



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107430262 A

(43)申请公布日 2017. 12. 01

(21)申请号 201680016761.3

(22)申请日 2016.01.29

(30)优先权数据

2015-017916 2015.01.30 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2017.09.19

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2016/052683 2016.01.29

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/121939 JA 2016.08.04

(71)申请人 株式会社尼康

地址 日本东京

(72)发明人 原田壮基

(74)专利代理机构 中原信达知识产权代理有限  
责任公司 11219

代理人 高培培 戚传江

(51)Int.Cl.

G02B 15/20(2006.01)

G02B 13/18(2006.01)

G03B 5/00(2006.01)

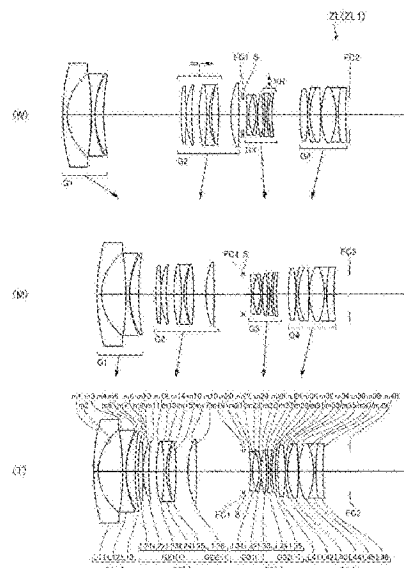
权利要求书2页 说明书70页 附图38页

(54)发明名称

变倍光学系统、光学设备以及变倍光学系统的  
制造方法

(57)摘要

变倍光学系统具备具有负的光焦度的第1透  
镜组(G1)以及具有正的光焦度的第2透镜组  
(G2),具备相比第2透镜组(G2)配置于像侧的中  
间组(Gn),具备防抖透镜组(VR),该防抖透镜组  
(VR)相比中间组(Gn)配置于像侧,且构成为能够  
以具有与光轴正交的方向的分量的方式移动,通  
过至少使第1透镜组(G1)与第2透镜组(G2)之间  
的间隔以及第2透镜组(G2)与中间组(Gn)之间  
的间隔变化来进行变倍,且满足以下的条件式(1):  
 $1.000 < f(1 \sim Gn)t/ft < 100.000 \dots (1)$ 。



1. 一种变倍光学系统,其特征在于,  
具备具有负的光焦度的第1透镜组以及具有正的光焦度的第2透镜组,  
具备相比所述第2透镜组配置于像侧的中间组,  
具备防抖透镜组,该防抖透镜组相比所述中间组配置于像侧,且构成为能够以具有与光轴正交的方向的分量的方式移动,

通过至少使所述第1透镜组与所述第2透镜组之间的间隔以及所述第2透镜组与所述中间组之间的间隔变化来进行变倍,

且满足以下的条件式:

$$1.000 < f(1 \sim G_n) t / f_t < 100.000$$

其中,

$f(1 \sim G_n) t$ :远焦端状态下的从所述第1透镜组到所述中间组为止的合成焦距,

$f_t$ :远焦端状态下的整个系统的焦距。

2. 根据权利要求1所述的变倍光学系统,其特征在于,

满足以下的条件式:

$$1.360 < -f(G_n \sim G(VR)) w / f_w < 5.000$$

其中,

$f(G_n \sim G(VR)) w$ :广角端状态下的从所述中间组到所述防抖透镜组为止的合成焦距,

$f_w$ :广角端状态下的整个系统的焦距。

3. 根据权利要求1或2所述的变倍光学系统,其特征在于,

具备像侧透镜组,在相比所述防抖透镜组配置于像侧的具有正的光焦度的透镜组中,该像侧透镜组具有最大的正的光焦度,

在进行变倍时,所述像侧透镜组与所述防抖透镜组之间的间隔变化,

且满足以下的条件式:

$$0.400 < f(RP) / f(FP) < 2.000$$

其中,

$f(RP)$ :所述像侧透镜组的焦距,

$f(FP)$ :相比所述第1透镜组配置于像面侧、且相比所述中间组配置于物体侧的透镜的广角端状态下的合成焦距。

4. 根据权利要求1~3中的任意一项所述的变倍光学系统,其特征在于,

所述中间组的与光轴正交的方向的位置被固定,且所述中间组具有负的光焦度。

5. 根据权利要求1~4中的任意一项所述的变倍光学系统,其特征在于,

所述中间组分别具有一个以上的正透镜成分和负透镜成分。

6. 根据权利要求1~5中的任意一项所述的变倍光学系统,其特征在于,

所述第2透镜组由至少四个以上的透镜成分构成。

7. 根据权利要求1~6中的任意一项所述的变倍光学系统,其特征在于,

所述第2透镜组由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第21透镜组以及具有正的光焦度的第22透镜组构成,

通过使所述第21透镜组作为对焦透镜组向像侧移动来进行从无限远向近距离物体的对焦。

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

9. 一种变倍光学系统的制造方法,该变倍光学系统具备具有负的光焦度的第1透镜组以及具有正的光焦度的第2透镜组,所述变倍光学系统的制造方法的特征在于,

以如下方式在镜头镜筒内配置各透镜:

所述变倍光学系统具备相比所述第2透镜组配置于像侧的中间组,

所述变倍光学系统具备防抖透镜组,该防抖透镜组相比所述中间组配置于像侧,且构成为能够以具有与光轴正交的方向的分量的方式移动,

通过至少使所述第1透镜组与所述第2透镜组之间的间隔以及所述第2透镜组与所述中间组之间的间隔变化来进行变倍,

且满足以下的条件式:

$$1.000 < f(1 \sim Gn) t / ft < 100.000$$

其中,

$f(1 \sim Gn) t$ :远焦端状态下的从所述第1透镜组到所述中间组为止的合成焦距,

$ft$ :远焦端状态下的整个系统的焦距。

## 变倍光学系统、光学设备以及变倍光学系统的制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及变倍光学系统、光学设备以及变倍光学系统的制造方法。

[0002] 本申请主张基于2015年1月30日申请的日本专利申请2015-017916号的优先权,并将其内容援引于此。

### 背景技术

[0003] 以往,提出了具备手抖动校正机构的广视场角的变倍光学系统(例如,参照专利文献1)。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特开平11-231220号公报

### 发明内容

[0007] 发明所要解决的课题

[0008] 近年来,在这种变倍光学系统中,要求在具备良好的光学性能的同时F值更明亮的光学系统。

[0009] 用于解决课题的手段

[0010] 本发明的一方式的变倍光学系统,具备具有负的光焦度的第1透镜组以及具有正的光焦度的第2透镜组,具备相比所述第2透镜组配置于像侧的中间组,具备防抖透镜组,该防抖透镜组相比所述中间组配置于像侧,且构成为能够以具有与光轴正交的方向的分量的方式移动,通过至少使所述第1透镜组与所述第2透镜组之间的间隔以及所述第2透镜组与所述中间组之间的间隔变化来进行变倍,且满足以下的条件式:

[0011]  $1.000 < f(1 \sim Gn) t / ft < 100.000$

[0012] 其中,

[0013]  $f(1 \sim Gn) t$ :远焦端状态下的从所述第1透镜组到所述中间组为止的合成焦距,

[0014]  $ft$ :远焦端状态下的整个系统的焦距。

[0015] 本发明的另一方式的变倍光学系统,具备从物体侧依次排列的具有负的光焦度的第1透镜组以及具有正的光焦度的第2透镜组,具备第n透镜组,该第n透镜组相比所述第2透镜组配置于像侧,与光轴正交的方向的位置被固定且具有负的光焦度,具备防抖透镜组,该防抖透镜组相比所述第n透镜组配置于像侧,且构成为能够以具有与光轴正交的方向的分量的方式移动,通过至少使所述第1透镜组与所述第2透镜组之间的间隔以及所述第2透镜组与所述第n透镜组之间的间隔变化来进行变倍,且满足以下的条件式:

[0016]  $1.000 < f(1 \sim Gn) t / ft < 100.000$

[0017] 其中,

[0018]  $f(1 \sim Gn) t$ :远焦端状态下的从所述第1透镜组到所述第n透镜组为止的合成焦距,

[0019]  $ft$ :远焦端状态下的整个系统的焦距。

[0020] 本发明的另一方式的光学设备搭载上述的变倍光学系统。

[0021] 本发明的另一方式的变倍光学系统的制造方法,该变倍光学系统具备具有负的光焦度的第1透镜组以及具有正的光焦度的第2透镜组,其中,以如下方式在镜头镜筒内配置各透镜:所述变倍光学系统具备相比所述第2透镜组配置于像侧的中间组,所述变倍光学系统具备防抖透镜组,该防抖透镜组相比所述中间组配置于像侧,且构成为能够以具有与光轴正交的方向的分量的方式移动,通过至少使所述第1透镜组与所述第2透镜组之间的间隔以及所述第2透镜组与所述中间组之间的间隔变化来进行变倍,且满足以下的条件式:

[0022]  $1.000 < f(1 \sim G_n) t / f_t < 100.000$

[0023] 其中,

[0024]  $f(1 \sim G_n) t$ :远焦端状态下的从所述第1透镜组到所述中间组为止的合成焦距,

[0025]  $f_t$ :远焦端状态下的整个系统的焦距。

[0026] 本发明的另一方式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负的光焦度的第1透镜组以及具有正的光焦度的第2透镜组,其中,以如下方式在镜头镜筒内配置各透镜:所述变倍光学系统具备第n透镜组,该第n透镜组相比所述第2透镜组配置于像侧,与光轴正交的方向的位置被固定且具有负的光焦度,所述变倍光学系统具备防抖透镜组,该防抖透镜组相比所述第n透镜组配置于像侧,且构成为能够以具有与光轴正交的方向的分量的方式移动,通过至少使所述第1透镜组与所述第2透镜组之间的间隔以及所述第2透镜组与所述第n透镜组之间的间隔变化来进行变倍,且满足以下的条件式:

[0027]  $1.000 < f(1 \sim G_n) t / f_t < 100.000$

[0028] 其中,

[0029]  $f(1 \sim G_n) t$ :远焦端状态下的从所述第1透镜组到所述第n透镜组为止的合成焦距,

[0030]  $f_t$ :远焦端状态下的整个系统的焦距。

## 附图说明

[0031] 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。

[0032] 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。

[0033] 图3的(a)、(b)以及(c)分别是第1实施例的变倍光学系统的在广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时进行了像抖动校正时的横向像差图。

[0034] 图4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。

[0035] 图5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。

[0036] 图6的(a)、(b)以及(c)分别是第2实施例的变倍光学系统的在广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时进行了像抖动校正时的横向像差图。

[0037] 图7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。

[0038] 图8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。

[0039] 图9的(a)、(b)以及(c)分别是第3实施例的变倍光学系统的在广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时进行了像抖动校正时的横向像差图。

[0040] 图10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。

[0041] 图11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。

[0042] 图12的(a)、(b)以及(c)分别是第4实施例的变倍光学系统的在广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时进行了像抖动校正时的横向像差图。

[0043] 图13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。

[0044] 图14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。

[0045] 图15的(a)、(b)以及(c)分别是第5实施例的变倍光学系统的在广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时进行了像抖动校正时的横向像差图。

[0046] 图16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。

[0047] 图17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。

[0048] 图18的(a)、(b)以及(c)分别是第6实施例的变倍光学系统的在广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时进行了像抖动校正时的横向像差图。

[0049] 图19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。

[0050] 图20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。

[0051] 图21的(a)、(b)以及(c)分别是第7实施例的变倍光学系统的在广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时进行了像抖动校正时的横向像差图。

[0052] 图22的(W)、(M)以及(T)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剖视图。

[0053] 图23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24的(a)、(b)以及(c)分别是第8实施例的变倍光学系统的在广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时进行了像抖动校正时的横向像差图。

[0055] 图25的(W)、(M)以及(T)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剖视图。

[0056] 图26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。

[0057] 图27的(a)、(b)以及(c)分别是第9实施例的变倍光学系统的在广角端状态、中间

焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时进行了像抖动校正时的横向像差图。

[0058] 图28的(W)、(M)以及(T)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剖视图。

[0059] 图29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。

[0060] 图30的(a)、(b)以及(c)分别是第10实施例的变倍光学系统的在广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时进行了像抖动校正时的横向像差图。

[0061] 图31的(W)、(M)以及(T)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剖视图。

[0062] 图32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。

[0063] 图33的(a)、(b)以及(c)分别是第11实施例的变倍光学系统的在广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时进行了像抖动校正时的横向像差图。

[0064] 图34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。

[0065] 图35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。

[0066] 图36的(a)、(b)以及(c)分别是第12实施例的变倍光学系统的在广角端状态、中间焦距状态以及远焦端状态下的无限远对焦时进行了像抖动校正时的横向像差图。

[0067] 图37是示出搭载了变倍光学系统的相机的结构的一例的图。

[0068] 图38是示出变倍光学系统的制造方法的一例的概略的图。

## 具体实施方式

[0069] 以下,参照附图对实施方式进行说明。图1示出变倍光学系统ZL的结构的一例。在其他的例子中,能够适当变更透镜组的数量、各透镜组中的透镜结构等。

[0070] 在一实施方式中,变倍光学系统ZL具备具有负的光焦度的第1透镜组G1以及具有正的光焦度的第2透镜组G2,具备相比第2透镜组G2配置于像侧的中间组(第n透镜组)Gn,具备防抖透镜组VR,该防抖透镜组VR相比中间组Gn配置于像侧,且构成为能够以具有与光轴正交的方向的分量的方式移动,通过至少使第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的间隔、第2透镜组G2与中间组Gn之间的间隔变化来进行变倍。在一例中,可以是,中间组Gn的与光轴正交的方向的位置被固定且该中间组Gn具有负的光焦度。

[0071] 在图1所示的第1实施例中,第31透镜组G31、第32透镜组G32分别相当于作为与光轴正交的方向的位置被固定且具有负的光焦度的中间组Gn、配置在中间组的像侧的防抖透镜组VR。另外,在后述的第2、3、5、7~11实施例中,第31透镜组G31、第32透镜组G32相当于作为中间组Gn、配置在中间组的像侧的防抖透镜组VR。在第4、6、12实施例中,第4透镜组G4、第5透镜组G5相当于作为中间组Gn、配置在中间组的像侧的防抖透镜组VR。

[0072] 另外,可以优选的是,防抖透镜组VR具有负的光焦度。

[0073] 如上所述,变倍光学系统ZL具有负正负正或者负正负正正的透镜组,通过至少变化这些组的间隔,能够实现广视场角的变倍光学系统。另外,具备负的中间组Gn且在中间组

的像侧具备(负的)防抖透镜组VR,通过使防抖透镜组VR以具有与光轴正交的方向的分量的方式移动来进行像抖动校正,从而能够抑制像抖动校正时的偏心彗差的产生和单侧散景(片ボケ)的产生,实现良好的成像性能。

[0074] 变倍光学系统ZL满足以下的条件式(1)。

[0075]  $1.000 < f(1 \sim G_n) t / f_t < 100.000 \cdots (1)$

[0076] 其中,

[0077]  $f(1 \sim G_n) t$ :远焦端状态下的从第1透镜组G1到中间组Gn为止的合成焦距,

[0078]  $f_t$ :远焦端状态下的整个系统的焦距。

[0079] 条件式(1)是用于使通过第1透镜组G1和第2透镜组G2会聚的入射光通过中间组Gn回到基本平行的光线(基本无焦的光线),并向防抖透镜组VR引导,从而提高防抖性能的条件式。通过满足条件式(1),能够确保F2.8~F3.5左右的明亮的F值,能够良好地对以球面像差为首的各像差进行校正。

[0080] 当超过条件式(1)的上限值时,中间组Gn的光焦度变得过大,基于中间组Gn的对球面像差等各像差的校正变得不充分,难以得到3倍左右以上的变焦比。

[0081] 为了可靠地得到效果,可以优选使条件式(1)的上限值为50.000。为了更可靠地得到效果,可以优选使条件式(1)的上限值为25.000。

[0082] 当低于条件式(1)的下限值时,对防抖透镜组VR入射强的会聚光,难以抑制像抖动校正时的远焦端状态下的偏心彗差的产生以及广角端状态下的单侧散景的产生。其结果是,难以使F值明亮到F2.8~F3.5左右。或者,球面像差的产生变得很大,有可能难以实现良好的成像性能。

[0083] 为了可靠地得到效果,可以优选使条件式(1)的下限值为1.500。为了更可靠地得到效果,可以优选使条件式(1)的下限值为2.000。

[0084] 变倍光学系统ZL可以优选满足以下的条件式(2)。

[0085]  $1.360 < -f(G_n \sim G(VR)) w / f_w < 5.000 \cdots (2)$

[0086] 其中,

[0087]  $f(G_n \sim G(VR)) w$ :广角端状态下的从中间组Gn到防抖透镜组VR为止的合成焦距,

[0088]  $f_w$ :广角端状态下的整个系统的焦距。

[0089] 条件式(2)是用于通过适当地设定中间组Gn和防抖透镜组VR的广角端状态下的合成焦距,使3倍左右的变倍比和良好的光学性能并存的条件式。通过满足条件式(2),从而能够确保F2.8~F3.5左右的明亮的F值,能够良好地对以球面像差为首的各像差进行校正。

[0090] 当超过条件式(2)的上限值时,中间组Gn和防抖透镜组VR的合成的光焦度变得过小,整个系统难以确保3倍左右的变倍比。其结果是,第2透镜组G2和其他的组需要承担变倍,作为结果球面像差和彗差的校正变得不充分。

[0091] 为了可靠地得到效果,可以优选使条件式(2)的上限值为4.000。为了更可靠地得到效果,可以优选使条件式(2)的上限值为3.000。

[0092] 当低于条件式(2)的下限值时,中间组Gn和防抖透镜组VR的合成的光焦度变得过大,难以进行球面像差和彗差的校正。其结果是,难以在使F值明亮到F2.8~F3.5左右的同时实现良好的成像性能。

[0093] 为了可靠地得到效果,可以优选使条件式(2)的下限值为1.400。为了更可靠地得



到效果,可以优选使条件式(2)的下限值为1.450。

[0094] 可以优选的是,变倍光学系统ZL具备像侧透镜组RP,在相比防抖透镜组VR配置于像侧的具有正的光焦度的透镜组中,该像侧透镜组RP具有最大的正的光焦度,在进行变倍时,像侧透镜组RP与防抖透镜组VR之间的间隔变化,且满足以下的条件式(3)。

[0095]  $0.400 < f(RP) / f(FP) < 2.000 \cdots (3)$

[0096] 其中,

[0097]  $f(RP)$ :像侧透镜组RP的焦距,

[0098]  $f(FP)$ :相比第1透镜组G1配置于像面侧、且相比中间组Gn配置于物体侧的透镜的广角端状态下的合成焦距。

[0099] 条件式(3)是用于通过适当地设定像侧透镜组RP的光焦度,使3倍左右的变倍比和良好的光学性能并存的条件式。通过满足条件式(3),能够确保F2.8~F3.5左右的明亮的F值,能够良好地对以球面像差为首的各像差进行校正。

[0100] 当超过条件式(3)的上限值时,通过像侧透镜组RP进行变倍变得不充分,整个系统难以确保3倍左右的变倍比。其结果是,第2透镜组G2和其他的组需要承担变倍,作为结果球面像差和彗差的校正变得不充分。

[0101] 为了可靠地得到效果,可以优选使条件式(3)的上限值为1.800。为了更可靠地得到效果,可以优选使条件式(3)的上限值为1.700。

[0102] 当低于条件式(3)的下限值时,像侧透镜组RP的光焦度变得过大,难以进行球面像差和彗差的校正。其结果是,难以在使F值明亮到F2.8~F3.5左右的同时实现良好的成像性能。

[0103] 为了可靠地得到效果,可以优选使条件式(3)的下限值为0.500。为了更可靠地得到效果,可以优选使条件式(3)的下限值为0.600。

[0104] 可以优选的是,在变倍光学系统ZL中,中间组Gn具有一个以上的正透镜成分和负透镜成分。

[0105] “透镜成分”是指单透镜或接合透镜。

[0106] 通过该结构,能够通过中间组Gn良好地对球面像差、彗差进行校正,能够贡献于防抖性能的提高。另外,在中间组Gn仅由任意一个透镜成分构成时,通过中间组Gn的球面像差、彗差校正变得不充分,产生通过防抖透镜组VR来承担这些像差校正的必要。其结果是,在像抖动校正时产生的偏心彗差、或者单侧散景的产生增大,在像抖动校正时难以维持良好的成像性能。

[0107] 为了可靠地得到效果,可以进一步优选使中间组Gn至少具有两个负透镜成分和一个以上的正透镜成分。

[0108] 在变倍光学系统ZL中,可以优选使第2透镜组G2具有至少四个以上的透镜成分。

[0109] 通过该结构,能够通过第2透镜组G2良好地对球面像差、彗差进行校正,能够贡献于防抖性能的提高。另外,在第2透镜组G2由三个以下的透镜成分构成时,通过第2透镜组G2的球面像差、彗差校正变得不充分,其结果是,产生使中间组Gn承担这些像差校正的必要。其结果是,在像抖动校正时产生的偏心彗差、或者单侧散景的产生增大,在像抖动校正时难以维持良好的成像性能。

[0110] 为了可靠地得到效果,可以优选使第2透镜组G2具有至少五个以上的透镜成分。

[0111] 在变倍光学系统ZL中,可以优选的是,第2透镜组G2由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第21透镜组G21以及具有正的光焦度的第22透镜组G22构成,通过使第21透镜组G21作为对焦透镜组向像侧移动来进行从无限远向近距离物体的对焦。

[0112] 通过该结构,能够使进行对焦时移动的透镜组变得小型轻量,能够实现镜头整个系统的小型化和自动对焦时的对焦速度的高速化。

[0113] 变倍光学系统ZL可以优选满足以下的条件式(4)。

$$[0114] \quad 10.00^\circ < \omega_t < 30.00^\circ \cdots (4)$$

[0115] 其中,

[0116]  $\omega_t$ :远焦端状态下的半视场角。

[0117] 条件式(4)是规定远焦端状态下的半视场角的值的条件。通过满足条件式(4),能够得到期望的视场角,并且能够良好地对彗差、畸变、像面弯曲进行校正。

[0118] 为了可靠地得到效果,可以优选使条件式(4)的上限值为 $27.00^\circ$ 。为了更可靠地得到效果,可以优选使条件式(4)的上限值为 $24.00^\circ$ 。

[0119] 为了可靠地得到效果,可以优选使条件式(4)的下限值为 $11.00^\circ$ 。为了更可靠地得到效果,可以优选使条件式(4)的下限值为 $12.00^\circ$ 。

[0120] 变倍光学系统ZL可以优选满足以下的条件式(5)。

$$[0121] \quad 30.00^\circ < \omega_w < 50.00^\circ \cdots (5)$$

[0122] 其中,

[0123]  $\omega_w$ :广角端状态下的半视场角。

[0124] 条件式(5)是规定广角端状态下的半视场角的值的条件。通过满足条件式(5),能够得到期望的视场角,并且能够良好地对彗差、畸变、像面弯曲进行校正。

[0125] 为了可靠地得到效果,可以优选使条件式(5)的上限值为 $48.00^\circ$ 。为了更可靠地得到效果,可以优选使条件式(5)的上限值为 $45.00^\circ$ 。

[0126] 为了可靠地得到效果,可以优选使条件式(5)的下限值为 $32.00^\circ$ 。为了更可靠地得到效果,可以优选使条件式(5)的下限值为 $34.00^\circ$ 。

[0127] 在变倍光学系统ZL中,关于第21透镜组G21与第22透镜组G22之间的间隔,在进行变倍时,可以固定也可以可变。

[0128] 在变倍光学系统ZL中,关于中间组Gn与防抖透镜组VR之间的间隔,在进行变倍时,可以固定也可以可变。可以优选的是,在固定时,中间组Gn与防抖透镜组VR的合成的光焦度为负。

[0129] 在变倍光学系统ZL中,可以优选的是,由相比防抖透镜组VR配置于像侧的透镜构成的光学系统的光焦度为正。

[0130] 关于变倍光学系统ZL,可以优选的是,在比防抖透镜组VR更靠像侧处,具备至少一个具有正的光焦度的透镜组。

[0131] 关于变倍光学系统ZL,可以优选的是,在第2透镜组G2与中间组Gn之间具有孔径光阑。

[0132] 如上所述,能够实现F值明亮、具有广视场角且良好地对各像差进行了校正的变倍光学系统ZL。

[0133] 接着,参照附图对具备上述的变倍光学系统ZL的相机(光学设备)进行说明。图37

示出搭载了变倍光学系统的相机的结构的一例。

[0134] 如图37所示,相机1是具备上述的变倍光学系统ZL来作为摄影镜头2的镜头可换式的相机(所谓无反光镜相机)。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,经由未图示的OLPF(Optical low pass filter:光学低通滤波器)而在摄像部3的摄像面上形成被摄体像。并且,被摄体像通过设置在摄像部3上的光电转换元件被光电转换而生成被摄体的图像。该图像显示在设置于相机1的EVF(Electronic view finder:电子取景器)4上。由此,摄影者能够通过EVF4来观察被摄体。另外,当由摄影者按压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相机1的被摄体的摄影。

[0135] 关于作为摄影镜头2搭载在相机1上的变倍光学系统ZL,如从后述的各实施例也可知,通过其特征性的镜头结构,F值明亮,具有广视场角,良好地对各像差进行校正,具有良好的光学性能。因此,根据相机1,能够实现F值明亮、具有广视场角、良好地对各像差进行校正且具有良好的光学性能的光学设备。

[0136] 另外,虽然作为相机1对无反光镜相机的例子进行了说明,但是并不限于此。例如,即使在相机本体中具有快速复原反光镜镜并通过取景器光学系统来观察被摄体的单反类型的相机上搭载了上述的变倍光学系统ZL的情况下,也能够起到与上述相机1相同的效果。

[0137] 接着,对上述的变倍光学系统ZL的制造方法的一例进行概述。图38示出变倍光学系统ZL的制造方法的一例。

[0138] 首先,以如下方式在镜筒内配置各透镜(步骤ST10):具备具有负的光焦度的第1透镜组G1以及具有正的光焦度的第2透镜组G2。以如下方式配置各透镜(步骤ST20):具备相比第2透镜组G2配置于像侧的中间组Gn。以如下方式配置各透镜(步骤ST30):具备防抖透镜组VR,该防抖透镜组VR相比中间组Gn配置于像侧,且构成为能够以具有与光轴正交的方向的分量的方式移动。以如下方式配置各透镜(步骤ST40):通过至少使第1透镜组G1与第2透镜组G2之间的间隔、第2透镜组G2与中间组Gn之间的间隔变化来进行变倍。以满足以下的条件式(1)的方式,配置各透镜(步骤ST50)。

[0139]  $1.000 < f(1 \sim Gn) t / ft < 100.000 \cdots (1)$

[0140] 其中,

[0141]  $f(1 \sim Gn) t$ :远焦端状态下的从第1透镜组G1到中间组Gn为止的合成焦距,

[0142]  $ft$ :远焦端状态下的整个系统的焦距。

[0143] 当例举透镜配置的一例时,如图1所示,从物体侧依次配置凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11、双凹透镜L12以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13来作为第1透镜组G1,配置双凸透镜L21、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L22、双凸透镜L23与双凹透镜L24的接合透镜以及双凸透镜L25来作为第2透镜组G21,配置双凸透镜L26来作为第2透镜组G22,配置双凹透镜L31、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L32以及双凸透镜L33来作为第3透镜组G31,配置双凹透镜L34以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L35来作为第3透镜组G32,配置双凸透镜L41、凹面朝向像侧的负弯月形透镜L42与双凸透镜L43的接合透镜以及双凸透镜L44与双凹透镜L45与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L46的接合透镜来作为第4透镜组G4。按照上述的顺序配置这样准备的各透镜组来制造变倍光学系统ZL。

[0144] 根据上述的制造方法,能够制造F值明亮、具有广视场角且良好地对各像差进行了校正的变倍光学系统ZL。

[0145] 实施例

[0146] 以下,根据附图对各实施例进行说明。

[0147] 图1、图4、图7、图10、图13、图16、图19、图22、图25、图28、图31以及图34是示出各实施例的变倍光学系统ZL(ZL1~ZL12)的结构和光焦度分配的剖视图。在变倍光学系统ZL1~ZL12的剖视图的下部,通过箭头示出从广角端状态(W)经由中间焦距状态(M)变倍到远焦端状态(T)时的各透镜组沿着光轴的移动方向。在变倍光学系统ZL1~ZL12的剖视图的上部,通过箭头示出从无限远向近距离物体进行对焦时的对焦透镜组的移动方向,并且还示出对像抖动进行校正时的防抖透镜组VR的情况。

[0148] 另外,关于第1实施例的对图1的各参照标号,为了避免由参照标号的位数的增大引起的说明的复杂化,对每个实施例独立使用。因此,即使附上与其他实施例的附图相同的参照标号,它们也不一定是与其他实施例相同的结构。

[0149] 以下示出表1~表12,它们是第1实施例~第12实施例中的各参数的表。

[0150] 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)。

[0151] 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)为止的光轴上的距离、即面间隔,n(d)表示光学构件的材质的对d线的折射率,vd表示光学构件的材质的以d线为基准的阿贝数,(孔径光阑)表示孔径光阑S。关于曲率半径的“0.00000”,在透镜面的情况下表示平面,在光圈的情况下表示开口或光圈面。在光学面为非球面时,在面编号上附上\*标记,在曲率半径R的栏中表示近轴曲率半径。

[0152] 在表中的[非球面数据]中,关于[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处的切面到高度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<sub>i</sub>表示第i次的非球面系数。“E-n”表示“×10<sup>-n</sup>”。例如,1.234E-05=1.234×10<sup>-5</sup>。另外,二次非球面系数A<sub>2</sub>为0,省略记载。

[0153] 
$$X(y) = (y^2/R) / \{1 + (1 - \kappa \times y^2/R^2)^{1/2}\} + A_4 \times y^4 + A_6 \times y^6 + A_8 \times y^8 + A_{10} \times y^{10} + A_{12} \times y^{12} \dots$$
  
(a)

[0154] 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,TL表示无限远对焦时的光轴上的从透镜最前面到透镜最终面为止的距离,BF表示无限远对焦时的光轴上的从透镜最终面到像面I为止的距离,BF(空气换算)表示通过空气换算长度表述了无限远对焦时的光轴上的从透镜最终面到像面I为止的距离的距离。

[0155] 在表中的[可变间隔数据]中,D<sub>0</sub>表示物体面与第1透镜组G1的最靠物体侧的透镜面之间的轴上空气间隔,D<sub>i</sub>表示第i面与第(i+1)面之间的面间隔(i=1、2、3···),f表示镜头整个系统的焦距。

