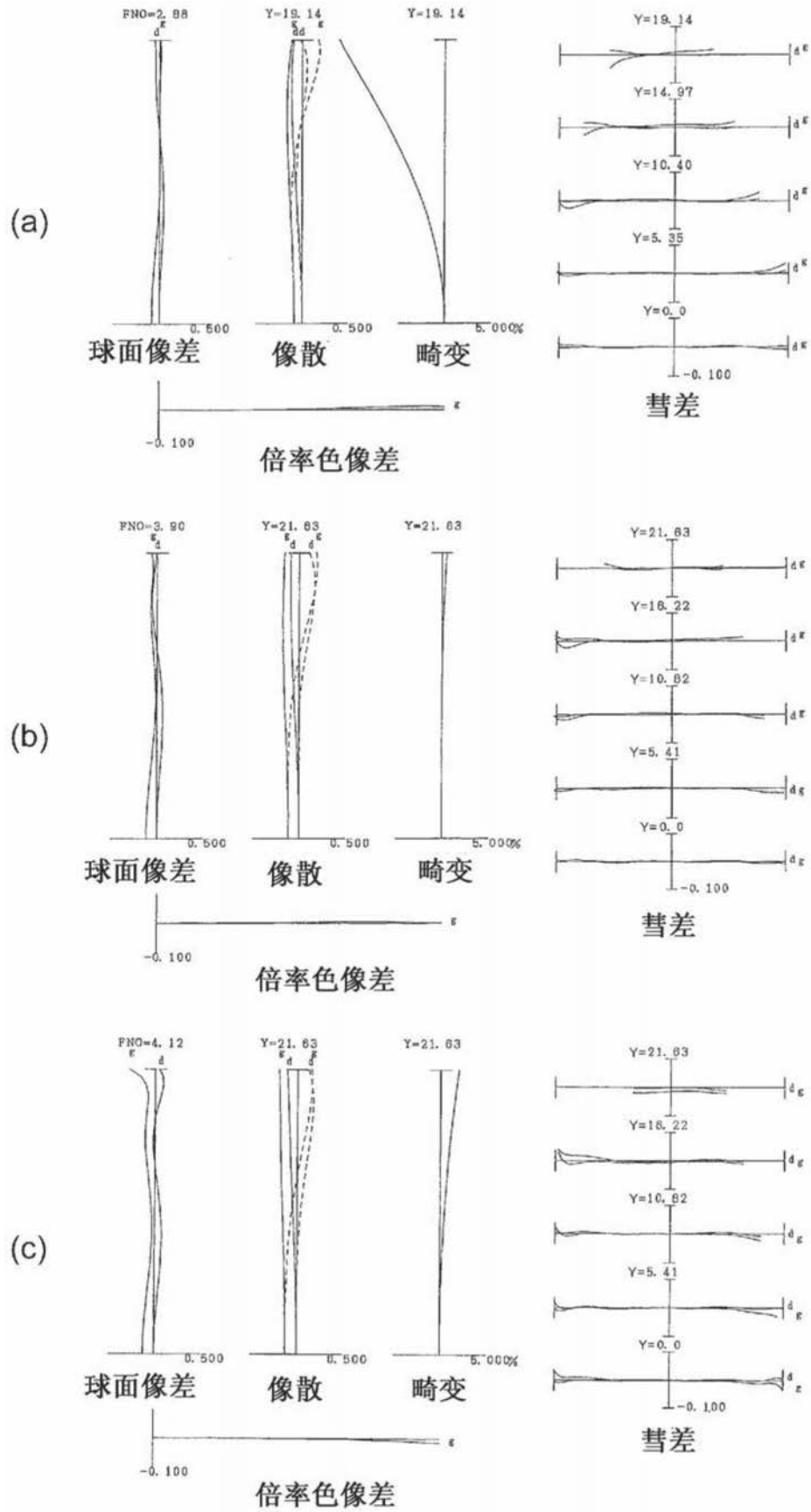


图93

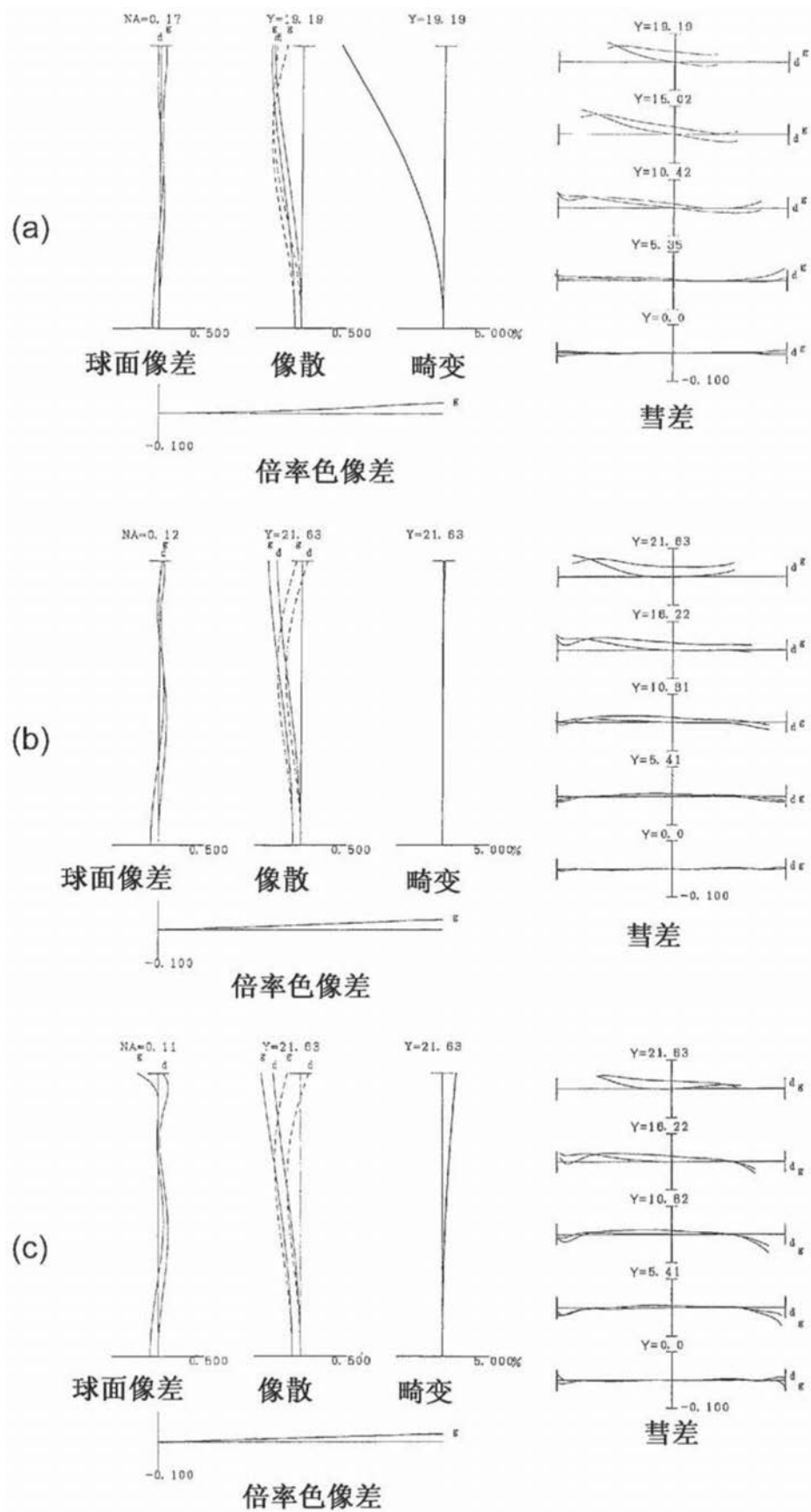


图94

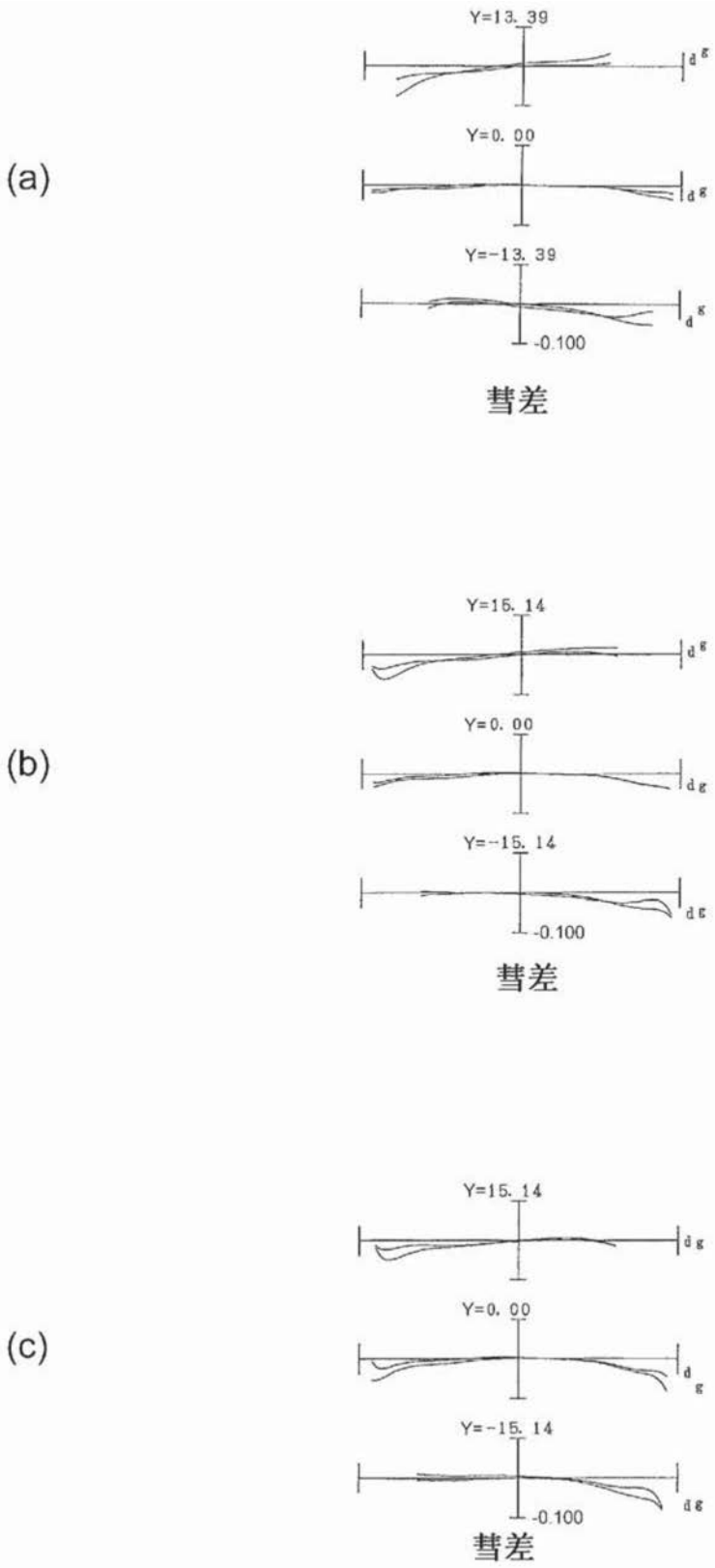


图95

(第20实施例)

