



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 120077312 A

(43) 申请公布日 2025. 05. 30

(21) 申请号 202380076042.0

(22) 申请日 2023.10.25

(30) 优先权数据

2022-177172 2022.11.04 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2025.04.28

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2023/038488 2023.10.25

(87) PCT国际申请的公布数据

W02024/095858 JA 2024.05.10

(71) 申请人 株式会社尼康

地址 日本

(72) 发明人 町田幸介

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限
责任公司 11219

专利代理师 季莹 方应星

(51) Int.Cl.

G02B 15/20 (2006.01)

G02B 13/18 (2006.01)

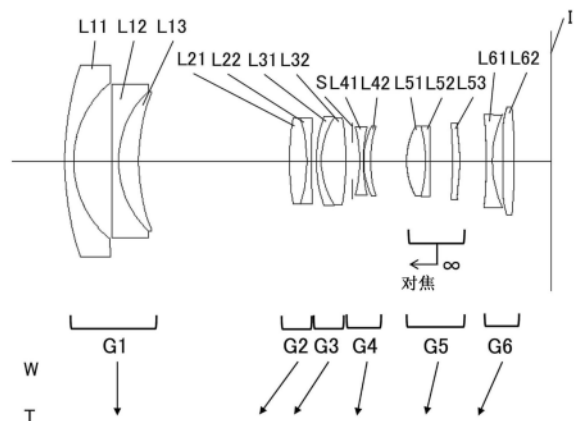
权利要求书4页 说明书30页 附图13页

(54) 发明名称

变倍光学系统、光学设备及变倍光学系统的
制造方法

(57) 摘要

使从物体侧依次具备具有负的光焦度的第1
透镜组及具有多个透镜组的后续透镜组的变倍
光学系统构成为,后续透镜组从物体侧依次包括
具有正的光焦度的第2透镜组及具有正的光焦度
的第3透镜组,在变倍时,第1透镜组相对于像面
固定,相邻的各透镜组之间的间隔变化,变倍光
学系统满足以下的条件式: $1.00 < f_2/f_3 < 5.00$
其中, f_2 是第2透镜组的焦距, f_3 是第3透镜组
的焦距。



1. 一种变倍光学系统,其中,

所述变倍光学系统从物体侧依次具备具有负的光焦度的第1透镜组及具有多个透镜组的后续透镜组,

所述后续透镜组从物体侧依次包括具有正的光焦度的第2透镜组及具有正的光焦度的第3透镜组,

在变倍时,所述第1透镜组相对于像面固定,相邻的各透镜组之间的间隔变化,

所述变倍光学系统满足以下的条件式:

$$1.00 < f_2/f_3 < 5.00$$

其中,

f_2 :所述第2透镜组的焦距,

f_3 :所述第3透镜组的焦距。

2. 一种变倍光学系统,其中,

所述变倍光学系统从物体侧依次具备具有负的光焦度的第1透镜组及具有多个透镜组的后续透镜组,

所述后续透镜组包括第1对焦透镜组及第2对焦透镜组,所述第1对焦透镜组具有正的光焦度,并在对焦时移动,所述第2对焦透镜组具有负的光焦度,相比所述第1对焦透镜组配置于像面侧,并在对焦时移动,

在变倍时,所述第1透镜组相对于像面固定,相邻的各透镜组之间的间隔变化,

所述变倍光学系统满足以下的条件式:

$$0.70 < fF_1/(-fF_2) < 5.00$$

其中,

fF_1 :所述第1对焦透镜组的焦距,

fF_2 :所述第2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,其中,

所述后续透镜组还包括配置于所述第3透镜组的像面侧的第4透镜组。

4. 根据权利要求2所述的变倍光学系统,其中,

所述后续透镜组从物体侧依次包括具有正的光焦度的第2透镜组、具有正的光焦度的第3透镜组及第4透镜组。

5. 根据权利要求4所述的变倍光学系统,其中,

所述第2透镜组是所述第1对焦透镜组。

6. 根据权利要求1、3至5中任一项所述的变倍光学系统,其中,

所述变倍光学系统满足以下的条件式:

$$0.12 < (-f_1)/f_2 < 0.95$$

其中,

f_1 :所述第1透镜组的焦距,

f_2 :所述第2透镜组的焦距。

7. 根据权利要求1至6中任一项所述的变倍光学系统,其中,

所述变倍光学系统满足以下的条件式:

$$0.20 < (-f_1)/f_w < 2.40$$

其中，

f_1 :所述第1透镜组的焦距，

f_w :广角端状态下的所述变倍光学系统的焦距。

8.根据权利要求1至7中任一项所述的变倍光学系统,其中,所述变倍光学系统满足以下的条件式:

$$0.10 < |f_{RF}|/|f_R| < 1.10$$

其中，

f_{RF} :与配置于最靠像面侧的透镜组的物体侧相邻的透镜组的焦距，

f_R :配置于最靠像面侧的透镜组的焦距。

9.根据权利要求1至8中任一项所述的变倍光学系统,其中,所述变倍光学系统满足以下的条件式:

$$0.15 < Bf_w/f_w < 1.10$$

其中，

Bf_w :广角端状态下的无限远对焦时的所述变倍光学系统的后焦距，

f_w :广角端状态下的所述变倍光学系统的焦距。

10.根据权利要求3或4所述的变倍光学系统,其中，

所述变倍光学系统在所述第3透镜组和所述第4透镜组之间具备孔径光阑。

11.根据权利要求10所述的变倍光学系统,其中，

所述变倍光学系统满足以下的条件式:

$$0.40 < D_{wa}/D_{wb} < 2.50$$

其中，

D_{wa} :广角端状态下的从所述第1透镜组的最靠物体侧的面到所述孔径光阑为止的距离，

D_{wb} :广角端状态下的从所述孔径光阑到像面为止的距离。

12.根据权利要求10或11所述的变倍光学系统,其中，

所述变倍光学系统满足以下的条件式:

$$0.01 < f_{wa}/|f_{wb}| < 0.30$$

其中，

f_{wa} :广角端状态下的从所述第1透镜组的最靠物体侧的透镜到与所述孔径光阑的物体侧相邻的透镜为止的合成焦距，

f_{wb} :广角端状态下的从与所述孔径光阑的像面侧相邻的透镜到最靠像面侧的透镜为止的合成焦距。

13.根据权利要求2、4或5所述的变倍光学系统,其中，

所述变倍光学系统满足以下的条件式:

$$1.00 < MWF_1/MWF_2 < 15.00$$

其中，

MWF_1 :广角端状态下的从无限远物体向近距离物体对焦时的所述第1对焦透镜组的移动量，

MWF_2 :广角端状态下的从无限远物体向近距离物体对焦时的所述第2对焦透镜组的移

动量。

14. 根据权利要求2、4、5或13所述的变倍光学系统,其中,
所述变倍光学系统满足以下的条件式:

$$0.70 < \text{MTF1} / \text{MTF2} < 10.00$$

其中,

MTF1: 远焦端状态下的从无限远物体向近距离物体对焦时的所述第1对焦透镜组的移动量,

MTF2: 远焦端状态下的从无限远物体向近距离物体对焦时的所述第2对焦透镜组的移动量。

15. 根据权利要求2、4、5、13或14所述的变倍光学系统,其中,
所述变倍光学系统满足以下的条件式:

$$0.60 < \beta\text{WF1} / \beta\text{WF2} < 10.00$$

其中,

βWF1 : 广角端状态下的无限远物体对焦时的所述第1对焦透镜组的横向倍率,

βWF2 : 广角端状态下的无限远物体对焦时的所述第2对焦透镜组的横向倍率。

16. 根据权利要求2、4、5、13、14或15所述的变倍光学系统,其中,
所述变倍光学系统满足以下的条件式:

$$0.20 < \beta\text{Tf1} / \beta\text{Tf2} < 5.00$$

其中,

βTf1 : 远焦端状态下的无限远物体对焦时的所述第1对焦透镜组的横向倍率,

βTf2 : 远焦端状态下的无限远物体对焦时的所述第2对焦透镜组的横向倍率。

17. 根据权利要求1至16中任一项所述的变倍光学系统,其中,
所述变倍光学系统满足以下的条件式:

$$0.50 < G_w / G_t < 1.50$$

其中,

G_w : 广角端状态下的从所述变倍光学系统的最靠物体侧的透镜面到所述变倍光学系统的重心位置为止的距离,

G_t : 远焦端状态下的从所述变倍光学系统的最靠物体侧的透镜面到所述变倍光学系统的重心位置为止的距离。

18. 一种光学设备,具有权利要求1至17中任一项所述的变倍光学系统。

19. 一种变倍光学系统的制造方法,其中,

使从物体侧依次具备具有负的光焦度的第1透镜组及具有多个透镜组的后续透镜组的变倍光学系统构成为,

所述后续透镜组从物体侧依次包括具有正的光焦度的第2透镜组及具有正的光焦度的第3透镜组,

在变倍时,所述第1透镜组相对于像面固定,相邻的各透镜组之间的间隔变化,

所述变倍光学系统满足以下的条件式:

$$1.00 < f_2 / f_3 < 5.00$$

其中,

f2:所述第2透镜组的焦距,

f3:所述第3透镜组的焦距。

20.一种变倍光学系统的制造方法,其中,

使从物体侧依次具备具有负的光焦度的第1透镜组及具有多个透镜组的后续透镜组的变倍光学系统构成为,

所述后续透镜组包括第1对焦透镜组及第2对焦透镜组,所述第1对焦透镜组具有正的光焦度,并在对焦时移动,所述第2对焦透镜组具有负的光焦度,相比所述第1对焦透镜组配置于像面侧,并在对焦时移动,

在变倍时,所述第1透镜组相对于像面固定,相邻的各透镜组之间的间隔变化,

所述变倍光学系统满足以下的条件式:

$$0.70 < fF1 / (-fF2) < 5.00$$

其中,

fF1:所述第1对焦透镜组的焦距,

fF2:所述第2对焦透镜组的焦距。

变倍光学系统、光学设备及变倍光学系统的制造方法

技术领域

[0001] 本公开涉及变倍光学系统、光学设备及变倍光学系统的制造方法。

背景技术

[0002] 以往,提出了照片用相机、电子静态相机、摄像机等光学设备中使用的变倍光学系统(例如,参照专利文献1)。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2021-196574号公报

发明内容

[0006] 本公开的变倍光学系统从物体侧依次具备具有负的光焦度的第1透镜组及具有多个透镜组的后续透镜组,后续透镜组从物体侧依次包括具有正的光焦度的第2透镜组及具有正的光焦度的第3透镜组,在变倍时,第1透镜组相对于像面固定,相邻的各透镜组之间的间隔变化,所述变倍光学系统满足以下的条件式:

$$1.00 < f2/f3 < 5.00$$

其中,

f2:第2透镜组的焦距

f3:第3透镜组的焦距

[0007] 本公开的变倍光学系统从物体侧依次具备具有负的光焦度的第1透镜组及具有多个透镜组的后续透镜组,后续透镜组包括第1对焦透镜组及第2对焦透镜组,该第1对焦透镜组具有正的光焦度,并在对焦时移动,该第2对焦透镜组具有负的光焦度,相比第1对焦透镜组配置于像面侧,并在对焦时移动,在变倍时,第1透镜组相对于像面固定,相邻的各透镜组之间的间隔变化,所述变倍光学系统满足以下的条件式:

$$0.70 < fF1/(-fF2) < 5.00$$

其中,

fF1:第1对焦透镜组的焦距,

fF2:第2对焦透镜组的焦距。

[0008] 本公开的变倍光学系统的制造方法包括使从物体侧依次具备具有负的光焦度的第1透镜组及具有多个透镜组的后续透镜组的变倍光学系统构成为,后续透镜组从物体侧依次包括具有正的光焦度的第2透镜组及具有正的光焦度的第3透镜组,在变倍时,第1透镜组相对于像面固定,相邻的各透镜组之间的间隔变化,变倍光学系统满足以下的条件式:

$$1.00 < f2/f3 < 5.00$$

其中,

f2:第2透镜组的焦距,

f3:第3透镜组的焦距。

[0009] 本公开的变倍光学系统的制造方法包括使从物体侧依次具备具有负的光焦度的第1透镜组及具有多个透镜组的后续透镜组的变倍光学系统构成为,后续透镜组包括第1对焦透镜组及第2对焦透镜组,该第1对焦透镜组具有正的光焦度,并在对焦时移动,该第2对焦透镜组具有负的光焦度,相比第1对焦透镜组配置于像面侧,并在对焦时移动,在变倍时,第1透镜组相对于像面固定,相邻的各透镜组之间的间隔变化,变倍光学系统满足以下的条件式:

$$0.70 < fF1 / (-fF2) < 5.00$$

其中,

fF1:第1对焦透镜组的焦距,

fF2:第2对焦透镜组的焦距。

附图说明

[0010] 图1是广角端状态下的无限远物体对焦时的第1实施例的变倍光学系统的剖视图。

[0011] 图2的(a)是第1实施例的变倍光学系统的广角端状态下的无限远物体对焦时的各像差图,(b)是第1实施例的变倍光学系统的远焦端状态下的无限远物体对焦时的各像差图。

[0012] 图3是广角端状态下的无限远物体对焦时的第2实施例的变倍光学系统的剖视图。

[0013] 图4的(a)是第2实施例的变倍光学系统的广角端状态下的无限远物体对焦时的各像差图,(b)是第2实施例的变倍光学系统的远焦端状态下的无限远物体对焦时的各像差图。

[0014] 图5是广角端状态下的无限远物体对焦时的第3实施例的变倍光学系统的剖视图。

[0015] 图6的(a)是第3实施例的变倍光学系统的广角端状态下的无限远物体对焦时的各像差图,(b)是第3实施例的变倍光学系统的远焦端状态下的无限远物体对焦时的各像差图,(c)是第3实施例的变倍光学系统的广角端状态下的近距离物体对焦时的各像差图,(d)是第3实施例的变倍光学系统的远焦端状态下的近距离物体对焦时的各像差图。

[0016] 图7是广角端状态下的无限远物体对焦时的第4实施例的变倍光学系统的剖视图。

[0017] 图8的(a)是第4实施例的变倍光学系统的广角端状态下的无限远物体对焦时的各像差图,(b)是第4实施例的变倍光学系统的远焦端状态下的无限远物体对焦时的各像差图,(c)是第4实施例的变倍光学系统的广角端状态下的近距离物体对焦时的各像差图,(d)是第4实施例的变倍光学系统的远焦端状态下的近距离物体对焦时的各像差图。

[0018] 图9是广角端状态下的无限远物体对焦时的第5实施例的变倍光学系统的剖视图。

[0019] 图10的(a)是第5实施例的变倍光学系统的广角端状态下的无限远物体对焦时的各像差图,(b)是第5实施例的变倍光学系统的远焦端状态下的无限远物体对焦时的各像差图,(c)是第5实施例的变倍光学系统的广角端状态下的近距离物体对焦时的各像差图,(d)是第5实施例的变倍光学系统的远焦端状态下的近距离物体对焦时的各像差图。

[0020] 图11是具备本实施方式的变倍光学系统的相机的示意图。

[0021] 图12是示出本实施方式的变倍光学系统的第1的制造方法的概略的流程图。

[0022] 图13是示出本实施方式的变倍光学系统的第2的制造方法的概略的流程图。

具体实施方式

[0023] 以下,对本申请的实施方式的变倍光学系统、光学设备及变倍光学系统的制造方法进行说明。

[0024] 本实施方式的变倍光学系统从物体侧依次具备具有负的光焦度的第1透镜组及具有多个透镜组的后续透镜组,后续透镜组从物体侧依次包括具有正的光焦度的第2透镜组及具有正的光焦度的第3透镜组,在变倍时,第1透镜组相对于像面固定,相邻的各透镜组之间的间隔变化,变倍光学系统满足以下的条件式。