[0156] 在表中的[透镜组数据]中,示出各透镜组的始面和焦距。

[0157] 在表中的[对焦数据]中,示出对焦时的透镜移动量和摄影距离。

[0158] 在表中的[条件式对应值]中,示出与上述的条件式(1)~(5)对应的值。

[0159] 以下,在所有的参数值中,对于所记载的焦距 $f$ 、曲率半径 $R$ 、面间隔 $D$ 、其他长度等,在没有特别记载的情况下一般使用“mm”。但是,即使对光学系统进行比例放大或比例缩小也能够得到相同的光学性能,因此并不限于此。另外,单位不限于“mm”,能够使用其他适当的单位。

[0160] 到此为止的表的说明在所有的实施例中相同,省略以下的说明。

[0161] (第1实施例)

[0162] 使用图1~图3和表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ZL(ZL1)由从物体侧依次排列的具有负的光焦度的第1透镜组G1、具有正的光焦度的第2透镜组G2、具有负的光焦度的第3透镜组G3以及具有正的光焦度的第4透镜组G4构成。

[0163] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11、双凹透镜L12以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13构成。负弯月形透镜L11的像侧面为非球面形状。双凹透镜L12为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。

[0164] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第21透镜组G21(对焦透镜组)以及具有正的光焦度的第22透镜组G22构成。

[0165] 第21透镜组G21由从物体侧依次排列的双凸透镜L21、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L22、双凸透镜L23与双凹透镜L24的接合透镜以及双凸透镜L25构成。第22透镜组G22由双凸透镜L26构成。

[0166] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的与光轴正交的方向的位置被固定且具有负的光焦度的第31透镜组G31(中间组)以及具有负的光焦度的第32透镜组G32(防抖透镜组)构成。

[0167] 第31透镜组G31由从物体侧依次排列的双凹透镜L31、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L32以及双凸透镜L33构成。第32透镜组G32由从物体侧依次排列的双凹透镜L34以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L35构成。

[0168] 第4透镜组G4由从物体侧依次排列的双凸透镜L41、凹面朝向像侧的负弯月形透镜L42与双凸透镜L43的接合透镜以及双凸透镜L44与双凹透镜L45与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L46的接合透镜构成。双凸透镜L41的物体侧面为非球面形状。正弯月形透镜L46的像侧面为非球面形状。

[0169] 在第2透镜组G2与第3透镜组G3之间,具备从物体侧依次排列的第1眩光消减光圈FC1和孔径光阑S。在第4透镜组G4与像面I之间具备第2眩光消减光圈FC2。

[0170] 使第1透镜组G1暂时向像侧移动之后向物体侧移动,使第2透镜组G2向物体侧移动,使第3透镜组G3暂时向像侧移动之后向物体侧移动,使第4透镜组G4向物体侧移动,以使各透镜组间隔变化,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。第1眩光消减光圈FC1、孔径光阑S以及第2眩光消减光圈FC2在进行变倍时固定。

[0171] 使第21透镜组G21作为对焦透镜组而向像侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[0172] 在产生像抖动时,使第32透镜组G32作为防抖透镜组VR而以具有与光轴正交的方向的分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。另外,在设整个系统的焦距

为 $f$ 、防抖系数(抖动校正中的成像面上的像移动量相对于移动透镜组的移动量的比)为 $K$ 的摄影镜头中,对角度 $\theta$ 的旋转抖动进行校正时,使像抖动校正用的防抖透镜组VR(移动透镜组)在与光轴正交的方向上移动 $(f \times \tan\theta) / K$ 即可。

[0173] 在第1实施例中,在广角端状态下,防抖系数为 $-0.45$ ,焦距为 $24.80\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.29\text{mm}$ 。在中间焦距状态下,防抖系数为 $-0.51$ ,焦距为 $50.01\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.51\text{mm}$ 。在远焦端状态下,防抖系数为 $-0.58$ ,焦距为 $67.85\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.61\text{mm}$ 。

[0174] 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 $1 \sim 40$ 对应于图1所示的 $m1 \sim m40$ 的各光学面。

[0175] (表1)

[0176] [透镜参数]

[0177]	面编号	R	D	n(d)	vd
	1	121.85638	2.900	1.74389	49.5

	*2	29.63670	15.360	1.00000	
	*3	-197.50816	0.200	1.56093	36.6
	4	-169.39125	2.100	1.80400	46.6
	5	60.51496	0.150	1.00000	
	6	52.85097	5.600	2.00100	29.1
	7	146.47986	D7	1.00000	
	8	148.41161	3.000	1.59349	67.0
	9	-517.10678	0.100	1.00000	
	10	49.87002	3.500	1.59349	67.0
	11	157.35190	4.762	1.00000	
	12	87.49334	4.800	1.59349	67.0
	13	-132.22400	1.500	1.90366	31.3
	14	45.76622	1.640	1.00000	
	15	78.93526	4.450	1.77250	49.6
[0178]	16	-176.75459	D16	1.00000	
	17	57.14809	5.300	1.81600	46.6
	18	-583.40702	D18	1.00000	
	19	0.00000	1.200	1.00000	
	20	(孔径光阑)	D20	1.00000	
	21	-141.85186	1.200	1.80400	46.6
	22	33.20059	4.360	1.00000	
	23	-33.72704	1.200	1.60300	65.4
	24	-60.09530	0.100	1.00000	
	25	65.48868	3.150	1.84666	23.8
	26	-127.25009	D26	1.00000	
	27	-119.24441	1.100	1.59349	67.0
	28	67.70394	1.150	1.00000	
	29	62.36800	2.100	1.80518	25.5
	30	107.42000	D30	1.00000	
	*31	119.87584	4.700	1.55332	71.7

	32	-115.00129	0.100	1.00000	
	33	71.95116	1.400	1.83481	42.7
	34	38.48800	6.800	1.59319	67.9
	35	-237.01429	0.280	1.00000	
[0179]	36	43.00799	9.500	1.49782	82.6
	37	-42.99900	1.400	1.80518	25.5
	38	98.94100	4.600	1.69350	53.3
	*39	462.40647	D39	1.00000	
	40	0.00000	D40	1.00000	
[0180]	[非球面数据]				
[0181]	第2面				
[0182]	$\kappa=0.00000e+00$				
[0183]	$A4=2.21510e-06$				
[0184]	$A6=2.57690e-09$				
[0185]	$A8=-6.01500e-12$				
[0186]	$A10=1.09200e-14$				
[0187]	$A12=-7.29000e-18$				
[0188]	第3面				
[0189]	$\kappa=1.00000e+00$				
[0190]	$A4=-3.83430e-07$				
[0191]	$A6=7.93340e-10$				
[0192]	$A8=-3.53630e-12$				
[0193]	$A10=5.08120e-15$				
[0194]	$A12=-3.43370e-18$				
[0195]	第31面				
[0196]	$\kappa=1.00000e+00$				
[0197]	$A4=4.80890e-06$				
[0198]	$A6=5.06980e-10$				
[0199]	$A8=-2.73140e-12$				
[0200]	$A10=-7.78150e-16$				
[0201]	$A12=0.00000e+00$				
[0202]	第39面				
[0203]	$\kappa=1.00000e+00$				
[0204]	$A4=7.56540e-06$				
[0205]	$A6=-9.88600e-10$				
[0206]	$A8=5.61740e-12$				
[0207]	$A10=-8.07750e-15$				



[0208]	A12=0.00000e+00			
[0209]	[各种数据]			
		W	M	T
	f	24.80	50.01	67.85
	FNo	2.92	2.92	2.92
	$\omega$	42.5	22.7	17.2
[0210]	Y	21.60	21.60	21.60
	TL	220.251	198.419	200.827
	BF	41.035	48.522	55.686
	BF(空气换算)	41.035	48.522	55.686
[0211]	[可变间隔数据]			
[0212]	无限远			
		W	M	T
	D0	$\infty$	$\infty$	$\infty$
[0213]	倍率	-	-	-
	f	24.80	50.01	67.85
	D7	48.945	10.930	1.902
	D16	7.735	7.735	7.735
	D18	1.802	17.931	29.439
	D20	2.088	4.668	3.620
[0214]	D26	1.250	1.250	1.250
	D30	17.692	7.680	1.492
	D39	2.530	10.000	17.180
	D40	38.505	38.522	38.506
[0215]	[透镜组数据]			

	透镜组	始面	焦距	
	第 1 透镜组	1	-38.47	
	第 2 透镜组	8	42.49	
	第 21 透镜组	8	78.58	
[0216]	第 22 透镜组	17	64.02	
	第 3 透镜组	21	-39.26	
	第 31 透镜组	21	-65.76	
	第 32 透镜组	27	-121.07	
	第 4 透镜组	31	48.95	
[0217]	[对焦数据]			
		W	M	T
[0218]	透镜移动量	6.735	6.735	6.735
	摄影距离(m)	0.4183	0.3810	0.3966

[0219] [条件式对应值]

[0220] 条件式(1)  $f(1 \sim G_n) t / f_t = 10.118$

[0221] 条件式(2)  $-f(G_n \sim G(VR)) w / f_w = 1.583$

[0222] 条件式(3)  $f(RP) / f_w = 1.152$

[0223] 条件式(4)  $\omega t = 17.2$

[0224] 条件式(5)  $\omega w = 42.5$

[0225] 从表1可知,第1实施例的变倍光学系统ZL1满足条件式(1)~(5)。

[0226] 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的无限远对焦时进行了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。在本实施例中,如图3所示,通过与以像高 $y=0.0$ 为中心上下加减的像高15.10对应的横向像差图来表示防抖时的光学性能。

[0227] 在各像差图中, FNO表示F值, 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,示出与最大口径对应的F值的值。在像散图中,实线表示弧矢像面,虚线表示子午像面。在后述的各实施例的像差图中,也使用与本实施例相同的符号。

[0228] 如从各像差图可知,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也具有高的成像性能。

[0229] (第2实施例)

[0230] 使用图4~图6以及表2对第2实施例进行说明。如图4所示,第2实施例的变倍光学系统ZL(ZL2)由从物体侧依次排列的具有负的光焦度的第1透镜组G1、具有正的光焦度的第

2透镜组G2、具有负的光焦度的第3透镜组G3以及具有正的光焦度的第4透镜组G4构成。

[0231] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11、双凹透镜L12以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13构成。负弯月形透镜L11的像侧面为非球面形状。双凹透镜L12为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。

[0232] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第21透镜组G21(对焦透镜组)以及具有正的光焦度的第22透镜组G22构成。

[0233] 第21透镜组G21由从物体侧依次排列的双凸透镜L21、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L22、双凸透镜L23与双凹透镜L24的接合透镜以及双凸透镜L25构成。第22透镜组G22由双凸透镜L26构成。

[0234] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的与光轴正交的方向的位置被固定且具有负的光焦度的第31透镜组G31(中间组)以及具有负的光焦度的第32透镜组G32(防抖透镜组)构成。

[0235] 第31透镜组G31由从物体侧依次排列的双凹透镜L31、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L32以及双凸透镜L33构成。第32透镜组G32由从物体侧依次排列的双凹透镜L34以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L35构成。双凹透镜L34的物体侧面为非球面形状。

[0236] 第4透镜组G4由从物体侧依次排列的双凸透镜L41、凹面朝向像侧的负弯月形透镜L42与双凸透镜L43的接合透镜以及双凸透镜L44与双凹透镜L45与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L46的接合透镜构成。双凸透镜L41的物体侧面为非球面形状。正弯月形透镜L46的像侧面为非球面形状。

[0237] 在第2透镜组G2与第3透镜组G3之间具备孔径光阑S。在第4透镜组G4与像面I之间具备眩光消减光圈FC。

[0238] 使第1透镜组G1暂时向像侧移动之后向物体侧移动,使第2透镜组G2向物体侧移动,使第3透镜组G3暂时向像侧移动之后向物体侧移动,使第4透镜组G4向物体侧移动,以使各透镜组间隔变化,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。孔径光阑S和眩光消减光圈FC在进行变倍时固定。

[0239] 使第21透镜组G21作为对焦透镜组而向像侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[0240] 在产生像抖动时,使第32透镜组G32作为防抖透镜组VR而以具有与光轴正交的方向的分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。另外,在设整个系统的焦距为 $f$ 、防抖系数(抖动校正中的成像面上的像移动量相对于移动透镜组的移动量的比)为 $K$ 的摄影镜头中,对角度 $\theta$ 的旋转抖动进行校正时,使像抖动校正用的防抖透镜组VR(移动透镜组)在与光轴正交的方向上移动 $(f \times \tan\theta) / K$ 即可。

[0241] 在第2实施例中,在广角端状态下,防抖系数为 $-0.44$ ,焦距为 $24.80\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.30\text{mm}$ 。在中间焦距状态下,防抖系数为 $-0.50$ ,焦距为 $47.76\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.50\text{mm}$ 。在远焦端状态下,防抖系数为 $-0.58$ ,焦距为 $67.85\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.62\text{mm}$ 。

[0242] 在下述的表2中示出第2实施例中的各参数的值。表2中的面编号1~39对应于图4

所示的m1~m39的各光学面。

[0243] (表2)

[0244] [透镜参数]

	面编号	R	D	n(d)	vd
[0245]	1	123.86834	2.900	1.74389	49.5
	*2	29.53373	15.066	1.00000	
	*3	-163.51331	0.300	1.56093	36.6
	4	-139.86223	2.100	1.80400	46.6
	5	65.45825	0.150	1.00000	
	6	56.53091	5.625	2.00100	29.1
	7	182.99126	D7	1.00000	
	8	143.07855	3.200	1.59349	67.0
	9	-394.38588	0.200	1.00000	
	10	55.12400	3.500	1.59349	67.0
	11	197.46867	3.900	1.00000	
	12	77.75166	4.842	1.59349	67.0
	13	-158.02225	1.500	1.90366	31.3
	14	46.02834	1.844	1.00000	
	15	83.85157	3.848	1.77250	49.6
	16	-277.24360	D16	1.00000	
	17	59.19194	5.400	1.80400	46.6
[0246]	18	-354.91781	D18	1.00000	
	19	(孔径光阑)	D19	1.00000	
	20	-140.00000	1.178	1.77250	49.6
	21	33.57372	4.337	1.00000	
	22	-36.69329	1.200	1.59349	67.0
	23	-63.63544	0.100	1.00000	
	24	61.90037	3.102	1.84666	23.8
	25	-187.23382	D25	1.00000	
	*26	-120.15188	1.100	1.61000	65.0
	27	78.56667	0.966	1.00000	
	28	66.22584	1.921	1.80518	25.5
	29	108.00000	D29	1.00000	
	*30	96.36461	5.000	1.55332	71.7
	31	-132.37171	0.200	1.00000	
	32	103.35532	1.300	1.80518	25.5

	33	49.66548	6.742	1.59319	67.9	
	34	-101.36549	0.188	1.00000		
	35	55.76221	9.450	1.49782	82.6	
[0247]	36	-36.89155	1.400	1.75000	31.4	
	37	97.48202	4.003	1.69350	53.2	
	*38	442.81061	D38	1.00000		
	39	0.00000	D39	1.00000		
[0248]	[非球面数据]					
[0249]						
	面	$\kappa$	A4	A6	A8	A10
	2	1.48700e-01	1.33488e-06	1.45328e-09	-6.97898e-13	5.22062e-16
	3	4.31460e+00	-4.66997e-07	4.80176e-10	-1.05569e-12	3.62706e-16
	26	-2.40000e+01	-1.76198e-06	1.30497e-09	0.00000e+00	0.00000e+00
	30	3.97310e+00	3.04836e-06	-6.62447e-10	0.00000e+00	0.00000e+00
	38	3.71000e+02	4.89412e-06	1.67774e-10	0.00000e+00	0.00000e+00
[0250]	[各种数据]					
			W	M	T	
	f		24.80	47.76	67.85	
	FNo		2.92	2.92	2.92	
	$\omega$		42.5	23.7	17.2	
[0251]	Y		21.60	21.60	21.60	
	TL		219.362	198.056	201.131	
	BF		41.459	48.894	57.632	
	BF(空气换算)		41.459	48.894	57.632	
[0252]	[可变间隔数据]					
[0253]	无限远					
			W	M	T	
[0254]	D0	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	

	倍率	-	-	-
	f	24.80	47.76	67.85
	D7	48.978	12.578	1.835
	D16	7.750	7.750	7.750
[0255]	D18	3.000	18.144	31.911
	D19	2.000	4.200	2.500
	D25	1.440	1.440	1.440
	D29	18.172	8.487	1.500
	D38	1.139	8.574	17.251
	D39	40.319	40.320	40.381
[0256]	[透镜组数据]			
	透镜组		始面	焦距
	第 1 透镜组		1	-38.77
	第 2 透镜组		8	42.97
	第 21 透镜组		8	81.61
[0257]	第 22 透镜组		17	63.47
	第 3 透镜组		20	-40.68
	第 31 透镜组		20	-68.40
	第 32 透镜组		26	-123.54
	第 4 透镜组		30	49.36
[0258]	[对焦数据]			
		W	M	T
[0259]	透镜移动量	6.75	6.75	6.75
	摄影距离(m)	0.4124	0.3853	0.4059
[0260]	[条件式对应值]			
[0261]	条件式 (1)	$f(1 \sim G_n) t / f_t = 12.007$		
[0262]	条件式 (2)	$-f(G_n \sim G(VR)) w / f_w = 1.640$		
[0263]	条件式 (3)	$f(RP) / f_w = 1.149$		
[0264]	条件式 (4)	$\omega t = 17.2$		
[0265]	条件式 (5)	$\omega w = 42.5$		
[0266]	从表2可知,第2实施例的变倍光学系统ZL2满足条件式(1)~(5)。			
[0267]	图5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6是第2实施例的变倍光学系统ZL2的无限远对焦时进行了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。在本实施例中, 如图6所示, 通过与以像高 $y=0.0$ 为中心上下加减的像高 $15.10$ 对应的横向像差图来表示防抖时的光学性能。

[0268] 如从各像差图可知, 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也具有高的成像性能。

[0269] (第3实施例)

[0270] 使用图7~图9以及表3对第3实施例进行说明。如图7所示, 第3实施例的变倍光学系统ZL(ZL3)由从物体侧依次排列的具有负的光焦度的第1透镜组G1、具有正的光焦度的第2透镜组G2、具有负的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4以及具有正的光焦度的第5透镜组G5构成。

[0271] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11、双凹透镜L12以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13构成。负弯月形透镜L11的像侧面为非球面形状。双凹透镜L12为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。

[0272] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第21透镜组G21(对焦透镜组)以及具有正的光焦度的第22透镜组G22构成。

[0273] 第21透镜组G21由从物体侧依次排列的双凸透镜L21、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L22、双凸透镜L23与双凹透镜L24的接合透镜以及双凸透镜L25构成。第22透镜组G22由双凸透镜L26构成。

[0274] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的与光轴正交的方向的位置被固定且具有负的光焦度的第31透镜组G31(中间组)以及具有负的光焦度的第32透镜组G32(防抖透镜组)构成。

[0275] 第31透镜组G31由从物体侧依次排列的双凹透镜L31、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L32以及双凸透镜L33构成。第32透镜组G32由从物体侧依次排列的双凹透镜L34以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L35构成。双凹透镜L34的物体侧面为非球面形状。

[0276] 第4透镜组G4由从物体侧依次排列的双凸透镜L41、凹面朝向像侧的负弯月形透镜L42与双凸透镜L43的接合透镜以及双凸透镜L44与双凹透镜L45的接合透镜构成。双凸透镜L41的物体侧面为非球面形状。双凹透镜L45的像侧面为非球面形状。

[0277] 第5透镜组G5由从物体侧依次排列的凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L51与凹面朝向像侧的负弯月形透镜L52的接合透镜构成。

[0278] 在第2透镜组G2与第3透镜组G3之间具备孔径光阑S。

[0279] 使第1透镜组G1暂时向像侧移动之后向物体侧移动, 使第2透镜组G2向物体侧移动, 使第3透镜组G3暂时向像侧移动之后向物体侧移动, 使第4透镜组G4向物体侧移动, 以使各透镜组间隔变化, 从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。第5透镜组G5和孔径光阑S在进行变倍时固定。

[0280] 使第21透镜组G21作为对焦透镜组而向像侧移动, 从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[0281] 在产生像抖动时,使第32透镜组G32作为防抖透镜组VR而以具有与光轴正交的方向的分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。另外,在设整个系统的焦距为 $f$ 、防抖系数(抖动校正中的成像面上的像移动量相对于移动透镜组的移动量的比)为 $K$ 的摄影镜头中,对角度 $\theta$ 的旋转抖动进行校正时,使像抖动校正用的防抖透镜组VR(移动透镜组)在与光轴正交的方向上移动 $(f \times \tan\theta) / K$ 即可。

[0282] 在第3实施例中,在广角端状态下,防抖系数为 $-0.45$ ,焦距为 $24.82\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.29\text{mm}$ 。在中间焦距状态下,防抖系数为 $-0.50$ ,焦距为 $47.49\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.49\text{mm}$ 。在远焦端状态下,防抖系数为 $-0.58$ ,焦距为 $67.84\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.62\text{mm}$ 。

[0283] 在下述的表3中示出第3实施例中的各参数的值。表3中的面编号1~40对应于图7所示的 $m1 \sim m40$ 的各光学面。

[0284] (表3)

[0285] [透镜参数]

	面编号	R	D	n(d)	vd
[0286]	1	134.61434	2.900	1.74389	49.5
	*2	30.98121	14.105	1.00000	
	*3	-271.55507	0.300	1.56093	36.6



	4	-224.01871	2.100	1.80400	46.6
	5	65.07720	0.200	1.00000	
	6	53.84066	5.401	2.00100	29.1
	7	113.70514	D7	1.00000	
	8	259.91458	3.000	1.59349	67.0
	9	-443.80327	0.243	1.00000	
	10	71.84029	3.500	1.69680	55.5
	11	238.64880	4.057	1.00000	
	12	66.72188	5.288	1.59349	67.0
	13	-145.97738	1.500	1.90366	31.3
	14	49.38387	1.625	1.00000	
	15	83.91292	4.117	1.77250	49.6
	16	-207.54373	D16	1.00000	
	17	59.58569	5.400	1.80400	46.6
	18	-338.02309	D18	1.00000	
[0287]	19	(孔径光阑)	D19	1.00000	
	20	-140.00000	1.178	1.77250	49.6
	21	34.70000	4.110	1.00000	
	22	-37.39824	1.200	1.59349	67.0
	23	-64.12090	0.100	1.00000	
	24	62.46432	2.941	1.90200	25.3
	25	-277.86426	D25	1.00000	
	*26	-157.84803	1.100	1.77250	49.6
	27	61.66083	1.232	1.00000	
	28	63.26230	2.386	1.84666	23.8
	29	198.11149	D29	1.00000	
	*30	74.15506	5.000	1.55332	71.7
	31	-190.85228	0.100	1.00000	
	32	414.99863	1.300	1.84666	23.8
	33	79.29491	6.640	1.59319	67.9

	34	-59.47223	0.188	1.00000		
	35	77.14715	8.284	1.49700	81.6	
	36	-39.12349	1.400	1.70600	30.9	
[0288]	*37	467.32553	D37	1.00000		
	38	74.86867	2.769	1.49700	81.6	
	39	177.01793	1.400	1.79504	28.7	
	40	100.00000	D40	1.00000		
[0289]	[非球面数据]					
	面 $\kappa$	A4	A6	A8	A10	
	2	-8.40000e-03	1.76676e-06	1.42633e-09	-6.16355e-13	3.36393e-16
[0290]	3	5.89560e+00	-4.29758e-07	9.43230e-10	-1.79782e-12	8.72339e-16
	26	-2.40000e+01	-5.18855e-07	4.69601e-10	0.00000e+00	0.00000e+00
	30	7.93900e-01	2.20229e-06	-7.31449e-10	0.00000e+00	0.00000e+00
	37	4.51000e+02	4.05983e-06	9.42292e-10	0.00000e+00	0.00000e+00
[0291]	[各种数据]					
		W	M	T		
	f	24.82	47.49	67.84		
	FNo	2.91	2.91	2.92		
[0292]	$\omega$	42.3	23.8	17.2		
	Y	21.60	21.60	21.60		
	TL	220.442	198.936	201.965		
	BF	42.289	42.290	42.353		
	BF(空气换算)	42.289	42.290	42.353		
[0293]	[可变间隔数据]					
[0294]	无限远					
[0295]		W	M	T		
	D0	$\infty$	$\infty$	$\infty$		

	倍率	-	-	-
	f	24.82	47.49	67.84
	D7	49.018	12.832	1.835
	D16	7.750	7.750	7.750
[0296]	D18	3.000	17.679	31.753
	D19	2.000	3.989	2.000
	D25	1.412	1.412	1.412
	D29	18.411	8.690	1.500
	D37	1.500	9.233	18.301
	D40	42.289	42.290	42.353
[0297]	[透镜组数据]			
	透镜组		始面	焦距
	第 1 透镜组		1	-38.85
	第 2 透镜组		8	42.32
	第 21 透镜组		8	82.21
	第 22 透镜组		17	63.39
[0298]	第 3 透镜组		20	-41.39
	第 31 透镜组		20	-69.44
	第 32 透镜组		26	-122.74
	第 4 透镜组		30	52.58
	第 5 透镜组		38	2000.09
[0299]	[对焦数据]			
		W	M	T
[0300]	透镜移动量	6.75	6.75	6.75
	摄影距离(m)	0.4144	0.3857	0.4059
[0301]	[条件式对应值]			
[0302]	条件式 (1)	$f(1 \sim G_n) t / f_t = 8.425$		
[0303]	条件式 (2)	$-f(G_n \sim G(VR)) w / f_w = 1.668$		
[0304]	条件式 (3)	$f(RP) / f_w = 1.242$		
[0305]	条件式 (4)	$\omega t = 17.2$		
[0306]	条件式 (5)	$\omega w = 42.3$		
[0307]	从表3可知第3实施例的变倍光学系统ZL3满足条件式(1)~(5)。			
[0308]	图8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9是第3实施例的变倍光学系统ZL3的无限远对焦时进行了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。在本实施例中, 如图9所示, 通过与以像高 $y=0.0$ 为中心上下加减的像高15.10对应的横向像差图来表示防抖时的光学性能。

[0309] 如从各像差图可知, 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也具有高的成像性能。

[0310] (第4实施例)

[0311] 使用图10~图12以及表4对第4实施例进行说明。如图10所示, 第4实施例的变倍光学系统ZL(ZL4)由从物体侧依次排列的具有负的光焦度的第1透镜组G1、具有正的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有负的光焦度的第4透镜组G4、具有负的光焦度的第5透镜组G5、具有正的光焦度的第6透镜组G6以及具有负的光焦度的第7透镜组G7构成。

[0312] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11、双凹透镜L12以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13构成。负弯月形透镜L11的像侧面为非球面形状。双凹透镜L12为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。

[0313] 第2透镜组G2(对焦透镜组)由双凸透镜L21、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L22、双凸透镜L23与双凹透镜L24的接合透镜以及双凸透镜L25构成。

[0314] 第3透镜组G3由双凸透镜L31构成。

[0315] 第4透镜组G4(中间组)的与光轴正交的方向的位置被固定, 该第4透镜组G4(中间组)由从物体侧依次排列的双凹透镜L41、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L42以及双凸透镜L43构成。

[0316] 第5透镜组G5(防抖透镜组)由从物体侧依次排列的双凹透镜L51以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L52构成。双凹透镜L51的物体侧面为非球面形状。

[0317] 第6透镜组G6由从物体侧依次排列的双凸透镜L61、凹面朝向像侧的负弯月形透镜L62与双凸透镜L63的接合透镜以及双凸透镜L64与双凹透镜L65的接合透镜构成。双凸透镜L61的物体侧面为非球面形状。双凹透镜L65的像侧面为非球面形状。

[0318] 第7透镜组G7由从物体侧依次排列的凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L71与凹面朝向像侧的负弯月形透镜L72的接合透镜构成。

[0319] 在第3透镜组G3与第4透镜组G4之间具备孔径光阑S。

[0320] 使第1透镜组G1暂时向像侧移动之后向物体侧移动, 使第2透镜组G2向物体侧移动, 使第3透镜组G3向物体侧移动, 使第4透镜组G4暂时向像侧移动之后向物体侧移动, 使第5透镜组G5暂时向像侧移动之后向物体侧移动, 使第6透镜组G6向物体侧移动, 以使各透镜组间隔变化, 从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。第7透镜组G7和孔径光阑S在进行变倍时固定。

[0321] 使第2透镜组G2作为对焦透镜组而向像侧移动, 从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[0322] 在产生像抖动时,使第5透镜组G5作为防抖透镜组VR而以具有与光轴正交的方向的分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。另外,在设整个系统的焦距为 $f$ 、防抖系数(抖动校正中的成像面上的像移动量相对于移动透镜组的移动量的比)为 $K$ 的摄影镜头中,对角度 $\theta$ 的旋转抖动进行校正时,使像抖动校正用的防抖透镜组VR(移动透镜组)在与光轴正交的方向上移动 $(f \times \tan\theta) / K$ 即可。

[0323] 在第4实施例中,在广角端状态下,防抖系数为 $-0.46$ ,焦距为 $25.49\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.29\text{mm}$ 。在中间焦距状态下,防抖系数为 $-0.53$ ,焦距为 $48.81\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.49\text{mm}$ 。在远焦端状态下,防抖系数为 $-0.61$ ,焦距为 $69.45\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.59\text{mm}$ 。

[0324] 在下述的表4中示出第4实施例中的各参数的值。表4中的面编号1~40对应于与图10所示的 $m1 \sim m40$ 的各光学面。

[0325] (表4)

[0326] [透镜参数]

	面编号	R	D	n(d)	vd
[0327]	1	134.61434	2.900	1.74389	49.5
	*2	30.98121	14.105	1.00000	

	*3	-271.55507	0.300	1.56093	36.6
	4	-224.01871	2.100	1.80400	46.6
	5	65.07720	0.200	1.00000	
	6	53.84066	5.401	2.00100	29.1
	7	113.70514	D7	1.00000	
	8	259.91458	3.000	1.59349	67.0
	9	-443.80327	0.243	1.00000	
	10	71.84029	3.500	1.69680	55.5
	11	238.64880	4.057	1.00000	
	12	66.72188	5.288	1.59349	67.0
	13	-145.97738	1.500	1.90366	31.3
	14	49.38387	1.625	1.00000	
	15	83.91292	4.117	1.77250	49.6
	16	-207.54373	D16	1.00000	
[0328]	17	59.58569	5.400	1.80400	46.6
	18	-338.02309	D18	1.00000	
	19	(孔径光阑)	D19	1.00000	
	20	-140.00000	1.178	1.77250	49.6
	21	34.70000	4.110	1.00000	
	22	-37.39824	1.200	1.59349	67.0
	23	-64.12090	0.100	1.00000	
	24	62.46432	2.941	1.90200	25.3
	25	-277.86426	D25	1.00000	
	*26	-157.84803	1.100	1.77250	49.6
	27	61.66083	1.232	1.00000	
	28	63.26230	2.386	1.84666	23.8
	29	198.11149	D29	1.00000	
	*30	74.15506	5.000	1.55332	71.7
	31	-190.85228	0.100	1.00000	
	32	414.99863	1.300	1.84666	23.8