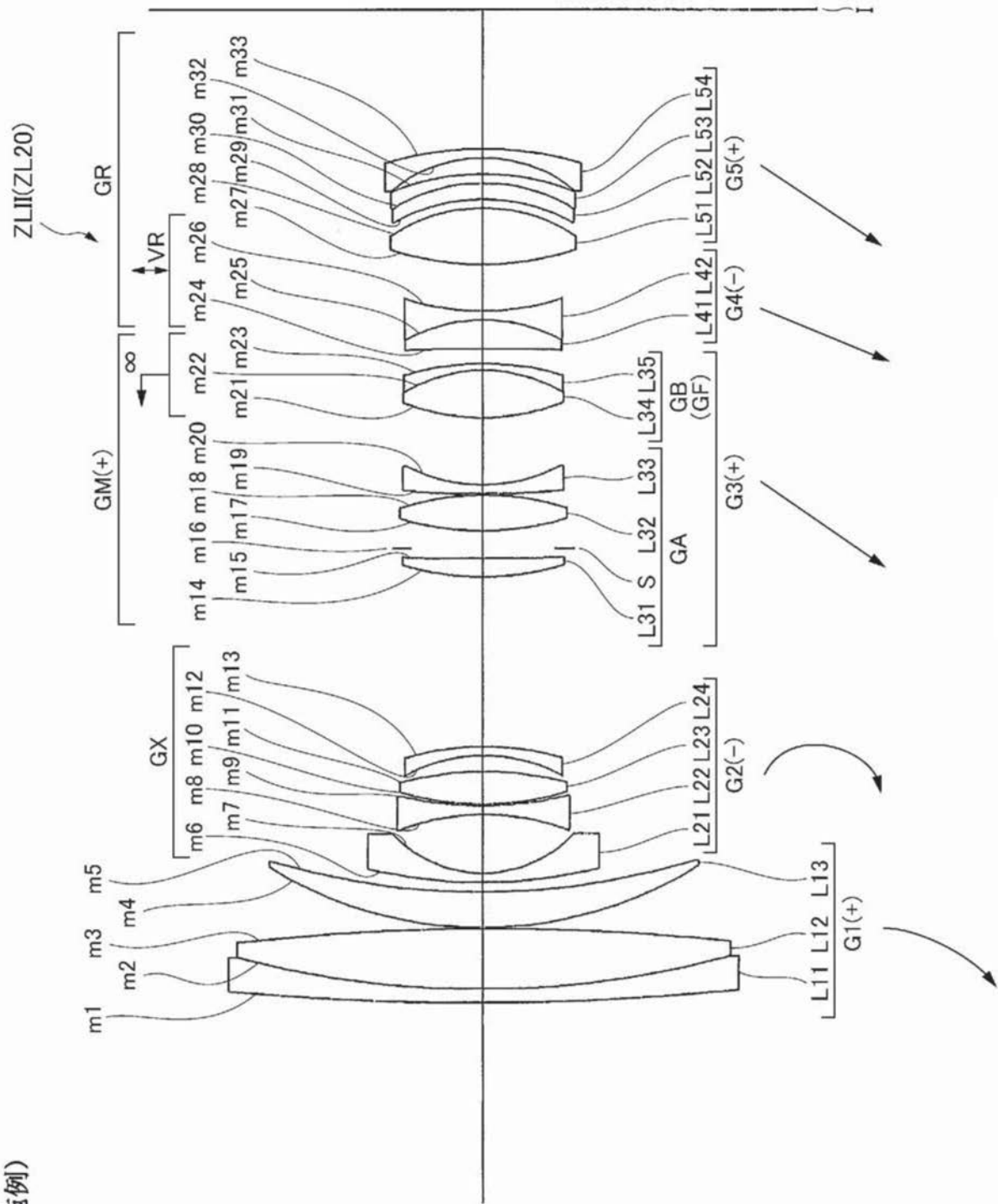


图96

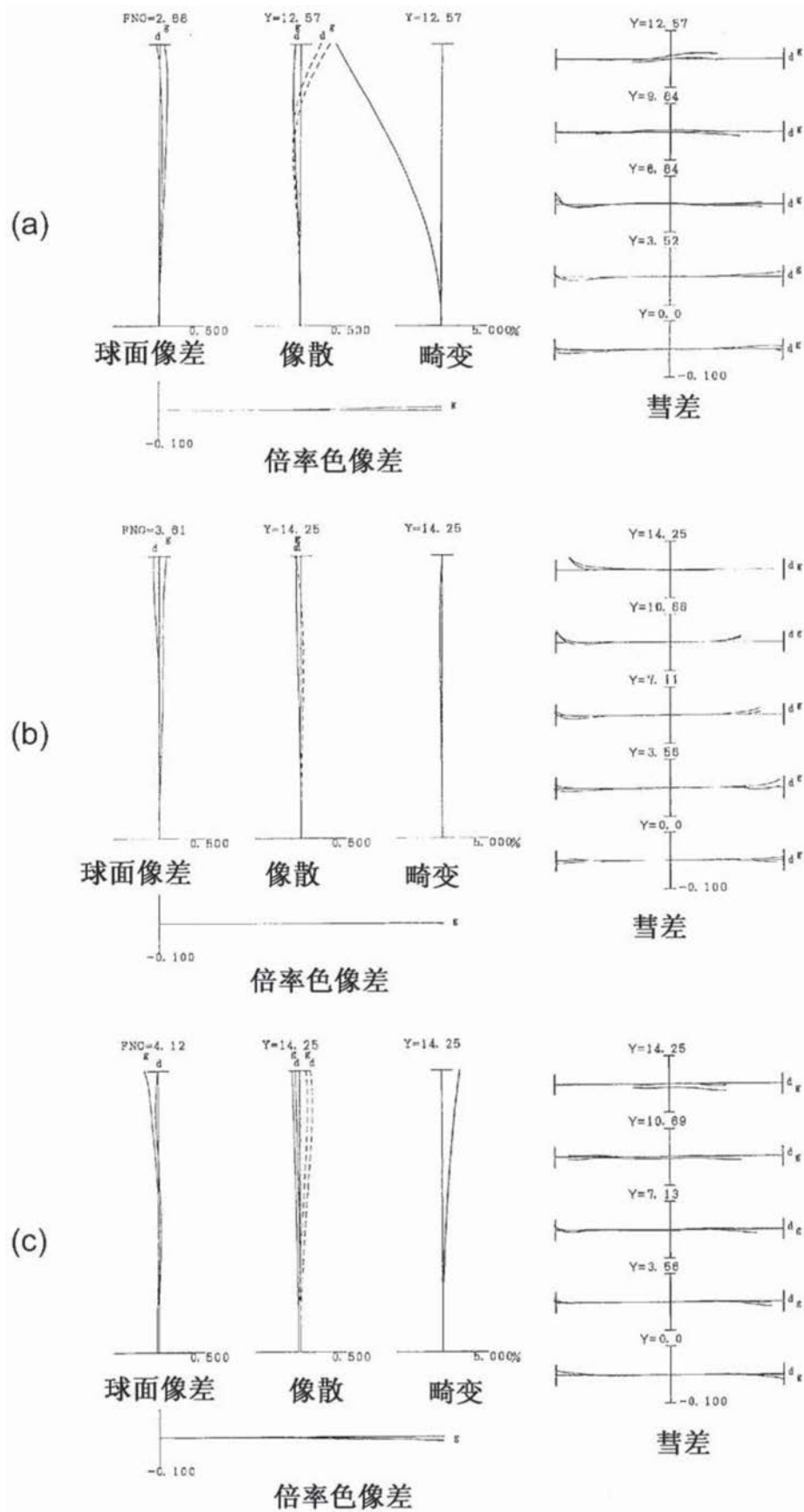


图97

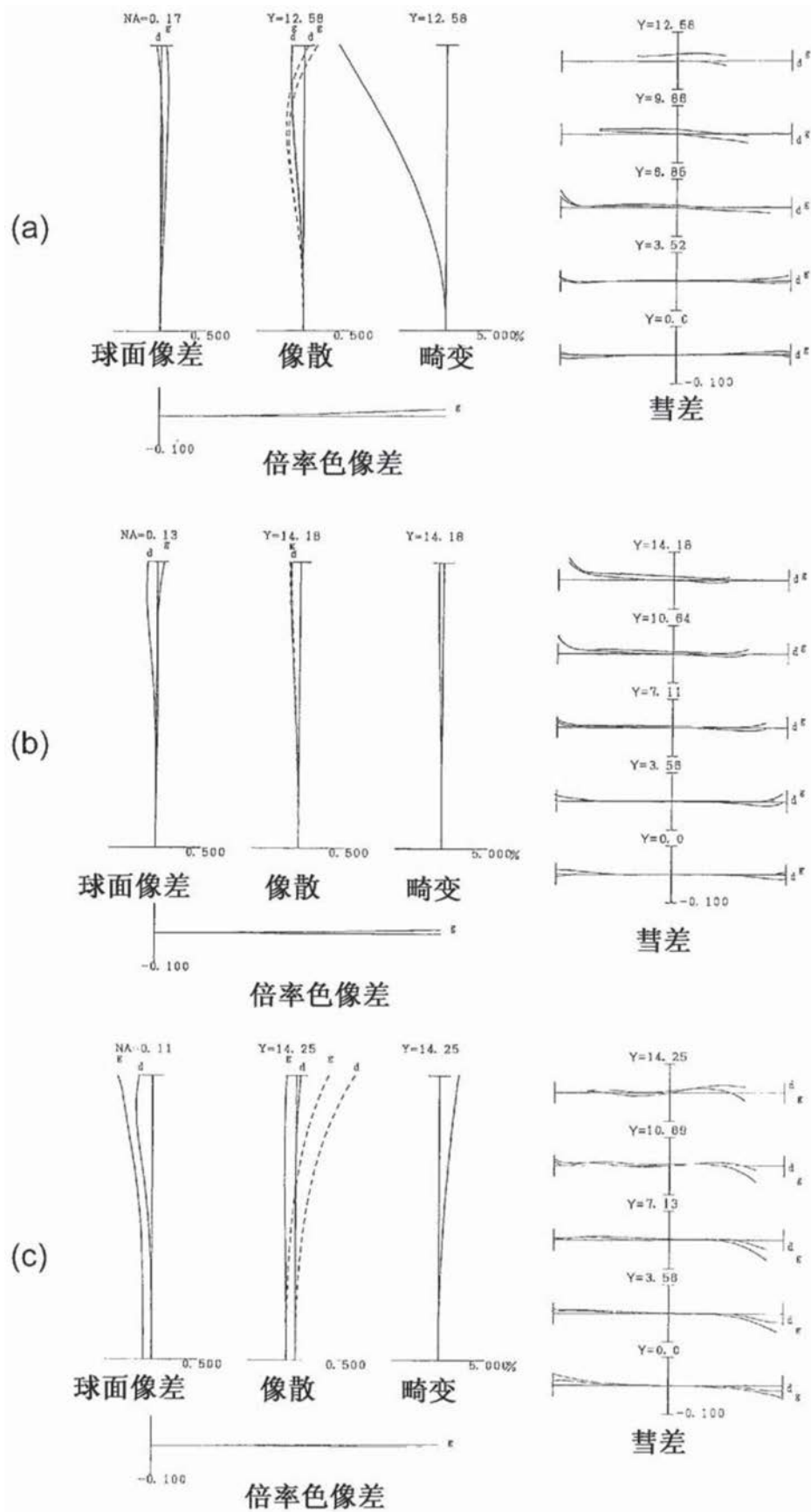


图98

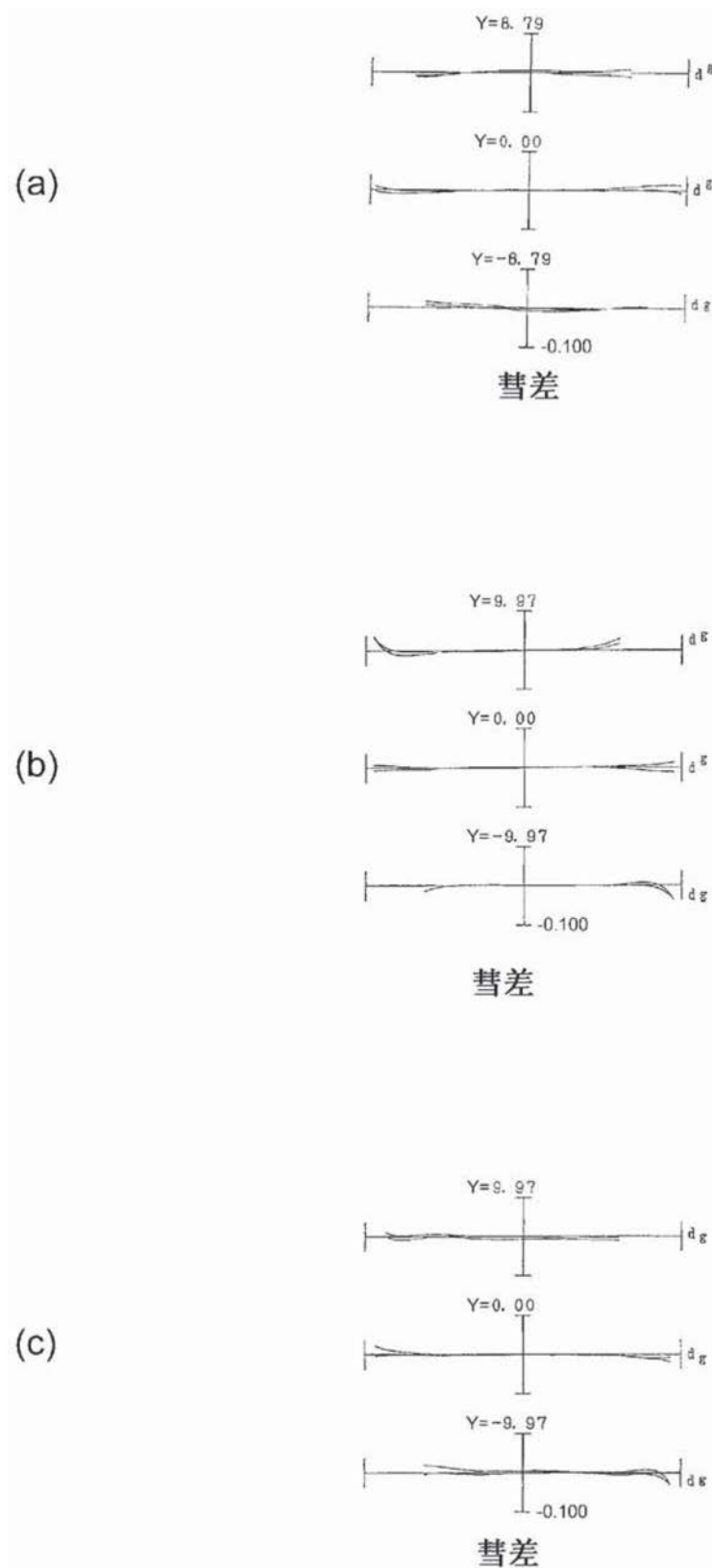


图99

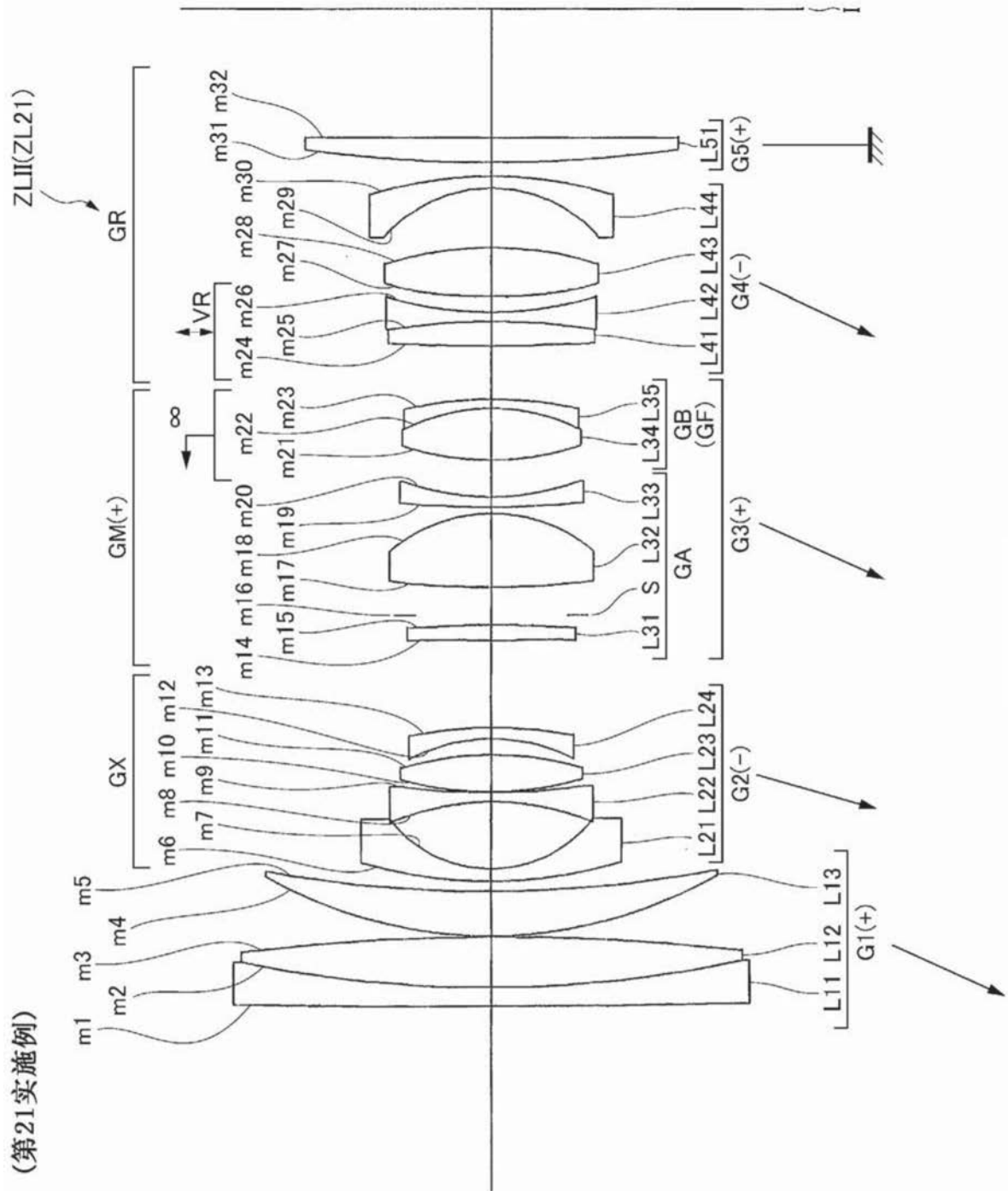


图100

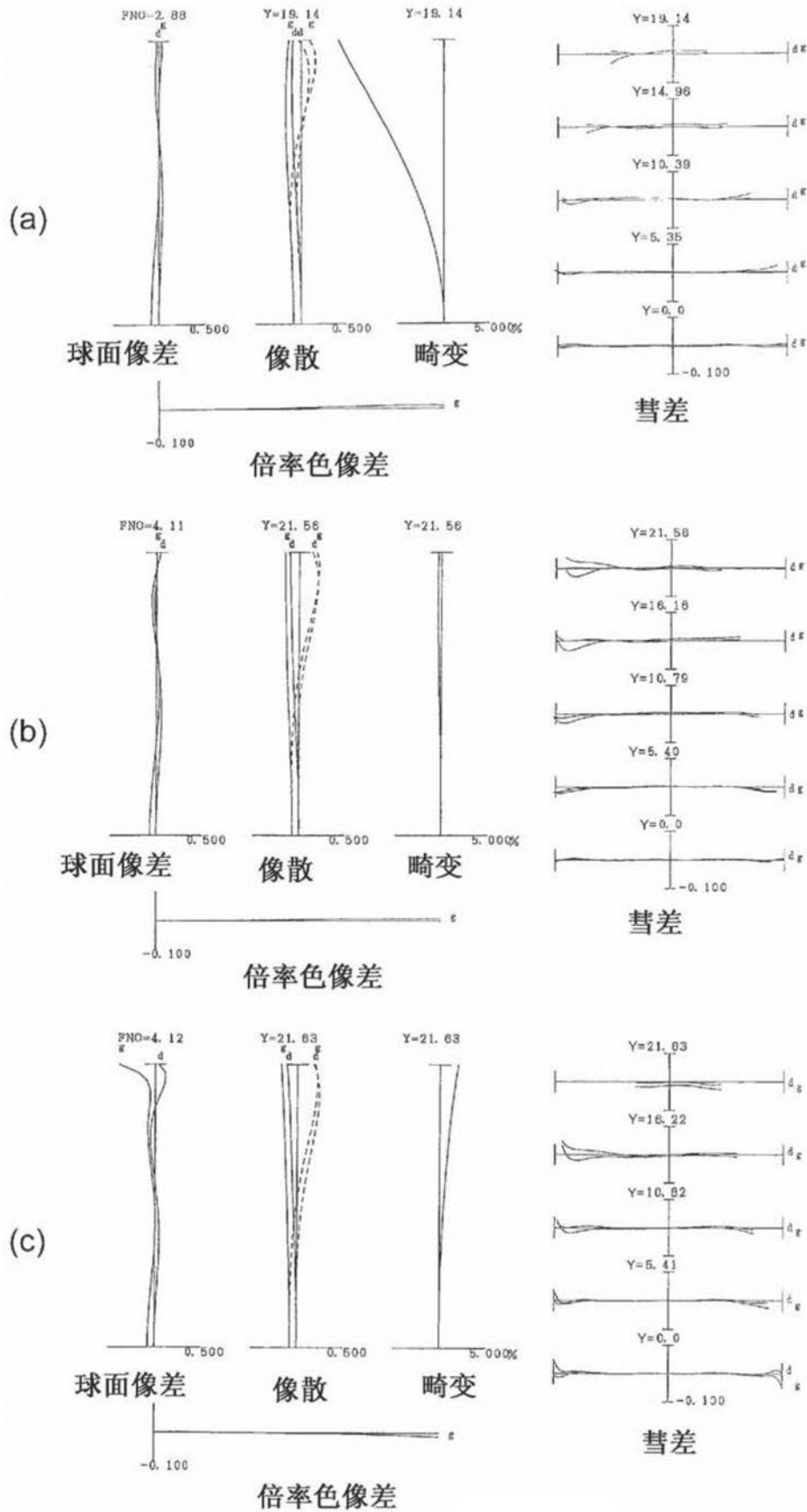


图101

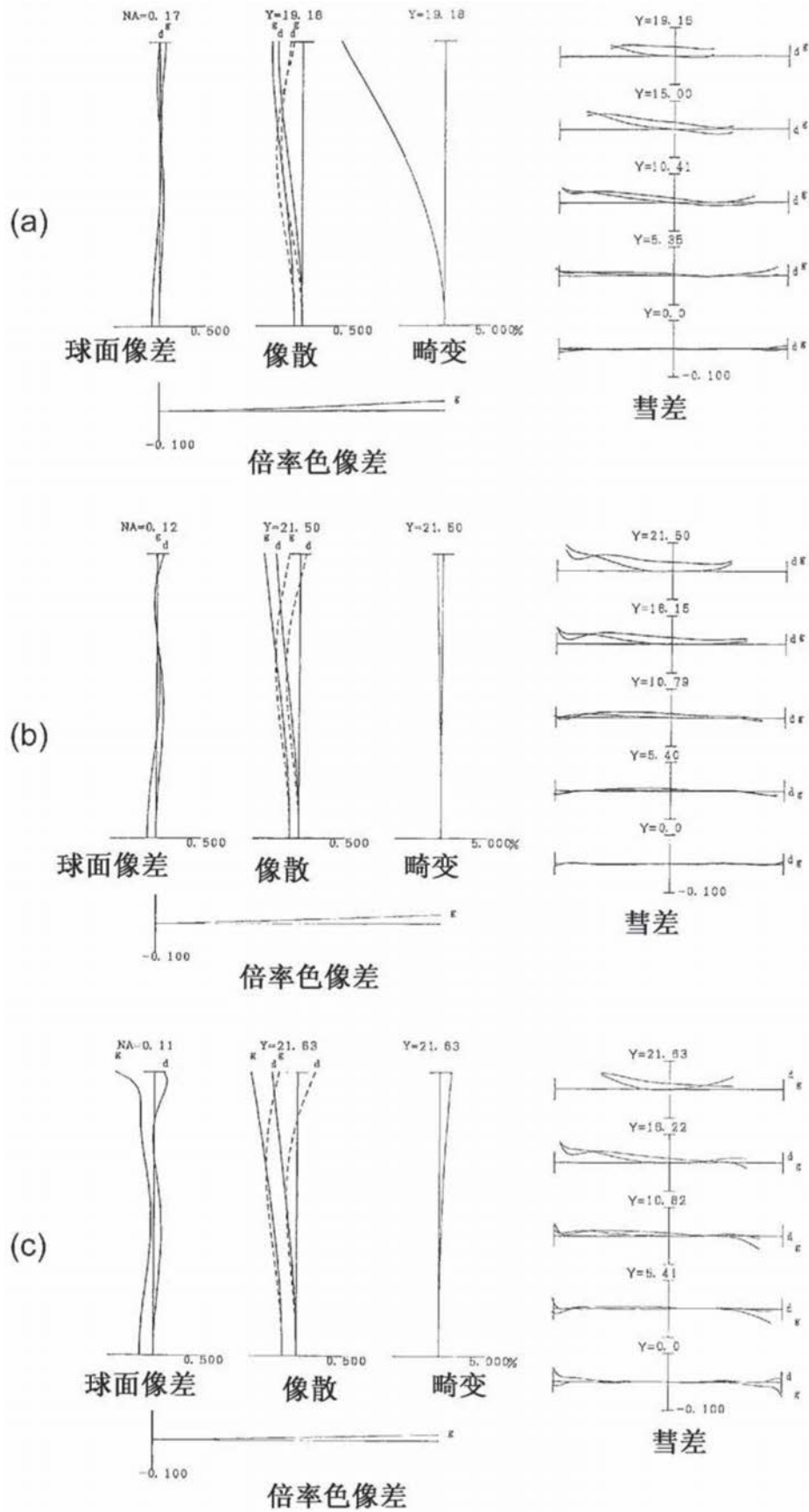


图102

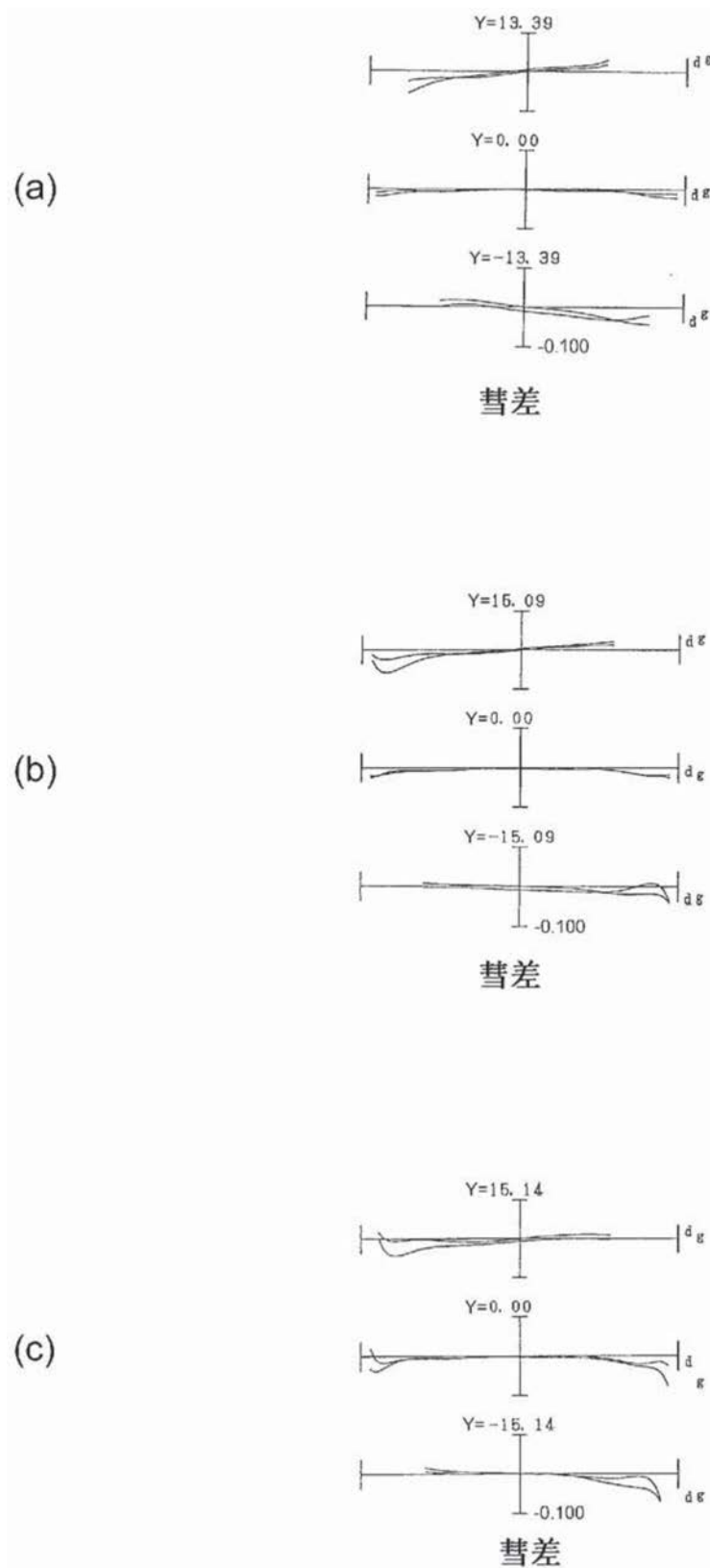


图103

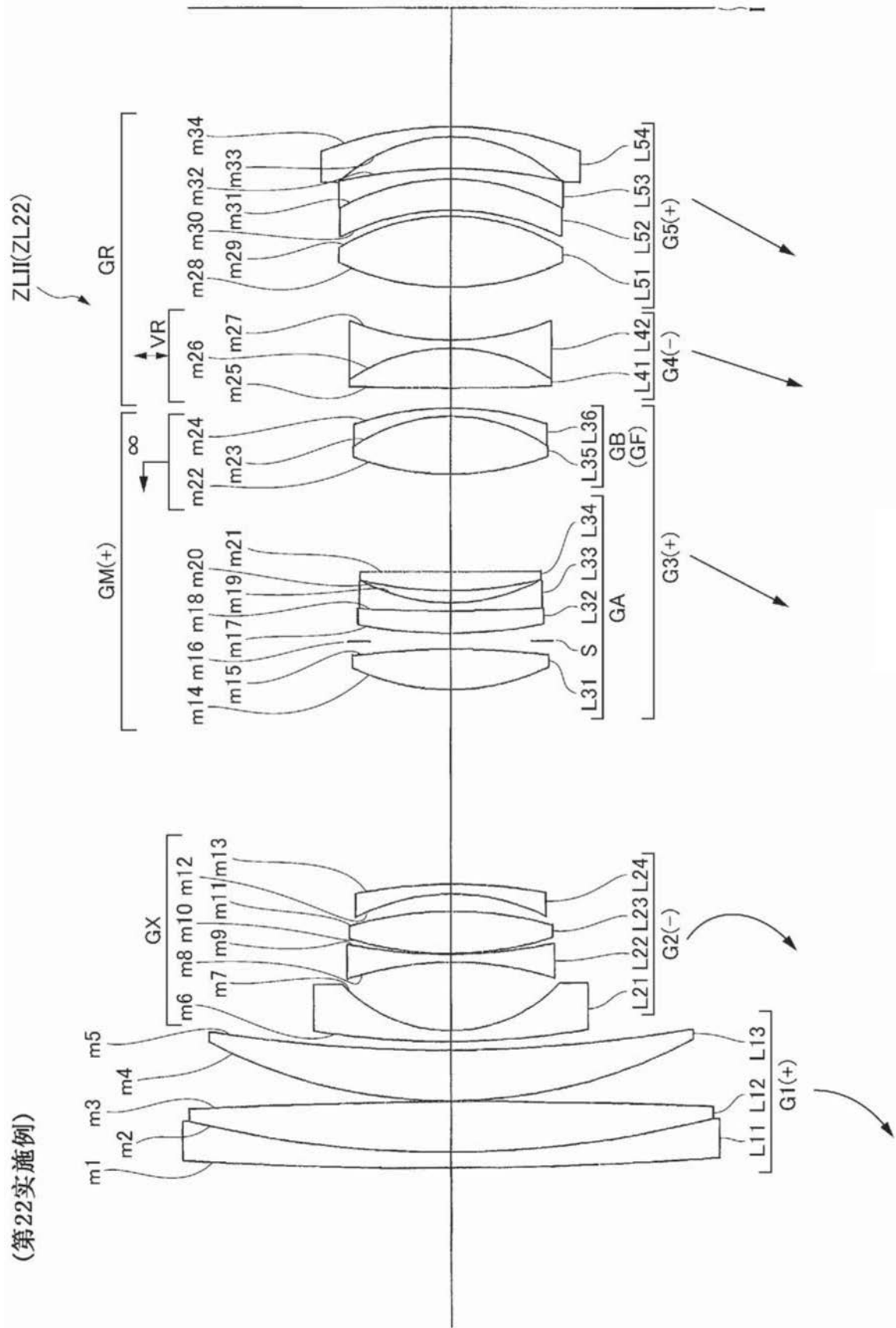


图104

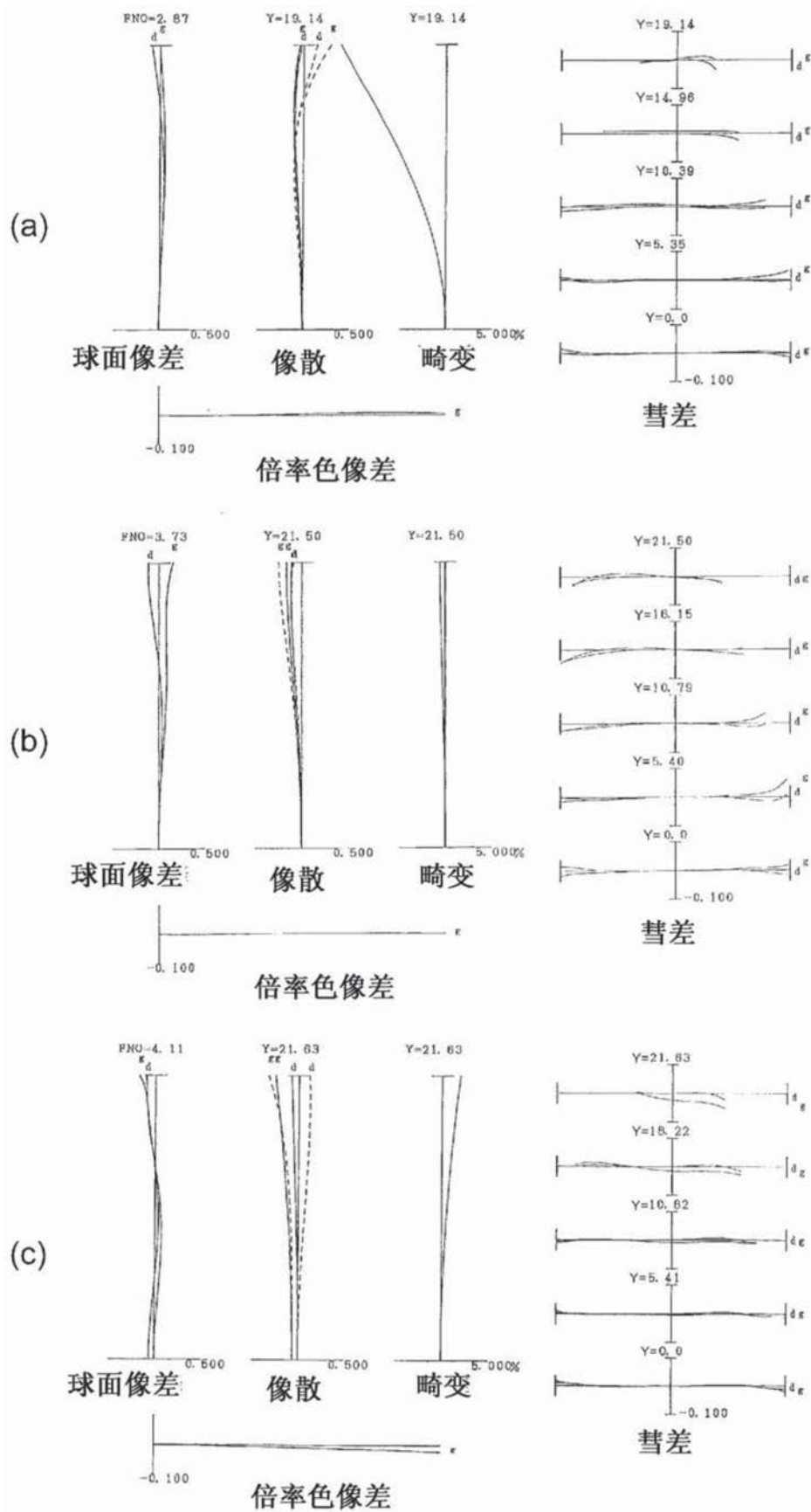


图105

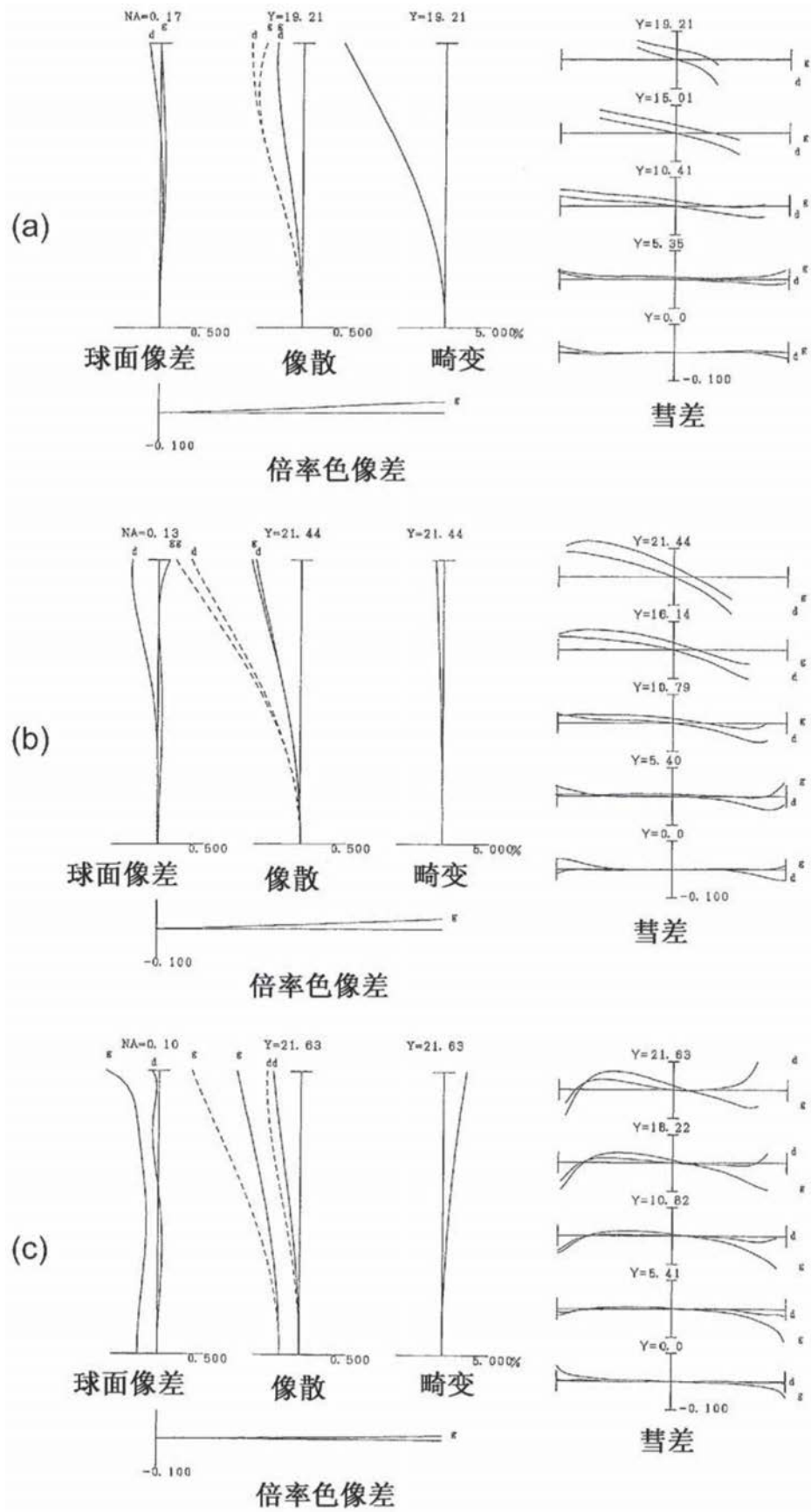


图106

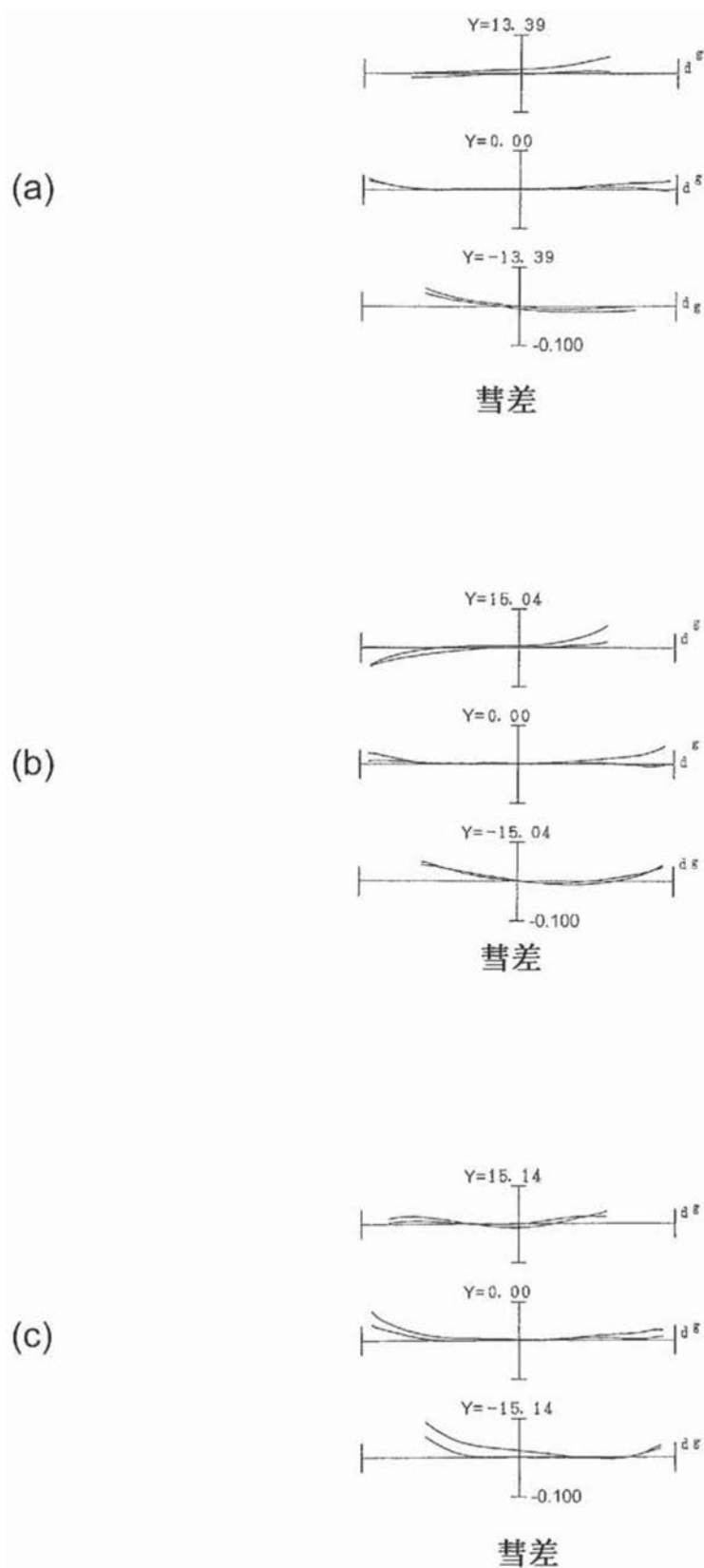


图107

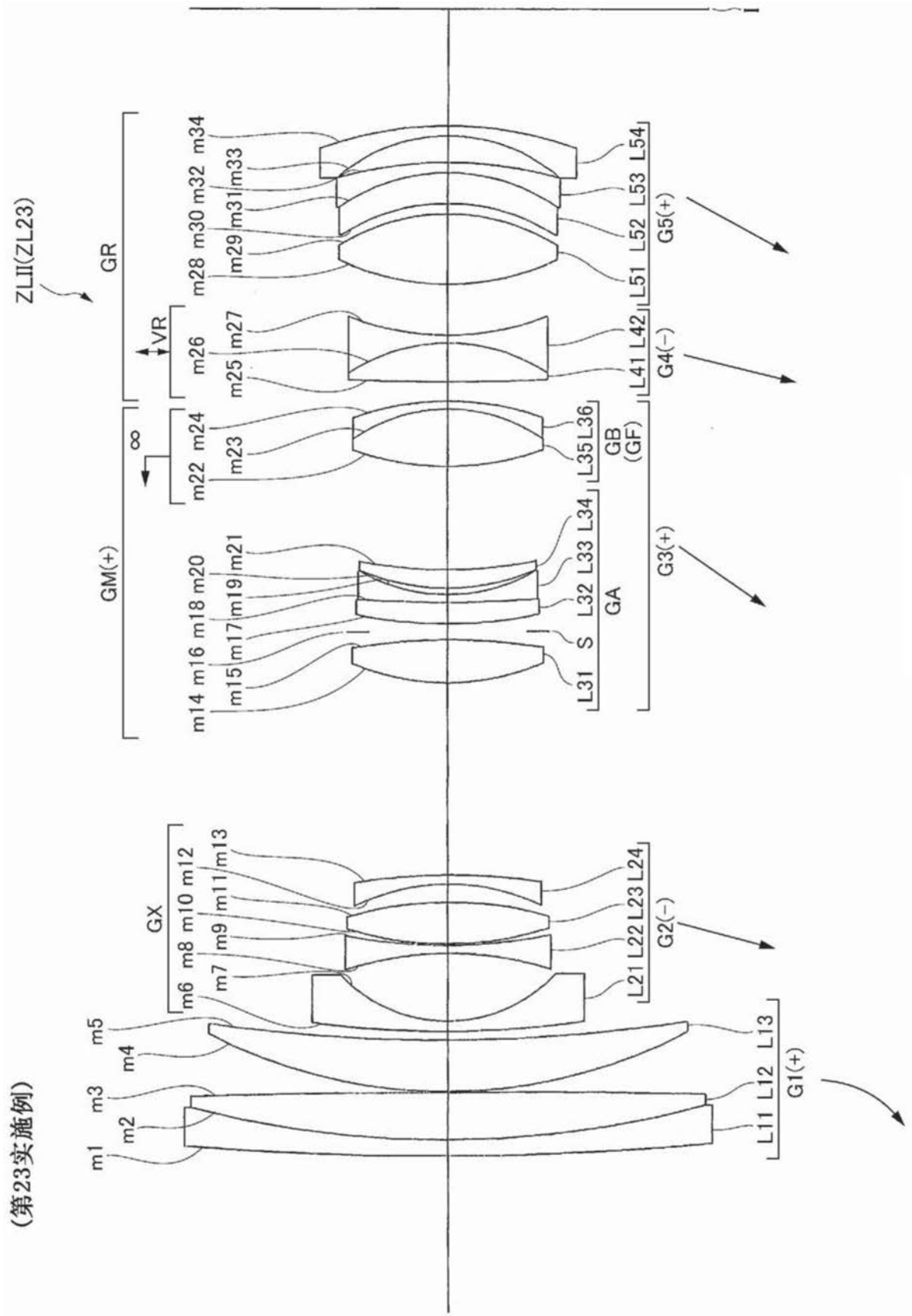


图108

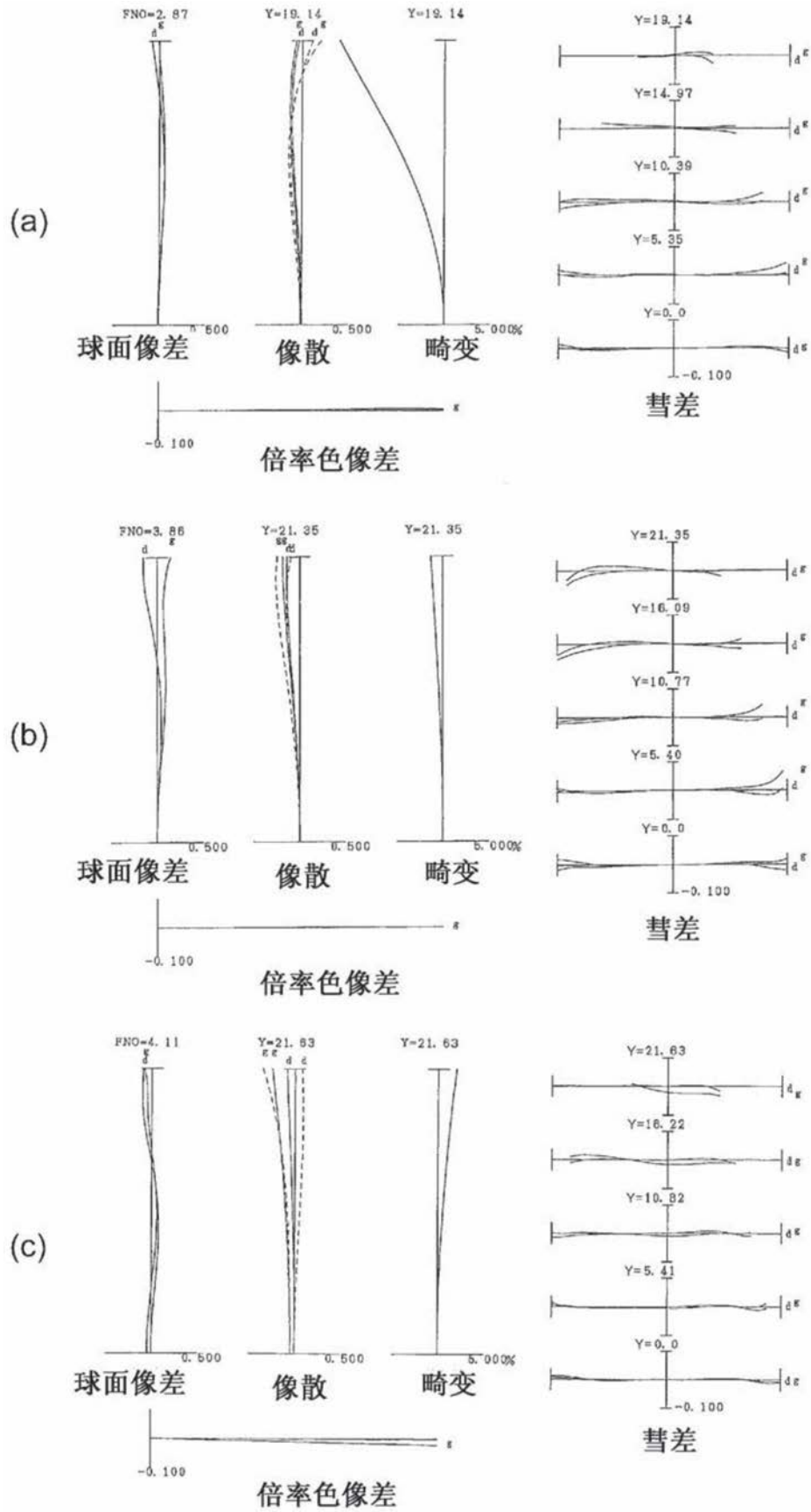


图109

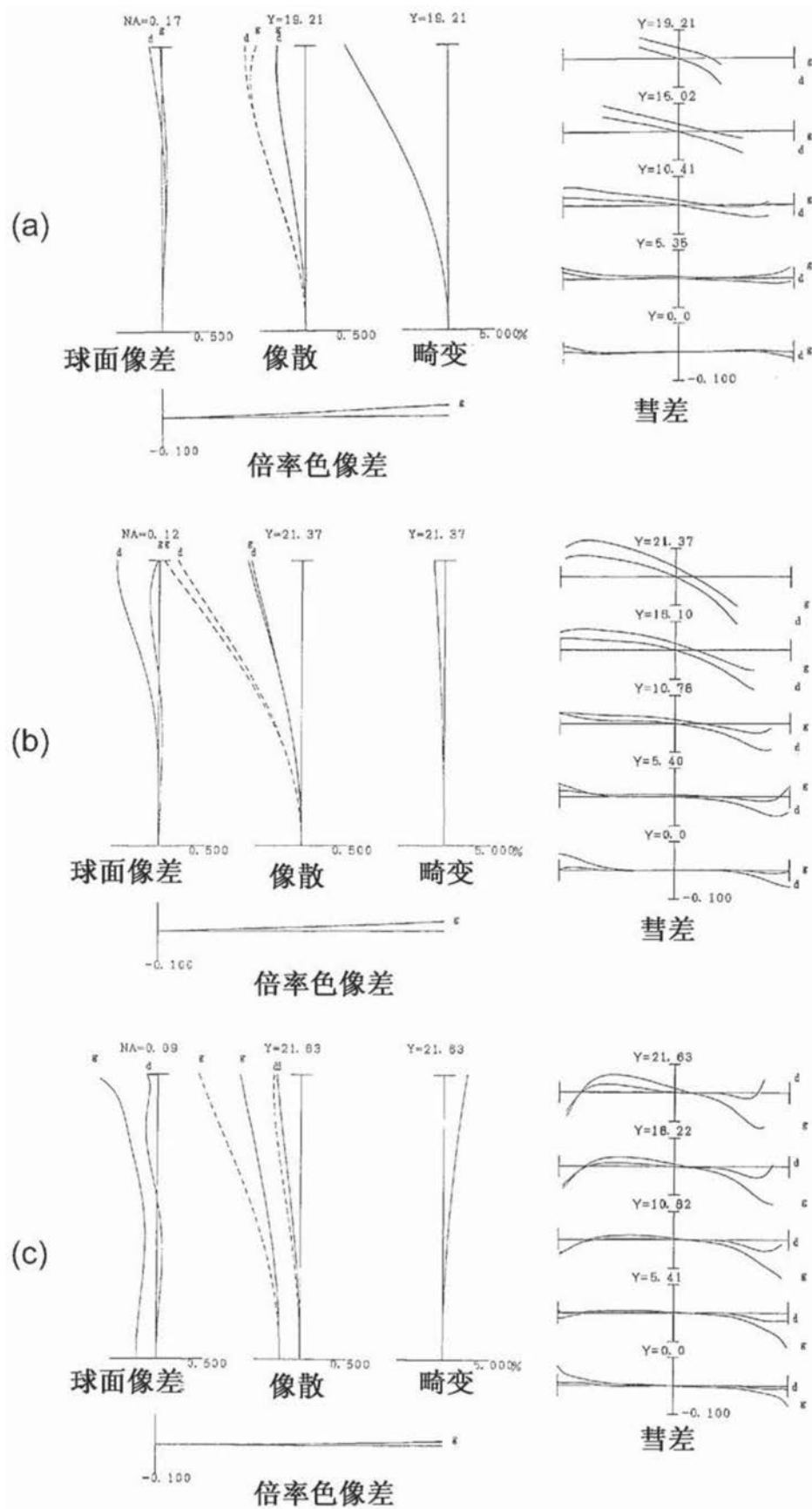


图110

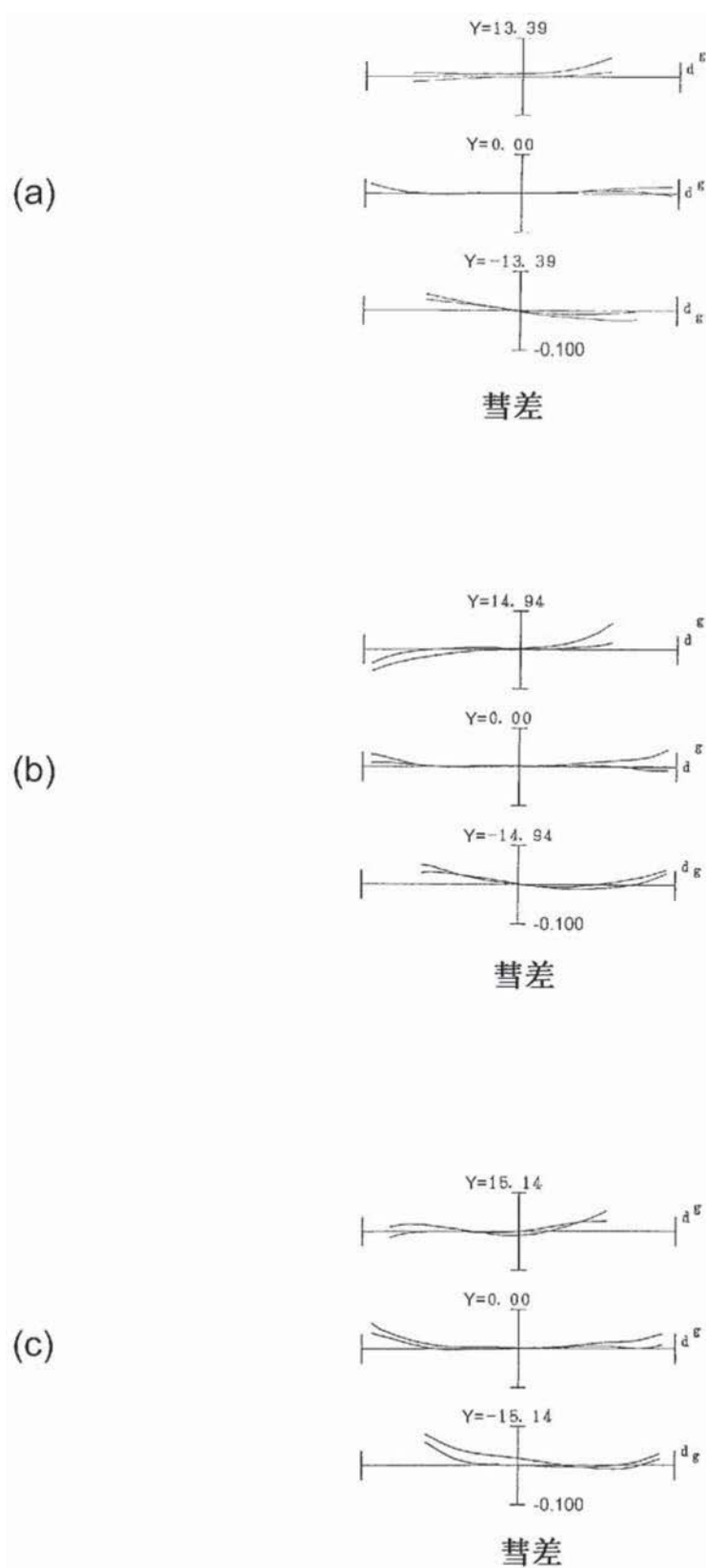


图111

(第24实施例)

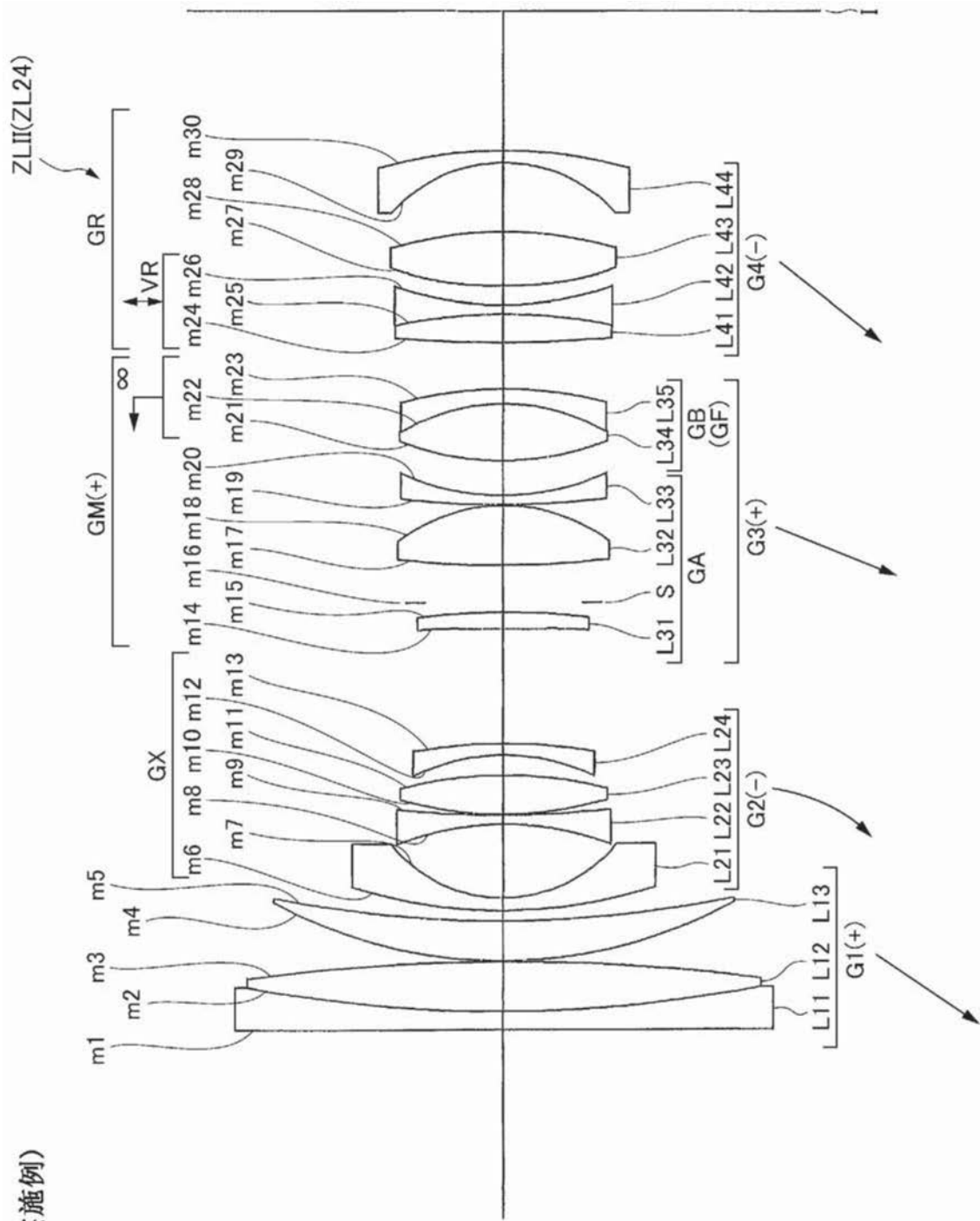


图112

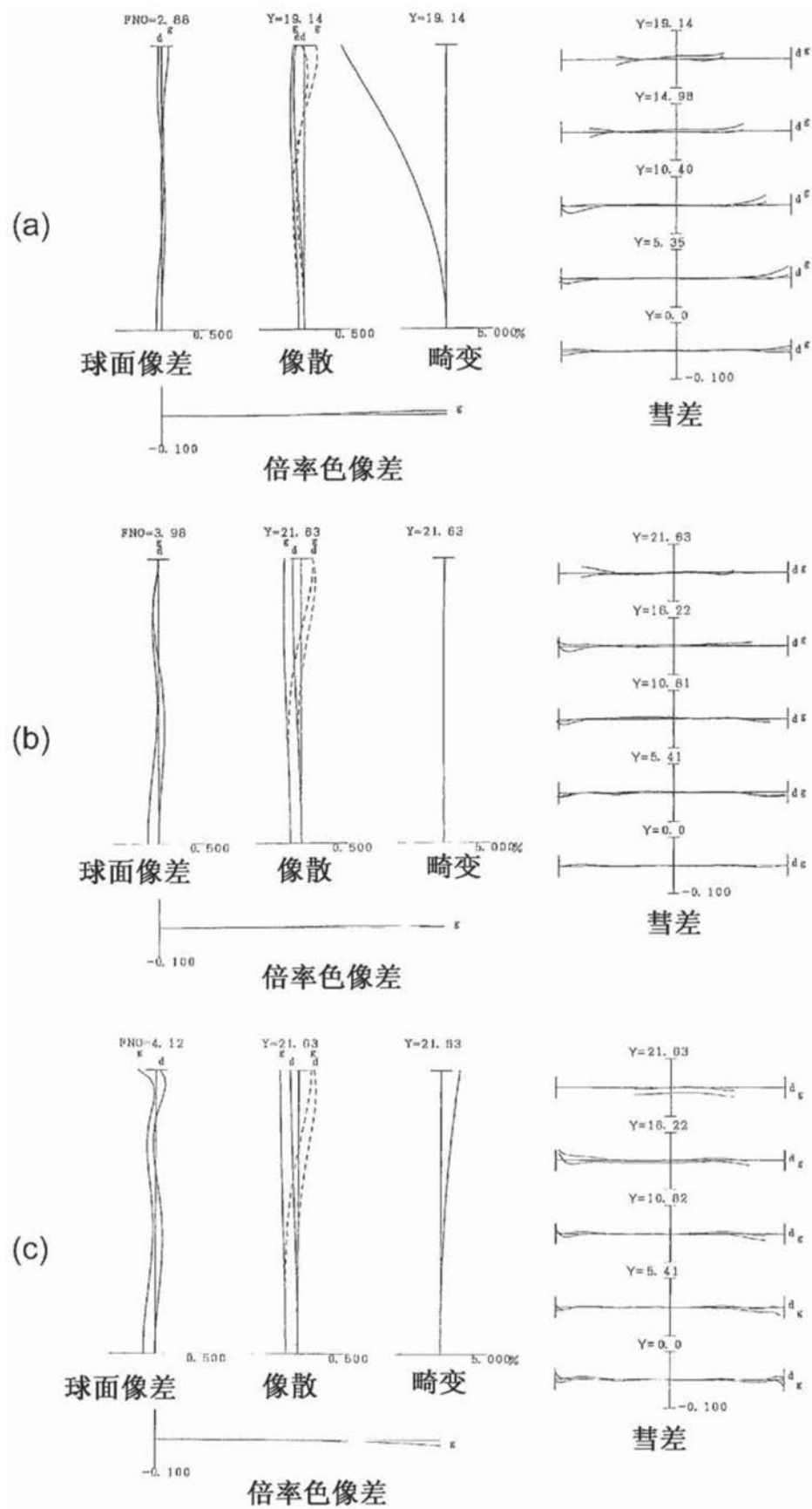


图113

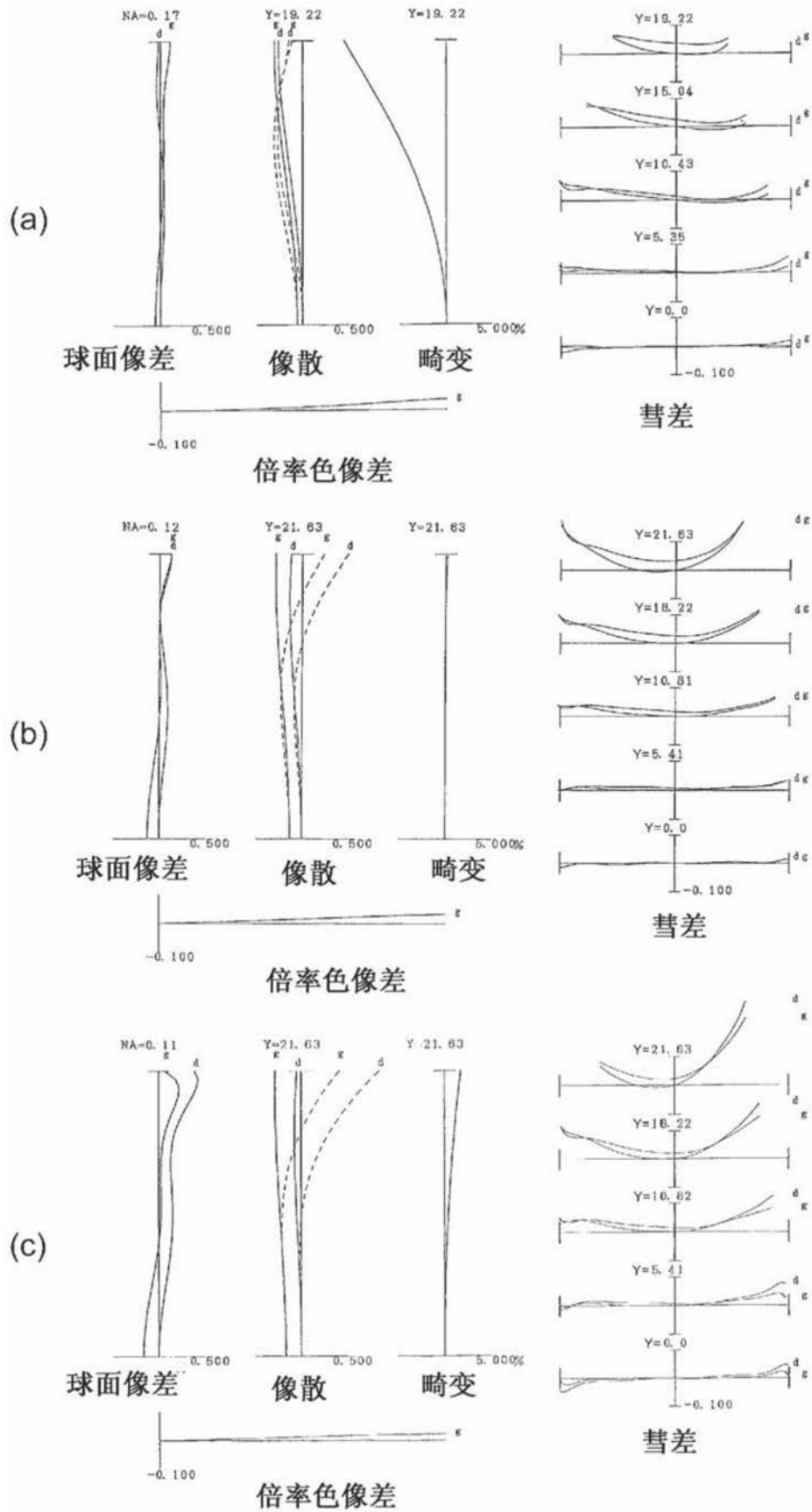


图114

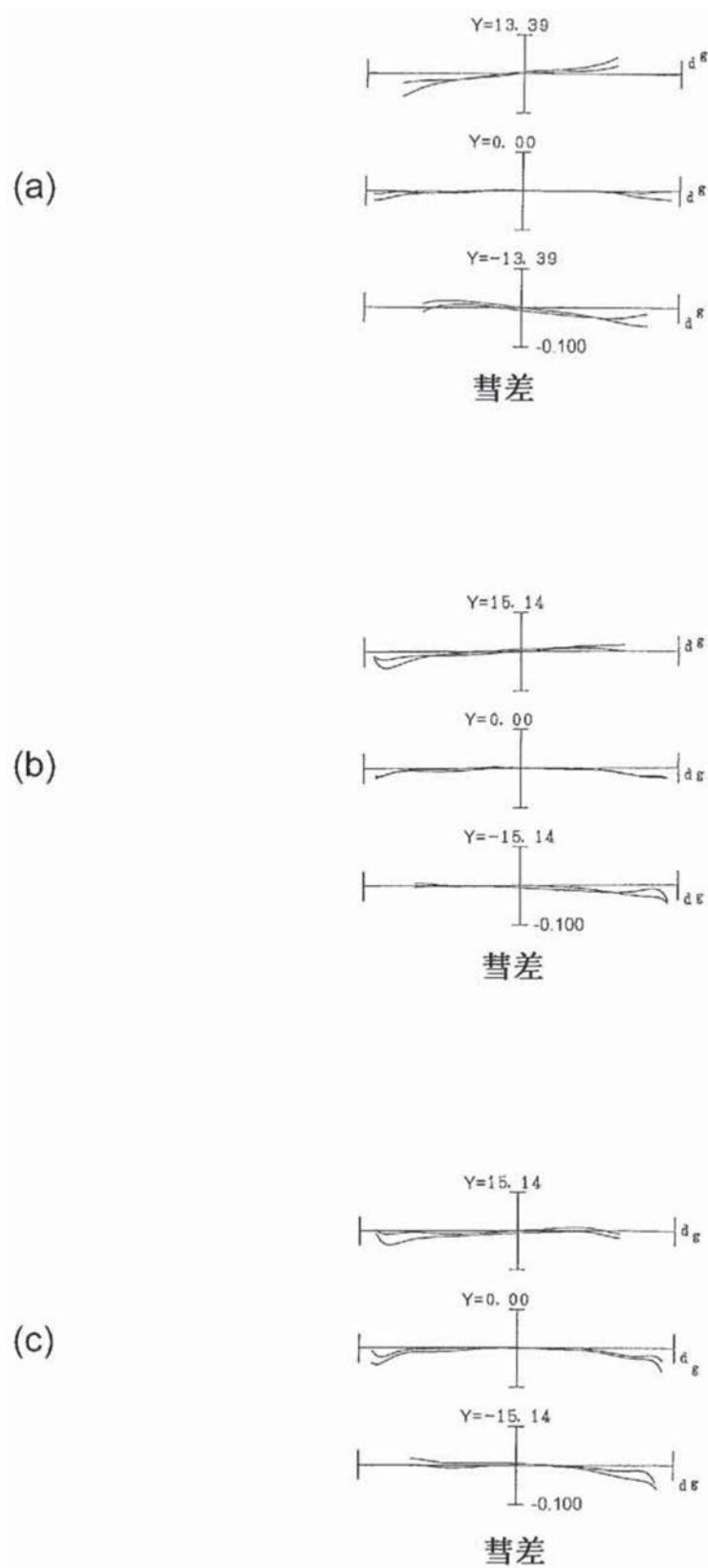


图115

(第25实施例)