[0025] (1) $1.00 < f_2/f_3 < 5.00$

其中,

f_2 :第2透镜组的焦距

f_3 :第3透镜组的焦距

[0026] 本实施方式的变倍光学系统具备具有负的光焦度的第1透镜组以及具有多个透镜组的后续透镜组,后续透镜组从物体侧依次包括具有正的光焦度的第2透镜组及具有正的光焦度的第3透镜组,由此,能够抑制以变倍时的球面像差为首的各像差的变动。

[0027] 条件式(1)规定第2透镜组的焦距与第3透镜组的焦距之比。本实施方式的变倍光学系统通过满足条件式(1),能够抑制以变倍时的球面像差为首的各像差的变动。

[0028] 在本实施方式的变倍光学系统中,若条件式(1)的值超过上限值,则第3透镜组的光焦度变得过强,难以抑制以变倍时的球面像差为首的各像差的变动。

[0029] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过将条件式(1)的上限值设定为5.00,能够使本实施方式的效果更加可靠。另外,为了使得本实施方式的效果更加可靠,优选将条件式(1)的上限值设定为4.50、4.00、3.50、3.00、2.50,进一步设定为2.30。

[0030] 另外,在本实施方式的变倍光学系统中,若条件式(1)的值低于下限值,则第2透镜组的光焦度变得过强,难以抑制以变倍时的球面像差为首的各像差的变动。

[0031] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过将条件式(1)的下限值设定为1.00,能够使本实施方式的效果更加可靠。另外,为了使得本实施方式的效果更加可靠,优选将条件式(1)的下限值设定为1.20、1.35,进一步设定为1.50。

[0032] 本实施方式的变倍光学系统从物体侧依次具备具有负的光焦度的第1透镜组及具有多个透镜组的后续透镜组,后续透镜组包括第1对焦透镜组及第2对焦透镜组,该第1对焦透镜组具有正的光焦度,并在对焦时移动,该第2对焦透镜组具有负的光焦度,相比第1对焦透镜组配置于像面侧,并在对焦时移动,在变倍时,第1透镜组相对于像面固定,相邻的各透镜组之间的间隔变化,所述变倍光学系统满足以下的条件式。

[0033] (2) $0.70 < f_{F1}/(-f_{F2}) < 5.00$

其中,

f_{F1} :第1对焦透镜组的焦距

f_{F2} :第2对焦透镜组的焦距

[0034] 本实施方式的变倍光学系统具备具有负的光焦度的第1透镜组以及具有多个透镜组的后续透镜组,后续透镜组包括第2对焦透镜组,该第2对焦透镜组具有负的光焦度,相比第1对焦透镜组配置于像面侧,并在对焦时移动,由此,能够抑制以对焦时的球面像差为首的各像差的变动。

[0035] 条件式(2)规定第1对焦透镜组的焦距与第2对焦透镜组的焦距之比。本实施方式的变倍光学系统通过满足条件式(2),能够抑制以对焦时的球面像差为首的各像差的变动。

[0036] 在本实施方式的变倍光学系统中,若条件式(2)的值超过上限值,则第2对焦透镜组的光焦度变得过强,难以抑制以对焦时的球面像差为首的各像差的变动。

[0037] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过将条件式(2)的上限值设定为5.00,能够使本实施方式的效果更加可靠。另外,为了使得本实施方式的效果更加可靠,优选将条件式(2)的上限值设定为4.50、4.00、3.50、3.00、2.60,进一步设定为2.40。

[0038] 另外,在本实施方式的变倍光学系统中,若条件式(2)的值低于下限值,则第3对焦透镜组的光焦度变得过强,难以抑制以对焦时的球面像差为首的各像差的变动。

[0039] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过将条件式(2)的下限值设定为0.70,能够使本实施方式的效果更加可靠。另外,为了使得本实施方式的效果更加可靠,优选将条件式(2)的下限值设定为0.85、1.00、1.15,进一步设定为1.30。

[0040] 另外,在本实施方式的变倍光学系统中,优选的是,后续透镜组还包括配置于第3透镜组的像面侧的第4透镜组。

[0041] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过具有这样的结构,能够抑制以变倍时的球面像差为首的各像差的变动。

[0042] 另外,在本实施方式的变倍光学系统中,优选的是,后续透镜组从物体侧依次包括具有正的光焦度的第2透镜组、具有正的光焦度的第3透镜组及第4透镜组。

[0043] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过具有这样的结构,能够抑制以变倍时的球面像差为首的各像差的变动。

[0044] 另外,在本实施方式的变倍光学系统中,优选的是,第2透镜组是第1对焦透镜组。

[0045] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过具有这样的结构,能够抑制以对焦时的球面像差为首的各像差的变动。

[0046] 另外,在本实施方式的变倍光学系统中,优选的是,满足以下的条件式。

[0047] (3) $0.12 < (-f1)/f2 < 0.95$

其中,

f1:第1透镜组的焦距

f2:第2透镜组的焦距

[0048] 条件式(3)规定第1透镜组的焦距与第2透镜组的焦距之比。本实施方式的变倍光学系统通过满足条件式(3),能够抑制以变倍时的彗差为首的各像差的变动。

[0049] 在本实施方式的变倍光学系统中,若条件式(3)的值超过上限值,则第2透镜组的光焦度变得过强,难以抑制以变倍时的彗差为首的各像差的变动。

[0050] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过将条件式(3)的上限值设定为0.95,能够使本实施方式的效果更加可靠。另外,为了使得本实施方式的效果更加可靠,优选将条件式(3)的上限值设定为0.85、0.70、0.60、0.50,进一步设定为0.47。

[0051] 另外,在本实施方式的变倍光学系统中,若条件式(3)的值低于下限值,则第1透镜组的光焦度变得过强,难以抑制以变倍时的彗差为首的各像差的变动。

[0052] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过将条件式(3)的下限值设定为0.12,能够使本实施方式的效果更加可靠。另外,为了使得本实施方式的效果更加可靠,优选将条件式

(3)的下限值设定为0.15、0.18,进一步设定为0.20。

[0053] 另外,在本实施方式的变倍光学系统中,优选的是,满足以下的条件式。

[0054] (4) $0.20 < (-f1)/fw < 2.40$

其中,

f1:第1透镜组的焦距

fw:广角端状态下的变倍光学系统的焦距

[0055] 条件式(4)规定第1透镜组的焦距与广角端状态下的变倍光学系统的焦距之比。本实施方式的变倍光学系统通过满足条件式(4),不会使变倍光学系统大型化,能够抑制以变倍时的彗差为首的各像差的变动。

[0056] 在本实施方式的变倍光学系统中,若条件式(4)的值超过上限值,则第1透镜组的光焦度变得过弱,变倍光学系统大型化。另外,难以抑制以变倍时的彗差为首的各像差的变动。

[0057] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过将条件式(4)的上限值设定为2.40,能够使本实施方式的效果更加可靠。另外,为了使得本实施方式的效果更加可靠,优选将条件式(4)的上限值设定为2.35、2.25、2.20,进一步设定为2.15。

[0058] 另外,在本实施方式的变倍光学系统中,若条件式(4)的值低于下限值,则第1透镜组的光焦度变得过强,难以抑制以变倍时的彗差为首的各像差的变动。

[0059] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过将条件式(4)的下限值设定为0.20,能够使本实施方式的效果更加可靠。另外,为了使得本实施方式的效果更加可靠,优选将条件式(4)的下限值设定为0.35、0.50、0.60、0.75、0.80,进一步设定为0.85。

[0060] 另外,在本实施方式的变倍光学系统中,优选的是,满足以下的条件式。

[0061] (5) $0.10 < |fRF|/|fR| < 1.10$

其中,

fRF:与配置于最靠像面侧的透镜组的物体侧相邻的透镜组的焦距

fR:配置于最靠像面侧的透镜组的焦距

[0062] 条件式(5)规定与配置于最靠像面侧的透镜组的物体侧相邻的透镜组的焦距与配置于最靠像面侧的透镜组的焦距之比。本实施方式的变倍光学系统通过满足条件式(5),能够抑制以变倍时的彗差为首的各像差的变动。

[0063] 在本实施方式的变倍光学系统中,若条件式(5)的值超过上限值,则配置于最靠像面侧的透镜组的光焦度变得过强,难以抑制以变倍时的彗差为首的各像差的变动。

[0064] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过将条件式(5)的上限值设定为1.10,能够使本实施方式的效果更加可靠。另外,为了使得本实施方式的效果更加可靠,优选将条件式(5)的上限值设定为1.00、0.90、0.80,进一步设定为0.70。

[0065] 另外,在本实施方式的变倍光学系统中,若条件式(5)的值低于下限值,则与配置于最靠像面侧的透镜组的物体侧相邻的透镜组的光焦度变得过强,难以抑制以变倍时的彗差为首的各像差的变动。

[0066] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过将条件式(5)的下限值设定为0.10,能够使本实施方式的效果更加可靠。另外,为了使得本实施方式的效果更加可靠,优选将条件式(5)的下限值设定为0.15,进一步设定为0.20。

[0067] 另外,在本实施方式的变倍光学系统中,优选的是,满足以下的条件式。

[0068] (6) $0.15 < BFW/fw < 1.10$

其中,

BFW:广角端状态下的无限远对焦时的变倍光学系统的后焦距

fw:广角端状态下的变倍光学系统的焦距

[0069] 条件式(6)规定广角端状态下的无限远对焦时的变倍光学系统的后焦距与广角端状态下的变倍光学系统的焦距之比。本实施方式的变倍光学系统通过满足条件式(6),能够良好地校正广角端状态下的以无限远对焦时的彗差为首的各像差。

[0070] 在本实施方式的变倍光学系统中,若条件式(6)的值超过上限值,则在广角端状态下,后焦距相对于焦距变大,难以良好地校正广角端状态下的以无限远对焦时的彗差为首的各像差。

[0071] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过将条件式(6)的上限值设定为1.10,能够使本实施方式的效果更加可靠。另外,为了使得本实施方式的效果更加可靠,优选将条件式(6)的上限值设定为1.00、0.95,进一步设定为0.90。

[0072] 另外,在本实施方式的变倍光学系统中,若条件式(6)的值低于下限值,则在广角端状态下,后焦距相对于焦距变小,难以良好地校正广角端状态下的以无限远对焦时的彗差为首的各像差。

[0073] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过将条件式(6)的下限值设定为0.15,能够使本实施方式的效果更加可靠。另外,为了使得本实施方式的效果更加可靠,优选将条件式(6)的下限值设定为0.20、0.25、0.30、0.35,进一步设定为0.40。

[0074] 另外,在本实施方式的变倍光学系统中,优选的是,在第3透镜组和第4透镜组之间具备孔径光阑。

[0075] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过具有这样的结构,不会使变倍光学系统大型化,能够良好地校正广角端状态下的以无限远对焦时的彗差为首的各像差。

[0076] 另外,在本实施方式的变倍光学系统中,优选的是,满足以下的条件式。

[0077] (7) $0.40 < Dwa/Dwb < 2.50$

其中,

Dwa:广角端状态下的从第1透镜组的最靠物体侧的面到孔径光阑为止的距离

Dwb:广角端状态下的从孔径光阑到像面为止的距离

[0078] 条件式(7)规定从第1透镜组的最靠物体侧的面到孔径光阑为止的距离与从孔径光阑到像面为止的距离之比。本实施方式的变倍光学系统通过满足条件式(7),能够良好地校正广角端状态下的无限远以对焦时的球面像差为首的各像差。

[0079] 在本实施方式的变倍光学系统中,若条件式(7)的值超过上限值,则从第1透镜组的最靠物体侧的面到孔径光阑为止的距离与从孔径光阑到像面为止的距离变得过大,因此难以良好地校正广角端状态下的无限远以对焦时的球面像差为首的各像差。

[0080] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过将条件式(7)的上限值设定为2.50,能够使本实施方式的效果更加可靠。另外,为了使得本实施方式的效果更加可靠,优选将条件式(7)的上限值设定为2.25、2.10、2.00、1.85,进一步设定为1.70。

[0081] 另外,在本实施方式的变倍光学系统中,若条件式(7)的值低于下限值,则从孔径

光阑到像面为止的距离变得过大,因此难以良好地校正广角端状态下的无限远以对焦时的球面像差为首的各像差。

[0082] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过将条件式(7)的下限值设定为0.40,能够使本实施方式的效果更加可靠。另外,为了使得本实施方式的效果更加可靠,优选将条件式(7)的下限值设定为0.50、0.65、0.80、0.95、1.10,进一步设定为1.20。

[0083] 另外,在本实施方式的变倍光学系统中,优选的是,满足以下的条件式。

[0084] (8) $0.01 < fwa/|fwb| < 0.30$

其中,

fwa:广角端状态下的从第1透镜组的最靠物体侧的透镜到与孔径光阑的物体侧相邻的透镜为止的合成焦距

fwb:广角端状态下的从与孔径光阑的像面侧相邻的透镜到最靠像面侧的透镜为止的合成焦距

[0085] 条件式(8)规定从第1透镜组的最靠物体侧的透镜到与孔径光阑的物体侧相邻的透镜为止的合成焦距和从与孔径光阑的像面侧相邻的透镜到最靠像面侧的透镜为止的合成焦距之比。本实施方式的变倍光学系统通过满足条件式(8),能够良好地校正广角端状态下的无限远以对焦时的球面像差为首的各像差。

[0086] 在本实施方式的变倍光学系统中,若条件式(8)的值超过上限值,则从与孔径光阑的像面侧相邻的透镜到最靠像面侧的透镜为止的光焦度变得过大,因此难以良好地校正广角端状态下的无限远以对焦时的球面像差为首的各像差。

[0087] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过将条件式(8)的上限值设定为0.30,能够使本实施方式的效果更加可靠。另外,为了使得本实施方式的效果更加可靠,优选将条件式(8)的上限值设定为0.25、0.20、0.17,进一步设定为0.14。

[0088] 另外,在本实施方式的变倍光学系统中,若条件式(8)的值低于下限值,则从第1透镜组的最靠物体侧的透镜到与孔径光阑的物体侧相邻的透镜为止的光焦度变得过大,因此难以良好地校正广角端状态下的无限远以对焦时的球面像差为首的各像差。

[0089] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过将条件式(8)的下限值设定为0.01,能够使本实施方式的效果更加可靠。另外,为了使得本实施方式的效果更加可靠,优选将条件式(8)的下限值设定为0.02、0.03,进一步设定为0.04。

[0090] 另外,在本实施方式的变倍光学系统中,优选的是,满足以下的条件式。

[0091] (9) $1.00 < MWF1/MWF2 < 15.00$

其中,

MWF1:广角端状态下的从无限远物体向近距离物体对焦时的第1对焦透镜组的移动量

MWF2:广角端状态下的从无限远物体向近距离物体对焦时的第2对焦透镜组的移动量

[0092] 条件式(9)规定广角端状态下的从无限远物体向近距离物体对焦时的、第1对焦透镜组的移动量与第2对焦透镜组的移动量之比。在此,近距离是指摄影倍率成为1/30的距离。本实施方式的变倍光学系统通过满足条件式(9),能够抑制广角端状态下的以对焦时的彗差为首的各像差的变动。