	33	79.29491	6.640	1.59319	67.9	
	34	-59.47223	0.188	1.00000		
	35	77.14715	8.284	1.49700	81.6	
[0329]	36	-39.50000	1.400	1.70600	30.9	
	*37	467.32553	D37	1.00000		
	38	74.86867	2.769	1.48749	70.3	
	39	300.00000	1.400	1.79504	28.7	
	40	100.00000	D40	1.00000		
[0330]	[非球面数据]					
	面 κ	A4	A6	A8	A10	
	2	-8.40000e-03	1.76676e-06	1.42633e-09	-6.16355e-13	3.36393e-16
[0331]	3	5.89560e+00	-4.29758e-07	9.43230e-10	-1.79782e-12	8.72339e-16
	26	-2.40000e+01	-5.18855e-07	4.69601e-10	0.00000e+00	0.00000e+00
	30	7.93900e-01	2.20229e-06	-7.31449e-10	0.00000e+00	0.00000e+00
	37	4.51000e+02	4.05983e-06	9.42292e-10	0.00000e+00	0.00000e+00
[0332]	[各种数据]					
		W	M	T		
	f	25.49	48.81	69.45		
	FNo	2.92	2.92	2.92		
[0333]	ω	41.6	23.3	16.8		
	Y	21.60	21.60	21.60		
	TL	222.079	204.772	203.978		
	BF	44.388	45.157	44.803		
	BF(空气换算)	44.388	45.157	44.803		
[0334]	[可变间隔数据]					
[0335]	无限远					
[0336]		W	M	T		

	D0	$\infty$	$\infty$	$\infty$
	倍率	-	-	-
	f	25.49	48.81	69.45
	D7	49.018	12.832	1.900
	D16	7.750	12.000	8.300
[0337]	D18	2.500	16.500	30.700
	D19	2.000	3.989	2.000
	D25	1.412	3.000	1.412
	D29	18.450	7.000	1.500
	D37	1.500	9.233	18.301
	D40	44.388	45.157	44.803

## [0338] [透镜组数据]

透镜组	始面	焦距
第 1 透镜组	1	-38.85
第 2 透镜组	8	82.21
第 3 透镜组	17	63.39
[0339] 第 4 透镜组	20	-69.44
第 5 透镜组	26	-122.74
第 6 透镜组	30	52.47
第 7 透镜组	38	-3528.86

## [0340] [对焦数据]

	W	M	T
[0341] 透镜移动量	6.75	11.00	7.30
摄影距离(m)	0.4160	0.3019	0.3889

## [0342] [条件式对应值]

[0343] 条件式(1)  $f(1 \sim G_n) t / f_t = 9.194$ [0344] 条件式(2)  $-f(G_n \sim G(VR)) w / f_w = 1.624$ [0345] 条件式(3)  $f(RP) / f_w = 1.240$ [0346] 条件式(4)  $\omega t = 16.8$ [0347] 条件式(5)  $\omega w = 41.6$ 

[0348] 从表4可知,第4实施例的变倍光学系统ZL4满足条件式(1)~(5)。

[0349] 图11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12是第4实施例的变倍光学系统ZL4的无限远对焦时进行了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。在本实施例中, 如图12所示, 通过与以像高 $y=0.0$ 为中心上下加减的像高15.10对应的横向像差图来表示防抖时的光学性能。

[0350] 如从各像差图可知, 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也具有高的成像性能。

[0351] (第5实施例)

[0352] 使用图13~图15以及表5对第5实施例进行说明。如图13所示, 第5实施例的变倍光学系统ZL(ZL5)由从物体侧依次排列的具有负的光焦度的第1透镜组G1、具有正的光焦度的第2透镜组G2、具有负的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4以及具有正的光焦度的第5透镜组G5构成。

[0353] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11、双凹透镜L12以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13构成。负弯月形透镜L11的像侧面为非球面形状。双凹透镜L12为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。

[0354] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第21透镜组G21(对焦透镜组)以及具有正的光焦度的第22透镜组G22构成。

[0355] 第21透镜组G21由从物体侧依次排列的双凸透镜L21、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L22、双凸透镜L23与双凹透镜L24的接合透镜以及双凸透镜L25构成。第22透镜组G22由双凸透镜L26构成。

[0356] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的孔径光阑S、与光轴正交的方向的位置被固定且具有负的光焦度的第31透镜组G31(中间组)以及具有负的光焦度的第32透镜组G32(防抖透镜组)构成。

[0357] 第31透镜组G31由从物体侧依次排列的双凹透镜L31、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L32以及双凸透镜L33构成。第32透镜组G32由从物体侧依次排列的双凹透镜L34以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L35构成。双凹透镜L34的物体侧面为非球面形状。

[0358] 第4透镜组G4由从物体侧依次排列的双凸透镜L41、凹面朝向像侧的负弯月形透镜L42与双凸透镜L43的接合透镜以及双凸透镜L44与双凹透镜L45的接合透镜构成。双凸透镜L41的物体侧面为非球面形状。双凹透镜L45的像侧面为非球面形状。

[0359] 第5透镜组G5由从物体侧依次排列的双凸透镜L51与双凹透镜L52的接合透镜构成。

[0360] 使第1透镜组G1暂时向像侧移动之后向物体侧移动, 使第2透镜组G2向物体侧移动, 使第4透镜组G4向物体侧移动, 以使各透镜组间隔变化, 从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。第3透镜组G3和第5透镜组G5在进行变倍时固定。

[0361] 使第21透镜组G21作为对焦透镜组而向像侧移动, 从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[0362] 在产生像抖动时, 使第32透镜组G32作为防抖透镜组VR而以具有与光轴正交的方向的分量的方式移动, 从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。另外, 在设整个系统的焦距

为 $f$ 、防抖系数(抖动校正中的成像面上的像移动量相对于移动透镜组的移动量的比)为 $K$ 的摄影镜头中,对角度 $\theta$ 的旋转抖动进行校正时,使像抖动校正用的防抖透镜组VR(移动透镜组)在与光轴正交的方向上移动 $(f \times \tan\theta) / K$ 即可。

[0363] 在第5实施例中,在广角端状态下,防抖系数为 $-0.46$ ,焦距为 $24.77\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.28\text{mm}$ 。在中间焦距状态下,防抖系数为 $-0.52$ ,焦距为 $47.50\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.48\text{mm}$ 。在远焦端状态下,防抖系数为 $-0.58$ ,焦距为 $67.85\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.62\text{mm}$ 。

[0364] 在下述的表5中,示出第5实施例中的各参数的值。表5中的面编号1~40对应于图13所示的 $m1 \sim m40$ 的各光学面。

[0365] (表5)

[0366] [透镜参数]

面编号	R	D	n(d)	vd
1	144.94817	2.900	1.74389	49.5
*2	29.83529	14.301	1.00000	
[0367] *3	-322.90228	0.300	1.56093	36.6
4	-228.59270	2.100	1.80400	46.6
5	65.19707	0.200	1.00000	
6	54.96083	5.379	2.00100	29.1

	7	130.46571	D7	1.00000	
	8	127.91888	3.200	1.59349	67.0
	9	-2245.90430	1.780	1.00000	
	10	81.17716	3.500	1.69680	55.5
	11	679.72724	2.453	1.00000	
	12	61.05134	5.724	1.59349	67.0
	13	-130.20006	1.500	1.90366	31.3
	14	46.24112	1.694	1.00000	
	15	77.95470	3.722	1.77250	49.6
	16	-564.05655	D16	1.00000	
	17	60.46759	5.400	1.80400	46.6
	18	-263.45861	D18	1.00000	
	19	(孔径光阑)	2.000	1.00000	
	20	-140.00000	1.178	1.77250	49.6
[0368]	21	35.60000	4.059	1.00000	
	22	-35.16240	1.200	1.72916	54.6
	23	-51.36153	0.100	1.00000	
	24	69.55169	2.879	1.90200	25.3
	25	-209.71368	D25	1.00000	
	*26	-118.85935	1.100	1.77250	49.6
	27	54.49135	1.415	1.00000	
	28	60.78441	2.635	1.90200	25.3
	29	331.09581	D29	1.00000	
	*30	118.81221	4.686	1.55332	71.7
	31	-102.83315	0.100	1.00000	
	32	152.27830	1.300	1.72000	28.0
	33	85.35751	6.402	1.59319	67.9
	34	-54.69093	0.188	1.00000	
	35	959.47501	7.222	1.49700	81.6
	36	-30.23774	1.400	1.70600	29.0

	*37	1029.85760	D37	1.00000		
[0369]	38	53.49812	4.770	1.55332	71.7	
	39	-6970.92580	1.400	1.90366	31.3	
	40	100.00000	D40	1.00000		
[0370]	[非球面数据]					
	面 $\kappa$	A4	A6	A8	A10	
	2	-1.01100e-01	1.43852e-06	1.71179e-09	-1.42870e-12	1.05723e-15
[0371]	3	2.81381e+01	-7.54473e-07	4.14335e-10	-5.77466e-13	3.16668e-16
	26	-1.90000e+01	-9.14707e-07	9.49568e-10	0.00000e+00	0.00000e+00
	30	-1.43460e+00	2.27762e-06	-5.51593e-10	0.00000e+00	0.00000e+00
	37	2.44600e+03	4.05698e-06	0.00000e+00	0.00000e+00	0.00000e+00
[0372]	[各种数据]					
		W	M	T		
	f	24.77	47.50	67.85		
	FNo	2.90	2.90	2.91		
[0373]	$\omega$	42.4	23.8	17.2		
	Y	21.60	21.60	21.60		
	TL	218.725	198.522	200.695		
	BF	41.843	41.843	41.903		
	BF(空气换算)	41.843	41.843	41.903		
[0374]	[可变间隔数据]					
[0375]	无限远					
		W	M	T		
	D0	$\infty$	$\infty$	$\infty$		
[0376]	倍率	-	-	-		
	f	24.77	47.50	67.85		
	D7	49.003	12.690	1.835		

	D16	7.750	7.750	7.750
	D18	1.450	17.610	30.588
[0377]	D25	1.473	1.473	1.473
	D29	17.519	8.681	1.500
	D37	1.500	10.288	17.459
	D40	41.843	41.843	41.903
[0378]	[透镜组数据]			
	透镜组	始面	焦距	
	第 1 透镜组	1	-38.88	
	第 2 透镜组	8	42.16	
	第 21 透镜组	8	80.98	
	第 22 透镜组	17	61.63	
[0379]	第 3 透镜组	19	-42.05	
	第 31 透镜组	19	-71.15	
	第 32 透镜组	26	-121.45	
	第 4 透镜组	30	56.98	
	第 5 透镜组	38	619.99	
[0380]	[对焦数据]			
		W	M	T
[0381]	透镜移动量	6.75	6.75	6.75
	摄影距离(m)	0.4148	0.3865	0.4059
[0382]	[条件式对应值]			
[0383]	条件式 (1) $f(1\sim G_n) t/f_t=5.464$			
[0384]	条件式 (2) $-f(G_n\sim G(VR)) w/f_w=1.698$			
[0385]	条件式 (3) $f(RP)/f_w=1.352$			
[0386]	条件式 (4) $\omega t=17.2$			
[0387]	条件式 (5) $\omega w=42.4$			

[0388] 从表5可知,第5实施例的变倍光学系统ZL5满足条件式(1)~(5)。

[0389] 图14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15是第5实施例的变倍光学系统ZL5的无限远对焦时进行了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。在本实施例中,如图15所示,通过与以像高 $y=0.0$ 为中心上下加减的像高15.10对应的横向像差图来表示防抖时的光学性能。

[0390] 如从各像差图可知,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也具有高的成像性能。

[0391] (第6实施例)

[0392] 使用图16~图18以及表6对第6实施例进行说明。如图16所示,第6实施例的变倍光学系统ZL(ZL6)由从物体侧依次排列的具有负的光焦度的第1透镜组G1、具有正的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有负的光焦度的第4透镜组G4、具有负的光焦度的第5透镜组G5、具有正的光焦度的第6透镜组G6以及具有正的光焦度的第7透镜组G7构成。

[0393] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11、双凹透镜L12以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13构成。负弯月形透镜L11的像侧面为非球面形状。双凹透镜L12为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。

[0394] 第2透镜组G2(对焦透镜组)由双凸透镜L21、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L22、双凸透镜L23与双凹透镜L24的接合透镜以及双凸透镜L25构成。

[0395] 第3透镜组G3由双凸透镜L31构成。

[0396] 第4透镜组G4(中间组)的与光轴正交的方向的位置被固定,该第4透镜组G4(中间组)由从物体侧依次排列的孔径光阑S、双凹透镜L41、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L42以及双凸透镜L43构成。

[0397] 第5透镜组G5(防抖透镜组)由从物体侧依次排列的双凹透镜L51以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L52构成。双凹透镜L51的物体侧面为非球面形状。

[0398] 第6透镜组G6由从物体侧依次排列的双凸透镜L61、凹面朝向像侧的负弯月形透镜L62与双凸透镜L63的接合透镜以及双凸透镜L64与双凹透镜L65的接合透镜构成。双凸透镜L61的物体侧面为非球面形状。双凹透镜L65的像侧面为非球面形状。

[0399] 第7透镜组G7由从物体侧依次排列的双凸透镜L71与双凹透镜L72的接合透镜构成。

[0400] 使第1透镜组G1暂时向像侧移动之后向物体侧移动,使第2透镜组G2向物体侧移动,使第3透镜组G3向物体侧移动,使第4透镜组G4向像侧移动,使第5透镜组G5暂时向像侧移动之后向物体侧移动,使第6透镜组G6向物体侧移动,以使各透镜组间隔变化,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。第7透镜组G7在进行变倍时固定。

[0401] 使第2透镜组G2作为对焦透镜组而向像侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[0402] 在产生像抖动时,使第5透镜组G5作为防抖透镜组VR而以具有与光轴正交的方向的分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。另外,在设整个系统的焦距为 $f$ 、防抖系数(抖动校正中的成像面上的像移动量相对于移动透镜组的移动量的比)为 $K$ 的摄影镜头中,对角度 $\theta$ 的旋转抖动进行校正时,使像抖动校正用的防抖透镜组VR(移动透镜组)在与光轴正交的方向上移动 $(f \times \tan\theta)/K$ 即可。

[0403] 在第6实施例中,在广角端状态下,防抖系数为 $-0.46$ ,焦距为 $24.73\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.28\text{mm}$ 。在中间焦距状态下,防抖

系数为-0.53,焦距为47.48mm,因此用于对0.30度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.48mm。在远焦端状态下,防抖系数为-0.58,焦距为67.41mm,因此用于对0.30度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.61mm。

[0404] 在下述的表6中,示出第6实施例中的各参数的值。表6中的面编号1~40对应于图16所示的m1~m40的各光学面。

[0405] (表6)

[0406] [透镜参数]

面编号	R	D	n(d)	vd
1	144.94817	2.900	1.74389	49.5
*2	29.83529	14.301	1.00000	
*3	-322.90228	0.300	1.56093	36.6
[0407] 4	-228.59270	2.100	1.80400	46.6
5	65.19707	0.200	1.00000	
6	54.96083	5.379	2.00100	29.1
7	130.46571	D7	1.00000	
8	127.91888	3.200	1.59349	67.0
9	-2245.90430	1.780	1.00000	

	10	81.17716	3.500	1.69680	55.5
	11	679.72724	2.453	1.00000	
	12	61.05134	5.724	1.59349	67.0
	13	-130.20006	1.500	1.90366	31.3
	14	46.24112	1.694	1.00000	
	15	77.95470	3.722	1.77250	49.6
	16	-564.05655	D16	1.00000	
	17	60.46759	5.400	1.80400	46.6
	18	-263.45861	D18	1.00000	
	19	(孔径光阑)	2.000	1.00000	
	20	-140.00000	1.178	1.77250	49.6
	21	35.60000	4.059	1.00000	
	22	-35.16240	1.200	1.72916	54.6
	23	-51.36153	0.100	1.00000	
[0408]	24	69.55169	2.879	1.90200	25.3
	25	-209.71368	D25	1.00000	
	*26	-118.85935	1.100	1.77250	49.6
	27	54.49135	1.415	1.00000	
	28	60.78441	2.635	1.90200	25.3
	29	331.09581	D29	1.00000	
	*30	118.81221	4.686	1.55332	71.7
	31	-102.83315	0.100	1.00000	
	32	152.27830	1.300	1.72000	28.0
	33	85.35751	6.402	1.59319	67.9
	34	-54.69093	0.188	1.00000	
	35	959.47501	7.222	1.49700	81.6
	36	-30.23774	1.400	1.70600	29.0
	*37	1029.85760	D37	1.00000	
	38	53.49812	4.770	1.55332	71.7
	39	-6970.92580	1.400	1.90366	31.3
[0409]	40	100.00000	D40	1.00000	
[0410]	[非球面数据]				



面 κ		A4	A6	A8	A10	
	2	-1.01100e-01	1.43852e-06	1.71179e-09	-1.42870e-12	1.05723e-15
[0411]	3	2.81381e+01	-7.54473e-07	4.14335e-10	-5.77466e-13	3.16668e-16
	26	-1.90000e+01	-9.14707e-07	9.49568e-10	0.00000e+00	0.00000e+00
	30	-1.43460e+00	2.27762e-06	-5.51593e-10	0.00000e+00	0.00000e+00
	37	2.44600e+03	4.05698e-06	0.00000e+00	0.00000e+00	0.00000e+00
[0412]	[各种数据]					
		W	M	T		
	f	24.73	47.48	67.41		
	FNo	2.90	2.90	2.93		
[0413]	ω	42.5	23.9	17.3		
	Y	21.60	21.60	21.60		
	TL	218.388	200.467	201.434		
	BF	41.880	42.603	42.530		
	BF(空气换算)	41.880	42.603	42.530		
[0414]	[可变间隔数据]					
[0415]	无限远					
		W	M	T		
	D0	∞	∞	∞		
	倍率	-	-	-		
[0416]	f	24.73	47.48	67.41		
	D7	49.003	12.690	1.835		
	D16	7.750	9.500	8.500		
	D18	1.450	17.000	30.000		
	D25	1.100	2.500	1.473		
	D29	17.519	7.700	1.450		
[0417]	D37	1.500	10.288	17.459		
	D40	41.880	42.603	42.530		
[0418]	[透镜组数据]					

	透镜组	始面	焦距	
	第 1 透镜组	1	-38.88	
	第 2 透镜组	8	80.98	
[0419]	第 3 透镜组	17	61.63	
	第 4 透镜组	19	-71.15	
	第 5 透镜组	26	-121.45	
	第 6 透镜组	30	56.98	
	第 7 透镜组	38	619.99	
[0420]	[对焦数据]			
		W	M	T
[0421]	透镜移动量	6.75	8.50	7.50
	摄影距离(m)	0.4145	0.3406	0.3816

[0422] [条件式对应值]

[0423] 条件式(1)  $f(1 \sim G_n) t / f_t = 5.692$

[0424] 条件式(2)  $-f(G_n \sim G(VR)) w / f_w = 1.704$

[0425] 条件式(3)  $f(RP) / f_w = 1.352$

[0426] 条件式(4)  $\omega t = 17.3$

[0427] 条件式(5)  $\omega w = 42.5$

[0428] 从表6可知,第6实施例的变倍光学系统ZL6满足条件式(1)~(5)。

[0429] 图17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18是第6实施例的变倍光学系统ZL6的无限远对焦时进行了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。在本实施例中,如图18所示,通过与以像高 $y=0.0$ 为中心上下加减的像高15.10对应的横向像差图来表示防抖时的光学性能。

[0430] 如从各像差图可知,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也具有高的成像性能。

[0431] (第7实施例)

[0432] 使用图19~图21以及表7对第7实施例进行说明。如图19所示,第7实施例的变倍光学系统ZL(ZL7)由从物体侧依次排列的具有负的光焦度的第1透镜组G1、具有正的光焦度的第2透镜组G2、具有负的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4以及具有正的光焦度的第5透镜组G5构成。

[0433] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11、双凹透镜L12以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13构成。负弯月形透镜L11的像侧面为非球面形状。双凹透镜L12为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。

[0434] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第21透镜组G21(对焦透镜组)以及具有正的光焦度的第22透镜组G22构成。

[0435] 第21透镜组G21由从物体侧依次排列的凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L21、双凸透镜L22、双凹透镜L23以及双凸透镜L24构成。第22透镜组G22由双凸透镜L25构成。

[0436] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的孔径光阑S、与光轴正交的方向的位置被固定且具有负的光焦度的第31透镜组G31(中间组)以及具有负的光焦度的第32透镜组G32(防抖透镜组)构成。

[0437] 第31透镜组G31由从物体侧依次排列的双凹透镜L31、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L32以及双凸透镜L33构成。第32透镜组G32由从物体侧依次排列的双凹透镜L34以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L35构成。双凹透镜L34的物体侧面为非球面形状。

[0438] 第4透镜组G4由从物体侧依次排列的双凸透镜L41、双凸透镜L42以及双凸透镜L43与双凹透镜L44的接合透镜构成。双凸透镜L41的物体侧面为非球面形状。

[0439] 第5透镜组G5由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L51与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L52的接合透镜构成。

[0440] 使第1透镜组G1暂时向像侧移动之后向物体侧移动,使第2透镜组G2向物体侧移动,使第4透镜组G4向物体侧移动,以使各透镜组间隔变化,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。第3透镜组G3和第5透镜组G5在进行变倍时固定。

[0441] 使第21透镜组G21作为对焦透镜组而向像侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[0442] 在产生像抖动时,使第32透镜组G32作为防抖透镜组VR而以具有与光轴正交的方向的分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。另外,在设整个系统的焦距为 $f$ 、防抖系数(抖动校正中的成像面上的像移动量相对于移动透镜组的移动量的比)为 $K$ 的摄影镜头中,对角度 $\theta$ 的旋转抖动进行校正时,使像抖动校正用的防抖透镜组VR(移动透镜组)在与光轴正交的方向上移动 $(f \times \tan\theta) / K$ 即可。

[0443] 在第7实施例中,在广角端状态下,防抖系数为 $-0.46$ ,焦距为 $24.77\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.29\text{mm}$ 。在中间焦距状态下,防抖系数为 $-0.52$ ,焦距为 $47.50\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.48\text{mm}$ 。在远焦端状态下,防抖系数为 $-0.58$ ,焦距为 $67.86\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.62\text{mm}$ 。

[0444] 在下述的表7中,示出第7实施例中的各参数的值。表7中的面编号1~38对应于图19所示的 $m1 \sim m38$ 的各光学面。

[0445] (表7)

[0446] [透镜参数]

面编号	R	D	n(d)	vd
1	155.89691	2.900	1.74389	49.5
*2	29.88191	12.307	1.00000	
*3	-998.95016	0.380	1.56093	36.6
4	-380.00000	2.100	1.75500	52.3
5	54.41504	0.200	1.00000	
6	48.25639	5.777	1.90200	25.3
[0447] 7	111.71017	D7	1.00000	
8	75.52522	4.500	1.75000	53.0
9	599.23665	3.427	1.00000	
10	65.44832	4.500	1.75500	52.3
11	-536.13486	0.864	1.00000	
12	-161.64034	1.550	1.90200	25.3
13	48.60000	1.455	1.00000	
14	77.92408	4.650	1.77250	49.6
15	-199.82321	D15	1.00000	

	16	59.54554	5.676	1.81600	46.6	
	17	-305.53264	D17	1.00000		
	18	(孔径光阑)	2.000	1.00000		
	19	-140.00000	1.200	1.77250	49.6	
	20	34.07853	4.022	1.00000		
	21	-34.00000	1.200	1.72916	54.6	
	22	-47.36695	0.100	1.00000		
	23	60.05931	3.182	1.84666	23.8	
	24	-160.47286	D24	1.00000		
	*25	-266.90180	1.100	1.77250	49.6	
	26	80.68524	0.780	1.00000		
[0448]	27	68.16544	1.736	1.84666	23.8	
	28	100.00000	D28	1.00000		
	*29	300.52804	4.082	1.55332	71.7	
	30	-61.39111	0.100	1.00000		
	31	178.14990	4.513	1.60300	65.4	
	32	-65.35343	0.200	1.00000		
	33	142.59265	7.934	1.65160	58.6	
	34	-28.88978	1.400	1.90200	29.1	
	35	300.00000	D35	1.00000		
	36	137.03160	1.400	1.83000	37.0	
	37	64.66324	3.650	1.59319	67.9	
	38	735.00000	D38	1.00000		
[0449]	[非球面数据]					
	面 κ	A4	A6	A8	A10	
	2	-9.54700e-01	5.69885e-06	-1.82979e-09	8.49633e-13	0.00000e+00
[0450]	3	-1.40000e+01	-6.77491e-07	-2.49807e-10	0.00000e+00	0.00000e+00
	25	-1.90000e+01	3.06942e-07	-6.70956e-10	0.00000e+00	0.00000e+00
	29	5.86950e+00	-6.89526e-07	2.25877e-09	0.00000e+00	0.00000e+00
[0451]	[各种数据]					

	W	M	T
f	24.77	47.50	67.86
FNo	2.90	2.90	2.90
$\omega$	42.4	23.9	17.2
[0452] Y	21.60	21.60	21.60
TL	210.992	190.994	193.977
BF	39.982	39.983	40.044
BF(空气换算)	39.982	39.983	40.044
[0453] [可变间隔数据]			
[0454] 无限远			
	W	M	T
D0	$\infty$	$\infty$	$\infty$
倍率	-	-	-
f	24.77	47.50	67.86
D7	49.068	12.647	1.800
[0455] D15	7.785	7.785	7.785
D17	3.346	19.816	33.635
D24	0.999	0.999	0.999
D28	19.428	10.413	3.291
D35	1.500	10.465	17.538
D38	39.982	39.983	40.044
[0456] [透镜组数据]			
透镜组	始面	焦距	
[0457] 第 1 透镜组	1	-38.96	
第 2 透镜组	8	42.92	
第 21 透镜组	8	85.00	

	第 22 透镜组	16	61.50	
	第 3 透镜组	18	-45.09	
[0458]	第 31 透镜组	18	-84.08	
	第 32 透镜组	25	-117.85	
	第 4 透镜组	29	56.15	
	第 5 透镜组	36	620.00	
[0459]	[对焦数据]			
		W	M	T
[0460]	透镜移动量	6.785	6.785	6.785
	摄影距离(m)	0.3997	0.3832	0.4060

[0461] [条件式对应值]

[0462] 条件式 (1)  $f(1 \sim G_n) t / f_t = 3.792$

[0463] 条件式 (2)  $-f(G_n \sim G(VR)) w / f_w = 1.820$

[0464] 条件式 (3)  $f(RP) / f_w = 1.308$

[0465] 条件式 (4)  $\omega t = 17.2$

[0466] 条件式 (5)  $\omega w = 42.4$

[0467] 从表7可知,第7实施例的变倍光学系统ZL7满足条件式(1)~(5)。

[0468] 图20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21是第7实施例的变倍光学系统ZL7的无限远对焦时进行了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。在本实施例中,如图21所示,通过与以像高 $y=0.0$ 为中心上下加减的像高15.10对应的横向像差图来表示防抖时的光学性能。

[0469] 如从各像差图可知,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也具有高的成像性能。

[0470] (第8实施例)

[0471] 使用图22~图24以及表8对第8实施例进行说明。如图22所示,第8实施例的变倍光学系统ZL(ZL8)由从物体侧依次排列的具有负的光焦度的第1透镜组G1、具有正的光焦度的第2透镜组G2、具有负的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4以及具有正的光焦度的第5透镜组G5构成。

[0472] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11、双凹透镜L12以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13构成。负弯月形透镜L11的像侧面为非球面形状。双凹透镜L12为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。

[0473] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的眩光消减光圈FC、具有正的光焦度的第21透镜组G21(对焦透镜组)以及具有正的光焦度的第22透镜组G22构成。

[0474] 第21透镜组G21由从物体侧依次排列的凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L21、双凸透镜L22、双凹透镜L23以及双凸透镜L24构成。第22透镜组G22由双凸透镜L25构成。

[0475] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的孔径光阑S、与光轴正交的方向的位置被固定且具有负的光焦度的第31透镜组G31(中间组)以及具有负的光焦度的第32透镜组G32(防抖透镜组)构成。

[0476] 第31透镜组G31由从物体侧依次排列的双凹透镜L31、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L32以及双凸透镜L33构成。第32透镜组G32由从物体侧依次排列的双凹透镜L34以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L35构成。双凹透镜L34的物体侧面为非球面形状。

[0477] 第4透镜组G4由从物体侧依次排列的凸面朝向像侧的正弯月形透镜L41、双凸透镜L42以及双凸透镜L43与双凹透镜L44的接合透镜构成。正弯月形透镜L41的物体侧面为非球面形状。

[0478] 第5透镜组G5由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L51与凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L52的接合透镜构成。

[0479] 使第1透镜组G1暂时向像侧移动之后向物体侧移动,使第2透镜组G2向物体侧移动,使第4透镜组G4向物体侧移动,以使各透镜组间隔变化,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。第3透镜组G3和第5透镜组G5在进行变倍时固定。

[0480] 使第21透镜组G21作为对焦透镜组而向像侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[0481] 在产生像抖动时,使第32透镜组G32作为防抖透镜组VR而以具有与光轴正交的方向的分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。另外,在设整个系统的焦距为 $f$ 、防抖系数(抖动校正中的成像面上的像移动量相对于移动透镜组的移动量的比)为 $K$ 的摄影镜头中,对角度 $\theta$ 的旋转抖动进行校正时,使像抖动校正用的防抖透镜组VR(移动透镜组)在与光轴正交的方向上移动 $(f \times \tan\theta) / K$ 即可。

[0482] 在第8实施例中,在广角端状态下,防抖系数为 $-0.50$ ,焦距为 $24.77\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.26\text{mm}$ 。在中间焦距状态下,防抖系数为 $-0.58$ ,焦距为 $47.50\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.43\text{mm}$ 。在远焦端状态下,防抖系数为 $-0.66$ ,焦距为 $67.85\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.54\text{mm}$ 。

[0483] 在下述的表8中,示出第8实施例中的各参数的值。表8中的面编号 $1 \sim 39$ 对应于图22所示的 $m1 \sim m39$ 的各光学面。

[0484] (表8)

[0485] [透镜参数]