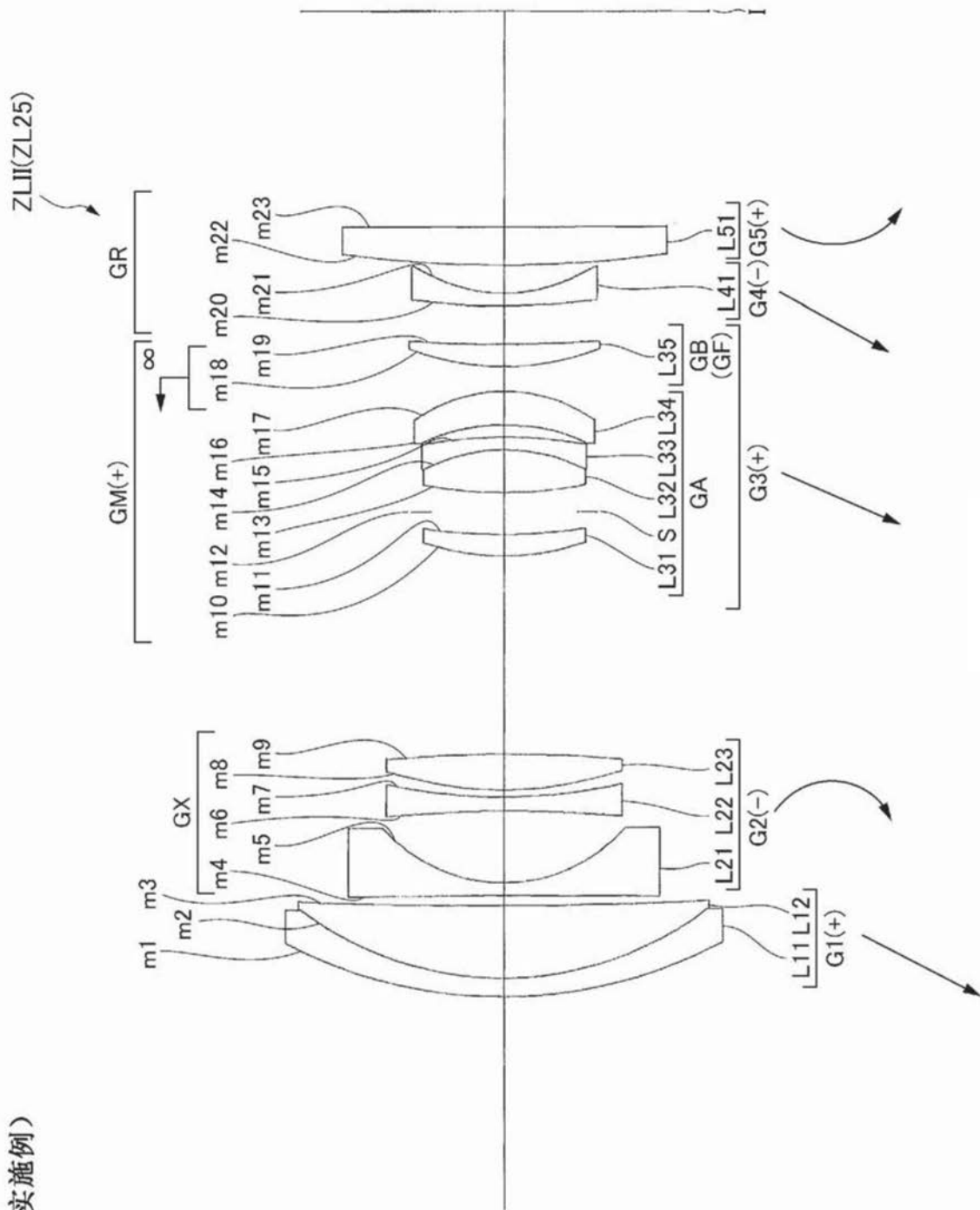


图116

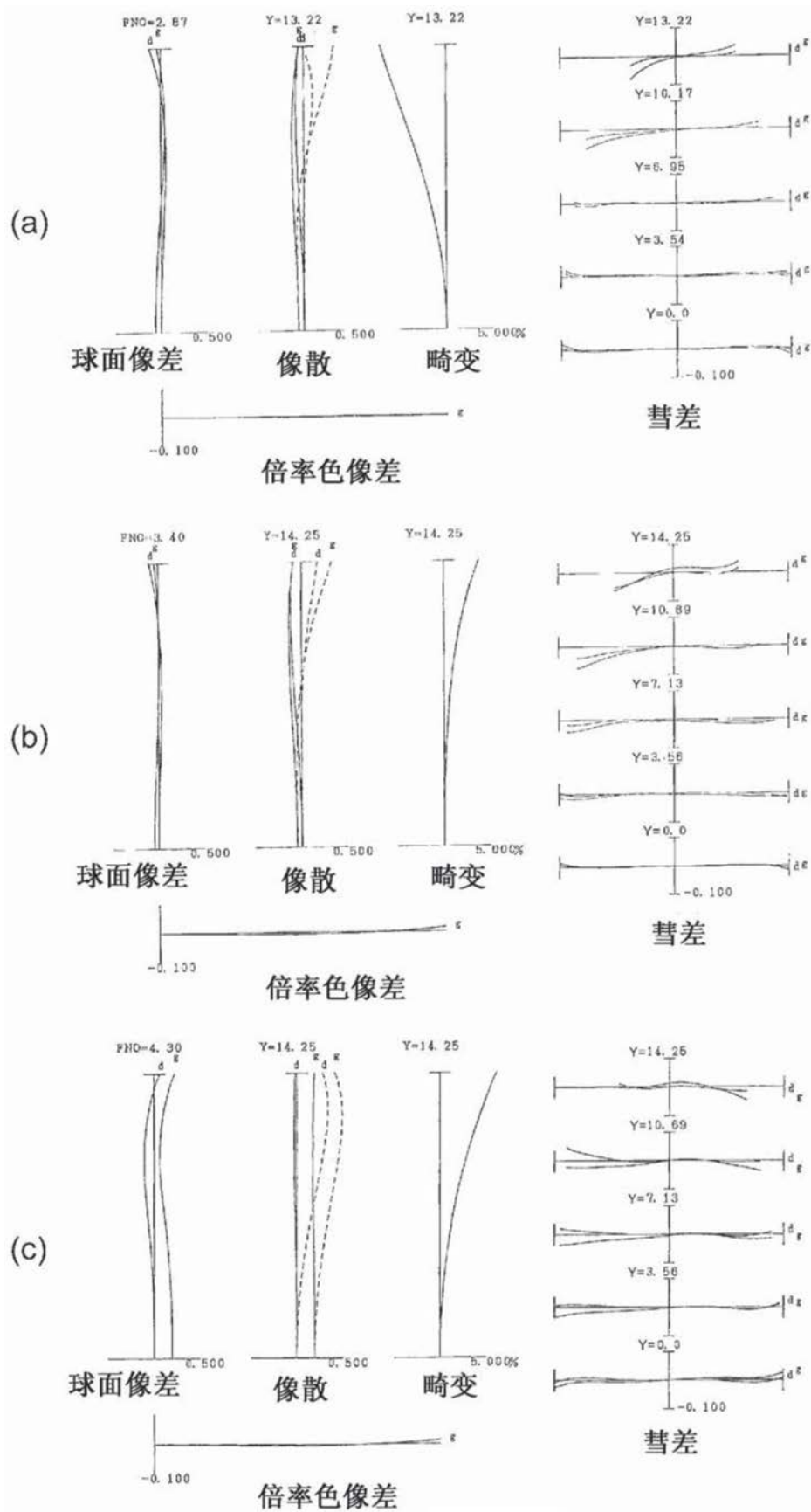


图117

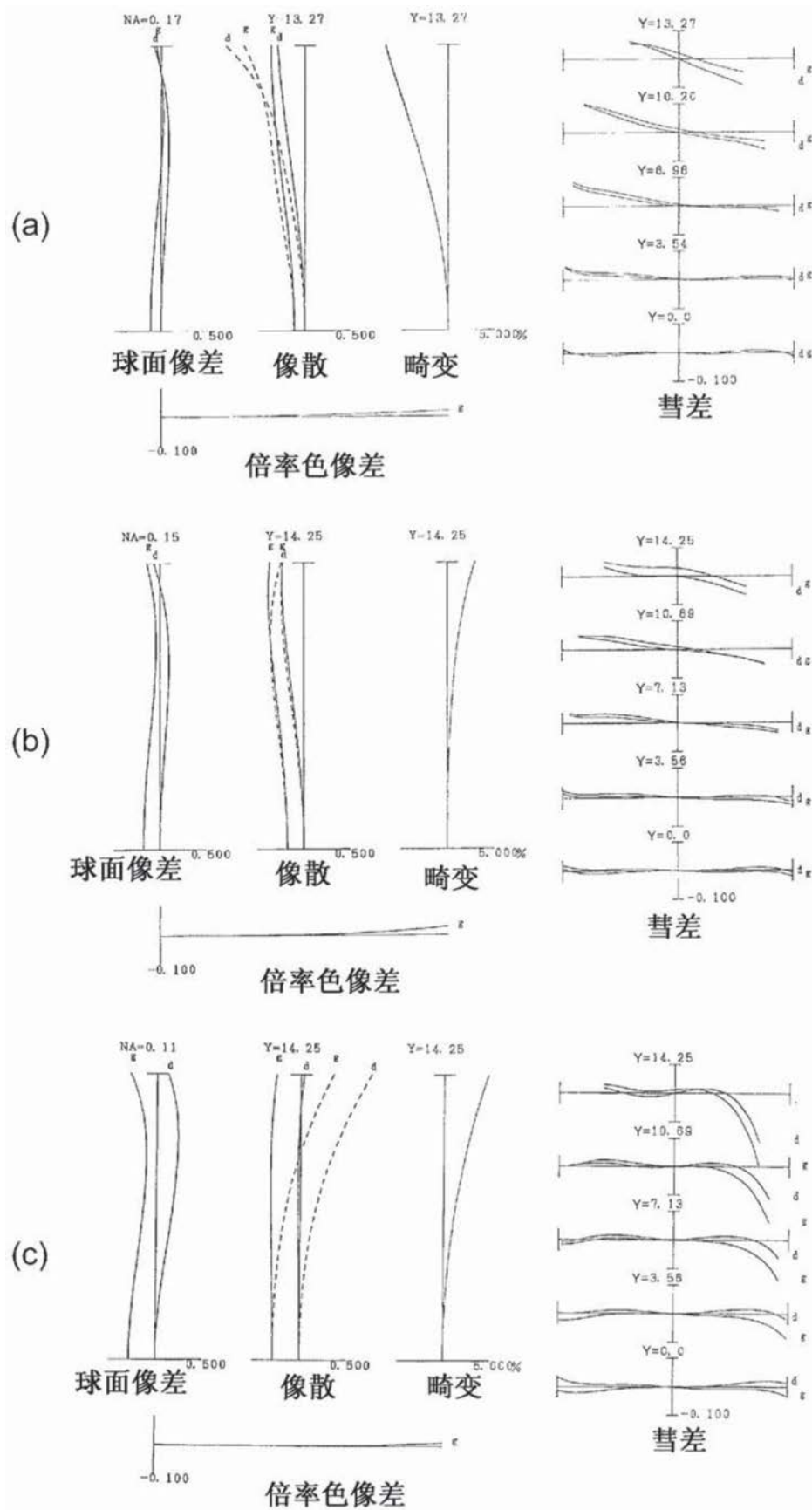


图118

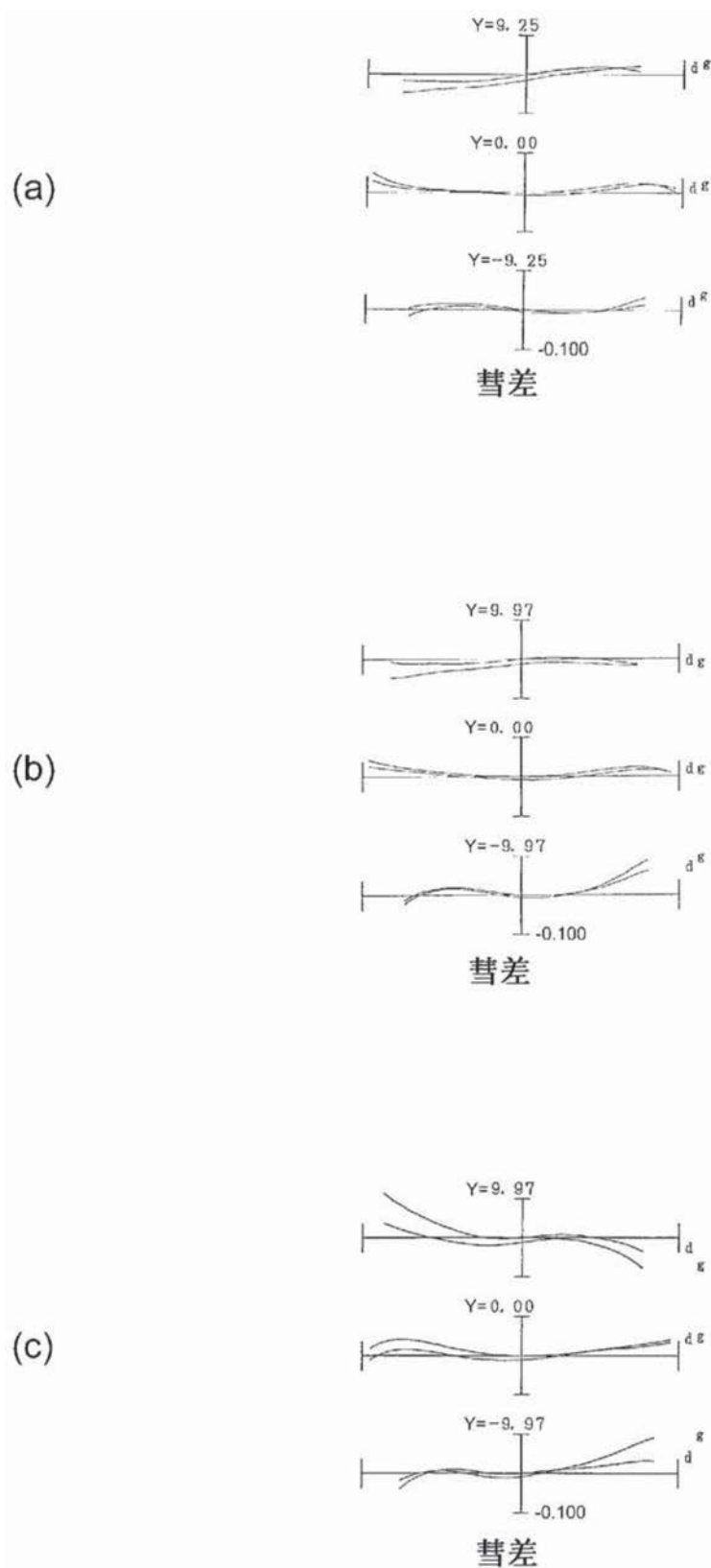


图119

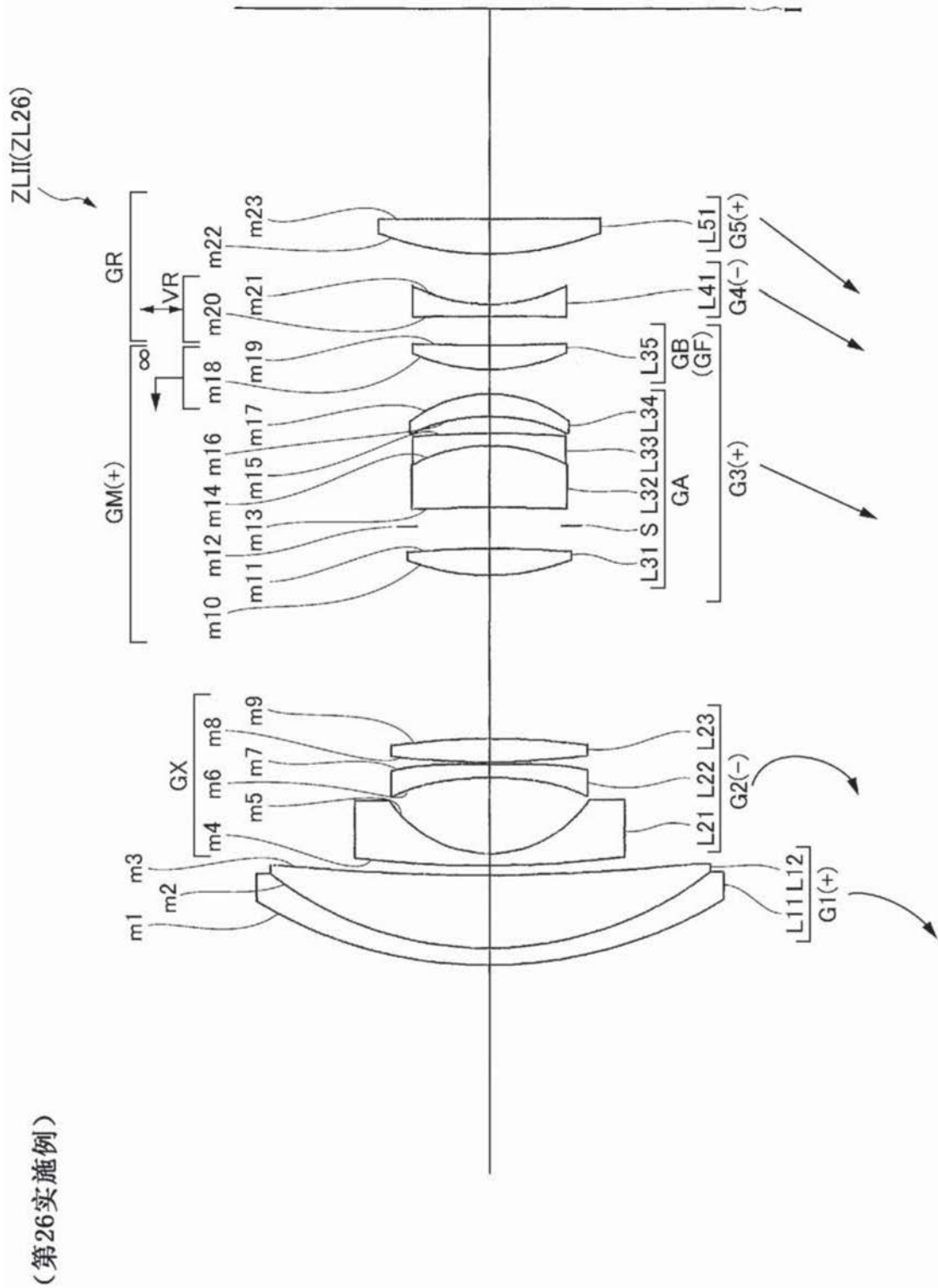


图120

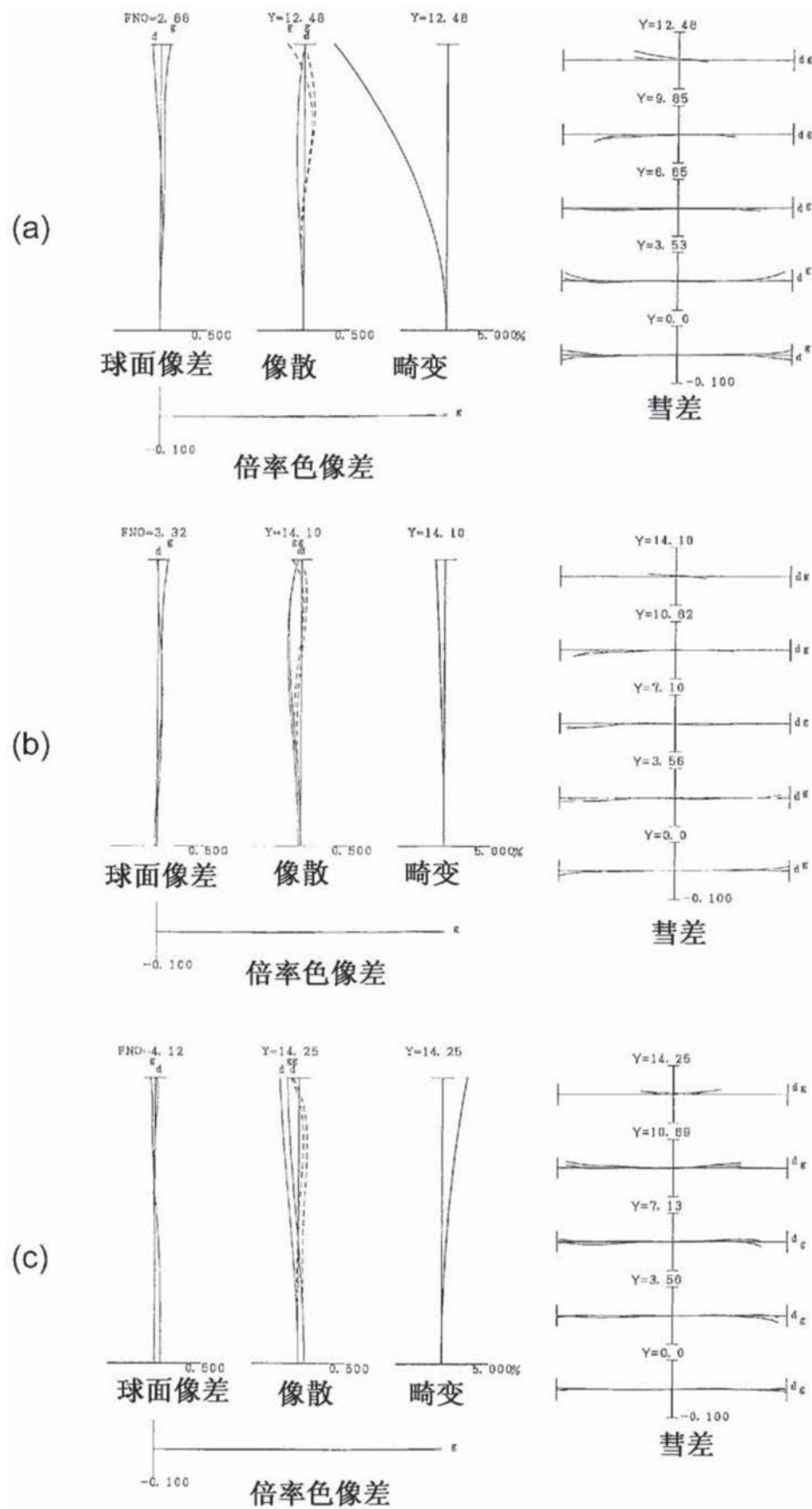


图121

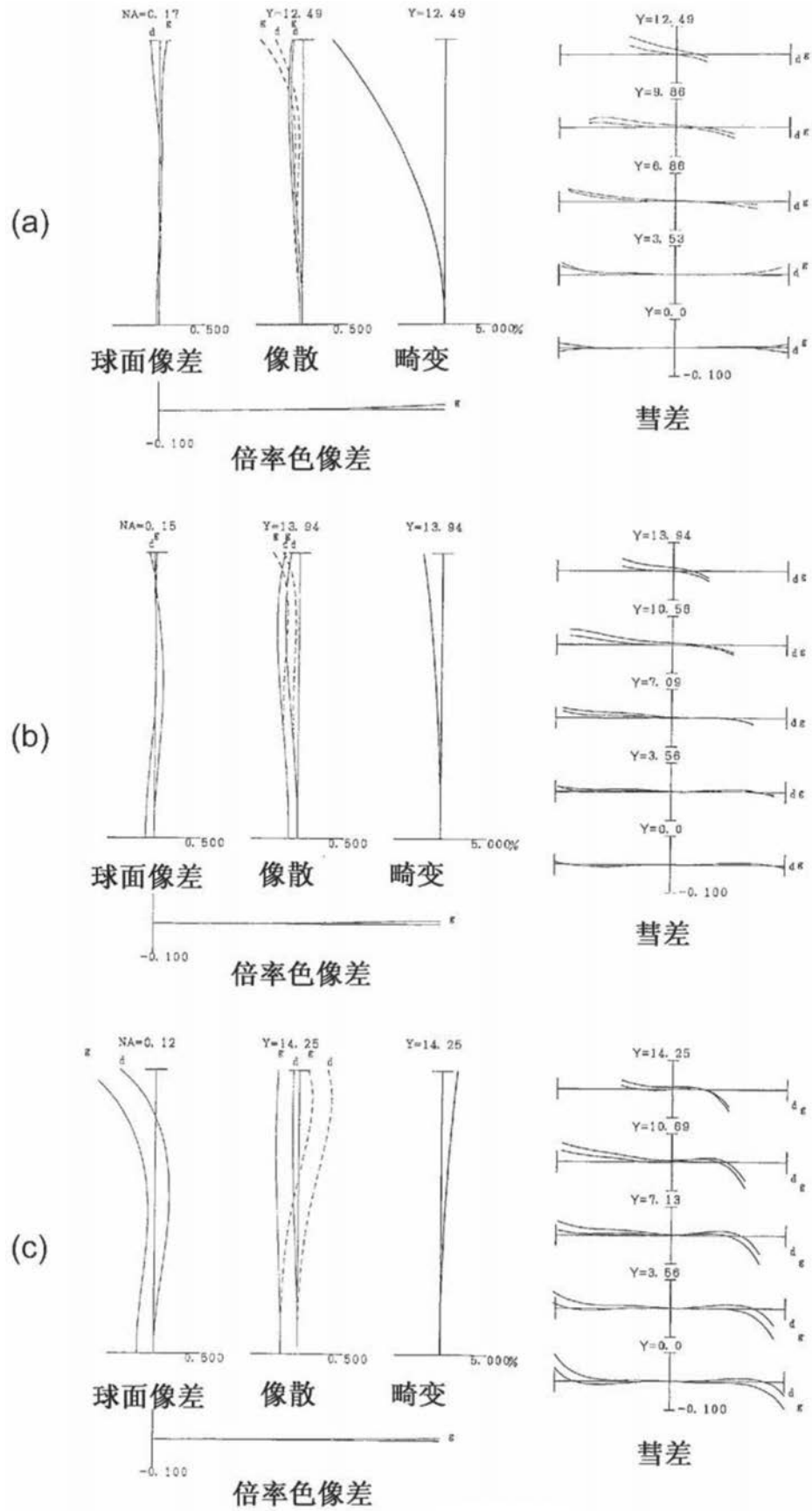


图122

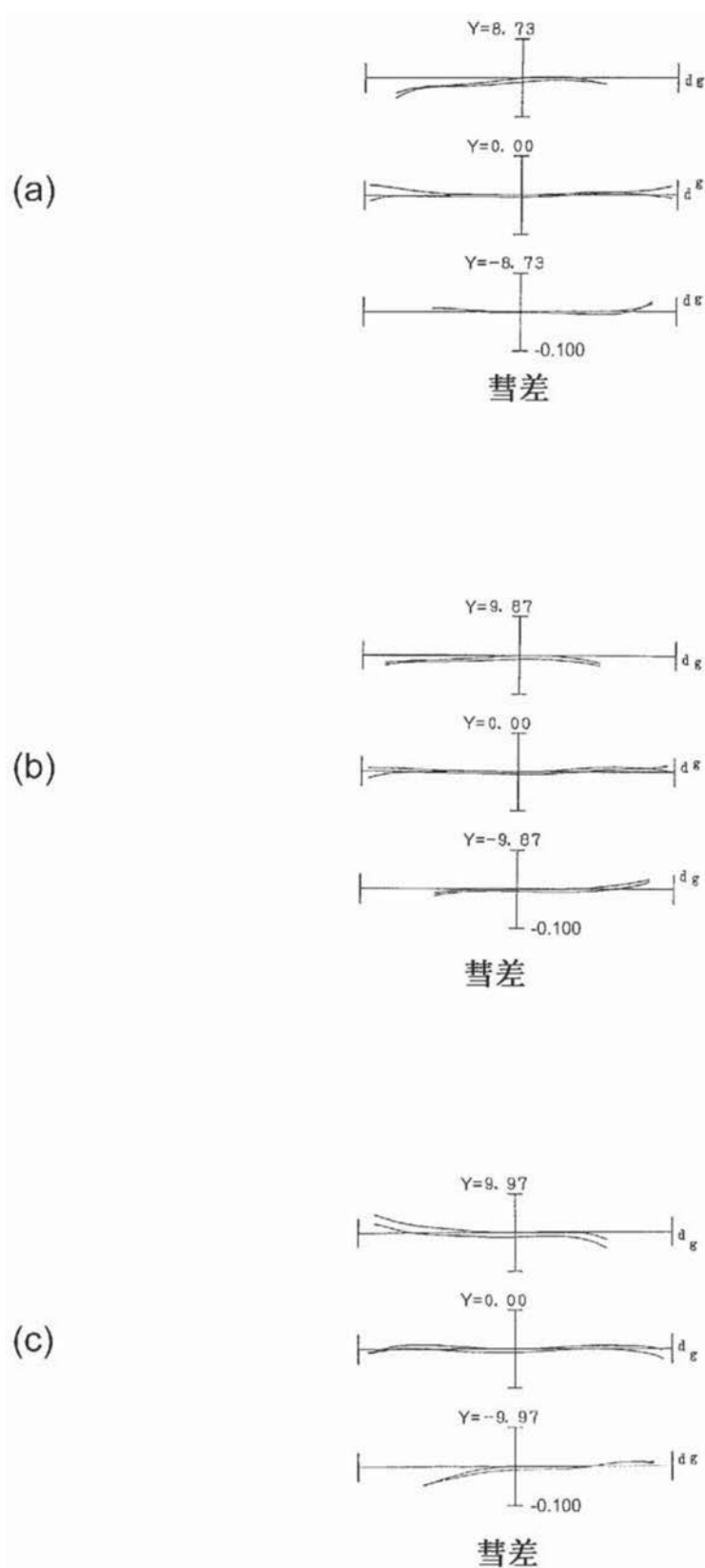


图123

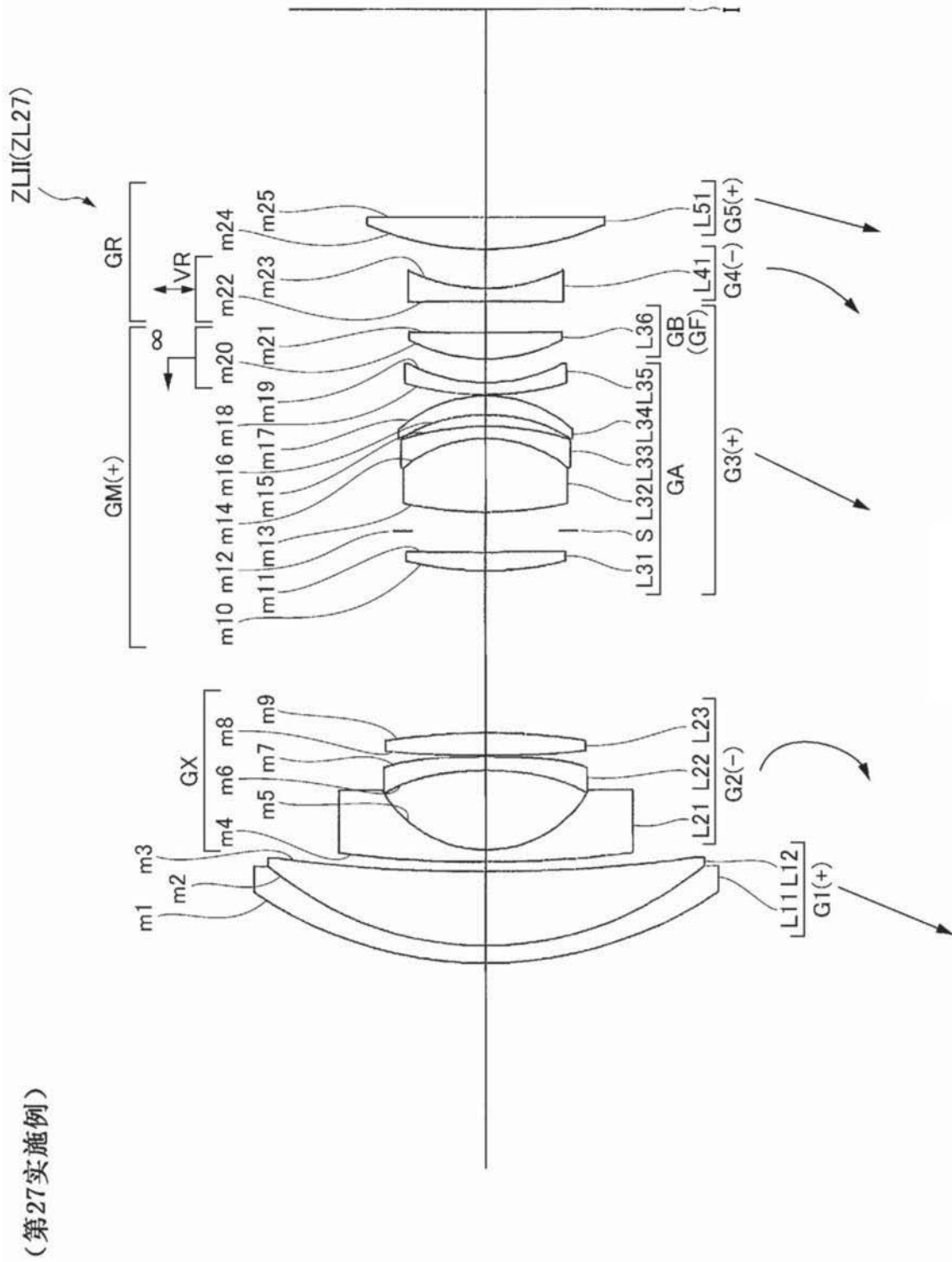


图124

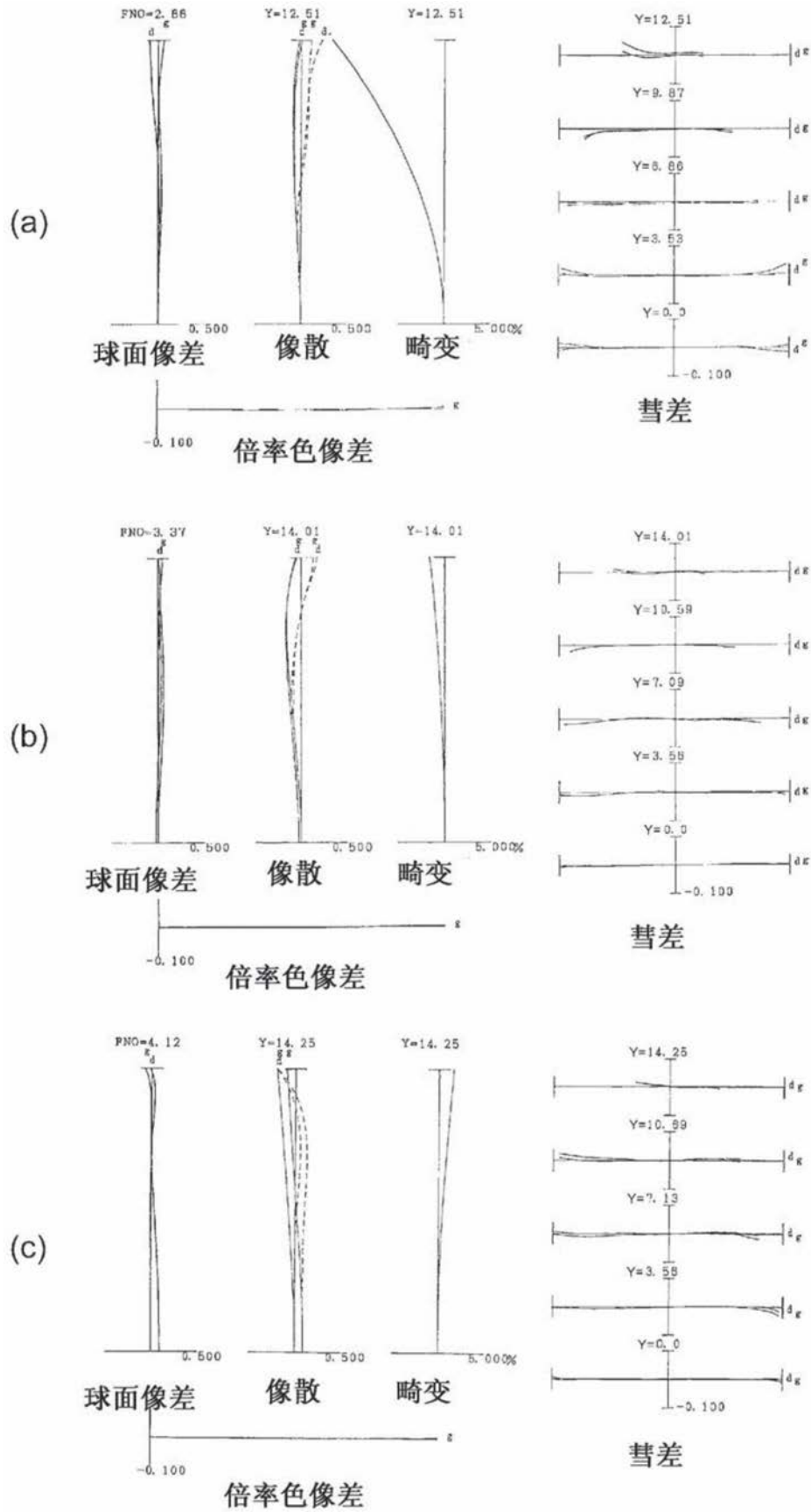


图125