[0093] 在本实施方式的变倍光学系统中,若条件式(9)的值超过上限值,则第1对焦透镜组的移动量变得过大,因此难以抑制广角端状态下的以对焦时的彗差为首的各像差的变动。

[0094] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过将条件式(9)的上限值设定为15.00,能够使本实施方式的效果更加可靠。另外,为了使得本实施方式的效果更加可靠,优选将条件式(9)的上限值设定为12.50、11.00、10.00、8.50、7.00,进一步设定为6.50。

[0095] 另外,在本实施方式的变倍光学系统中,若条件式(9)的值低于下限值,则第2透镜组的移动量变得过大,因此难以抑制广角端状态下的以对焦时的彗差为首的各像差的变动。

[0096] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过将条件式(9)的下限值设定为1.00,能够使本实施方式的效果更加可靠。另外,为了使得本实施方式的效果更加可靠,优选将条件式(9)的下限值设定为1.50、2.00、2.50、3.00、3.50,进一步设定为3.80。

[0097] 另外,在本实施方式的变倍光学系统中,优选的是,满足以下的条件式。

[0098] (10) $0.70 < MTF1/MTF2 < 10.00$

其中,

MTF1:远焦端状态下的从无限远物体向近距离物体对焦时的第1对焦透镜组的移动量

MTF2:远焦端状态下的从无限远物体向近距离物体对焦时的第2对焦透镜组的移动量

[0099] 条件式(10)规定远焦端状态下的从无限远物体向近距离物体对焦时的、第1对焦透镜组的移动量与第2对焦透镜组的移动量之比。本实施方式的变倍光学系统通过满足条件式(10),能够抑制远焦端状态下的以对焦时的彗差为首的各像差的变动。

[0100] 在本实施方式的变倍光学系统中,若条件式(10)的值超过上限值,则第1对焦透镜组的移动量变得过大,因此难以抑制远焦端状态下的以对焦时的彗差为首的各像差的变动。

[0101] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过将条件式(10)的上限值设定为10.00,能够使本实施方式的效果更加可靠。另外,为了使得本实施方式的效果更加可靠,优选将条件式(10)的上限值设定为9.00、7.50、5.00、3.50,进一步设定为2.80。

[0102] 另外,在本实施方式的变倍光学系统中,若条件式(10)的值低于下限值,则第2透镜组的移动量变得过大,因此难以抑制远焦端状态下的以对焦时的彗差为首的各像差的变动。

[0103] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过将条件式(10)的下限值设定为0.70,能够使本实施方式的效果更加可靠。另外,为了使得本实施方式的效果更加可靠,优选将条件式(10)的下限值设定为0.85、1.00、1.25、1.50,进一步设定为1.80。

[0104] 另外,在本实施方式的变倍光学系统中,优选的是,满足以下的条件式。

[0105] (11) $0.60 < \beta WF1/\beta WF2 < 10.00$

其中,

$\beta WF1$:广角端状态下的无限远物体对焦时的第1对焦透镜组的横向倍率

$\beta WF2$:广角端状态下的无限远物体对焦时的第2对焦透镜组的横向倍率

[0106] 条件式(11)规定广角端状态下的无限远物体对焦时的、第1对焦透镜组的横向倍率与第2对焦透镜组的横向倍率之比。本实施方式的变倍光学系统通过满足条件式(11),能够抑制广角端状态下的以对焦时的彗差为首的各像差的变动。

[0107] 在本实施方式的变倍光学系统中,若条件式(11)的值超过上限值,则广角端状态下的无限远物体对焦时的第1对焦透镜组的横向倍率变得过大,因此难以抑制广角端状态下的以对焦时的彗差为首的各像差的变动。

[0108] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过将条件式(11)的上限值设定为10.00,能够使本实施方式的效果更加可靠。另外,为了使得本实施方式的效果更加可靠,优选将条件式(11)的上限值设定为8.50、7.00、5.00,进一步设定为4.00。

[0109] 另外,在本实施方式的变倍光学系统中,若条件式(11)的值低于下限值,则广角端状态下的无限远物体对焦时的第2对焦透镜组的横向倍率变得过大,因此难以抑制广角端状态下的以对焦时的彗差为首的各像差的变动。

[0110] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过将条件式(11)的下限值设定为0.60,能够使本实施方式的效果更加可靠。另外,为了使得本实施方式的效果更加可靠,优选将条件式(11)的下限值设定为0.90、1.00、1.25、1.50、1.70,进一步设定为1.80。

[0111] 另外,在本实施方式的变倍光学系统中,优选的是,满足以下的条件式。

$$[0112] \quad (12) \quad 0.20 < \beta_{TF1} / \beta_{TF2} < 5.00$$

其中,

β_{WT1} :远焦端状态下的无限远物体对焦时的第1对焦透镜组的横向倍率

β_{WT2} :远焦端状态下的无限远物体对焦时的第2对焦透镜组的横向倍率

[0113] 条件式(12)规定远焦端状态下的无限远物体对焦时的、第1对焦透镜组的横向倍率与第2对焦透镜组的横向倍率之比。本实施方式的变倍光学系统通过满足条件式(12),能够抑制远焦端状态下的以对焦时的彗差为首的各像差的变动。

[0114] 在本实施方式的变倍光学系统中,若条件式(12)的值超过上限值,则远焦端状态下的无限远物体对焦时的第1对焦透镜组的横向倍率变得过大,因此难以抑制远焦端状态下的以对焦时的彗差为首的各像差的变动。

[0115] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过将条件式(12)的上限值设定为5.00,能够使本实施方式的效果更加可靠。另外,为了使得本实施方式的效果更加可靠,优选将条件式(12)的上限值设定为4.00、3.00、2.50、2.00,进一步设定为1.40。

[0116] 另外,在本实施方式的变倍光学系统中,若条件式(12)的值低于下限值,则远焦端状态下的无限远物体对焦时的第2对焦透镜组的横向倍率变得过大,因此难以抑制远焦端状态下的以对焦时的彗差为首的各像差的变动。

[0117] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过将条件式(12)的下限值设定为0.20,能够使本实施方式的效果更加可靠。另外,为了使得本实施方式的效果更加可靠,优选将条件式(12)的下限值设定为0.35、0.50、0.65,进一步设定为0.80。

[0118] 另外,在本实施方式的变倍光学系统中,优选的是,满足以下的条件式。

$$[0119] \quad (13) \quad 0.50 < G_w / G_t < 1.50$$

其中,

G_w :广角端状态下的从变倍光学系统的最靠物体侧的透镜面到变倍光学系统的重

心位置为止的距离

G_t :远焦端状态下的从变倍光学系统的最靠物体侧的透镜面到变倍光学系统的重心位置为止的距离

[0120] 条件式(13)规定广角端状态下的从变倍光学系统的最靠物体侧的透镜面到变倍光学系统的重心位置为止的距离与远焦端状态下的从变倍光学系统的最靠物体侧的透镜面到变倍光学系统的重心位置为止的距离之比。本实施方式的变倍光学系统通过满足条件式(13),变倍时的重心位置的变化变小,能够得到高操作性。

[0121] 在本实施方式的变倍光学系统中,在不满足条件式(13)的情况下,变倍时的重心位置的变化变大,损害操作性。

[0122] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过将条件式(13)的上限值设定为1.50,能够使本实施方式的效果更加可靠。另外,为了使得本实施方式的效果更加可靠,优选将条件式(13)的上限值设定为1.48、1.45,进一步设定为1.40。

[0123] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过将条件式(13)的下限值设定为0.50,能够使本实施方式的效果更加可靠。另外,为了使得本实施方式的效果更加可靠,优选将条件式(13)的下限值设定为0.60、0.75、0.90,进一步设定为1.00。

[0124] 另外,在本实施方式的变倍光学系统中,优选的是,满足以下的条件式。

[0125] (14) $37.00^\circ < \omega_w$

其中,

ω_w :广角端状态下的变倍光学系统的半视场角

[0126] 条件式(14)规定广角端状态下的变倍光学系统的半视场角。本实施方式的变倍光学系统通过满足条件式(14),能够使较大范围的被摄体在像面成像。

[0127] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过将条件式(14)的下限值设定为 37.00° ,能够使本实施方式的效果更加可靠。另外,为了使得本实施方式的效果更加可靠,优选将条件式(14)的下限值设定为 39.00° ,进一步设定为 42.00° 。

[0128] 另外,在本实施方式的变倍光学系统中,优选的是,满足以下的条件式。

[0129] (15) $\omega_t < 44.00^\circ$

其中,

ω_t :远焦端状态下的变倍光学系统的半视场角

[0130] 条件式(15)规定远焦端状态下的变倍光学系统的半视场角。本实施方式的变倍光学系统通过满足条件式(15),能够使较远的被摄体在像面较大地成像。

[0131] 在本实施方式的变倍光学系统中,通过将条件式(15)的上限值设定为 44.00° ,能够使本实施方式的效果更加可靠。另外,为了使得本实施方式的效果更加可靠,优选将条件式(15)的上限值设定为 42.00° 、 33.00° 、 18.00° ,进一步设定为 14.00° 。

[0132] 通过以上结构,能够实现小型且具有良好的成像性能的变倍光学系统。

[0133] 本实施方式的光学设备具有上述的结构的变倍光学系统。由此,能够实现具有良好的光学性能的光学设备。

[0134] 本实施方式的变倍光学系统的制造方法包括使从物体侧依次具备具有负的光焦度的第1透镜组及具有多个透镜组的后续透镜组的变倍光学系统构成为,后续透镜组从物体侧依次包括具有正的光焦度的第2透镜组及具有正的光焦度的第3透镜组,在变倍时,第1

透镜组相对于像面固定,相邻的各透镜组之间的间隔变化,变倍光学系统满足以下的条件式。

[0135] (1) $1.00 < f_2/f_3 < 5.00$

其中,

f_2 :第2透镜组的焦距

f_3 :第3透镜组的焦距

[0136] 本实施方式的变倍光学系统的制造方法包括使从物体侧依次具备具有负的光焦度的第1透镜组及具有多个透镜组的后续透镜组的变倍光学系统构成为,后续透镜组包括第1对焦透镜组及第2对焦透镜组,该第1对焦透镜组具有正的光焦度,并在对焦时移动,该第2对焦透镜组具有负的光焦度,相比第1对焦透镜组配置于像面侧,并在对焦时移动,在变倍时,第1透镜组相对于像面固定,相邻的各透镜组之间的间隔变化,变倍光学系统满足以下的条件式。

[0137] (2) $0.70 < fF1/(-fF2) < 5.00$

其中,

$fF1$:第1对焦透镜组的焦距

$fF2$:第2对焦透镜组的焦距

[0138] 通过这样的光学系统的制造方法,能够制造具有良好的光学性能的变倍光学系统。

[0139] (数值实施例)

[0140] 以下,基于附图说明本申请的实施例。

[0141] (第1实施例)

[0142] 图1是广角端状态下的无限远物体对焦时的第1实施例的变倍光学系统的剖视图。

[0143] 本实施例的变倍光学系统从物体侧依次具备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。

[0144] 第1透镜组G1从物体侧依次由凸面朝向物体侧的弯月形状的负透镜L11、及双凹形状的负透镜L12与凸面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L13的接合负透镜构成。

[0145] 第2透镜组G2由双凸形状的正透镜L21与双凹形状的负透镜L22的接合正透镜构成。

[0146] 第3透镜组G3由凸面朝向物体侧的弯月形状的负透镜L31与双凸形状的正透镜L32的接合正透镜构成。

[0147] 第4透镜组G4从物体侧依次由孔径光阑S、双凹形状的负透镜L41、及凸面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L42构成。

[0148] 第5透镜组G5从物体侧依次由双凸形状的正透镜L51与双凹形状的负透镜L52的接合正透镜、及凹面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L53构成。

[0149] 第6透镜组G6从物体侧依次由双凹形状的负透镜L61、及凹面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L62构成。

[0150] 在像面I上,配置有由CCD或CMOS等构成的拍摄元件(未图示)。

[0151] 本实施例的变倍光学系统通过使第5透镜组G5沿着光轴移动来进行对焦。在从对

焦于无限远的状态而对焦于近距离物体的情况下,第5透镜组G5从像面侧向物体侧移动。

[0152] 以下的表1中记载本实施例的变倍光学系统的参数的值。

[0153] 在[整体参数]中,TL表示从最靠物体侧的透镜面到像面为止的距离,fw表示广角端状态下的整个系统的焦距,ft表示远焦端状态下的整个系统的焦距,FNOw表示广角端状态下的F值,FNOt表示远焦端状态下的F值, ω_w 表示广角端状态下的半视场角(度), ω_t 表示远焦端状态下的半视场角(度),Y表示最大像高。

[0154] 在[透镜参数]中,m表示从物体侧数的光学面的顺序,r表示曲率半径,d表示面间隔,nd表示对d线(波长587.6nm)的折射率,vd表示对d线的阿贝数。曲率半径 $r=\infty$ 表示平面。另外,在[透镜参数]中,附加有“*”的光学面表示是非球面。

[0155] 在[非球面数据]中,m表示与非球面数据对应的光学面,K表示圆锥常数,A4-A12表示非球面系数。

[0156] 在将与光轴垂直的方向的高度设为y,将从高度y处的各非球面的顶点的切平面到各非球面为止的沿着光轴的距离(凹陷量)设为S(y),将基准球面的曲率半径(近轴曲率半径)设为r,将圆锥常数设为K,将n阶的非球面系数设为An时,非球面通过以下的式(a)来表示。此外,在各实施例中,2阶的非球面系数A2为0。另外,“E-n”表示“ $\times 10^{-n}$ ”。

[0157] (a) $S(y) = (y^2/r) / \{1 + (1-K \times y^2/r^2)^{1/2}\} + A4 \times y^4 + A6 \times y^6 + A8 \times y^8 + A10 \times y^{10} + A12 \times y^{12}$

[0158] 表1中记载的焦距fw和ft、曲率半径r、及其他长度的单位为“mm”。但是,即使光学系统比例放大或比例缩小也能获得同等的光学性能,因此并不限于此。

[0159] 以上记述的表1的符号在后述的其他实施例的表中也同样使用。

[0160] (表1)

[0161] [整体参数]

TL	154.45
fw	24.80
ft	82.50
FNOw	4.06
FNOt	4.08
ω_w	43.13
ω_t	13.87
Y	21.60

[0162] [透镜参数]

	m	r	d	nd	v d	
	1)	94.1005	2.900	1.74389	49.53	
	*2)	32.5063	12.182			
	3)	-19895.0610	2.100	1.59349	67.00	
	4)	30.6093	6.295	2.00100	29.12	
	5)	58.3022	D5			
	6)	80.1562	5.546	1.87070	40.74	
	7)	-45.0560	1.500	1.95000	29.37	
	8)	683.6285	D8			
	9)	42.4007	1.500	1.85883	30.00	
	10)	24.9647	7.872	1.59319	67.90	
	11)	-79.4256	D11			
	12)	∞	2.218			(孔径光阑)
	13)	-47.3701	1.200	1.61266	44.46	
	14)	49.1817	0.152			
	15)	27.0954	2.108	1.94595	17.98	
	16)	35.6879	D16			
	*17)	23.3390	6.000	1.59319	67.90	
	18)	-41.7149	1.300	1.73800	32.26	
	19)	1406.6307	7.287			
[0163]	20)	-133.8295	2.274	1.88202	37.23	
	*21)	-46.4211	D21			
	*22)	-731.0146	2.000	1.77387	47.25	
	23)	35.0027	3.318			
	*24)	-418.0077	3.639	1.80301	25.53	
	25)	-214.1009	D25			
[0164]	[非球面数据]					

m	K	A4	A6	A8	A10	A12
2)	0.0000	3.822E-06	2.451E-09	3.852E-13	1.111E-15	2.546E-18
17)	1.0000	9.886E-07	2.292E-08	2.121E-11	-1.847E-14	
21)	1.0000	3.017E-05	4.252E-08	-3.554E-11	1.199E-12	
22)	1.0000	-1.004E-05	2.757E-08	-4.897E-10	1.448E-12	
24)	1.0000	1.855E-05	-2.204E-08	2.382E-10	-4.974E-13	