面编号	R	D	n(d)	vd
1	171.22378	2.900	1.74389	49.5
*2	29.77139	12.208	1.00000	
*3	-2272.73400	0.380	1.56093	36.6
4	-400.00000	2.100	1.75500	52.3
5	59.96509	0.200	1.00000	
6	50.35816	7.000	1.90200	25.3
7	111.56759	D7	1.00000	
8	0.00000	0.200	1.00000	
9	82.35931	3.100	1.75000	51.0
[0486] 10	869.55661	3.243	1.00000	
11	65.70660	4.150	1.77250	49.6
12	-400.15117	0.889	1.00000	
13	-142.76803	1.550	1.90200	25.3
14	49.72103	1.379	1.00000	
15	78.21406	4.000	1.77250	49.6
16	-195.63433	D16	1.00000	
17	58.26284	5.676	1.81600	46.6
18	-346.07444	D18	1.00000	
19	(孔径光阑)	2.000	1.00000	
20	-140.00000	1.200	1.77250	49.6
21	36.40792	4.110	1.00000	

	22	-39.80791	1.200	1.72916	54.7	
	23	-59.45079	0.100	1.00000		
	24	69.32659	3.085	1.84666	23.8	
	25	-134.48153	D25	1.00000		
	*26	-251.99331	1.100	1.77250	49.6	
	27	63.18500	0.868	1.00000		
	28	59.71324	2.131	1.86000	24.2	
	29	100.00000	D29	1.00000		
[0487]	*30	-900.00000	3.663	1.55332	71.7	
	31	-54.18440	0.100	1.00000		
	32	84.94639	5.806	1.60300	65.5	
	33	-60.43832	0.200	1.00000		
	34	278.20778	6.810	1.65160	58.5	
	35	-32.56689	1.400	1.90200	28.5	
	36	191.68646	D36	1.00000		
	37	132.64391	1.400	1.83000	34.0	
	38	61.28313	3.734	1.59319	67.9	
	39	735.00000	D39	1.00000		
[0488]	[非球面数据]					
	面 κ	A4	A6	A8	A10	
	2	-3.84000e-01	2.66465e-06	-1.34312e-10	-5.72743e-14	0.00000e+00
[0489]	3	3.50000e+00	-9.48227e-07	-3.38888e-10	0.00000e+00	0.00000e+00
	26	-2.80000e+01	3.11252e-07	-7.78416e-10	0.00000e+00	0.00000e+00
	30	-6.00000e+00	-1.99894e-06	1.27933e-09	0.00000e+00	0.00000e+00
[0490]	[各种数据]					
		W	M	T		
[0491]	f	24.77	47.50	67.85		
	FNo	2.90	2.90	2.90		

	$\omega$	42.4	24.0	17.2
	Y	21.60	21.60	21.60
[0492]	TL	209.253	187.862	189.544
	BF	40.016	40.020	40.085
	BF(空气换算)	40.016	40.020	40.085
[0493]	[可变间隔数据]			
[0494]	无限远			
	W	M	T	
	D0	$\infty$	$\infty$	$\infty$
	倍率	-	-	-
	f	24.77	47.50	67.85
	D7	49.018	12.518	1.800
[0495]	D16	7.835	7.835	7.835
	D18	3.200	18.355	30.700
	D25	0.930	0.930	0.930
	D29	18.873	9.373	1.900
	D36	1.500	10.950	18.413
	D39	40.016	40.020	40.085
[0496]	[透镜组数据]			
	透镜组	始面	焦距	
	第 1 透镜组	1	-39.60	
	第 2 透镜组	8	41.35	
	第 21 透镜组	8	84.99	
[0497]	第 22 透镜组	17	61.50	
	第 3 透镜组	19	-43.44	
	第 31 透镜组	19	-85.70	
	第 32 透镜组	26	-106.03	
	第 4 透镜组	30	54.89	
[0498]	第 5 透镜组	37	619.95	
[0499]	[对焦数据]			

	W	M	T
[0500] 透镜移动量	6.835	6.835	6.835
摄影距离(m)	0.4055	0.3839	0.4040

[0501] [条件式对应值]

[0502] 条件式(1)  $f(1 \sim G_n) t / f_t = 3.390$

[0503] 条件式(2)  $-f(G_n \sim G(VR)) w / f_w = 1.754$

[0504] 条件式(3)  $f(RP) / f_w = 1.327$

[0505] 条件式(4)  $\omega t = 17.2$

[0506] 条件式(5)  $\omega w = 42.4$

[0507] 从表8可知,第8实施例的变倍光学系统ZL8满足条件式(1)~(5)。

[0508] 图23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24是第8实施例的变倍光学系统ZL8的无限远对焦时进行了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。在本实施例中,如图24所示,通过与以像高 $y=0.0$ 为中心上下加减的像高15.10对应的横向像差图来表示防抖时的光学性能。

[0509] 如从各像差图可知,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也具有高的成像性能。

[0510] (第9实施例)

[0511] 使用图25~图27以及表9对第9实施例进行说明。如图25所示,第9实施例的变倍光学系统ZL(ZL9)由从物体侧依次排列的具有负的光焦度的第1透镜组G1、具有正的光焦度的第2透镜组G2、具有负的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4以及具有正的光焦度的第5透镜组G5构成。

[0512] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11、双凹透镜L12以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13构成。负弯月形透镜L11的像侧面为非球面形状。

[0513] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第21透镜组G21(对焦透镜组)以及具有正的光焦度的第22透镜组G22构成。

[0514] 第21透镜组G21由从物体侧依次排列的双凸透镜L21、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L22、双凸透镜L23与双凹透镜L24的接合透镜以及双凸透镜L25构成。第22透镜组G22由从物体侧依次排列的双凸透镜L26与凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L27的接合透镜构成。

[0515] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的与光轴正交的方向的位置被固定且具有负的光焦度的第31透镜组G31(中间组)以及具有负的光焦度的第32透镜组G32(防抖透镜组)构成。

[0516] 第31透镜组G31由从物体侧依次排列的双凹透镜L31、凹面朝向物体侧的负弯月形透镜L32以及凸面朝向像侧的正弯月形透镜L33构成。第32透镜组G32由从物体侧依次排列的双凹透镜L34以及双凸透镜L35构成。双凹透镜L34的两侧面为非球面形状。

[0517] 第4透镜组G4由从物体侧依次排列的双凸透镜L41、双凸透镜L42以及双凸透镜L43与双凹透镜L44的接合透镜构成。双凸透镜L41的物体侧面为非球面形状。双凹透镜L44的像侧面为非球面形状。

[0518] 第5透镜组G5由从物体侧依次排列的双凸透镜L51与双凹透镜L52的接合透镜构成。

[0519] 在第2透镜组G2与第3透镜组G3之间具备孔径光阑S。

[0520] 使第1透镜组G1暂时向像侧移动之后向物体侧移动,使第2透镜组G2向物体侧移动,使第3透镜组G3暂时向像侧移动之后向物体侧移动,使第4透镜组G4向物体侧移动,以使各透镜组间隔变化,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。第5透镜组G5和孔径光阑S在进行变倍时固定。

[0521] 使第21透镜组G21作为对焦透镜组而向像侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[0522] 在产生像抖动时,使第32透镜组G32作为防抖透镜组VR而以具有与光轴正交的方向的分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。另外,在设整个系统的焦距为 $f$ 、防抖系数(抖动校正中的成像面上的像移动量相对于移动透镜组的移动量的比)为 $K$ 的摄影镜头中,对角度 $\theta$ 的旋转抖动进行校正时,使像抖动校正用的防抖透镜组VR(移动透镜组)在与光轴正交的方向上移动 $(f \times \tan\theta) / K$ 即可。

[0523] 在第9实施例中,在广角端状态下,防抖系数为 $-0.51$ ,焦距为 $24.77\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.25\text{mm}$ 。在中间焦距状态下,防抖系数为 $-0.57$ ,焦距为 $47.50\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.43\text{mm}$ 。在远焦端状态下,防抖系数为 $-0.66$ ,焦距为 $67.85\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.54\text{mm}$ 。

[0524] 在下述的表9中,示出第9实施例中的各参数的值。表9中的面编号 $1 \sim 39$ 对应于图25所示的 $m1 \sim m39$ 的各光学面。

[0525] (表9)

[0526] [透镜参数]

面编号	R	D	n(d)	vd
1	180.28031	2.900	1.74389	49.5
*2	30.43353	15.281	1.00000	
3	-400.00000	2.100	1.80400	46.6
4	61.64102	0.200	1.00000	
5	52.74108	5.413	2.00100	29.1
6	127.21255	D6	1.00000	
7	250.61095	3.650	1.48749	70.3
8	-249.39202	0.258	1.00000	
9	60.71776	3.347	1.69680	55.5
10	223.73133	2.543	1.00000	
11	88.72642	4.052	1.59349	67.0
[0527] 12	-200.28776	1.450	1.90366	31.3
13	46.94856	1.456	1.00000	
14	71.21863	4.324	1.77250	49.6
15	-259.88006	D15	1.00000	
16	64.61643	5.373	1.80400	46.6
17	-171.33576	1.500	1.85026	32.4
18	-427.99181	D18	1.00000	
19	(孔径光阑)	D19	1.00000	
20	-140.00000	1.200	1.77250	49.6
21	98.73269	2.349	1.00000	
22	-46.53449	1.200	1.76000	50.0
23	-88.62573	0.100	1.00000	
24	-227.14142	2.169	1.90200	25.3
25	-65.70168	D25	1.00000	

	*26	-82.31022	1.100	1.77250	49.6	
	*27	41.14809	1.433	1.00000		
	28	50.51593	3.020	1.90200	25.3	
	29	-7587.28970	D29	1.00000		
	*30	445.83969	3.966	1.55332	71.7	
	31	-73.29859	0.100	1.00000		
[0528]	32	153.51046	3.949	1.60300	65.4	
	33	-101.27922	0.200	1.00000		
	34	86.09865	7.212	1.59319	67.9	
	35	-40.79305	1.200	1.79000	26.0	
	*36	180.00000	D36	1.00000		
	37	69.32616	4.432	1.61800	63.3	
	38	-225.96343	1.200	1.90366	31.3	
	39	140.29946	D39	1.00000		
[0529]	[非球面数据]					
	面 $\kappa$	A4	A6	A8	A10	
	2	-1.14500e-01	2.30934e-06	4.18972e-10	6.24631e-13	0.00000e+00
[0530]	26	-4.22870e+00	4.95698e-23	1.31315e-09	0.00000e+00	0.00000e+00
	27	5.80700e-01	3.38518e-07	0.00000e+00	0.00000e+00	0.00000e+00
	30	1.94200e-01	3.81661e-06	-2.35375e-09	0.00000e+00	0.00000e+00
	36	1.00000e+00	4.12000e-06	0.00000e+00	0.00000e+00	0.00000e+00
[0531]	[各种数据]					
		W	M	T		
	f	24.77	47.50	67.85		
[0532]	FNo	2.90	2.90	2.92		
	$\omega$	42.3	23.9	17.2		
	Y	21.60	21.60	21.60		
	TL	214.110	194.068	198.548		
	BF	40.318	40.318	40.378		
[0533]	BF(空气换算)	40.318	40.318	40.378		
[0534]	[可变间隔数据]					
[0535]	无限远					

	W	M	T
D0	$\infty$	$\infty$	$\infty$
倍率	-	-	-
f	24.77	47.50	67.85
D6	49.013	12.596	1.845
[0536] D15	7.840	7.840	7.840
D18	3.000	19.375	34.606
D19	2.000	3.243	2.000
D25	0.930	0.930	0.930
D29	20.833	9.633	1.900
D36	1.500	11.458	20.373
D39	40.318	40.318	40.378
[0537] [透镜组数据]			
透镜组	始面	焦距	
第 1 透镜组	1	-39.13	
第 2 透镜组	7	43.78	
第 21 透镜组	7	80.97	
[0538] 第 22 透镜组	16	71.04	
第 3 透镜组	20	-48.53	
第 31 透镜组	20	-95.21	
第 32 透镜组	26	-105.72	
第 4 透镜组	30	57.82	
第 5 透镜组	37	700.00	
[0539] [对焦数据]			
	W	M	T
[0540] 透镜移动量	6.840	6.840	6.840
摄影距离(m)	0.4165	0.3788	0.3972
[0541] [条件式对应值]			
[0542] 条件式 (1) $f(1 \sim G_n) t / f_t = 3.127$			
[0543] 条件式 (2) $-f(G_n \sim G(VR)) w / f_w = 1.959$			
[0544] 条件式 (3) $f(RP) / f_w = 1.321$			
[0545] 条件式 (4) $\omega t = 17.2$			



[0546] 条件式(5)  $\omega_w=42.3$

[0547] 从表9可知,第9实施例的变倍光学系统ZL9满足条件式(1)~(5)。

[0548] 图26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27是第9实施例的变倍光学系统ZL9的无限远对焦时进行了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。在本实施例中,如图27所示,通过与以像高 $y=0.0$ 为中心上下加减的像高15.10对应的横向像差图来表示防抖时的光学性能。

[0549] 如从各像差图可知,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也具有高的成像性能。

[0550] (第10实施例)

[0551] 使用图28~图30以及表10对第10实施例进行说明。如图28所示,第10实施例的变倍光学系统ZL(ZL10)由从物体侧依次排列的具有负的光焦度的第1透镜组G1、具有正的光焦度的第2透镜组G2、具有负的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4以及具有正的光焦度的第5透镜组G5构成。

[0552] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L12与双凹透镜L13的接合透镜以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L14构成。负弯月形透镜L11的像侧面为非球面形状。

[0553] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第21透镜组G21(对焦透镜组)以及具有正的光焦度的第22透镜组G22构成。

[0554] 第21透镜组G21由从物体侧依次排列的凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L21、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L22、双凸透镜L23与双凹透镜L24的接合透镜以及双凸透镜L25构成。第22透镜组G22由双凸透镜L26构成。正弯月形透镜L22的物体侧面为非球面形状。

[0555] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的孔径光阑S、与光轴正交的方向的位置被固定且具有负的光焦度的第31透镜组G31(中间组)以及具有负的光焦度的第32透镜组G32(防抖透镜组)构成。

[0556] 第31透镜组G31由从物体侧依次排列的双凹透镜L31以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L32构成。第32透镜组G32由从物体侧依次排列的双凹透镜L33以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L34构成。双凹透镜L33的物体侧面为非球面形状。

[0557] 第4透镜组G4由从物体侧依次排列的双凸透镜L41、凹面朝向像侧的负弯月形透镜L42与双凸透镜L43的接合透镜以及双凸透镜L44与双凹透镜L45的接合透镜构成。双凸透镜L41的物体侧面为非球面形状。双凹透镜L45的像侧面为非球面形状。

[0558] 第5透镜组G5由从物体侧依次排列的凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L51与凹面朝向像侧的负弯月形透镜L52的接合透镜构成。

[0559] 使第1透镜组G1暂时向像侧移动之后向物体侧移动,使第2透镜组G2向物体侧移动,使第3透镜组G3暂时向像侧移动之后向物体侧移动,使第4透镜组G4向物体侧移动,以使各透镜组间隔变化,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。第5透镜组G5在进行变倍时固定。

[0560] 使第21透镜组G21作为对焦透镜组而向像侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[0561] 在产生像抖动时,使第32透镜组G32作为防抖透镜组VR而以具有与光轴正交的方向的分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。另外,在设整个系统的焦距为 $f$ 、防抖系数(抖动校正中的成像面上的像移动量相对于移动透镜组的移动量的比)为 $K$ 的摄影镜头中,对角度 $\theta$ 的旋转抖动进行校正时,使像抖动校正用的防抖透镜组VR(移动透镜组)在与光轴正交的方向上移动 $(f \times \tan\theta) / K$ 即可。

[0562] 在第10实施例中,在广角端状态下,防抖系数为 $-0.50$ ,焦距为 $24.77\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.26\text{mm}$ 。在中间焦距状态下,防抖系数为 $-0.57$ ,焦距为 $47.50\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.44\text{mm}$ 。在远焦端状态下,防抖系数为 $-0.66$ ,焦距为 $67.84\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.54\text{mm}$ 。

[0563] 在下述的表10中,示出第10实施例中的各参数的值。表10中的面编号1~38对应于图28所示的 $m1 \sim m38$ 的各光学面。

[0564] (表10)

[0565] [透镜参数]

面编号	R	D	n(d)	vd
1	179.73529	2.880	1.74389	49.5
*2	28.00000	13.314	1.00000	
3	-709.59863	2.295	1.80518	25.4
4	-228.05154	2.100	1.76500	49.5
5	90.21469	0.200	1.00000	
6	56.00020	4.396	2.00100	29.1
7	96.29881	D7	1.00000	
8	96.54068	2.840	1.60300	65.4
9	715.47283	0.200	1.00000	
*10	57.08059	3.395	1.69680	55.5
11	181.18928	5.604	1.00000	
12	98.04986	3.261	1.59319	67.9
[0566] 13	-796.91447	1.450	1.76182	26.6
14	41.75300	1.983	1.00000	
15	73.03256	3.630	1.74100	52.8
16	-3863.66610	D16	1.00000	
17	58.79270	5.010	1.80400	46.6
18	-393.67543	D18	1.00000	
19	(孔径光阑)	1.540	1.00000	
20	-142.34068	1.200	1.81600	46.6
21	35.05467	1.301	1.00000	
22	38.87328	2.715	1.90200	25.3
23	117.88926	D23	1.00000	
*24	-118.17706	1.200	1.73231	53.2
25	44.69744	1.030	1.00000	
26	52.10387	2.485	1.90200	25.3
27	195.76461	D27	1.00000	

	*28	71.27465	4.998	1.49782	82.6	
	29	-102.88416	0.100	1.00000		
	30	91.68269	1.200	1.90366	31.3	
	31	52.62629	6.605	1.60300	65.4	
	32	-69.88439	0.200	1.00000		
[0567]	33	3314.77510	4.235	1.59319	67.9	
	34	-54.08421	1.200	1.78500	26.2	
	*35	216.08233	D35	1.00000		
	36	56.19817	3.548	1.61800	63.3	
	37	210.95097	1.200	1.83400	37.2	
	38	84.00000	D38	1.00000		
[0568]	[非球面数据]					
	面 $\kappa$	A4	A6	A8	A10	
	2	-6.73000e-02	2.59588e-06	7.45638e-10	-2.10470e-14	3.51745e-16
[0569]	10	1.00000e+00	-4.00000e-07	0.00000e+00	0.00000e+00	0.00000e+00
	24	-4.10880e+00	5.35515e-07	2.05353e-09	0.00000e+00	0.00000e+00
	28	-1.10460e+00	3.84373e-06	-4.29919e-09	3.81283e-12	0.00000e+00
	35	1.00000e+00	5.16409e-06	2.00000e-09	0.00000e+00	0.00000e+00
[0570]	[各种数据]					
		W	M	T		
	f	24.77	47.50	67.84		
	FNo	2.90	2.90	2.90		
[0571]	$\omega$	42.2	23.9	17.2		
	Y	21.60	21.60	21.60		
	TL	208.124	187.432	190.017		
	BF	40.315	40.322	40.381		
	BF(空气换算)	40.315	40.322	40.381		
[0572]	[可变间隔数据]					
[0573]	无限远					

	W	M	T
D0	$\infty$	$\infty$	$\infty$
倍率	-	-	-
f	24.77	47.50	67.84
D7	48.968	12.510	1.800
[0574] D16	7.185	7.185	7.185
D18	1.300	17.853	29.355
D23	2.232	2.232	2.232
D27	19.311	9.731	1.900
D35	1.500	10.287	19.851
D38	40.315	40.322	40.381
[0575] [透镜组数据]			
透镜组	始面	焦距	
第 1 透镜组	1	-39.97	
第 2 透镜组	8	43.09	
第 21 透镜组	8	80.97	
第 22 透镜组	17	63.94	
[0576] 第 3 透镜组	19	-42.99	
第 31 透镜组	19	-77.20	
第 32 透镜组	24	-103.89	
第 4 透镜组	28	56.10	
第 5 透镜组	36	419.32	
[0577] [对焦数据]			
	W	M	T
[0578] 透镜移动量	6.185	6.185	6.185
摄影距离(m)	0.4444	0.4101	0.4308
[0579] [条件式对应值]			
[0580] 条件式 (1) $f(1 \sim G_n) t / f t = 3.727$			
[0581] 条件式 (2) $-f(G_n \sim G(VR)) w / f w = 1.736$			
[0582] 条件式 (3) $f(RP) / f w = 1.302$			
[0583] 条件式 (4) $\omega t = 17.2$			
[0584] 条件式 (5) $\omega w = 42.2$			

[0585] 从表10可知,第10实施例的变倍光学系统ZL10满足条件式(1)~(5)。

[0586] 图29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30是第10实施例的变倍光学系统ZL10的无限远对焦时进行了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。在本实施例中,如图30所示,通过与以像高 $y=0.0$ 为中心上下加减的像高15.10对应的横向像差图来表示防抖时的光学性能。

[0587] 如从各像差图可知,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也具有高的成像性能。

[0588] (第11实施例)

[0589] 使用图31~图33以及表11对第11实施例进行说明。如图31所示,第11实施例的变倍光学系统ZL(ZL11)由从物体侧依次排列的具有负的光焦度的第1透镜组G1、具有正的光焦度的第2透镜组G2、具有负的光焦度的第3透镜组G3、具有正的光焦度的第4透镜组G4以及具有正的光焦度的第5透镜组G5构成。

[0590] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11、双凹透镜L12以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13与凹面朝向像侧的负弯月形透镜L14的接合透镜构成。负弯月形透镜L11的像侧面为非球面形状。

[0591] 第2透镜组G2由从物体侧依次排列的具有正的光焦度的第21透镜组G21(对焦透镜组)以及具有正的光焦度的第22透镜组G22构成。

[0592] 第21透镜组G21由从物体侧依次排列的凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L21、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L22、凹面朝向像侧的负弯月形透镜L23以及双凸透镜L24构成。第22透镜组G22由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L25与双凸透镜L26的接合透镜构成。正弯月形透镜L22的物体侧面为非球面形状。

[0593] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的孔径光阑S、与光轴正交的方向的位置被固定且具有负的光焦度的第31透镜组G31(中间组)以及具有负的光焦度的第32透镜组G32(防抖透镜组)构成。

[0594] 第31透镜组G31由从物体侧依次排列的双凹透镜L31以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L32构成。第32透镜组G32由从物体侧依次排列的双凹透镜L33以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L34构成。关于双凹透镜L33,物体侧面为非球面形状。

[0595] 第4透镜组G4由从物体侧依次排列的双凸透镜L41、凸面朝向像侧的正弯月形透镜L42以及凹面朝向像侧的负弯月形透镜L43与双凸透镜L44的接合透镜构成。双凸透镜L44的像侧面为非球面形状。

[0596] 第5透镜组G5由从物体侧依次排列的凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L51与凹面朝向像侧的负弯月形透镜L52的接合透镜构成。

[0597] 使第1透镜组G1暂时向像侧移动之后向物体侧移动,使第2透镜组G2向物体侧移动,使第3透镜组G3暂时向像侧移动之后向物体侧移动,使第4透镜组G4向物体侧移动,以使各透镜组间隔变化,从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。第5透镜组G5在进行变倍时固定。

[0598] 使第21透镜组G21作为对焦透镜组而向像侧移动,从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[0599] 在产生像抖动时,使第32透镜组G32作为防抖透镜组VR而以具有与光轴正交的方向的分量的方式移动,从而进行像面I上的像抖动校正(防抖)。另外,在设整个系统的焦距为 $f$ 、防抖系数(抖动校正中的成像面上的像移动量相对于移动透镜组的移动量的比)为 $K$ 的摄影镜头中,对角度 $\theta$ 的旋转抖动进行校正时,使像抖动校正用的防抖透镜组VR(移动透镜组)在与光轴正交的方向上移动 $(f \times \tan\theta) / K$ 即可。

[0600] 在第11实施例中,在广角端状态下,防抖系数为 $-0.54$ ,焦距为 $24.77\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.24\text{mm}$ 。在中间焦距状态下,防抖系数为 $-0.61$ ,焦距为 $47.53\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.41\text{mm}$ 。在远焦端状态下,防抖系数为 $-0.70$ ,焦距为 $67.85\text{mm}$ ,因此用于对 $0.30$ 度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为 $-0.51\text{mm}$ 。

[0601] 在下述的表11中,示出第11实施例中的各参数的值。表11中的面编号1~37对应于图31所示的 $m1 \sim m37$ 的各光学面。

[0602] (表11)

[0603] [透镜参数]

面编号	R	D	n(d)	vd
1	169.82392	2.880	1.74389	49.5
*2	28.00000	13.823	1.00000	
3	-277.92141	2.100	1.69680	55.5
4	89.48130	0.972	1.00000	
5	57.53130	5.977	1.90366	31.3
6	288.24720	2.000	1.60311	60.7
7	89.16103	D7	1.00000	
8	97.98839	2.906	1.62041	60.3
9	988.16122	0.870	1.00000	
*10	52.75776	3.799	1.69680	55.5
11	185.81817	3.941	1.00000	
12	244.48174	1.450	1.74077	27.7
13	42.81836	2.225	1.00000	
[0604] 14	81.99098	3.910	1.74100	52.8
15	-359.52152	D15	1.00000	
16	56.22525	1.450	1.85000	25.5
17	41.20061	6.609	1.75500	52.3
18	-333.94984	D18	1.00000	
19	(孔径光阑)	1.488	1.00000	
20	-133.09742	1.200	1.81600	46.6
21	40.80390	0.998	1.00000	
22	48.84393	2.545	1.90200	25.3
23	197.19167	D23	1.00000	
*24	-159.18908	1.200	1.70000	55.0
25	46.35402	0.845	1.00000	
26	47.53111	2.169	1.90200	25.3
27	92.34748	D27	1.00000	
28	59.48521	4.431	1.59319	67.9
29	-192.71174	0.100	1.00000	



	30	-6013.33410	3.364	1.59319	67.9	
	31	-71.43167	0.200	1.00000		
	32	5300.14030	1.404	1.90366	31.3	
[0605]	33	31.44019	7.197	1.59319	67.9	
	*34	-117.32485	D34	1.00000		
	35	57.67894	3.814	1.70000	56.0	
	36	263.45851	0.763	1.77250	49.6	
	37	84.00000	D37	1.00000		
[0606]	[非球面数据]					
	面 κ	A4	A6	A8	A10	
	2	-5.97000e-02	2.62042e-06	7.82559e-10	9.78767e-14	4.33213e-16
[0607]	10	5.28200e-01	6.32647e-08	1.88164e-10	0.00000e+00	0.00000e+00
	24	-6.74850e+00	4.82591e-07	2.86667e-10	0.00000e+00	0.00000e+00
	34	-1.67545e+01	1.36811e-06	3.39381e-09	0.00000e+00	0.00000e+00
[0608]	[各种数据]					
		W	M	T		
	f	24.77	47.53	67.85		
	FNo	2.90	2.90	2.91		
[0609]	ω	42.2	23.9	17.3		
	Y	21.60	21.60	21.60		
	TL	210.949	190.232	192.480		
	BF	43.417	43.503	43.670		
	BF(空气换算)	43.417	43.503	43.670		
[0610]	[可变间隔数据]					
[0611]	无限远					
[0612]		W	M	T		
	D0	∞	∞	∞		

	倍率	-	-	-
	f	24.77	47.53	67.85
	D7	48.868	12.444	1.800
	D15	7.185	7.185	7.185
[0613]	D18	0.800	16.872	28.207
	D23	1.827	1.827	1.827
	D27	20.646	10.368	1.900
	D34	1.574	11.401	21.260
	D37	43.417	43.503	43.670
[0614]	[透镜组数据]			
	透镜组	始面	焦距	
	第 1 透镜组	1	-39.52	
	第 2 透镜组	8	42.67	
	第 21 透镜组	8	81.00	
	第 22 透镜组	16	66.83	
[0615]	第 3 透镜组	19	-43.84	
	第 31 透镜组	19	-83.74	
	第 32 透镜组	24	-98.45	
	第 4 透镜组	28	61.94	
	第 5 透镜组	35	285.15	
[0616]	[对焦数据]			
		W	M	T
[0617]	透镜移动量	6.185	6.185	6.185
	摄影距离(m)	0.4485	0.4038	0.4202
[0618]	[条件式对应值]			
[0619]	条件式 (1)	$f(1 \sim G_n) t / f_t = 2.719$		
[0620]	条件式 (2)	$-f(G_n \sim G(VR)) w / f_w = 1.771$		
[0621]	条件式 (3)	$f(RP) / f_w = 1.452$		
[0622]	条件式 (4)	$\omega t = 17.3$		
[0623]	条件式 (5)	$\omega w = 42.2$		

[0624] 从表11可知,第11实施例的变倍光学系统ZL11满足条件式(1)~(5)。

[0625] 图32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33是第11实施例的变倍光学系统ZL11的无限远对焦时进行了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。在本实施例中, 如图33所示, 通过与以像高 $y=0.0$ 为中心上下加减的像高15.10对应的横向像差图来表示防抖时的光学性能。

[0626] 如从各像差图可知, 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也具有高的成像性能。

[0627] (第12实施例)

[0628] 使用图34~图36以及表12对第12实施例进行说明。如图34所示, 第12实施例的变倍光学系统ZL (ZL12) 由从物体侧依次排列的具有负的光焦度的第1透镜组G1、具有正的光焦度的第2透镜组G2、具有正的光焦度的第3透镜组G3、具有负的光焦度的第4透镜组G4、具有负的光焦度的第5透镜组G5、具有正的光焦度的第6透镜组G6以及具有正的光焦度的第7透镜组G7构成。

[0629] 第1透镜组G1由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L11、双凹透镜L12以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L13与凹面朝向像侧的负弯月形透镜L14的接合透镜构成。负弯月形透镜L11的像侧面为非球面形状。

[0630] 第2透镜组G2 (对焦透镜组) 由凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L21、凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L22、凹面朝向像侧的负弯月形透镜L23以及双凸透镜L24构成。正弯月形透镜L22的物体侧面为非球面形状。

[0631] 第3透镜组G3由从物体侧依次排列的凹面朝向像侧的负弯月形透镜L31与双凸透镜L32的接合透镜构成。

[0632] 第4透镜组G4 (中间组) 的与光轴正交的方向的位置被固定, 该第4透镜组G4 (中间组) 由从物体侧依次排列的孔径光阑S、双凹透镜L41以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L42构成。

[0633] 第5透镜组G5 (防抖透镜组) 由从物体侧依次排列的双凹透镜L51以及凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L52构成。双凹透镜L51的物体侧面为非球面形状。

[0634] 第6透镜组G6由从物体侧依次排列的双凸透镜L61、凸面朝向像侧的正弯月形透镜L62以及凹面朝向像侧的负弯月形透镜L63与双凸透镜L64的接合透镜构成。双凹透镜L64的像侧面为非球面形状。