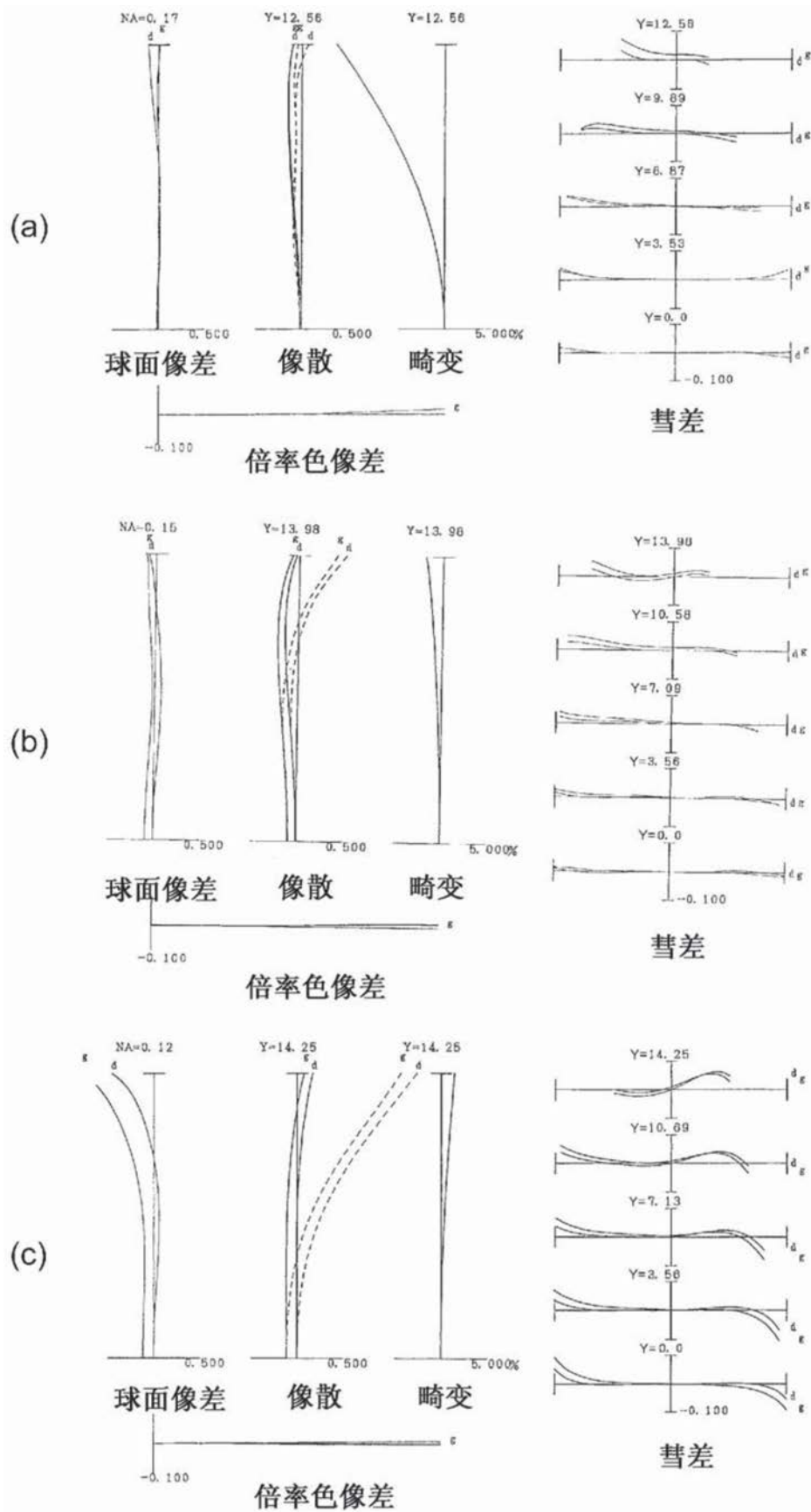


图126

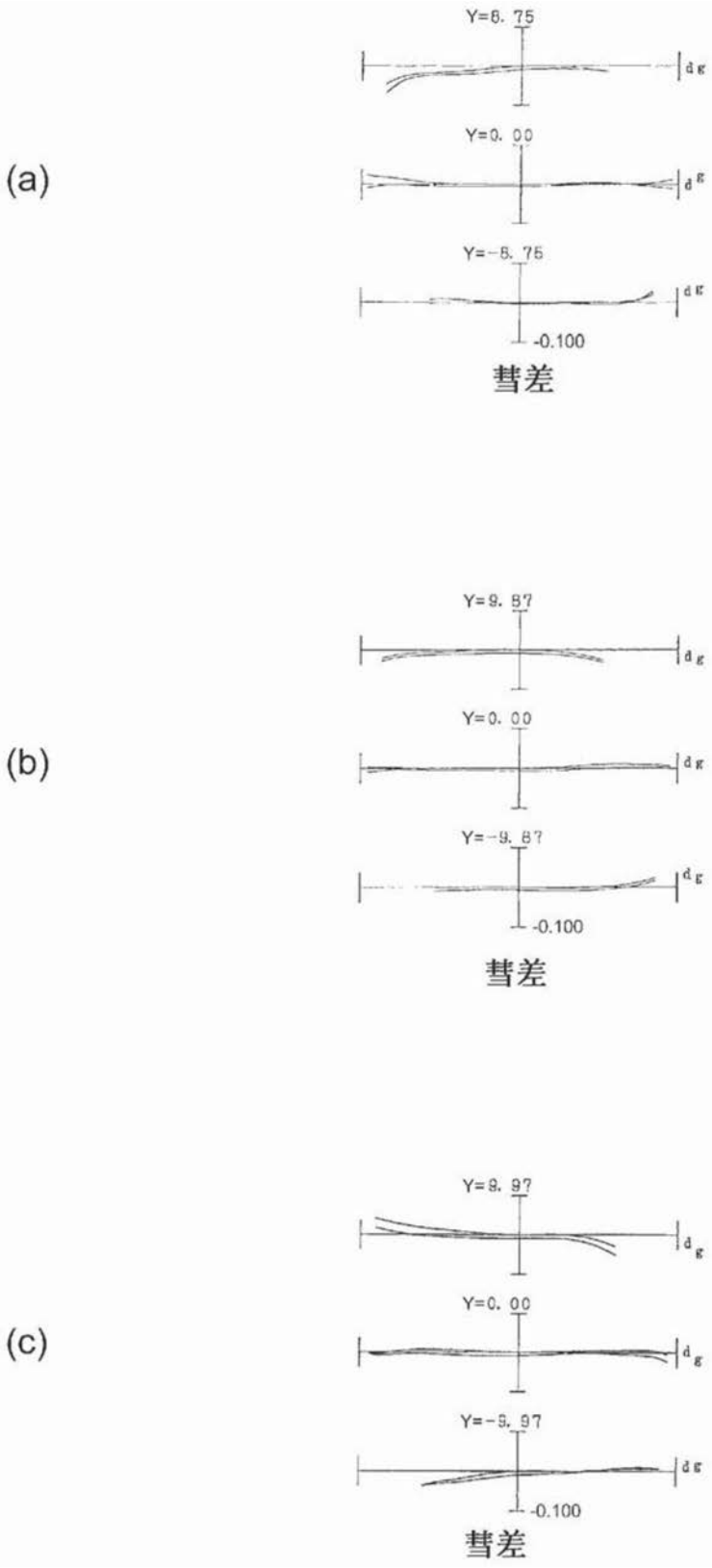


图127

(第28实施例)

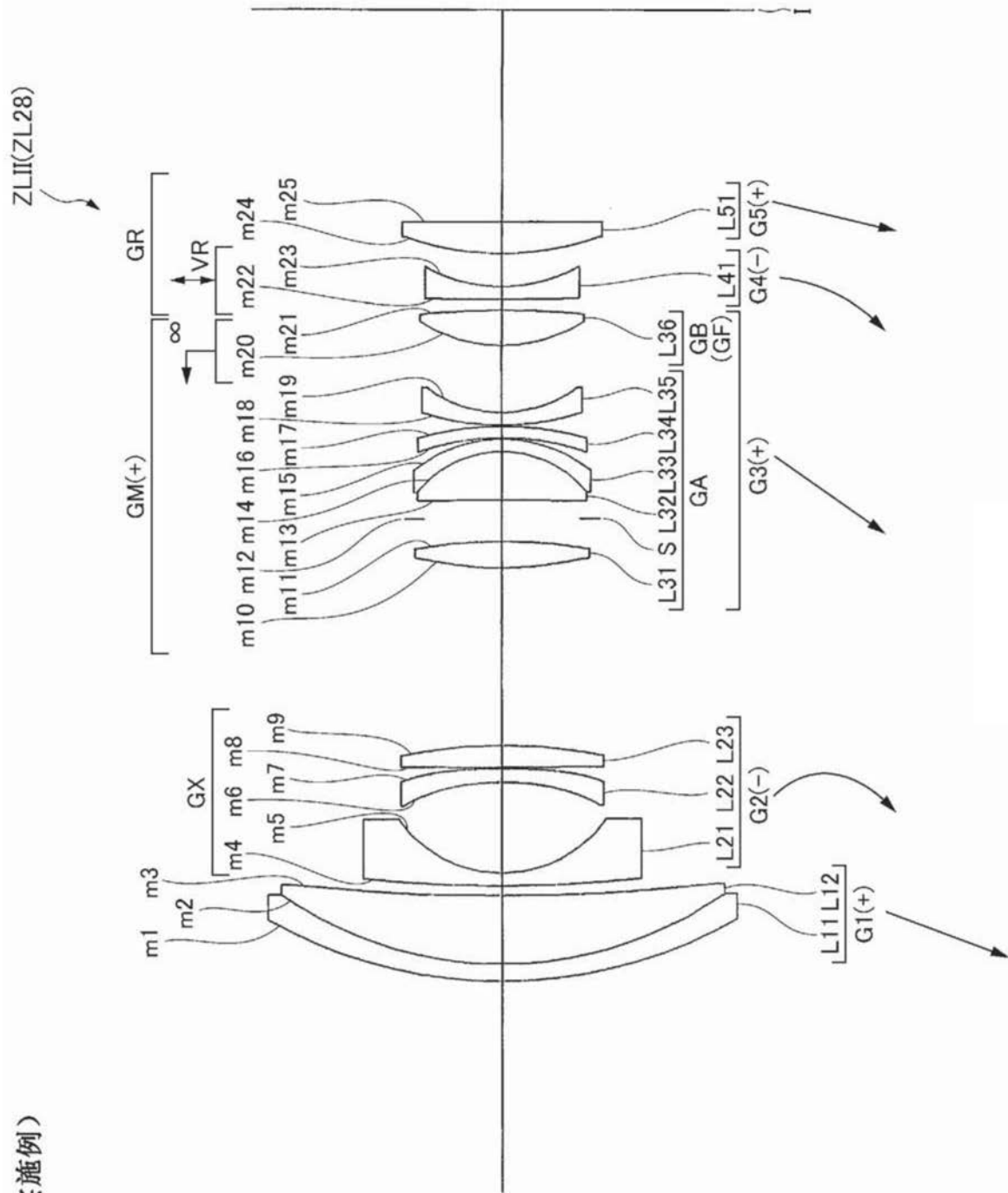


图128

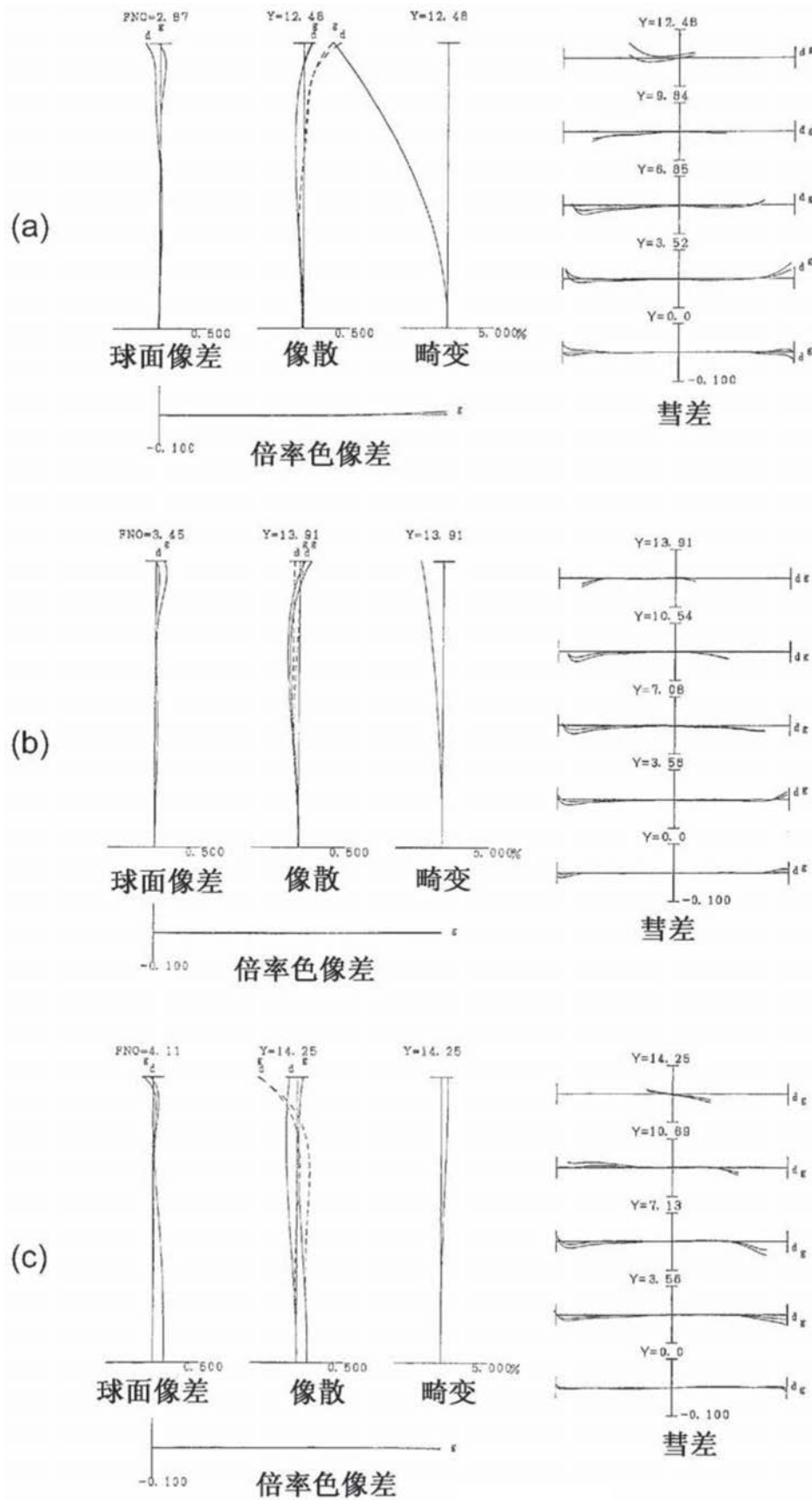


图129

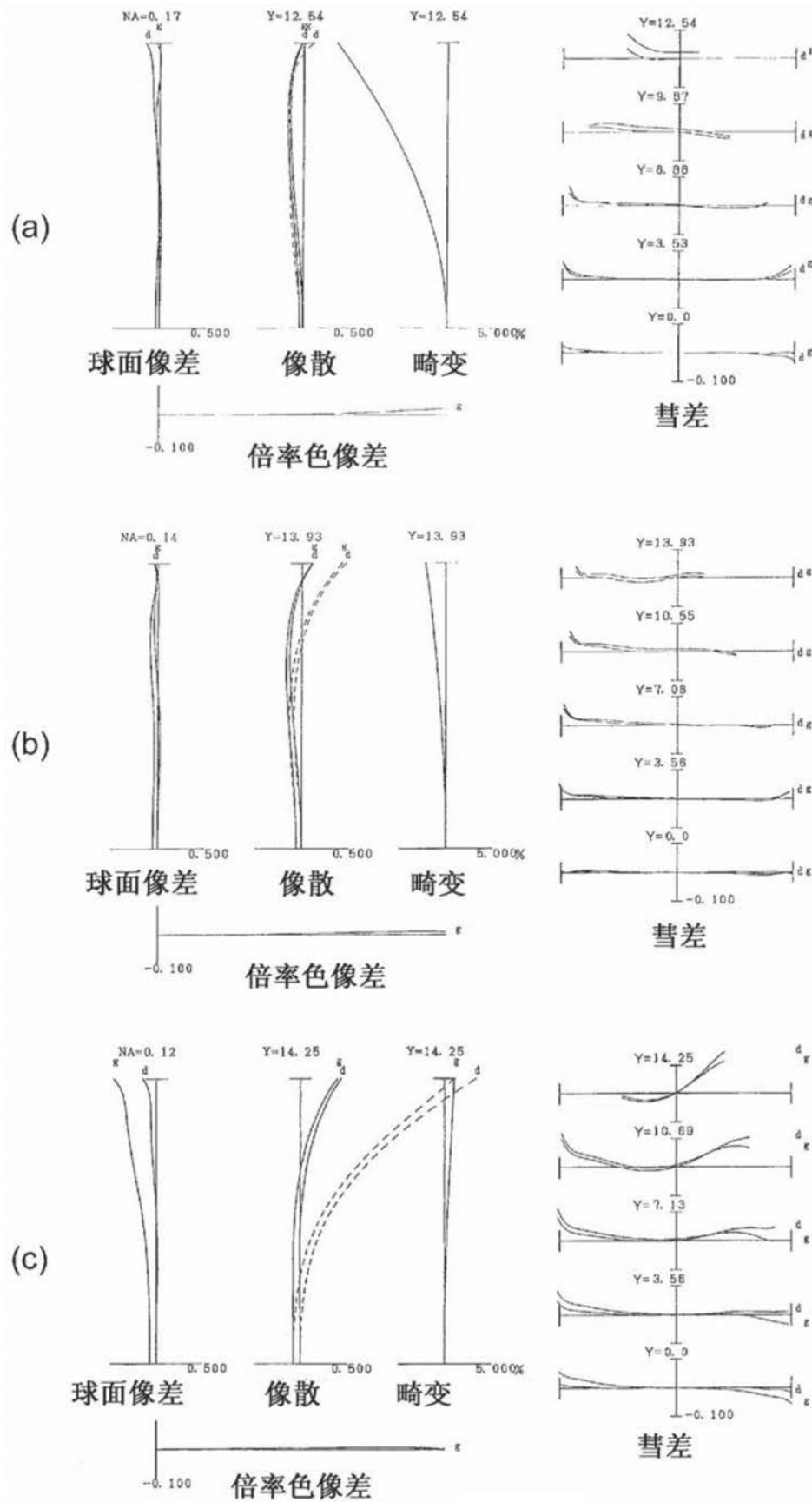


图130

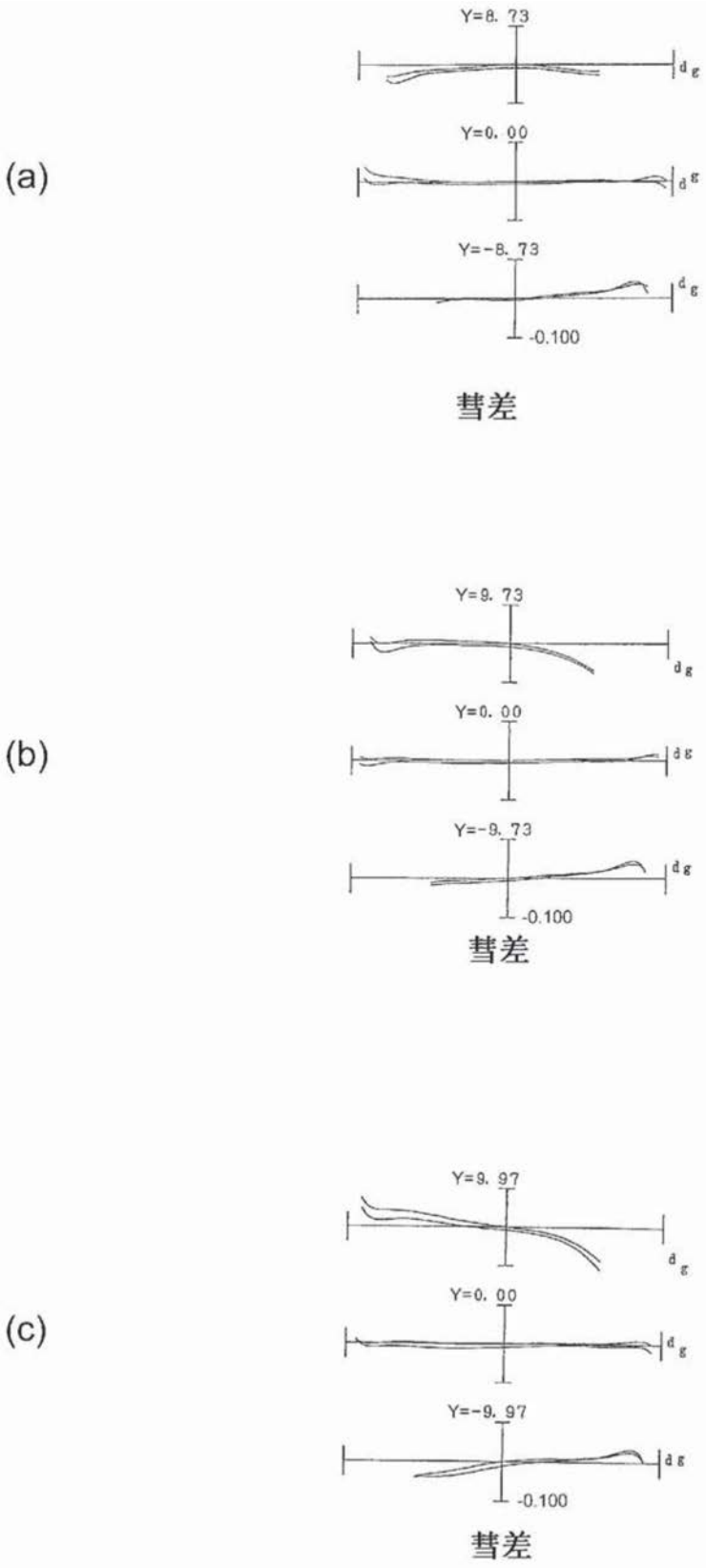


图131

(第29实施例)

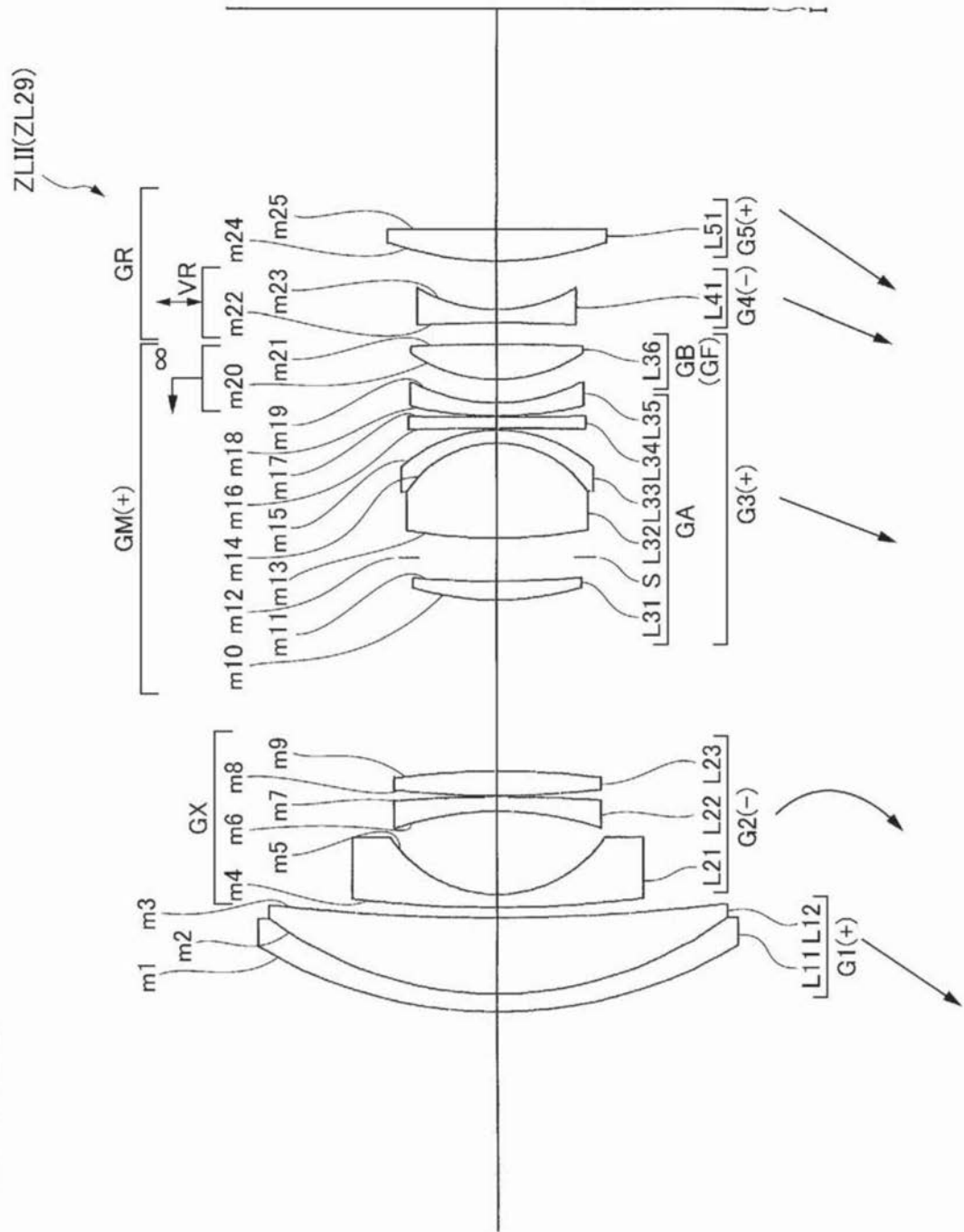


图132

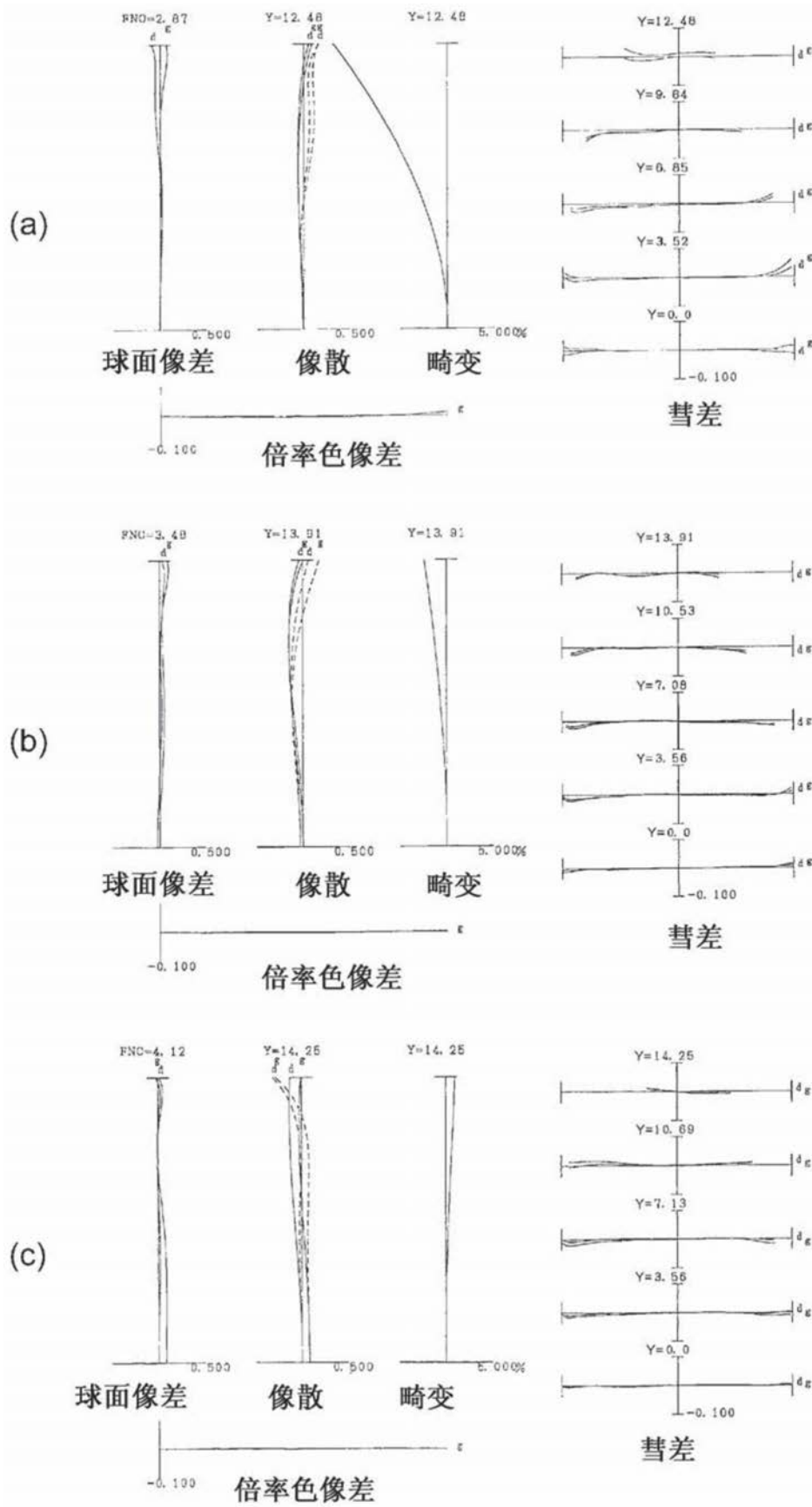


图133

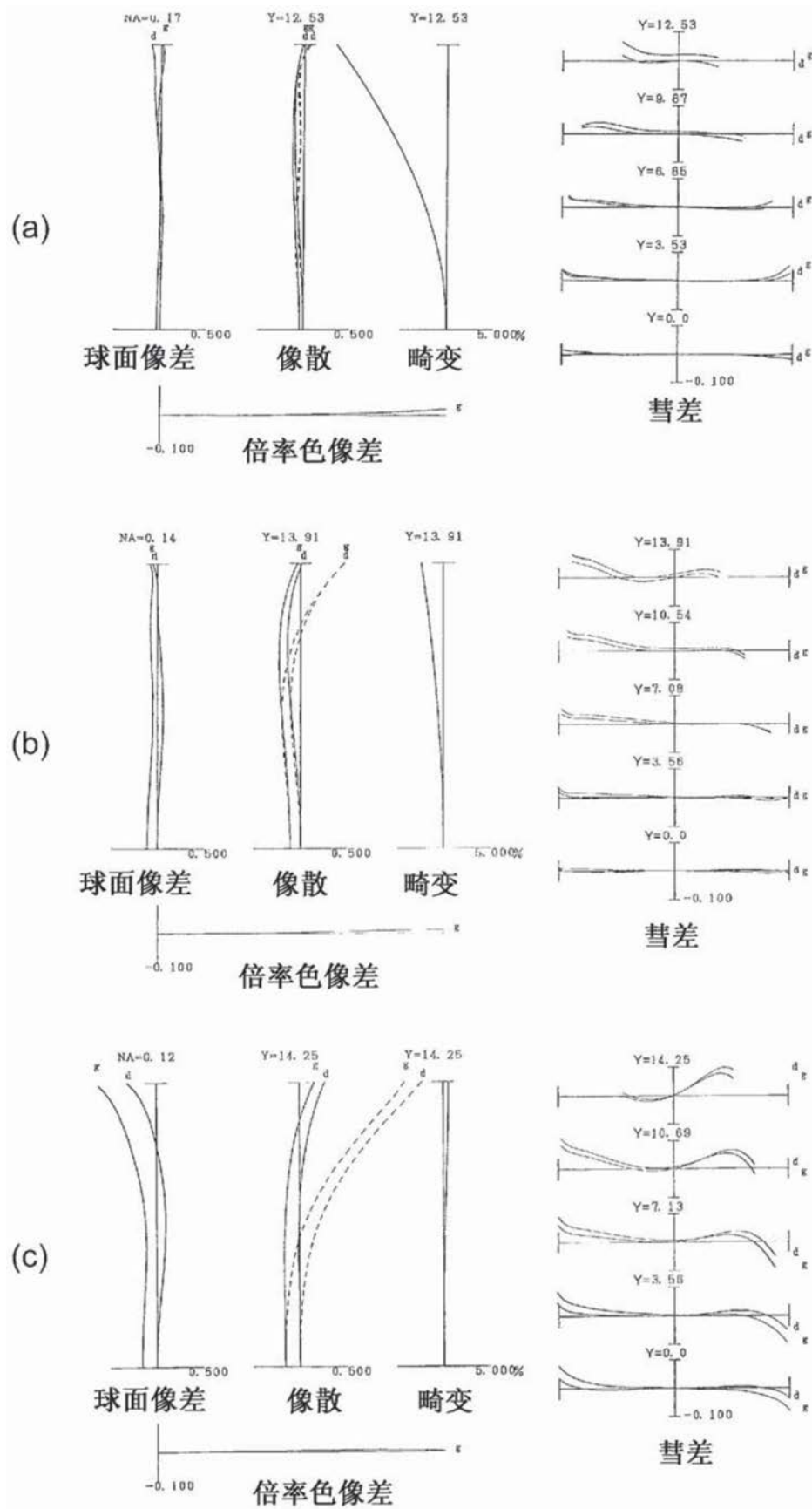


图134

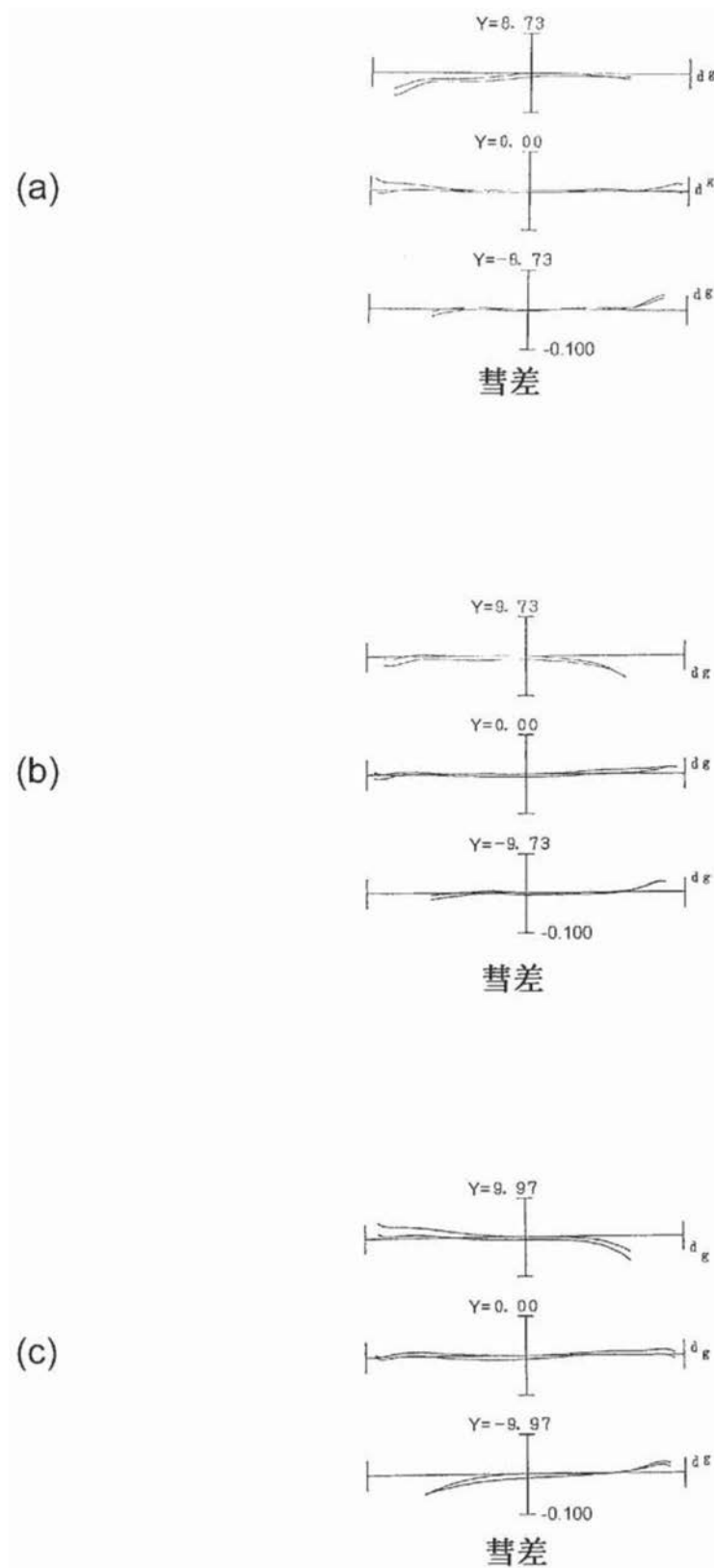


图135

(第30实施例)