[0165] [各组焦距数据]

组	始面	焦距
G1	1	-52.02
G2	6	127.81
G3	9	59.62
G4	12	-59.85
G5	17	32.83
G6	22	-47.55

[0166] [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
D5	47.913	13.442	2.800	47.913	13.442	2.800
D8	1.500	14.845	1.500	1.500	14.845	1.500
D11	2.100	10.888	24.305	2.100	10.888	24.305
D16	11.476	7.356	5.860	11.039	6.855	5.230
D21	8.321	3.291	2.000	8.758	3.792	2.630
D25	11.755	33.244	46.601	11.755	33.244	46.601

[0167] 图2的(a)是第1实施例的变倍光学系统的广角端状态下的无限远物体对焦时的各像差图,图2的(b)是第1实施例的变倍光学系统的远焦端状态下的无限远物体对焦时的各像差图。

[0168] 在各像差图中,FNO表示F值,Y表示像高。具体而言,在球面像差图中示出与最大孔径对应的F值的值,在像散图及畸变图中示出像高的最大值,在彗差图中示出各像高的值。D表示d线,g表示g线(波长435.8nm)。在像散图中,实线表示弧矢像面,虚线表示子午像面。在后述的其他实施例的各像差图中也使用与本实施例的各像差图同样的符号。

[0169] 根据各像差图可知,本实施例的变倍光学系统适当地校正各像差,具有高光学性能。

[0170] (第2实施例)

[0171] 图3是广角端状态下的无限远物体对焦时的第2实施例的变倍光学系统的剖视图。

[0172] 本实施例的变倍光学系统从物体侧依次具备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。

[0173] 第1透镜组G1从物体侧依次由凸面朝向物体侧的弯月形状的负透镜L11、及双凹形状的负透镜L12与凸面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L13的接合负透镜构成。

[0174] 第2透镜组G2由双凸形状的正透镜L21与双凹形状的负透镜L22的接合正透镜构成。

[0175] 第3透镜组G3由凸面朝向物体侧的弯月形状的负透镜L31与双凸形状的正透镜L32的接合正透镜构成。

[0176] 第4透镜组G4从物体侧依次由孔径光阑S、双凹形状的负透镜L41、及凸面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L42构成。

[0177] 第5透镜组G5从物体侧依次由双凸形状的正透镜L51与凹面朝向物体侧的弯月形状的负透镜L52的接合正透镜、及凹面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L53构成。

[0178] 第6透镜组G6从物体侧依次由双凹形状的负透镜L61、及双凸形状的正透镜L62构成。

[0179] 在像面I上,配置有由CCD或CMOS等构成的拍摄元件(未图示)。

[0180] 本实施例的变倍光学系统通过使第5透镜组G5沿着光轴移动来进行对焦。在从对焦于无限远的状态而对焦于近距离物体的情况下,第5透镜组G5从像面侧向物体侧移动。

[0181] 以下的表2中记载本实施例的变倍光学系统的参数的值。

[0182] (表2)

[0183] [整体参数]

TL	135.46
fw	24.80
ft	67.90
FNO _w	4.11
FNO _t	4.09
ω_w	43.07
ω_t	16.69
Y	21.60

[0184] [透镜参数]

	m	r	d	nd	v d
	1)	81.7924	2.900	1.74389	49.53
	*2)	28.3113	11.452		
	3)	-539.7601	2.100	1.59349	67.00
	4)	28.8297	5.486	2.00100	29.12
	5)	57.3167	D5		
	6)	60.2161	5.182	1.87070	40.74
	7)	-37.7033	1.500	1.95000	29.37
	8)	342.1534	D8		
	9)	41.9710	1.500	1.85883	30.00
	10)	24.0000	6.470	1.59319	67.90
	11)	-65.9512	D11		
	12)	∞	2.001		
	13)	-47.9079	1.200	1.61266	44.46
	14)	37.2841	0.429		
	15)	24.6969	2.080	1.94595	17.98
	16)	33.7674	D16		
	*17)	19.9317	7.017	1.59319	67.90
	18)	-32.0519	1.300	1.73800	32.26
[0185]	19)	-457.2110	7.287		
	20)	-54.7746	1.787	1.88202	37.23
	*21)	-35.9036	D21		
	*22)	-91.3179	2.000	1.77387	47.25
	23)	44.5194	2.337		
	*24)	3366.9201	3.625	1.80301	25.53
	25)	-237.7389	D25		
[0186]	[非球面数据]				

m	K	A4	A6	A8	A10	A12
2)	0.0000	6.301E-06	4.831E-09	1.654E-12	6.454E-15	6.059E-18
17)	1.0000	-1.694E-06	2.235E-08	3.608E-11	-2.243E-13	
21)	1.0000	4.855E-05	1.827E-08	3.462E-10	3.641E-13	
22)	1.0000	-1.504E-06	-5.021E-08	-1.544E-10	-2.767E-13	
24)	1.0000	2.032E-05	-3.465E-08	2.261E-10	-4.796E-13	

[0187] [各组焦距数据]

组	始面	焦距
G1	1	-45.19
G2	6	102.02
G3	9	55.33
G4	12	-53.86
G5	17	30.93
G6	22	-45.50

[0188] [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
D5	35.836	8.440	2.800	35.836	8.440	2.800
D8	1.500	9.188	1.500	1.500	9.188	1.500
D11	2.100	10.025	17.542	2.100	10.025	17.542
D16	10.311	6.394	5.777	9.877	5.874	5.167
D21	6.301	2.774	2.347	6.735	3.294	2.957
D25	11.755	30.982	37.837	11.755	30.982	37.837

[0189] 图4的(a)是第2实施例的变倍光学系统的广角端状态下的无限远物体对焦时的各像差图,图4的(b)是第2实施例的变倍光学系统的远焦端状态下的无限远物体对焦时的各像差图。

[0190] 根据各像差图可知,本实施例的变倍光学系统适当地校正各像差,具有高光学性能。

[0191] (第3实施例)

[0192] 图5是广角端状态下的无限远物体对焦时的第3实施例的变倍光学系统的剖视图。

[0193] 本实施例的变倍光学系统从物体侧依次具备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。

[0194] 第1透镜组G1从物体侧依次由凸面朝向物体侧的弯月形状的负透镜L11、双凹形状

的负透镜L12、及双凹形状的负透镜L13与凸面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L14的接合负透镜构成。

[0195] 第2透镜组G2由双凸形状的正透镜L21构成。

[0196] 第3透镜组G3从物体侧依次由凸面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L31、凸面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L32、及凸面朝向物体侧的弯月形状的负透镜L33与双凸形状的正透镜L34的接合正透镜构成。

[0197] 第4透镜组G4从物体侧依次由孔径光阑S、双凹形状的负透镜L41、凹面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L42与凹面朝向物体侧的弯月形状的负透镜L43的接合负透镜、双凸形状的正透镜L44、凸面朝向物体侧的弯月形状的负透镜L45与凸面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L46的接合负透镜、及双凸形状的正透镜L47构成。

[0198] 第5透镜组G5由凹面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L51与双凹形状的负透镜L52的接合负透镜构成。

[0199] 第6透镜组G6由凸面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L61构成。

[0200] 在像面I上,配置有由CCD或CMOS等构成的拍摄元件(未图示)。

[0201] 本实施例的变倍光学系统通过使第2透镜组G2及第5透镜组G5沿着光轴移动来进行对焦。在从对焦于无限远的状态而对焦于近距离物体的情况下,第2透镜组G2从物体侧向像面侧移动,第5透镜组G5从像面侧向物体侧移动。

[0202] 在本实施例的变倍光学系统中,第2透镜组G2相当于第1对焦透镜组,第5透镜组G5相当于第2对焦透镜组。

[0203] 以下的表3中记载本实施例的变倍光学系统的参数的值。

[0204] (表3)

[0205] [整体参数]

TL	140.61
fw	16.50
ft	34.00
FNO _w	2.91
FNO _t	2.92
ω_w	54.00
ω_t	31.34
Y	21.60

[0206] [透镜参数]

	m	r	d	nd	v d
	*1)	1666.6667	3.000	1.58887	61.13
	*2)	15.5880	13.671		
	3)	-381.9339	2.500	1.77387	47.25
	*4)	255.9442	3.235		
	5)	-62.6284	2.300	1.59319	67.90
	6)	36.1226	4.263	1.95000	29.37
	7)	100.8689	D7		
	*8)	75.1000	4.235	1.69343	53.30
	9)	-86.7324	D9		
	10)	48.1484	2.965	1.74950	35.25
	11)	108.2145	0.200		
	12)	29.7457	5.247	1.59349	67.00
	13)	523.6915	0.200		
	14)	94.3113	1.500	2.00100	29.12
	15)	19.5352	8.205	1.59319	67.90
	16)	-51.9013	D16		
	17)	∞	2.127		(孔径光阑)
[0207]	18)	-387.9901	1.500	1.81600	46.59
	19)	52.8155	1.844		
	20)	-61.2662	5.040	1.59270	35.27
	21)	-16.5767	1.500	1.90265	35.77
	22)	-306.3094	0.200		
	23)	52.0783	3.261	1.94595	17.98
	24)	-97.6628	0.200		

	25)	70.3711	1.500	1.85451	25.15		
	26)	18.5013	4.120	1.59319	67.90		
	27)	64.0251	0.200				
	28)	27.9982	5.156	1.72000	43.61		
	29)	-89.2144	D29				
[0208]	30)	-579.3461	4.012	1.49782	82.57		
	31)	-30.0000	1.500	1.88202	37.23		
	*32)	86.4200	D32				
	33)	66.4982	3.791	1.48749	70.31		
	34)	517.0310	D34				
[0209]	[非球面数据]						
	m	K	A4	A6	A8	A10	A12
	1)	1.0000	8.857E-06	-1.272E-08	1.246E-11	-6.882E-15	1.745E-18
	2)	0.0000	1.949E-05	2.764E-08	8.032E-11	-2.691E-13	6.349E-16
	4)	1.0000	2.864E-06	-3.170E-09	-2.090E-14	-1.784E-15	7.161E-17
	8)	1.0000	-3.854E-06	-1.002E-09	-7.795E-13	-1.027E-15	
	32)	1.0000	2.612E-05	2.643E-08	-2.624E-11	-4.274E-14	
[0210]	[各组焦距数据]						
	组	始面	焦距				
	G1	1	-16.26				
	G2	8	58.67				
	G3	10	36.51				
	G4	17	62.36				
	G5	30	-41.60				
	G6	33	156.11				
[0211]	[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
D7	15.752	9.580	2.000	16.479	10.213	2.416
D9	16.893	16.349	4.364	16.166	15.716	3.948
D16	2.342	2.000	5.953	2.342	2.000	5.953
D29	2.415	4.576	6.724	2.241	4.412	6.554
D32	3.279	7.697	15.875	3.454	7.862	16.045
D34	12.455	12.933	18.220	12.455	12.933	18.220

[0212] 图6的(a)是第3实施例的变倍光学系统的广角端状态下的无限远物体对焦时的各像差图,图6的(b)是第3实施例的变倍光学系统的远焦端状态下的无限远物体对焦时的各像差图,图6的(c)是第3实施例的变倍光学系统的广角端状态下的近距离物体对焦时的各像差图,图6的(d)是第3实施例的变倍光学系统的远焦端状态下的近距离物体对焦时的各像差图。

[0213] 根据各像差图可知,本实施例的变倍光学系统适当地校正各像差,具有高光学性能。

[0214] (第4实施例)

[0215] 图7是广角端状态下的无限远物体对焦时的第4实施例的变倍光学系统的剖视图。

[0216] 本实施例的变倍光学系统从物体侧依次具备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。

[0217] 第1透镜组G1从物体侧依次由凸面朝向物体侧的弯月形状的负透镜L11、双凹形状的负透镜L12、及双凹形状的负透镜L13与双凸形状的正透镜L14的接合负透镜构成。

[0218] 第2透镜组G2由双凸形状的正透镜L21构成。

[0219] 第3透镜组G3从物体侧依次由凸面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L31、及凸面朝向物体侧的弯月形状的负透镜L32与双凸形状的正透镜L33的接合正透镜构成。

[0220] 第4透镜组G4从物体侧依次由孔径光阑S、双凹形状的负透镜L41与双凸形状的正透镜L42的接合负透镜、双凸形状的正透镜L43、凸面朝向物体侧的弯月形状的负透镜L44与凸面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L45的接合负透镜、及双凸形状的正透镜L46构成。

[0221] 第5透镜组G5由凹面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L51与双凹形状的负透镜L52的接合负透镜构成。

[0222] 第6透镜组G6由双凸形状的正透镜L61构成。

[0223] 在像面I上,配置有由CCD或CMOS等构成的拍摄元件(未图示)。

[0224] 本实施例的变倍光学系统通过使第2透镜组G2及第5透镜组G5沿着光轴移动来进行对焦。在从对焦于无限远的状态而对焦于近距离物体的情况下,第2透镜组G2从物体侧向像面侧移动,第5透镜组G5从像面侧向物体侧移动。

[0225] 在本实施例的变倍光学系统中,第2透镜组G2相当于第1对焦透镜组,第5透镜组G5相当于第2对焦透镜组。

[0226] 以下的表4中记载本实施例的变倍光学系统的参数的值。

[0227] (表4)

[0228] [整体参数]

TL	141.78
fw	14.40
ft	23.30
FNOw	2.91
FNOt	2.92
ω_w	57.64
ω_t	41.66
Y	21.60

[0229] [透镜参数]

m	r	d	nd	v d
*1)	1666.6667	3.000	1.58887	61.13
*2)	13.2193	11.431		
3)	-163.3391	2.500	1.77387	47.25
*4)	68.6593	5.007		
5)	-49.7625	2.300	1.59319	67.90
6)	26.4714	7.551	1.67270	32.19
7)	-199.6180	D7		
*8)	59.2368	4.257	1.58887	61.13
9)	-78.9515	D9		
10)	33.1496	3.582	1.51680	64.14
11)	105.2921	0.271		
12)	38.9524	1.971	2.00069	25.46
13)	20.4191	7.216	1.59319	67.90
14)	-49.2609	D14		
15)	∞	3.548		(孔径光阑)