[0635] 第7透镜组G7由从物体侧依次排列的凸面朝向物体侧的正弯月形透镜L71与凹面朝向像侧的负弯月形透镜L72的接合透镜构成。

[0636] 使第1透镜组G1暂时向像侧移动之后向物体侧移动, 使第2透镜组G2向物体侧移动, 使第3透镜组G3向物体侧移动, 使第4透镜组G4暂时向像侧移动之后向物体侧移动, 使第5透镜组G5暂时向像侧移动之后向物体侧移动, 使第6透镜组G6向物体侧移动, 使第7透镜组G7向物体侧移动, 以使各透镜组间隔变化, 从而进行从广角端状态向远焦端状态的变倍。

[0637] 使第2透镜组G2作为对焦透镜组而向像侧移动, 从而进行从无限远向近距离物体的对焦。

[0638] 在产生像抖动时, 使第5透镜组G5作为防抖透镜组VR而以具有与光轴正交的方向的分量的方式移动, 从而进行像面I上的像抖动校正 (防抖)。另外, 在设整个系统的焦距为

f、防抖系数(抖动校正中的成像面上的像移动量相对于移动透镜组的移动量的比)为K的摄影镜头中,对角度 $\theta$ 的旋转抖动进行校正时,使像抖动校正用的防抖透镜组VR(移动透镜组)在与光轴正交的方向上移动 $(f \times \tan\theta)/K$ 即可。

[0639] 在第12实施例中,在广角端状态下,防抖系数为-0.54,焦距为24.77mm,因此用于对0.30度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.24mm。在中间焦距状态下,防抖系数为-0.61,焦距为47.33mm,因此用于对0.30度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.41mm。在远焦端状态下,防抖系数为-0.72,焦距为67.34mm,因此用于对0.30度的旋转抖动进行校正的防抖透镜组VR的移动量为-0.50mm。

[0640] 在下述的表12中,示出第12实施例中的各参数的值。表12中的面编号1~37对应于图34所示的m1~m37的各光学面。

[0641] (表12)

[0642] [透镜参数]

	面编号	R	D	n(d)	vd
[0643]	1	169.82392	2.880	1.74389	49.5
	*2	28.00000	13.823	1.00000	
	3	-277.92141	2.100	1.69680	55.5

4	89.48130	0.972	1.00000	
5	57.53130	5.977	1.90366	31.3
6	288.24720	2.000	1.60311	60.7
7	89.16103	D7	1.00000	
8	97.98839	2.906	1.62041	60.3
9	988.16122	0.870	1.00000	
*10	52.75776	3.799	1.69680	55.5
11	185.81817	3.941	1.00000	
12	244.48174	1.450	1.74077	27.7
13	42.81836	2.225	1.00000	
14	81.99098	3.910	1.74100	52.8
15	-359.52152	D15	1.00000	
16	56.22525	1.450	1.85000	25.5
17	41.20061	6.609	1.75500	52.3
[0644] 18	-333.94984	D18	1.00000	
19	(孔径光阑)	1.488	1.00000	
20	-133.09742	1.200	1.81600	46.6
21	40.80390	0.998	1.00000	
22	48.84393	2.545	1.90200	25.3
23	197.19167	D23	1.00000	
*24	-159.18908	1.200	1.70000	55.0
25	46.35402	0.845	1.00000	
26	47.53111	2.169	1.90200	25.3
27	92.34748	D27	1.00000	
28	59.48521	4.431	1.59319	67.9
29	-192.71174	0.100	1.00000	
30	-6013.33410	3.364	1.59319	67.9
31	-71.43167	0.200	1.00000	
32	5300.14030	1.404	1.90366	31.3
33	31.44019	7.197	1.59319	67.9

	*34	-117.32485	D34	1.00000		
[0645]	35	57.67894	3.814	1.70000	56.0	
	36	263.45851	0.763	1.77250	49.6	
	37	84.00000	D37	1.00000		
[0646]	[非球面数据]					
	面 $\kappa$	A4	A6	A8	A10	
	2	-5.97000e-02	2.62042e-06	7.82559e-10	9.78767e-14	4.33213e-16
[0647]	10	5.28200e-01	6.32647e-08	1.88164e-10	0.00000e+00	0.00000e+00
	24	-6.74850e+00	4.82591e-07	2.86667e-10	0.00000e+00	0.00000e+00
	34	-1.67545e+01	1.36811e-06	3.39381e-09	0.00000e+00	0.00000e+00
[0648]	[各种数据]					
		W	M	T		
	f	24.77	47.33	67.34		
	FNo	2.90	2.90	2.91		
	$\omega$	42.2	24.0	17.4		
[0649]	Y	21.60	21.60	21.60		
	TL	210.949	193.610	195.380		
	BF	43.417	43.433	45.688		
	BF(空气换算)	43.417	43.433	45.688		
[0650]	[可变间隔数据]					
[0651]	无限远					
		W	M	T		
	D0	$\infty$	$\infty$	$\infty$		
	倍率	-	-	-		
[0652]	f	24.77	47.33	67.34		
	D7	48.868	12.444	1.600		
	D15	7.185	12.000	9.500		
	D18	0.800	16.872	26.900		
	D23	1.827	1.827	2.000		
[0653]	D27	20.646	9.000	1.800		
	D34	1.574	11.401	21.260		
	D37	43.417	43.433	45.688		

[0654] [透镜组数据]

透镜组	始面	焦距
第 1 透镜组	1	-39.52
第 2 透镜组	8	81.00
第 3 透镜组	16	66.83
第 4 透镜组	19	-83.74
第 5 透镜组	24	-98.45
第 6 透镜组	28	61.94
第 7 透镜组	35	285.15

[0655]

[0656] [对焦数据]

	W	M	T
[0657] 透镜移动量	6.185	11.000	8.500
摄影距离(m)	0.4485	0.2946	0.3494

[0658] [条件式对应值]

[0659] 条件式(1)  $f(1\sim G_n) t/f_t=2.898$

[0660] 条件式(2)  $-f(G_n\sim G(VR)) w/f_w=1.770$

[0661] 条件式(3)  $f(RP)/f_w=1.452$

[0662] 条件式(4)  $\omega t=17.4$

[0663] 条件式(5)  $\omega w=42.2$

[0664] 从表12可知,第12实施例的变倍光学系统ZL12满足条件式(1)~(5)。

[0665] 图35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36是第12实施例的变倍光学系统ZL12的无限远对焦时进行了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。在本实施例中,如图36所示,通过与以像高 $y=0.0$ 为中心上下加减的像高15.10对应的横向像差图来表示防抖时的光学性能。

[0666] 如从各像差图可知,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也具有高的成像性能。

[0667] 根据以上的各实施例,能够实现F值明亮至F2.8~F3.5左右、具有半视场角为50左右以上的广视场角且良好地对各像差进行了校正的变倍光学系统。

[0668] 到此为止为了使本发明的方式容易理解,附上实施方式的要素的标号进行了说明,但是本发明的方式并不限于此。能够在不损坏变倍光学系统的光学性能的范围内容当采用以下的内容。

[0669] 作为变倍光学系统ZL的数值实施例,虽然示出了4组、5组、7组结构,但是并不限于此,还能够应用于其他的组结构(例如,6组或8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。也可以是在第1透镜组与第2透镜组之间增加了具有正或负的光焦度的透镜组的结构。而且,也可以是在防抖透镜组VR的像面侧增加了具有负或正的光焦度且与光轴正交的方向的位置被固定的透镜组(在进行变倍时,可以使该具有负或正的光焦度且与光轴正交的方向的位置被固定的透镜组与防抖透镜组VR之间的间隔变化,也可以使该间隔不变化)的结构。另外,虽然作为相比防抖透镜组VR配置于像侧的具有正的光焦度的透镜组中的、具有最大的正的光焦度的像侧透镜组RP,在上述实施例1~3、5、7~11中示出第4透镜组G4的例子,在上述实施例4、6、12中示出第6透镜组G6的例子,但是并不限于此。包含在像侧透镜组RP中的透镜间隔在进行变倍时固定。另外,透镜组表示被进行变倍时或对焦时变化的空气间隔分离的、具有至少一个透镜的部分。

[0670] 另外,中间组为相比第2透镜组配置于像侧、配置在防抖透镜组的物体侧且与防抖透镜组相对的位置处的透镜组。也可以在中间组的物体侧且与中间组相对的位置处配置孔径光阑。

[0671] 另外,构成中间组的透镜可以在进行变倍时使光轴方向的位置成为一体,也可以分为两个以上的透镜组而使其间隔在进行变倍时变化。

[0672] 另外,也可以使中间组的至少一部分的透镜在进行变倍时与防抖透镜组一体地在光轴方向上移动(或固定)。

[0673] 在变倍光学系统ZL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、一个透镜组全体或者多个透镜组作为对焦透镜组在光轴方向上移动。另外,该对焦透镜组还能够应用于自动对焦,也适合于自动对焦用的电机(例如,超声波电机等)的驱动。特别是,如上所述,可以进一步优选使第2透镜组G2的至少一部分作为对焦透镜组。

[0674] 在变倍光学系统ZL中,也可以是使任意一个透镜组全体或部分透镜组作为防抖透镜组VR,该防抖透镜组VR以具有与光轴垂直的方向的分量的方式移动、或者在包含光轴的面内方向上旋转移动(摆动),从而对由于手抖而产生的像抖动进行校正。特别是,可以优选为使相比具有负的光焦度的中间组Gn配置于像侧的光学系统的至少一部分作为防抖透镜组VR,该中间组Gn相比孔径光阑S配置于像侧。另外,在4组或5组结构的情况下,可以优选使第3透镜组G3的至少一部分作为防抖透镜组VR。另外,在7组结构的情况下,可以优选使第5透镜组G5的至少一部分作为防抖透镜组VR。另外,也可以在防抖透镜组VR的像侧配置固定了与光轴正交的方向的位置的透镜,使该透镜与防抖透镜组VR一体地在进行变倍时移动或固定。

[0675] 在变倍光学系统ZL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的情况下,透镜加工和组装调整变得容易,防止由加工和组装调整的误差引起的光学性能的劣化。另外,即使在像面偏移的情况下,描绘性能的劣化也少。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。

[0676] 在变倍光学系统ZL中,可以优选的是,在d线下的折射率 $n_d$ 比70小的介质的透镜上



形成非球面。可以优选的是，d线下的折射率 $n_d$ 比70小的介质的透镜配置在相比防抖透镜组VR配置于像侧的透镜组中的具有最大的正的光焦度的透镜组中。另外，可以进一步优选的是，d线下的折射率 $n_d$ 比70小的介质的透镜配置在相比防抖透镜组VR配置于像侧的透镜组中的具有最大的正的光焦度的透镜组的最靠物体侧或者从最靠物体侧起第二个透镜成分中。另外，可以进一步优选的是，使d线下的折射率 $n_d$ 比70小的介质的透镜的非球面成为相比防抖透镜组VR配置于像侧的透镜组中的具有最大的正的光焦度的透镜组的最靠物体的面。

[0677] 在变倍光学系统ZL中，如上所述，孔径光阑S虽然可以优选配置在第2透镜组与中间组G<sub>n</sub>之间，但是也可以不设置作为孔径光阑的部件，而通过透镜的框来代替其作用。

[0678] 在变倍光学系统ZL中，在各透镜面上，为了减轻眩光和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增透膜。

[0679] 变倍光学系统ZL的变倍比为2.0~3.5倍左右。

[0680] 标号说明

[0681] ZL (ZL1~ZL12) 变倍光学系统

[0682] G1 第1透镜组

[0683] G2 第2透镜组

[0684] G3 第3透镜组

[0685] G4 第4透镜组

[0686] VR 防抖透镜组

[0687] S 孔径光阑

[0688] I 像面

[0689] 1 相机(光学设备)。

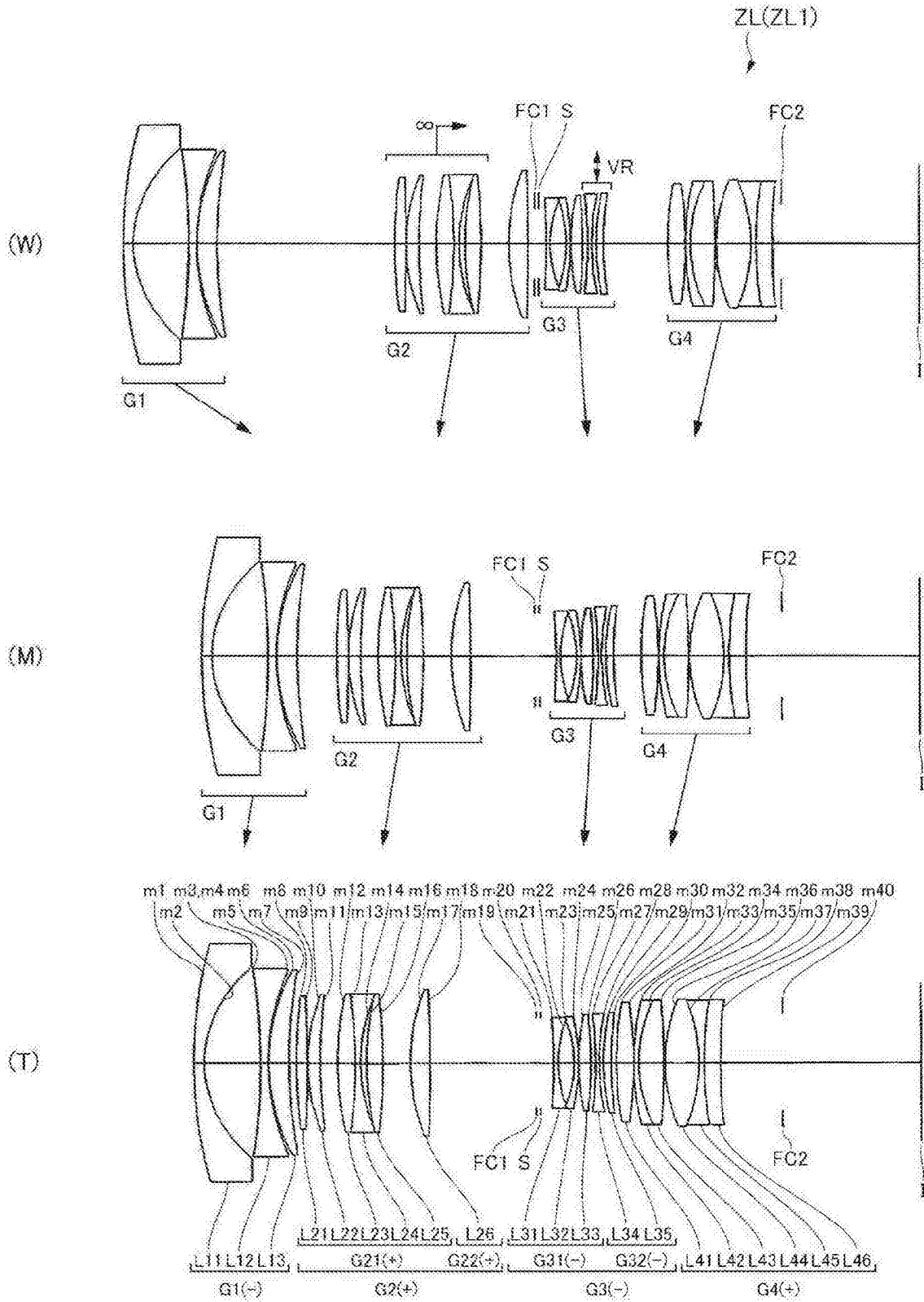


图1

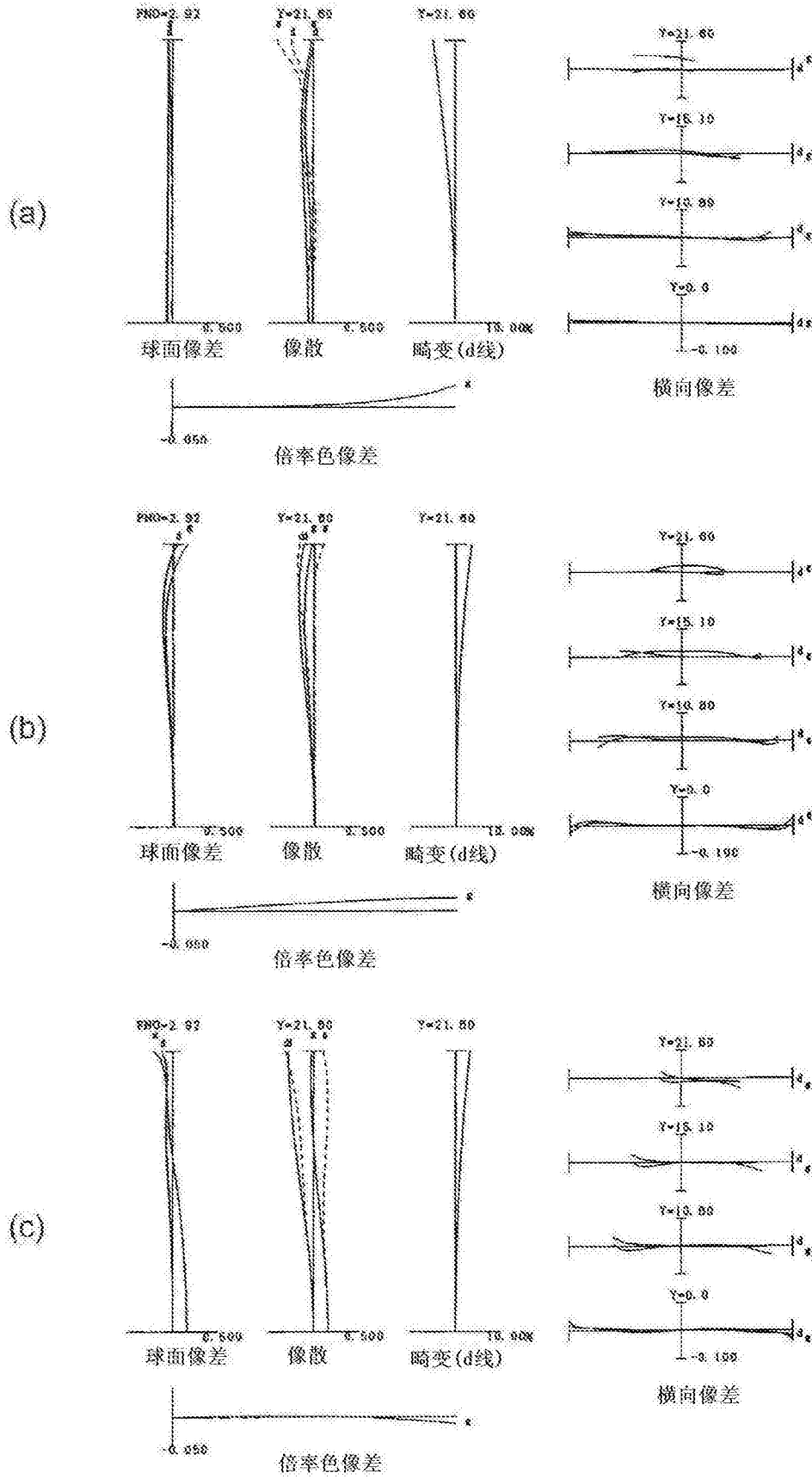


图2

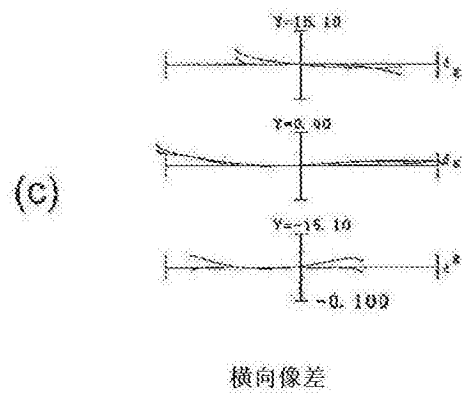
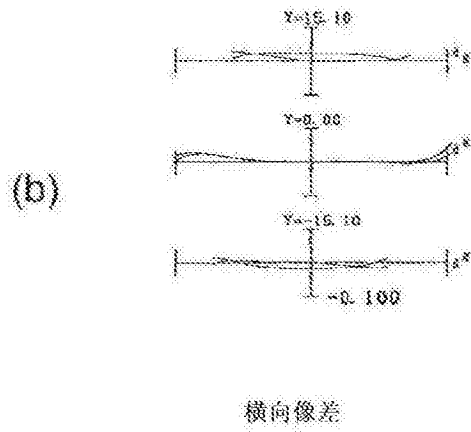
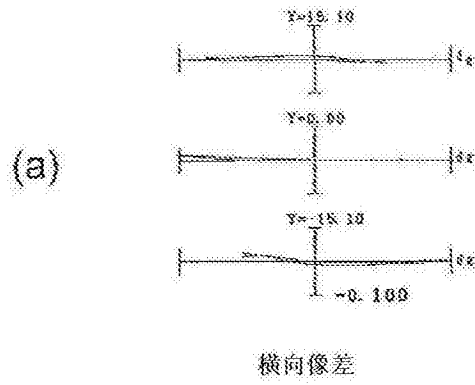


图3

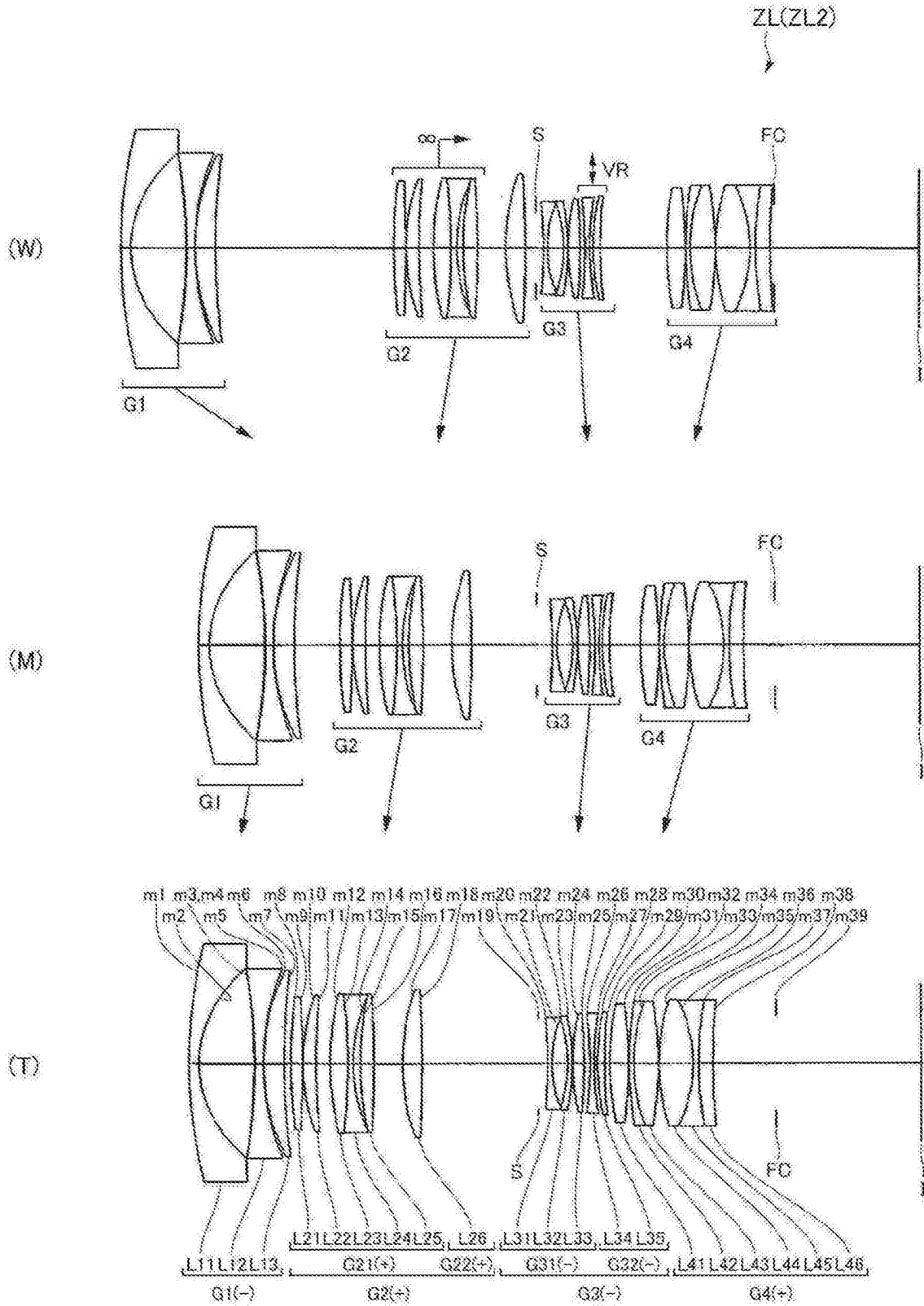


图4

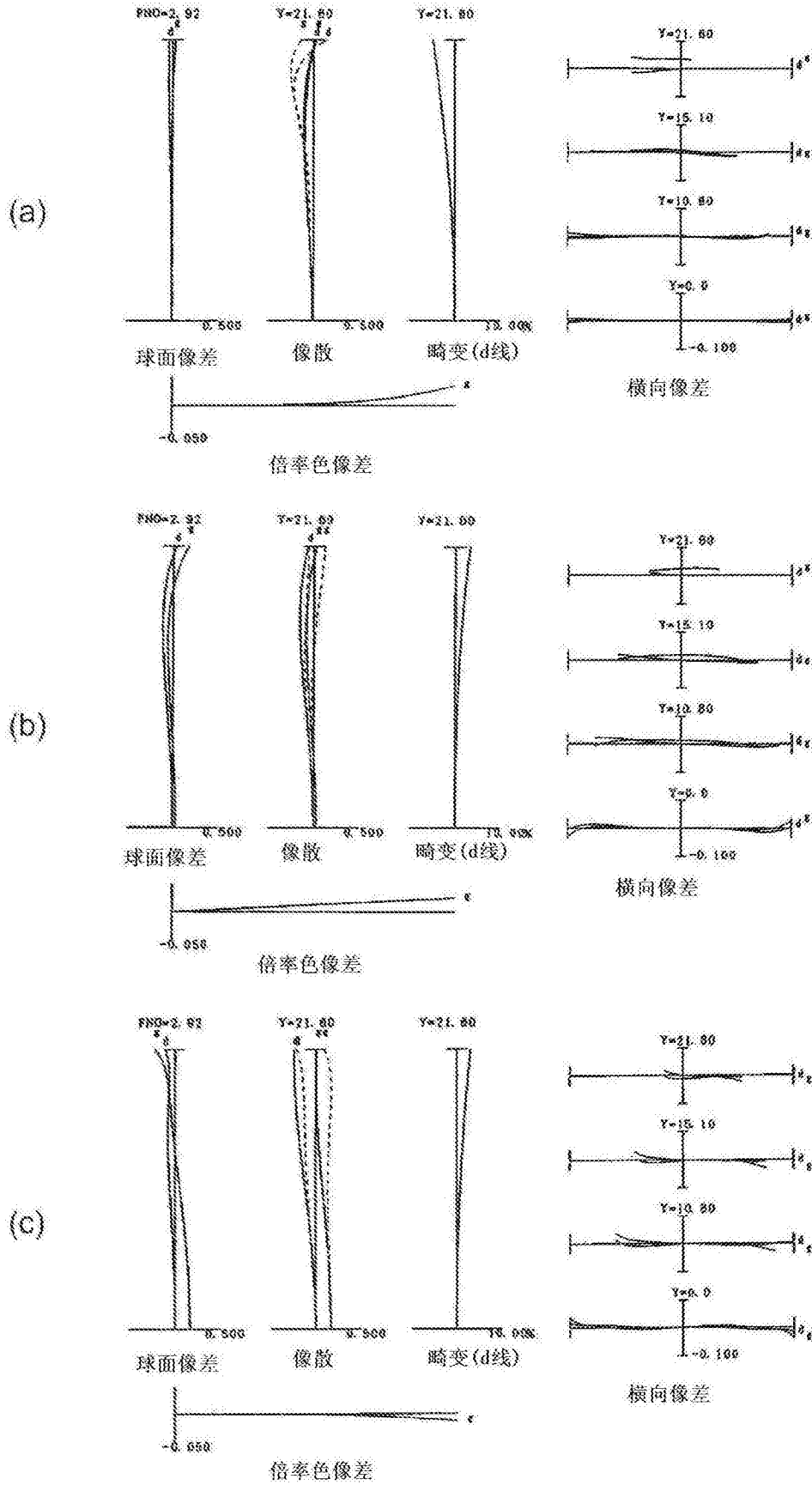
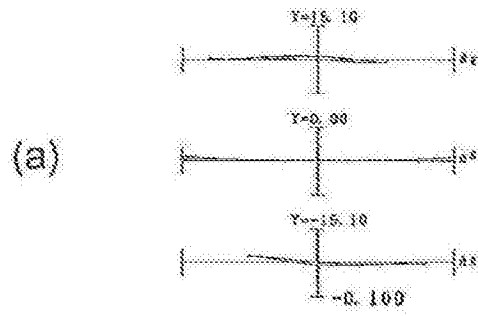
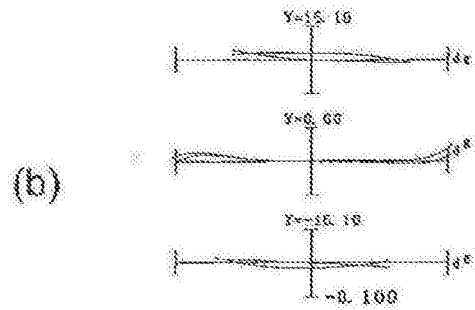