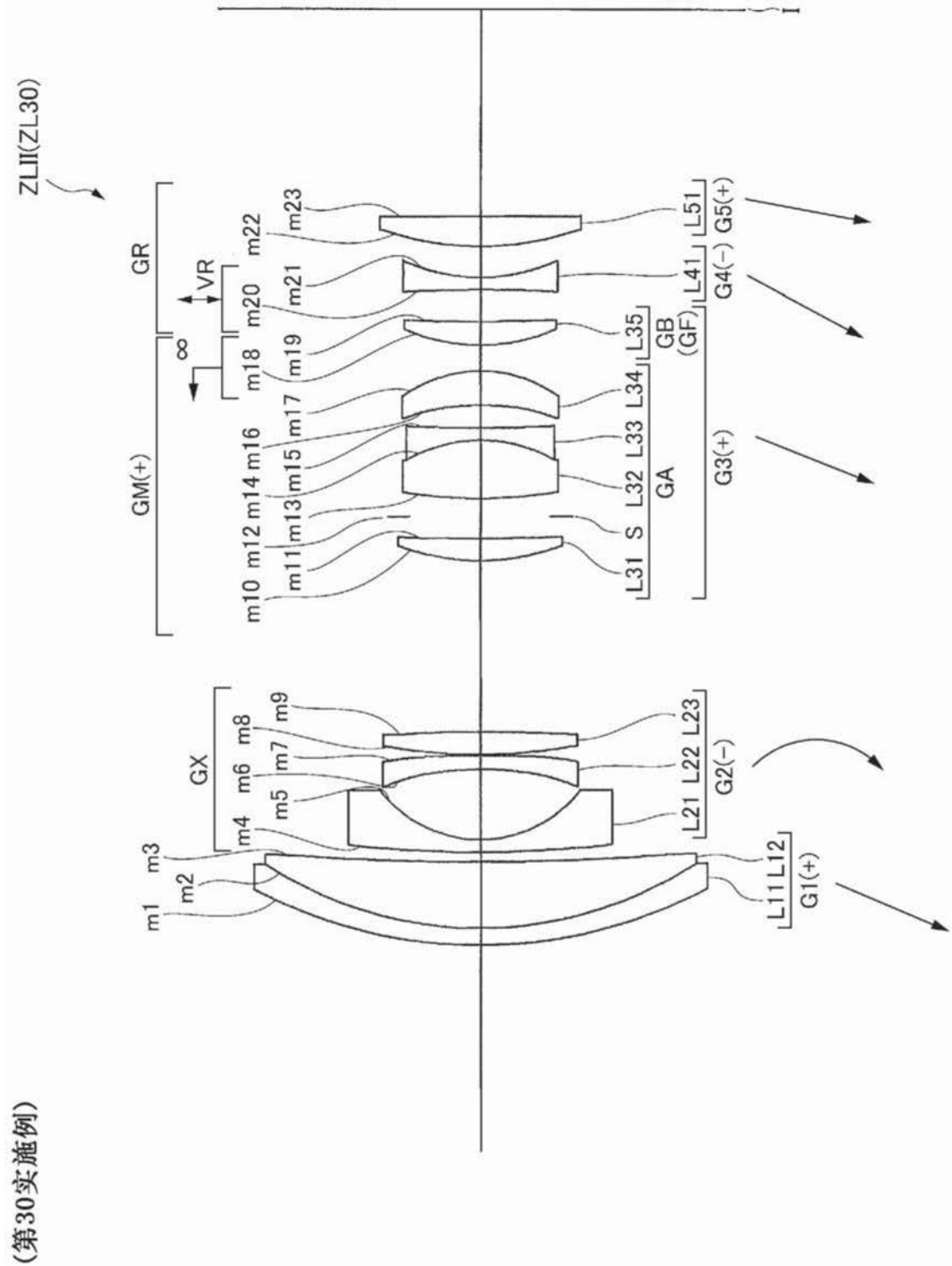


图136

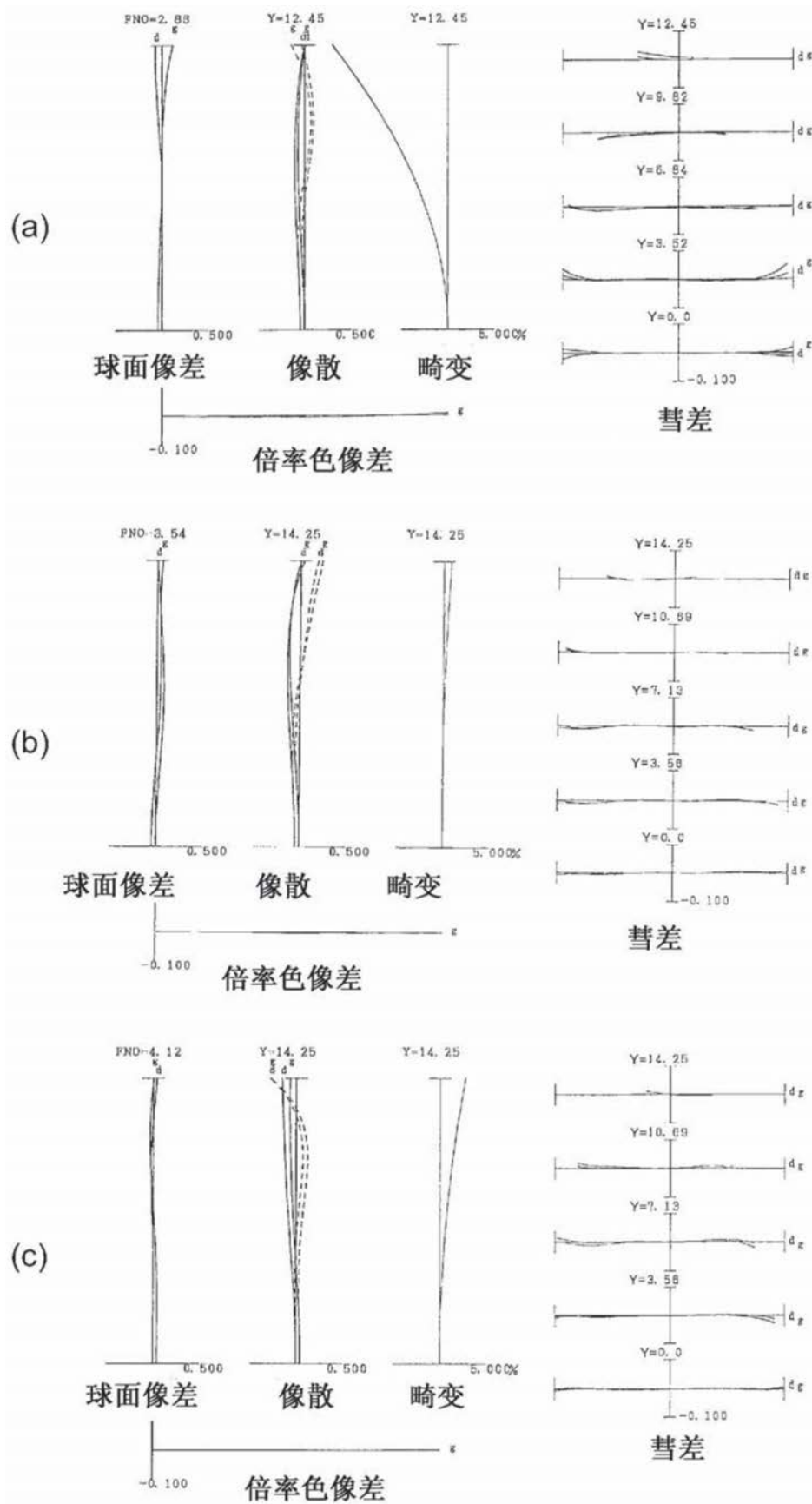


图137

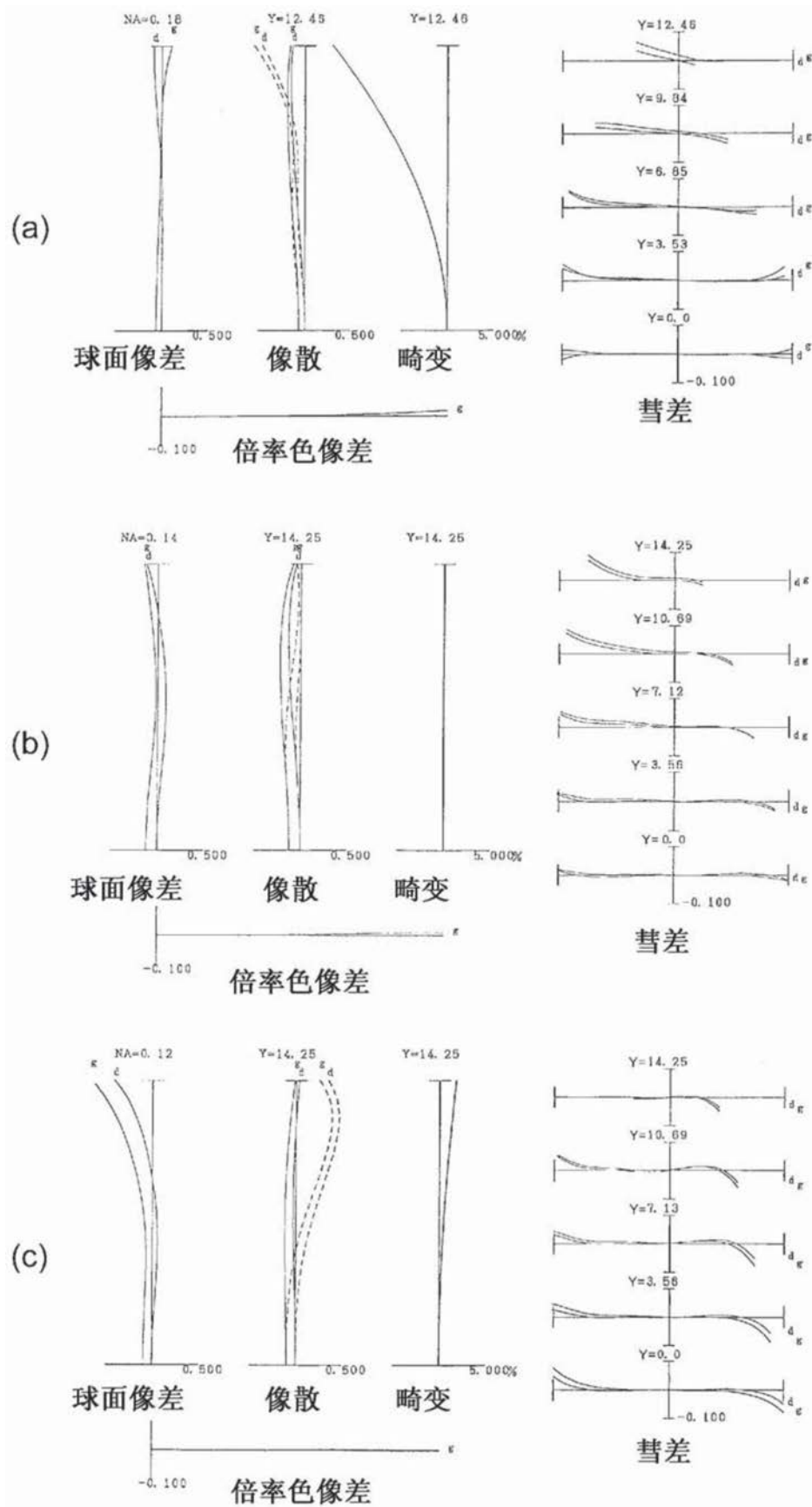


图138

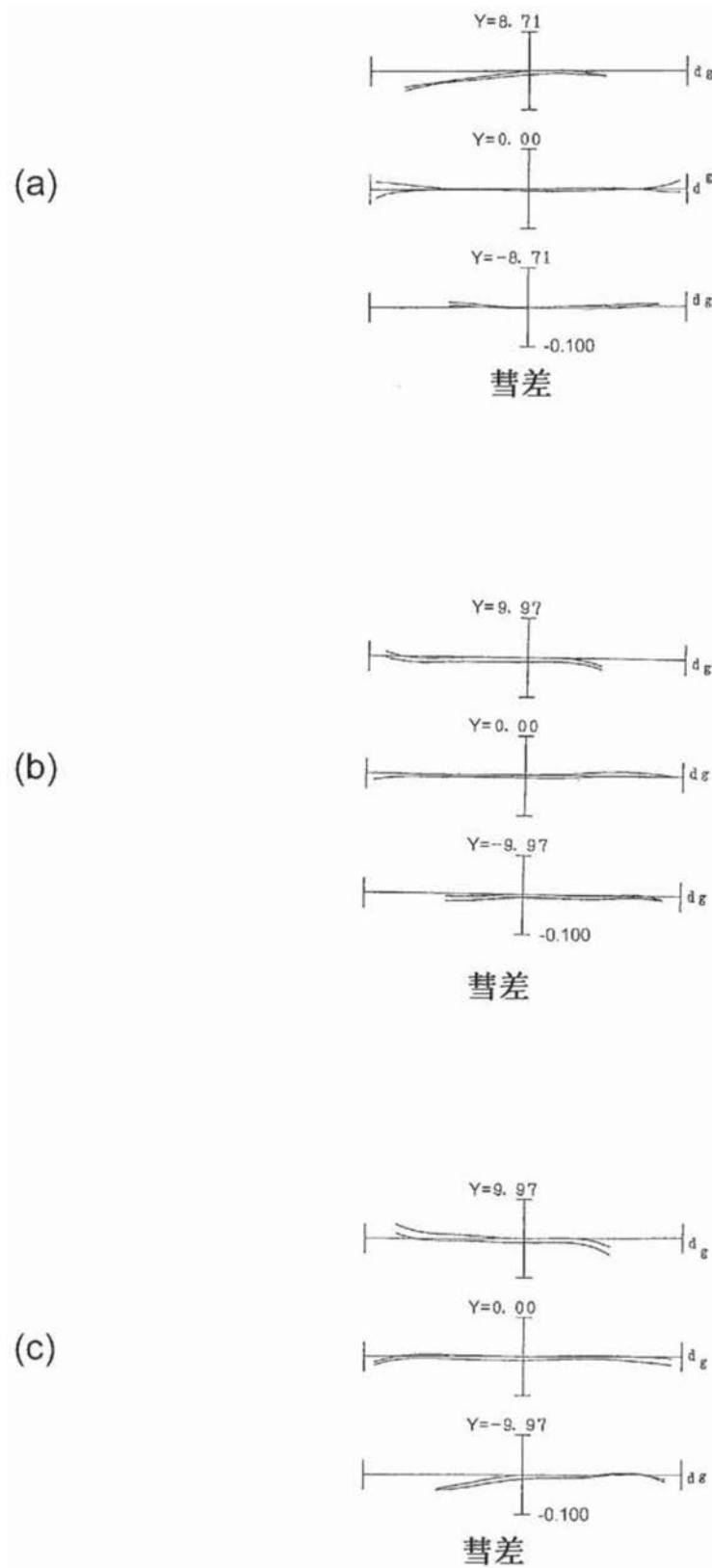


图139

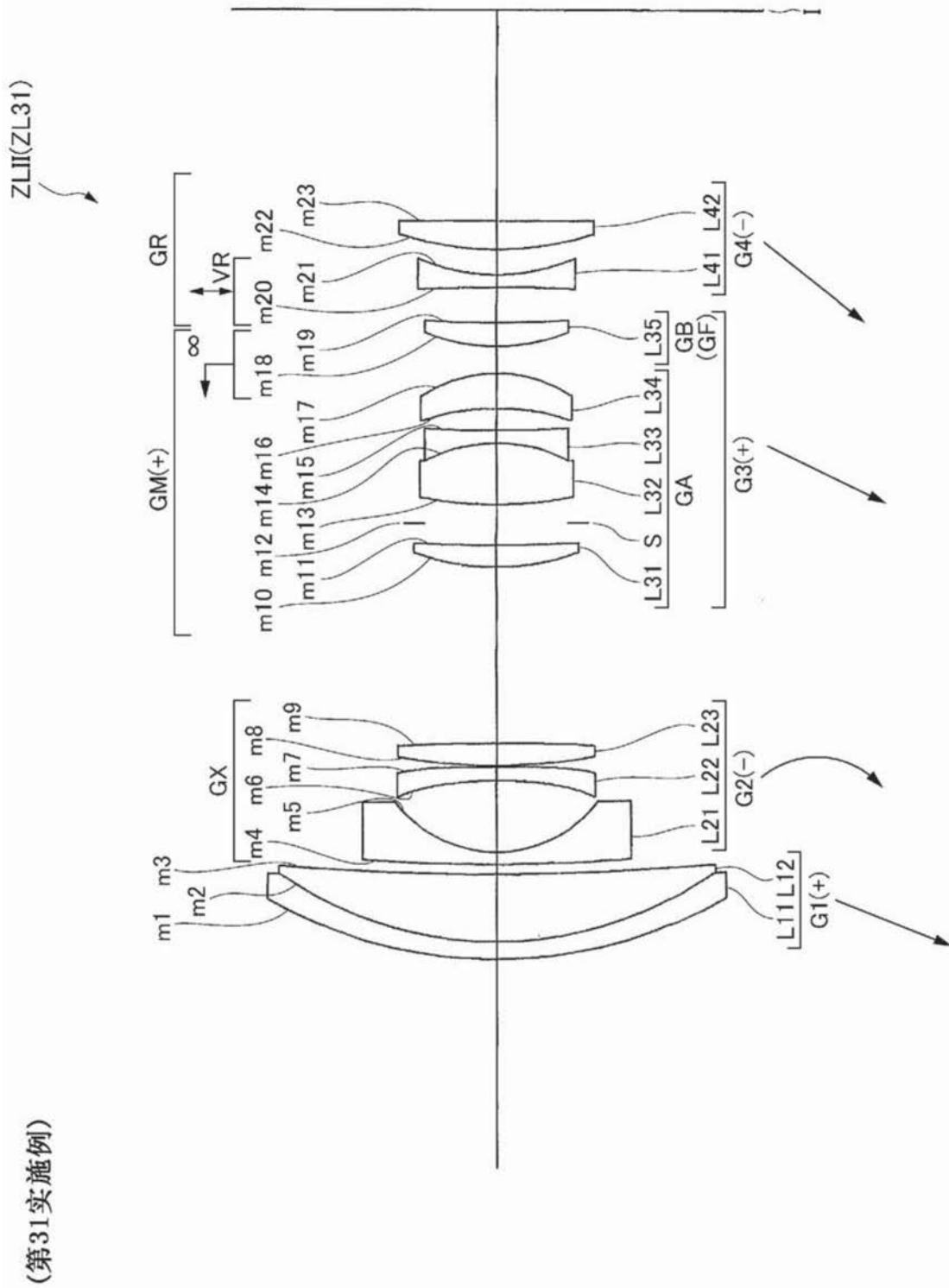


图140

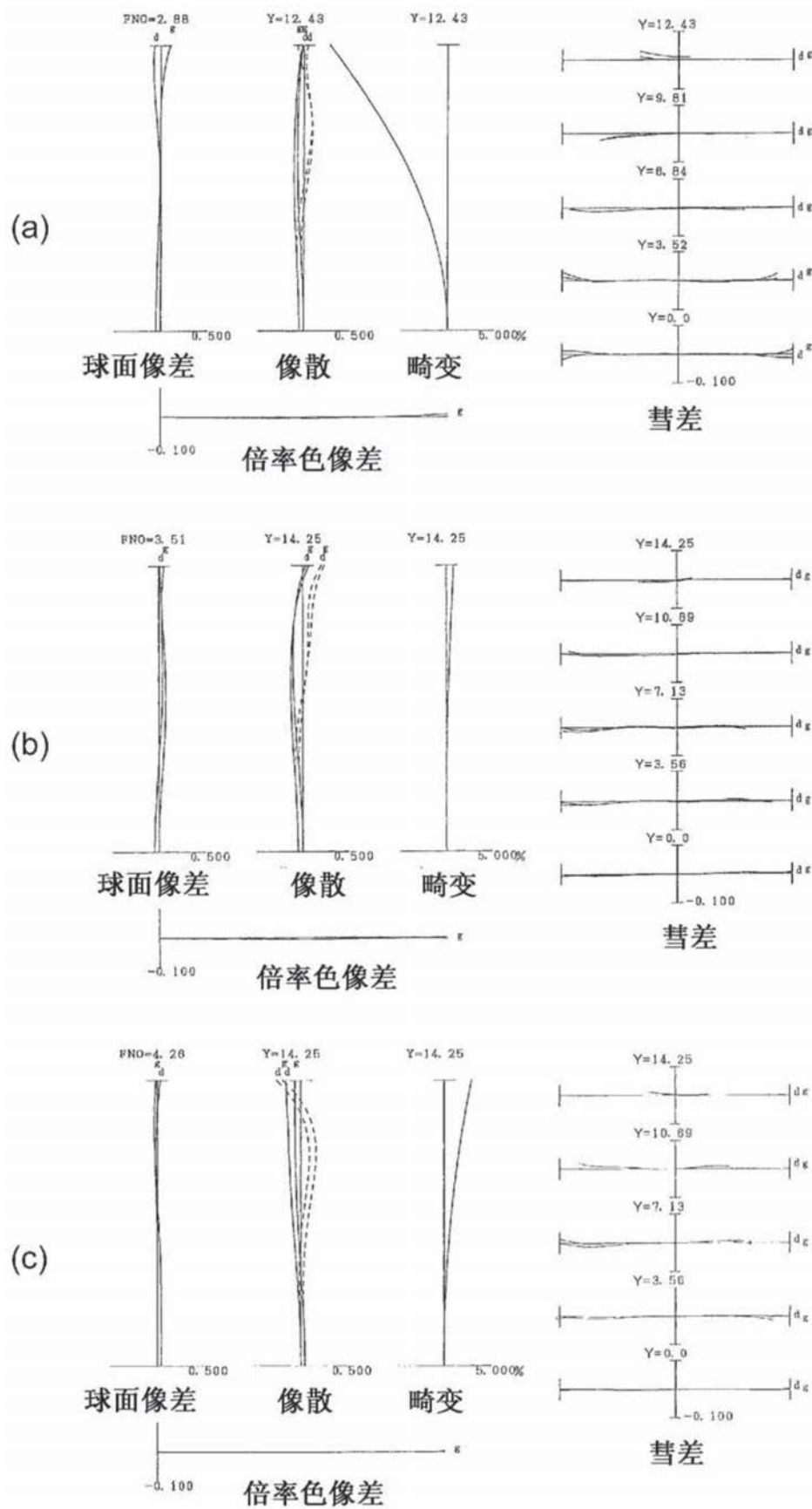


图141

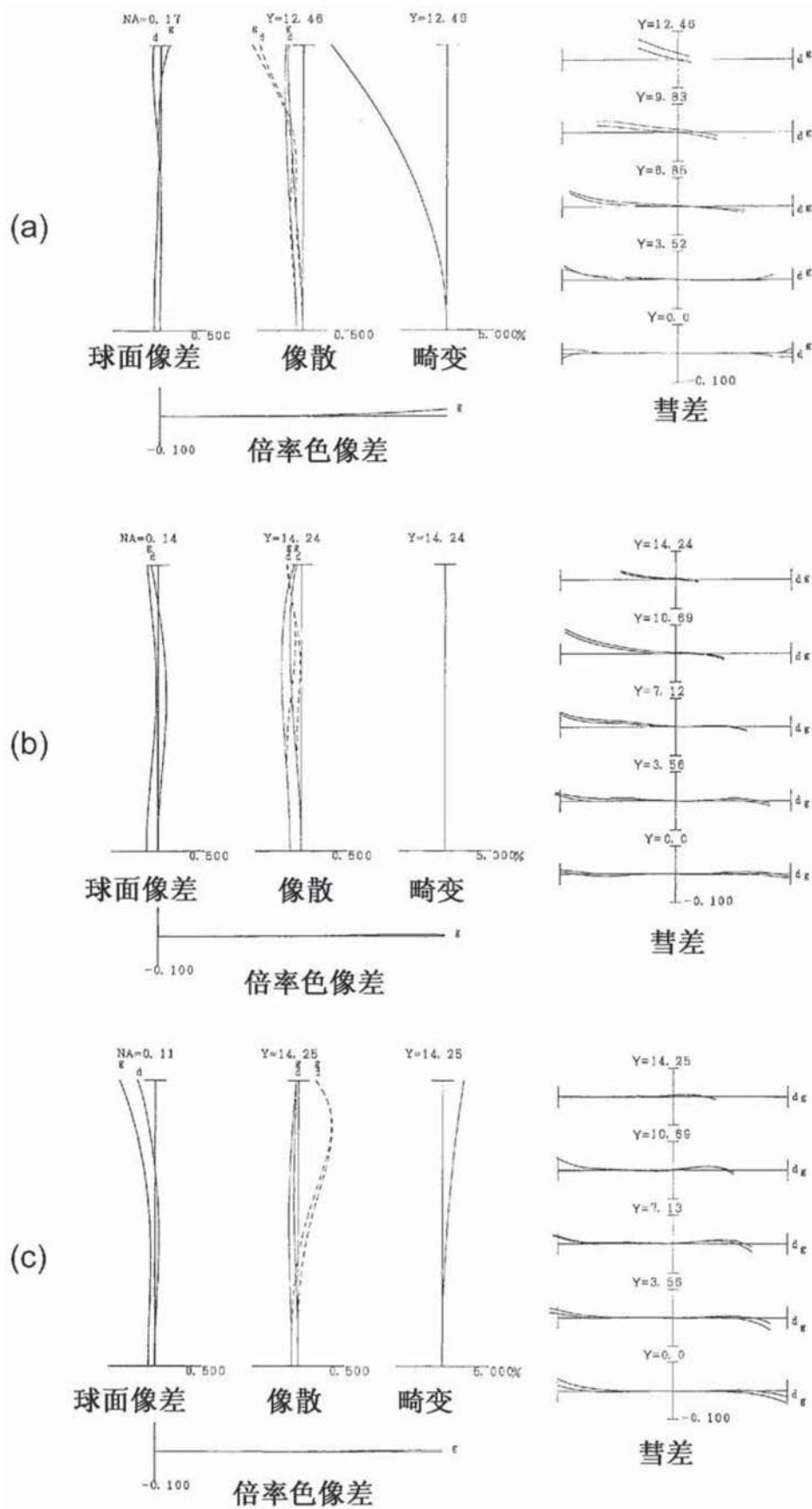


图142

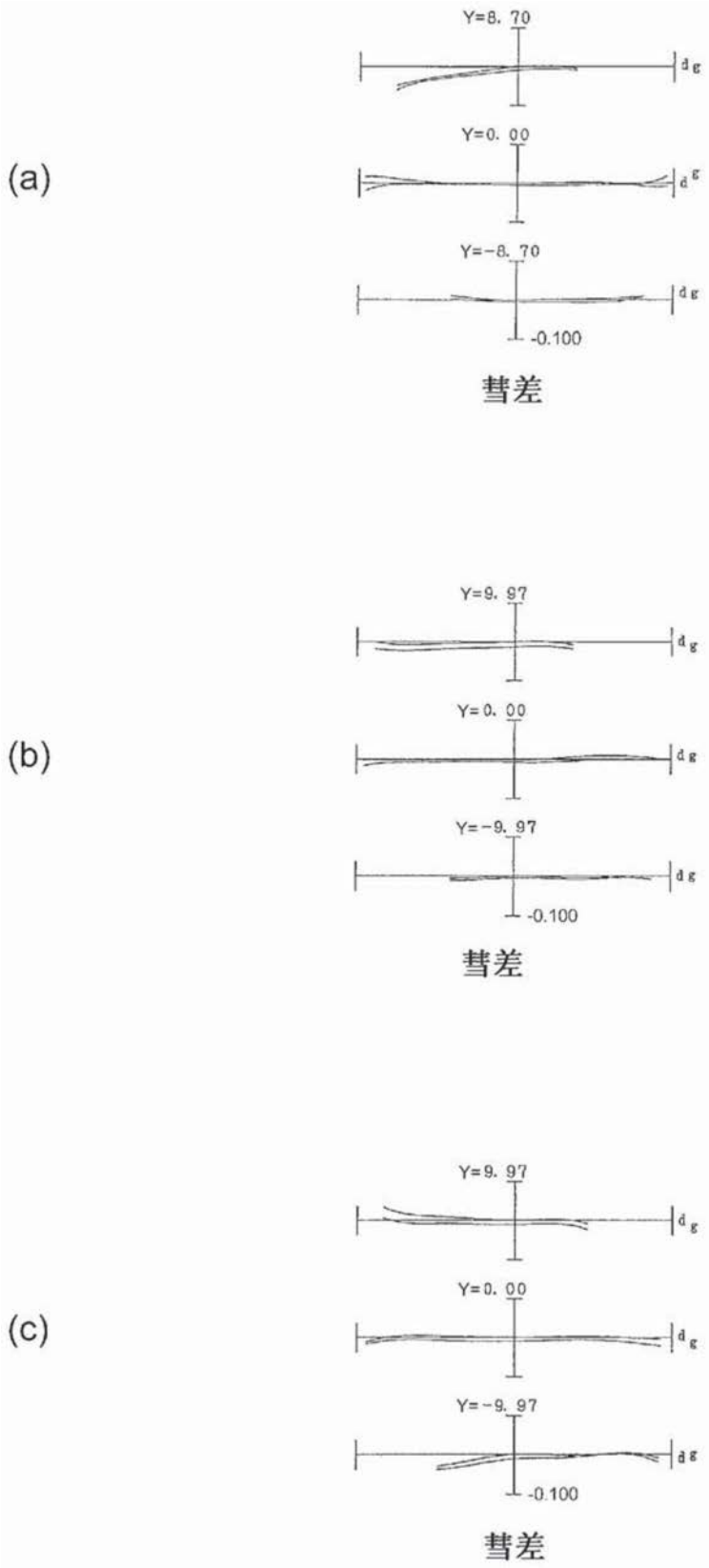


图143

(第32实施例)

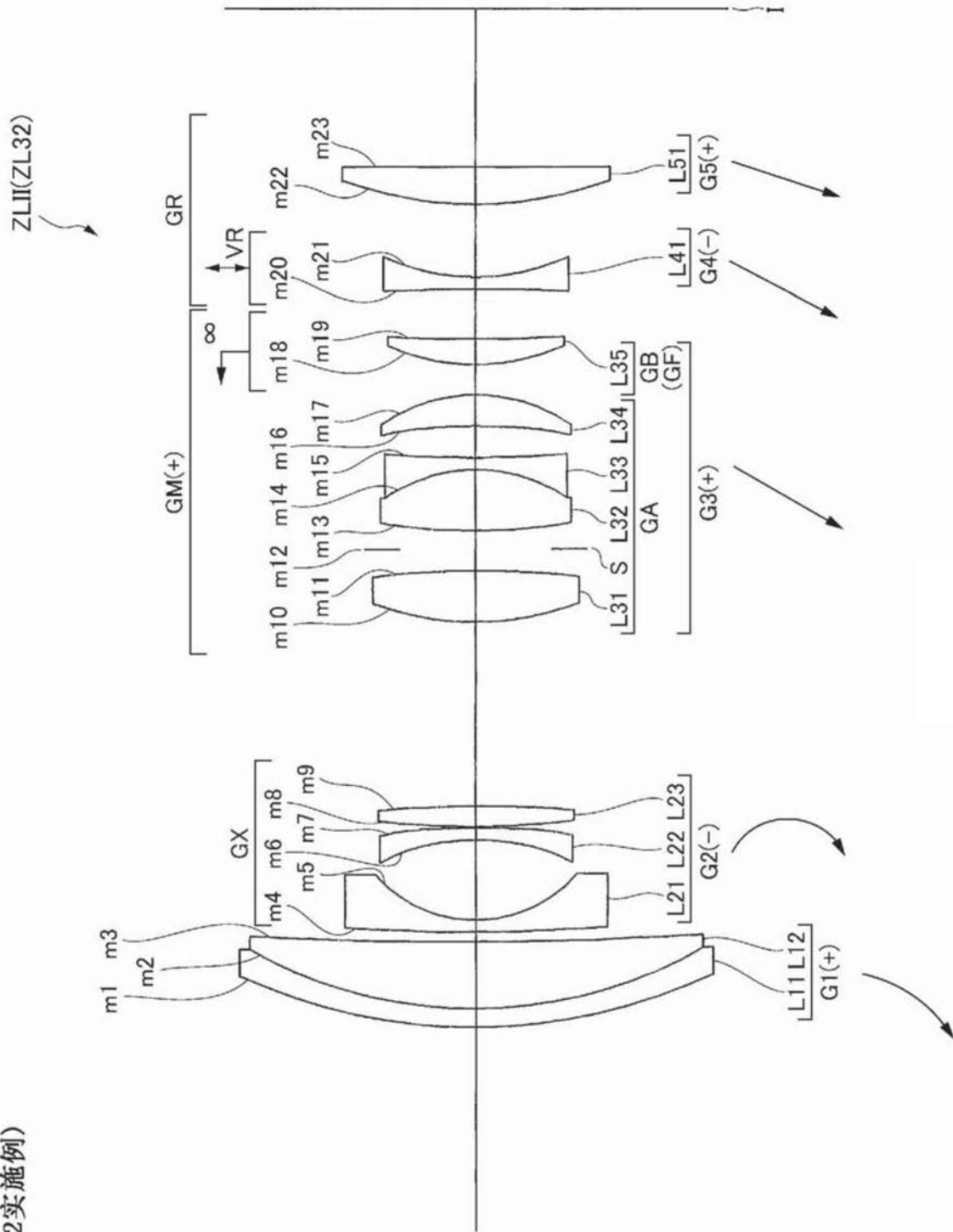


图144

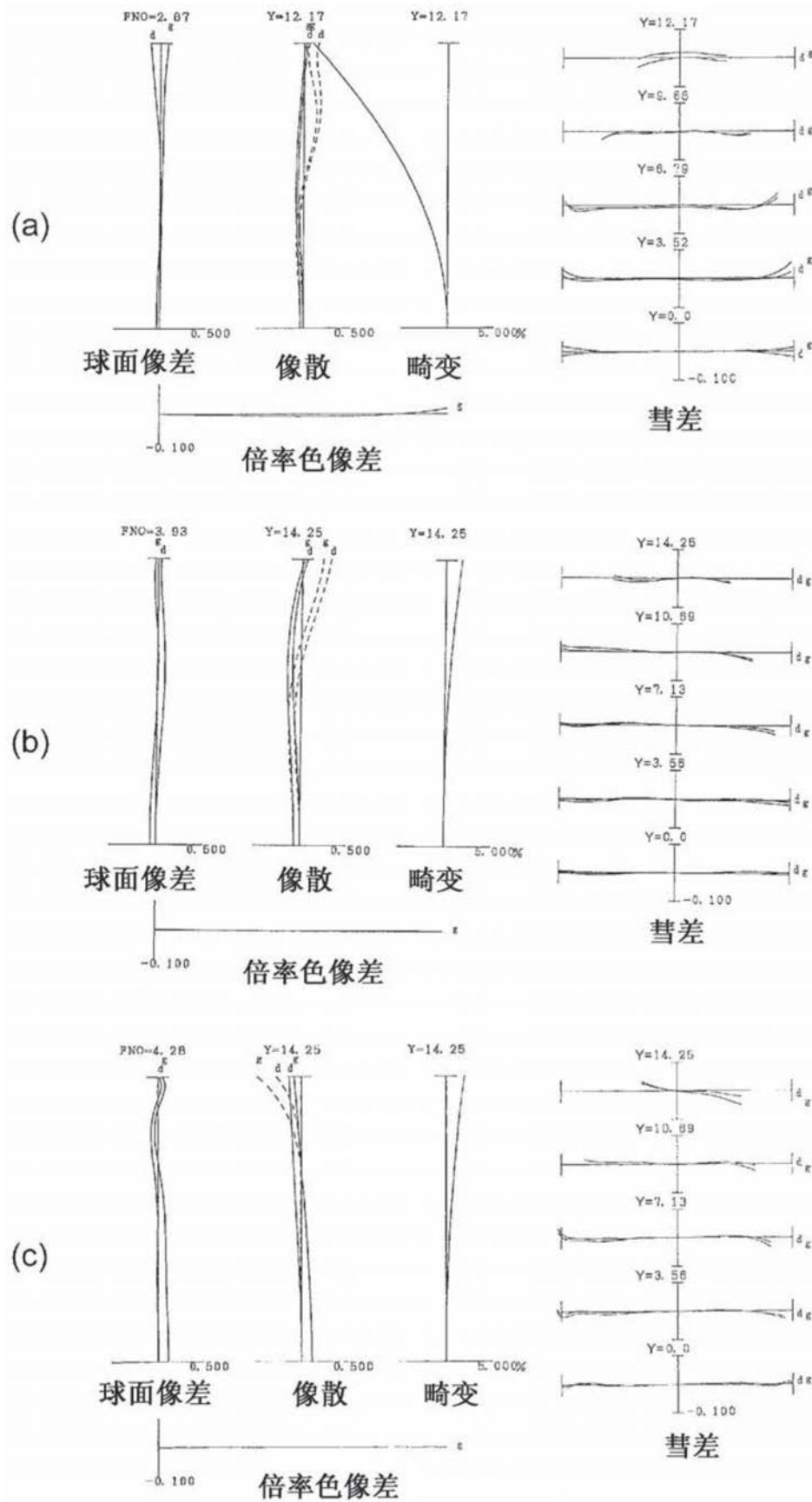


图145

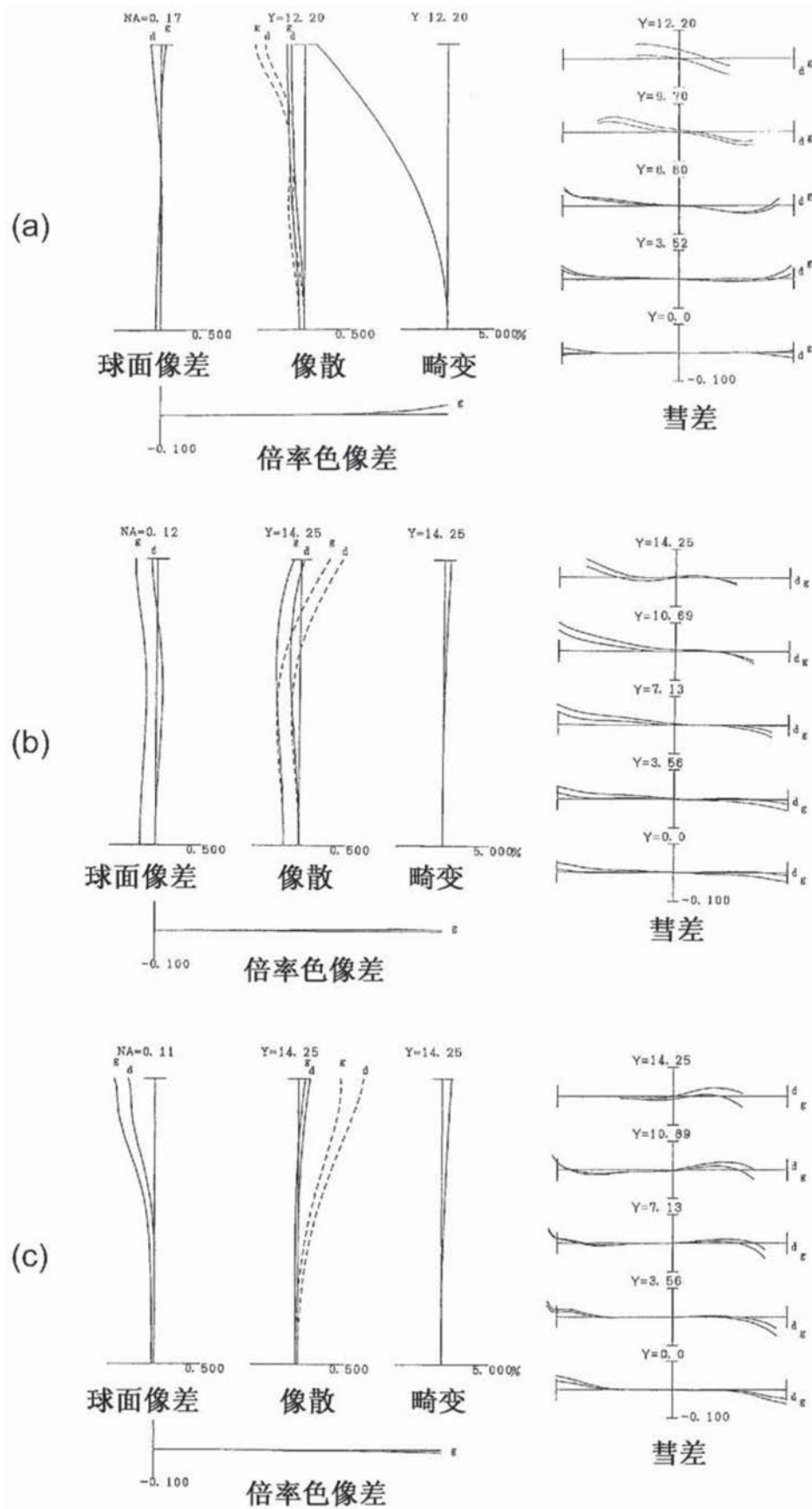


图146

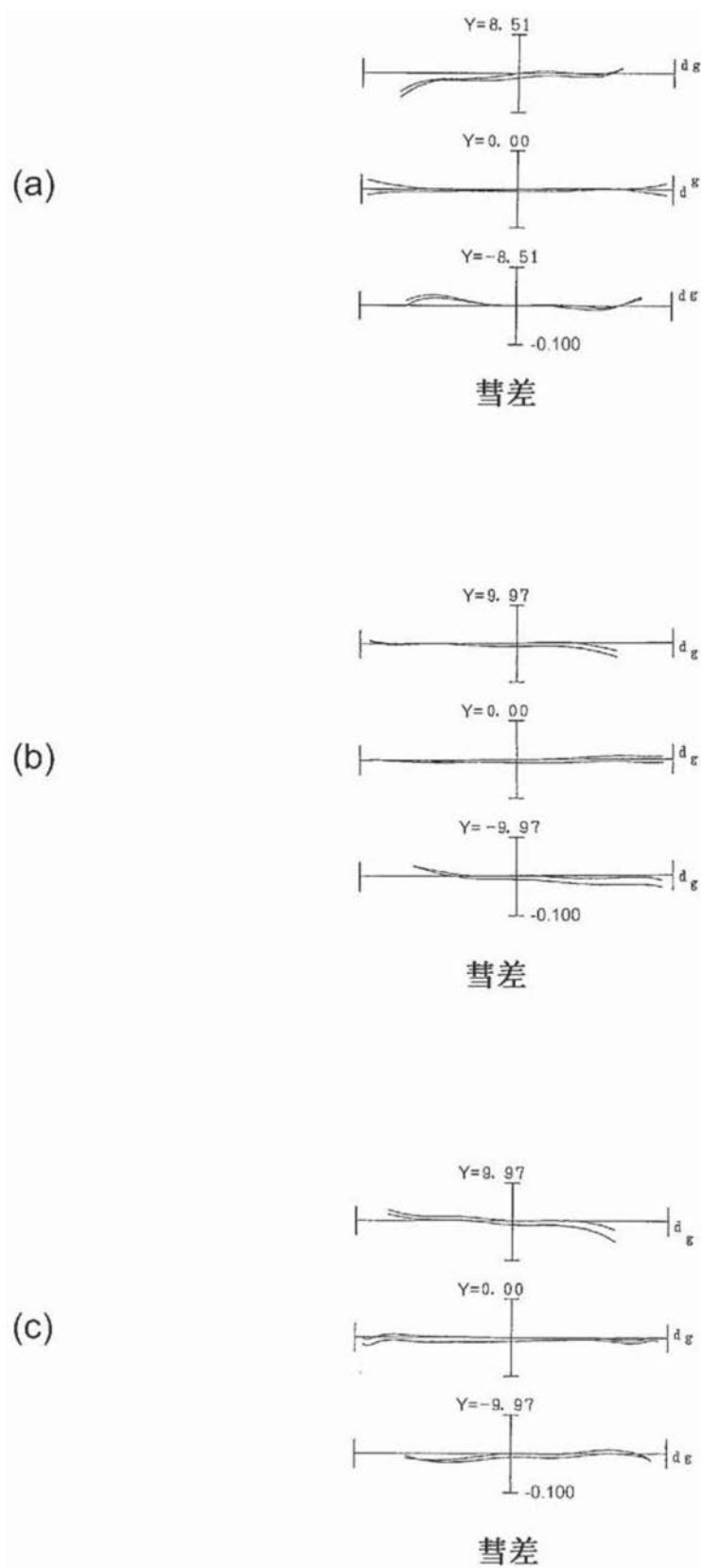


图147

(第33实施例)