	16)	-30.2125	1.500	1.90265	35.77		
	17)	21.5536	3.676	1.59270	35.27		
	18)	-248.2137	0.200				
	19)	44.9951	3.322	1.94595	17.98		
	20)	-57.5572	0.200				
	21)	99.3780	1.500	2.00100	29.12		
	22)	16.2398	4.411	1.59319	67.90		
[0230]	23)	128.0850	0.200				
	24)	24.6162	8.039	1.49782	82.57		
	25)	-26.9892	D25				
	26)	-56.3465	3.344	1.49782	82.57		
	27)	-23.7609	1.500	1.85108	40.12		
	*28)	59.1119	D28				
	29)	716.4881	9.191	1.48749	70.31		
	30)	-29.5184	D30				
[0231]	[非球面数据]						
	m	K	A4	A6	A8	A10	A12
	1)	1.0000	6.128E-06	-1.626E-09	-2.754E-12	4.738E-15	-1.329E-18
	2)	0.0000	3.129E-07	2.677E-08	-8.705E-11	6.881E-13	-2.840E-15
	4)	1.0000	1.767E-05	2.485E-08	5.063E-11	-1.179E-14	1.389E-15
	8)	1.0000	-5.047E-06	-1.756E-09	4.578E-12	-1.988E-14	
	28)	1.0000	2.866E-05	-1.244E-09	-8.575E-11	3.182E-13	
[0232]	[各组焦距数据]						
	组	始面	焦距				
	G1	1	-12.89				
	G2	7	58.14				
	G3	10	36.66				
	G4	15	40.65				
	G5	26	-25.67				
	G6	29	58.39				
[0233]	[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
D7	11.338	5.319	2.000	11.896	5.905	2.543
D9	16.525	14.215	7.262	15.967	13.629	6.718
D14	5.848	6.416	9.700	5.848	6.416	9.700
D25	2.210	3.842	4.071	2.120	3.681	3.840
D28	3.691	8.306	11.497	3.781	8.467	11.728
D30	12.455	13.969	17.535	12.455	13.969	17.535

[0234] 图8的(a)是第4实施例的变倍光学系统的广角端状态下的无限远物体对焦时的各像差图,图8的(b)是第4实施例的变倍光学系统的远焦端状态下的无限远物体对焦时的各像差图,图8的(c)是第4实施例的变倍光学系统的广角端状态下的近距离物体对焦时的各像差图,图8的(d)是第4实施例的变倍光学系统的远焦端状态下的近距离物体对焦时的各像差图。

[0235] 根据各像差图可知,本实施例的变倍光学系统适当地校正各像差,具有高光学性能。

[0236] (第5实施例)

[0237] 图9是广角端状态下的无限远物体对焦时的第5实施例的变倍光学系统的剖视图。

[0238] 本实施例的变倍光学系统从物体侧依次具备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及具有正的光焦度的第5透镜组G5。

[0239] 第1透镜组G1从物体侧依次由凸面朝向物体侧的弯月形状的负透镜L11、凹面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L12、及双凹形状的负透镜L13与凸面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L14的接合负透镜构成。

[0240] 第2透镜组G2由双凸形状的正透镜L21构成。

[0241] 第3透镜组G3从物体侧依次由凸面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L31、凸面朝向物体侧的弯月形状的负透镜L32与双凸形状的正透镜L33的接合正透镜、孔径光阑S、双凹形状的负透镜L34、凹面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L35与双凹形状的负透镜L36的接合负透镜、双凸形状的正透镜L37、凸面朝向物体侧的弯月形状的负透镜L38与双凸形状的正透镜L39的接合正透镜、及双凸形状的正透镜L310构成。

[0242] 第4透镜组G4由凹面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L41与双凹形状的负透镜L42的接合负透镜构成。

[0243] 第5透镜组G5由凸面朝向物体侧的弯月形状的正透镜L51构成。

[0244] 在像面I上,配置有由CCD或CMOS等构成的拍摄元件(未图示)。

[0245] 本实施例的变倍光学系统通过使第2透镜组G2及第4透镜组G4沿着光轴移动来进行对焦。在从对焦于无限远的状态而对焦于近距离物体的情况下,第2透镜组G2从物体侧向像面侧移动,第4透镜组G4从像面侧向物体侧移动。

[0246] 在本实施例的变倍光学系统中,第2透镜组G2相当于第1对焦透镜组,第4透镜组G4

相当于第2对焦透镜组。

[0247] 以下的表5中记载本实施例的变倍光学系统的参数的值。

[0248] (表5)

[0249] [整体参数]

TL	123.07
fw	16.50
ft	34.00
FNO _w	4.10
FNO _t	4.09
ω_w	53.98
ω_t	31.77
Y	21.60

[0250] [透镜参数]

m	r	d	nd	v d
*1)	1666.6667	3.000	1.58887	61.13
*2)	15.2539	13.417		
3)	-94.8109	3.252	2.00100	29.12
4)	-63.2802	0.200		
5)	-62.5553	2.300	1.59319	67.90
6)	27.2815	3.351	2.00100	29.12
7)	39.0097	D7		
*8)	32.6120	4.378	1.58887	61.13
9)	-385.7792	D9		
10)	27.0000	2.613	1.59349	67.00
11)	71.4152	0.235		

	12)	29.6537	3.798	2.00100	29.12		
	13)	16.1395	4.654	1.59319	67.90		
	14)	-51.3448	2.000				
	15)	∞	2.379			(孔径光阑)	
	16)	-63.1766	1.500	1.81600	46.59		
[0251]	17)	74.2413	0.860				
	18)	-65.9446	2.754	1.59349	67.00		
	19)	-16.1918	1.901	1.95375	32.33		
	20)	119.8072	0.200				
	21)	39.5708	2.984	1.94594	17.98		
	22)	-320.3351	0.350				
	23)	28.8662	1.500	1.85451	25.15		
	24)	15.6550	4.654	1.59319	67.90		
	25)	-80.4852	0.200				
	26)	47.4144	2.915	1.75575	24.71		
[0252]	27)	-121.0365	D27				
	28)	-32.6130	1.825	1.49782	82.57		
	29)	-30.0000	1.500	1.88202	37.22		
	*30)	909.9908	D30				
	31)	64.9163	4.239	1.48749	70.32		
	32)	752.1123	D32				
[0253]	[非球面数据]						
	m	K	A4	A6	A8	A10	
	1)	1.0000	4.030E-06	-3.959E-09	4.436E-12	-3.115E-15	9.166E-19
	2)	0.0000	1.209E-05	1.577E-08	7.893E-11	-2.286E-13	6.544E-16
	8)	1.0000	-8.010E-06	-1.224E-09	-1.107E-11	-7.882E-15	
	30)	1.0000	4.141E-05	2.709E-08	-1.141E-10	-1.606E-13	
[0254]	[各组焦距数据]						

组	始面	焦距
G1	1	-15.92
G2	8	51.26
G3	10	30.32
G4	28	-34.11
G5	31	145.45

[0255] [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
D7	14.852	9.774	2.000	15.637	10.466	2.504
D9	15.708	14.934	4.521	14.923	14.242	4.017
D27	3.280	4.556	7.176	3.088	4.360	6.932
D30	3.797	8.389	6.503	3.990	8.584	6.746
D32	12.469	12.455	29.907	12.469	12.455	29.907

[0256] 图10的(a)是第5实施例的变倍光学系统的广角端状态下的无限远物体对焦时的各像差图,图10的(b)是第5实施例的变倍光学系统的远焦端状态下的无限远物体对焦时的各像差图,图10的(c)是第5实施例的变倍光学系统的广角端状态下的近距离物体对焦时的各像差图,图10的(d)是第5实施例的变倍光学系统的远焦端状态下的近距离物体对焦时的各像差图。

[0257] 根据各像差图可知,本实施例的变倍光学系统适当地校正各像差,具有高光学性能。

[0258] 根据上述各实施例,能够实现具有良好的光学性能的变倍光学系统。

[0259] 以下,示出各实施例的条件式对应值。

[0260] f_w 是广角端状态下的变倍光学系统的焦距, BF_w 是广角端状态下的无限远对焦时的变倍光学系统的后焦距。

[0261] f_1 是第1透镜组的焦距, f_2 是第2透镜组的焦距, f_3 是第3透镜组的焦距。 f_{F1} 是第1对焦透镜组的焦距, f_{F2} 是第2对焦透镜组的焦距。 f_{RF} 是与配置于最靠像面侧的透镜组的物体侧相邻的透镜组的焦距, f_R 是配置于最靠像面侧的透镜组的焦距。 f_{wa} 是广角端状态下的从第1透镜组的最靠物体侧的透镜到与孔径光阑的物体侧相邻的透镜为止的合成焦距, f_{wb} 是广角端状态下的从与孔径光阑的像面侧相邻的透镜到最靠像面侧的透镜为止的合成焦距。

[0262] D_{wa} 是广角端状态下的从第1透镜组的最靠物体侧的面到孔径光阑为止的距离, D_{wb} 是广角端状态下的从孔径光阑到像面为止的距离。

[0263] MWF_1 是广角端状态下的从无限远物体向近距离物体对焦时的第1对焦透镜组的移动量, MWF_2 是广角端状态下的从无限远物体向近距离物体对焦时的第2对焦透镜组的移动量。 MTF_1 是远焦端状态下的从无限远物体向近距离物体对焦时的第1对焦透镜组的移动量,

MTF2是远焦端状态下的从无限远物体向近距离物体对焦时的第2对焦透镜组的移动量。

[0264] β_{WF1} 是广角端状态下的无限远物体对焦时的第1对焦透镜组的横向倍率, β_{WF2} 是广角端状态下的无限远物体对焦时的第2对焦透镜组的横向倍率。 β_{TF1} 是远焦端状态下的无限远物体对焦时的第1对焦透镜组的横向倍率, β_{TF2} 是远焦端状态下的无限远物体对焦时的第2对焦透镜组的横向倍率。

[0265] G_w 是广角端状态下的从变倍光学系统的最靠物体侧的透镜面到变倍光学系统的重心位置为止的距离, G_t 是远焦端状态下的从变倍光学系统的最靠物体侧的透镜面到变倍光学系统的重心位置为止的距离。 ω_w 是广角端状态下的变倍光学系统的半视场角, ω_t 是远焦端状态下的变倍光学系统的半视场角。

[0266] [条件式对应值]

条件式	第 1	第 2	第 3	第 4	第 5
(1) f_2/f_3	2.144	1.844	1.607	1.586	1.691
(2) $f_{F1}/(-f_{F2})$	-	-	1.410	2.265	1.503
(3) $(-f_1)/f_2$	0.407	0.443	0.277	0.222	0.311
(4) $(-f_1)/f_w$	2.097	1.822	0.985	0.895	0.965
(5) $ f_{RF} / f_R $	0.690	0.680	0.266	0.440	0.235
(6) B_{Fw}/f_w	0.474	0.474	0.755	0.865	0.756
(7) D_{wa}/D_{wb}	1.450	1.279	1.599	1.404	1.496
(8) $f_{wa}/ f_{wb} $	0.123	0.102	0.052	0.048	0.092
(9) M_{WF1}/M_{WF2}	-	-	4.167	6.175	4.084
(10) $MTF1/MTF2$	-	-	2.446	2.350	2.067
(11) β_{WF1}/β_{WF2}	-	-	3.610	2.007	3.400
(12) β_{TF1}/β_{TF2}	-	-	1.207	0.912	0.943
(13) G_w/G_t	1.396	1.318	1.219	1.118	1.200
(14) ω_w	43.125	43.074	53.997	57.641	53.984
(15) ω_t	13.871	16.690	31.338	41.657	31.768

[0267] 上述各实施例表示本发明的一个具体例,本发明不限于此。以下的内容可以在不损害本申请的实施方式的变倍光学系统的光学性能的范围适当采用。

[0268] 在本实施方式的变倍光学系统中,第4透镜组也可以不具有孔径光阑。另外,本实施方式的变倍光学系统中的孔径光阑的位置并不限定于上述各实施例的变倍光学系统中的孔径光阑S的位置。

[0269] 本实施方式的变倍光学系统也可以在最靠像面侧的透镜面和像面之间具有过滤器等光学构件。

[0270] 本实施方式的变倍光学系统也可以具有防抖透镜组,该防抖透镜组通过以具有与

光轴垂直的方向的分量的方式移动来对由手抖产生的像抖动进行校正。防抖透镜组可以是透镜组,也可以是由包含在透镜组中的1个以上的透镜成分构成的部分透镜组。

[0271] 在本实施方式的变倍光学系统中,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,透镜加工及组装调整变得容易,能够防止加工及组装调整的误差引起的光学性能的劣化,因此优选。另外,在透镜面为球面或平面的情况下,像面偏移时的描绘性能的劣化少,因此优选。

[0272] 在透镜面为非球面的情况下,非球面可以由玻璃的磨削加工或使用具有非球面形状的模具的玻璃模具形成,也可以在接合于玻璃表面的树脂的表面形成。另外,在本实施方式的变倍光学系统中,透镜面可以是衍射面,透镜也可以是折射率分布型透镜(GRIN透镜)或塑料透镜。

[0273] 接着,基于图11说明具备本实施方式的变倍光学系统的相机。

[0274] 图11是具有本实施方式的变倍光学系统的相机的示意图。

[0275] 相机1是具备上述第1实施例的光学系统作为摄影镜头2的镜头可换式的所谓无反相机。

[0276] 在相机1中,来自未图示的物体(被摄体)的光被摄影镜头2聚光,到达摄像元件3。摄像元件3将来自被摄体的光转换为图像数据。当摄影者按下未图示的释放按钮时,图像数据存储在未图示的存储器中。这样,摄影者能够利用相机1进行被摄体的摄影。

[0277] 这里,作为摄影镜头2而搭载在相机1上的上述第1实施例的变倍光学系统是具有良好的光学性能的变倍光学系统。因此,相机1能够实现良好的光学性能。此外,即使构成搭载了上述第2-第5实施例的变倍光学系统作为摄影镜头2的相机,也能够起到与相机1同样的效果。

[0278] 最后,基于图12和图13说明本实施方式的变倍光学系统的制造方法的概略。

[0279] 图12是表示本实施方式的变倍光学系统的第1制造方法的概略的流程图。图12所示的本实施方式的变倍光学系统的第1制造方法包括以下的步骤S11-S13。

[0280] 步骤S11:准备第1透镜组及包括第2透镜组和第3透镜组的后续透镜组。

[0281] 步骤S12:使得在变倍时,第1透镜组相对于像面固定,相邻的各透镜组之间的间隔变化。

[0282] 步骤S13:使得变倍光学系统满足以下的条件式。

[0283] (1) $1.00 < f2/f3 < 5.00$

其中,

f2:第2透镜组的焦距

f3:第3透镜组的焦距

[0284] 图13是表示本实施方式的变倍光学系统的第2的制造方法的概略的流程图。图13所示的本实施方式的变倍光学系统的第2的制造方法包括以下的步骤S21-S23。