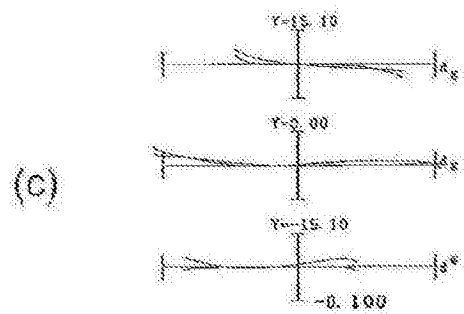
图5



横向像差



横向像差



横向像差

图6

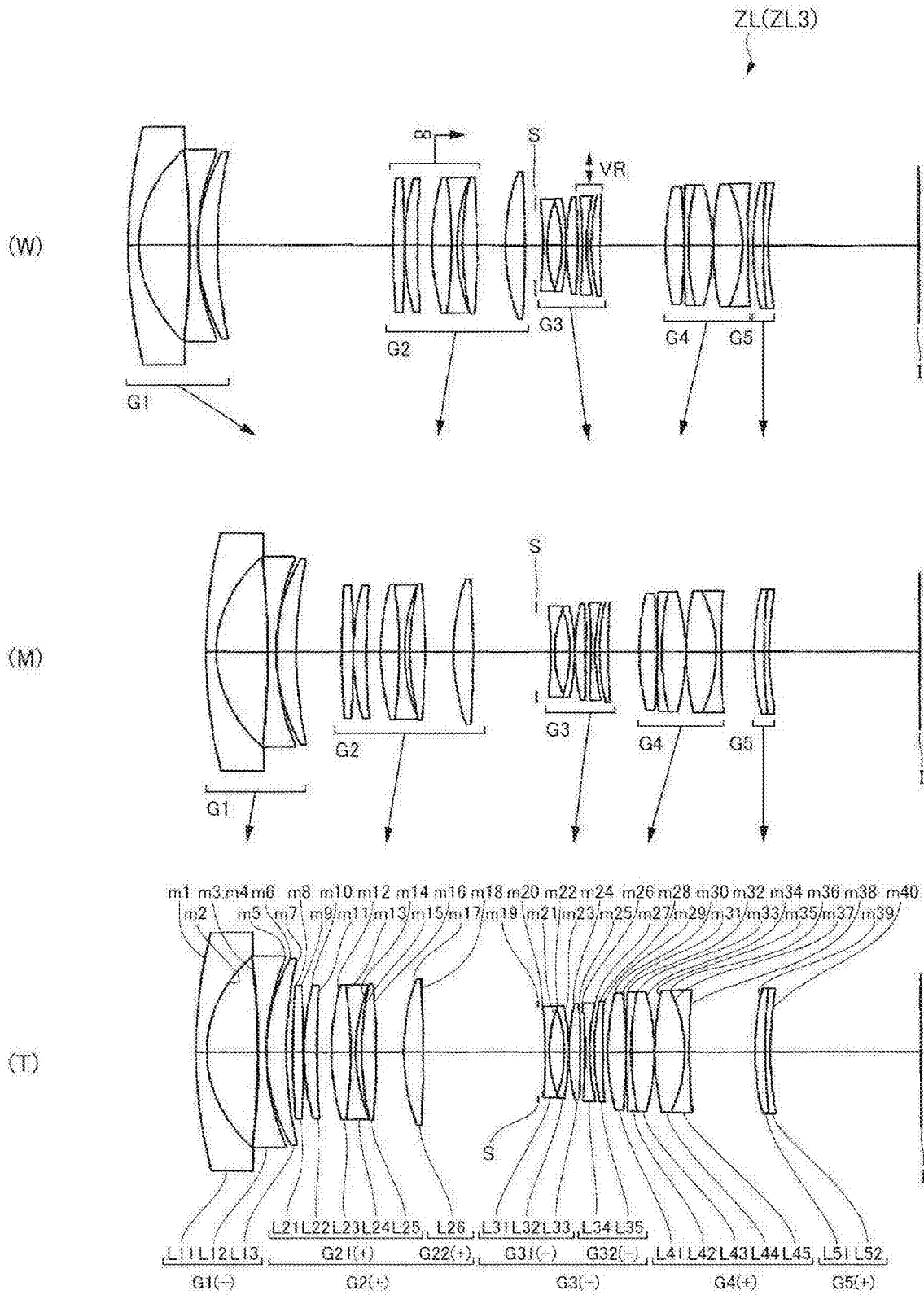


图7



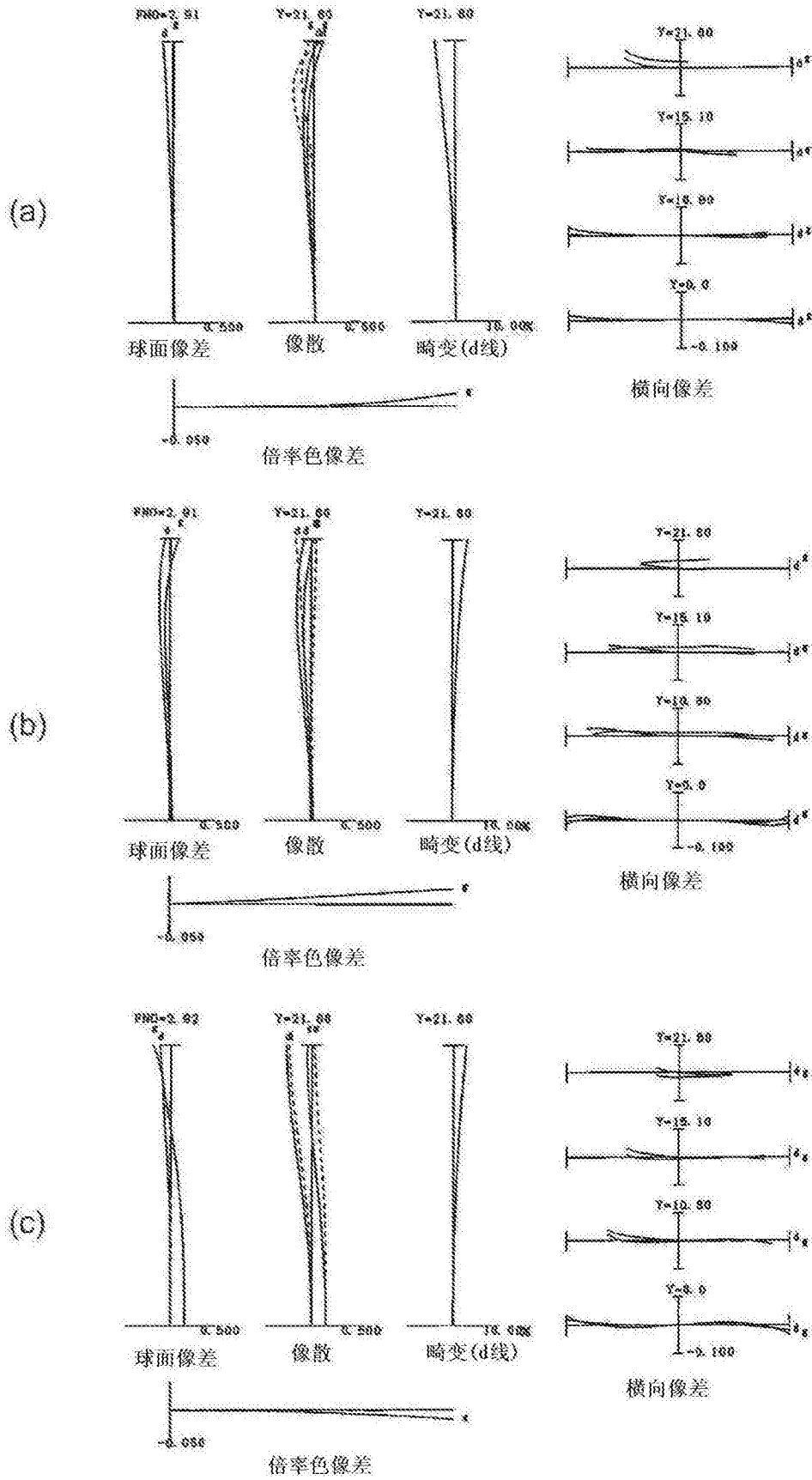
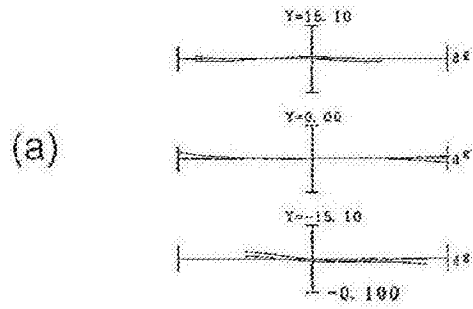
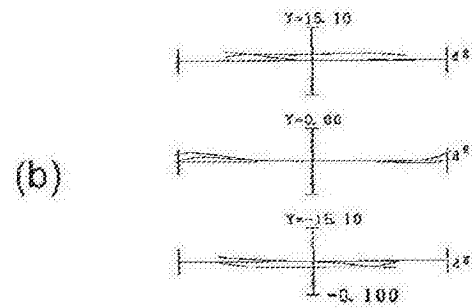


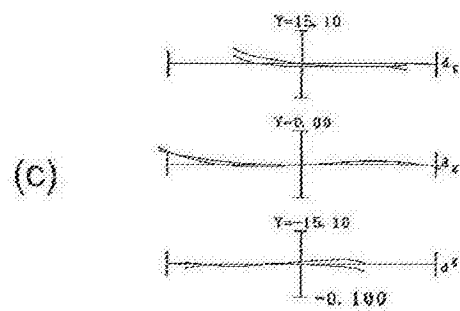
图8



横向像差



横向像差



横向像差

图9

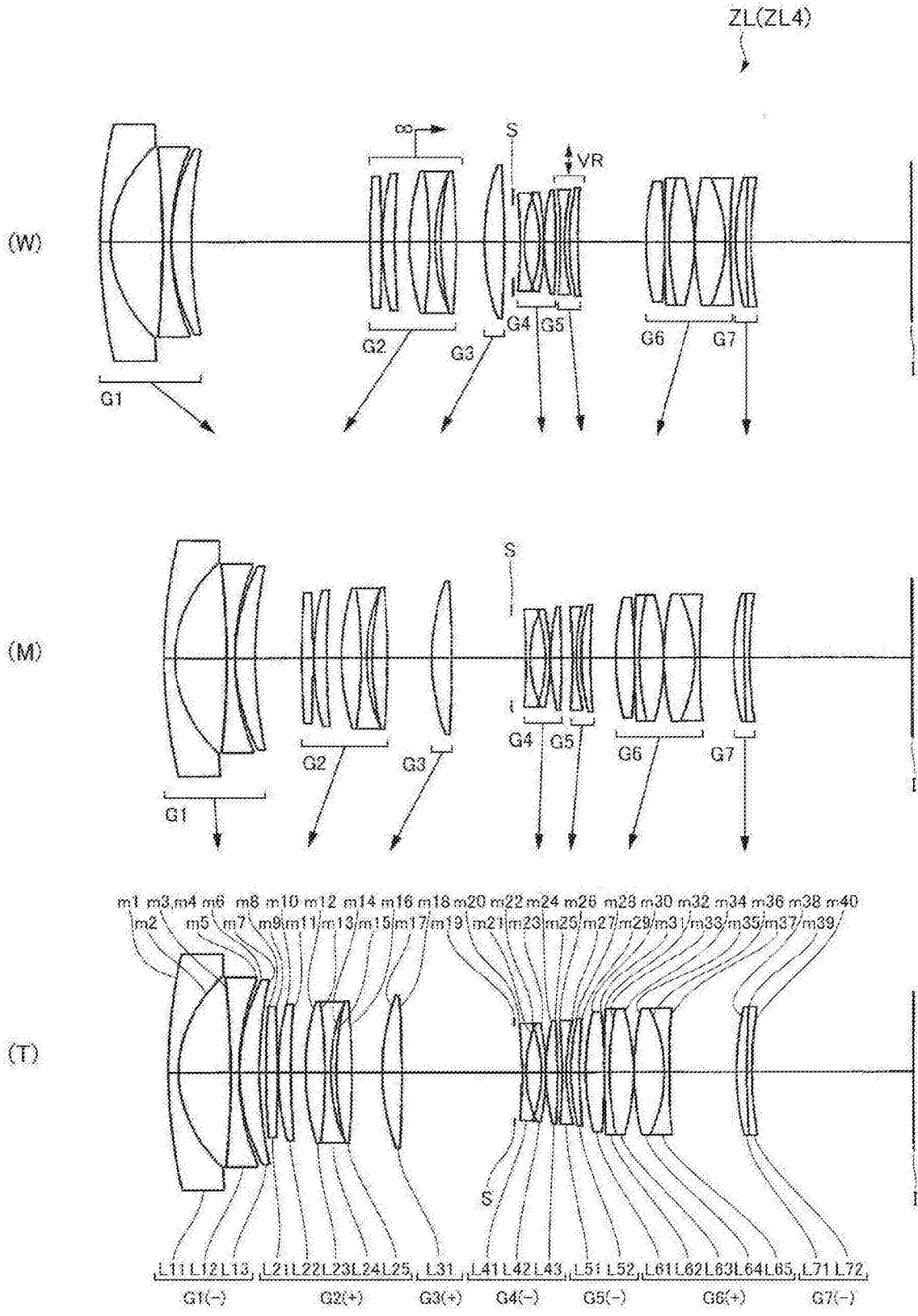


图10

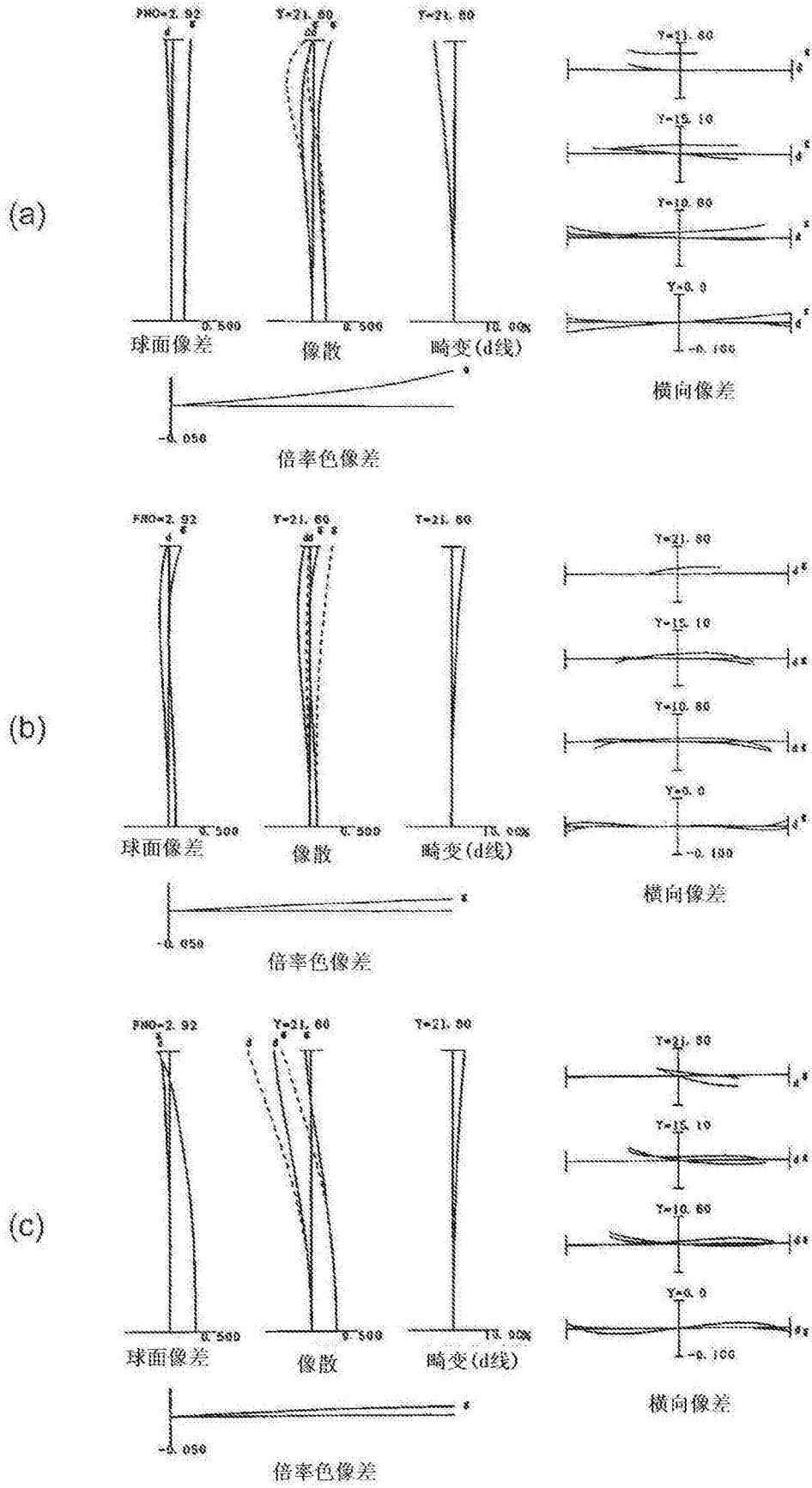
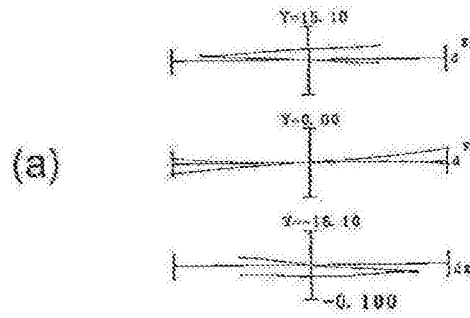
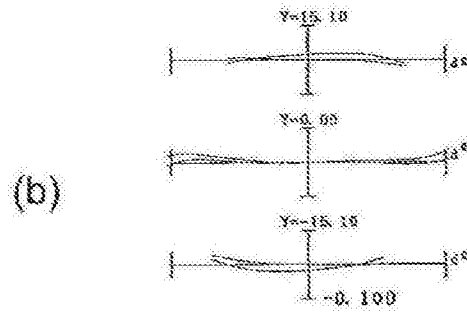


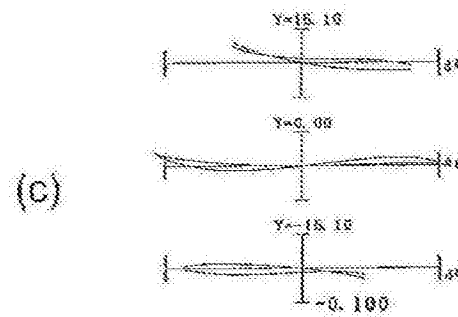
图11



横向像差



横向像差



横向像差

图12

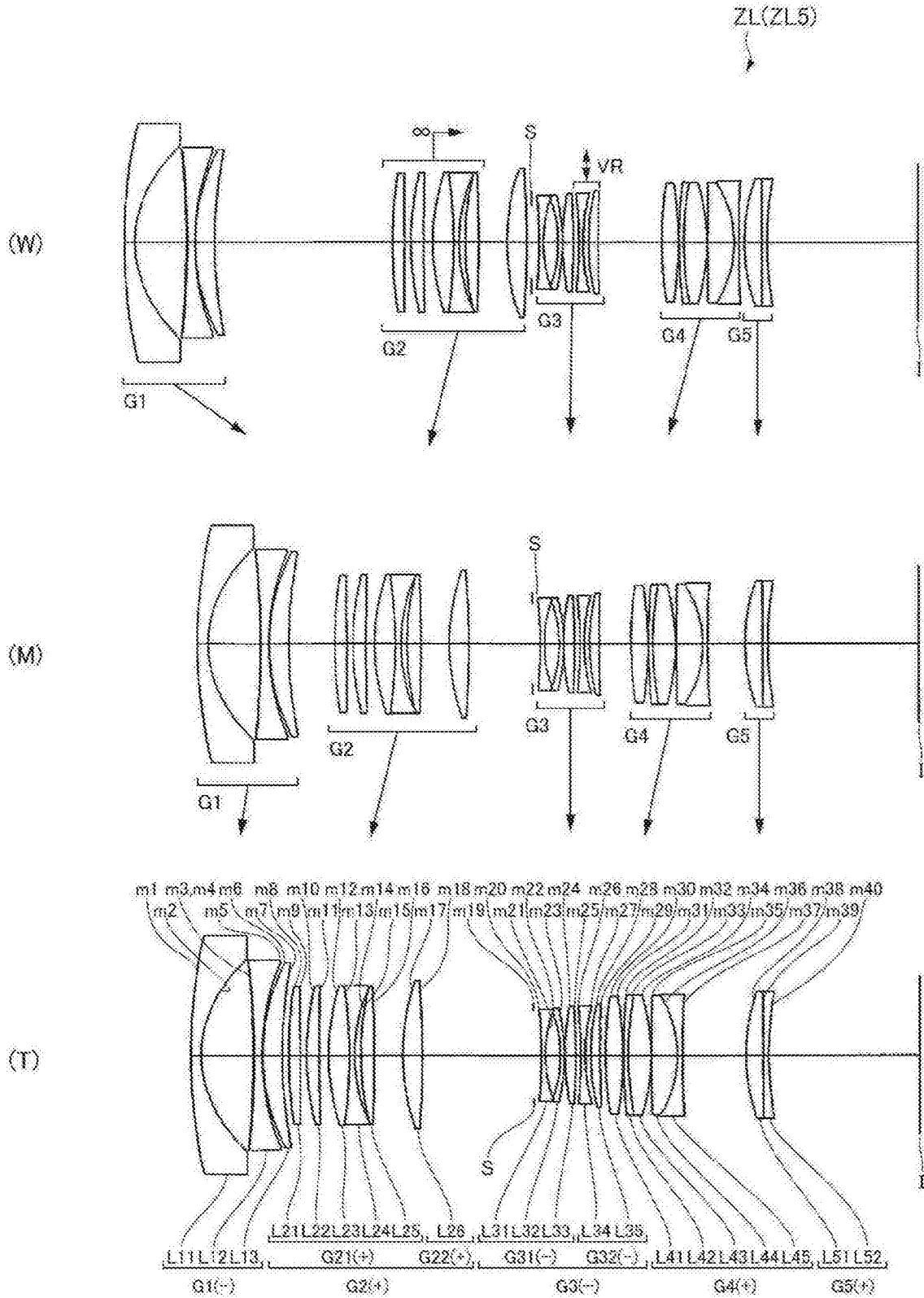


图13

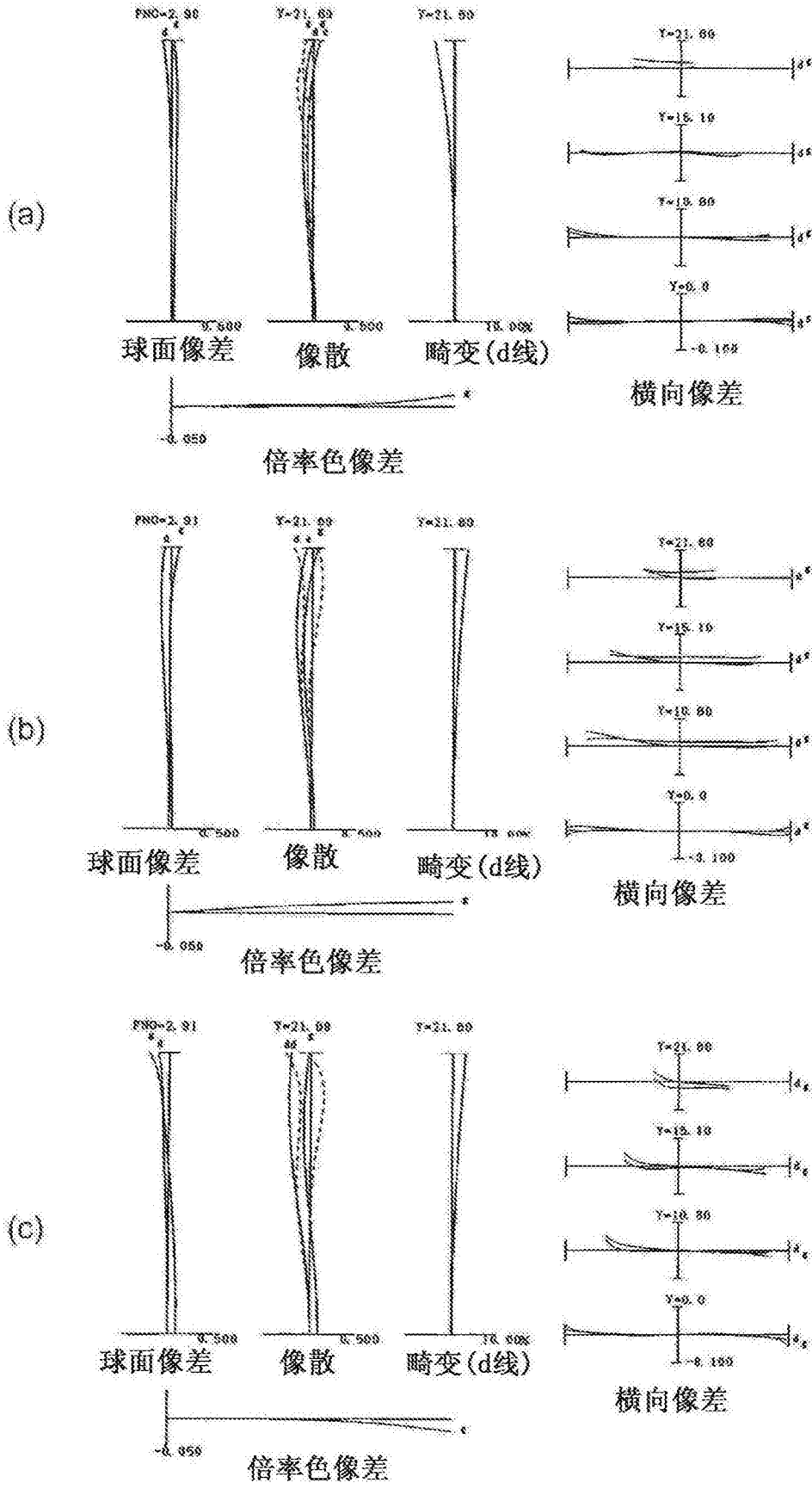
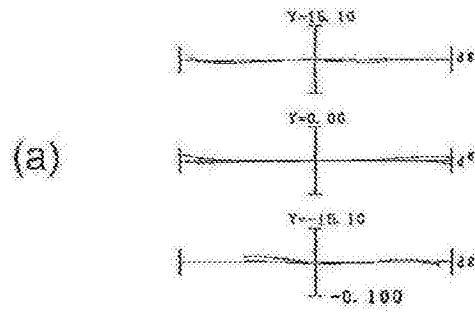
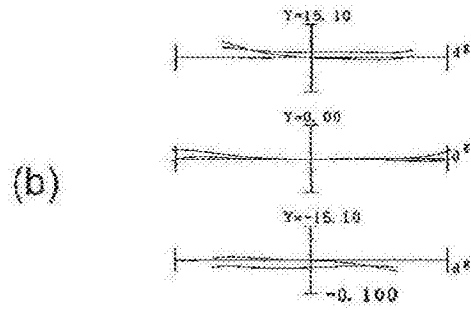


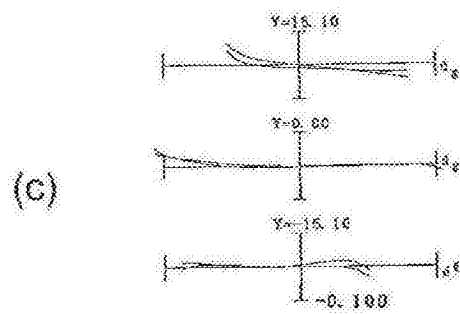
图14



横向像差



横向像差



横向像差

图15



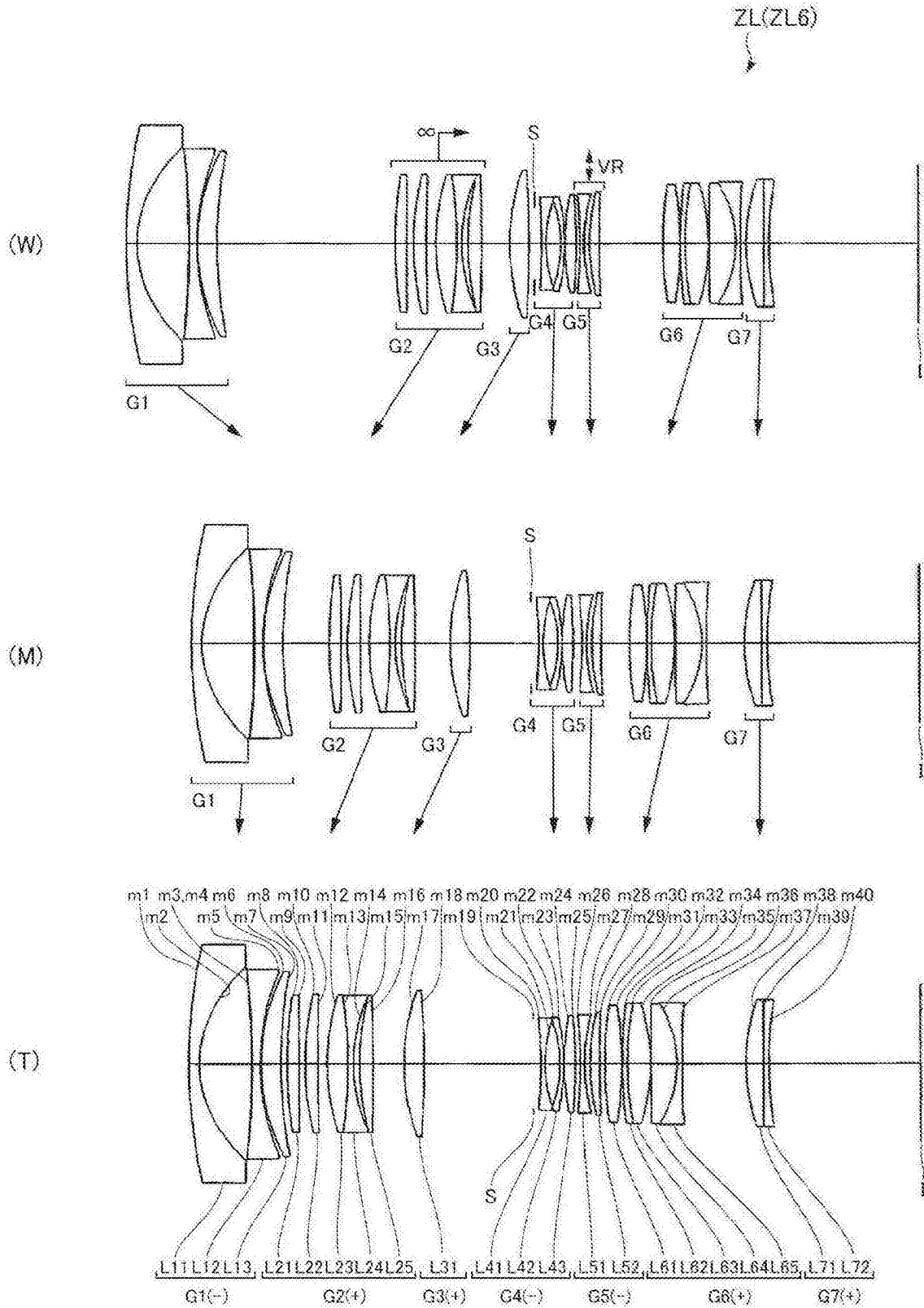
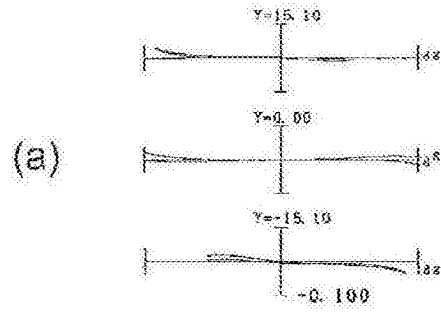
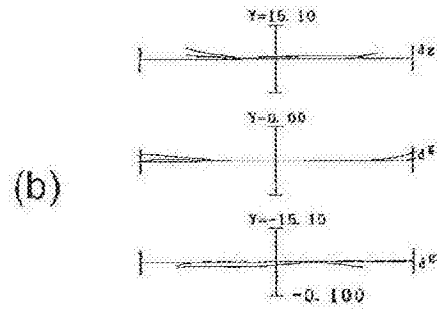