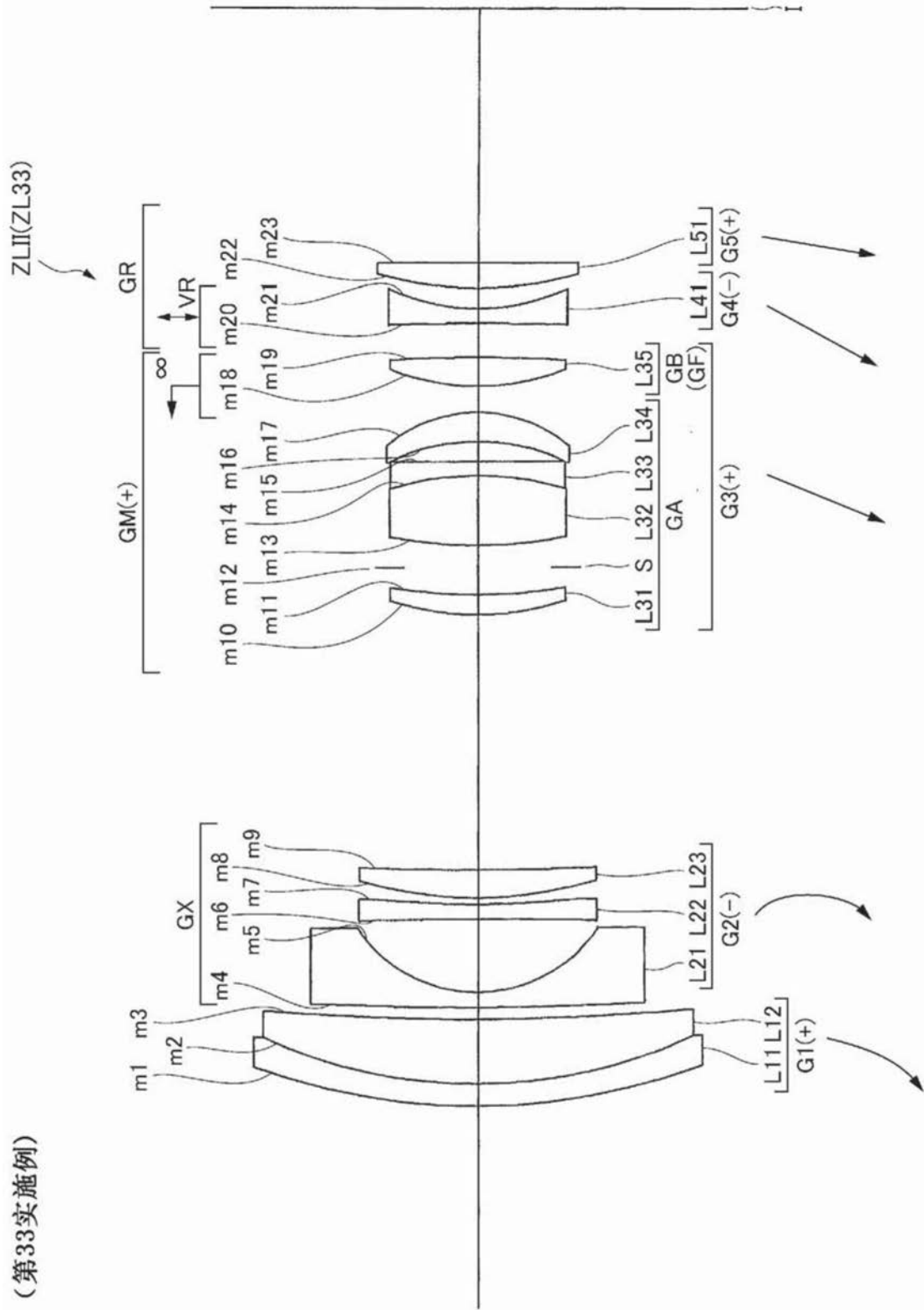


图148

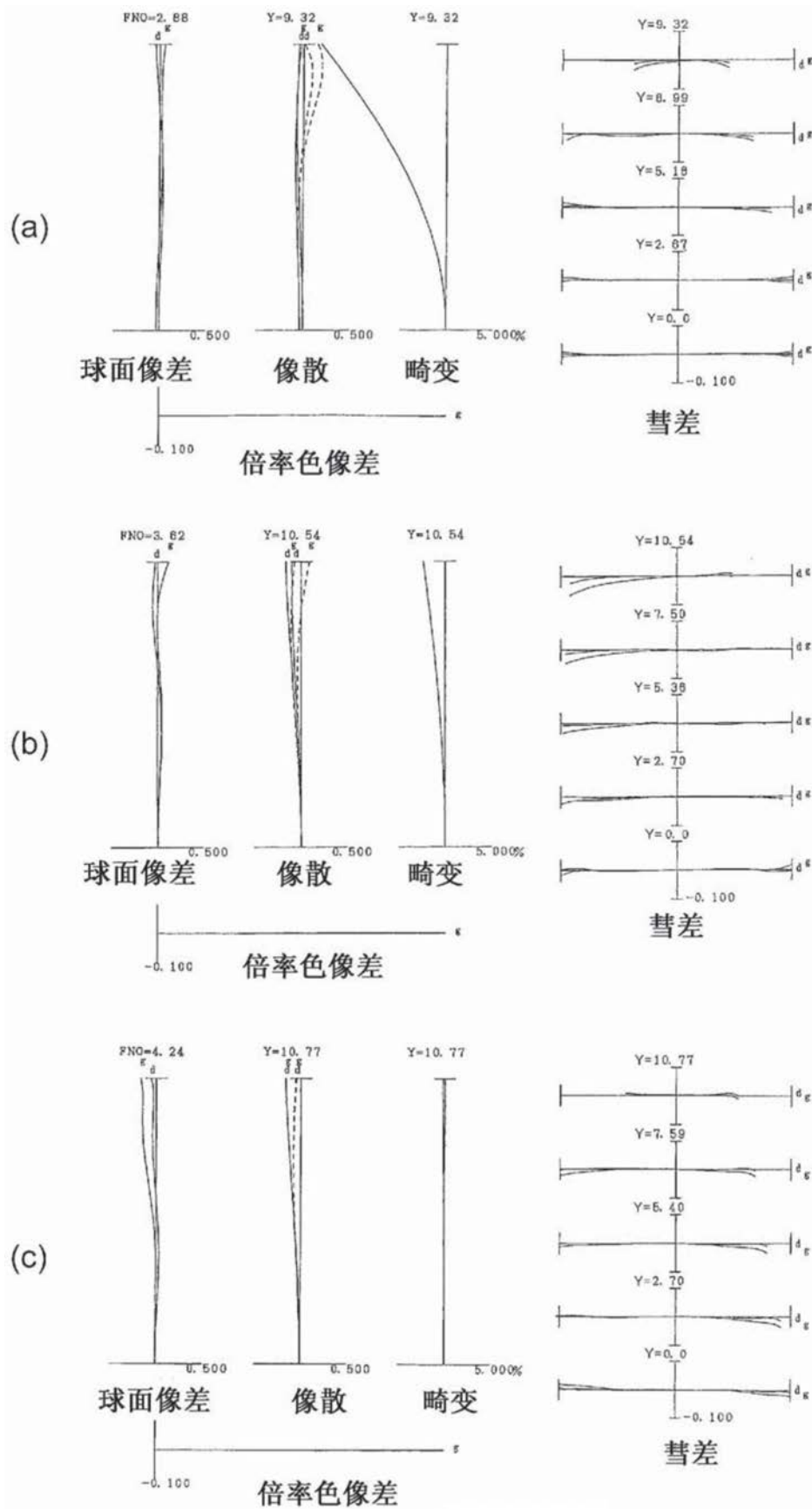


图149

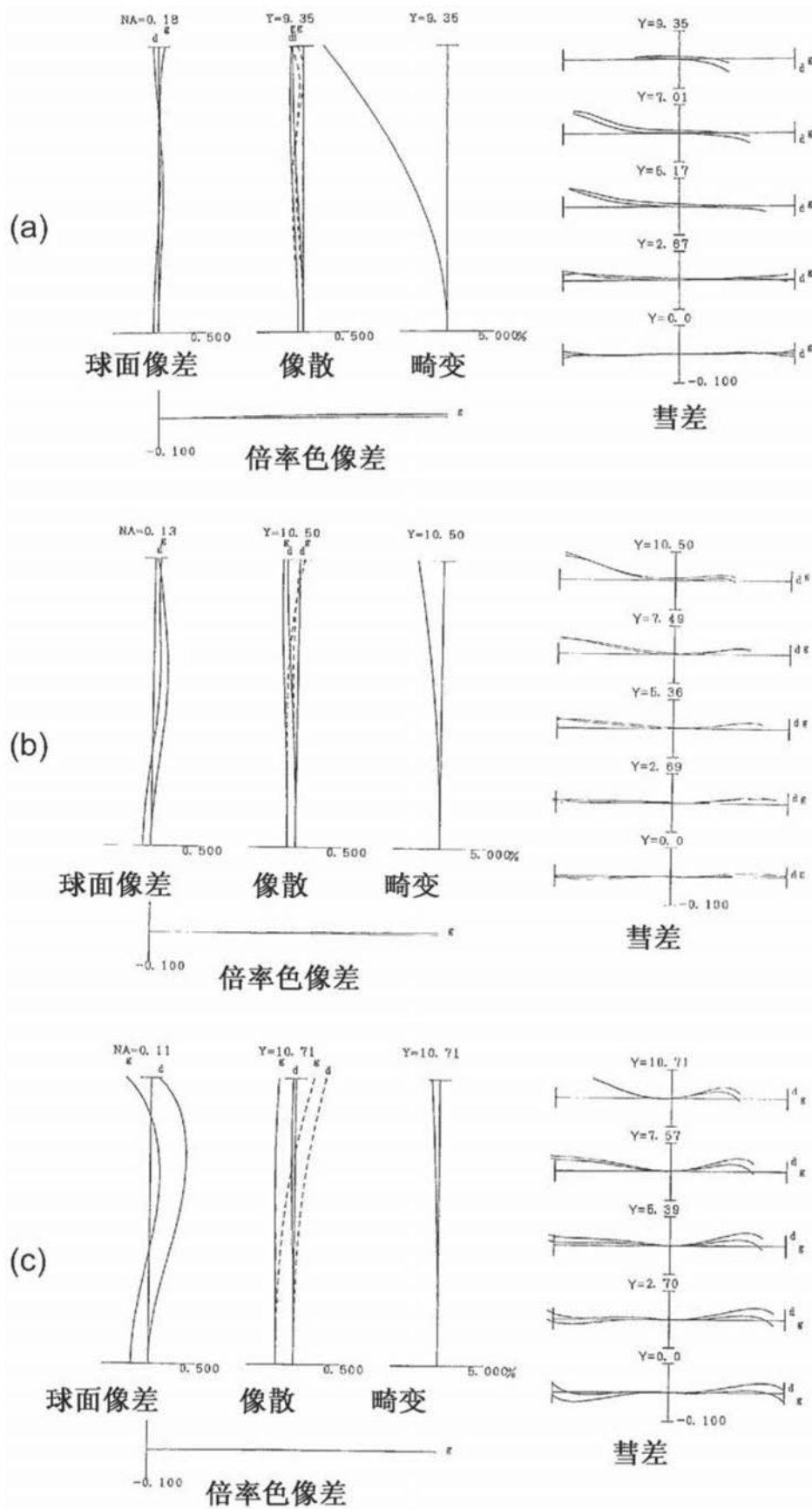


图150

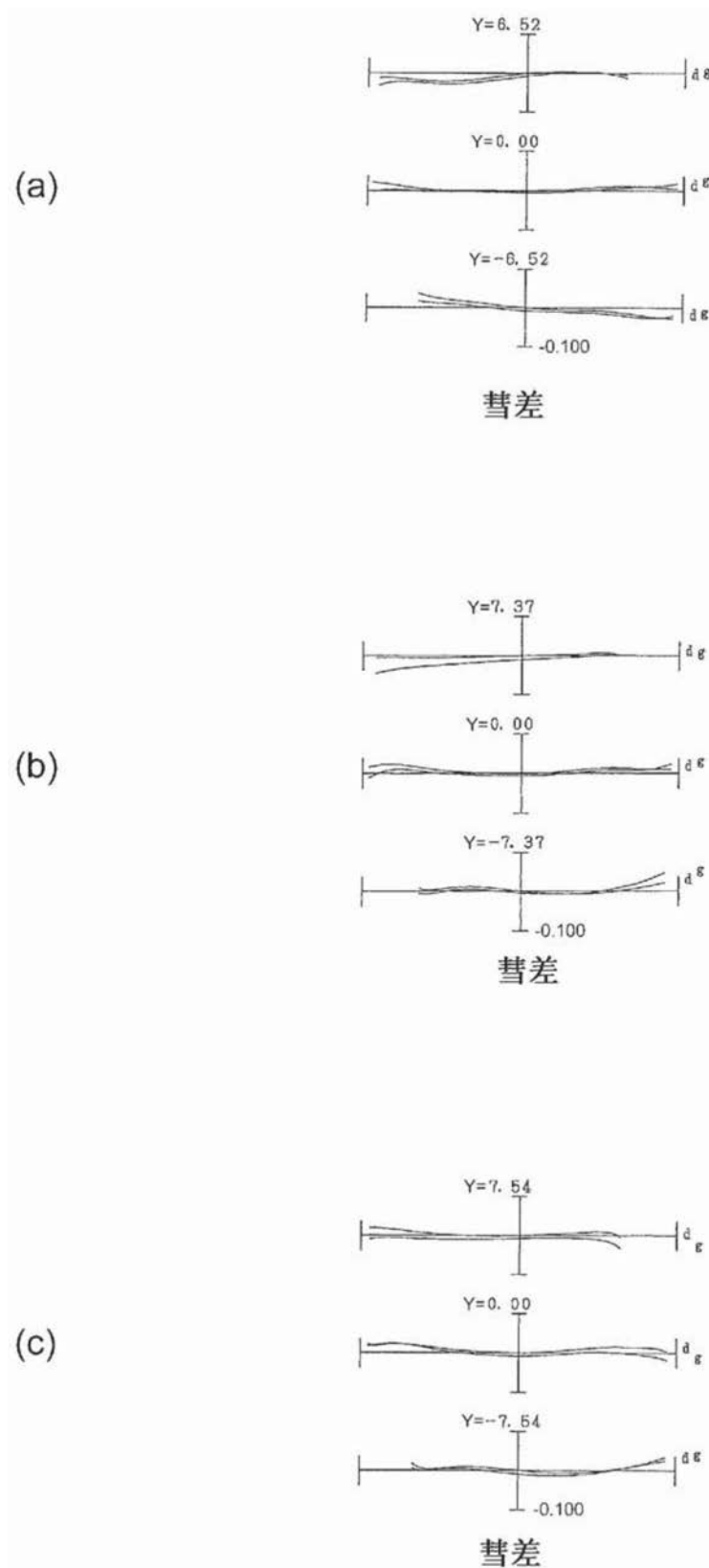


图151

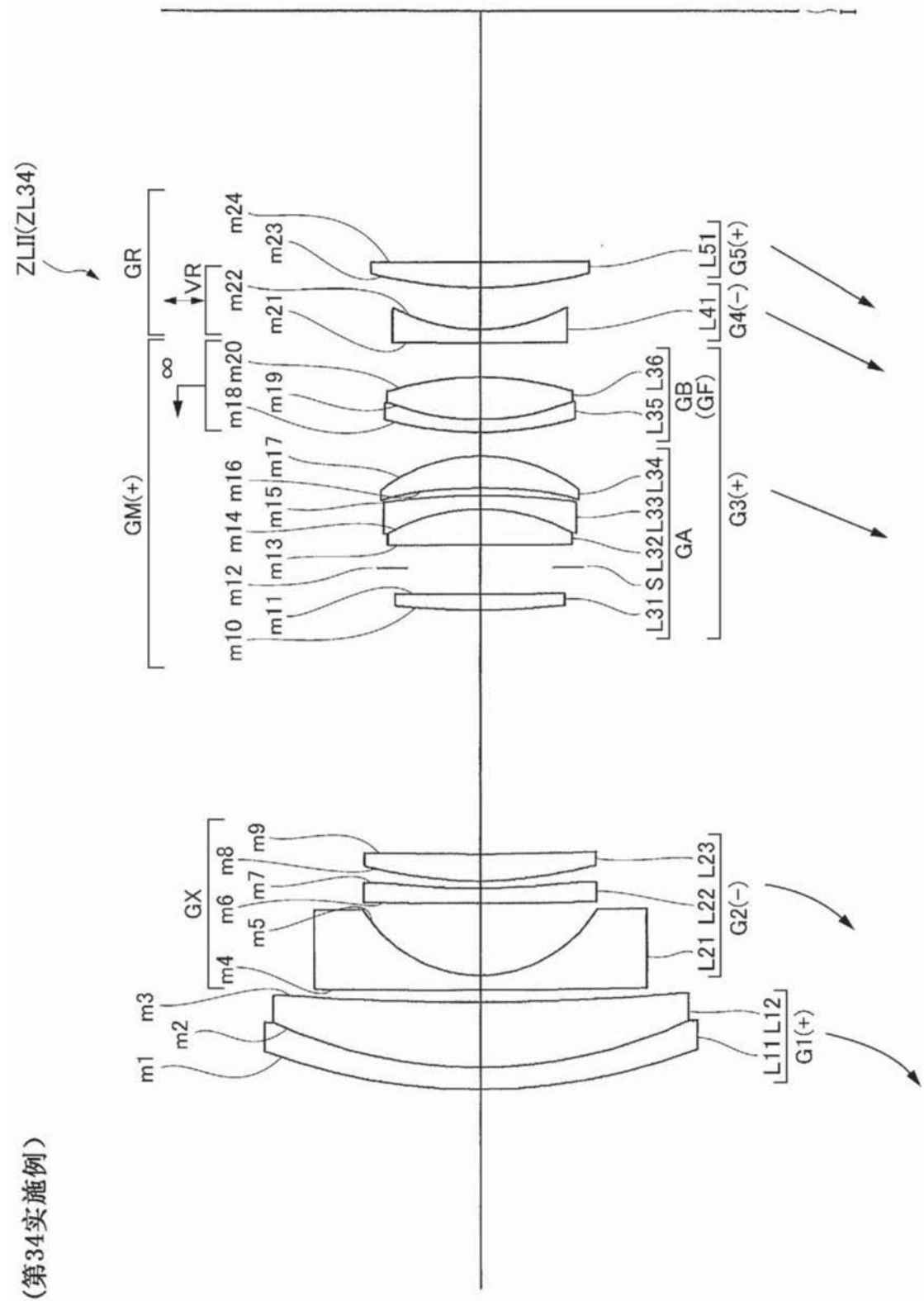


图152

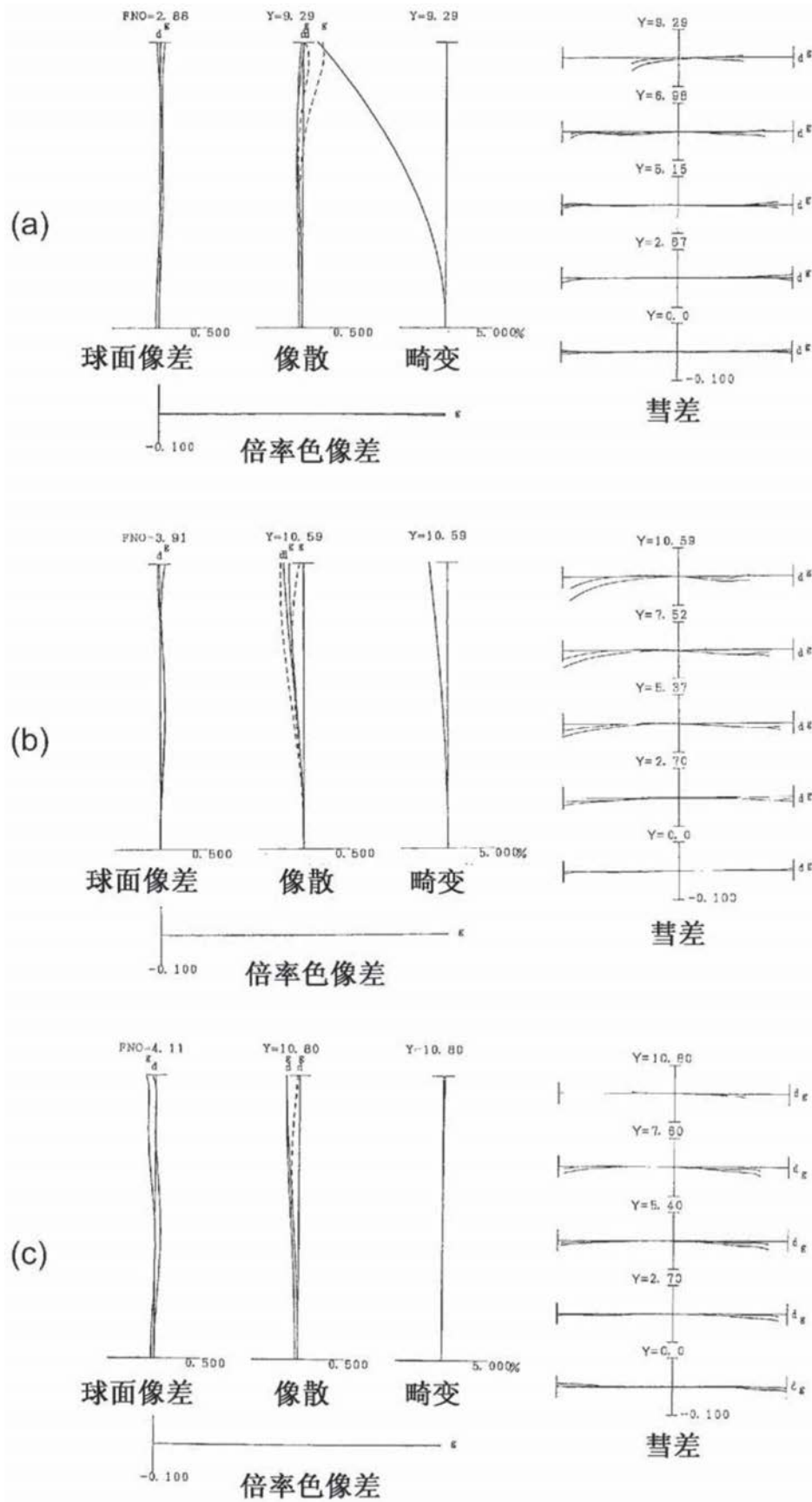


图153

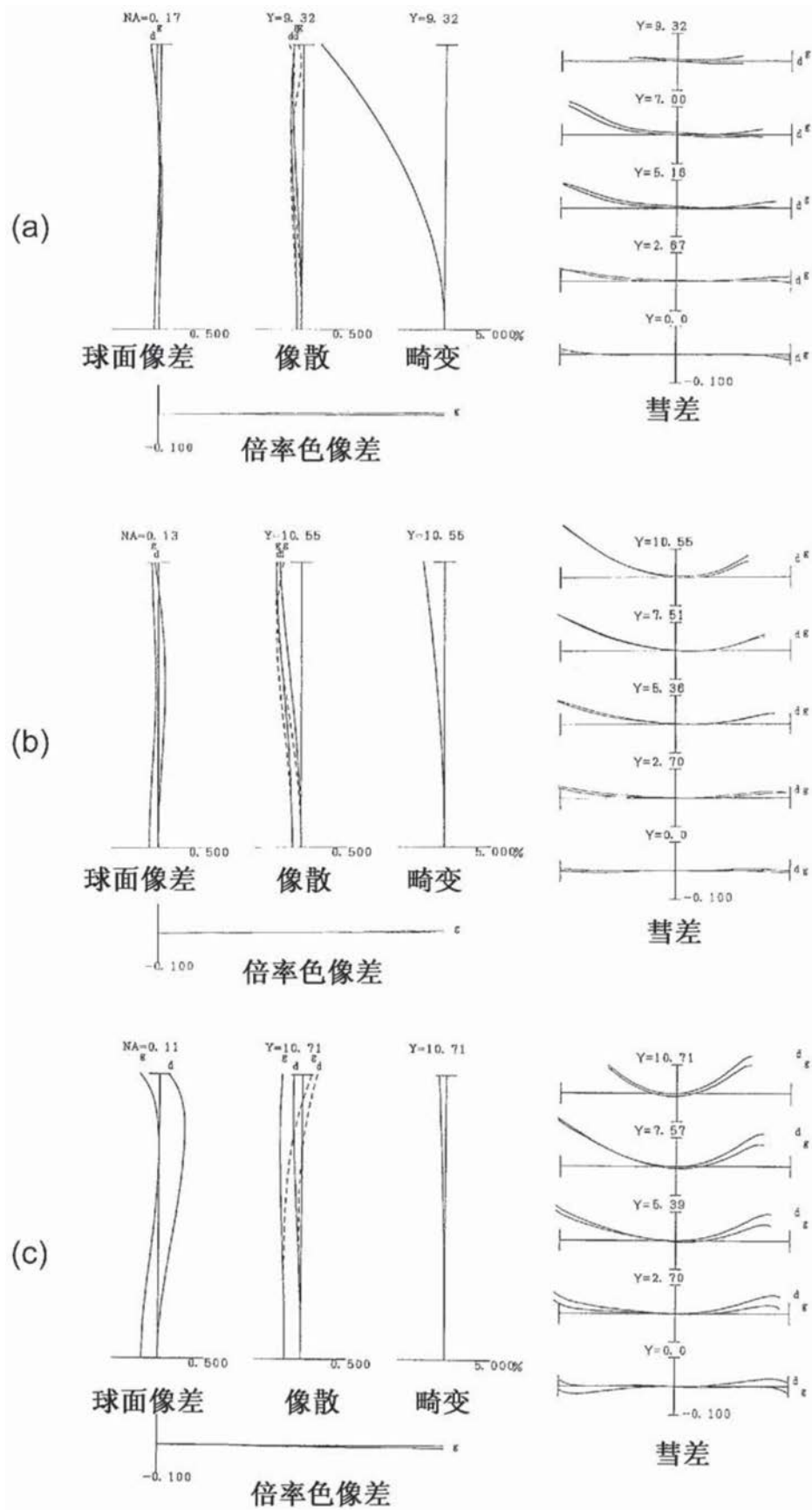


图154

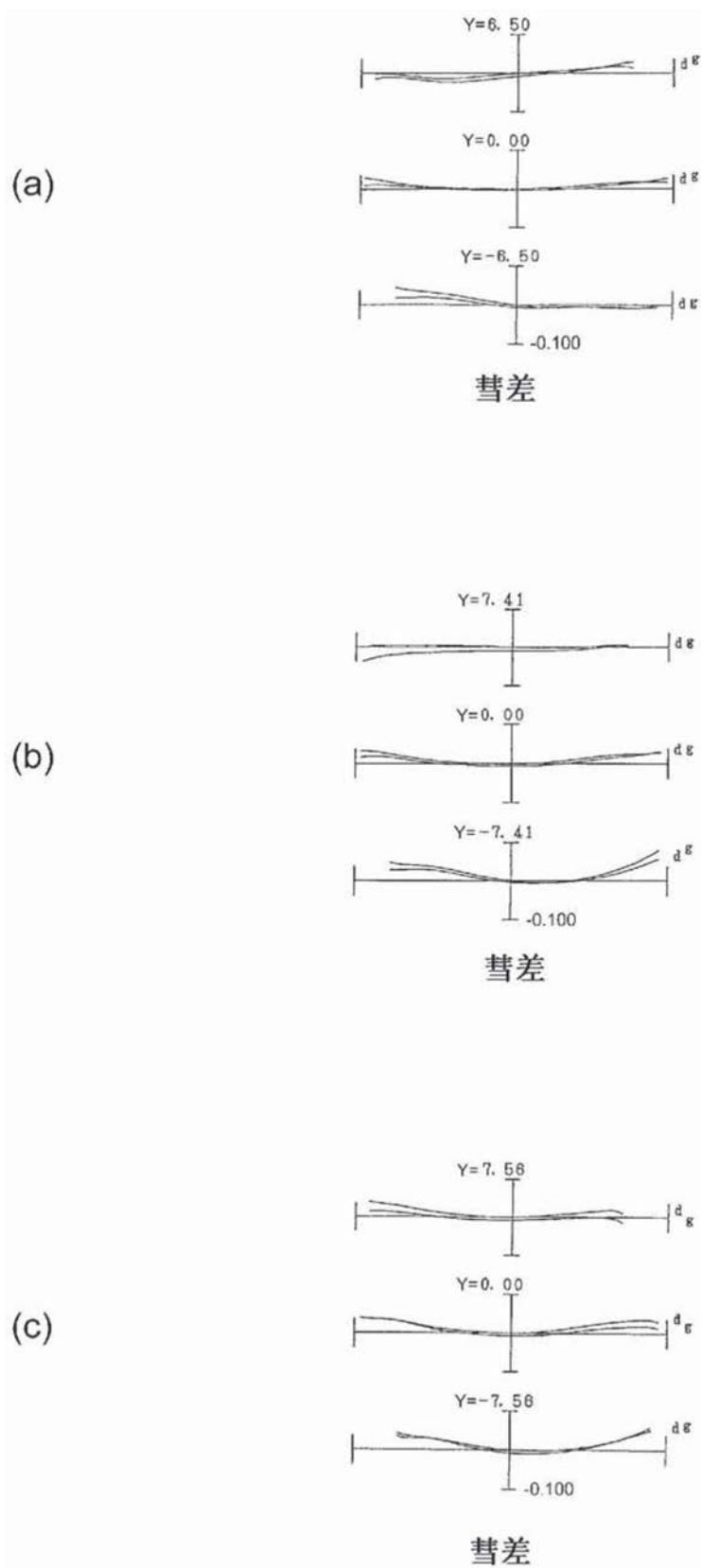


图155

(第35实施例)

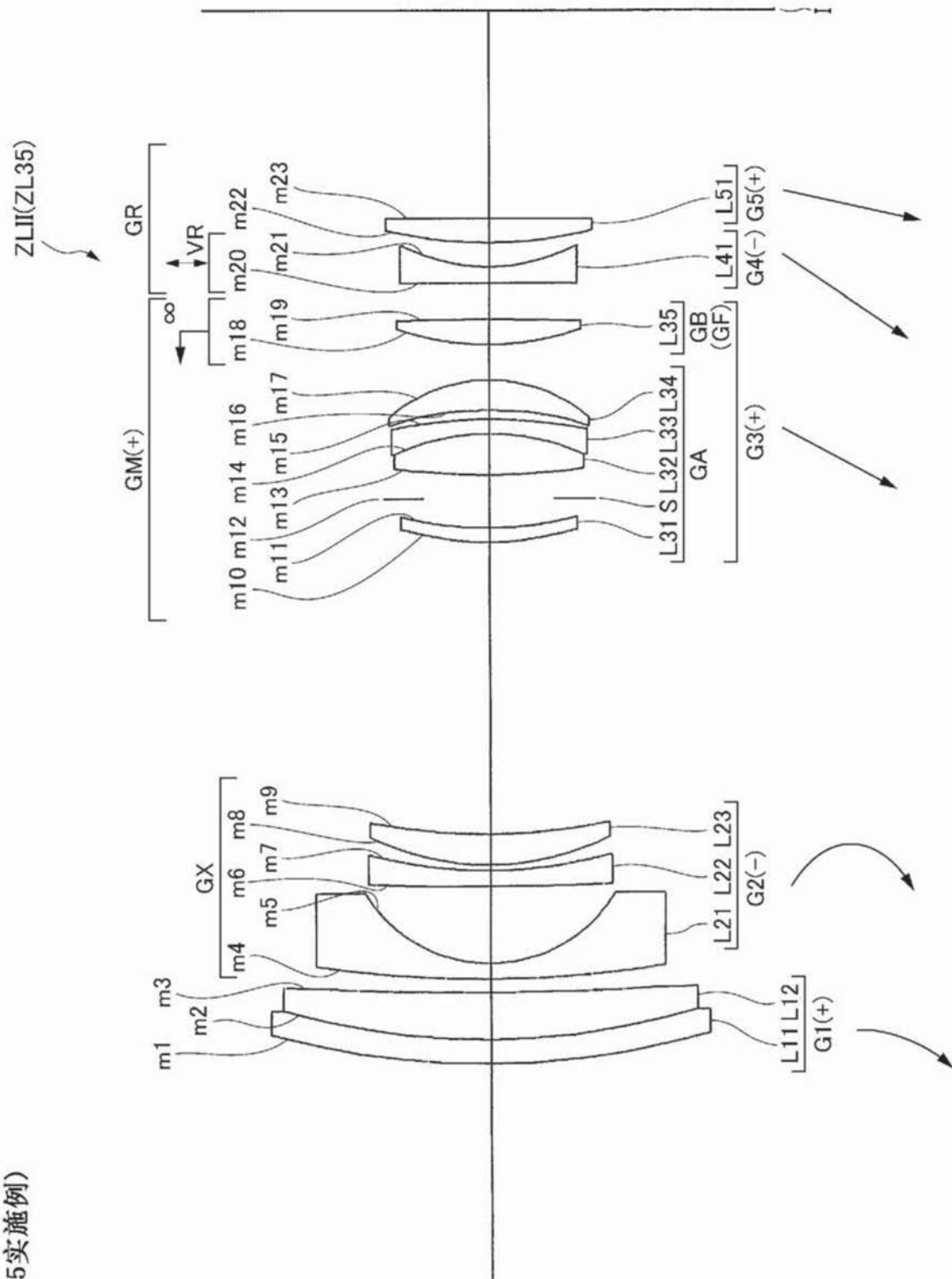


图156

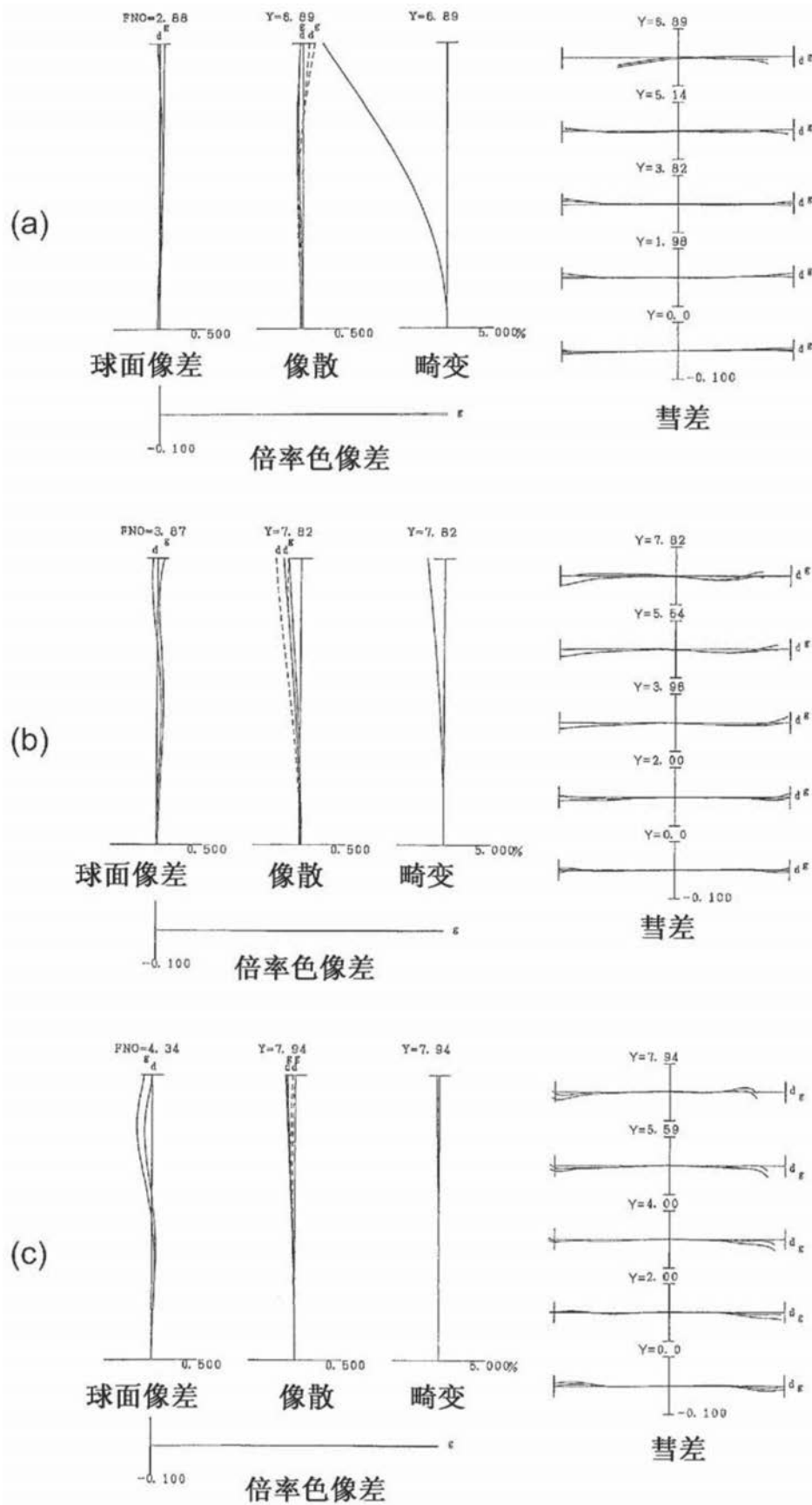


图157

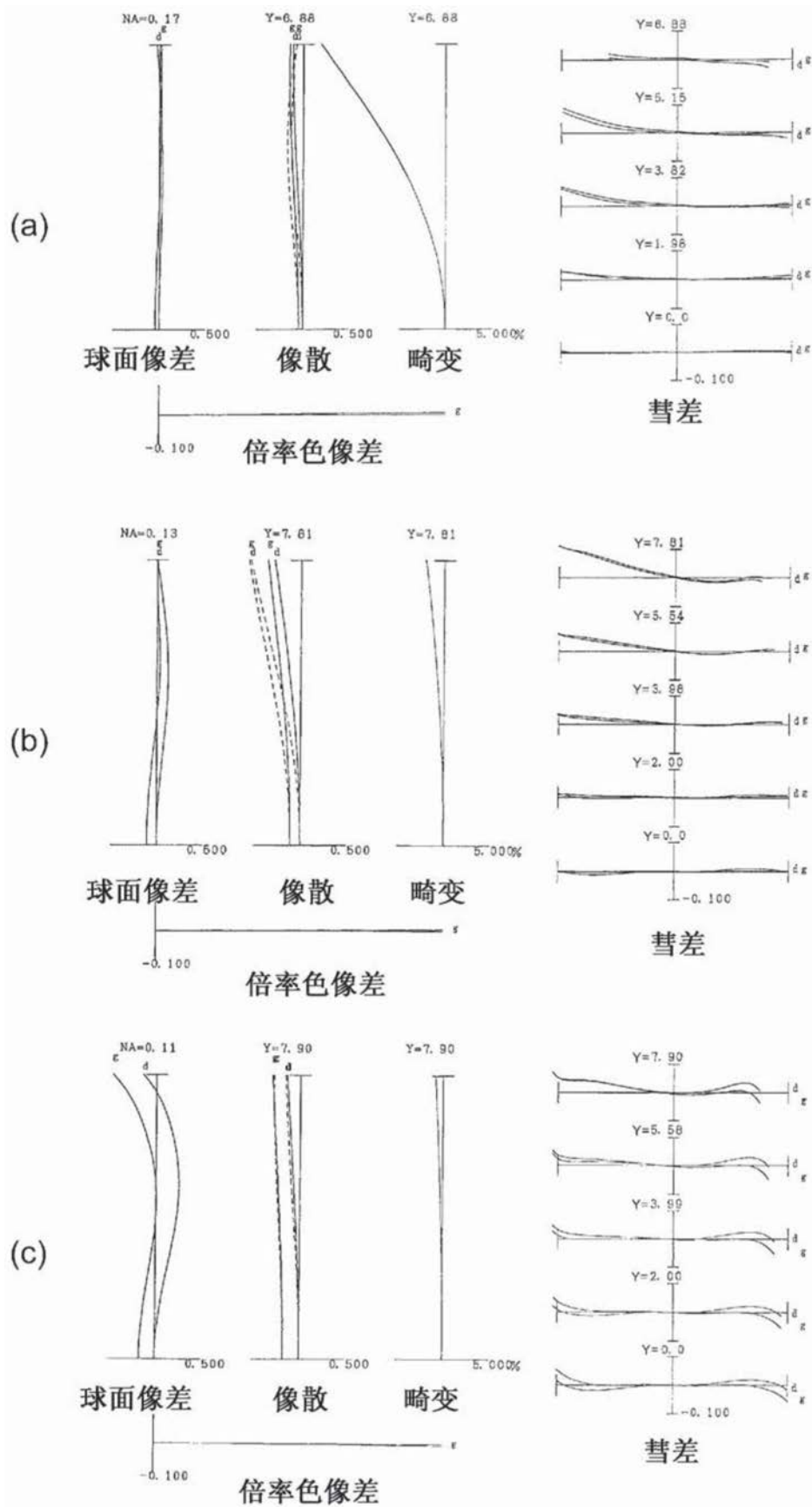


图158

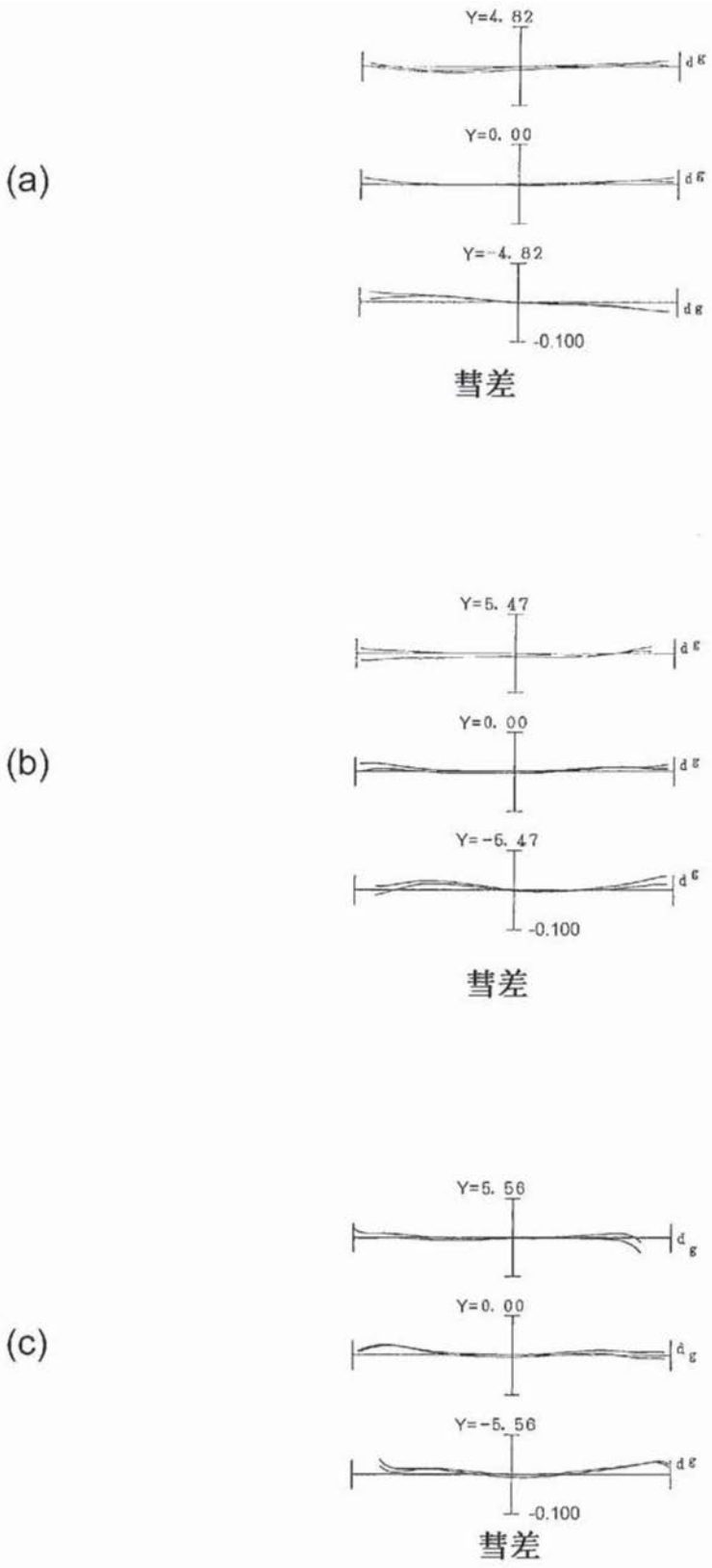


图159

(第36实施例)