[0285] 步骤S21:准备第1透镜组及包括第1对焦透镜组和第2对焦透镜组的后续透镜组。

[0286] 步骤S22:使得在变倍时,第1透镜组相对于像面固定,相邻的各透镜组之间的间隔变化。

[0287] 步骤S23:使得变倍光学系统满足以下的条件式。

[0288] (2) $0.70 < fF1/(-fF2) < 5.00$

其中,

fF1:第1对焦透镜组的焦距

fF2:第2对焦透镜组的焦距

[0289] 根据本实施方式的变倍光学系统的这些制造方法,能够制造具有良好的成像性能的光学系统。

[0290] 应当理解,本领域技术人员可以在不脱离本公开的精神及范围的情况下对其进行各种改变、替换及修改。

[0291] 标号说明

[0292] S 孔径光阑

[0293] I 像面

[0294] 1 相机

[0295] 2 摄影镜头

[0296] 3 拍摄元件

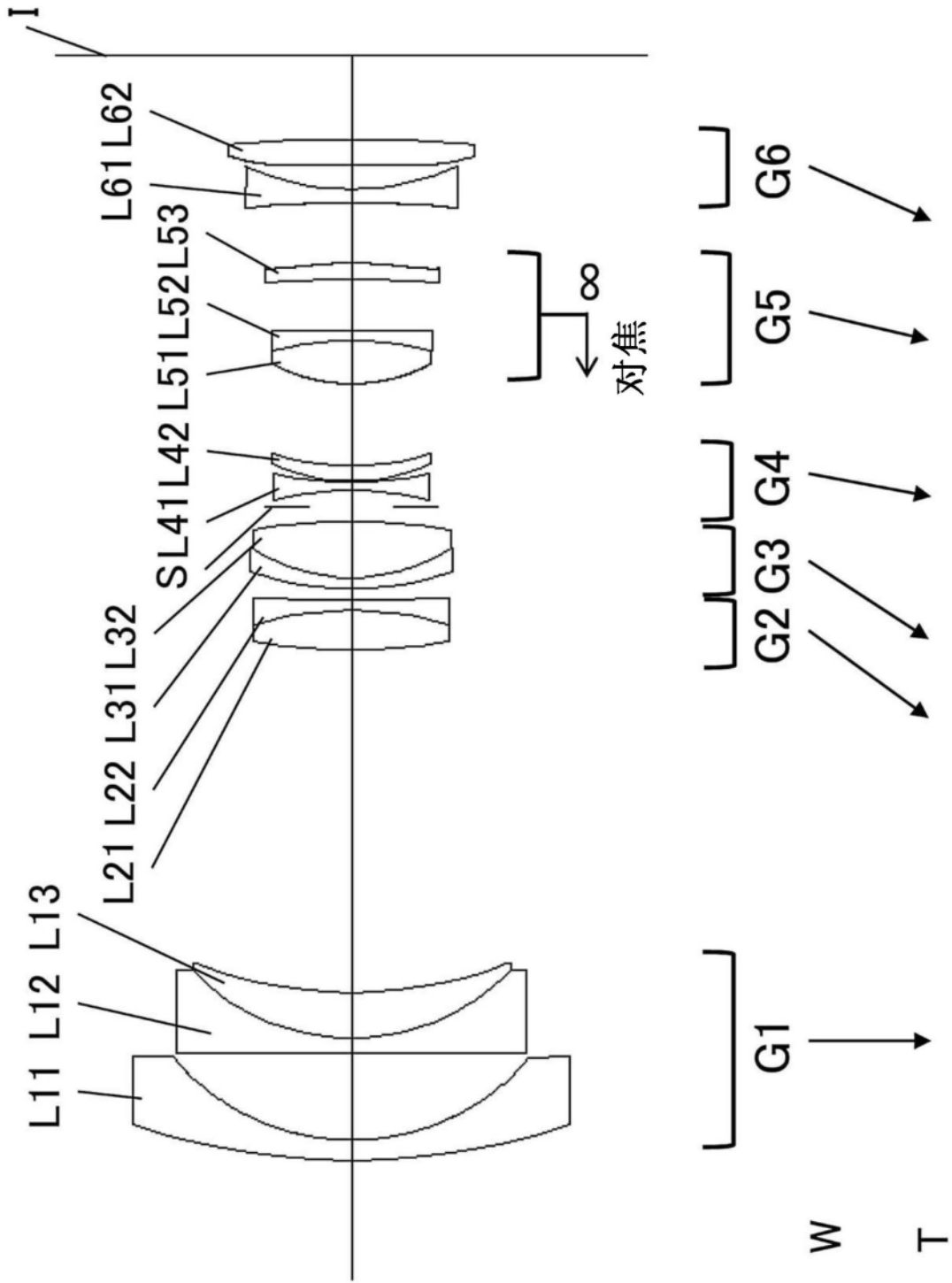


图1

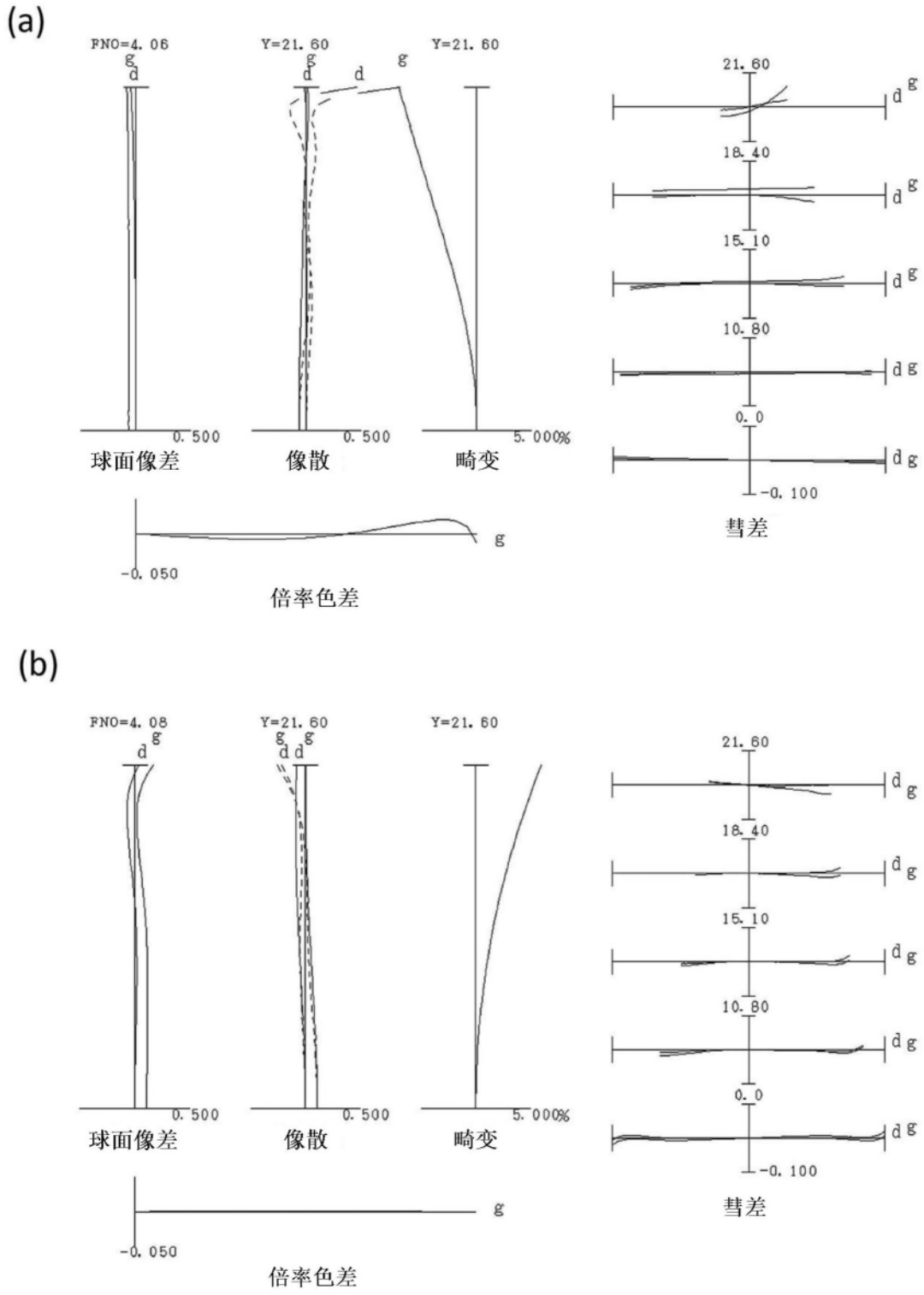


图2

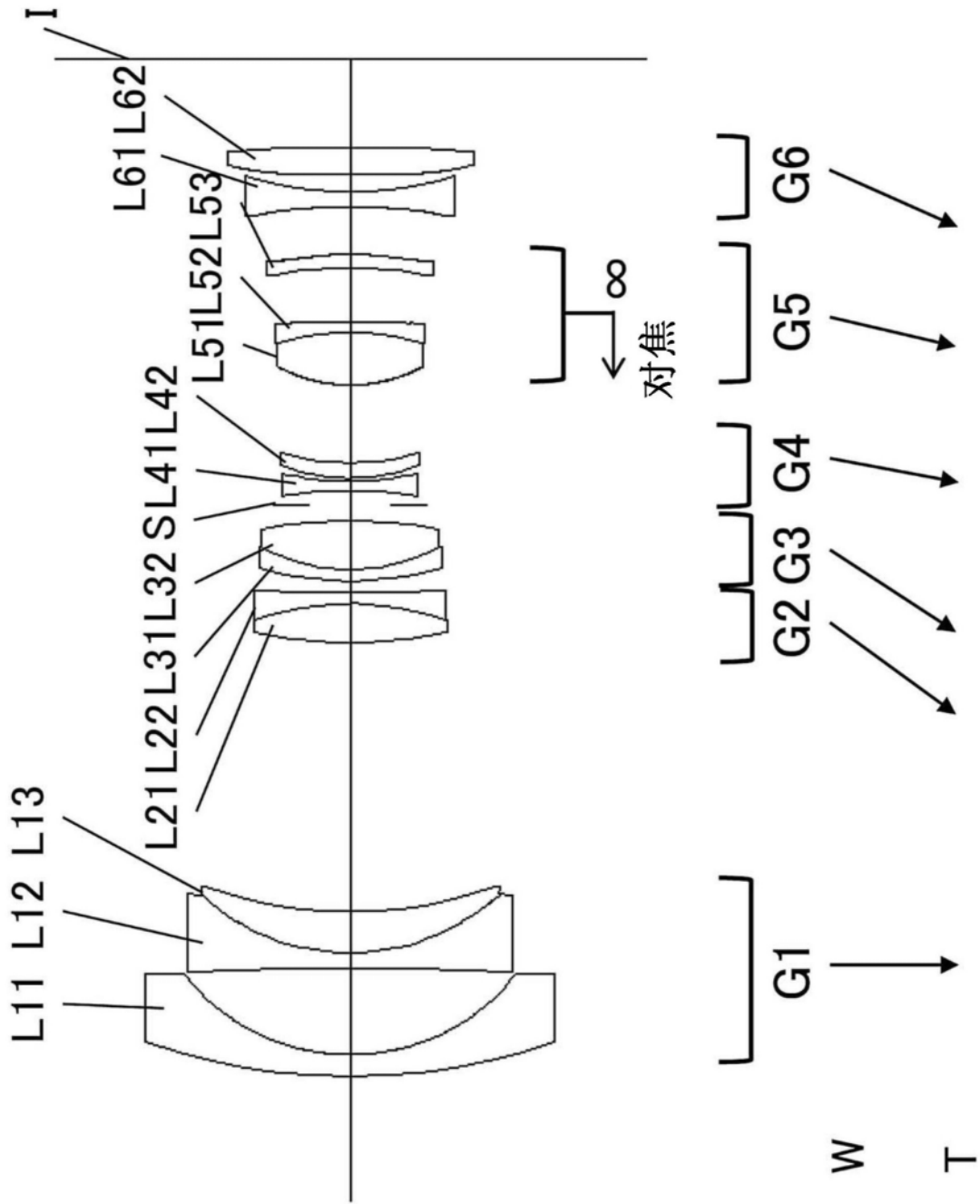


图3

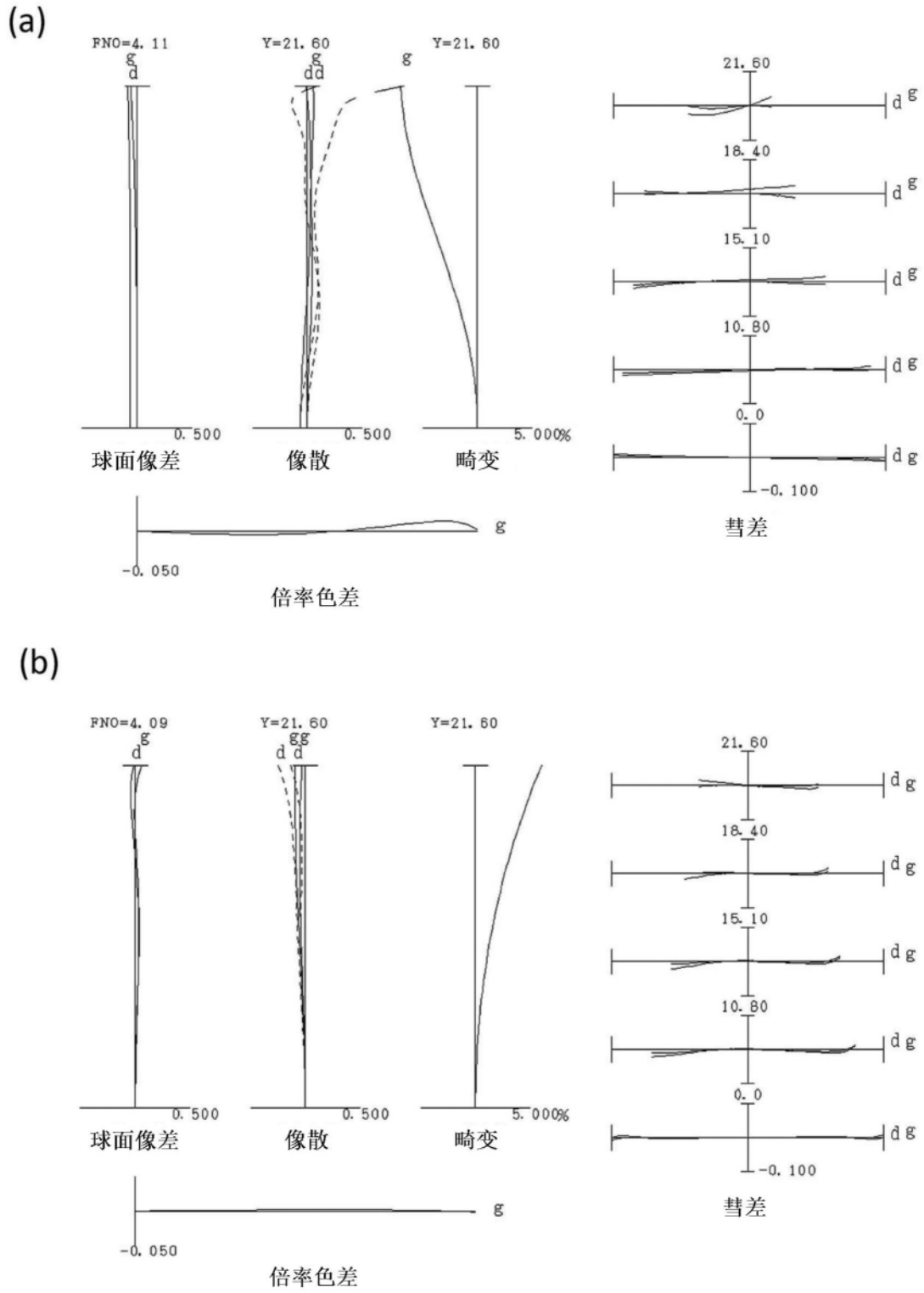


图4

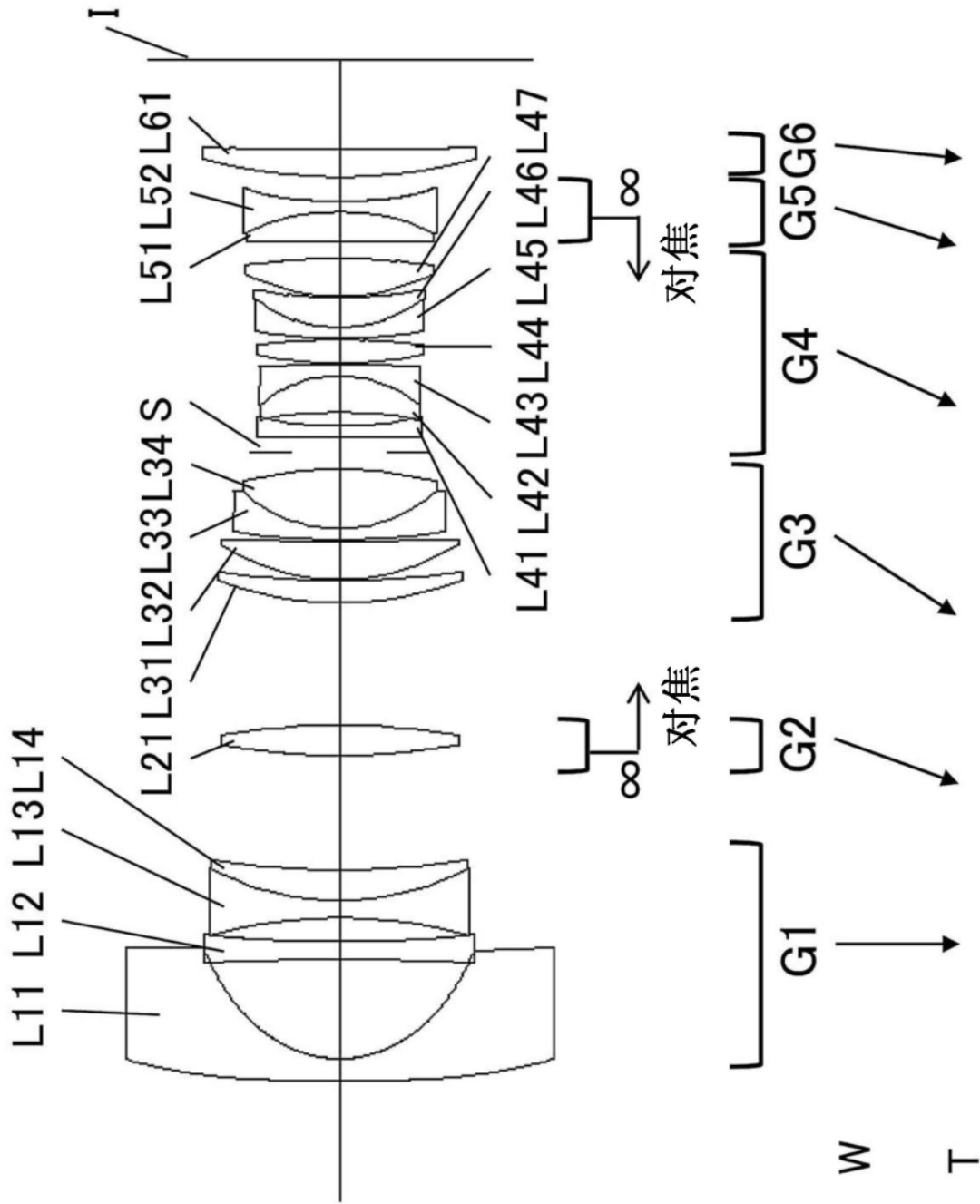


图5

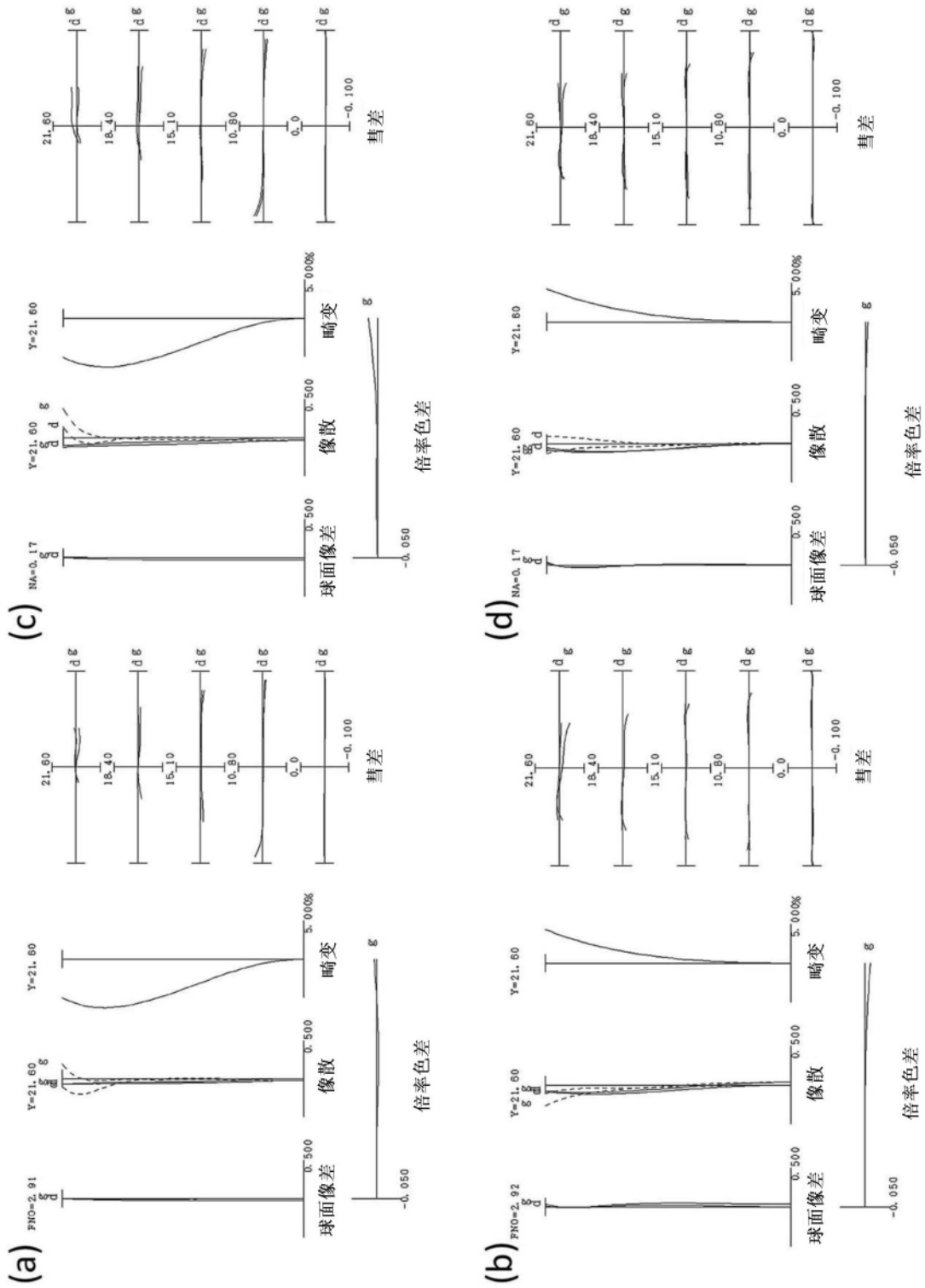