图16

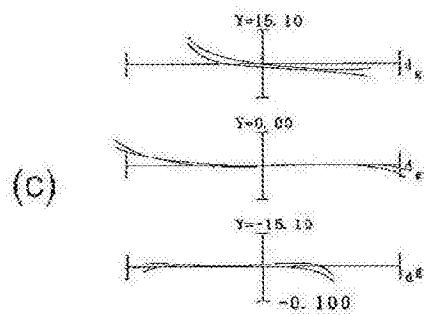




横向像差



横向像差



横向像差

图18

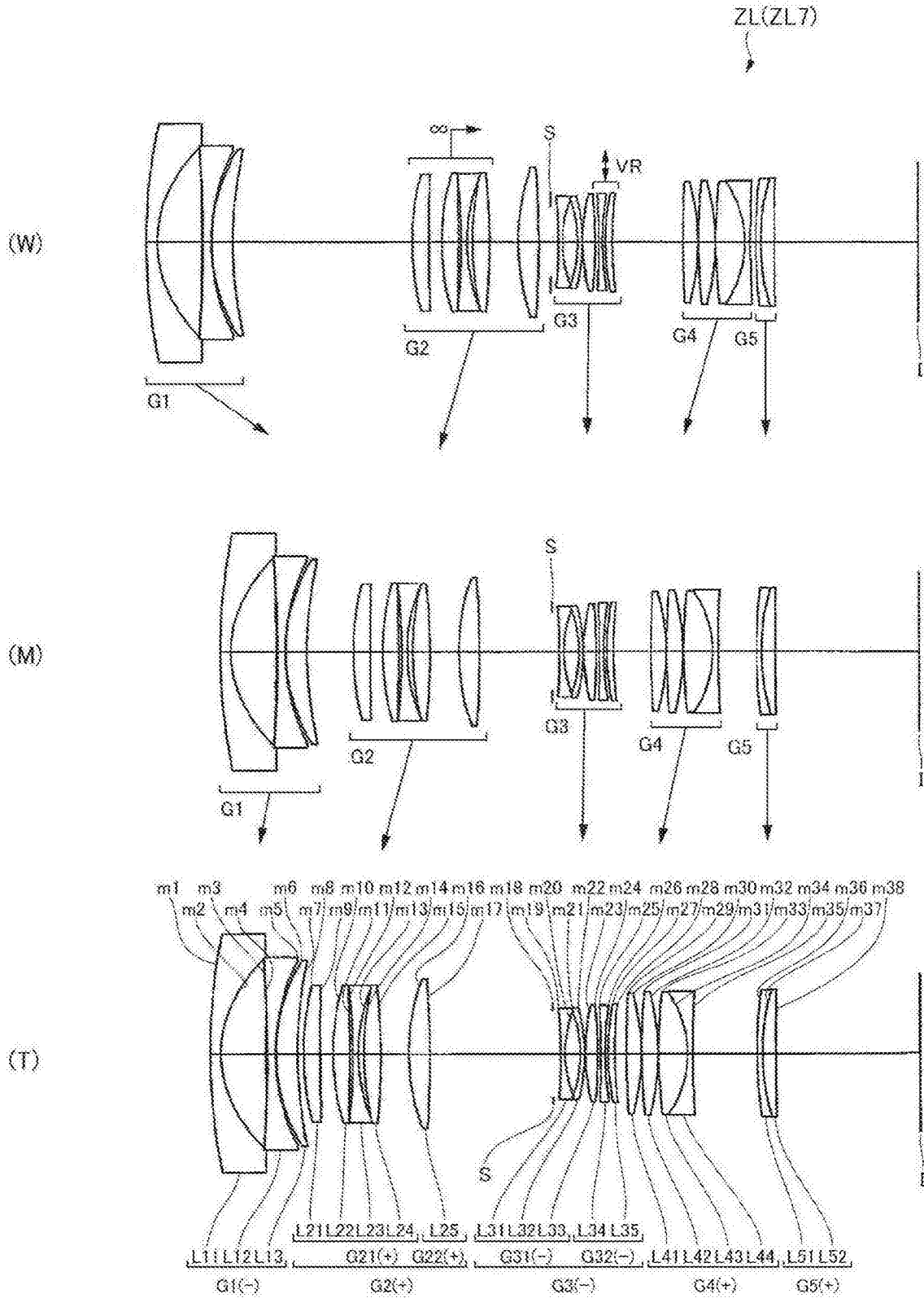


图19

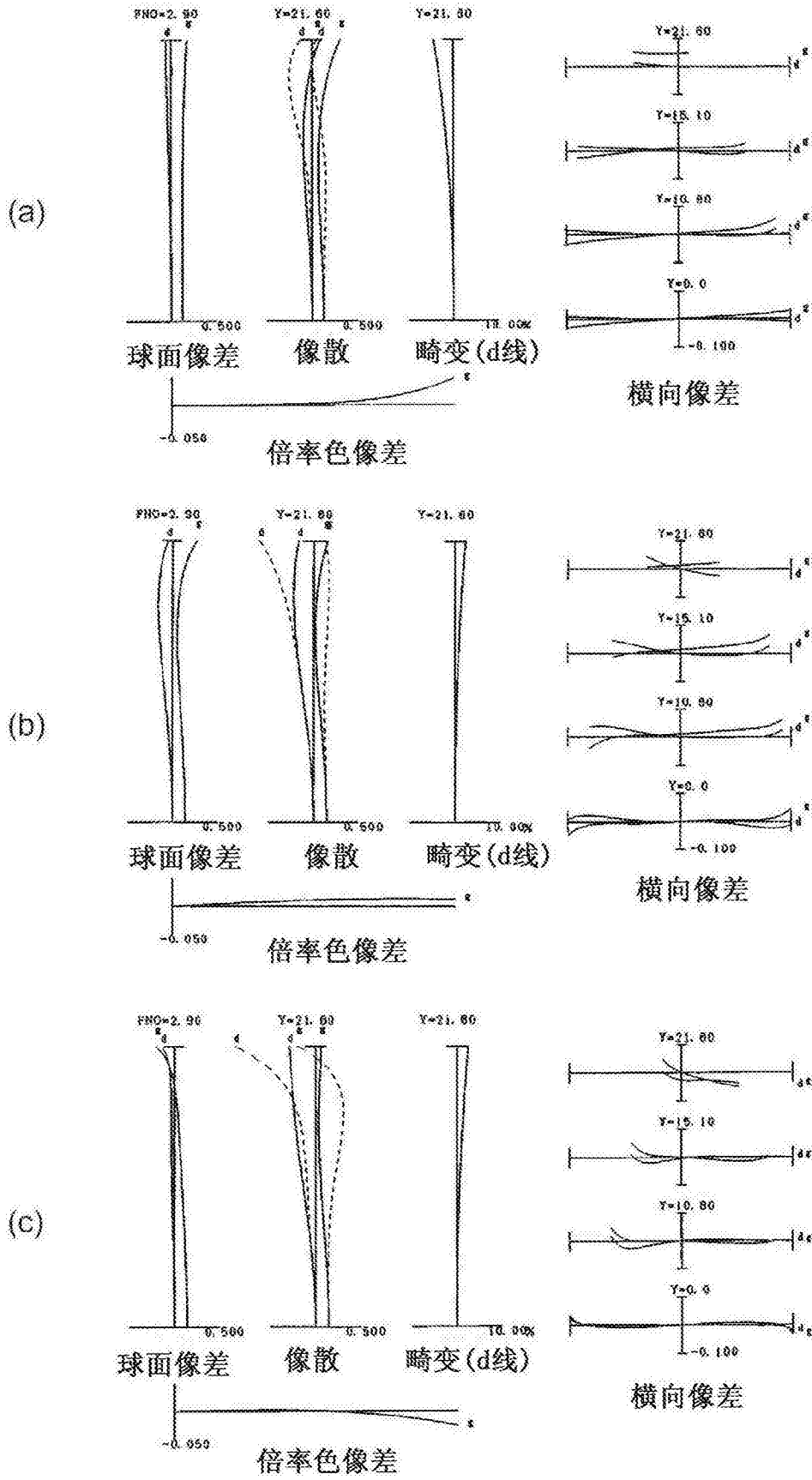
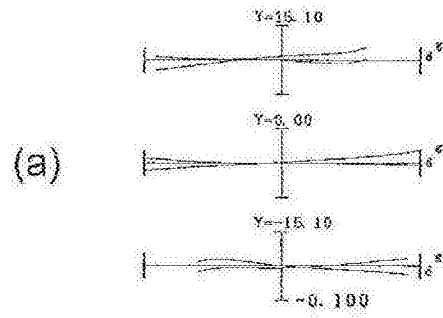
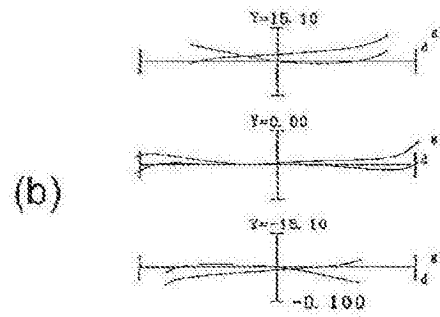


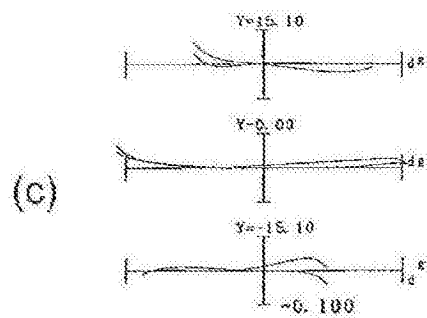
图20



横向像差



横向像差



横向像差

图21

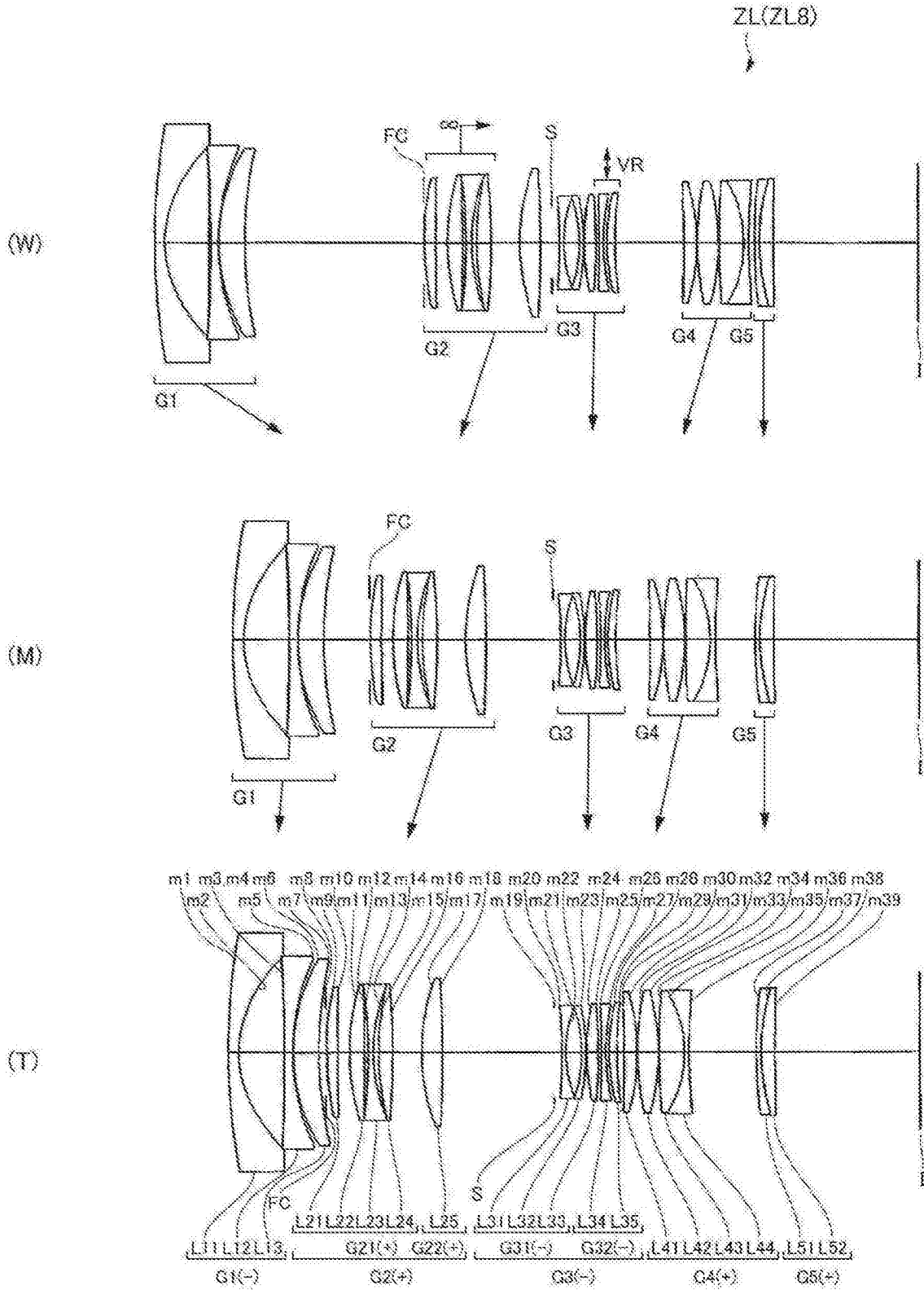


图22

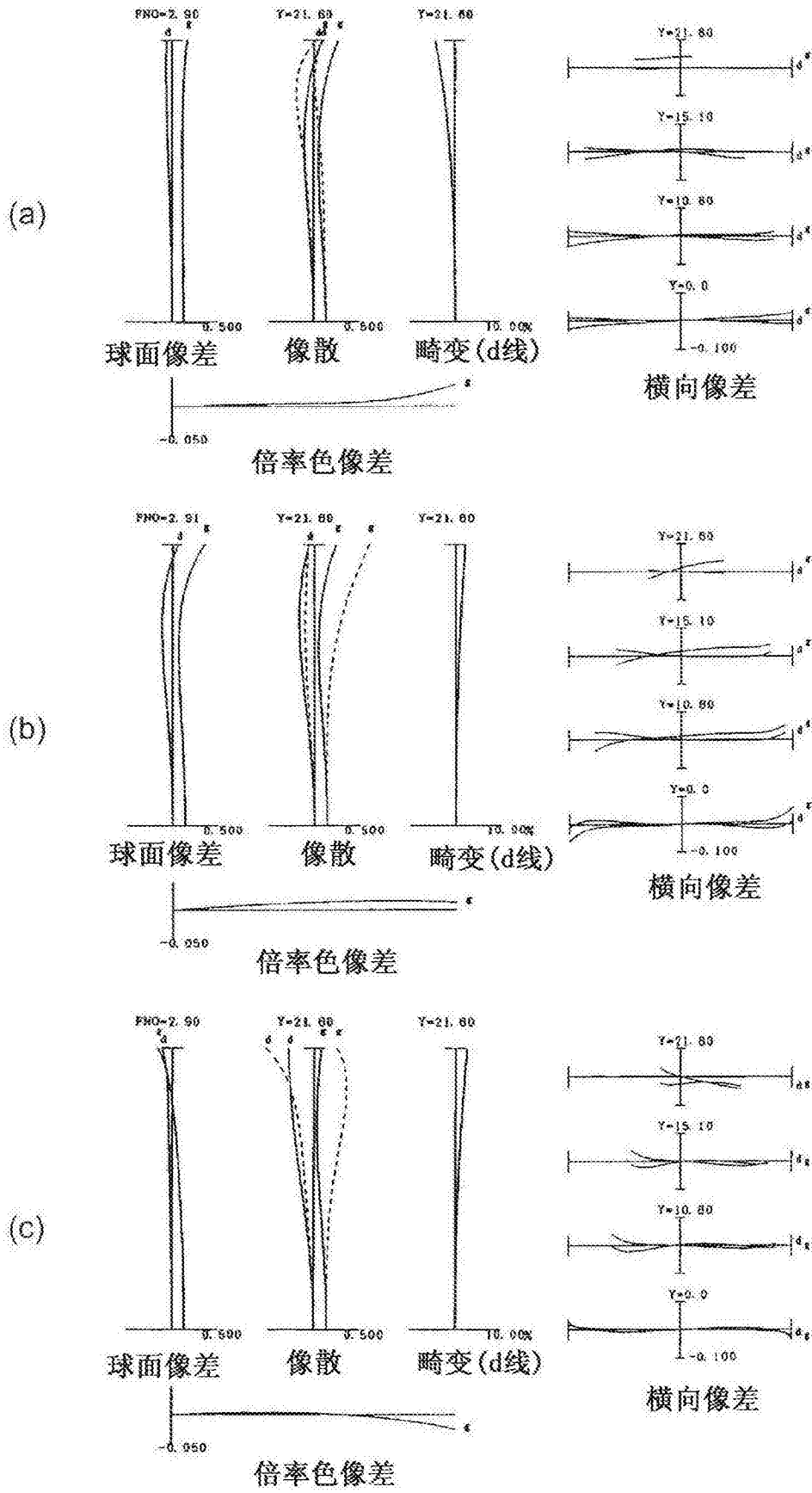
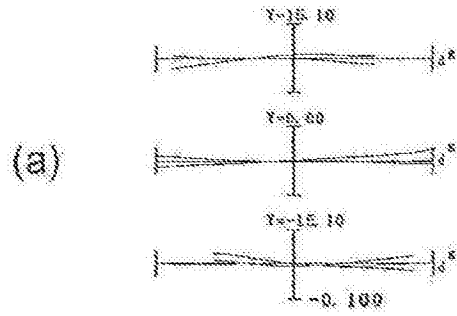
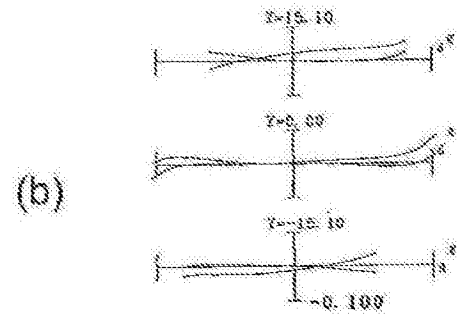


图23

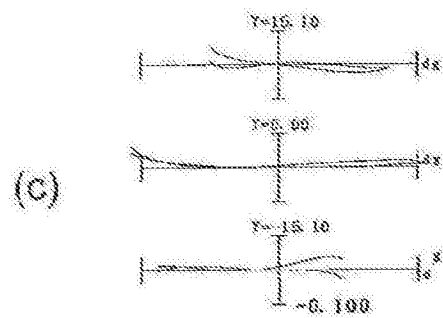




横向像差



横向像差



横向像差

图24

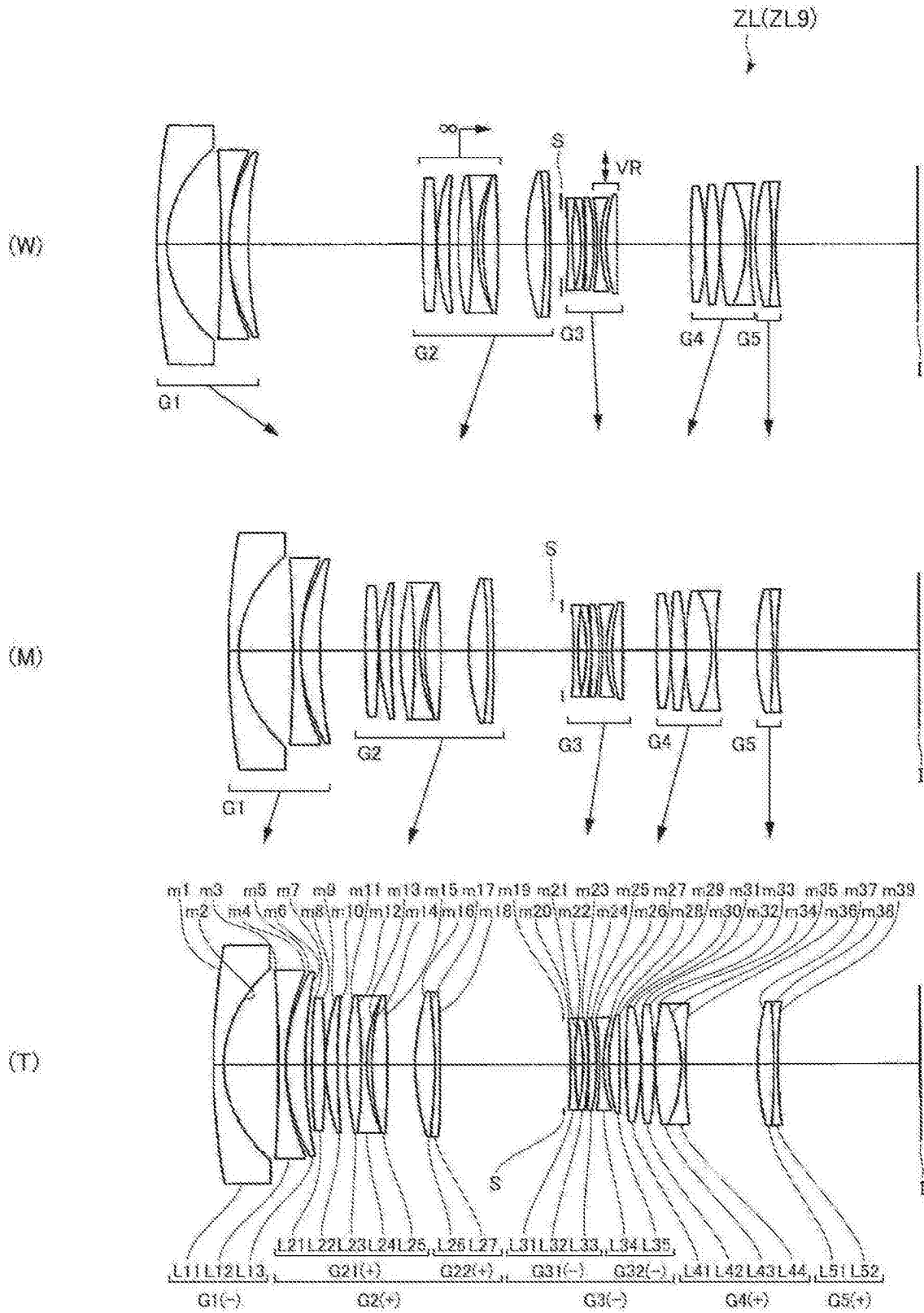


图25

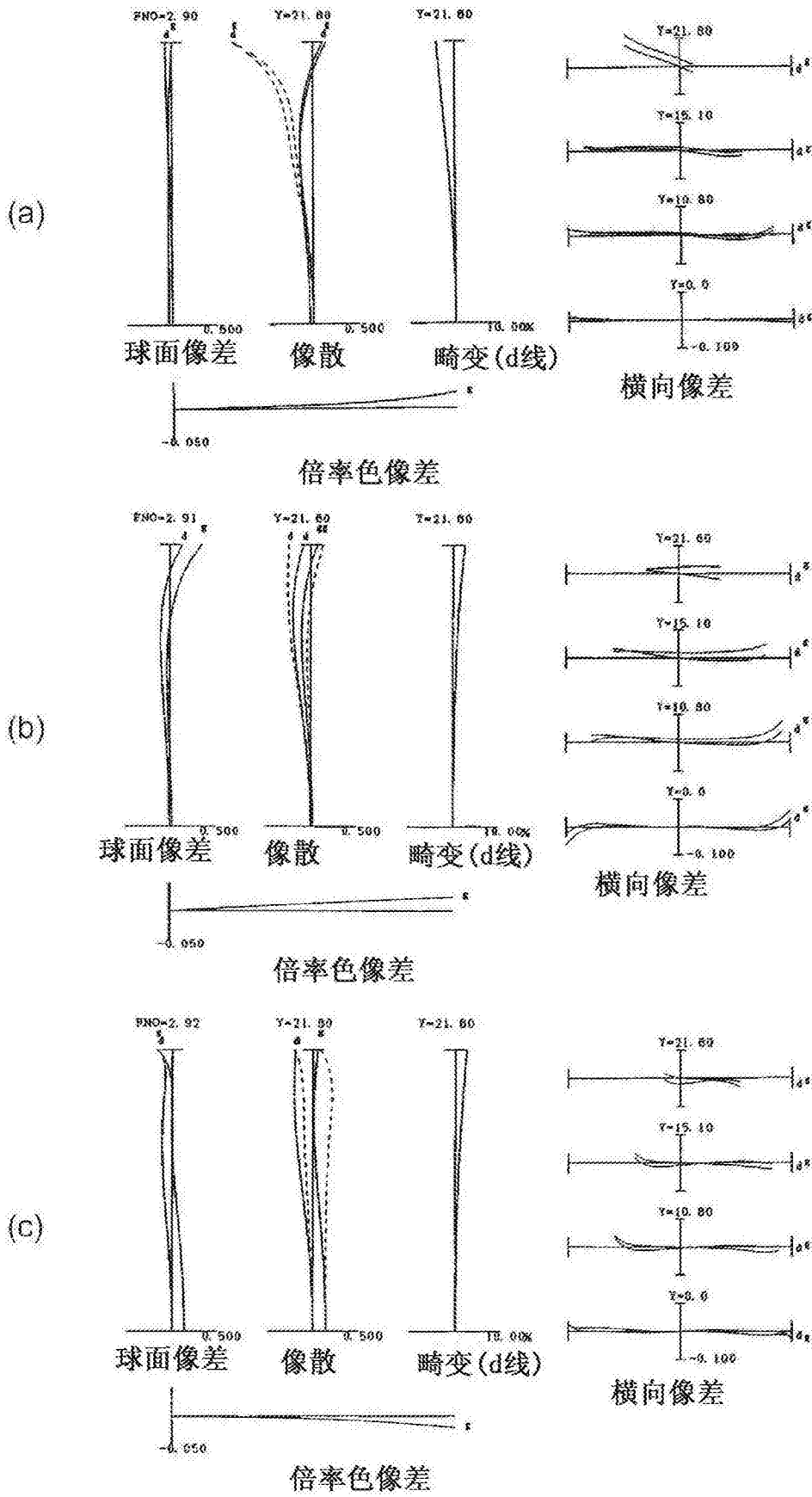
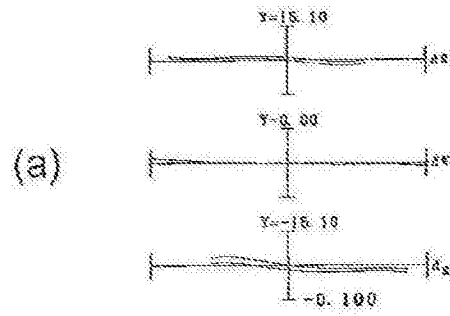
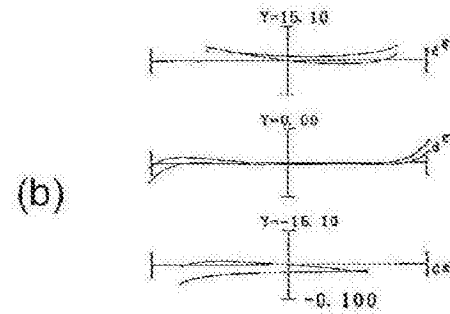