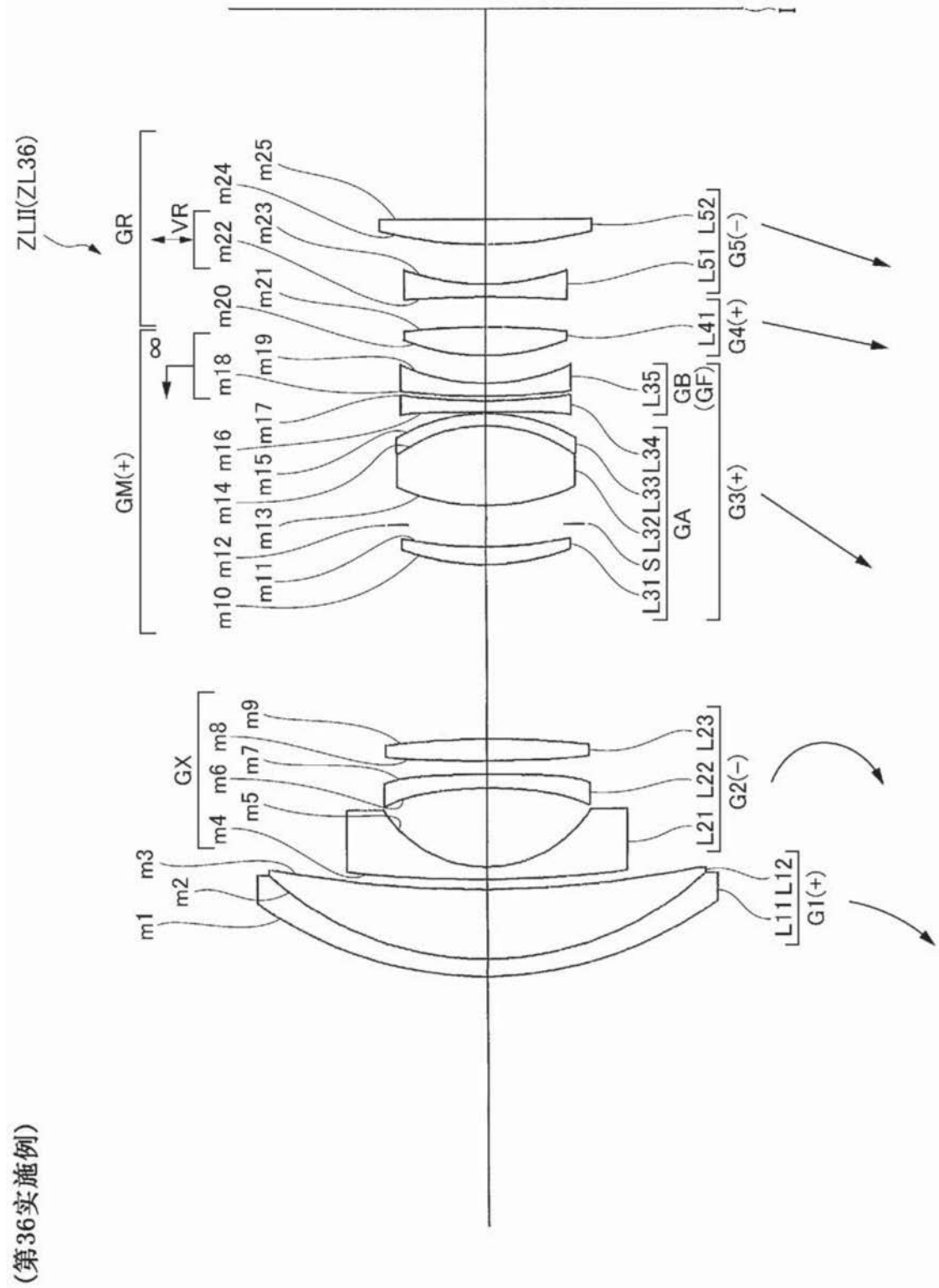


图160

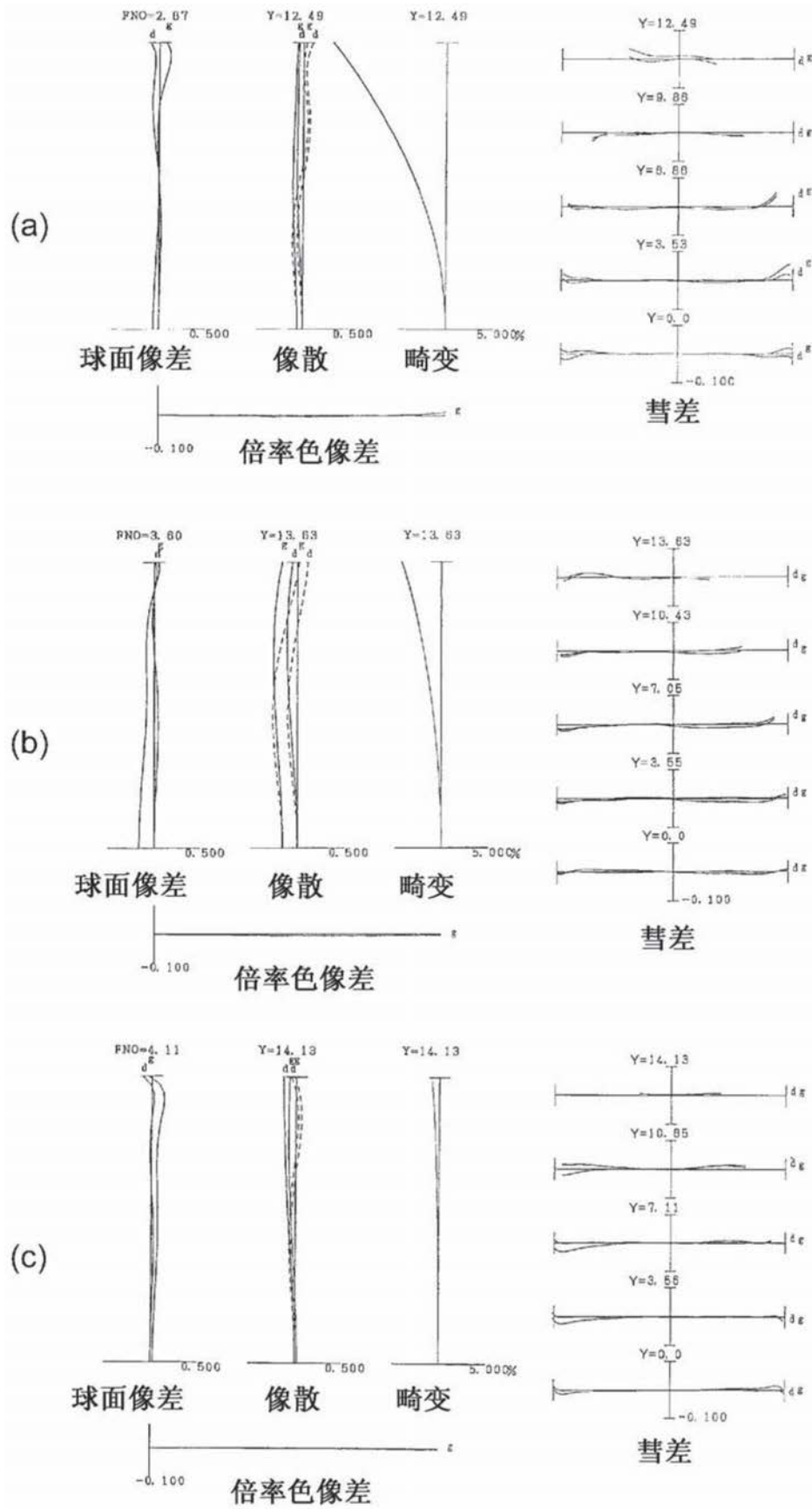


图161

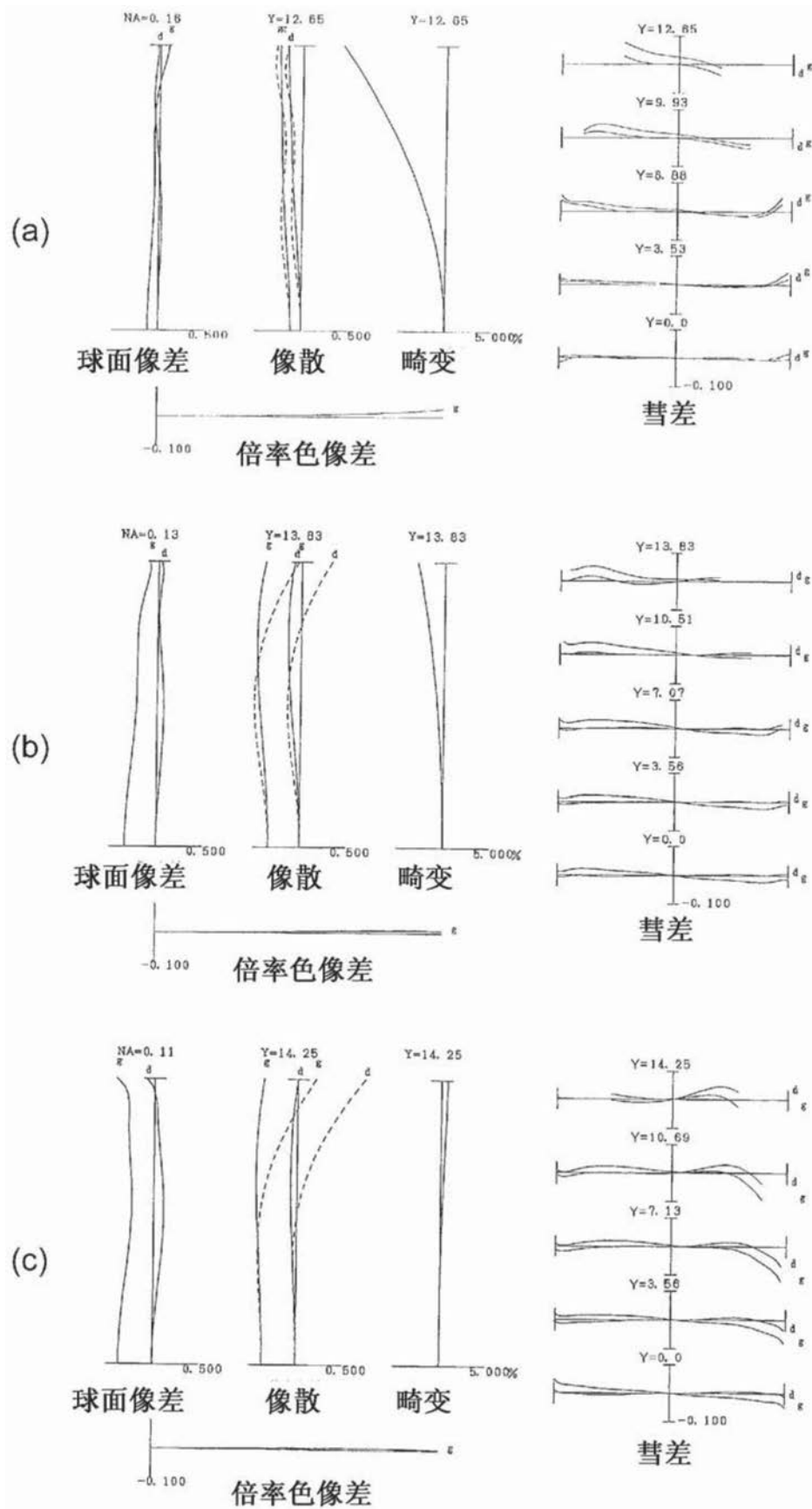


图162

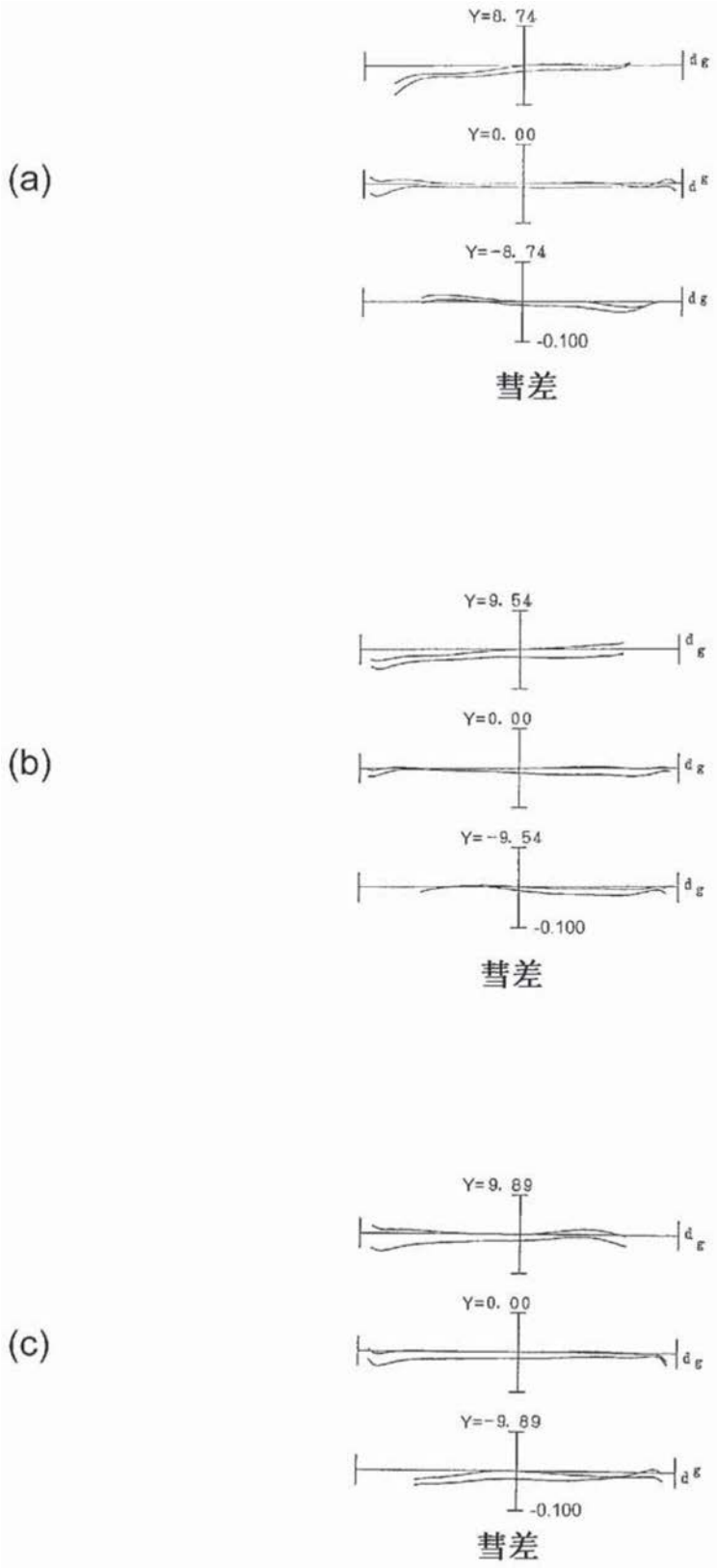


图163

(第37实施例)