图6

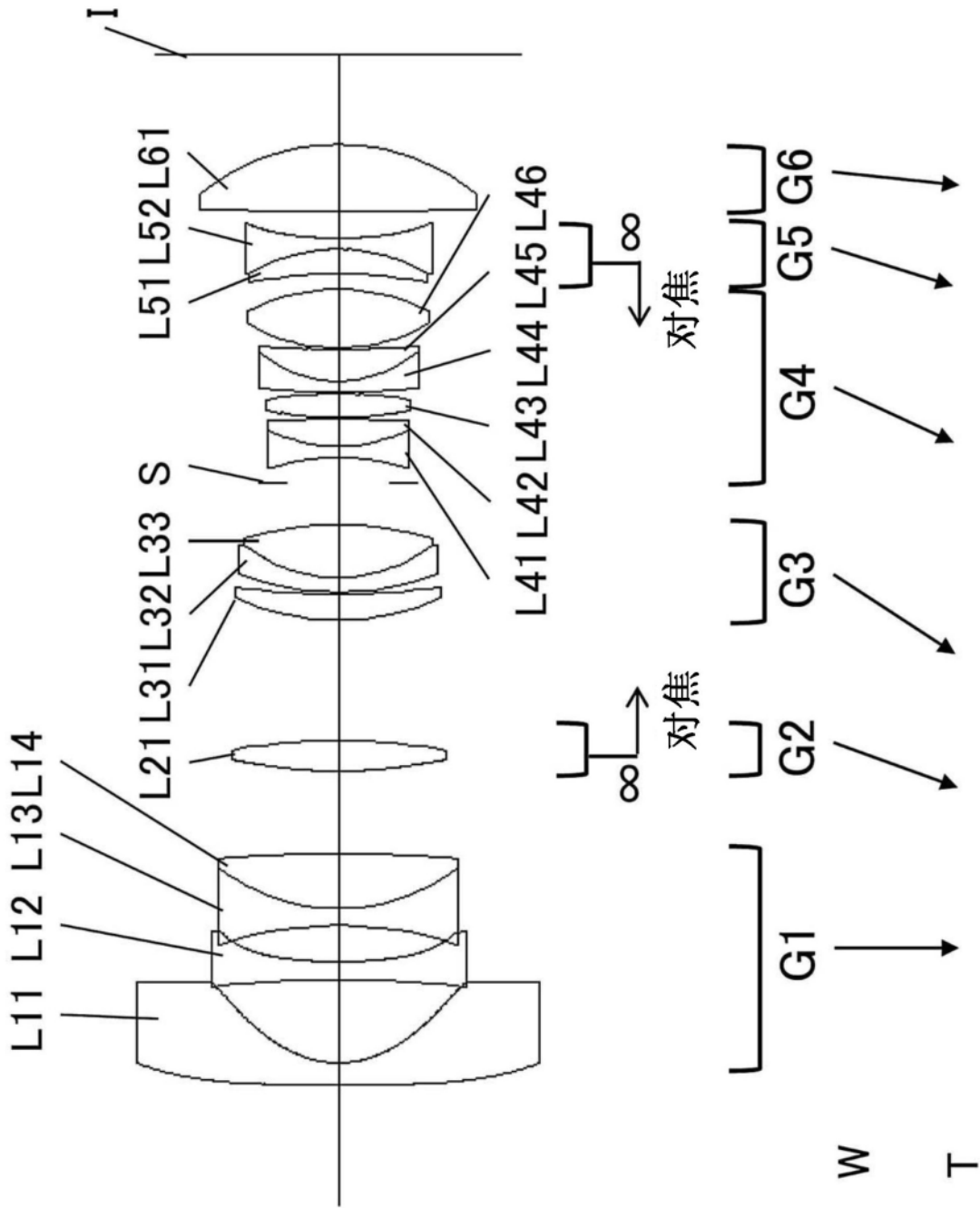


图7

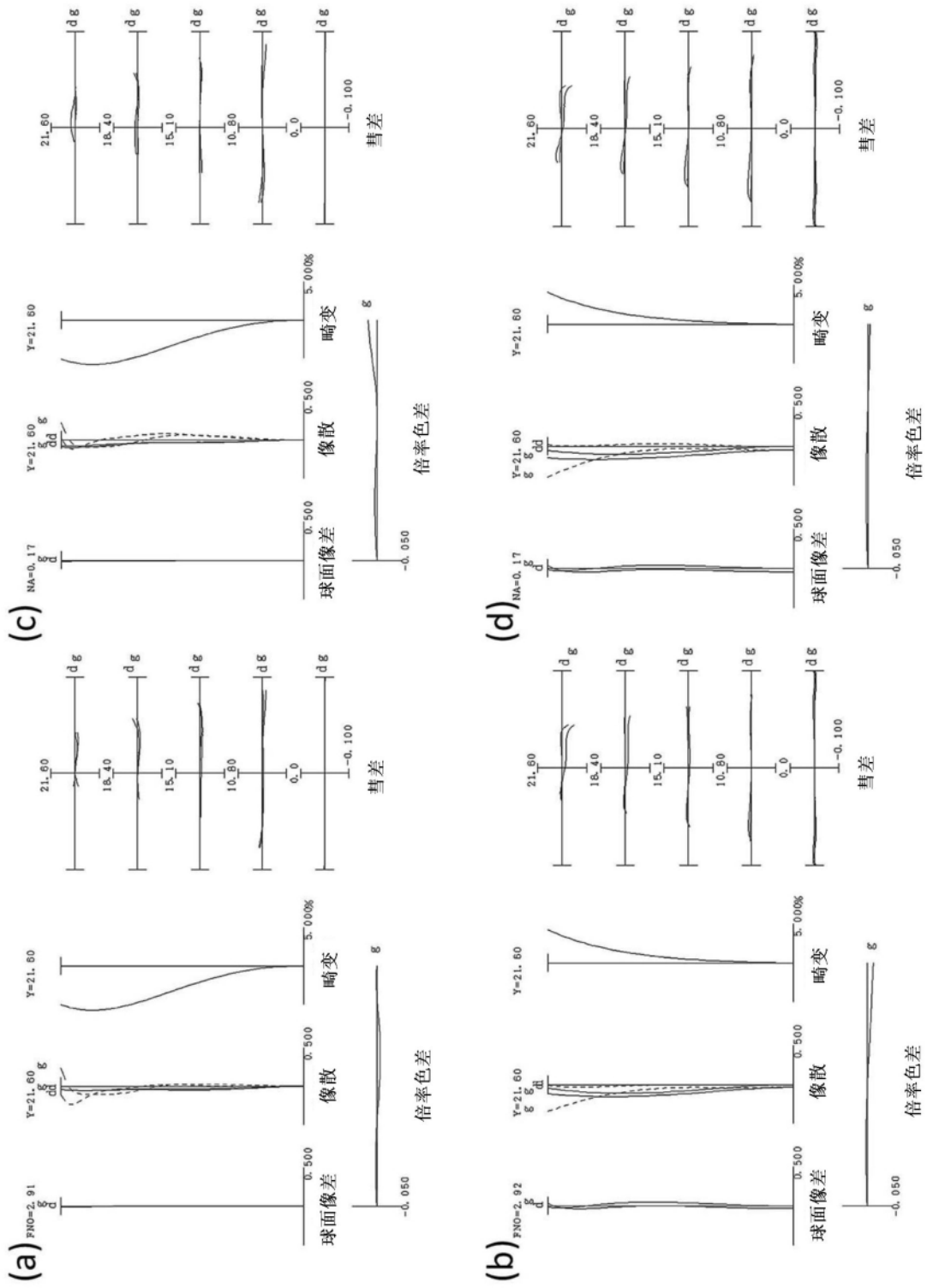


图8

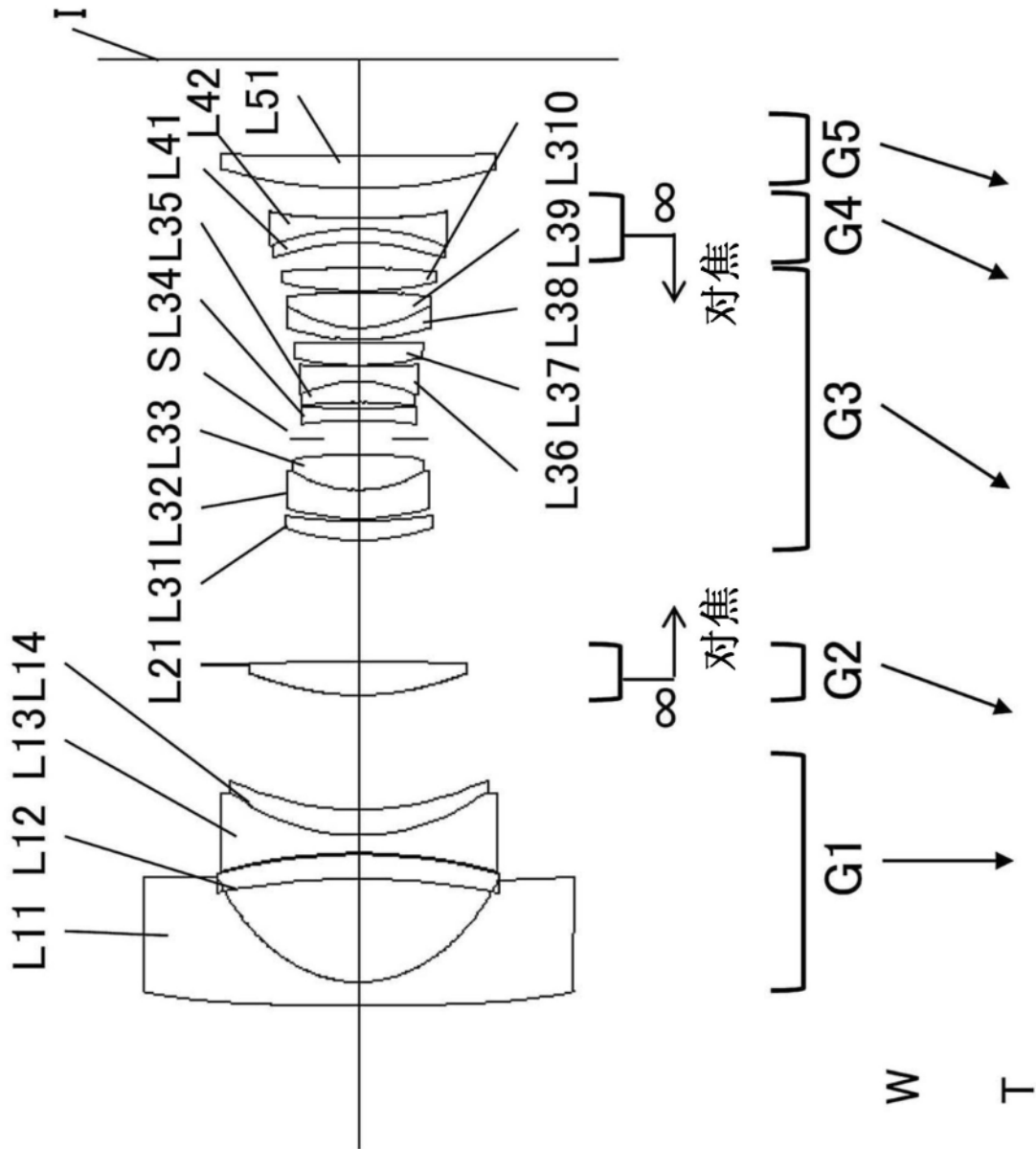


图9

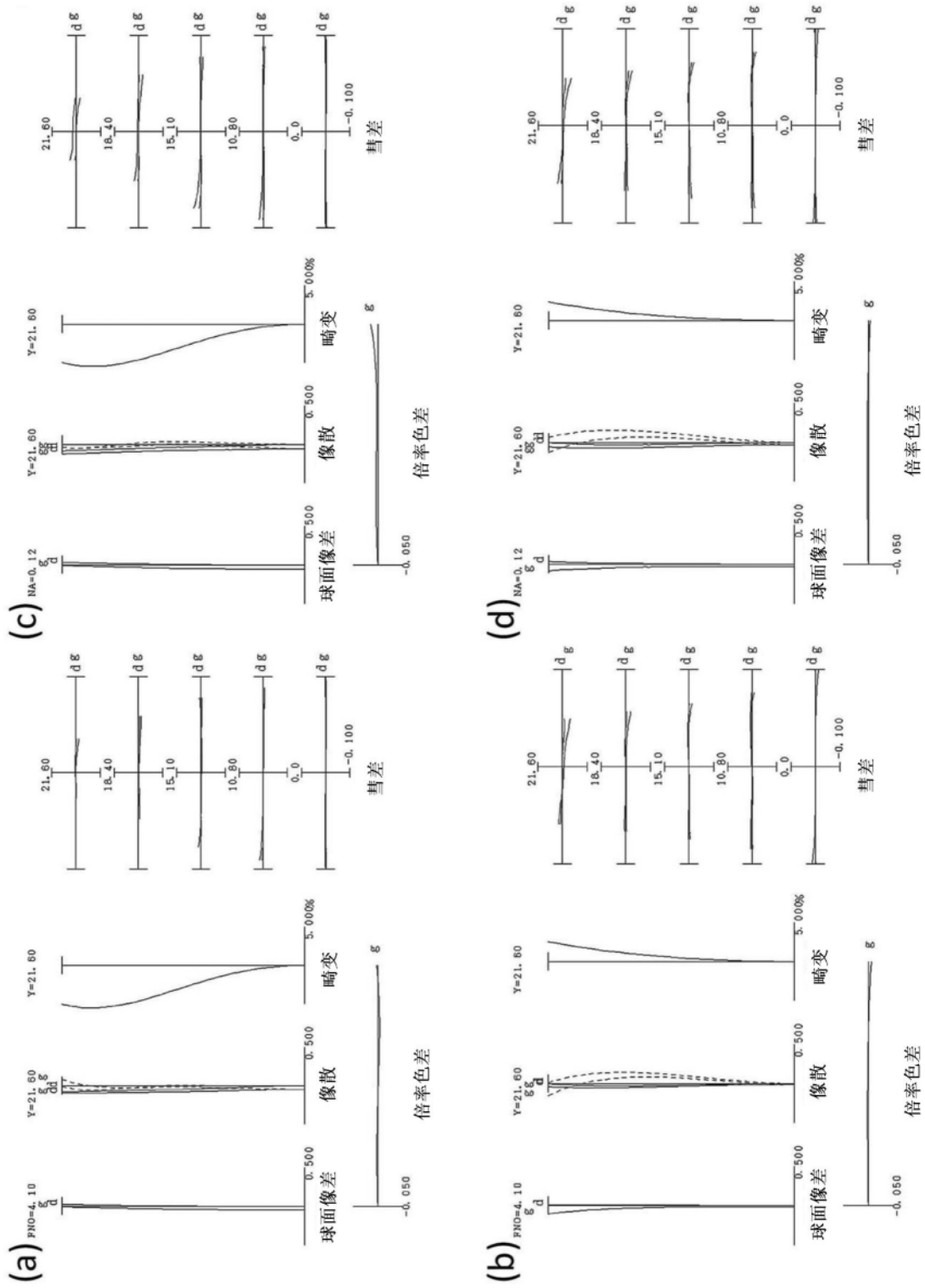


图10

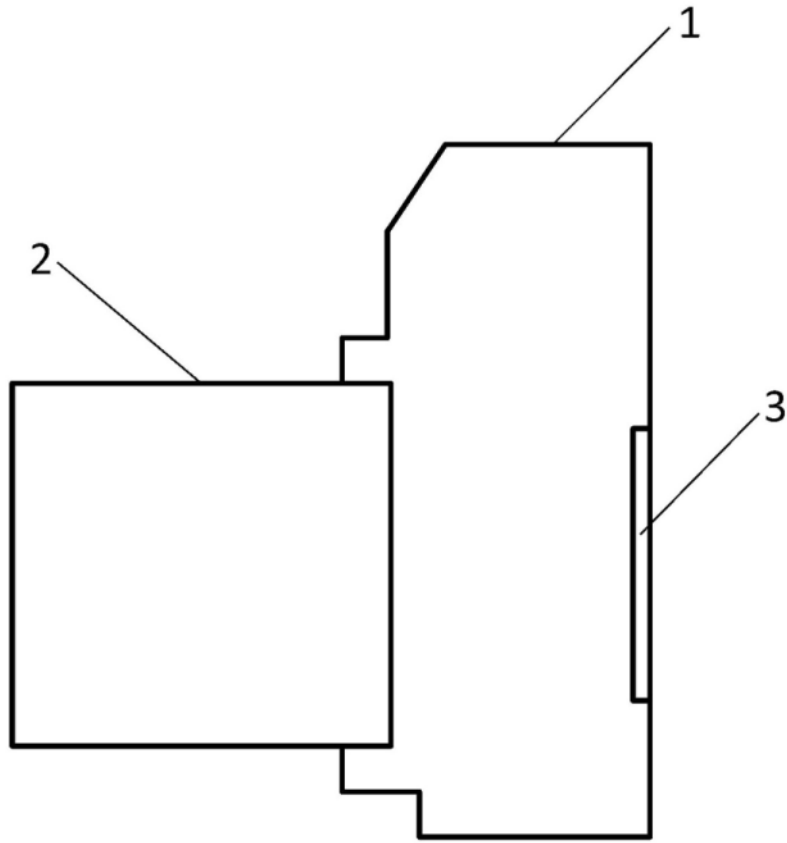


图11

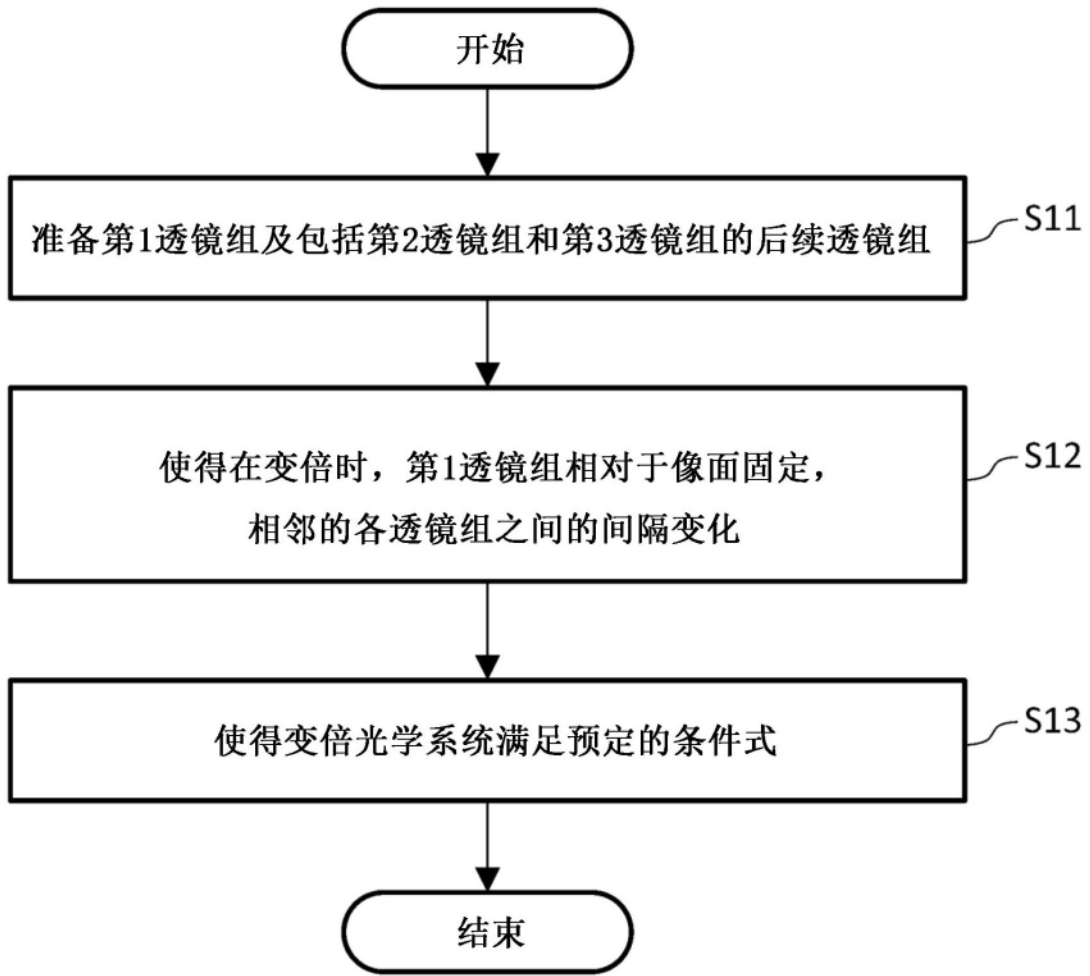


图12

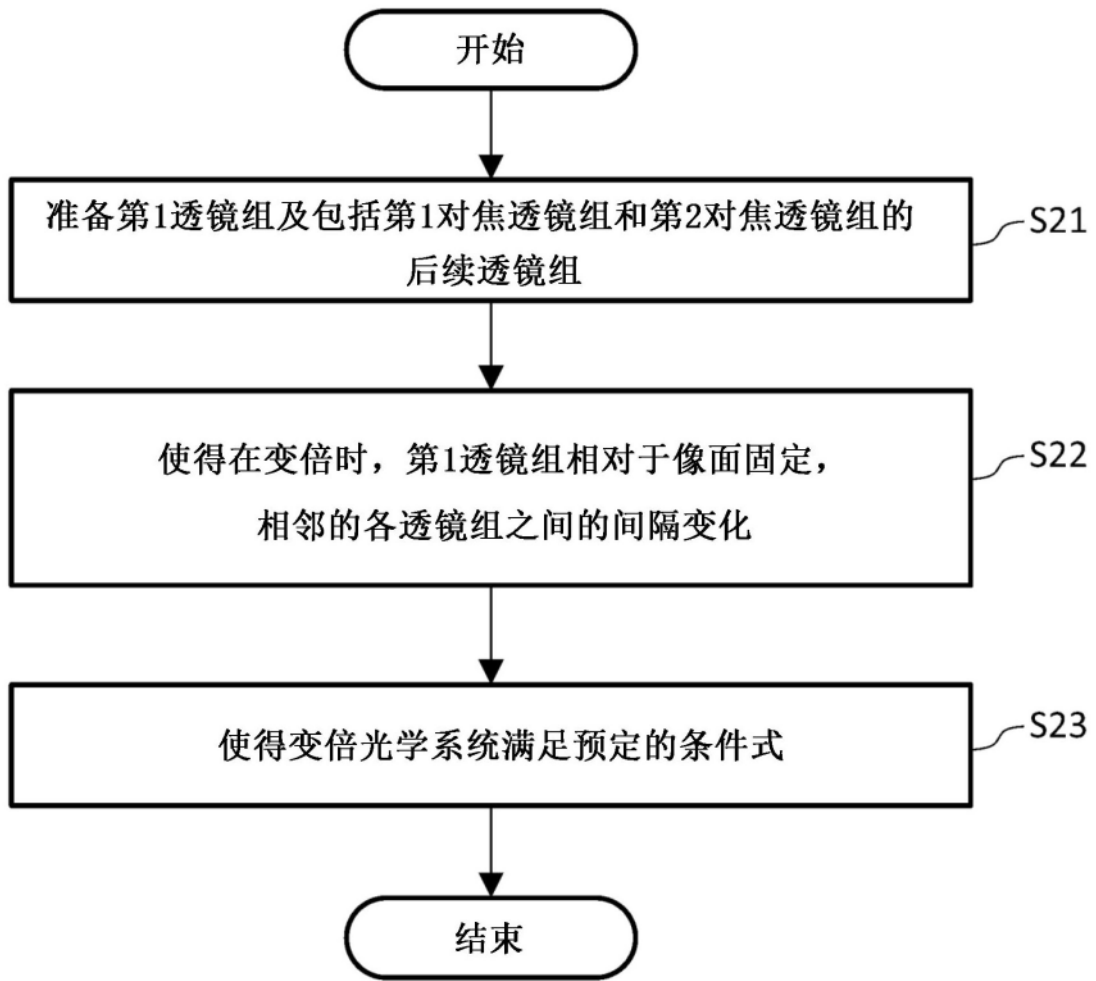


图13