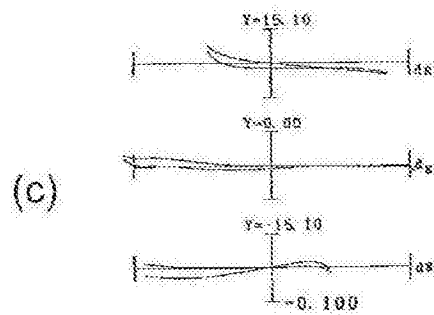
图26



横向像差



横向像差



横向像差

图27

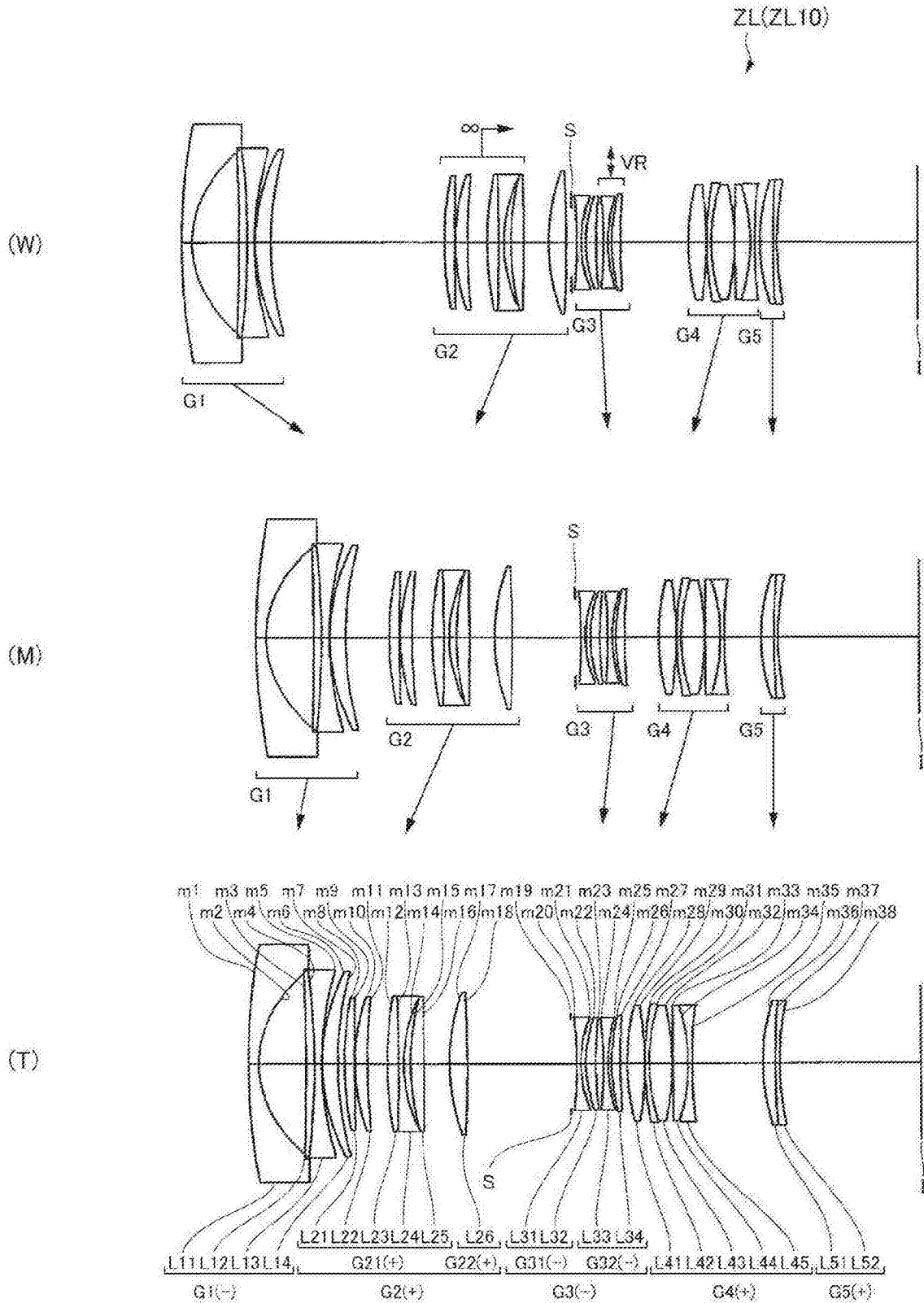


图28

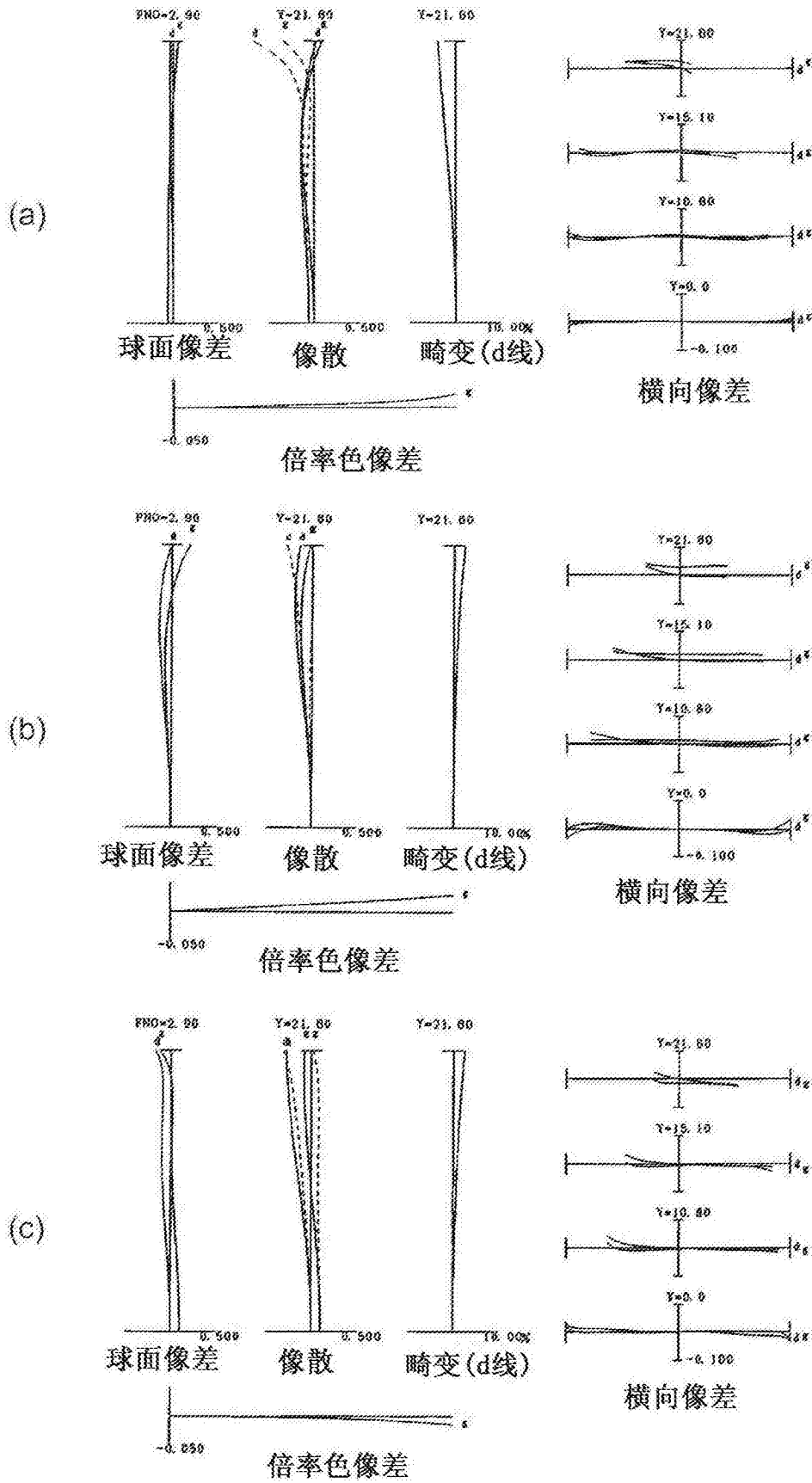
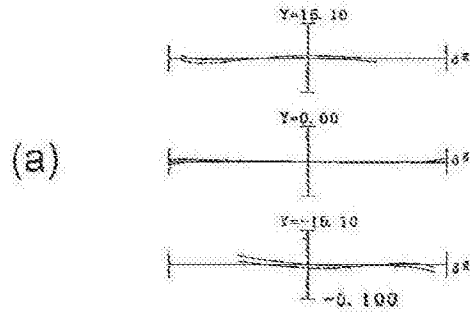
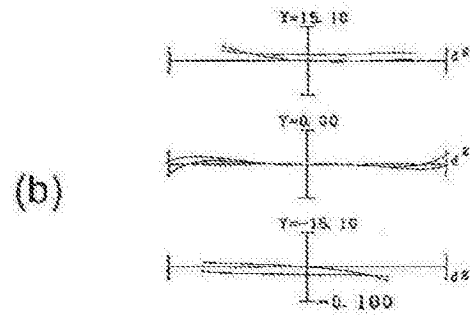


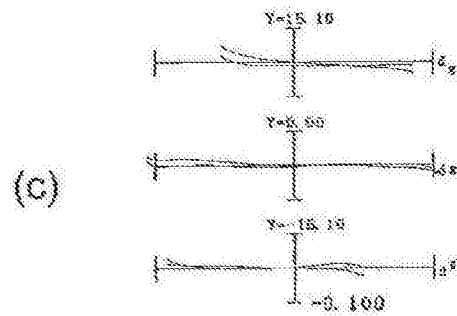
图29



横向像差



横向像差



横向像差

图30

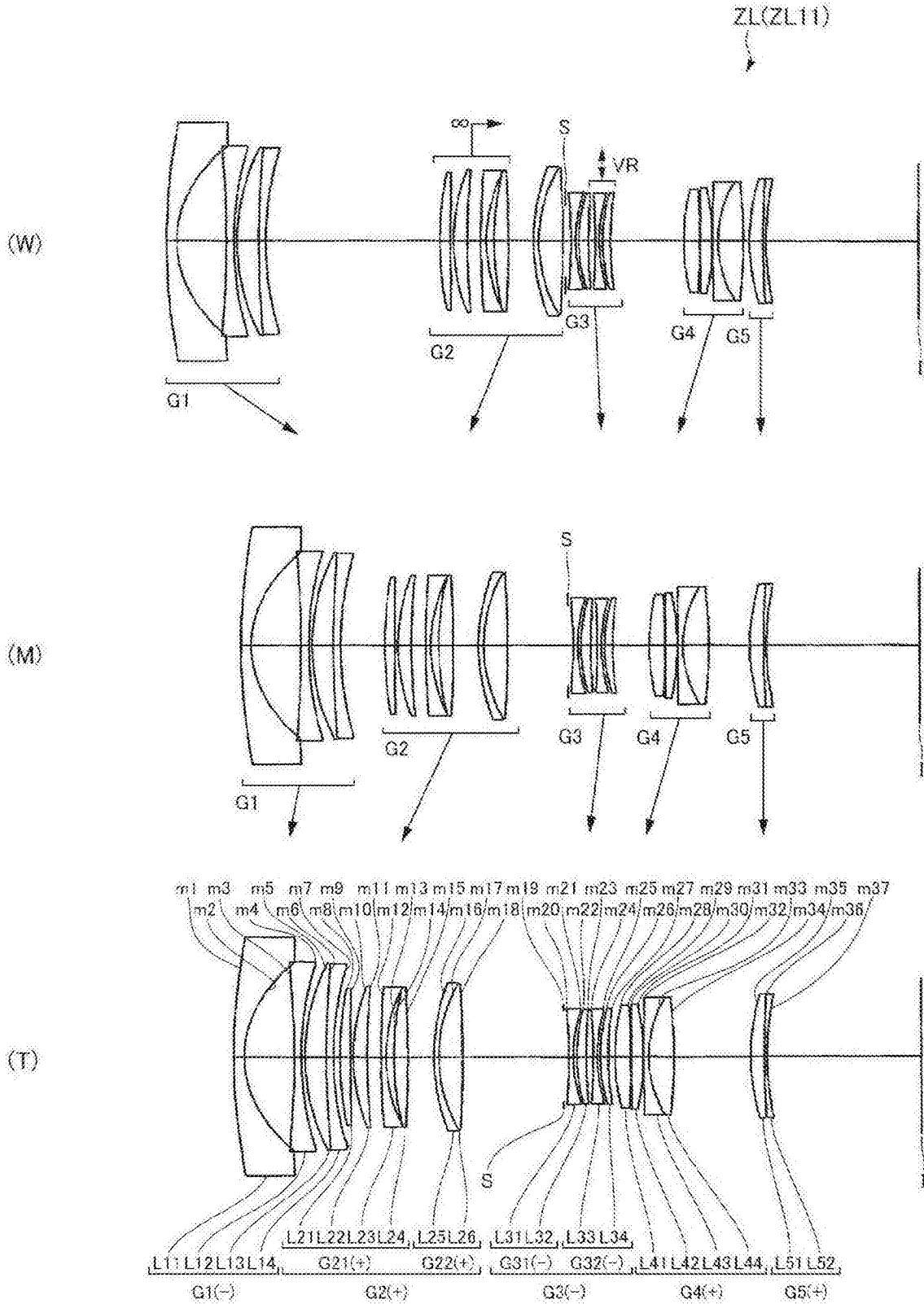


图31



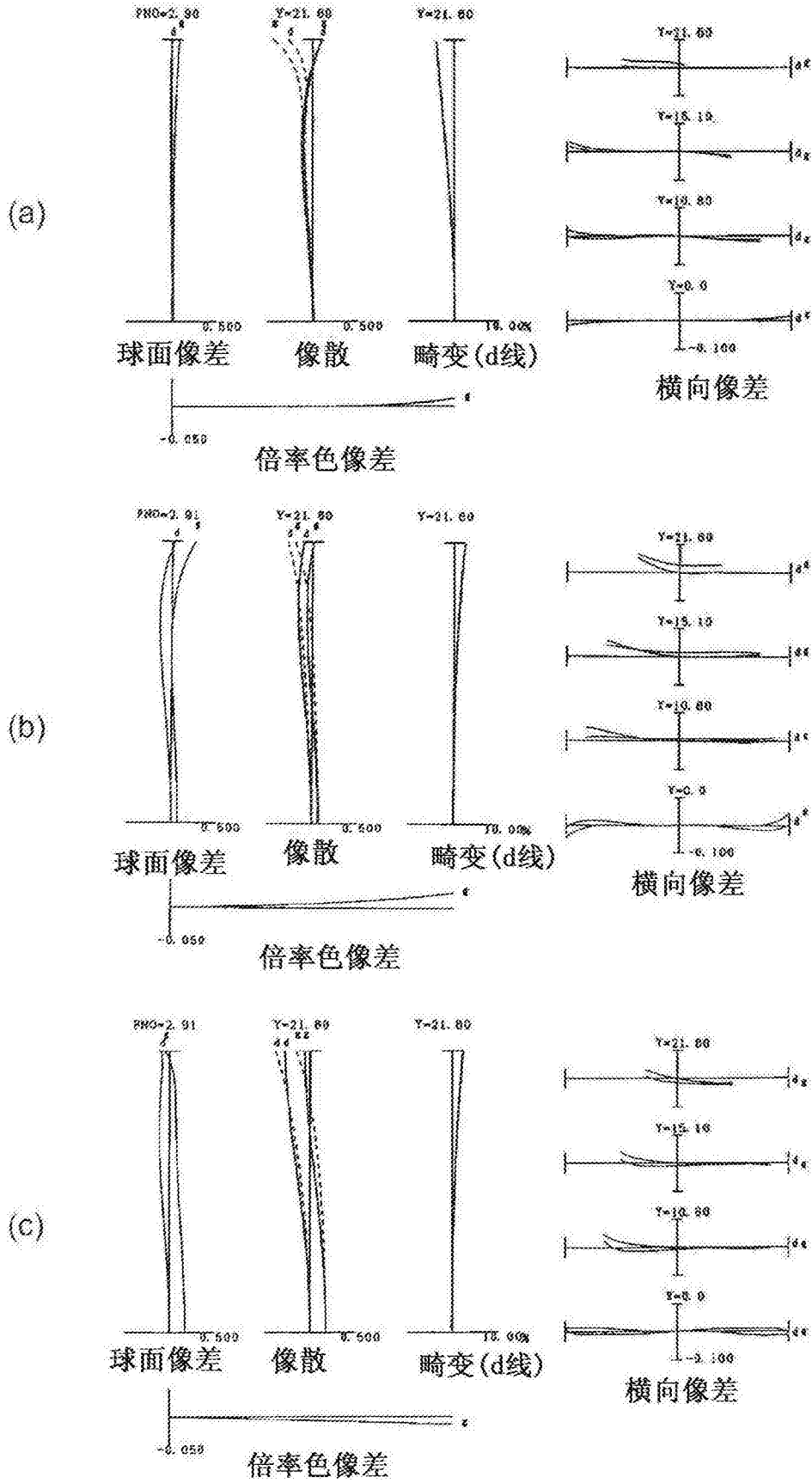
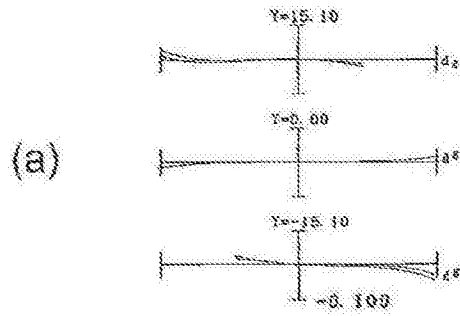
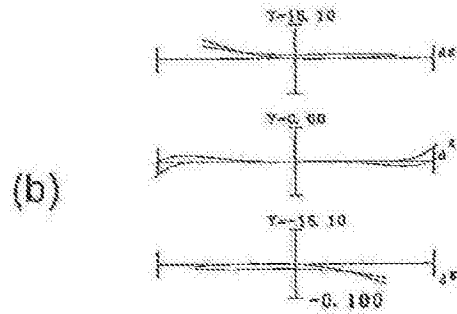


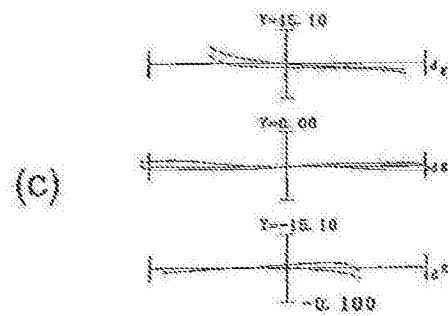
图32



横向像差



横向像差



横向像差

图33

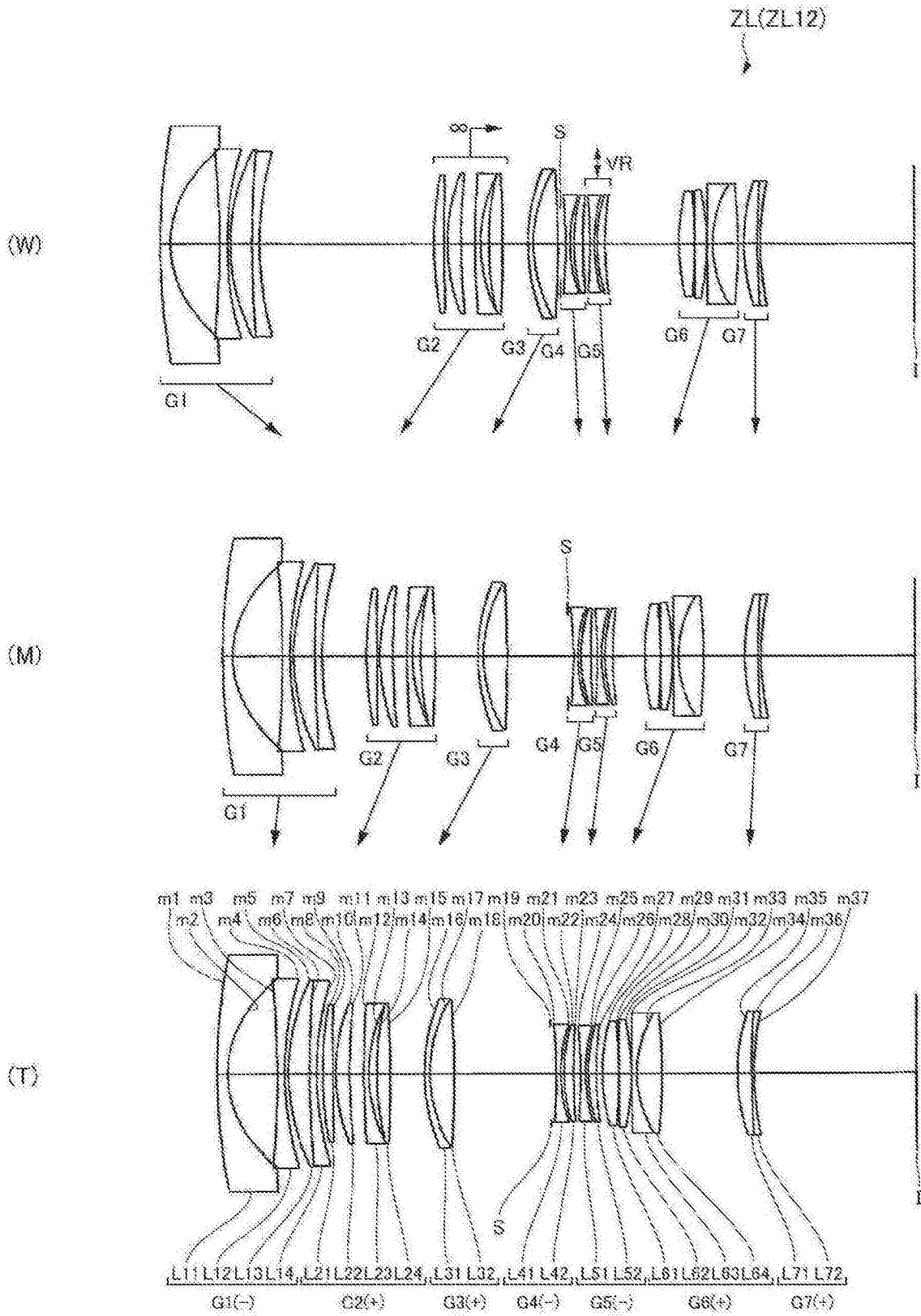


图34

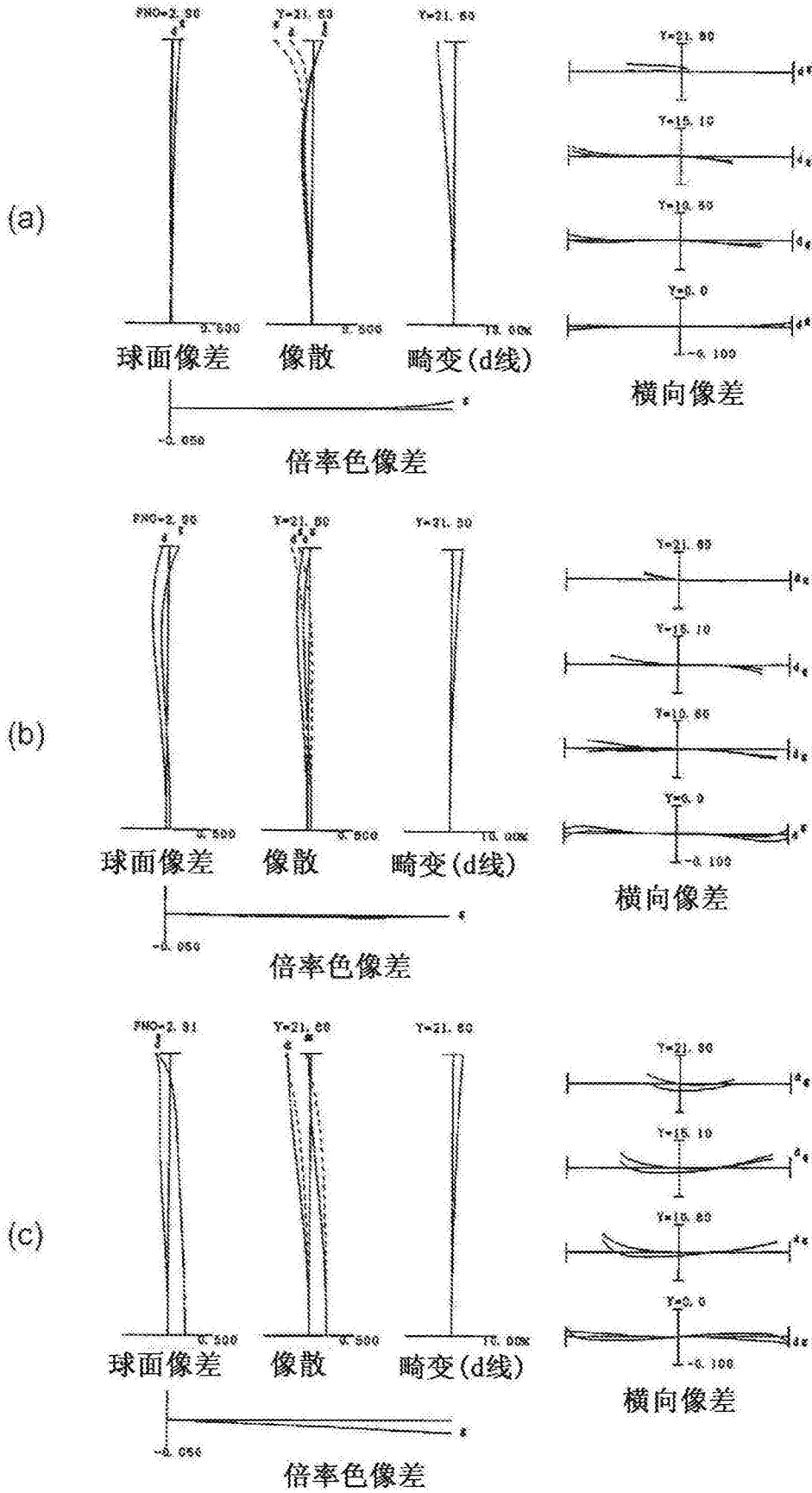
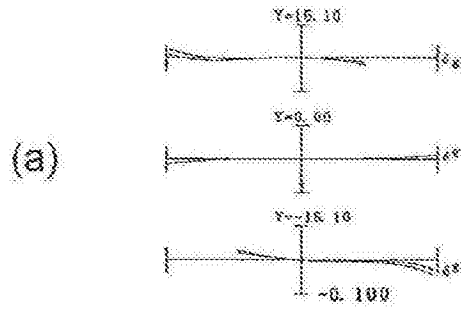
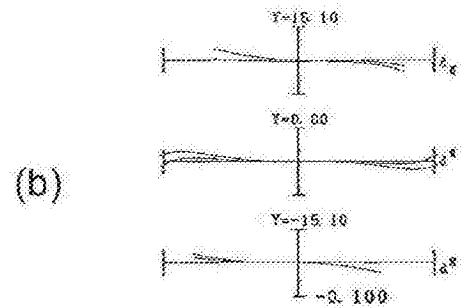


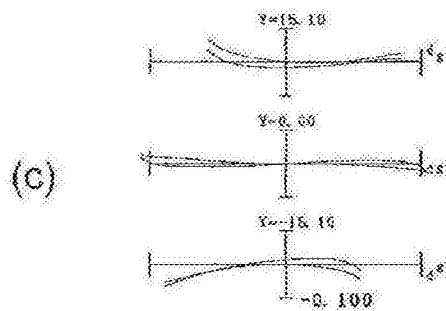
图35



横向像差



横向像差



横向像差

图36

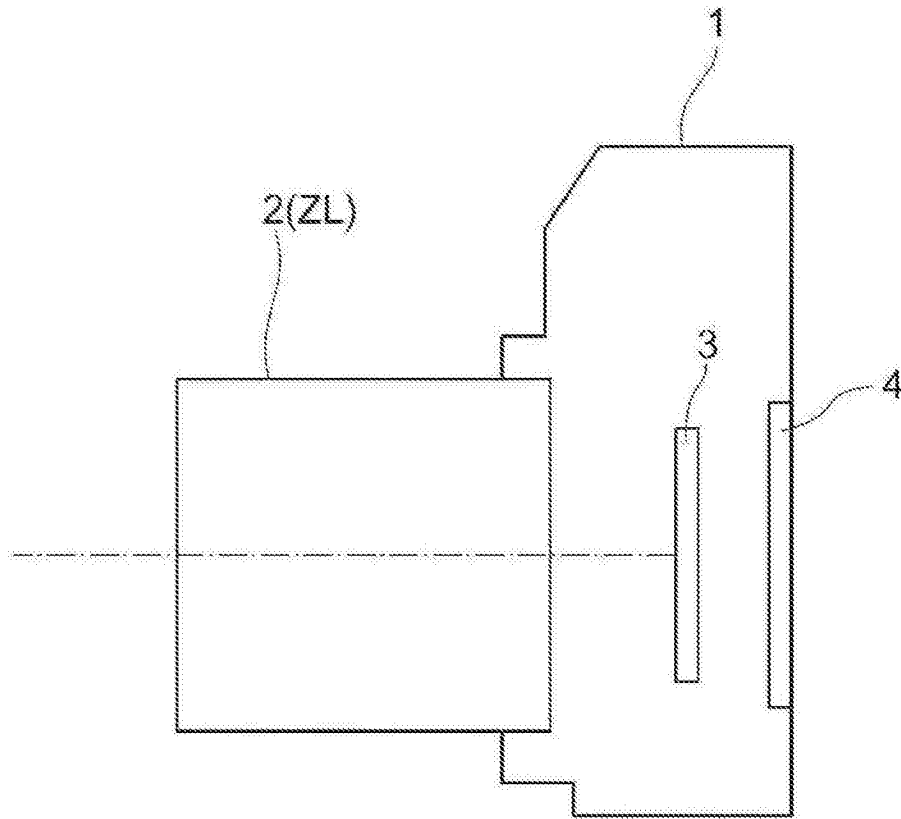


图37

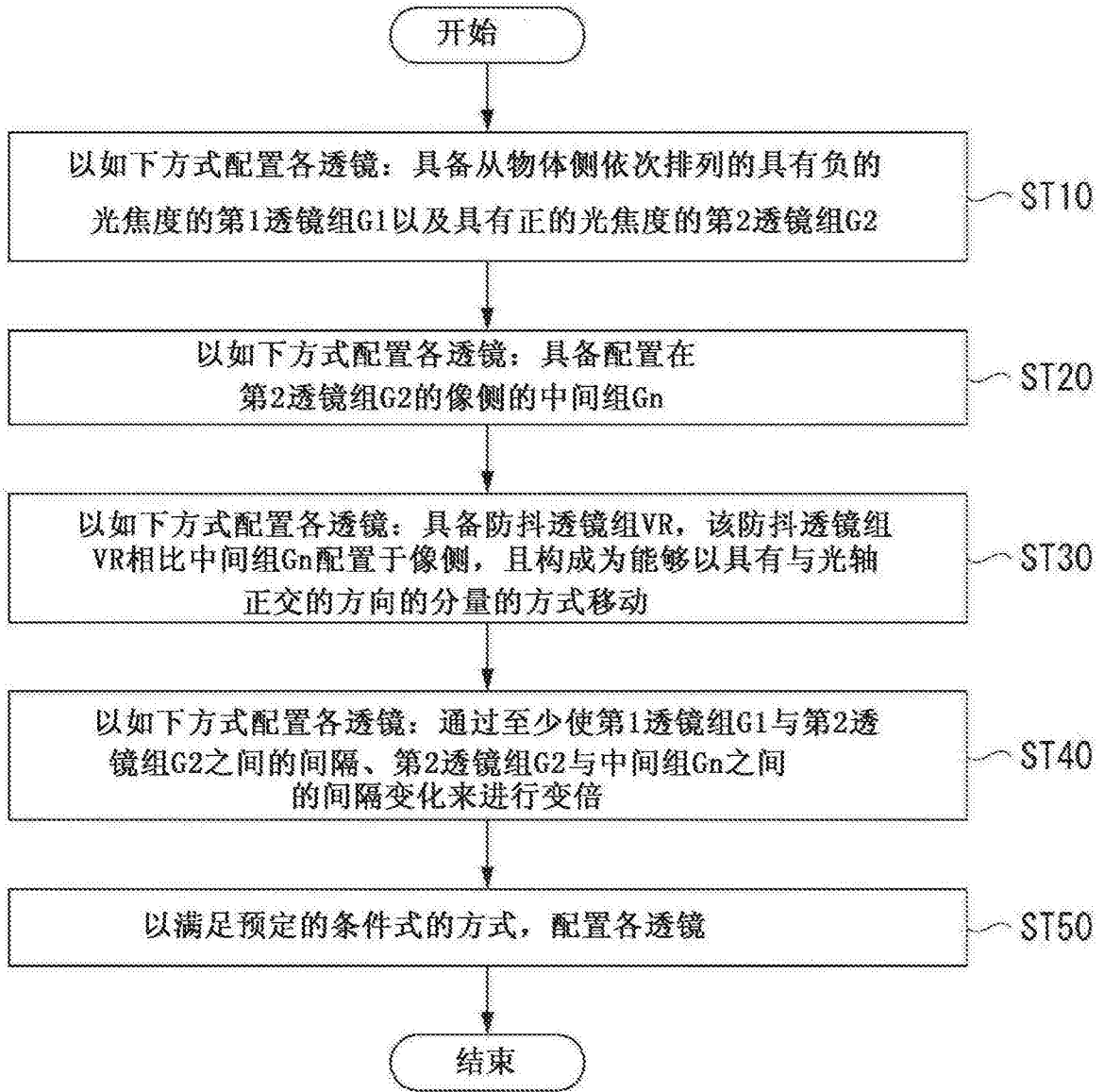


图38