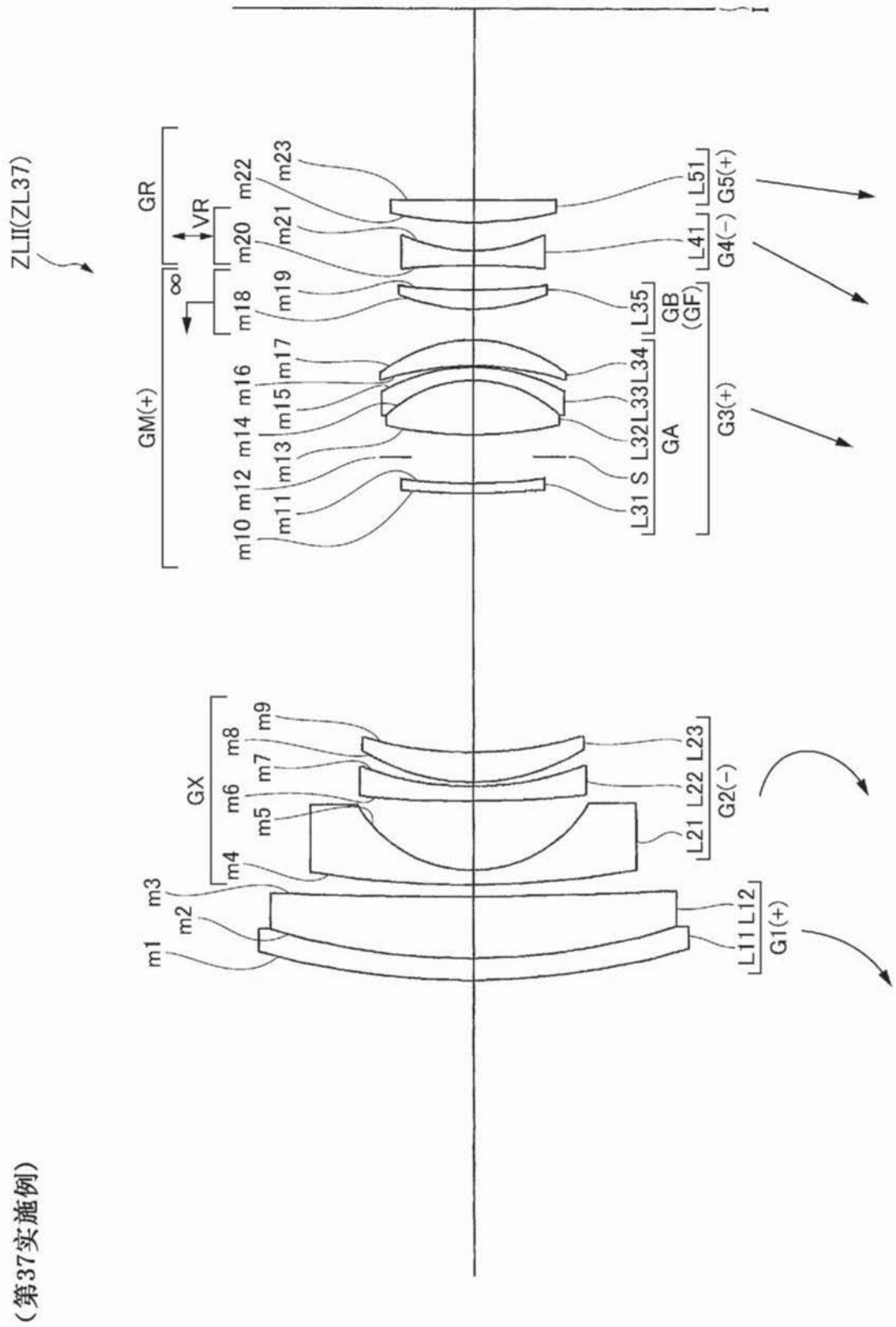


图164

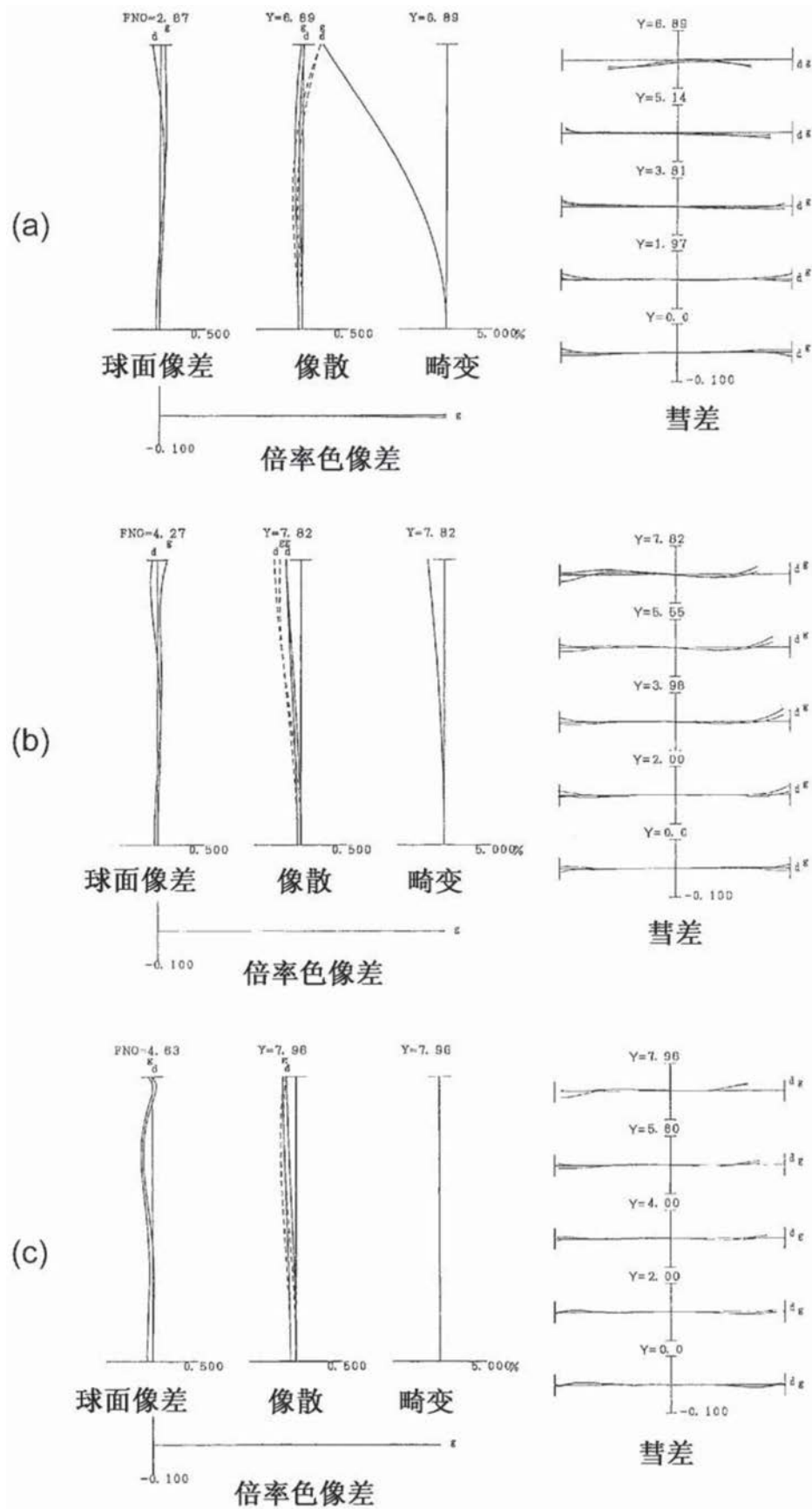


图165

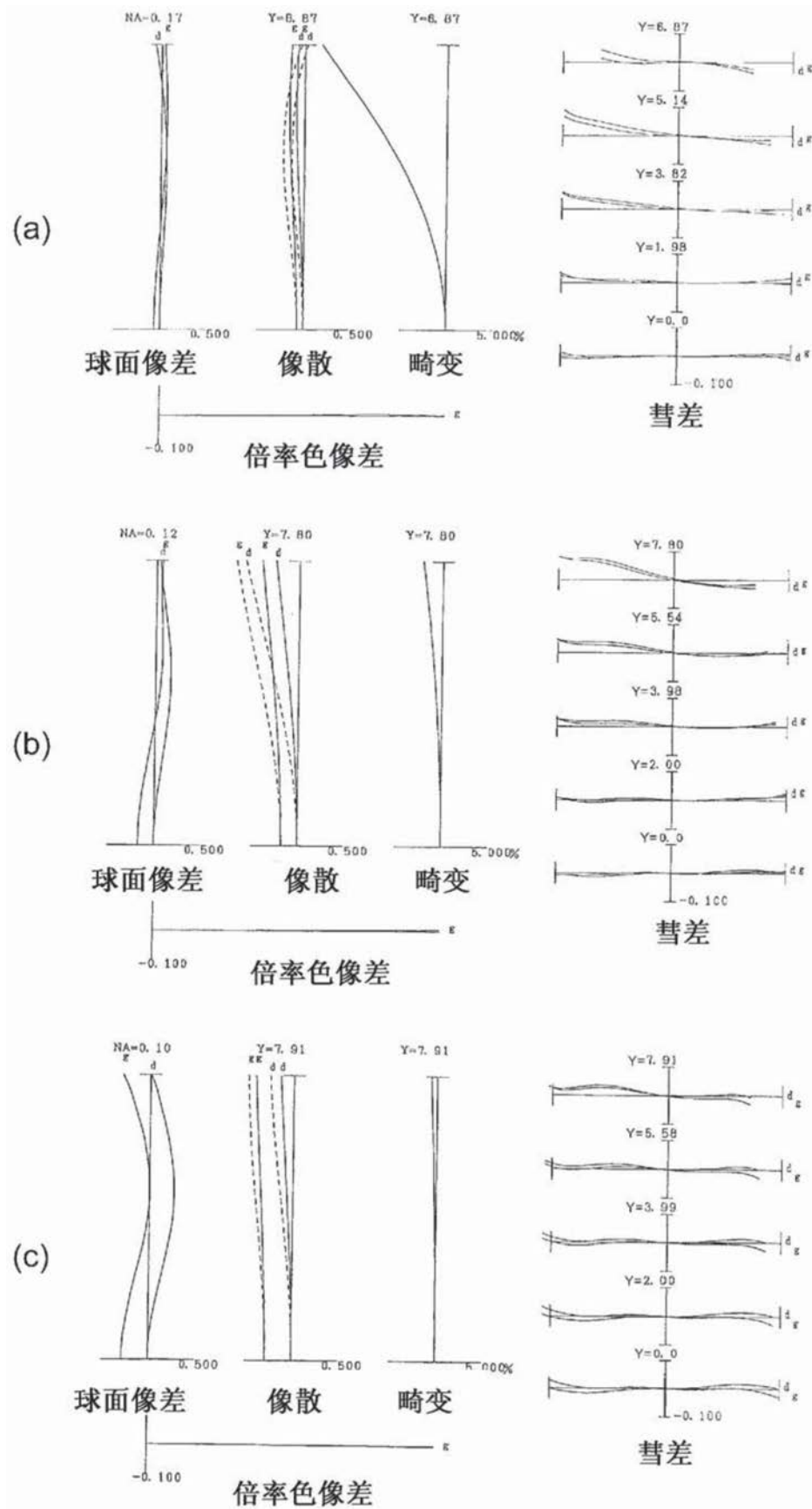


图166

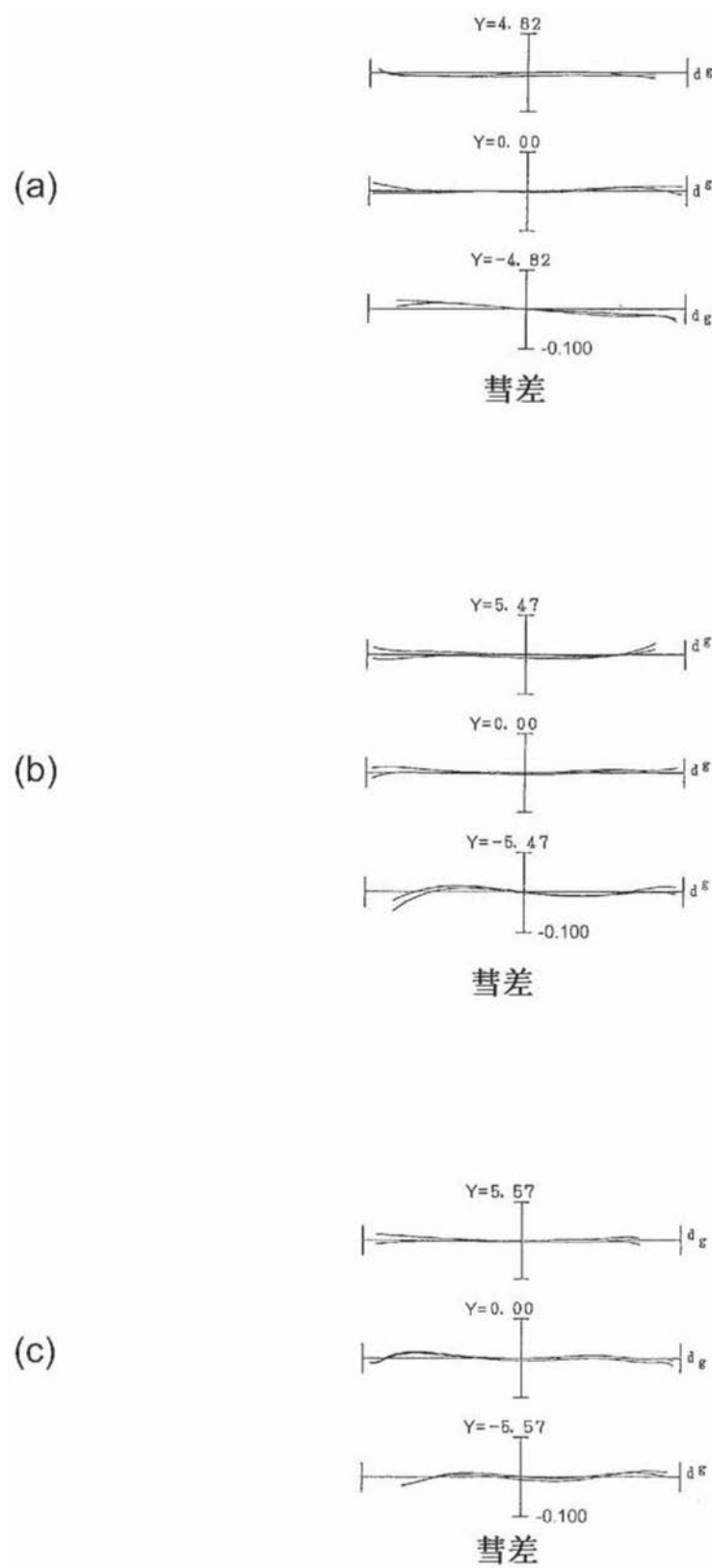


图167

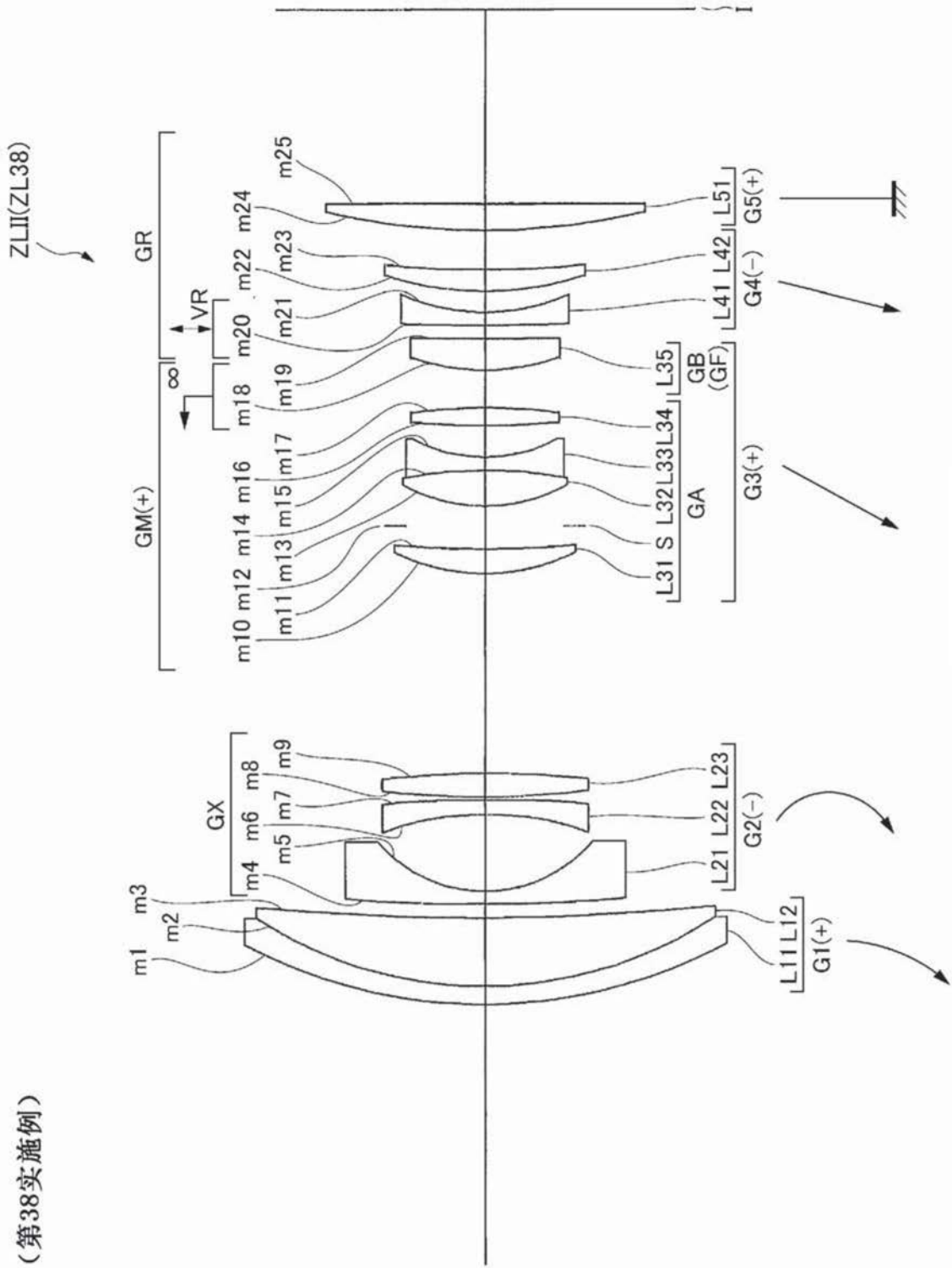


图168

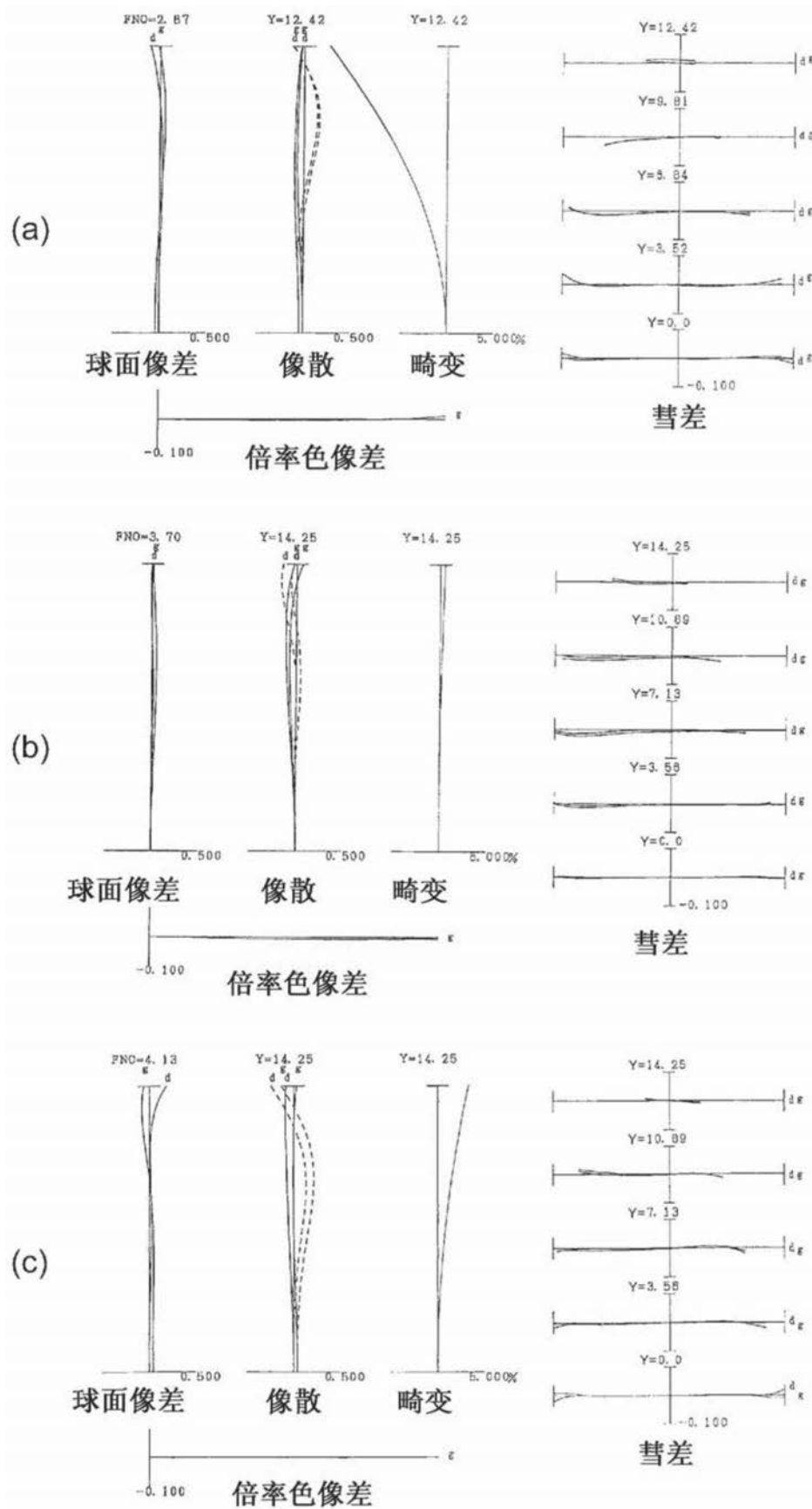


图169

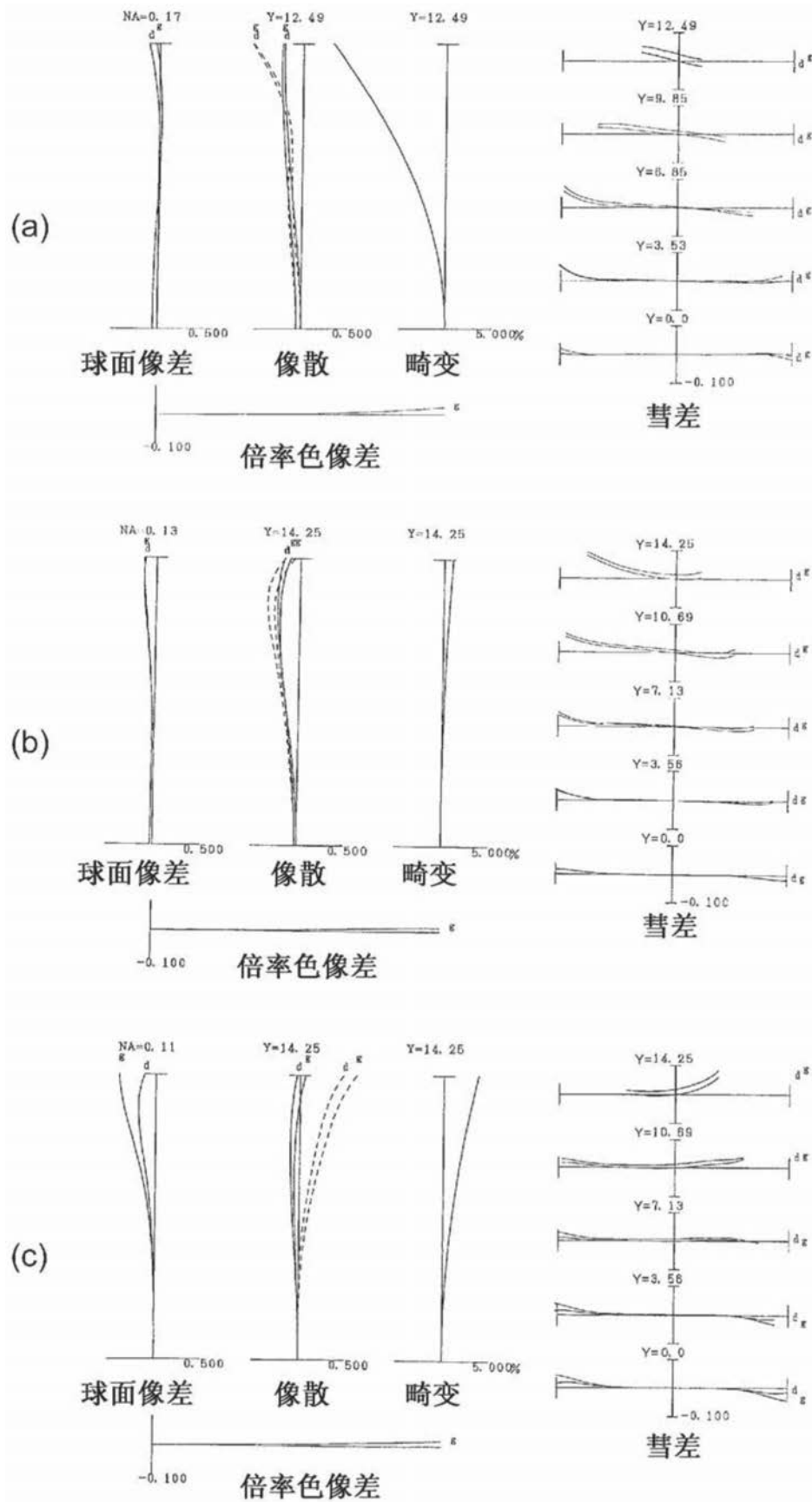


图170

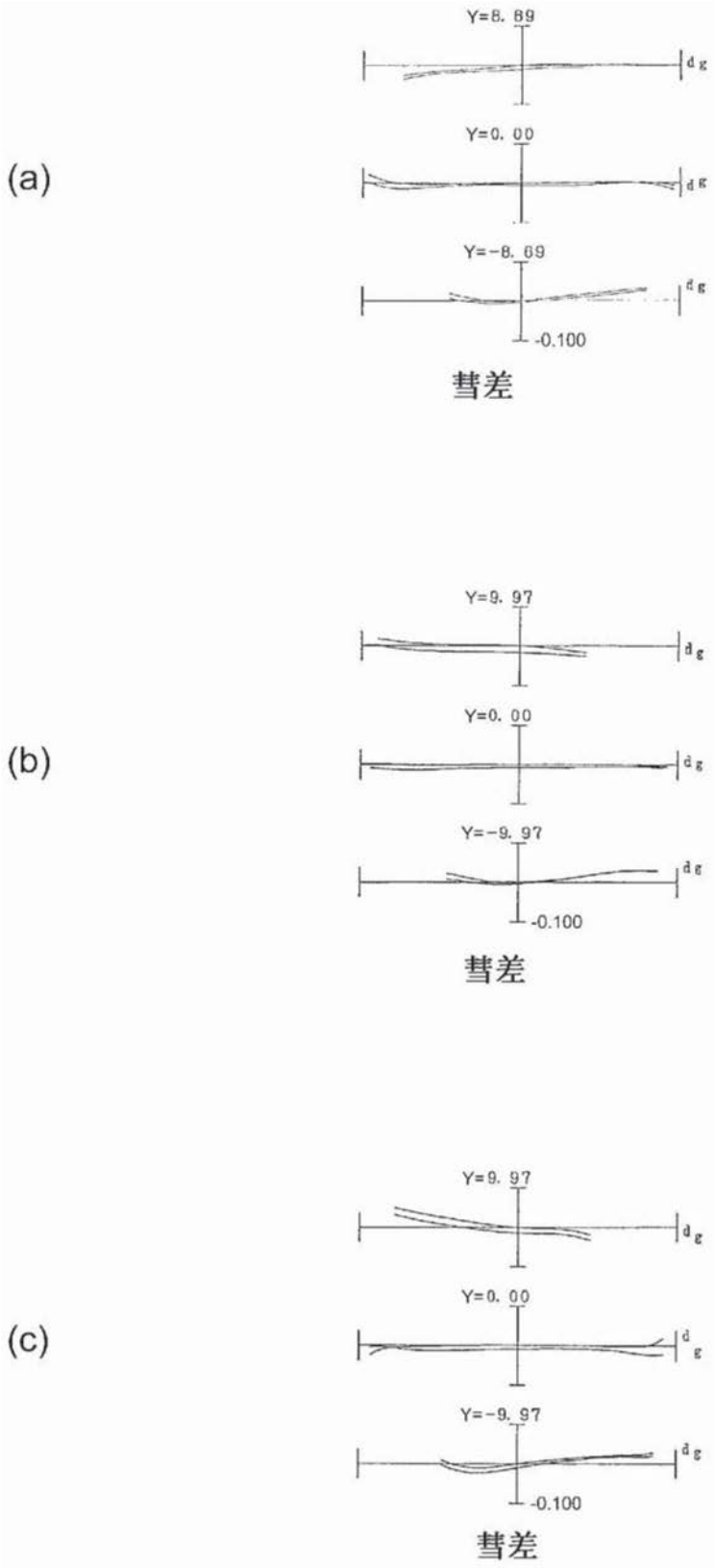


图171

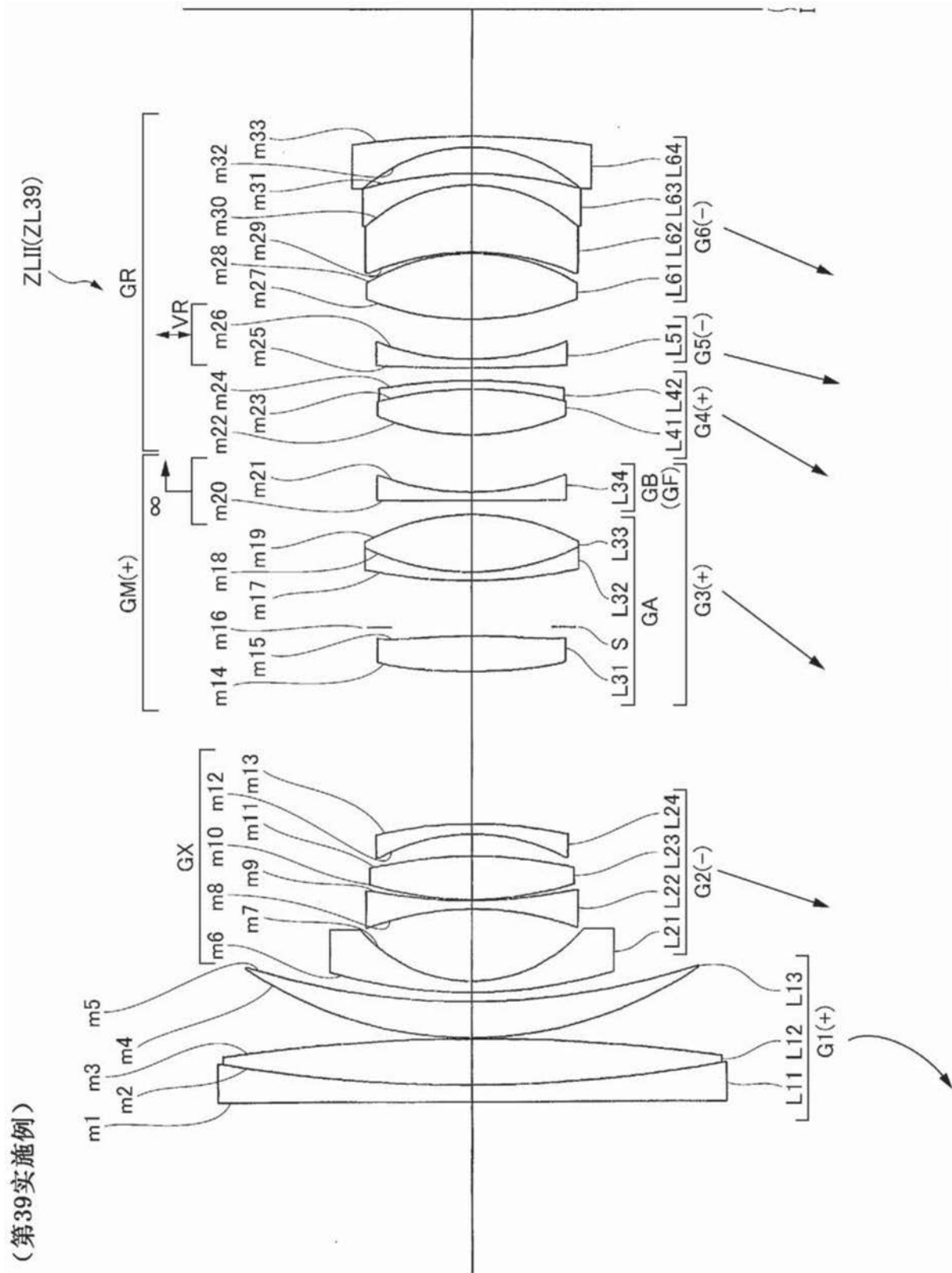


图172

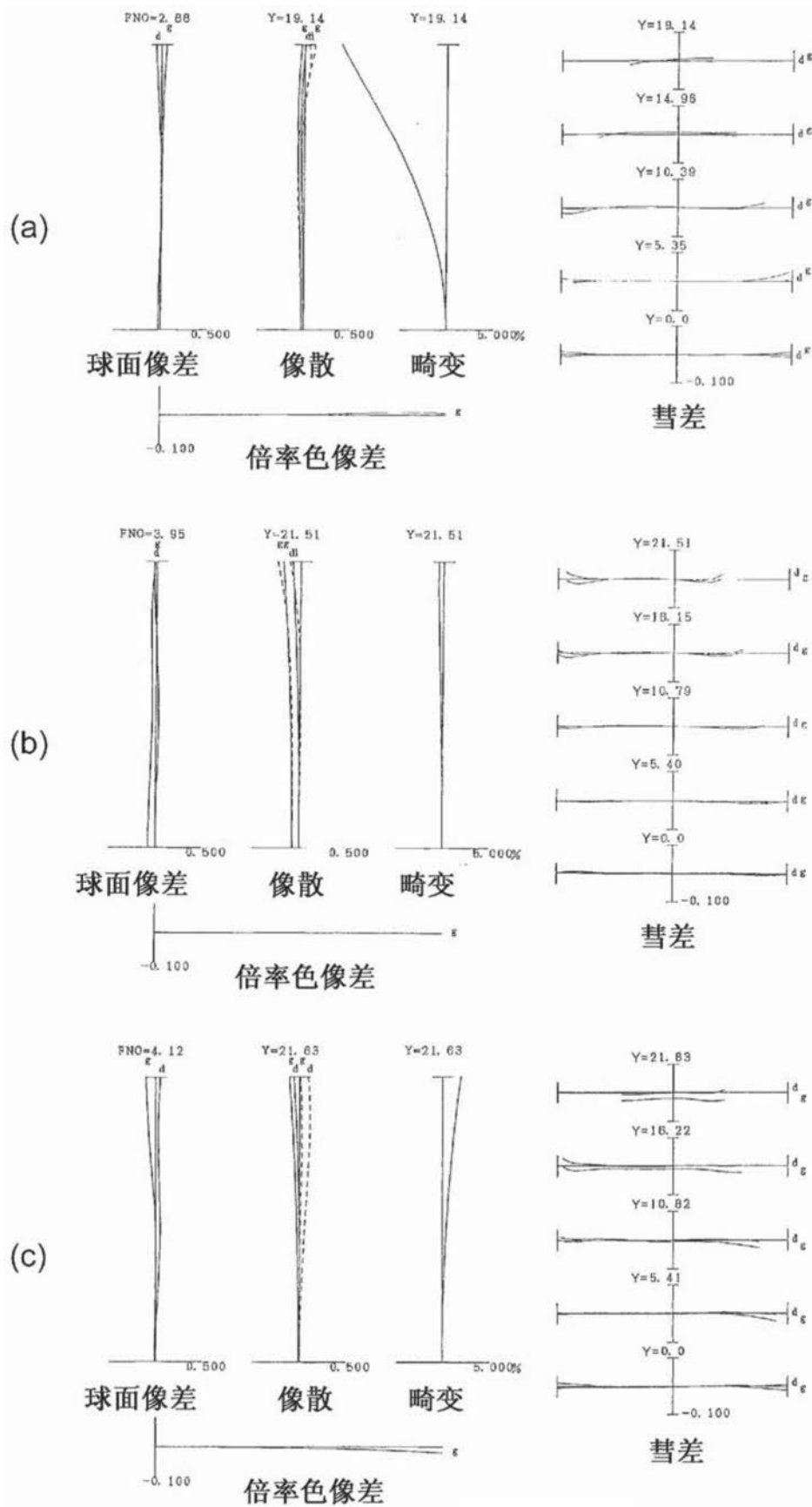


图173

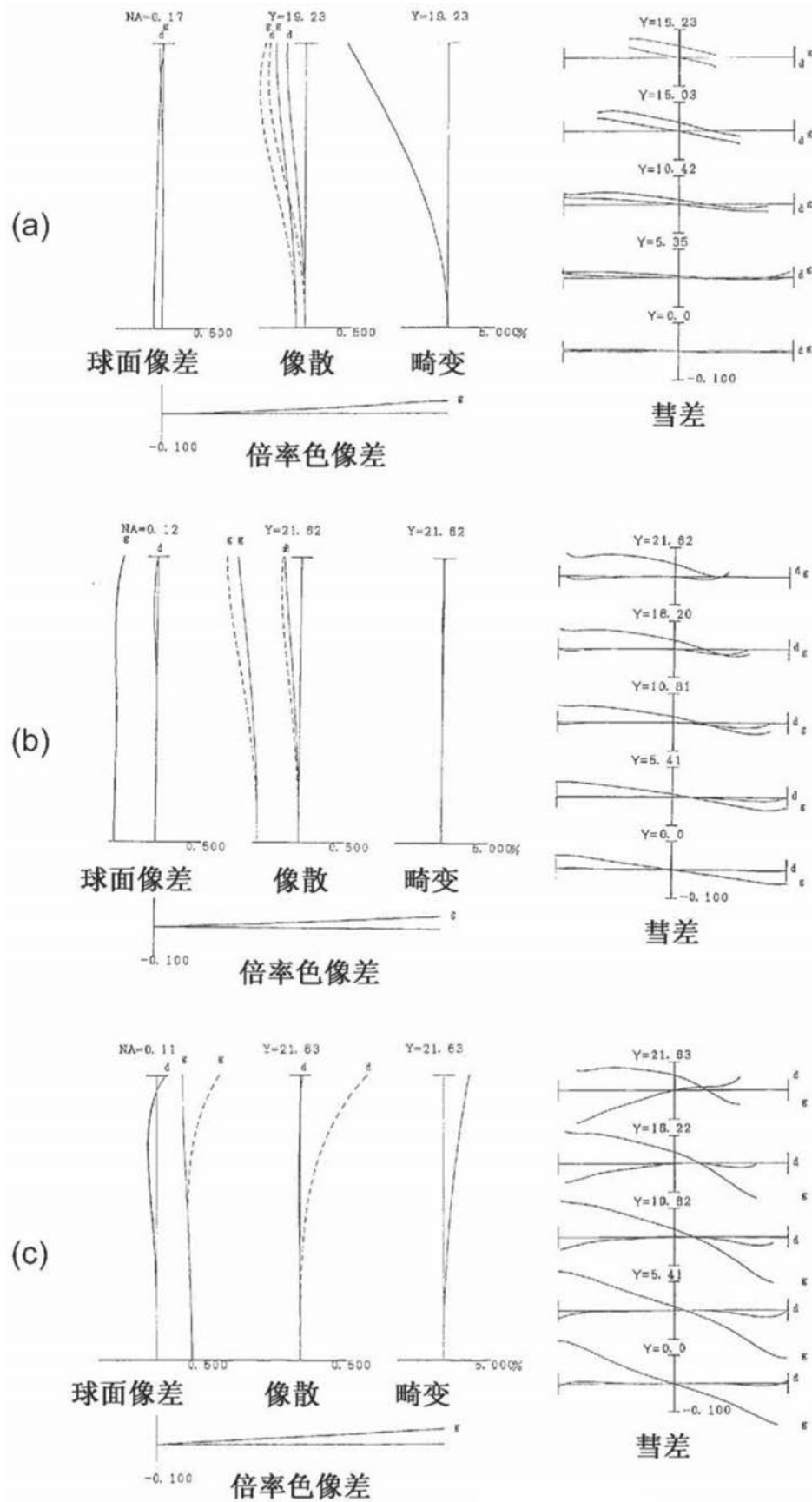


图174

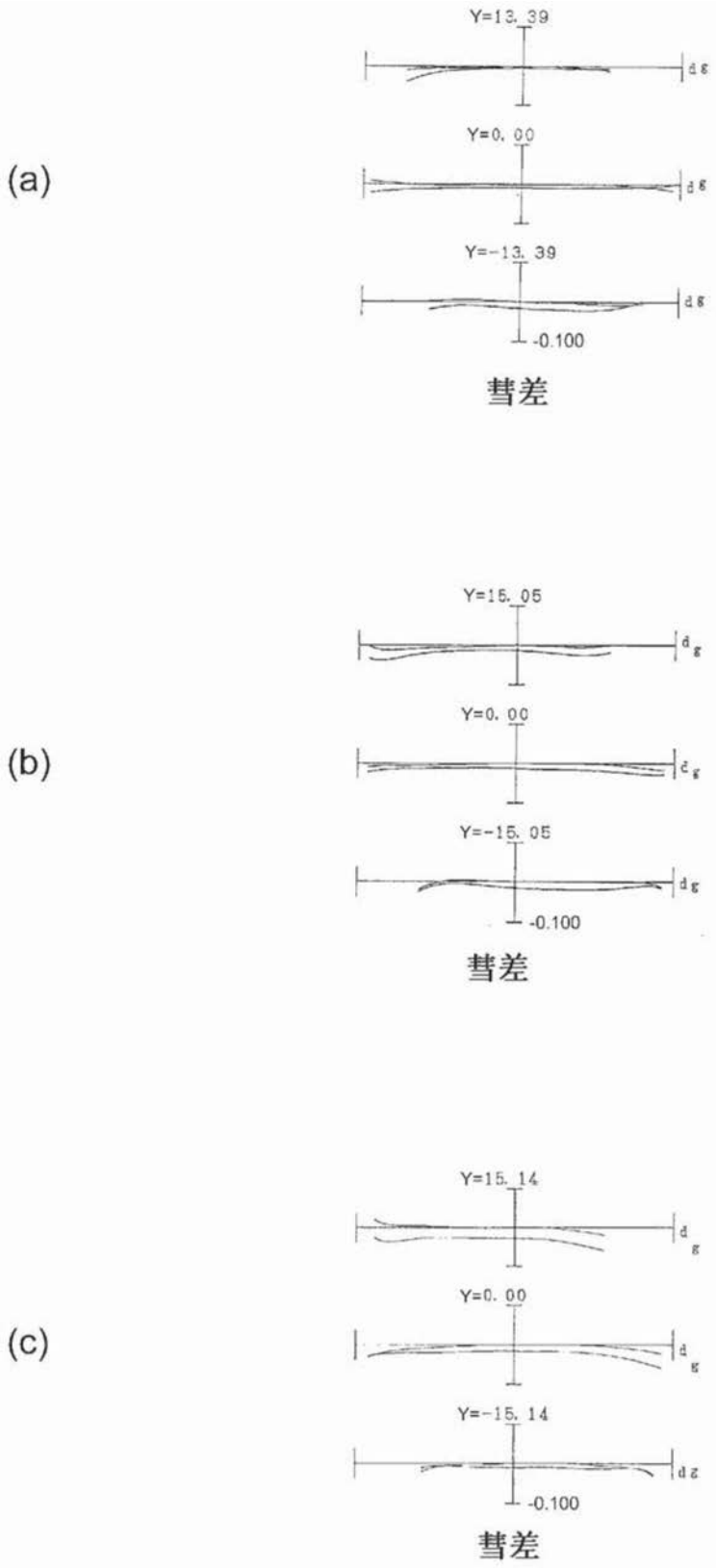


图175

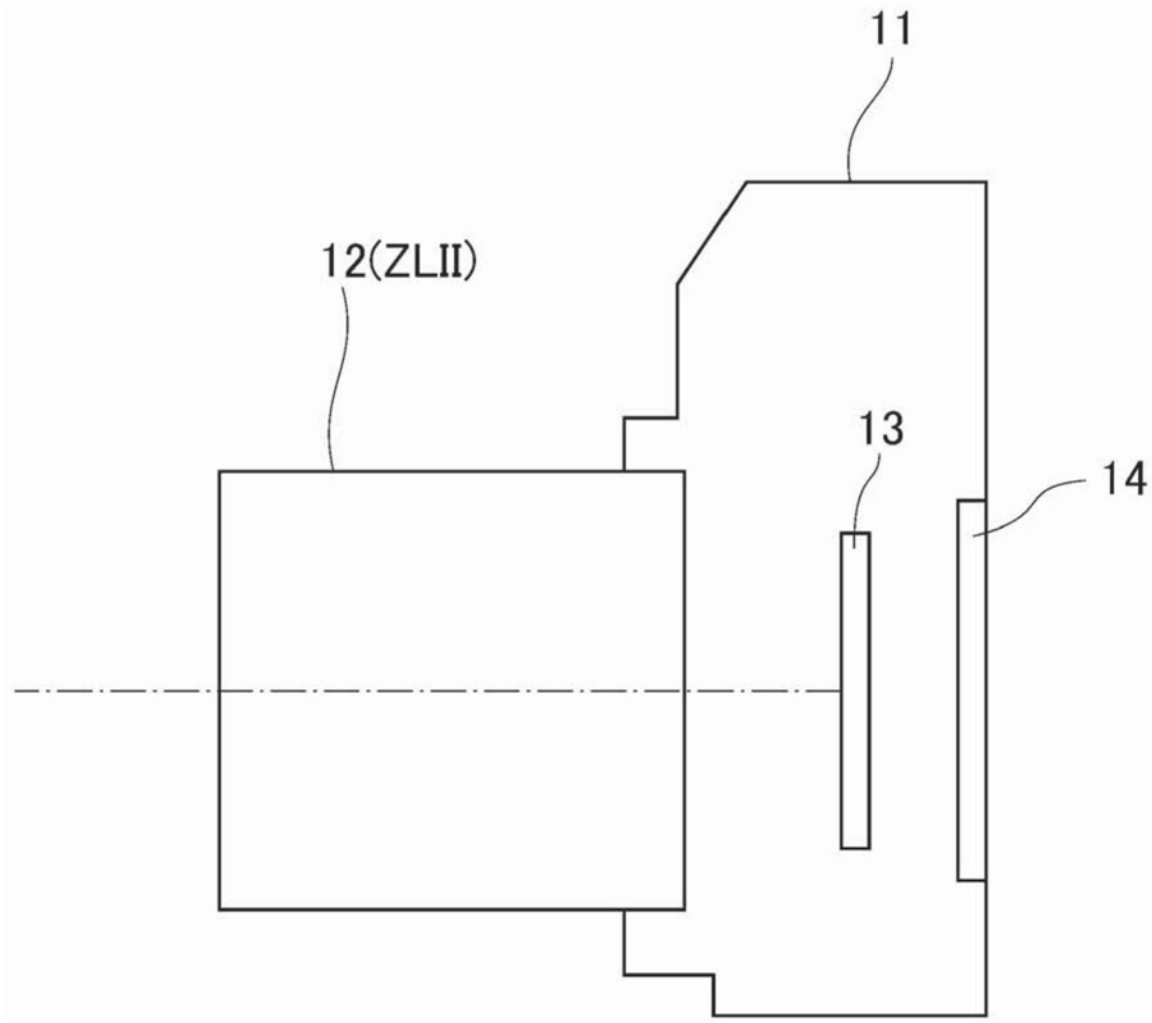


图176

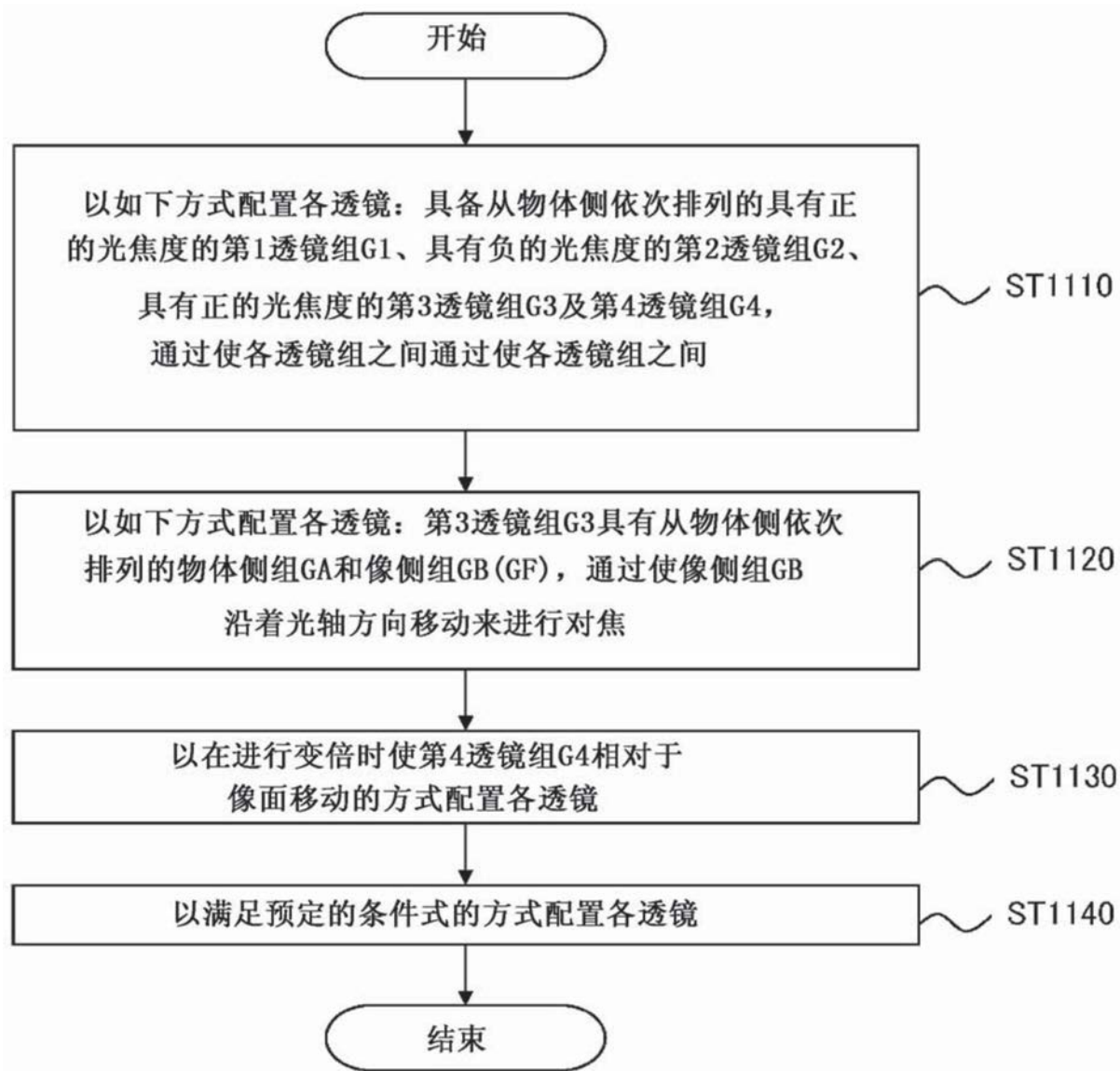


图177

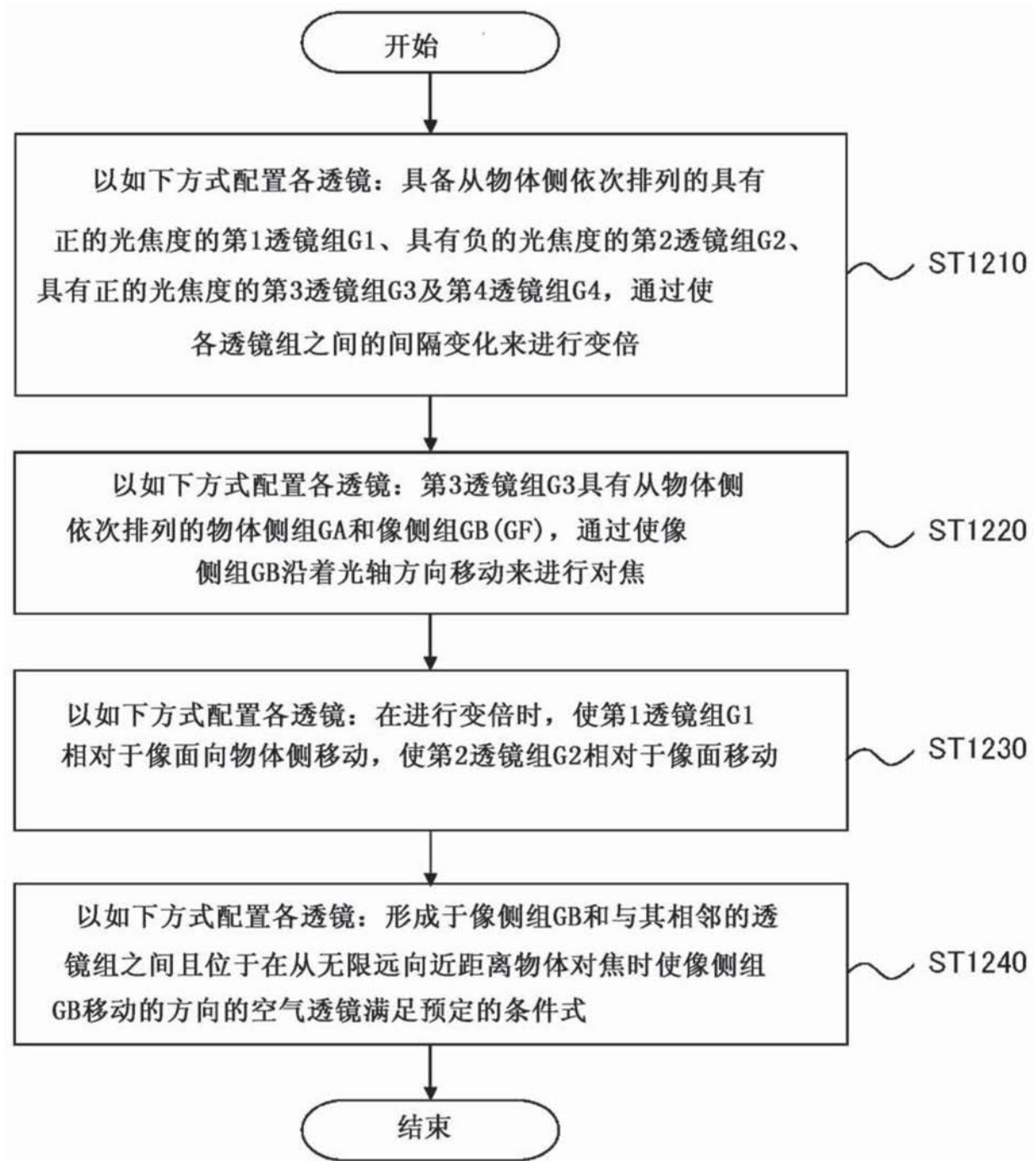


图178

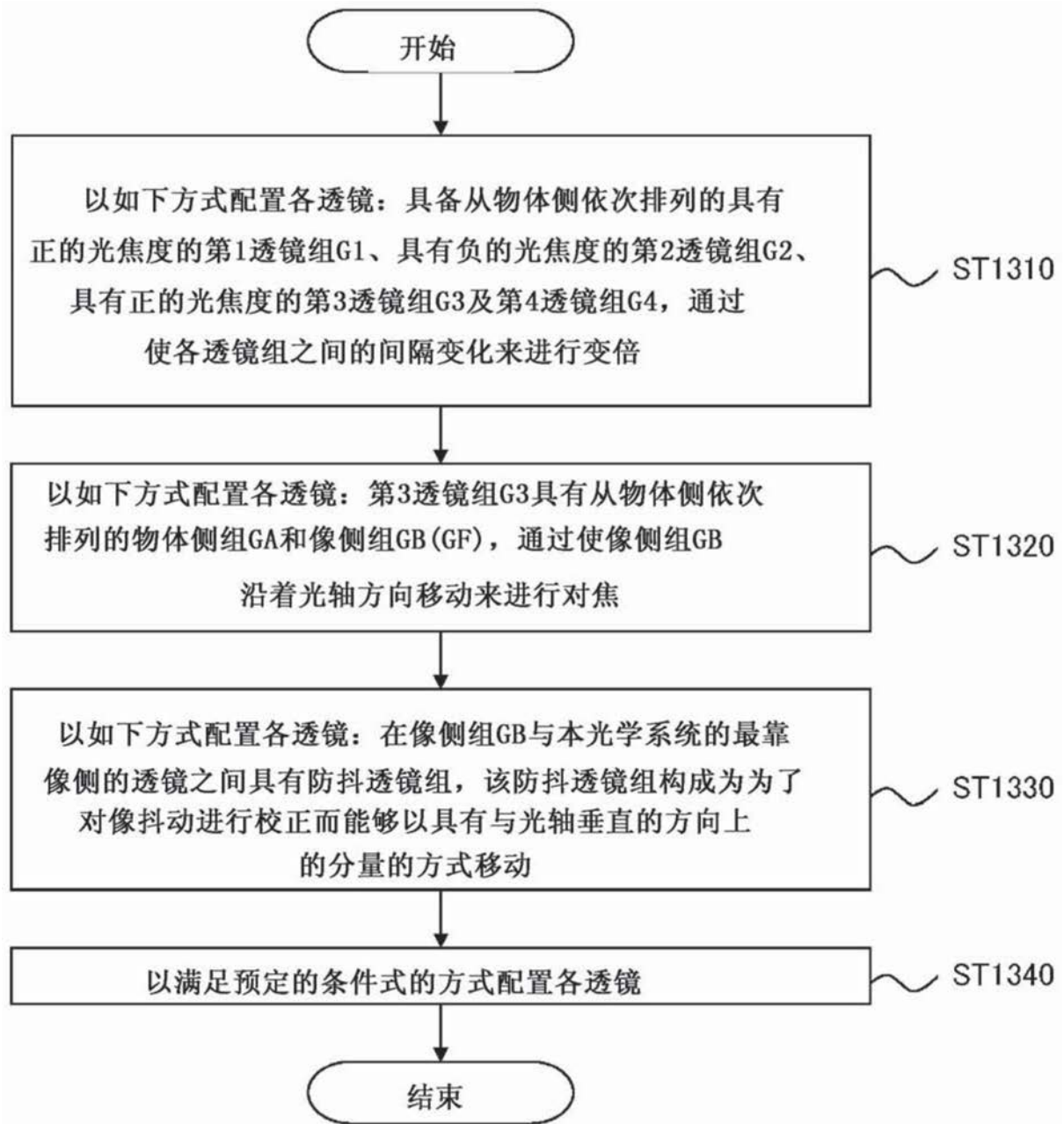


图179

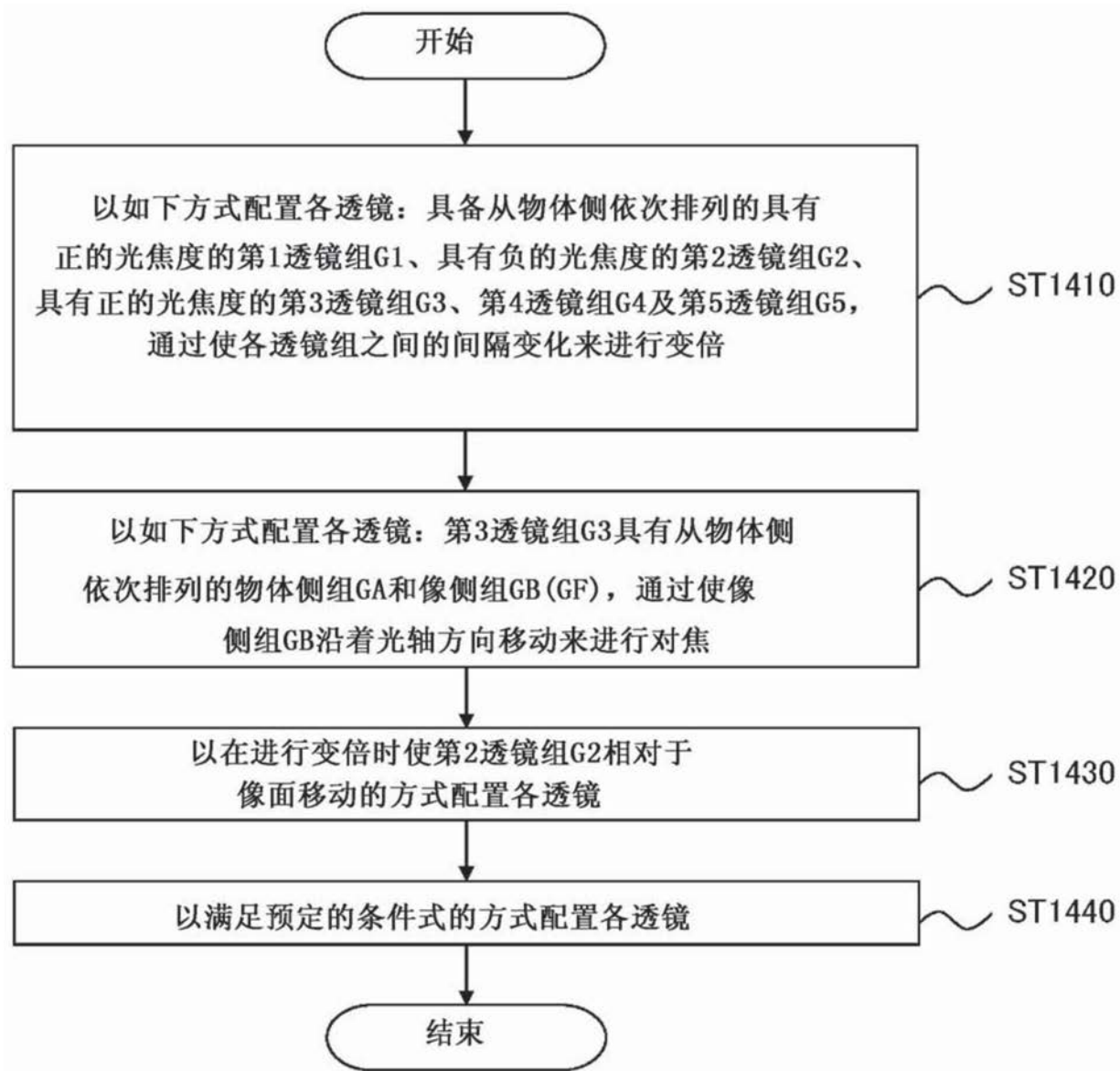


图180